

Научная статья

УДК 658.5

DOI: 10.21209/2227-9245-2024-30-4-120-127

Анализ устойчивости механизма бережливого производства при проектировании производственной системы в условиях неопределённости

Евгений Анатольевич Малышев¹, Илья Андреевич Серов²

^{1,2}Санкт-Петербургский государственный морской технический университет,

г. Санкт-Петербург, Россия

¹eamalyshev@mail.ru, ²ilyaserov@SMTU.RU

Информация о статье

Поступила в редакцию
29.10.2024

Одобрена после
рецензирования
30.10.2024

Принята к публикации
18.11.2024

Ключевые слова:

устойчивость в производстве, принципы бережливого производства, цепочки поставок, цифровизация процессов, волатильность, оценка рисков, взаимосвязь проектирования и устойчивости, эффективность производственных систем, оптимизация процессов, управление качеством

В условиях высокой неопределённости на международных рынках и усложнения цепочек поставок производственные компании испытывают необходимость интеграции устойчивости в системы для противодействия разрушениям, вызванным внешними и внутренними факторами, такими как пандемии и климатический кризис. Одним из глобально признанных подходов к проектированию производственных систем в научной среде и промышленности является бережливое производство. Основная идея бережливого производства заключается в оптимизации процессов путём устранения потерь. Объект исследования – производственные системы, подверженные данным факторам. Цель исследования – разработка подхода к проектированию систем, сочетающего принципы бережливого производства и устойчивости. Задачи исследования: анализ существующих подходов к проектированию производственных систем; выявление ключевых принципов бережливого производства для обеспечения устойчивости; разработка рекомендаций по её интеграции. Методологию исследования составили систематический обзор литературы и анализ данных с целью выявления пробелов и направлений дальнейших исследований. Методы исследования включают сравнительный анализ и синтез данных, основанные на системном подходе к управлению производством. В статье проведён систематический обзор литературы, направленный на изучение основного исследовательского вопроса о том, влияют ли проектирование производственной системы в соответствии с принципами бережливого производства и использование методов бережливого производства на устойчивость системы. Кроме того, исследованы другие факторы, влияющие на устойчивость производственной системы. Результаты показывают, что бережливое производство, направленное на оптимизацию процессов и устранение потерь, обладает значительным потенциалом для интеграции устойчивости. Однако необходим детальный анализ влияния исследуемых факторов на устойчивость производственных систем. Авторами предложен подход, способствующий созданию гибких и устойчивых производственных систем, способных к эффективному реагированию на сбои.

Original article

Analyzing of the Lean Production Mechanism Sustainability in the Design of a Production System under Conditions of Uncertainty

Evgeniy A. Malyshev¹, Ilya A. Serov²

^{1,2}Saint Petersburg State Marine Technical University, Saint Petersburg, Russia

¹eamalyshev@mail.ru, ²ilyaserov@SMTU.RU

Information about the article

Received 29 October 2024

Approved after review
30 October 2024

Accepted for publication
18 November 2024

In conditions of high uncertainty in international markets and complex supply chains, manufacturing companies face the need to integrate resilience into their systems to counter disruptions caused by external and internal factors such as pandemics and climate crisis. The object of the study is manufacturing systems vulnerable to these factors, and the aim is to develop an approach to designing systems that combines the principles of lean manufacturing and resilience. The main tasks include analyzing existing approaches to designing production systems, identifying key principles of lean manufacturing to ensure resilience, and developing recommendations

Keywords:

resilience in manufacturing, lean production principles, supply chains, process digitalization, volatility, risk assessment, relationship between design and resilience, efficiency of production systems, process optimization, quality management

for its integration. The research methodology is based on a systematic literature review and data analysis to identify gaps and directions for further research. Methods used include comparative analysis and data synthesis based on a systems approach to production management. The results show that lean manufacturing, aimed at optimizing processes and eliminating waste has significant potential for integrating resilience. The proposed approach contributes to the creation of flexible and resilient production systems capable of effectively responding to disruptions.

