



## АНАЛИЗ «БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА» НА СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ ЗА РУБЕЖОМ И РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ДЛЯ РОССИЙСКИХ ИНЖЕНЕРОВ

Игорь Алексеевич Потехин<sup>1</sup>, Андрей Валериевич Мищенко<sup>2</sup>,  
Елена Александровна Чеснокова<sup>3</sup>, Дмитрий Игоревич Емельянов<sup>4</sup>,  
Никита Денисович Телегин<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия,

<sup>1</sup>ipotehin@cchgeu.ru, <sup>2</sup>mishchenko96vrm@gmail.com, <sup>3</sup>echesnokova@cchgeu.ru,

<sup>4</sup>demelyanov@cchgeu.ru, <sup>5</sup>TeleginNikto@yandex.ru

**Аннотация.** В данном исследовании представлен анализ опыта использования концепции «бережливого производства» в строительной отрасли за рубежом. В публикациях анализировались инструменты, результаты, проблемы, связанные с внедрением и применением «бережливого производства» на строительных предприятиях. Рассмотрен механизм отдельных инструментов. Выявлены основные проблемы при внедрении и использовании этих инструментов в строительном производстве. Рассмотрены примеры улучшения деятельности строительного предприятия с использованием инструментов концепции «бережливое производство». Проведено сравнение отечественной и зарубежной практики организации производства в строительстве. Осуществлена критика концепции «бережливого производства». Среди представленных инструментов многие уже используются российской практикой. На основе результатов критического анализа, разработаны рекомендации для российских инженеров по организации строительства. Рекомендации представлены в виде схематической модели производственной системы строительного производства, разработанной с учетом использования положительных свойств концепции, выявленных в зарубежном опыте. Данные рекомендации должны помочь российским строительным предприятиям повысить производительность труда при уменьшении негативного влияния при внедрении данного подхода.

**Ключевые слова:** строительство за рубежом, концентрация ресурсов, внедрение бережливого производства, критика бережливого производства, пропускная способность

**Для цитирования:** Анализ «бережливого производства» на строительных предприятиях за рубежом и разработка рекомендаций для российских инженеров / И. А. Потехин [и др.]. // *Современное промышленное и гражданское строительство*. 2025. Т. 21, № 1. С. 43–59.  
doi: 10.71536/spgs.2025.v21n1.4. edn: juohpv.

### Original article

## THE ANALYSIS OF LEAN PRODUCTION IN CONSTRUCTION ENTERPRISES ABROAD AND MAKING RECOMMENDATIONS FOR RUSSIAN CIVIL ENGINEERS

Igor A. Potekhin<sup>1</sup>, Andrey V. Mishchenko<sup>2</sup>, Elena A. Chesnokova<sup>3</sup>,  
Dmitry I. Emelyanov<sup>4</sup>, Nikita D. Telegin<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia,

<sup>1</sup>ipotehin@cchgeu.ru, <sup>2</sup>mishchenko96vrm@gmail.com, <sup>3</sup>echesnokova@cchgeu.ru,

<sup>4</sup>demelyanov@cchgeu.ru, <sup>5</sup>TeleginNikto@yandex.ru

**Abstract.** This study presents an analysis of the experience of using the concept of «lean production» in the construction industry abroad. The publications analyzed the tools, results, problems associated with the



implementation and application of «lean production» at construction companies. The mechanism of individual tools is considered. The main problems in the implementation and use of these tools in construction are identified. Examples of improving the activities of a construction company using the tools of the concept of «lean production» are considered. A comparison of domestic and foreign practices of organizing production in construction is carried out. Criticism of the concept of «lean production» is carried out. Among the presented tools, many are already used in Russian practice. Based on the results of the critical analysis, recommendations for Russian engineers on the organization of construction are developed. The recommendations are presented in the form of a schematic model of the production system of construction production, developed taking into account the use of the positive properties of the concept identified in foreign experience. These recommendations should help Russian construction companies increase labor productivity while reducing the negative impact of implementing this approach.

**Keywords:** overseas construction, resource concentration, lean manufacturing implementation, lean manufacturing criticism, throughput

**For citation:** The analysis of lean production in construction enterprises abroad and making recommendations for Russian civil engineers / I. A. Potekhin [et al.]. *Modern Industrial and Civil Construction*. 2025;21(1):43–59. (In Russ.). doi: 10.71536/spgs.2025.v21n1.4. edn: juohpv.

## Введение

С 2022 года по настоящее время остается значительным влияние зарубежных концепций в области управления предприятием на российских инженеров, занятых в производственной деятельности различных отраслей, в том числе в строительстве. Такое влияние концепций было еще более сильным до 2022 года, когда зарубежные страны, в особенности западные, не оказывали экономическое и политическое давление на Россию, и работа зарубежных предприятий считалась эталоном в области культуры и производительности труда. Практически любые новые концепции управления пытались внедрить на российских предприятиях, порой без здоровой критики. К опыту азиатских стран было приковано меньшее внимание, которое касалось лишь нескольких стран, показывающих высокую производительность и высокое качество продукции. К остальным странам Азии, Африки, Латинской Америки отношение в плане изучения опыта было незаинтересованное, так как считалось, что они не имеют никакого производственного и управленческого интереса и поэтому их опыт не изучался. Российские специалисты в области организации строительного производства сильно подвержены влиянию зарубежных научных школ, считая их заранее более высококачественными, чем отечественные. В России имеется опыт принятия

зарубежных научных школ. Опыт как положительный, так и отрицательный. На базе ее развили собственную школу. Были и отрицательные примеры, когда внедрение оборачивалось излишними затратами и отсутствием полезного эффекта.

## Анализ последних исследований и публикаций

Исходными данными являются публикации зарубежных авторов на английском языке на сайте researchgate.net. Были исследованы статьи различных стран, различных тематик. Исследовано 38 статей на английском языке. Однако, данные статьи представлены только одной базой научных статей researchgate.net. Существуют глобальные базы научных статей Web of Science, Scopus и национальные официальные базы научных статей. В итоге, количество статей по данной тематике за все время ее существования, а это почти 40 лет, составляет порядка 10 000 статей, включая монографии и учебники. В отобранных в нашем исследовании публикациях дается описание «бережливого производства» в таких странах, как Аргентина, Индия, Япония, Чили, Нигерия, Объединенные Арабские Эмираты, Бразилия, Вьетнам, Канада, Шри-Ланка, Уганда, Марокко, Германия.

Проводя обзор выбранных статей, можно отметить, что их тематика следующая:

- ожидания от «бережливого производства» [1–20];
- инструменты «бережливого производства» [21–30];
- внедрение «бережливого производства» [31–36];
- соответствие предприятия понятию «бережливое производство» [37–38].

Национальные базы научных статей представляют определенную сложность для анализа, так как представлена на более редких международных языках и их адреса не так известны. При этом, представительность базы researchgate.net достаточная, так как английский язык является наиболее распространенным и наиболее активные ученые предпочитают выкладывать свои статьи в данной базе данных статей.

Стоит отметить следующие особенности публикационной активности по данной теме. Основные публикации представлены учеными стран Юго-Восточной Азии [1; 12; 25; 30], Латинской Америки [31; 32; 34], Африки [14; 15; 16], Аравийского полуострова [9; 26; 28]. Часто в соавторстве оказываются смешанные коллективы из университетов разных стран.

### Цель и задачи исследования

Целью работы – является критический анализ применения концепции «бережливое производство» на строительных предприятиях за рубежом и разработка рекомендаций для инженеров России и дружественных стран о наиболее рациональном внедрении и использовании принципов данной концепции.

Задачами работы являются выявление положительных и отрицательных сторон применения «бережливого строительства» за рубежом и разработка рекомендаций для отечественных строительных предприятий.

### Основной материал

В первой части нашего исследования мы рассмотрим анализ концепции «бережливое производство», и что ожидают от нее ученые и практики в области организации строительства зарубежных стран [1; 2; 3].

Вместе с «бережливым производством» часто пытаются связать «устойчивое развитие» и

3D-печать [4]. Так как в качестве одного из свойств концепции «бережливое производство» является уменьшение материальных потерь, авторы предлагают такое мнение, что «устойчивое развитие» можно обеспечить за счет применения «бережливого производства» [5]. Концепция «устойчивое развитие» представляет собой не модель организации производства, а рекомендацию, что необходимо не только уделять внимание показателям прибыли и технологии, но и обеспечивать социальную справедливость и охрану окружающей среды в границах собственного предприятия. Отчасти, «бережливое производство» выполняет постулаты «устойчивого развития». Но, требования «устойчивого развития», описанные в литературе и корпоративных отчетах требуют не обыкновенного ресурсосбережения и заботе о персонале, а более масштабных действий, выражаемых как участие в природоохранных мероприятиях и благотворительных акциях по поддержке социально незащищенных слоев населения [6]. Противоположная точка зрения руководителей строительных и промышленных предприятий заключается в абсолютном игнорировании требований к бережному обращению с персоналом и прилегающей территории, что выражается в высоком травматизме, низкой дисциплине, образованию незаконных свалок отходов и отравлении близлежащих земель, грунтовых вод и воздуха из-за отсутствия даже требуемых законом и техническим паспортом средств инженерной защиты окружающей среды [7; 8].

