

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ В ОБЛАСТИ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

М. О. Шальнев, Я. В. Денисова

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
Россия, 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68

В статье рассматривается применение на промышленных предприятиях цифровых инструментов в области бережливого производства, которое коренным образом меняет подход к развитию предприятий. Исследование охватывает основные концепции бережливого производства и их интеграцию с цифровыми технологиями в контексте «Индустрии 4.0». В работе приведены примеры основных цифровых инструментов бережливого производства, разработан процесс внедрения бережливой производственной системы с использованием цифровых инструментов в производственный процесс, проведено поэтапное описание процесса внедрения бережливой производственной системы с использованием цифровых инструментов, представлены примеры успешного применения цифровых инструментов, а также показано их влияние на эффективность производственных процессов и качество выпускаемой продукции.

Ключевые слова: цифровое бережливое производство, «Индустрия 4.0», цифровые инструменты, производственная система, промышленное предприятие, производственный процесс, операционная система.

Для цитирования: Шальнев М. О., Денисова Я. В. Применение цифровых инструментов в области бережливого производства на промышленных предприятиях // Омский научный вестник. 2025. № 4 (196). С. 35–42. DOI: 10.25206/1813-8225-2025-196-35-42. EDN: WHYNSQ.



© Шальнев М. О., Денисова Я. В., 2025.
Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

APPLICATION OF DIGITAL TOOLS IN THE SPHERE OF LEAN PRODUCTION AT INDUSTRIAL ENTERPRISES

M. O. Shalnev, Ya. V. Denisova

Kazan National Research Technological University, Russia, Kazan, K. Marksa St., 68, 420015

The article examines the application of digital tools in the sphere of lean production in industrial enterprises, which fundamentally changes the approach to enterprise development. The study covers the basic concepts of lean manufacturing and their integration with digital technologies in the context of Industry 4.0. The paper provides examples of the main digital tools of lean manufacturing, develops a process for implementing a lean manufacturing system using digital tools into the production process, provides a step-by-step description of the process of implementing a BP system using digital tools, presents examples of successful application of digital tools, and shows their impact on the efficiency of production processes and the quality of manufactured products.

Keywords: digital lean manufacturing, Industry 4.0, digital tools, production system, industrial enterprise, production process, operating system.

For citation: Shalnev M. O., Denisova Ya. V. Application of digital tools in the sphere of lean production at industrial enterprises. *Omsk Scientific Bulletin*. 2025. No. 4 (196). P. 35–42. DOI: 10.25206/1813-8225-2025-196-35-42. EDN: WHYNSQ.



© Shalnev M. O., Denisova Ya. V., 2025.
The content is available under a Creative Commons Attribution 4.0 License.

Введение

Актуальность исследования обусловлена необходимостью постоянного совершенствования производства, внедрения новейших технологий для повышения эффективности и конкурентоспособности предприятий. С этой целью на современных предприятиях используются также цифровые инструменты бережливого производства (БП), что способствует совершенствованию управления процессами производства продукции, нивелированию потерь и увеличению прибыли предприятий.

В условиях растущей конкуренции предприятия ищут новые подходы для повышения операционной эффективности, что делает применение концепции бережливого производства особенно важным.

Цель исследования

Цель данного исследования заключается в рассмотрении порядка внедрения бережливой производственной системы с использованием цифровых инструментов на промышленных предприятиях для совершенствования управления производственными процессами.

Основная часть

Ключевым фактором активного интереса к концепции «Бережливое производство» на промышленных предприятиях выступает понимание необходимости повышения конкурентоспособности каждого предприятия и, как следствие, создание эффективной и конкурентоспособной экономики в целом. В стратегии управления производством на сегодняшний день широко используется термин Lean («бережливый»). Данная стратегия включает такие концепции, как производство точно в срок (JIT — Just-in-Time Production), всеобщее управление качеством (TQM — Total Quality Management), Six Sigma (Шесть сигм), полное продуктивное обслуживание (TPM — Total Productive Maintenance), а также конкретные практики управления персоналом, например, командная работа и гибкая рабочая сила (HRM — Human Resource Management) [1].

За последние десятилетия различные методы и техники бережливого производства получили широкое распространение во многих странах, включая Россию. Для достижения цели (повышение эффективности работы предприятий) исследуются различные аспекты механизма увеличения производительности предприятий, определяются новые подходы как в планировании производственных процессов, так и в технологии их организации, включая цифровые решения; рассматриваются дополнительные резервы для роста; разрабатываются новые методы управления производительностью [2].

На сегодняшний день можно выделить 11 основных государственных стандартов в области бережливого производства. Краткая характеристика этих стандартов приводится в табл. 1.

