

ПРИНЦИПЫ ЦИФРОВОГО БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА*DOI: <https://doi.org/10.24891/fnjagg>EDN: <https://elibrary.ru/fnjagg>**Михаил Сергеевич ВАГИН**

соискатель, кафедра инновационной экономики, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет (СПбГМТУ), Санкт-Петербург, Российская Федерация

e-mail: vaginms@yandex.ru

ORCID: 0009-0002-3833-4623

SPIN: 3582-4226

История статьи:

Рег. № 605/2025

Получена 24.09.2025

Одобрена 28.10.2025

Доступна онлайн

29.01.2026

Специальность: 5.2.6

УДК 338.3

JEL: L00, O14, O32,

O33

Ключевые слова:цифровое бережливое
производство,
цифровизация
промышленности,
классификация
принципов,
сущностные признаки,
цифровая
трансформация**Аннотация****Предмет.** Трансформация принципов бережливого производства в условиях цифровизации промышленности.**Цели.** Формирование и обоснование системы принципов цифрового бережливого производства, отражающей современную архитектуру управления.**Методология.** Системный и сравнительный анализ, структурно-функциональный подход.**Результаты.** Разработана классификация принципов цифрового бережливого производства (адаптированные, модифицированные, новые), выявлены его сущностные признаки и уровни его реализации.**Выводы.** Принципы цифрового бережливого производства формируют основу новой управленческой парадигмы, сочетающей ценностно ориентированное мышление и возможности интеллектуальных цифровых технологий, что способствует повышению эффективности и конкурентоспособности промышленных предприятий.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2025

Для цитирования: Вагин М.С. Принципы цифрового бережливого производства // Региональная экономика: теория и практика. – 2026. – № 1. – С. 141 – 153. DOI: 10.24891/fnjagg EDN: FNJAGG**Введение**

Масштабная цифровая трансформация современного промышленного производства охватывает как техническую, так и управленческую архитектуру предприятий. Развитие технологий интернета вещей (IoT), искусственного интеллекта (AI), цифровых двойников, облачных вычислений и аналитики больших данных формирует новую производственную среду – киберфизическую, взаимосвязанную и адаптивную. Эти изменения затрагивают не только инструменты, но и принципы организации производственной деятельности, порождая необходимость переоценки традиционных подходов к управлению.

* Автор выражает благодарность и глубокую признательность доктору экономических наук, доценту, профессору кафедры инновационной экономики Санкт-Петербургского государственного морского технического университета Елене Сергеевне ПАЛКИНОЙ за советы и ценные замечания при работе над данной статьей.

Одной из наиболее устойчивых и широко распространенных концепций повышения эффективности производства остается бережливое производство (БП, Lean). Однако применимость классических принципов бережливого производства в условиях цифровизации вызывает все больше вопросов. Многие положения теряют операциональную актуальность или требуют новой интерпретации. В ответ на эти вызовы формируется другое направление – цифровое бережливое производство (ЦБП, Digital Lean), предполагающее не просто техническое объединение инструментов бережливого производства и цифровизации, а выстраивание новой, синергетически согласованной управленческой системы. В то же время в научной и прикладной литературе сохраняется «размытость» трактовок данного подхода, что препятствует его целостному пониманию и практическому применению.

В данном исследовании под цифровым бережливым производством понимается комплексный подход к организации бизнеса, объединяющий принципы, инструменты бережливого производства и цифровизации в целях создания ценности для всех заинтересованных сторон посредством полного охвата процессов, их постоянного совершенствования и устранения потерь. Особую актуальность приобретает задача уточнения принципиальной основы цифрового бережливого производства, которая определяет смысл, направленность и механизмы его функционирования в условиях цифровой экономики. Настоящее исследование направлено на решение этой методологической и практической задачи. В статье предпринимается попытка систематизации, переосмысления и расширения системы управленческих принципов бережливого производства применительно к цифровой среде.

Материалы и методы

В процессе исследования проанализированы научные публикации российских и зарубежных ученых, нормативно-методические документы, отражающие развитие концепции бережливого производства и процесс цифровизации промышленности. Структурно-функциональный подход к рассмотрению проблемы развития цифрового бережливого производства позволил выявить его сущностные признаки.

Результаты

Концепция бережливого производства получила развитие в послевоенной Японии в рамках производственной системы Toyota и изначально представляла собой организационную инновацию, воздействующую на структуру производственного процесса и направленную на устранение потерь, стандартизацию операций, вовлечение персонала в процессы постоянного улучшения. В течение нескольких десятилетий бережливое производство зарекомендовало себя как действенная управленческая концепция, реализация которой способствует повышению операционной эффективности за счет оптимизации потоков создания ценности и снижения затрат.