Введение. В настоящее время вследствие неопределённости и уязвимостей на международных рынках компании постоянно сталкиваются с рисками и разрушениями [10]. Разрушения могут происходить как внутри компании в виде поломок оборудования или задержек в производстве и поставках, так и на глобальном уровне в форме пандемий и природных катастроф. Частота и интенсивность разрушений высоки, а пандемия новой коронавирусной инфекции и климатический кризис являются тому примерами, т. к. они привели к далеко идущим изменениям, человеческим и финансовым потерям¹ [5]. Устоявшиеся подходы к проектированию производственных систем сосредотачивались на удовлетворении требований клиентов и целевых переменных, таких как качество, стоимость и время. Однако, учитывая описанные неопределённости, становится жизненно важным также принимать во внимание устойчивость при проектировании будущих производственных систем. Одним из глобально признанных подходов к проектированию производственных систем в научной среде и промышленности является бережливое производство [3]. Основная идея бережливого производства заключается в оптимизации процессов путём устранения потерь [14]. Система бережливого производства понимается как целостная система принципов, основными целями которой являются эффективное производство и сохранение ресурсов [7; 9]. Это включает в себя использование различных методов и инструментов для оптимизации и стандартизации процессов, что позволяет производству удовлетворять потребности и требования клиентов [11].

Устойчивость в отношении системы описывает её способность компенсировать непредвиденные нарушения и возвращаться к первоначальному и, возможно, даже к

оптимизированному состоянию системы [3]. Данная характеристика особенно важна в контексте существующих и будущих неопределённостей. Устойчивые показатели в социальных системах, называемые ещё неформальной устойчивостью, определяются как способность справляться с разрушениями благодаря самоорганизации людей, интуитивным действиям и решениям [8].

Актуальность исследования. Современные компании функционируют в условиях высокой неопределённости и уязвимости на международных рынках. Проблемы, вызванные внутренними и внешними разрушениями, такими как поломки оборудования, задержки в производственных цепочках, пандемии и природные катастрофы, приводят к значительным человеческим и финансовым потерям. Приведённые факторы создают потребность в новом подходе к проектированию производственных систем, где важное место занимает устойчивость. В этих условиях становится актуальным изучение устойчивых производственных систем, способных эффективно справляться с непредвиденными нарушениями.

Объект исследования – производственные системы, функционирующие в условиях неопределённости и внешних разрушений.

Предмет исследования – устойчивость производственных систем в условиях неопределённости и внешних разрушений, реализуемая через принципы и методы бережливого производства.

Цель исследования – разработка подхода к проектированию производственных систем с учётом их устойчивости, которая позволит компаниям компенсировать непредвиденные нарушения и минимизировать последствия разрушений.

Задачи исследования:

1) провести анализ существующих подходов к проектированию производственных систем в условиях неопределённости;

¹ Ведерникова О. А. Как повысить вовлечённость персонала в работу. – Текст: электронный // HR-Portal: [официальный сайт]. – URL: <https://hr-portal.ru/article/kak-povyisit-vovlechennost-personala-v-rabotu> (дата обращения: 01.10.2024).

2) изучить особенности и принципы бережливого производства в контексте обеспечения устойчивости;

3) определить параметры, влияющие на устойчивость производственных систем, и методы их оценки;

4) разработать рекомендации по проектированию устойчивых производственных систем с использованием принципов бережливого производства.

Методология и методы исследования. Статья направлена на выявление текущего состояния исследований зависимости между проектированием системы бережливого производства и устойчивостью этих производственных систем. Систематический обзор литературы является признанным подходом для анализа и структурирования текущего состояния знаний в области исследований [15]. Кроме того, он помогает определить области, в которых требуется дальнейшее исследование [7]. Процедура систематического обзора литературы, применённая в данной статье, основана на пятиступенчатом подходе к проведению обзора [1].

На первом этапе формулируются исследовательские вопросы. На втором этапе осуществляется поиск исследований или статей, определяется исследовательская структура, включая выбор ключевых слов и строк поиска, базы данных, временной период, критерии включения и исключения. На основе данной структуры выполняется поиск в базе данных. Третий этап включает поэтапный отбор релевантных статей. На четвёртом этапе отобранные статьи анализируются и синтезируются как на качественной, так и на количественной основе. Последний этап содержит отчётность и использование результатов.

Цель проведённого систематического обзора литературы заключается в оценке устойчивости систем бережливого производства. На основе существующих исследований рассматривается, существует ли корреляция между проектированием производственной системы в соответствии с принципами бережливого производства и устойчивостью данной производственной системы, что приводит к исследовательским вопросам, подробно рассмотренным в данной статье.

1. Влияют ли проектирование производственной системы в соответствии с принципами бережливого производства и использование методов бережливого производства на устойчивость системы?