Рассмотрение перспективных технологий строительства, в соединении с «бережливым производством», выглядит, как попытка следовать моде. Так как сравнивается определенная технология возведения или проектирования здания и подход к управлению предприятием. Данные вещи существуют отдельно и независимо [9; 10]. 3D-печать в строительстве отчасти позволяет сократить использование оснастки, строительных машин, но при этом количество используемого материала при возведении здания остается прежним. Экономится незначительная часть материалов. Информационная модель здания (BIM) позволяет в одной компьютерной программе рассчитать сметную стоимость, создать список требуемых материалов, разработать график строительства. Но данные

проектные работы были доступны и ранее [11; 12]. Строительные работы всегда имеют отклонения от проектной документации ввиду незначительных колебаний условий строительства [13].

Авторы, рассматривающие финансовую и экономическую сторону концепции «бережливого производства» в своих публикациях фокусируют внимание на ожидание кратного повышения доходов, прибыли и рентабельности предприятия, внедрившего и работающего на принципах данной концепции. Также данные авторы уделяют большое внимание на инвестиции во внедрение данной концепции. Стоит отметить, что культура производства положительно влияет на операционные расходы, делая их более предсказуемыми [14]. Но не влияет на коммерческие показатели предприятия и стратегию сбыта. Размер инвестиций во внедрение принципов «бережливого производства» также переоценен, поскольку сама концепция является лишь подходом к управлению, а не материальным активом, требующим затрат на его приобретение, пусконаладочные работы, ремонт и обслуживание [15; 16]. Для реализации принципов «бережливого производства» не требуется приобретение даже дополнительной оргтехники и найма специального персонала [17].

В таблице 1 дается описание потерь в строительстве и описание факторов, влияющих на появление строительных потерь. К ним относятся инициатива клиентов, сокращение потерь на проект [18; 19]. Необходимо стремиться уменьшить эти факторы. Но кратного размера прибыли и доходов не увеличится. Но они позволяют контролировать плановый уровень прибыли [20]. Необходимо следить за ровным финансированием и не допускать сильных потерь, связанных со сбоем производственного процесса.

Далее рассмотрим инструменты «бережливого производства» в строительстве. К ним относят:

Concurrent engineering (конкурентная конструкторская разработка продукции), Continuous improvement (постоянные улучшения), Reengineering (коренная перестройка системы), Just-in-time (точно во время) [21], Value based management (управление производством на основе создаваемой ценности), Visual management (придание информации графического вида), Total quality management (управление качеством продукции и производства) [22], Last planner system (система вытягивающего планирования), Six sigma (шесть сигм), Daily huddle meeting (ежедневные собрания для анализа оперативной ситуации на производстве), Communication (коммуникации), Leadership (лидерство), Work organization (организация рабочего места), BIM, 4D CAD + 5D CAD + VR (использование виртуальной реальности для создания модели производства и продукта) [23], IPD (управление производством, как проектом), Production process analyse (анализ производственного процесса) [24], Value stream analysis (анализ потока создания ценности) [25]. Рассмотрим каждый из представленных инструментов.

BIM – компьютерная модель здания позволяет сразу узнать стоимость его по материалам и частично стоимость возведения по сметам. В настоящее время становится неотъемлемой частью крупных строительных предприятий, так как позволяет хранить и использовать большие объемы проектной информации без перехода в разные компьютерные системы. Это экономит время. Но данный инструмент не является способом исполнения производства и контроля его исполнения [26–28].

«Расписания» – вспомогательный графический материал для контроля строительства. Еще в СССР была сформирована научная школа производственных графиков для строительства, форма и правила создания которых утверждены

**Таблица 1.** Потери в строительстве

Типы потерь в строительстве	Кол-во	Частота, %	Средн. значение	Станд. отклонение	Рейтинг
Некачественные материалы	28	93,3	4,28	0,76	1
Дефекты	27	90	4,11	0,64	2
Непроизводительный труд	25	83,3	4,04	0,54	4
Ошибки конструкции	26	86,6	4,04	0,53	5
Переработки	25	83,3	3,92	0,64	6
Сокращение потерь на проект	30	2	5	4,23	0,97

в нормативных документах и учебниках. В «бережливом производстве» нет четкого обозначения формы графиков. Без самих графиков невозможно работать производству в принципе. Данный инструмент актуален и имеет новизну только для стран, которые вступили на этап индустриализации относительно недавно [29].

«Лидерство» – отношение к заводу, как к своему дому. Без такого отношения персонала, качественно выпускать продукцию и работать невозможно.

«5 S» – желание навести на рабочем месте и на заводе и на предприятии в целом порядок, чистоту и отсутствие травматизма. Не все руководители российских предприятий обращают на данный аспект внимание. Однако объективная реальность дает об этом знать, когда в результате плохой промышленной безопасности случаются травмы. Последствиями травм является остановка производства по причине выбытия персонала, визита правоохранительных органов, выплаты штрафов пострадавшему.

«Реинжиниринг» – коренная перестройка структуры производства на интуитивной форме. Данный инструмент служит мотивацией к смелым изменениям в случае накопления проблем в системе. В целом реинжиниринг выражается либо в организационной перестройке, либо в изменении всего ассортимента выпускаемой продукции, либо в техническом перевооружении в связи с моральным устареванием имеющегося парка оборудования [30].

«Виртуальная разработка продукции и производства» – большинство современных программ для разработки конструкции и технологии продукции, позволяют создать виртуальную модель производства. Некоторые комплексы программного обеспечения требуют значительных затрат на их приобретение, и модели могут быть заказаны на стороне. Стоит отметить, что моделирование потока производства можно осуществить и схематично на бумаге, так как модель это лишь отражение, и даже компьютерная виртуальная модель не обладает свойством обратной связи относительно колебаний внешней среды. Как таковое, виртуальная реальность не является неотъемлемой частью «бережливого производства», так как она появилась на несколько десятков лет позже самой концепции [31].

«Визуализация и планирование» – создание графиков. Графики не имеют определенной формы. Они помогают упорядочить производственный процесс. Специально сосредотачиваться на их создании не стоит, однако их составление имеет место, чтобы выявить и закрепить проблемные места [32].

На рисунке 1 дается описание инструмента «бережливого производства» в строительстве – функционирования BIM, как инструмента «бережливого производства». В его механизме видно, что он позволяет формализовать и закрепить задания, данные о затратах ресурсов и зафиксировать ошибки, однако не все предприятия обладают BIM системой. К тому же неправильное ее использование дает лишь дополнительные затраты ресурсов.

На рисунке 2 дается описание инструмента «визуализация и планирование», что представляет собой обыкновенный календарный график или циклограмму, на которой разными цветами помечены параметры технологического процесса – ничего необычного.

«Управление производством на основе ценности» – подход, при котором считается, что любое действие на производстве, должно создавать ценность продукта. Данный инструмент является помехой для инженеров, так как сбивает с правильной мысли. Невозможно на одной производственной операции как добавить определенную ценность продукта, так и не добавить [24].

«Точно-во-время» и «вытягивающее планирование» – положительным свойством данных инструментов является подход о том, что продукция должна быть доставлена заказчику в нужное для него время, а не просто произведена бесцельно для плана. Отрицательным свойством инструментов является то, что инженеры по организации производства начинают фокусировать ресурсы производства на очень точном времени, переоценивая точность выполнения заказа (избыточная точность). А также начинают менять и нарушать технологию с целью сделать ее равномерным потоком [25].