Растущая конкуренция побуждает производственные компании искать способы и инструменты для повышения своей операционной эффективности, которая применительно к производству представляет собой комплексный показатель, отражающий оптимальное использование ресурсов (оборудования, материалов, трудовых затрат, времени и энергии) для выпуска максимального объема качественной продукции с минимальными издержками. Критически важными факторами при этом являются достижение минимально возможной себестоимости продукции при одновременном со-

кращении косвенных затрат, что в совокупности обеспечивает предприятию устойчивую рентабельность и конкурентные преимущества на рынке.

Достижение запланированного уровня операционной эффективности обеспечивается с помощью системного подхода, который начинается с изучения факторов внутренней и внешней среды организации и затем перетекает на анализ текущих процессов, в том числе через призму применения инструментов БП.

Точечные улучшения, осуществляемые отдельными подразделениями, не дают такого эффекта, как комплексная программа, объединяющая все оптимизационные инициативы предприятия, поэтому главная задача заключается в синхронизации всех мероприятий по повышению эффективности операционных процессов. Особое значение при этом имеет вовлечение персонала: сотрудники на всех уровнях управления должны четко видеть зоны неэффективности, обладать соответствующими полномочиями и практическими инструментами для реализации улучшений.

Значительное число российских компаний, не ограничиваясь только производственными отраслями, уже внедряют подходы бережливого производства в свою операционную деятельность [3].

Необходимость внедрения методов и инструментов бережливого производства в российскую промышленность определяется целью обеспечения её конкурентоспособности на мировом рынке. Среди отечественных предприятий первыми в этом плане стали крупные промышленные компании машиностроительной отрасли, такие как ПАО «КАМАЗ», ПАО «ГАЗ» и др. [4].

В основном такие предприятия используют практически одинаковые инструменты бережливого производства для повышения эффективности и уменьшения потерь в своих процессах, некоторые из которых приведены в табл. 2 [5]. В настоящее время происходит переход от третьей Промышленной революции к «Индустрии 4.0». Этот переход связан с заменой электронных и механических компонентов на цифровые аналоги. Расширяется спектр возможностей для совершенствования производственных процессов. Оптимизация производства позволяет повысить его эффективность за счет нивелирования потерь и увеличения прибыли.

Цифровая трансформация представляет собой фундаментальное переосмысление клиентского опыта, бизнес-моделей и операций. Для конечного потребителя и самого предприятия открываются дополнительные или новые перспективы развития. Инновационные технологии используются компаниями для улучшения качества выпускаемой продукции, увеличения прибыли и повышения эффективности работы в целом.

Начальный этап «Индустрии 4.0», на котором находится мир в настоящее время, характеризуется переходом на автоматизированное цифровое производство, управляемое «умными» системами и активно взаимодействующее с внешним контуром.

К основополагающим технологиям «Индустрии 4.0» можно отнести:

— интернет вещей, представляющий собой интеграцию физических объектов с интернетом, благодаря чему возможно получение о них необходимой информации через сбор и анализ данных, тестирование и т.д.;

— использование искусственного интеллекта для создания алгоритмов машинного обучения, по-

Таблица 1. Краткая характеристика стандартов серии «Бережливое производство»
Table 1. Brief description of compliance of the Lean Manufacturing series

Стандарт серии «Бережливое производство»	Описание
ГОСТ Р 56020 – 2020 «Бережливое производство. Основные положения и словарь»	В документе отражены основные положения концепции БП. Используется единая терминологическая база. В данном документе обобщается опыт работы российских предприятий
ГОСТ Р 56404 – 2021 «Бережливое производство. Требования к системам менеджмента» ГОСТ Р 56405 – 2015 «Бережливое производство. Процесс сертификации систем менеджмента. Процедура оценки» ГОСТ Р 56406 – 2021 «Бережливое производство. Аудит. Вопросы для оценки системы менеджмента»	Данные документы регламентируют мониторинг внедрения инструментов БП в производство, определяют процедуру оценки их эффективности
ГОСТ Р 56407 – 2015 «Бережливое производство. Основные методы и инструменты»	В данном ГОСТе дана развернутая характеристика методам и инструментам концепции бережливого производства, регламентирована техника их внедрения в производственные процессы
ГОСТ Р 56907 – 2016 «Бережливое производство. Визуализация»	Стандарт характеризует метод «Визуализация», отражает особенности его внедрения в производственные процессы, обосновывает эффективность его применения
ГОСТ Р 56906 – 2016 «Бережливое производство. Организация рабочего пространства (5S)»	Стандарт характеризует использование метода «5S» в производстве, отражает инструменты внедрения этого метода, обосновывает эффективность его применения
ГОСТ Р 56908 – 2016 «Бережливое производство. Стандартизация работы»	Документ характеризует метод «Стандартизация работы», устанавливает объекты для его использования, определяет инструменты осуществления этого метода, выявляет особенности процедуры его внедрения и функционирования
ГОСТ Р 57524 – 2017 «Бережливое производство. Поток создания ценности»	Данный стандарт определяет сущность понятий и положений производственных систем, которые созданы на базе концепции бережливого производства и на принципах процессного подхода
ГОСТ Р 57523 – 2017 «Бережливое производство. Руководство по системе подготовки персонала»	В документе представлены основные положения руководства персоналом с целью его обучения для внедрения концепции БП на производстве
ГОСТ Р 57522 – 2017 «Бережливое производство. Руководство по интегрированной системе менеджмента качества и бережливого производства»	Стандарт ориентирует руководителей и специалистов на создание интегрированной системы менеджмента качества и бережливого производства