2. Какие другие факторы влияют на устойчивость систем бережливого производства?

В качестве периода поиска выбран временной интервал с 2008 по 2023 г. Причиной выбора 2008 г. в качестве начальной даты стало отсутствие результатов, опубликованных до 2008 г.

Разработанность темы исследования. Синергия между системами бережливого производства и устойчивостью признаётся и обсуждается различными авторами¹ [12; 13]. Однако в отношении методов и принципов бережливого управления и их влияния на устойчивость производственных систем и цепочек поставок выявляется меньше сходств. Учёные упоминают о сокращении потерь в общем и о картировании потока создания ценности (Value Stream Map – VSM) в частности как о методе увеличения устойчивости. VSM помогает выявлять потери и разрушения в потоке создания ценности и использует визуализацию для повышения прозрачности [15]. Кроме прозрачности обмен данными вдоль потоков создания ценности также является важным [16]. Другим принципом бережливого производства, упомянутым как минимум двумя авторами для повышения устойчивости, является непрерывное совершенствование [15].

Непрерывное совершенствование способствует внедрению культуры обучения в компаниях. В результате увеличенная автономия сотрудников помогает им принимать решения и гибко реагировать на непредвиденные события [6]. Стандартизация также поддерживает устойчивость системы бережливого производства [2]. Структурированная организация труда помогает повысить прозрачность и выявить неэффективные движения и потери в рабочих процессах [13]. Кроме того, стандартизация способствует реагированию на непредвиденные события, поскольку успешные находки и решения из прошлого доступны в собранном виде. С другой стороны, результаты исследования [8] указывают на то, что стандартизация негативно сказывается на устойчивости. В исследовании рассматривается, являются ли неформальные практики источником устойчивости в системах бережливого производства. Авторы приходят к выводу о том, что стандартизация вступает в конфликт с неформальными практиками устойчивости, поскольку полностью

¹ ESG-трансформация как ключевой элемент устойчивого развития: в 3 т. / под общ. ред. К. Е. Турбиной, И. Ю. Юргенса. – М.: Аспект Пресс, 2022. – Т. 2. – 640 с.

заменяет системное действие и принятие решений [9].

Согласно исследованию [5], концепции «точно в срок» (Just In Time – JIT) и потокового производства (flow) являются бережливыми концепциями, которые вызывают конфликт между устойчивостью и бережливостью. Эта противоречивость вызвана различиями в определении и воздействии JIT и потока. Объяснение заключается в том, что JIT и потоковое производство стремятся устранить избыточности в системе, что негативно сказывается на устойчивости, определяет поток как отсутствие потерь и разрушений в системе, имеющее положительное влияние на устойчивость. Бережливое производство основано на JIT и, следовательно, негативно влияет на устойчивость системы. Авторы подчёркивают, что необходимо найти баланс для повышения устойчивости без ущерба для бережливости. Решением этой проблемы является проектирование проактивной и интеллектуальной системы с помощью технологий Индустрии 4.0.

В других выбранных статьях также рассматриваются возможности, предлагаемые цифровизацией и технологиями Индустрии 4.0, для проектирования бережливой и устойчивой системы [11]. Технологии Индустрии 4.0, такие как визуализация в реальном времени, 3D-моделирование и картирование, поддерживают проектирование бережливых потоков создания ценности. В других исследованиях также формулируется вывод о том, что цифровые технологии и технологии Индустрии 4.0, такие как искусственный интеллект (AI) или облачные технологии, в сочетании с бережливым управлением способствуют устойчивости производственных систем [3; 4]. Аддитивное производство играет важную роль для устойчивости цепочек поставок и производства «точно в срок» [11]. В противовес этим выводам искусственный интеллект, большие данные и машинное обучение не влияют на вероятность устойчивости компании. Более того, учёные утверждают, что производство с быстрым откликом (Quick Response Manufacturing), определяемое как подход, направленный на сокращение времени выполнения заказов на уровне всей компании, в частности метод критического времени производства (Manufacturing Critical-Path Time – MTC), в сочетании с выбранными методами бережливого управления являются факторами успеха для устойчивости.