Стоит отметить, что инструменты организационного проектирования, которыми пользуются специалисты строительной отрасли России уже являются довольно развитыми. И те инструменты, что в концепции «бережливое производство» преподносятся, как новые, давно

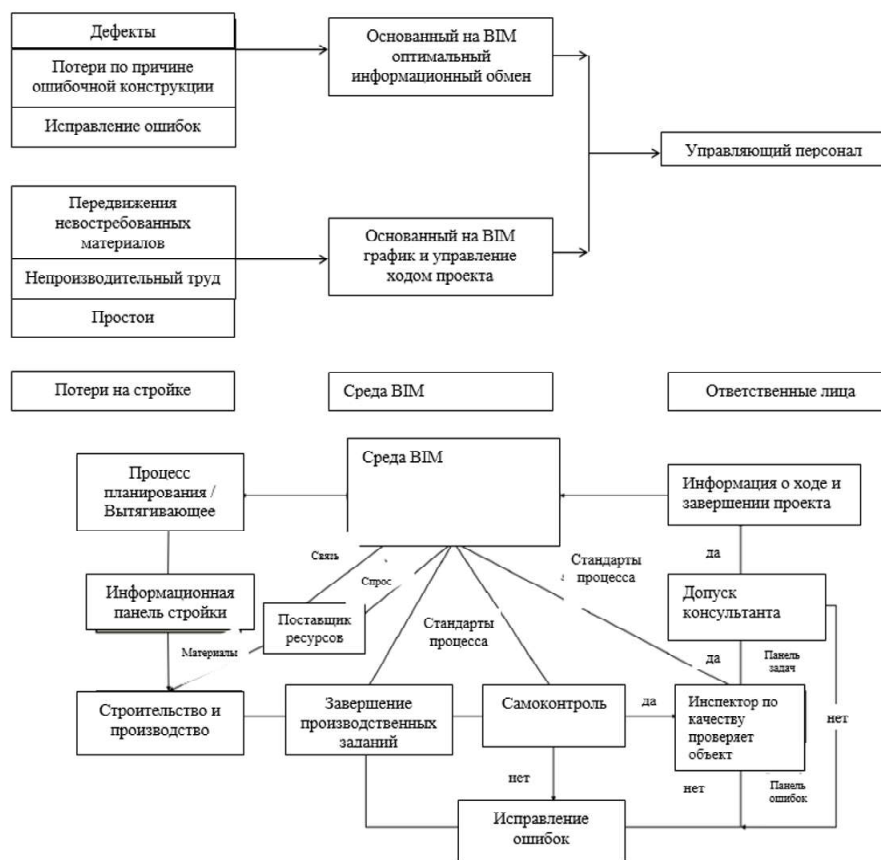


Рисунок 1 – Реализация BIM инструмента «бережливого производства» в строительстве [20].

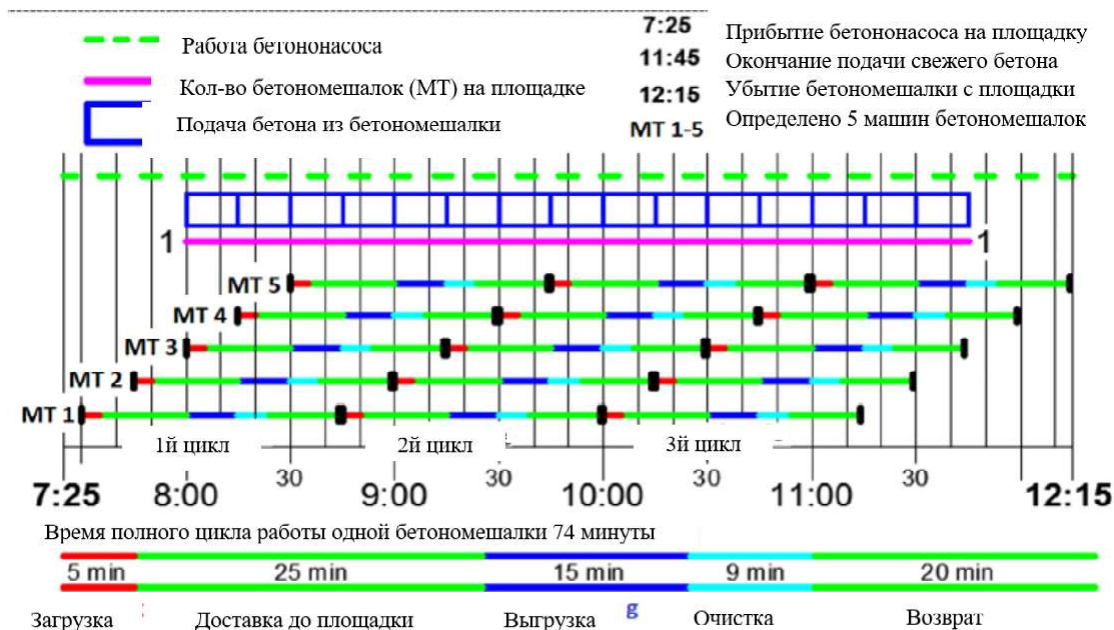


Рисунок 2 – График бетонных работ с использованием Just-in-Time [25].

уже используются в России. В некоторых странах данные инструменты действительно появились лишь недавно.

Рассмотрим следующие подходы при внедрении «бережливого производства» в строительство. При внедрении данной концепции наиболее часто применяются такие инструменты, как «анализ зрелости производственной системы», «карта готовности производства к внедрению бережливого производства», «карта опроса персонала об осведомленности о «бережливом производстве», «матрица стратегий внедрения «бережливого производства». Такие инструменты, как «карта опроса персонала об осведомленности» являются полезными, так как для персонала, не знакомого, этот инструмент является ознакомительным, информационным. Остальные инструменты, такие как «карта готовности», «матрицы стратегий внедрения» являются излишними при внедрении, отнимают на себя много человеческих и денежных ресурсов, при этом не влияющих на внедрение «бережливого производства в строительство» [33; 34].

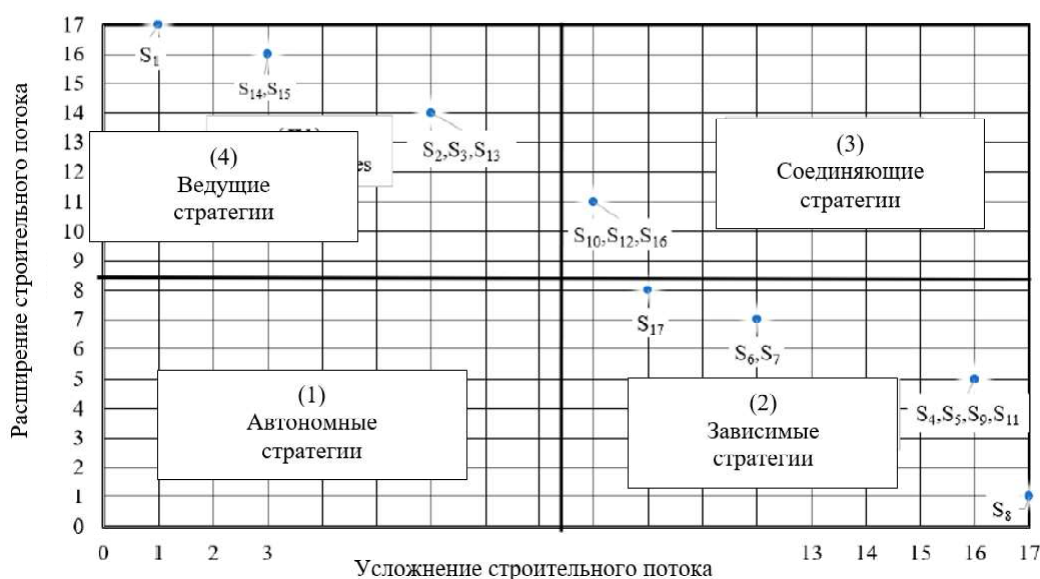
На рисунке 3 дается описание стратегий внедрения «бережливого производства» на строительное предприятие. Предполагается наличие 17 стратегий, которые поделены по типам на 4 блока в зависимости от сложности системы, но

создание целой стратегии для решения хозяйственных вопросов слишком усложняет дело и лишь откладывает достижение этих целей внедрения [32].

В таблице 2 дается описание барьеров внедрения «бережливого производства». К ним можно отнести: недостаточную осведомленность персонала предприятия, кажущиеся невысокие потери на производстве, само по себе имеющееся высокое качество организации труда на производстве (не нареченное модными словами), страх перед высокими инвестициями и легендами о внедрении. Менее рискованная, более аккуратная система производства, внедрение которой представляет лишь стремление к порядку, а не черчение множества графиков для красивой картинки [33; 34].

Внедрение концепции на строительное предприятие включает мероприятия [35]:

- стремление установить пропускную способность производства и следовать графикам для ее соблюдения;
- стремление обеспечить порядок и чистоту на производстве;
- стремление следить за качеством продукта, не допускать его дефектов;
- не делать умышленных дефектов, уменьшать количество халатного отношения.



**Рисунок 3** – Матрица стратегий ( $S_1...S_{17}$ ) внедрения «бережливого производства» на строительное предприятие [32].