Однако в XXI в. производственная среда сталкивается с новыми вызовами, такими как сложность продукции, индивидуализация спроса, необходимость принятия решений в режиме реального времени, что привело к формированию условий, в которых подходы традиционного бережливого производства оказываются недостаточными. На смену локальным организационным новациям приходит системная трансформация производственных моделей, основанная на цифровых технологиях. Цифровизация, охватывающая широкий спектр решений от интернета вещей (IoT), предиктивной аналитики и цифровых двойников до искусственного интеллекта и облачных платформ, становится новым фактором производственной эффективности. Однако, в отличие от линейной автоматизации, характерной для предыдущих технологических укладов, современные цифровые технологии не просто заменяют труд или повышают скорость операций, а формируют новую архитектуру управления, основанную на данных, прозрачности, автономности и способности к самообучению.

Переход от традиционного к цифровому бережливому производству следует понимать не как замену одного подхода другим, а как эволюционное развитие организационной системы в условиях цифровой трансформации. Исследователи Д.Дж. Пауэлл, Д. Ромеро¹, Б.Л. Тревиньо-Элизондо и др. [1] подчеркивают, что цифровизация усиливает потенциал бережливого производства, предоставляя новые инструменты визуализации, мониторинга и предиктивного управления. Вместе с тем цифровизация без связи с концепцией бережливого производства может привести к цифровому хаосу и «автоматизации неэффективности» (Д.В. Петраков [2], Р. Лоренц², Е.С. Палкина³).

Отечественные и зарубежные ученые постепенно осмысливают этот переход. Так, В.А. Левенцов [3], Р. Лоренц⁴, Т. Ху [4] и другие исследователи делают акцент на взаимодополняемости бережливого производства и цифровизации⁵. Таким образом, происходит смещение взглядов от традиционного к цифровому бережливому производству как системной модели, объединяющей процессную логику, ценностно ориентированное управление и возможности цифровых технологий. На этом этапе бережливое производство перестает быть локальной практикой и превращается в интегративную основу трансформации всей производственной архитектуры предприятия⁶ (Ю.В. Литовская [5], И.М. Степнов, Ю.А. Ковальчук [6]). Объединение этих подходов формирует основу цифрового бережливого производства как интегративной управленческой системы, обеспечивающей ценностную направленность, предиктивность, устойчивость и адаптивность производственных процессов.

В работе Х.М. Гонсалес-Варона [7] подчеркивается, что цифровое бережливое производство представляет собой не просто механическую сумму инструментов цифровизации и принципов бережливого производства, а новую управленческую парадигму, отражающую переход от локального к системному управлению на основе ценности, данных и архитектурной согласованности. Эта парадигма требует соответствующего пересмотра системы принципов бережливого производства, то есть необходима строго научная процедура, которая базируется на осмыслении сущности цифровой трансформации и архитектурных характеристик новой управленческой модели. Принципы как категория методологии управления представляют собой обобщенные нормативные положения, отражающие устойчивые связи и закономерности функционирования производственных систем. В классической трактовке бережливого производства они формируют основу потока создания ценности, вовлеченности персонала и непрерывного улучшения.

Однако, по мере усложнения производственной среды, ускорения изменений и роста роли цифровых технологий, эти положения начинают утрачивать универсальность и требуют переосмысления. Цифровые технологии не просто дополняют инструментарий береж-

¹ Powell D.J., Romero D. Digital Lean Manufacturing: A Literature Review. In: 2021 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM). Singapore, 2021, pp. 659–662. DOI: 10.1109/IEEM50564.2021.9673032

² Lorenz R., Powell D., Netland T.H. Exploring the Effect of Digitalizing Shop Floor Management. In: Proceedings of the 26th Annual EurOMA Conference: Operations Adding Value to Society. Helsinki, 2019. DOI: 10.3929/ethz-b-000352295

³ Palkina E. Risks of Digital Transformation of Transport Logistics in Priority Market Segments. In: International Scientific Conference – Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2022), 2023, vol. 371. DOI: 10.1051/e3sconf/202337104047

⁴ Lorenz R., Buess P., Macuvele J. et al. Lean and Digitalization – Contradictions or Complements? In: Ameri F., Stecke K., Von Cierninski G., Kiritsis D. (eds). Advances in Production Management Systems. Production Management for the Factory of the Future. APMS 2019. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol. 566. Cham, Springer, 2019, pp. 77–84. DOI: 10.1007/978-3-030-30000-5_10

⁵ Digital Lean: Double the Impact of Your Lean Initiatives in 2026. URL: <https://scw.ai/blog/digital-lean/>

⁶ Deidda S. How to Integrate Digital Lean Manufacturing and Agile. URL: <https://consultport.com/business-excellence/digital-lean-manufacturing-agile-methodologies/>

ливого производства, а становятся неотъемлемым элементом логики управления. В отличие от традиционного бережливого производства, ориентированного на устранение потерь в условиях относительно стабильных процессов, цифровое бережливое производство строится на гибкости, предиктивности, архитектурной целостности и управлении в режиме реального времени. Следовательно, принципы управления должны эволюционировать от реактивных к проактивным, от инструментальных к системным, от локальных к сквозным.