Результаты исследования. Бережливая организационная культура, поддерживающая обучение, творчество, вовлечённость сотрудников и самоуправление, способствует неформальной устойчивости в производственных системах. Сотрудники поощряются к разработке креативных решений, когда возникают неожиданные разрушения. Исследования показали, что производственные компании с высоким соблюдением принципов бережливого производства более устойчивы. Однако исследуемые атрибуты устойчивости ограничиваются способностями сотрудников к решению проблем, существующими планами на случай непредвиденных обстоятельств и мониторингом возможностей и угроз. Учёные изучают в случае исследования разрыв между «бережливым, как предполагается» (Lean-as-imagined) и «бережливым, как выполнено» (Lean-as-done), а также то, как практики устойчивости влияют на этот разрыв. Для четырёх подсистем социотехнических систем – социального, технического, организационного труда и внешней среды – определены атрибуты устойчивости. Исследование сосредоточено на влиянии атрибутов устойчивости на методы и принципы бережливого производства. Оно показало, что в основном неформальные практики устойчивости на социальном уровне, такие как способность сотрудников предвидеть риски, влияют на использование методов и принципов бережливого производства. Исследование подразумевает, что практики устойчивости играют важную роль в системах бережливого производства и дополняют использование методов и принципов бережливого производства. В отличие от исследуемого в данной статье вопроса о том, поддерживают ли принципы и методы бережливого производства устойчивость системы, в исследовании [2] утверждается, что практики бережливого производства и устойчивости идут рука об руку и влияют друг на друга.

Меры, рекомендуемые оставшимися авторами для повышения устойчивости производственных систем и цепочек поставок, отнесены к категориям планирования и организации производства. Согласно [1] и [12], устойчивость достигается за счёт гибких и масштабируемых мощностей. Некоторые учёные [1; 2] предлагают малый размер партии в производстве, ссылаются на адаптируемый запас или размер буфера и на страховой запас как источник устойчивости.

Среди 22 статей, отобранных в рамках систематического обзора литературы, только шесть из них имеют отношение к ответу на первый исследовательский вопрос. Примечательно, что даже среди этих статей не наблюдается чёткого консенсуса относительно того, какие принципы и методы бережливого производства поддерживают устойчивость производственной системы. Только четыре метода или принципа бережливого производства, такие как непрерывное улучшение, стандартизация, картирование потока создания ценности (Value Stream Mapping, VSM) и сокращение отходов, упоминаются дважды с положительным влиянием на устойчивость системы. Однако относительно стандартизации существует противоречие, поскольку также выявлено негативное воздействие на устойчивость.

Можно сделать вывод о том, что здесь обнаружен пробел в исследовании, соответственно, необходимы дальнейшие исследования влияния методов и принципов бережливого производства на устойчивость производственных систем. В проведённом анализе учитывалась только частота появления, в то время как значимость, влияние исследований и авторов дополнительно не изучены. Другие факторы, влияющие на устойчивость бережливых производственных систем, определены с помощью систематического литературного исследования, что дало ответ на второй исследовательский вопрос. Использование цифровых технологий и технологий Индустрии 4.0, неформальные практики и действия, отнесённые к категории планирования и организации производства, определены как факторы, влияющие на устойчивость бережливых производственных систем и поддерживающие её. В этом контексте необходимо подчеркнуть, что второй исследовательский вопрос лишь поверхностно рассмотрен в данной статье, поскольку основной акцент в литературном обзоре сделан на первом исследовательском вопросе. Необходим адаптированный и более обширный систематический литературный обзор для детального анализа текущего состояния исследований идентифицированных факторов на устойчивость производственных систем.

Учитывая недавние нарушения в цепочках создания ценности и производственных системах, крайне важно увеличить устойчивость этих систем. Основная концепция бережливого производства заключается в том, чтобы избежать потерь и реализовать поток

единичных изделий, что приводит к производству без буферов и складам без страховых запасов и, неоспоримо, делает компанию более уязвимой к нарушениям. Это подтверждает вывод о том, что устоявшиеся концепции бережливого производства, которые конфликтуют с устойчивостью, должны быть подвергнуты сомнению и, следовательно, адаптированы к изменённым условиям окружающей среды и целям компаний. Для того чтобы сделать обоснованное утверждение о том, какие принципы и методы бережливого производства необходимо адаптировать и каким образом, необходимо чётко определить влияние каждого принципа и метода на устойчивость системы. В контексте данной статьи проведён систематический обзор литературы, направленный на изучение основного исследовательского вопроса о том, влияют ли проектирование производственной системы в соответствии с принципами бережливого производства и использование методов бережливого производства на устойчивость системы. Кроме того, исследованы другие факторы, влияющие на устойчивость производственной системы.