Таблица 2. Барьеры внедрения «бережливого производства»

Барьеры внедрения	Кол-во	Мин. значение	Макс. значение	Среднее значение	Среднее отклонение	Рейтинг
Недостаточная осведомленность	30	2	5	4,73	0,79	1
Слабая обеспеченность нормативными документами	30	3	5	4,53	0,73	2
Незначительные размеры экономии	30	3	5	4,43	0,77	3
Потери не являются критическими	30	1	2	1,07	0,25	4

Для внедрения данных подходов в управление производством конечно нужны определенные лидеры или координаторы, которые бы направляли текущее производство в рамки этих требований. Но для этого не требуются масштабные инвестиции, привлечение дорогих консультантов, разработки готовых программ и стратегий по внедрению картинок и красивых речей, при этом принципиально не меняя отношения в самом ходе производственного процесса. «Бережливое производство» никак не связано ни с какой из технологий производства, а лишь с подходом к организации технологии. Графический материал помогает лучше ориентироваться в оперативной производственной информации, но не должен стать самоцелью. Научной основы у «бережливого производства» в целом нет, так же как нет ни норм, ни расчетных формул. «Бережливое производство» в целом это лишь рекомендации по организации массового сложного производства [36; 37].

Одной из проблем, остро обсуждаемых в «бережливом производстве», является оценка «зрелости «бережливого производства» или соответствие предприятия принципам «бережливого производства». Стоит отметить, что цель данной концепции – обеспечить на предприятии хорошие условия труда и уменьшить непроизводительные потери.

В зарубежной литературе вопрос «зрелости» производственной системы оценивается и решается при помощи опросных листов. В данных листах размещены вопросы о наличии и использовании на предприятии инструментов «бережливого производства», а также достигнутых положительных эффектов. Такой подход в целом позволяет оценить направленность и подход руководства к культуре производства, однако это не должно превращаться в дорогостоящее мероприятие с постоянным отвлечением персонала от производства [38].

В таблице 3 дается описание ключевых параметров «зрелости «бережливого производства». Можно сказать, что на предприятие уже установилось «бережливое производство», если на нем хорошо отлажены следующие организационные моменты: производство точно во время, постоянные улучшения [39].

Достижение положительных эффектов при максимальной зрелости представляет собой предприятие с высокой культурой производства, минимальным уровнем травматизма и отказов оборудования, ровный и контролируемый ход выпуска продукции, а также своевременное улучшение технических характеристик продукции и средств труда.

Следует предостеречь инженеров по организации производства от копирования конфигурации

Таблица 3. Ключевые параметры «зрелости «бережливого строительства»

Параметры «бережливого производства»	Оценки экспертов			
	Руководители	Инженеры	Инспекторы	Рабочие
Сокращение потерь	9	9	3	7
Постоянные улучшения	8	7	4	4
Доставка продукции клиенту вовремя	7	6	5	6
Сокращение действий, не добавляющих ценность	9	4	3	3
Уважение и лидерство	4	8	8	5
Управление качеством и стандартизация	6	6	6	8
Оптимизация и повышение гибкости производства	4	5	4	5



производственных зон с предприятий других отраслей, а точнее копирования производственных цехов японских предприятий, в частности Тойота, и расположения различных лозунгов. Внедрение не должно стать декоративным [38; 40].

Многие предприятия с добросовестными руководителями функционируют с данными принципами и стремлениями даже не зная о существовании концепции «бережливого производства». Можно указать на то, что звание «предприятие с «бережливым производством» можно применять как знак качества и высокой культуры организации производства.

Рассмотрев каждую из наиболее часто упоминаемых в зарубежных публикациях проблем «бережливого производства» в строительстве, были найдены аспекты, требующие критического отношения. Не все предлагаемые инструменты «бережливого производства» оказались достойными их копирования ввиду своей примитивности и общеизвестности. Внедрение принципов «бережливого производства» оказалось не тем мероприятием, которое можно внедрить, а лишь набором советов, которых следует придерживаться. Зрелость системы можно просто определить культурой производства. «Бережливое производство» скорее является инструментом оперативного управления, а не стратегического, как это представлено не только в зарубежных публикациях, но и в первоисточнике – из Японии. Финансовые результаты от внедрения «бережливого производства» будут выражаться лишь в незначительном повышении операционной прибыли, в связи с уменьшением мелких потерь на производстве [41].

В случае непредсказуемых рисков и событий, данную систему следует остановить и пересмотреть

масштаб ее работы. Часто руководители берут большее количество заказов, чем может позволить система при максимальной пропускной способности. Это ведет к перегрузкам, сбоям, авариям, финансовым проблемам, кредитам. Рассчитывая финансовый цикл, основываясь на заданной пропускной способности возможно также более осторожно и менее рискованно вести финансовую деятельность [42].

В результате были предложены следующие рекомендации: следить за отклонениями параметров; параметризовать их экспертным методом; засчитывать риски и запасы. Механизм функционирования данной модели управления строительным производством с применением концепции «бережливого производства» следующий: имеется производственная система с заданной пропускной способностью. Руководитель системы не должен брать большее количество заказов, чем может справиться система и как следствие необходимо поддерживать основные функции данной системы, рассчитать резервы и управлять ими, чтобы не предотвращать локальные сбои системы [43; 44].

В адрес всех существующих инструментов «бережливого производства» имеется общая критика, которая касается аспекта излишней концентрации ресурсов на деталях, внедрении и излишнем контроле этих деталей. Положительные и отрицательные стороны представлены в таблице 4 [44].

Формулами не всегда возможно описать для инженеров по организации строительства ту или иную модель производства. Нужно ориентироваться на соблюдение целевой функции – выдачи объема производства, но с учетом имеющейся ситуации, когда борьба за выполнение

**Таблица 4.** Положительные и отрицательные стороны «бережливого производства»

Положительные стороны	Отрицательные стороны
<ul style="list-style-type: none"> <li>– концентрирует внимание руководителей строительных предприятий на улучшение условий труда, наведение порядка на рабочем месте, на выстраивании хода производства, соответствующего потребностям рынка;</li> <li>– никакие из инструментов не требуют финансовых затрат;</li> <li>– инструменты не представляют собой сложные математические модели, которые может освоить только инженер</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– излишняя концентрация на инструментах, средствах достижения порядка на производстве, и в связи с этим перенос внимания не на производственный процесс, а на его оформление и информационную составляющую;</li> <li>– излишние ожидания от инструментов «бережливого производства» в аспекте гибкости производства, повышения доходности и прибыльности;</li> <li>– пренебрежение собственными организационными разработками</li> </ul>

1 заказа прямо сейчас может обернуться обрушением всей производственной системы [45].

Математически для удобства вычислений и моделирования такого «бережливого производства» на строительном предприятии можно выделить так:

- исходные данные: объем выпуска, затраты, цена;
- целевая функция: объем выпуска;
- помехи: поломки оборудования, отсутствие рабочих, отсутствие материалов;
- механизм решения: создание запасов с учетом производительности каждого звена производственной системы в условиях нормального функционирования;
- резервы: отклонения не более 20 %;
- вторичные факторы производительности системы: частота отсутствия рабочих, частота отсутствия материалов, частота поломок оборудования вследствие степени готовности обеспечивающих подсистем.

Задачи инженера по организации строительства в данной модели:

- 1) определить производительность (пропускную способность) своей производственной системы (строительного предприятия);

- 2) обеспечивать высокую степень готовности обеспечивающих систем;

- 3) определить политику управления рисками стратегическими и оперативными.

На рисунке 4 приводится описание схемы работы строительного предприятия с «бережливым производством», это система, построенная на саморегулировании, нельзя не соблюдать проектную пропускную способность и нужно отслеживать порядок на рабочих местах [46].

Схема работы данной системы состоит в следующем. Владелец компании определяет рынок, на котором планируется работать, а значит и ассортимент продукции. Технологи определяют состав оборудования и пропускную способность по предполагаемым выпускаемым видам продукции. В производстве набираются определенные резервы, которые могут компенсировать текущие отклонения системы. Глобальные изменения уже не в ведении производственного подразделения. Производственное подразделение в силах применить «Кайдзен» в плане улучшения рабочего места, небольших изменений вспомогательных и основных операций, и то при необходимости, а не как самоцель. Гибкость производства должна выражаться в возможности сделать подходящую



**Рисунок 4** – Модель рекомендуемого режима работы строительного производства с применением принципов «бережливого производства».

модификацию существующего ряда продукции, а не выпускать продукцию, технология которой абсолютно другая.

Специальной математической модели не требуется для описания и реализации данной схемы и специалисты могут применить стандартные экономико-математические модели, так как они не противоречат принципам «бережливого производства» [46; 47].