Таблица 2. Инструменты бережливого производства
Table 2. Lean Manufacturing Tools

Инструмент	Описание
5S	Система организации рабочего пространства для повышения эффективности и порядка
Кайдзен	Философия непрерывного улучшения, основанная на регулярных небольших изменениях в процессах
Визуальное управление	Использование визуальных сигналов для упрощения восприятия состояния процессов и выявления проблем
Система «Тянущего» производства	Производство по фактическому спросу, что снижает запасы и предотвращает перепроизводство
Анализ потока создания ценности	Инструмент для выявления и устранения потерь в производственном процессе
Стандартизированная работа	Разработка стандартов для выполнения операций для повышения качества и уменьшения вариативности
Управление качеством на всех этапах (TQM)	Вовлечение всех сотрудников в процесс обеспечения качества на всех уровнях

звояющих автоматизировать производственные процессы, а также самостоятельно принимать решения в проблемных ситуациях;

— 3D-печать — производство объектов на основании цифровых моделей из множества слоев материала, последовательно наносимых друг на друга;

— блокчейн — децентрализованная система для хранения и передачи данных, обеспечивающая безопасность и неизменность информации;

— робототехника — внедрение в производство автоматизированных систем, роботов, способных выполнять набор стандартизированных действий;

— виртуальная и дополненная реальность — создание интерактивных сред для обучения, проектирования и производства;

— большие данные — совокупность данных, характеризующаяся высокой скоростью поступления, многообразием и большими объемами;

— облачные технологии — модель, обеспечивающая сетевой доступ к общему набору настраиваемых вычислительных ресурсов.

С развитием цифровых технологий происходит и развитие методов и инструментов БП. Появляются новые инструменты, основанные на цифровых

Таблица 3. Сравнительная характеристика объектов производственной системы переходного периода и «Индустрии 4.0»
Table 3. Comparative characteristics of objects of the production system of the transition period and "Industry 4.0"

Объект производственной системы	Источник данных	Производство (сегодня)		Производство («Индустрия 4.0»)	
		Характеристика	Технологии	Характеристика	Технологии
Детали	Сенсор	Точность	«Умные датчики» и обнаружение неисправностей	Возможность выбрать конкретный вариант действия	Анализ возникающих ошибок и определение и предупреждение возможных проблем в работе оборудования
Станки	Контроллер	Производительность и эффективность	Мониторинг и диагностика	Возможность выбрать конкретный вариант действия	Мониторинг состояний
Производственная система	Сетевая система	Выход продукции и OEE	Реализация концепции БП, внедрение инструментов, способствующих уменьшению или нивелированию потерь	Самодостаточность системы в определении решения возможных проблем, самоорганизация	Качество и продуктивность, бесперебойная работа

Таблица 4. Основные цифровые инструменты бережливого производства
Table 4. Essential digital tools for lean manufacturing

Цифровой инструмент БП	Описание	Преимущества
Системы управления производством (MES)	Системы для мониторинга, управления и оптимизации производственных процессов	Повышение эффективности, уменьшение потерь, реальное время анализа
Цифровые двойники	Виртуальные копии физических объектов, процессов или систем, позволяющие проводить их анализ и оптимизацию	Уменьшение затрат на тестирование, улучшение качества продуктов
Интернет вещей (IoT)	Устройства, подключенные к интернету, собирающие и передающие данные для анализа	Улучшение мониторинга и управления, прогнозирование поломок
Аналитика больших данных (Big Data)	Методы анализа больших объемов данных для выявления паттернов и трендов	Углубленное понимание процессов, прогнозирование потребностей
Автоматизация процессов (RPA)	Использование программных роботов для автоматизации рутинных процессов	Увеличение скорости работы, освобождение времени для творческих задач

технологиях в совокупности с фундаментальными принципами бережливого производства [6]. Совмещение цифровых технологий с принципами бережливого производства открывает перед организациями новые горизонты для оптимизации процессов и повышения эффективности.