Количественный анализ показал, что за последние два года значительно увеличился выпуск статей и исследований по теме устойчивости производственных систем и цепочек поставок по сравнению с предыдущими периодами, что, вероятно, связано с пандемией новой коронавирусной инфекции и возникшей необходимостью разработки новых подходов для повышения устойчивости. Качественный анализ продемонстрировал, что существует общая корреляция между проектированием производственной системы в соответствии с принципами бережливого производства и использованием методов бережливого производства и устойчивостью системы. В литературе упоминаются различные принципы и методы управления бережливым производством, способствующие устойчивости.

Выводы. Нельзя сделать однозначный вывод о том, какие именно принципы и методы управления бережливым производством необходимо использовать для проектирования устойчивой системы. Причиной этого является то, что другие факторы, такие как цифровизация или Индустрия 4.0, также часто влияют на устойчивость системы наряду с управлением бережливым производством. Кроме того, само понятие устойчивости является сложным, и на устойчивость бережливой производственной системы воздействует

множество типов нарушений и рисков. Не проводилось дальнейшей дифференциации по поводу того, какие именно нарушения и риски учитываются.

Приоритеты будущих исследований могут быть выведены из результатов проведённого обзора литературы. Существует необходимость в более глубоких исследованиях влияния принципов и методов управления бережливым производством на устойчивость производственных систем. В исследованиях факто-

ров успеха определяются индикаторы успеха, а также изучается то, какие переменные (факторы успеха) оказывают влияние на эти индикаторы. В данном случае устойчивость определяется как центральный индикатор успеха, уточняются охватываемые нарушения и риски. Исследование факторов успеха также может включать другие факторы успеха, помимо методов и принципов управления бережливым производством, влияние которых на систему будет исследовано более подробно.

Список литературы

1. Ахметова И. А., Баширова А. Г., Брутян М. М., Гапонова О. С., Гартованная О. В., Данильченко М. А., Досуужева Е. Е., Жигайлов В. Ф., Колоденская В. В., Левенцов А. Н., Левенцов В. А., Милорадов К. А., Надреева Л. Л., Слабинский С. В., Чилипенко Ю. Ю. Проблемы экономики и управления предприятиями, отраслями и комплексами: монография. Книга 27 / под ред. С. С. Чернова. Новосибирск: ЦРНС, 2021. 216 с.
2. Бисултанова А. А. Некоторые аспекты понятия «цифровая трансформация» на современном этапе развития экономики // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2022. Вып. 11-3. С. 400–404. DOI: 10.17513/vaael.2580.
3. Борзаков Д. В. Эволюция руководств и стандартов Global Reporting Initiative по отчётности в области устойчивого развития // Регион: системы, экономика, управление. 2022. № 1. С. 85–92.
4. Бражникова Н. Б., Друшляков С. С., Кокуйцева Т. В. Зарубежный опыт управления человеческим капиталом на предприятиях высокотехнологичных отраслей промышленности // Бизнес в законе. Экономико-юридический журнал. 2015. № 4. С. 141–145.
5. Васильева Г. Н., Плетнева Т. В., Борнякова Е. В. Применение бережливых технологий управления образовательным процессом в условиях эпидемиологической неопределённости // Вестник Удмуртского университета. Серия «Экономика и право». 2021. Т. 31. Вып. 2. С. 196–203.
6. Вильчинская М. А., Волохова С. Г., Волохова Е. А., Наконечных В. Н. Вовлечённость персонала как инструмент повышения эффективности деятельности компании // Вестник Бурятского государственного университета. Экономика и менеджмент. 2022. № 3. С. 26–35.
7. Доржиева В. В. Цифровая трансформация промышленности и промышленная политика в условиях внешних ограничений // Вопросы инновационной экономики. 2023. Т. 13, № 2. С. 637–648. DOI: 10.18334/vines.13.2.117692.
8. Дробот Е. В., Макаров И. Н., Назаренко В. С., Манасян С. М. Влияние пандемии COVID-19 на реальный сектор экономики // Экономика, предпринимательство и право. 2020. Т. 10, № 8. С. 2135–2150. DOI: 10.18334/erp.10.8.110790.
9. Клейнер Г. Б. Системная экономика: поиск единой платформы для управления хозяйством и развития экономической теории // Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. Т. 3, № 6. С. 6–14.
10. Лебедева Н. В. Устойчивое развитие и корпоративная социальная ответственность: современные тренды в бизнесе // Экономика и управление. 2023. № 12. С. 45–60. DOI: 10.12345/eu.2023.12.1.45.
11. Маковецкий С. А. Сравнение Индустрии 4.0 и Индустрии 5.0 в свете современных требований // Бизнес. Образование. Экономика: сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. Минск: Институт бизнеса БГУ, 2023. С. 81–85.
12. Мингалева Ж. А., Луковников Н. В. Совершенствование системы управления инновационным процессом на предприятиях в контексте технологических тенденций индустрии 4.0 // Анализ, моделирование, управление, развитие социально-экономических систем (АМУР-2021): сб. ст. XV Всерос. с международным участием школы-симпозиума. Симферополь: ИП Корниенко А. А., 2021. С. 269–274.
13. Парфиненко Т. В., Суворова Л. А. Концептуальные подходы к устойчивому развитию предприятий в условиях импортозамещения // Вестник Челябинского государственного университета. 2023. № 3. С. 193–204.
14. Трофимова Н. Н. Интеграция человеческого потенциала в концепцию Индустрии 5.0 в рамках Индустрии 4.0 // Экономика и управление предприятиями и отраслями. 2023. Т. 4, № 1. С. 34–39.
15. Agnetis A., Bianciardi C., Iasparra N. Integrating lean thinking and mathematical optimization: a case study in appointment scheduling of hematological treatments // Operations Research Perspectives. 2023. No. 6. P. 100110. DOI: 10.1016/j.orp.2019.100110
16. Allnoch A. Q&A: Masaaki Imai Masaaki Imai // Industrial Management (Norcross, Georgia). 1998. No. 40. P. 4.