Основанием для такого переосмысления служит комплекс сущностных признаков цифрового бережливого производства, отражающих его философскую и функциональную основу⁷ [8] (табл. 1). В их числе – ценностная направленность, ориентация на данные, способность к самообучению, структурная интеграция цифровых и организационных компонентов. Эти признаки не существуют изолированно, а проявляются в архитектурной структуре цифрового бережливого производства (табл. 2), которая охватывает ключевые управленческие домены (потоки создания ценности, системную интеграцию, аналитическое и предиктивное управление, организационную трансформацию) и реализуется на всех уровнях управления – от стратегического до операционного (В.Д. Колычев, И.О. Белкин [9], С.В. Лазарев⁸, В.И. Кумар⁹, Д. Ромеро¹⁰).

Следует подчеркнуть, что модифицированные принципы выполняют не только нормативную, но и проектировочную функцию. В условиях высокой сложности и изменчивости цифровой производственной среды они становятся инструментом синхронизации процессов, архитектуры, данных и управленческих решений. Тем самым обеспечивается логическая и функциональная согласованность преобразований, минимизируются риски фрагментарной автоматизации и создаются предпосылки для формирования устойчивой и интеллектуальной производственной системы.

Механизм переосмысления принципов бережливого производства может быть охарактеризован как системно-комбинаторный. Его суть заключается в установлении логической совместимости и содержательной взаимодополняемости между принципами бережливого производства и цифровизацией. В результате такого анализа становятся очевидными три направления трансформации:

- во-первых, сохранение ряда базовых принципов бережливого производства с их усилением за счет цифровых средств;
- во-вторых, структурное преобразование других принципов, при котором меняется не только форма реализации, но и логика действия;
- в-третьих, необходимость введения новых принципов, ранее не имевших эквивалентов в классической системе бережливого производства, но обусловленных цифровой

⁷ Прохоров А., Коник Л. Цифровая трансформация: анализ, тренды, мировой опыт. М.: КомНьюс Груп, 2019. 368 с.; Бабушкин В.М., Габитов Э.И., Бариева Д.Р., Мазитова К.Д. Факторы и ограничения цифрового производства современных наукоемких предприятий. В кн.: Лучшая студенческая статья 2019: сборник статей XXI Международного научно-исследовательского конкурса. Пенза: Наука и Просвещение, 2019. С. 76–81.; Pavlov B.P., Garifullin R.F., Babushkin V.M., Mingaleev G.F. Digital Transformation of the Economy. In: Proceedings of the 33rd International Business Information Management Association Conference, Ibima 2019: Education Excellence and Innovation Management Through Vision 2020. Granada, 2019, pp. 3359–3364. EDN: JHLNSB

⁸ Лазарев С.В. Цифровые инструменты при внедрении бережливого производства. В кн.: Роль технического регулирования и стандартизации в эпоху цифровой экономики: материалы IV международной научно-практической конференции молодых ученых. Екатеринбург: Ажур, 2022. С. 31–37.

⁹ Kumar V., Rezaei J., Akberdina V., Kuzmin E. (eds). Digital Transformation in Industry Trends, Management, Strategies. Cham, Springer, 2021, 290 p.

¹⁰ Romero D., Gaiardelli P., Powell D. et al. Digital Lean Cyber-Physical Production Systems: The Emergence of Digital Lean Manufacturing and the Significance of Digital Waste. In: IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems (APMS). Seoul, 2018, pp. 11–20. DOI: 10.1007/978-3-319-99704-9_2

спецификой (например, принципов самообучаемости, архитектурной согласованности или цифровой этики) (рис. 1).

Таким образом, методологические предпосылки модификации принципов цифрового бережливого производства (ЦБП) базируются на интеграции его сущностных признаков, архитектурной структуры и логики цифровой трансформации. Это обеспечивает переход от инструментального использования цифровых решений к формированию целостной управленческой парадигмы нового типа, ориентированной на ценность, данные и адаптацию и реализуемой на всех уровнях производственной системы.