В табл. 3 представлена сравнительная характеристика некоторых объектов производственной системы на основе обеспечивающих их технологий в настоящее время и в рамках «Индустрии 4.0». В качестве объектов представлены детали, станки и производственная система в целом. Не сложно заметить, что главное отличие двух производственных систем заключается в автоматизированном подходе, применяемом по отношению ко всем объектам производственной системы «Индустрия 4.0», что обеспечивает непрерывное отслеживание всех процессов и безупречную продуктивность. В свою очередь, это должно достигаться, в том числе, путем внедрения цифровых инструментов бережливого производства.

Поэтапный процесс создания бережливой производственной системы с использованием цифро-

вых инструментов, разработанный в виде алгоритма, представлен на рис. 1 [7].

Основные цифровые инструменты бережливого производства и их характеристика приведены в табл. 4.

Более детальное описание процессов при внедрении бережливой производственной системы с использованием цифровых инструментов в производственный процесс, представленное на рис. 1, отражено в табл. 5.

Применение цифровых инструментов, способствующих увеличению производительности, позволяет существенно сократить потери в организационных процессах и сосредоточить ресурсы компаний на реализации мероприятий по улучшению производительности [8].

Например, концепция бережливого производства с использованием цифровых технологий давно реализуется на ПАО «КАМАЗ» [9]. Так, в январе 2024 г. на предприятии завершился эксперимент, который был связан с использованием для мониторинга качества лакокрасочных покрытий кузовных деталей цифровых инструментов. В частности,

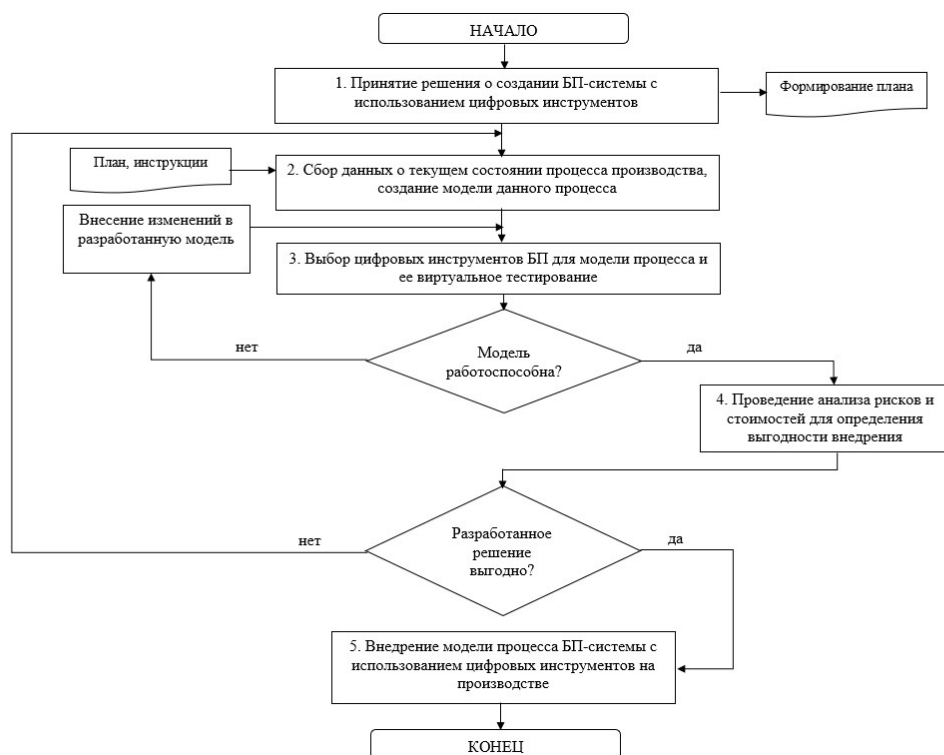


Рис. 1. Процесс внедрения бережливой производственной системы с использованием цифровых инструментов в производственный процесс
Fig. 1. Process of implementing a lean production system using digital tools in the production process

использовалась система компьютерного зрения, которая позволяла отслеживать дефекты грунтовки деталей [10]. Работа системы компьютерного зрения связана с идентификацией образа изделия, его типа и структуры, определением качества грунта и погрешностей при нанесении покрытий. Данные отражаются в архиве, также происходит оповещение ответственных лиц, что позволяет своевременно предотвратить выпуск некачественной продукции (бракованные изделия не передаются на следующий производственный этап). В результате применения системы количество дефектов значительно снизилось по сравнению с предшествующим периодом, когда мониторинг осуществлялся сотрудниками предприятия [11]. Данный пилотный проект определил значимость цифровых технологий для уменьшения дефектов при нанесении лакокрасочных покрытий кузовных деталей (за счет нивелирования человеческого фактора). Таким образом, система компьютерного зрения обеспечивает минимизацию ошибок при оценке качества грунтовки деталей перед покраской и снижение непредвиденных расходов.