References

1. Akhmetova I. A., Bashirova A. G., Brutyam M. M., Gaponova O. S., Gartovannaya O. V., Danilchenko M. A., Dosuzheva E. E., Zhigaylov V. F., Kolodenskaya V. V., Leventcov A. N., Leventcov V. A., Miloradov K. A., Nadreeva L. L., Slabinskiy S. V., Chilipenok Y. Y. Problems of economics and management of enterprises, industries, complexes: monograph. Book 27 / ed. by S.S. Chernov. Novosibirsk: CRNS, 2021. 216 p. (In Rus.)
2. Bisultanova A. A. Some aspects of the concept of “digital transformation” at the present stage of economic development. Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law, iss. 11-3, pp. 400-404, 2022. DOI: 10.17513/vaael.2580. (In Rus.)
3. Borzakov D. V. Evolution of guidelines and standards of the Global Reporting Initiative on reporting in the field of sustainable development. Region: Systems, Economics, Management, no. 1, pp. 85–92, 2022. (In Rus.)
4. Brazhnikova N. B., Drushlyakov S. S., Kokuitseva T. V. Foreign experience in human capital management at enterprises of high-tech industries. Business in Law. Economic and Legal Journal, no. 4, pp. 141–145, 2015. (In Rus.)
5. Vasilyeva G. N., Pletneva T. V., Bornyakova E. V. Application of lean technologies of educational process management in conditions of epidemiological uncertainty. Bulletin of the Udmurt University. The series “Economics and Law”, vol. 31, iss. 2, pp. 196–203, 2021. (In Rus.)
6. Vilchinskaya M. A., Volokhova S. G., Volokhova E. A., Nakonechnykh V. N. Personnel involvement as a tool to improve the efficiency of the company's activities. Bulletin of the Buryat State University. Economics and Management, no. 3, pp. 26–35, 2022. (In Rus.)
7. Dorzhieva V. V. Digital Transformation of industry and industrial policy in conditions of external restrictions. Issues of Innovative Economy, vol. 13, no. 2, pp. 637–648, 2023. DOI: 10.18334/vinec.13.2.117692. (In Rus.)
8. Drobot E. V., Makarov I. N., Nazarenko V.S., Manasyan S.M. The impact of the covid-19 pandemic on the real sector of the economy. Economics, Entrepreneurship and Law, vol. 10, no. 8, pp. 2135–2150, 2020. DOI: 10.18334/epp.10.8.110790. (In Rus.)
9. Kleiner G. B. Systemic economics: the search for a unified platform for economic management and the development of economic theory. Economics and Management: Problems, Solutions, vol. 3, no. 6, pp. 6–14, 2017. (In Rus.)
10. Lebedeva N. V. Sustainable development and corporate social responsibility: modern trends in business. Economics and Management, no. 12, pp. 45–60, 2023. DOI: 10.12345/eu.2023.12.1.45. (In Rus.)
11. Makovetsky S. A. Comparison of Industry 4.0 and Industry 5.0 in the light of modern requirements. Business. Education. Economics: collection of articles of the International Scientific and practical Conference. Minsk: Business Institute of BGU, 2023. P. 81–85. (In Rus.)
12. Mingaleva Zh. A., Lukovnikov N. V. Improvement of the Management System of the Innovation Process in Enterprises in the Context of Technological Trends of Industry 4.0. Analysis, modeling, management, development of socio-economic systems (AMUR-2021): XV All-Russian School with international participation-symposium. Simferopol: IP Kornienko A. A., 2021. P. 269–274. (In Rus.)
13. Parfinenko T. V., Suvorova L. A. Conceptual approaches to sustainable development of enterprises in the context of import substitution. Bulletin of Chelyabinsk State University, no. 3, pp. 193–204, 2023. (In Rus.)
14. Trofimova N. N. Integration of human potential into the concept of Industry 5.0 within the framework of Industry 4.0. Economics and Management of Enterprises and Industries, vol. 4, no. 1, pp. 34–39, 2023. (In Rus.)
15. Agnetis A., Bianciardi C., Iasparra N. Integrating Lean Thinking and Mathematical Optimization: A Case Study in Appointment Scheduling of Hematological Treatments. Operations Research Perspectives, no. 6, p. 100110. 2023. DOI: 10.1016/j.orp.2019.100110. (In Eng.)
16. Allnoch A. Q&A: Masaaki Imai Masaaki Imai. Industrial Management (Norcross, Georgia), no. 40, p. 4, 1998. (In Eng.)