### Выводы

На основании критического анализа зарубежных публикаций по теме «бережливое строительство», следует отметить, что довольно трудно выявить действительную кратность увеличения производительности труда, которую часто указывают в качестве рекламной цели, при применении данной концепции, но она в любом случае

вырастит. Причиной роста производительности труда являются уменьшение дефектов, уменьшение поломок оборудования, улучшение трудовой дисциплины, уменьшение перегрузок системы. Внедрение «бережливого производства» в строительное предприятие не должно отнимать больше ресурсов, чем приносит пользу. Инструменты «бережливого производства» не имеют математической модели, а являются набором рекомендаций, а инструменты данной концепции – имеют только графическое описание.

Специалистам по организации строительства в России и в дружественных странах необходимо критически подходить к зарубежным концепциям в управлении и в других науках. Отечественный подход соответствует зарубежному подходу других стран и позволяет достичь не меньшей производительности труда.

### Список источников

1. Systematic review of Lean Construction: an ap-proach to sustainability and efficiency in construction management / G. Garcés [et al.]. // *Journal of Infrastructure Preservation and Resilience*. 2025. Vol. 6, N 6. P. 1-28. DOI 10.1186/s43065-025-00119-1.
2. Madhushani S. J. L., Ranadewa K. A. T. O., Seneviratne L. D. I. P. Society 5.0 For lean-driven sustainable construction: A conceptual framework // *FARU Journal*. 2024. Vol. 11, issue 02. P. 34-43. DOI 10.4038/faruj.v11i2.321.
3. Binu B. S., Gupta P. Awareness of Lean Construction Concepts in the Construction Industry of the UAE // *Lean Construction Journal (LCJ)*. 2024. P. 59-84. DOI 10.60164/ki20jnn74. ISSN 1555-1369.
4. Abuelaish R., Toğan V. Integration of Lean Construction and Buffer Management – A Systematic Literature Review // *Lean Construction Journal (LCJ)*. 2024. P. 85-107. ISSN 1555-1369. DOI 10.60164/ydox6cuz0.
5. Ardra Suseelan, Senthil Vadivel. T. Environmental Monitoring and Assessment for Sustainable Construction Projects: Leveraging Lean Techniques // *Nature Environment and Pollution Technology*. 2024. Vol. 23, N 4. P. 2189-2200. DOI 10.46488/NEPT.2024.v23i04.023.
6. Exploring the perspective of lean construction techniques on the performance of construction

### References

1. Garcés, G., Forcael, E., Osorio, C., Castañeda, K. and Sánchez, O. (2025), "Systematic review of Lean Construction: an approach to sustainability and efficiency in construction management", *Journal of Infrastructure Preservation and Resilience*, vol. 6, no. 1, pp. 1-28. DOI 10.1186/s43065-025-00119-1.
2. Madhushani, S.J.L., Ranadewa, K.A.T.O., Seneviratne, L.D.I.P. (2024), "Society 5.0 For lean-driven sustainable construction: A conceptual framework", *FARU Journal*, vol. 11, issue 02, pp. 34-43. DOI 10.4038/faruj.v11i2.321.
3. Binu, B.S. and Gupta, P. (2024), "Awareness of Lean Construction Concepts in the Construction Industry of the UAE", *Lean Construction Journal (LCJ)*, pp. 59-84. DOI 10.60164/ki20jnn74. ISSN 1555-1369.
4. Abuelaish, R. and Toğan, V. (2024), "Integration of Lean Construction and Buffer Management – A Systematic Literature Review", *Lean Construction Journal (LCJ)*, pp. 85-107. ISSN 1555-1369. DOI 10.60164/ydox6cuz0.
5. Ardra Suseelan and Senthil Vadivel T. (2025), "Environmental Monitoring and Assessment for Sustainable Construction Projects: Leveraging Lean Techniques", *Nature Environment and Pollution Technology*, vol. 23, no. 4, pp. 2189-2200. DOI 10.46488/NEPT.2024.v23i04.023.
6. Yaro, S.A., Adamu, A.D., Saidu, I. and Anifowose, M.O. (2024), "Exploring the perspective of

- projects in Nigeria / S. A. Yaro [et al.]. // *Environmental Technology and Science Journal*. 2024. Vol. 15, N 1. P. 113-124. DOI 10.4314/etsj.v15i1.12.
7. Mochamad Agung Wibowo, Marah Ali Ammar. Lean construction and sustainability: A review of research trends and implications for the United Nations SDGs // E3S Web of Conferences. The 9<sup>th</sup> International Conference on Energy, Environment, Epidemiology and Information System (ICENIS 2024) (Semarang, Indonesia, 29-30 October 2024). Indonesia, 2025. P. 1-8. DOI 10.1051/e3sconf/202560503048.
  8. Ngakan Agung Biben Juniawan, I Gusti Agung Adnyana Putera, I Nyoman Aribudiman. Strategies for Minimizing Material Waste with the Application of Lean Construction in Building Construction Projects // *Journal of Asian Multicultural Research for Economy and Management Study*. 2024. Vol. 5, N 4. P. 29-36. DOI 10.47616/jamrems.v5i4.526.
  9. Exploration of Lean Construction in Japan and Its Paradoxical Stance / J. S. Shigaki [et al.]. // *Proceedings of the 32<sup>nd</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC32)* (Auckland, New Zealand, 1-5 July 2024). New Zealand, 2024. P. 1219-1231. DOI 10.24928/2024/0193.
  10. Muhammad Huzaifa Razaa, Ray Y. Zhong. Integration of additive manufacturing, lean and green construction: A conceptual framework // 34<sup>th</sup> CIRP Design Conference (Cranfield, UK, 3-5 June 2024). UK, 2024. P. 180-185. DOI 10.1016/j.procir.2024.06.018.
  11. Sepúlveda I., Alarcón L. F., Mesa H. A. Perceptions of Collaborative Contracts From the Perspective of Lean Construction in Chile // *Proceedings of the 32<sup>nd</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC32)* (Auckland, New Zealand, 1-5 July 2024). New Zealand, 2024. P. 95-107. DOI 10.24928/2024/0126.
  12. Possible Futures for Lean Construction: A Scenario Analysis for Germany / P. Zielke [et al.]. // *Proceedings of the 41<sup>st</sup> International Conference of CIB W78* (Marrakesh, Morocco, 1-3 October 2024). Morocco, 2024. P. 1-13.
  13. Garcés G., Peña C. A Review on Lean Construction for Construction Project Management // *Revista Ingeniería de Construcción (RIC)*. 2022. Vol. 37, N 3. P. 43-60. DOI 10.7764/RIC.00051.21.
  14. Evaluation of lean construction practices for improving construction project delivery. Case study of Bushenyi District, Uganda / N. M. Aguome [et al.]. // *Cogent Engineering*. 2024. Vol. 11, N 1. P. 1-21.
  15. Lean Construction at Construtora X: A Case Study on Waste Elimination and Productivity Improvement / Camargo J. V. G. [et al.]. // *Brazilian Journal of Production Engineering (BJPE)*. 2024. Vol. 10, N 4. P. 241-256. DOI 10.47456/bjpe.v10i4.46169.
  16. Hasan S., Işık Z., Demirdöğen G. Evaluating the Contribution of Lean Construction to Achieving Sustainable Development Goals // *Sustainability*. 2024. Vol. 16, N 8. P. 1-24. DOI 10.3390/su16083502.
  - lean construction techniques on the performance of construction projects in Nigeria", *Environmental Technology and Science Journal*, vol. 15, no. 1, pp. 113-124. DOI 10.4314/etsj.v15i1.12.
  7. Mochamad Agung Wibowo and Marah Ali Ammar (2025), "Lean construction and sustainability: A review of research trends and implications for the United Nations SDGs", E3S Web of Conferences. *The 9<sup>th</sup> International Conference on Energy, Environment, Epidemiology and Information System (ICENIS 2024)*, Semarang, Indonesia, 29-30 October 2024, pp. 1-8. DOI 10.1051/e3sconf/202560503048.
  8. Ngakan Agung Biben Juniawan, I Gusti Agung Adnyana Putera and I Nyoman Aribudiman (2024), "Strategies for Minimizing Material Waste with the Application of Lean Construction in Building Construction Projects", *Journal of Asian Multicultural Research for Economy and Management Study*, vol. 5, no. 4, pp. 29-36. DOI 10.47616/jamrems.v5i4.526.
  9. Shigaki, J.S., Koskela, L., Tezel, A. and Pedo, B. (2024), "Exploration of Lean Construction in Japan and Its Paradoxical Stance", *32<sup>nd</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC32)*, Auckland, New Zealand, 1-5 July 2024, pp. 1219-1231. DOI 10.24928/2024/0193.
  10. Muhammad Huzaifa Raza and Ray Y. Zhong (2024), "Integration of additive manufacturing, lean and green construction: A conceptual framework", *34<sup>th</sup> CIRP Design Conference*, Cranfield, UK, 3-5 June 2024, pp. 180-185. DOI 10.1016/j.procir.2024.06.018.
  11. Sepúlveda, I., Alarcón, L.F. and Mesa, H.A. (2024), "Perceptions of Collaborative Contracts From the Perspective of Lean Construction in Chile", *Proceedings of the 32<sup>nd</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC32)*, Auckland, New Zealand, 1-5 July 2024, pp. 95-107. DOI 10.24928/2024/0126.
  12. Zielke, P., Lauble, S., Baier, C., John, P. C., Rahebi, H. and Haghsheeno, S. (2024), "Possible Futures for Lean Construction: A Scenario Analysis for Germany", *Proceedings of the 41<sup>st</sup> International Conference of CIB W78*, Marrakesh, Morocco, 1-3 October 2024, pp. 1-13.
  13. Garcés, G. and Peña, C. (2023), "A Review on Lean Construction for Construction Project Management", *Revista Ingeniería de Construcción (RIC)*, vol. 37, no. 3, pp. 43-60. DOI 10.7764/RIC.00051.21.
  14. Aguome, N.M., Alaneme, U.G., Olaiya, B.C. and Lawan, M.M. (2024), "Evaluation of lean construction practices for improving construction project delivery. Case study of Bushenyi District, Uganda", *Cogent Engineering*, vol. 11, no. 1, pp. 1-21.
  15. Camargo, J.V.G., César, C.G., Nunes, F.A. de S.F., Pontífice, S.G. and Gonçalves, C.A. (2024), "Lean Construction at Construtora X: A Case Study on Waste Elimination and Productivity Improvement", *Brazilian Journal of Production Engineering (BJPE)*, vol. 10, no. 4, pp. 241-256. DOI 10.47456/bjpe.v10i4.46169.
  16. Hasan, S., Işık, Z. and Demirdöğen, G. (2024), "Evaluating the Contribution of Lean Construction