В рамках реализации данного проекта на ПАО «КАМАЗ» были достигнуты значительные успехи: функционал подсчёта количества деталей достиг уровня 90–95 % (ранее 80–85 %), а определение качества грунтовки изделия около 90 % (ранее порядка 82 %). Данный проект ярко демонстрирует способность цифровых инструментов БП оказывать прорывное воздействие на уровень качества выпускаемой продукции и работу всего промышленного предприятия.

Государственная корпорация «Ростех» так же добилась выдающихся успехов в области внедрения передовых цифровых решений на предприятиях

машиностроительной отрасли, что было продемонстрировано на конференции «АвиаЦифра-2025».

Особое внимание привлекли разработки в областях:

1. Цифровых двойников — данная технология успешно применяется при производстве авиадвигателей, включая силовую установку ТВ7-117СТ-01 самолёта Ил-114-300, позволяя сокращать сроки разработки и снижать затраты.

2. Искусственного интеллекта — активно внедряется в производственные процессы.

3. Систем анализа качества — решение «РТ-Техприёмка» уже снизило количество дефектов на 20 %.

АО «Силовые машины» (входит в Государственную корпорацию «Ростех») — один из лидеров российского энергомашиностроения, производящее турбины для ТЭС, ГЭС и АЭС. Внедрение искусственного интеллекта (AI) и предиктивной аналитики позволяет компании снижать риски аварий, оптимизировать обслуживание и повышать надёжность оборудования.

Система мониторинга турбин основана на комплексном использовании IoT-датчиков, искусственного интеллекта и цифровых двойников. Многочисленные датчики, установленные на оборудовании, непрерывно собирают данные о вибрациях, температурах, давлении и электрических параметрах. Эти показатели в реальном времени анализируются алгоритмами машинного обучения, которые сравнивают текущие значения с нормативными моделями и историческими данными, выявляя аномалии и прогнозируя возможные отказы.

Внедрение AI-системы мониторинга турбин в АО «Силовые машины» даёт значимый количественный эффект:

Таблица 5. Детальное описание этапов процесса внедрения БП-системы с использованием цифровых инструментов
Table 5. Detailed description of the stages of the process of implementing a BP-system using digital tools

Этап процесса	Элемент процесса	Входные данные	Описание
1. Принятие решения о создании БП-системы с использованием цифровых инструментов	Решение	Опирается на научно-технический прогресс	Принятие решения о внедрении цифровых инструментов
	Формирование цели	Анализ конкретных потребностей предприятия	Выявление этапа производства для внедрения цифровых инструментов, а также определение персонала, который будет привлечен к процессу производства
2. Сбор данных о текущем состоянии процесса производства, создание модели данного процесса	Анализ данных	Процесс, который требует внедрения цифровых инструментов	Отработка заложенного в техническом задании функционала продукта на всех этапах
	Модель выбранного процесса	Виртуальная модель процесса	Создание виртуальной модели процесса
3. Выбор цифровых инструментов БП для модели процесса и ее виртуальное тестирование	Выбор цифровых инструментов	Цифровые инструменты БП	Определение наиболее подходящих для процесса цифровых инструментов БП
	Тестирование	Созданная виртуальная модель процесса с использованием цифровых инструментов БП	Имитация производственного процесса со всеми его составляющими позволяет тестировать и при необходимости корректировать его
4. Проведение анализа рисков и стоимостей для определения выгоды внедрения	Анализ рисков	Риски при использовании цифровых инструментов БП	Учет ограничений функций цифрового продукта и компенсация рисков
	Анализ стоимостей	Смета	Подготовка сметы и планирование бюджета на ввод нового цифрового инструмента
5. Внедрение модели процесса БП-системы с использованием цифровых инструментов на производстве	Данное внедрение предполагает необходимость дополнительного обучения для персонала	Сотрудники получают необходимые инструкции	Внедрению модели процесса БП-системы с использованием цифровых инструментов на производстве предшествует этап обучения или совершенствования уровня владения необходимыми навыками
	Процесс внедрения постепенный и поэтапный	Персонал получает план ввода в эксплуатацию и соответствующие инструкции	Важным элементом производства становится адаптация персонала к новому IT продукту. Эта адаптация происходит легко, так как использует технику минимальных изменений
	Внедрение	Персонал получает план ввода в эксплуатацию и соответствующие инструкции	Рабочий процесс защищен от проблемных ситуаций, связанных со сбоем в IT системе
	В производственной системе имеется потенциал для использования дополнительных функций (настройка)	В систему могут быть введены дополнительные функции	Имеется возможность адаптации при использовании вновь введенных в техническое задание функций

1. Снижение аварийных простоев на 25–40 %.
2. Увеличение межремонтного периода на 15–20 %.
3. Сокращение затрат на ремонты на 18–22 %.
4. Повышение КПД оборудования на 3–5 % [12].