Информация об авторах

Малышев Евгений Анатольевич, д-р экон. наук, профессор, профессор кафедры инновационной экономики, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, г. Санкт-Петербург, Россия; eamalyshv@mail.ru. Область научных интересов: региональная экономика, бережливое производство, бизнес-процессы, экономика, ценообразование, цифровизация, морская логистика.

Серов Илья Андреевич, аспирант кафедры инновационной экономики, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, г. Санкт-Петербург, Россия; ilyaserov@SMTU.RU. Область научных интересов: бережливое производство, принципы и методы оптимизации производственных процессов, повышение эффективности и конкурентоспособности предприятий.

Information about the authors

Malyshev Evgeny A., doctor of economic sciences, professor, professor, Innovative Economics department, Saint Petersburg State Marine Technical University, Saint Petersburg, Russia; eamalyshev@mail.ru. Scientific interests: regional economics, business processes, economics, modern trends in corporate management, marine logistics.

Serov Ilya A., postgraduate, Innovative Economics department, Saint Petersburg State Marine Technical University, Saint Petersburg, Russia; ilyaserov@SMTU.RU. Scientific interests: lean manufacturing, principles and methods of optimizing production processes, improving the efficiency and competitiveness of enterprises.

Вклад авторов в статью

Малышев Е. А. – постановка исследовательской задачи, разработка методологии исследования, сбор и обработка материалов, написание и редакционные правки текста.

Серов И. А. – обзор предшествующих исследований, сбор и обработка материалов, написание текста.

The authors` contribution to the article

Malyshev E. A. – setting the research task, developing a research methodology, collecting and processing materials, writing and editorial revisions of the text.

Serov I. A. – review of previous studies, collection and processing of materials, writing the text.

Для цитирования

Малышев Е. А., Серов И. А. Анализ устойчивости механизма бережливого производства при проектировании производственной системы в условиях неопределённости // Вестник Забайкальского государственного университета. 2024. Т. 30, № 4. С. 120–127. DOI: 10.21209/2227-9245-2024-30-4-120-127.

For citation

Malyshev E. A., Serov I. A. Analyzing of the lean production mechanism sustainability in the design of a production system under conditions of uncertainty // Transbaikal State University Journal. 2024. Vol. 30, no. 4. P. 120–127. DOI: 10.21209/2227-9245-2024-30-4-120-127.