17. Mohammed Abdul-Latif. Improving Health and Safety Performance of Construction through Lean Construction in Ghana : Drivers, Enablers and Constraints // *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*. 2024. Vol. 11, issue 4. P. 114-118. DOI 10.32628/IJSRST24114113.
18. Assessment and analysis of the effects of implementing building information modelling as a lean management tool in construction management / J. Akter [et al.]. // *International Journal of Building Pathology and Adaptation* June. 2024. P. 1-18. DOI 10.1108/IJBPA-08-2023-0118.
19. Santhosh Loganathan. Adopting and Sustaining Lean Construction: Carrot or Stick? // *Indian Lean Construction Conference* (New Delhi, India, 27-30 November 2023). India, 2023. P. 9-18.
20. Chen Y., Qiu D., Chen X. Integrating Lean Construction with Sustainable Construction: Drivers, Dilemmas and Countermeasures // *Sustainability*. 2024. Vol. 16, N 21. P. 1-23. DOI 10.3390/su16219387.
21. Prado Lujan G., Murguia D. BIM as an Enabler of Lean Construction in the Public Sector // *Proceedings of the 32<sup>nd</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC32)* (Auckland, New Zealand, 1-5 July 2024). New Zealand, 2024. P. 755-766. DOI 10.24928/2024/0205.
22. Enhancing Lean Construction Through Innovative Technology: A Focus on Virtual Reality in Construction / A. Bidhendi [et al.]. // *Proceedings of the 32<sup>nd</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC32)* (Auckland, New Zealand, 1-5 July 2024). New Zealand, 2024. P. 743-754. DOI 10.24928/2024/0187.
23. Livinus Horsfall, Bright Medozie Alaribe. Lean Construction: The Role of a Project Manager // *International Journal of Project Management*. 2024. Vol. 6, issue 3. P. 52-68. DOI 10.47672/ijpm.2197.
24. Zuzana Struková, Mária Kozlovská, Alena Tažiková. Improvement of Concrete Construction Work Performance Through Employment of Lean Logistics Principles // *Engineering Reports*. 2024. Vol. 7, N 1. P. 1-14. DOI 10.1002/eng2.13067.
25. State-of-the-art lean learning practices in construction: A case study in Sri Lanka / A. Parameswaran [et al.]. // *Proceedings of the 12<sup>th</sup> World Construction Symposium* (Sri Lanka, 9-10 August 2024). Sri Lanka, 2024. P. 947-960. DOI 10.31705/WCS.2024.75.
26. Lean techniques for project delivery: assessing construction professionals' level of awareness / M. Ikuabe [et al.]. // *Proceedings of the 12<sup>th</sup> World Construction Symposium* (Sri Lanka, 9-10 August 2024). Sri Lanka, 2024. P. 727-733. DOI 10.31705/WCS.2024.57.
27. Problems of the implementation of BIM technologies in Russia / E. A. Chesnokova [et al.]. // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 972: *International Conference Safety Problems of Civil Engineering Critical Infrastructures* (Ekaterinburg, 21-22 May 2019). to Achieving Sustainable Development Goals", *Sustainability*, vol. 16, no. 8, pp. 1-24. DOI 10.3390/su16083502.
17. Mohammed Abdul-Latif (2024), "Improving Health and Safety Performance of Construction through Lean Construction in Ghana : Drivers, Enablers and Constraints", *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, vol. 11, issue 4, pp. 114-118. DOI 10.32628/IJSRST24114113.
18. Akter, J., Datta, S.D., Islam, M., Tayeh, B.A., Sra-boni, S.A. and Das, N. (2024), "Assessment and analysis of the effects of implementing building information modelling as a lean management tool in construction management", *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, pp. 1-18. DOI 10.1108/IJBPA-08-2023-0118.
19. Santhosh Loganathan (2023), "Adopting and Sustaining Lean Construction: Carrot or Stick?", *Indian Lean Construction Conference*, New Delhi, India, 27-30 November 2023, pp. 9-18.
20. Chen, Y., Qiu, D. and Chen, X. (2024), "Integrating Lean Construction with Sustainable Construction: Drivers, Dilemmas and Countermeasures", *Sustainability*, vol. 16, no. 21, pp. 1-23. DOI 10.3390/su16219387.
21. Prado Lujan, G. and Murguia, D. (2024), "BIM as an Enabler of Lean Construction in the Public Sector", *Proceedings of the 32<sup>nd</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC32)*, Auckland, New Zealand, 1-5 July 2024, pp. 755-766. DOI 10.24928/2024/0205.
22. Bidhendi, A., Poshdar, M., Nahri, Z., Won, J.W., Owais, O.A. and Koohestani, K. (2024), "Enhancing Lean Construction Through Innovative Technology: A Focus on Virtual Reality in Construction", *Proceedings of the 32<sup>nd</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC32)*, Auckland, New Zealand, 1-5 July 2024, pp. 743-754. DOI 10.24928/2024/0187.
23. Livinus Horsfall and Bright Medozie Alaribe (2024), "Lean Construction: The Role of a Project Manager", *International Journal of Project Management*, vol. 6, issue 3, pp. 52-68. DOI 10.47672/ijpm.2197.
24. Struková, Zuzana, Kozlovská, Mariá and Tažiková, Alena (2024), "Improvement of Concrete Construction Work Performance Through Employment of Lean Logistics Principles", *Engineering Reports*, vol. 7, no. 1, pp. 1-14. DOI 10.1002/eng2.13067.
25. Parameswaran, A., Ranadewa, K.A.T.O., Rajini, P.A.D. and Jayanetti, J.K.D.D.T. (2024), "State-of-the-art lean learning practices in construction: A case study in Sri Lanka", *Proceedings of the 12<sup>th</sup> World Construction Symposium*, Sri Lanka, 9-10 August 2024, pp. 947-960. DOI 10.31705/WCS.2024.75.
26. Ikuabe, M., Aghimien, D., Aigbavboa, C., Oke, A. and Ramaru, P. (2024), "Lean techniques for project delivery: assessing construction professionals' level of awareness", *Proceedings of the 12<sup>th</sup> World Construction Symposium*, Sri Lanka, 9-10 August 2024, pp. 727-733. DOI 10.31705/WCS.-2024.57.