Отдельно стоит упомянуть о предприятиях, являющихся известными поставщиками решений для цифровизации бережливого производства. К ним относятся:

- компания Siemens, решения которой (например, MindSphere, Teamcenter) используются многими машиностроительными предприятиями для цифровизации производства;
- компания SAP: SAP S/4HANA также является популярным выбором для управления предприятием и оптимизации производственных процессов;
- 1C: Решения на платформе 1C: Предприятие широко применяются для управления производством (MES-системы и т.п.);

— DELMIA Apriso (Dassault Systèmes): MES-система для управления производством в реальном времени.

Учитывая сегодняшнюю геополитическую ситуацию, крайне необходимо поддерживать отечественных разработчиков цифровых решений в области управления производственными процессами для обеспечения технологического суверенитета [13].

Выводы и заключение

Эффективное производство является фундаментом успешной деятельности любого промышленного предприятия. Оно требует слаженной работы трех ключевых элементов: оборудования, технологических процессов и человеческих ресурсов, что в совокупности позволяет достигать оптимальных показателей выпуска продукции при фиксированном уровне капиталовложений [14]. Многие производители, в соответствии с концепцией бережливого производства, вкладывают средства в обучение

персонала новым методам работы, прежде всего цифровым, что позволяет выявить источники потерь на разных этапах производственного процесса и устранить этапы или отдельные операции, которые не несут вклад в прибыльность работы предприятия.

Цифровизация бережливого производства на машиностроительных предприятиях — это катализатор, ускоряющий достижение амбициозных целей. Внедрение передовых цифровых решений позволяет ощутить синергетический эффект от сочетания бережливости и инноваций, проявляющийся в снижении издержек, повышении производительности, улучшении качества продукции и сокращении сроков выполнения заказов [15]. Более того, цифровые инструменты обеспечивают прозрачность и управляемость процессов, позволяя оперативно реагировать на изменения рыночной конъюнктуры и принимать обоснованные решения.

Однако важно осознавать, что внедрение цифровых инструментов требует определенного времени для перехода на качественно новый уровень производства и достаточно больших затрат, поскольку данная работа — результат совместной деятельности множества специалистов. Также необходимо учитывать некоторые особенности, например, при проектировании системы требуется адаптация персонала к работе в новой системе, в процессе эксплуатации — возможность провести донастройку цифровых инструментов с целью их интеграции в производственные процессы. При правильном подходе и учете всех деталей, возникающих на различных этапах внедрения цифровой бережливой системы, внедрение цифровых технологий может значительно усилить методы бережливого производства и открыть новые горизонты для их применения на предприятии.

Список источников / References

1. Бахматова Т. Г., Бахматов М. С. Тенденции и перспективы внедрения инструментов бережливого производства // Известия Байкальского государственного университета. 2022. Т. 32, № 4. С. 771–778. DOI: 10.17150/2500-2759.2022.32(4).771-778. EDN: DEGPBI.

Bakhmatova T. G., Bakhmatov M. S. Tendentsii i perspektivy vnedreniya instrumentov berezhlivogo proizvodstva [Trends and prospects for the implementation of lean manufacturing tools]. *Izvestiya Baikal'skogo gosudarstvennogo universiteta. Bulletin of Baikal State University*. 2022. Vol. 32, no. 4. P. 771–778. DOI: 10.17150/2500-2759.2022.32(4).771-778. EDN: DEGPBI. (In Russ.).

2. Мингалеев Г. Ф., Бабушкин В. М., Ахмадеева Г. Ч. [и др.] Разработка и реализация современных методов организации, управления и технологий бережливого производства на промышленных предприятиях Республики Татарстан: моногр. / под ред. Р. Х. Зарипова. 2-е изд., доп. Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2015. 344 с. ISBN 978-5-7579-2040-5. EDN: WLBXJD.

Mingaleev G. F., Babushkin V. M., Akhmadeyeva G. Ch. [et al.] *Razrabotka i realizatsiya sovremennykh metodov organizatsii, upravleniya i tekhnologiy berezhlivogo proizvodstva na promyshlennykh predpriyatiyakh Respubliki Tatarstan* [Development and implementation of modern methods of organization, management, and lean production technologies at industrial enterprises in the Republic of Tatarstan] / ed. by R. Kh. Zaripov. Kazan, 2015. 344 p. ISBN 978-5-7579-2040-5. EDN: WLBXJD. (In Russ.).

3. Смирнов С. А., Сорокин Г. С. Применение бережливого производства в российских компаниях // Евразий-

ская интеграция: экономика, право, политика. 2022. Т. 16, № 4 (42). С. 55–67. DOI: 10.22394/2073-2929-2022-04-55-67. EDN: XTADWI.

Smirnov S. A., Sorokin G. S. *Primeneniye berezhlivogo proizvodstva v rossiyskikh kompaniyakh* [Implementation of lean manufacturing methods in Russian companies]. *Evraziyskaya integratsiya: ekonomika, pravo, politika. Eurasian Integration: Economics, Law, Politics*. 2022. Vol. 16, no. 4 (42). P. 55–67. DOI: 10.22394/2073-2929-2022-04-55-67. EDN: XTADWI. (In Russ.).

4. Маклакова К. А. Бережливое производство на машиностроительных предприятиях России // Экономика и социум. 2018. № 6 (49). С. 1666–1668. EDN: SIDYLF.

Maklakova K. A. *Berezhlivoye proizvodstvo na mashinostroitel'nykh predpriyatiyakh Rossii* [Lean production at machine-building enterprises of Russia]. *Ekonomika i sotsium. Economics and Society*. 2018. No. 6 (49). P. 1666–1668. EDN: SIDYLF. (In Russ.).

5. Яковлева Е. Н. Концепция бережливого производства в здравоохранении // Аллея науки. 2019. Т. 1, № 12 (39). С. 380–385. EDN: OCWDKC.

Yakovleva E. N. *Kontseptsiya berezhlivogo proizvodstva v zdravookhraneni* [Concept of lean manufacturing in healthcare]. *Alleya Nauki*. 2019. Vol. 1, no. 12 (39). P. 380–385. EDN: OCWDKC. (In Russ.).

6. Петраков Д. В. Проблема цифровизации бережливого производства // Вестник науки. 2024. Т. 2, № 12 (81). С. 339–347. EDN: IWTHQJ.

Petrakov D. V. *Problema tsifrovizatsii berezhlivogo proizvodstva* [Digitalization problem lean manufacturing]. *Vestnik Nauki*. 2024. Vol. 2, no. 12 (81). P. 339–347. EDN: IWTHQJ. (In Russ.).

7. Нуртдинов Р. И. Разработка модели производственной системы, ориентированной на поддержание устойчивого развития предприятия // Вестник науки. 2024. Т. 2, № 1 (70). С. 196–199. EDN: GWZOVW.

Nurtdinov R. I. *Razrabotka modeli proizvodstvennoy sistemy, oriyentirovannoy na podderzhaniye ustoychivogo razvitiya predpriyatiya* [Development of production system model oriented to support sustainable development of enterprise]. *Vestnik Nauki*. 2024. Vol. 2, no. 1 (70). P. 196–199. EDN: GWZOVW. (In Russ.).

8. Голицынский П. В., Антонова У. Ю., Гринченко Л. А., Видникевич С. Ю. Применение цифровых инструментов для совершенствования производственного процесса // Компетентность. 2023. № 5. С. 32–37. DOI: 10.24412/1993-8780-2023-5-32-37. EDN: CHXXCZ.

Golitsynskiy P. V., Antonova U. Yu., Grinchenko L. A., Vidnikevich S. Yu. *Primeneniye tsifrovyykh instrumentov dlya sovershenstvovaniya proizvodstvennogo protsessa* [Digital tools to improve the manufacturing process]. *Kompetentnost'. Competency (Russia)*. 2023. No. 5. P. 32–37. DOI: 10.24412/1993-8780-2023-5-32-37. EDN: CHXXCZ. (In Russ.).

9. Информационные технологии в КамАЗ. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Информационные_технологии_в_КамАЗ (дата обращения: 22.03.2025).

Informatsionnyye tekhnologii v KamAZ [Information technology in KAMAZ]. URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья: Информационные_технологии_в_КамАЗ (accessed: 22.03.2025). (In Russ.).

10. Вейдер М. Инструменты бережливого производства. Москва: Альпина паблишер, 2005. С. 86–87.

Vehjder M. *Instrumenty berezhlivogo proizvodstva* [Lean tools]. Moscow, 2005. P. 86–87.

11. Ротер М. Тойота Ката. Лидерство, менеджмент и развитие сотрудников для достижения выдающихся результатов. Санкт Петербург: Питер, 2014. 304 с. ISBN 978-5-496-00904-1.