- Ekaterinburg: Ural Federal University, 2019. P. 1-5. DOI 10.1088/1757-899X/972/1/012038.
28. Чеснокова Е. А., Хохлова В. В., Чесноков А. С. Внедрение BIM-технологий для более эффективного управления объектами недвижимости // Организация строительного производства: материалы II Всероссийской науч. конференции (Санкт-Петербург, 04-05 февраля 2020 г.). Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2020. С. 169-173.
  29. Network-Based Modeling of Lean Implementation Strategies and Planning in Prefabricated Construction / P. Dang [et al.]. // *Buildings*. 2024. Vol. 14, N 10. P. 1-28. DOI 10.3390/buildings14103182.
  30. Challenges of BIM Technology and Lean Theory in the Construction Industry in Vietnam / Nguyen Minh Ngoc [et al.]. // *Engineering, Technology and Applied Science Research*. 2024. Vol. 14, N 5. P. 17548-17554. DOI 10.48084/etasr.7810.
  31. Key Performance Indicators (KPI) to Measure Effectiveness of Lean Construction in Indonesian Project / A. Bigwanto [et al.]. // *Sustainability*. 2024. Vol. 16, N 15. P. 1-14. DOI 10.3390/su16156461.
  32. Flores Peluffo Patricia, Martínez Aires Maria Dolores. Optimizing security in architecture by design Risk prevention in construction with a Lean perspective // *Revista ingeniería de construcción*. 2024. Vol. 39, N 3. P. 1-14. DOI 10.7764/RIC.00116.21.
  33. Perception of Lean Construction Implementation Barriers in the Indian Prefabrication Sector / P. Negi [et al.]. // *Heliyon*. 2024. Vol. 10, N 1. P. 1-21. DOI 10.1016/j.heliyon.2024.e36458.
  34. Muhammad Hanif Adriantama, Mochammad Agung Wibowo, Jati Utomo Dwi Hatmoko. Implementation of Lean Construction and Risk Management for Waste Identification in the Jragung Dam Construction Project Package 2 // *E3S Web of Conferences. The 9<sup>th</sup> International Conference on Energy, Environment, Epidemiology and Information System (ICENIS 2024)* (Semarang, Indonesia, 29-30 October 2024). Indonesia, 2025. P. 1-9. DOI 10.1051/e3sconf/202560503019.
  35. A Fuzzy Expert System for Measuring the Degree of Lean Implementation in Construction Projects / R. Ead [et al.]. // *Proceedings of the 32<sup>nd</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC32)* (Auckland, New Zealand, 1-5 July 2024). New Zealand, 2024. P. 1147-1158. DOI 10.24928/2024/0159.
  36. Parameswaran A., Ranadewa K. A. T. O., Rathnasinghe A. Roles of lean learners for successful lean implementation in the construction industry : a force-directed graph // *International Journal of Productivity and Performance Management*. 2024. Vol. 73, N 8. P. 2673-2705. DOI 10.1108/IJPPM-07-2023-0346.
  37. Paulo Henrique de Oliveira Dantas, Gerson De Marco, Fabiana Florian. Application of lean construction analysis tool in lean construction // *RECIMA21 -*
  27. Chesnokova, E.A., Khokhlova, V.V., Ponyavina, N.A. and Chesnokov, A.S. (2020), "Problems of the implementation of BIM technologies in Russia", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 972: *International Conference Safety Problems of Civil Engineering Critical Infrastructures*, Ekaterinburg, Russia, 21-22 May 2019, pp. 1-5. DOI 10.1088/1757-899X/972/1/012038.
  28. Chesnokova, E.A., Khokhlova, V.V. and Chesnokov, A.S. (2020), "Implementation of Bim Technologies for More Effective Management of Real Estate", *Materialy II Vserossijskoj nauchnoj konferencii* [Proceedings of the II All-Russian Scientific Conference], *Organizaciya stroitel'nogo proizvodstva* [Organization of construction production], Saint Petersburg, Russia, 04-05 February 2020, pp. 169-173.
  29. Dang, P., Geng, L., Niu, Z., Jiang, S. and Sun, C. (2024), "Network-Based Modeling of Lean Implementation Strategies and Planning in Prefabricated Construction", *Buildings*, vol. 14, no. 10, pp. 1-28. DOI 10.3390/buildings14103182.
  30. Nguyen Minh Ngoc, Nguyen Anh Dung, Tran Duy Hung and Tran Ngoc Thang (2024), "Challenges of BIM Technology and Lean Theory in the Construction Industry in Vietnam", *Engineering, Technology and Applied Science Research*, vol. 14, no. 5, pp. 17548-17554. DOI 10.48084/etasr.7810.
  31. Bigwanto, A., Widayati, N., Wibowo, M.A. and Sari, E.M. (2024), "Key Performance Indicators (KPI) to Measure Effectiveness of Lean Construction in Indonesian Project", *Sustainability*, vol. 16, no. 15, pp. 1-14. DOI 10.3390/su16156461.
  32. Flores Peluffo, Patricia and Martínez Aires, Maria Dolores (2024), "Optimizing security in architecture by design Risk prevention in construction with a Lean perspective", *Revista ingeniería de construcción*, vol. 39, no. 3, pp. 1-14. DOI 10.7764/RIC.00116.21.
  33. Negi, P., Thakur, G., Singh, R., Gehlot, A., Thakur, A.K., Gupta, L.R., Priyadarshi, N. and Twala, B. (2024), "Perception of Lean Construction Implementation Barriers in the Indian Prefabrication Sector", *Heliyon*, vol. 10, no. 1, pp. 1-21. DOI 10.1016/j.heliyon.2024.e36458.
  34. Muhammad Hanif Adriantama, Mochammad Agung Wibowo and Jati Utomo Dwi Hatmoko (2024), "Implementation of Lean Construction and Risk Management for Waste Identification in the Jragung Dam Construction Project Package 2", *E3S Web of Conferences. The 9<sup>th</sup> International Conference on Energy, Environment, Epidemiology and Information System (ICENIS 2024)*, Semarang, Indonesia, 29-30 October 2024, pp. 1-9. DOI 10.1051/e3sconf/202560503019.
  35. Ead, R., Liu, K., Saleh, A., Assaf, S., Gonzalez-Moret, V. and Hamzeh, F. (2024), "A Fuzzy Expert System for Measuring the Degree of Lean Implementation in Construction Projects", *Proceedings of the 32<sup>nd</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC32)*, Auckland, New Zealand, 1-5 July 2024, pp. 1147-1158. DOI 10.24928/2024/0159.

- Revista Científica. 2024. Vol. 5, N 1. P. 1-17. DOI 10.47820/recima21.v5i1.6066. ISSN 2675-6218.
38. The Influence of Preconstruction Phase and Lean Construction Implementation on Project Performance / M. Hamaidi [et al.]. // Proceedings of the 32<sup>nd</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC32) (Auckland, New Zealand, 1-5 July 2024). New Zealand, 2024. P. 353-364. DOI 10.24928/2024/0133.
  39. Kalyan Vaidyanathan, Marimuthu Kannimuthu, Koshy Varghese. Institute for Lean Construction Excellence Lean Maturity Model (ILMM) - A Lean Maturity Model for Indian Construction // Proceedings of the 32<sup>nd</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC32) (Auckland, New Zealand, 1-5 July 2024). New Zealand, 2024. P. 1268-1279. DOI 10.24928/2024/0229.
  40. Jayanetti J. K. D. D. T., Perera B. A. K. S., Waidyasekara K. G. A. S. Key parameters of lean construction maturity: a Delphi study // Proceedings of the 12<sup>th</sup> World Construction Symposium (Sri Lanka, 9-10 August 2024). Sri Lanka, 2024. P. 712-726. DOI 10.31705/WCS.2024.56.
  41. Анализ принципов применения технологии "бережливое строительство" с целью повышения индекса производительности труда / Н. А. Понявина [и др.]. // Научный журнал строительства и архитектуры. 2021. N 1 (61). С. 40-52. DOI 10.36622/VSTU.2021.61.1.004.
  42. Кулаков К. Ю., Орлов А. К., Канхва В. С. Цепочки создания ценности в строительстве на основе концепции бережливого производства в условиях цифровой трансформации // Вестник МГСУ. 2023. Т. 18, вып. 10. С. 1647-1660. DOI 10.22227/1997-0935.2023.10.1647-1660.
  43. Козлов Р. Н., Пешков А. В. Интеграция бережливого производства и BIM-технологий как основа эффективного проектного управления и организации производственных процессов на этапе строительства // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. Т. 13. N 2. С. 271-284. DOI 10.21285/2227-2917-2023-2-271-284.
  44. Анализ объективности применения BIM-технологий в строительстве / С. Г. Шеина [и др.]. // Инженерный вестник Дона. 2024. N 4. С. 354-367. URL: [http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_34\\_4y24\\_Sheina.pdf\\_0c964c55e7.pdf](http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_34_4y24_Sheina.pdf_0c964c55e7.pdf) (дата обращения: 20.01.2025). ISSN 2073-8633.
  45. Information and methodological support for real estate valuation in the context of economic transformation / V. M. Kruglyakova [et al.]. // E3S Web of Conferences 535. XIII International Scientific and Practical Forum "Environmental Aspects of Sustainability of Construction and Management of Urban Real Estate" (ESCM-2024) (Ho Chi Minh City, Vietnam, 22-23 March 2024). Vietnam, 2024. P. 1-9. DOI 10.1051/e3sconf/202453502001.
  46. Программный комплекс расчета количественных характеристик, описывающих динамику реализации проекта стройпроизводства /
  36. Parameswaran, A., Ranadewa, K.A.T.O. and Rathnasinghe, A. (2024), "Roles of lean learners for successful lean implementation in the construction industry: a force-directed graph", *International Journal of Productivity and Performance Management*, vol. 73, no. 8, pp. 2673-2705. DOI 10.1108/IJPPM-07-2023-0346.
  37. Paulo Henrique de Oliveira Dantas, Gerson De Marco and Fabiana Florian (2024), "Application of lean construction analysis tool in lean construction", *RECIMA21 - Revista Científica*, vol. 5, no 1, pp. 1-17. DOI 10.47820/recima21.v5i1.6066. ISSN 2675-6218.
  38. Hamaidi, M., Ghandour, N., Abdel Hadi, M. and Naser, A. (2024), "The Influence of Preconstruction Phase and Lean Construction Implementation on Project Performance", *Proceedings of the 32<sup>nd</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC32)*, Auckland, New Zealand, 1-5 July 2024, pp. 353-364. DOI 10.24928/2024/0133.
  39. Kalyan Vaidyanathan, Marimuthu Kannimuthu and Koshy Varghese (2024), "A Lean Maturity Model for Indian Construction", *Proceedings of the 32<sup>nd</sup> Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC32)*, Auckland, New Zealand, 1-5 July 2024, pp. 1268-1279. DOI 10.24928/2024/0229.
  40. Jayanetti, J.K.D.D.T., Perera, B.A.K.S. and Waidyasekara, K.G.A.S. (2024), "Key parameters of lean construction maturity: a Delphi study", *Proceedings of the 12<sup>th</sup> World Construction Symposium*, Sri Lanka, 9-10 August 2024, pp. 712-726. DOI 10.31705/WCS.2024.56.
  41. Ponyavina, N.A., Emelianov, D.I., Chesnokova, E.A. and Popova M.E. (2021), "Analysis of the principles of application of the "lean construction" technology in order to increase the labor productivity index", *Scientific Journal of Construction and Architecture*, no. 1 (61), pp. 40-52. DOI 10.36622/VSTU.2021.61.1.004.
  42. Kulakov, K.Yu., Orlov, A.K. and Kankhva, V.S. (2023), "Value chains in construction based on the concept of lean manufacturing in the conditions of digital transformation", *Vestnik MGSU*, vol. 18, issue 10, pp. 1647-1660. DOI 10.22227/1997-0935.2023.10-1647-1660.
  43. Kozlov, R.N. and Peshkov, A.V. (2023), "Integration of lean management and BIM technologies for effective project management and production processes at a construction stage", *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*, vol. 13, no. 2, pp. 271-284. DOI 10.21285/2227-2917-2023-2-271-284.
  44. Sheina, S.G., Mishchenko, V.Ya., Sergeev, Yu.D., Sergeeva, A.Yu. and Myasishchev, R.Yu. (2024), "Analysis of the objectivity of the use of BIM technologies in construction", *Engineering Journal of Don*, no. 4, pp. 354-367, available at: [http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_34\\_4y24\\_Sheina.pdf\\_0c964c55e7.pdf](http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_34_4y24_Sheina.pdf_0c964c55e7.pdf) (Accessed 20 January 2025). ISSN 2073-8633.
  45. Kruglyakova, V.M., Mishchenko, V.Ya., Akulova, I.I. and Popov, I.I. (2024), "Information and methodological support for real estate valuation in the

А. В. Мищенко [и др.]. // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, N свид. RU 2023688233; дата регистрации 07.12.2023; дата публикации 21.12.2023.

context of economic transformation", *E3S Web of Conferences* 535. XIII International Scientific and Practical Forum "Environmental Aspects of Sustainability of Construction and Management of Urban Real Estate" (ESCM-2024), Ho Chi Minh City, Vietnam, 22-23 March 2024, pp. 1-9. DOI 10.1051/e3sconf/202453502001.

46. Mishchenko, A.V., Preobrazhensky, M.A., Mishchenko, V.Ya. and Gorbaneva, E.P., Voronezh State Technical University (2023), *Programmnyy kompleks rascheta kolichestvennykh harakteristik, opisuyayushchih dinamiku realizacii proekta strojproizvodstva* [Software package for calculating quantitative characteristics describing the dynamics of the implementation of a construction production project], Russia, Computer program registration Certificate RU 2023688233, 21.12.2023.

#### Информация об авторах

**Потехин Игорь Алексеевич** – кандидат экономических наук, менеджер инновационного бизнес-инкубатора им. проф. Ю. М. Борисова Воронежского государственного технического университета, Воронеж, Россия. Научные интересы: разработка и внедрение рекомендаций по применению технологии «Бережливое строительство» в современном строительном производстве.

**Мищенко Андрей Валериевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью Воронежского государственного технического университета, Воронеж, Россия. Научные интересы: разработка и внедрение рекомендаций по применению технологии «Бережливое строительство» в современном строительном производстве.

**Чеснокова Елена Александровна** – кандидат экономических наук, доцент кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью Воронежского государственного технического университета, Воронеж, Россия. Научные интересы: разработка и внедрение рекомендаций по применению технологии «Бережливое строительство» в современном строительном производстве.

**Емельянов Дмитрий Игоревич** – кандидат технических наук, заведующий кафедрой металлических и деревянных конструкций, директор инженерной школы «Строительство» Воронежского государственного технического университета, Воронеж, Россия. Научные интересы: разработка и внедрение рекомендаций по применению технологии «Бережливое строительство» в современном строительном производстве.

**Телегин Никита Денисович** – магистрант кафедры технологии, организации строительства, экспертизы и управления недвижимостью Воронежского государственного технического университета, Воронеж, Россия. Научные интересы: разработка и внедрение рекомендаций по применению технологии «Бережливое строительство» в современном строительном производстве.

#### Information about the authors

**Potekhin Igor A.** – Ph. D. (Economics), Manager of the innovative business Incubator named after Prof. Yu. M. Borisov Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia. Scientific interests: development and implementation of recommendations on the use of Lean construction technology in modern construction production.

**Mishchenko Andrey V.** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor of the Department of Technology, Construction Organization, Expertise and Real Estate Management of Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia. Scientific interests: development and implementation of recommendations on the use of Lean construction technology in modern construction production.



**Chesnokova Elena A.** – Ph. D. (Economics), Associate Professor, Department of Technology, Construction Organization, Expertise and Real Estate Management, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia. Scientific interests: development and implementation of recommendations on the use of Lean construction technology in modern construction production.

**Emelyanov Dmitry I.** – Ph. D. (Eng.), Head of the Department of Metal and Wooden Structures, Director of the Engineering School «Construction» of Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia. Scientific interests: development and implementation of recommendations on the use of Lean construction technology in modern construction production.

**Telegin Nikita D.** – Master's student at the Department of Technology, Construction Organization, Expertise and Real Estate Management of Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia. Scientific interests: development and implementation of recommendations on the use of Lean construction technology in modern construction production.

**Вклад авторов:**

**Потехин И. А.** – научное руководство; концепция исследования; развитие методологии; написание исходного текста; итоговые выводы.

**Мищенко А. В.** – участие в разработке концепции: реализация BIM инструмента «бережливого производства» в строительстве; доработка текста; итоговые выводы.

**Чеснокова Е. А.** – участие в разработке концепции: ключевые параметры «зрелости «бережливого строительства»; доработка текста; итоговые выводы.

**Емельянов Д. И.** – научное руководство; концепция исследования; развитие методологии; написание исходного текста; итоговые выводы.

**Телегин Н. Д.** – участие в разработке концепции: барьеры внедрения «бережливого производства»; доработка текста.

**Contribution of the authors:**

**Potekhin I. A.** – scientific supervision; research concept; methodology development; writing the original text; final conclusions.

**Mishchenko A. V.** – participation in concept development: implementation of the BIM tool for «lean production» in construction; text revision; final conclusions.

**Chesnokova E. A.** – participation in concept development: key parameters of «lean construction» maturity; text revision; final conclusions.

**Emelyanov D. I.** – scientific supervision; research concept; methodology development; writing the original text; final conclusions.

**Telegin N. D.** – participation in concept development: barriers to the implementation of «lean production»; text revision.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

**The authors declare no conflicts of interests.**

*Статья поступила в редакцию 10.03.2025; одобрена после рецензирования 21.03.2025; принята к публикации 28.03.2025.*

*The article was submitted 10.03.2025; approved after reviewing 21.03.2025; accepted for publication 28.03.2025.*