Roter M. *Toyota Kata. Liderstvo, menedzhment i razvitiye sotrudnikov dlya dostizheniya vydayushchikhsya rezul'tatov* [Toyota Kata. Managing people for improvement and adaptiveness and

superior results]. Saint Petersburg, 2014. 304 p. ISBN 978-5-496-00904-1. (In Russ.).

12. Андерсен Б. Бизнес-процессы. Инструменты совершенствования / пер. с англ. С. В. Ариничева. Москва: РИА «Стандарты и качество», 2003. 272 с. ISBN 5-94938-012-6.

Andersen B. Biznes-protsessy. Instrumenty sovershenstvovaniya [Business processes. Improvement tools] / trans. from Engl. S. V. Arinichev. Moscow, 2003. 272 p. ISBN 5-94938-012-6. (In Russ.).

13. Шальнев М. О., Денисова Я. В. Применение методов бережливого производства для улучшения управления производственными процессами на химическом предприятии // Омский научный вестник. 2023. № 3 (187). С. 60–67. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-187-60-67. EDN: HUKLBB.

Shalnev M. O., Denisova Ya. V. Primeneniye metodov berezhlivogo proizvodstva dlya uluchsheniya upravleniya proizvodstvennymi protsessami na khimicheskom predpriyatii [Applying lean manufacturing practices to improve process control in a chemical plant]. Omskiy nauchnyy vestnik. *Omsk Scientific Bulletin*. 2023. No. 3 (187). P. 60–67. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-187-60-67. EDN: HUKLBB. (In Russ.).

14. Шальнев М. О., Денисова Я. В., Батталов А. Ф. Повышение экономической эффективности работы ООО «Газпром трансгаз Казань» при эксплуатации подогревателей газа на газораспределительной станции // Омский научный вестник. 2023. № 4 (188). С. 53–59. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-188-53-59. EDN: XRD XFE.

Shalnev M. O., Denisova Ya. V., Battalov A. F. Povysheniye ekonomicheskoy effektivnosti raboty ООО «Gazprom transgaz Kazan'» pri ekspluatatsii podogrevateley gaza na gazoraspredelitel'noy stantsii [Increasing the economic efficiency of the work of Gazprom Transgaz Kazan LLC when operating gas heaters at gas distribution stations using a power supply unit]. Omskiy nauchnyy vestnik. *Omsk Scientific Bulletin*. 2023. No. 4 (188). P. 53–59. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-188-53-59. EDN: XRD XFE. (In Russ.).

15. Денисова Я. В., Петрова А. С., Сопин В. Ф. Оптимизация производственного процесса путем внедрения методов бережливого производства // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. Т. 84, № 2 (92). С. 315–323. DOI: 10.20914/2310-1202-2022-2-315-323. EDN: PFLUTQ.

Denisova Ya. V., Petrova A. S., Sopin V. F. Optimizatsiya proizvodstvennogo protsessa putem vnedreniya metodov berezhlivogo proizvodstva [Optimization of the production process through the introduction of lean production methods]. Vestnik VGUET. *Proceedings of VSUET*. 2022. Vol. 84, no. 2 (92). P. 315–323. DOI: 10.20914/2310-1202-2022-2-315-323. EDN: PFLUTQ. (In Russ.).

ШАЛЬНЕВ Максим Олегович, аспирант кафедры аналитической химии, сертификации и менеджмента качества Казанского национального исследовательского технологического университета (КНИТУ), г. Казань.

ORCID: 0009-0000-3389-4221

Адрес для переписки: maks228sh@gmail.com

ДЕНИСОВА Яна Владимировна, кандидат экономических наук, доцент кафедры аналитической химии, сертификации и менеджмента качества КНИТУ, г. Казань.

SPIN-код: 3706-5320

AuthorID (РИНЦ): 973897

ORCID: 0000-0003-1242-6909

Адрес для переписки: yana-denisova@inbox.ru

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила в редакцию 26.05.2025; одобрена после рецензирования 09.09.2025; принята к публикации 10.10.2025.

SHALNEV Maksim Olegovich, Postgraduate of the Analytical Chemistry, Certification and Quality Management Department, Kazan National Research Technological University (KNRTU), Kazan.

ORCID: 0009-0000-3389-4221

Correspondence address: maks228sh@gmail.com

DENISOVA Yana Vladimirovna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Analytical Chemistry, Certification and Quality Management Department, KNRTU, Kazan.

SPIN-code: 3706-5320

AuthorID (RSCI): 973897

ORCID: 0000-0003-1242-6909

Correspondence address: yana-denisova@inbox.ru

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.

The article was submitted 26.05.2025; approved after reviewing 09.09.2025; accepted for publication 10.10.2025.