Исходные (адаптированные) принципы

Характерной чертой этой группы принципов является их философская и функциональная преемственность. Они продолжают выполнять роль ориентиров, структурирующих поведение производственной системы, но приобретают дополнительную глубину, скорость и точность реализации благодаря цифровым технологиям. Таким образом, речь идет не о формальной трансформации, а об усилении, расширении и актуализации существующих положений.

Один из центральных адаптированных принципов – фактологичность принятия решений. В традиционном бережливом производстве он выражается в требовании опираться на реальные наблюдения, данные и показатели. В условиях цифровой трансформации этот принцип сохраняет свою актуальность, но получает качественно новое содержание. Использование средств сбора, агрегации и интерпретации больших объемов данных позволяет принимать решения не постфактум, а в режиме реального времени, на основании объективных и всесторонних информационных потоков. Таким образом, цифровая среда усиливает фактологическую основу управленческих действий, повышая обоснованность и скорость реакций на отклонения.

Не менее важным является принцип ориентации на ценность для потребителя, традиционно формулируемый как необходимость исключения всех действий, не создающих ценности. В цифровом контексте он дополняется возможностью глубокого анализа потребительского опыта, обратной связи, персонализации продуктов и услуг. Предприятия получают более точное представление о том, что представляет собой ценность с точки зрения клиента, и могут гибко адаптировать потоки создания ценности в ответ на изменения спроса.

Принцип постоянного совершенствования также сохраняет свою актуальность. Однако если в классическом бережливом производстве улучшения иницируются преимущественно людьми и реализуются в виде локальных инициатив, то при цифровизации повышается роль аналитических средств мониторинга и обратной связи. Прогресс может инициироваться как персоналом, так и интеллектуальными системами, а результаты изменений фиксироваться и анализироваться в автоматическом режиме.

Особое место среди исходных принципов занимает визуализация. Цифровизация усиливает этот принцип, и визуализация реализуется посредством цифровых панелей, интерактивных интерфейсов, дополненной реальности, позволяя отображать актуальное состояние процессов на всех уровнях управления. Визуализация становится не просто средством коммуникации, а компонентом архитектуры цифрового управления.

Таким образом, группа исходных принципов демонстрирует преемственность по отношению к традиционному бережливому производству в условиях цифровой трансформации. Их главная особенность в том, что сохраняется управленческое ядро, но реализуется оно с использованием новых средств – цифровых платформ, аналитических систем, интеллектуальных интерфейсов. Это позволяет не нарушать целостность логики бережливого

производства, но обеспечить ее соответствие требованиям быстро меняющейся, высокотехнологичной среды.

Модифицированные принципы цифрового бережливого производства

Развитие цифровых технологий, радикально изменивших природу производственной среды, делает невозможным прямое воспроизведение всех традиционных принципов в новых условиях. Некоторые из них требуют глубокой трансформации содержания, механизмов реализации и управленческой логики. Именно такие положения образуют группу модифицированных принципов цифрового бережливого производства, чья основа заимствована из классического бережливого производства, но реализация адаптирована под цифровую инфраструктуру, новые формы потерь и возможности интеллектуального управления. Ключевая особенность этих принципов заключается в переходе от реактивного управления к проактивному, от устранения последствий к предупреждению причин, от регламентированной дисциплины к адаптивной логике, основанной на данных и алгоритмах.

Показательным примером такой трансформации является принцип организации потока создания ценности. В традиционном бережливом производстве поток обеспечивается выстраиванием непрерывной последовательности операций с минимальным временем ожидания и перемещения. В условиях цифровизации этот принцип приобретает двойственную физико-цифровую природу. Производственные процессы дополняются цифровыми двойниками, сенсорной сетью и средствами симуляции. Поток становится не только непрерывным, но и прозрачным, самонастраивающимся и управляемым в режиме реального времени, что обеспечивает его адаптивность и устойчивость при внешних и внутренних изменениях.

Существенные изменения претерпевает и принцип вытягивания. Так, цифровое вытягивание основано на оперативном анализе данных о текущем спросе, остатках, загрузке оборудования и логистике. Производственные задания формируются не вручную, а через интеллектуальные алгоритмы, позволяющие не просто реагировать на сигналы от потребителя, а предвосхищать их. Это трансформирует вытягивание в динамический инструмент синхронизации производства и рыночной среды.

Особое значение в условиях цифровизации приобретает качество процессов и продукции. В традиционном бережливом производстве действует принцип встроенного качества, согласно которому дефекты должны предотвращаться, а не устраняться. Однако цифровое бережливое производство предлагает расширенное понимание этого принципа – цифровое качество. Здесь контроль реализуется через сенсоры, автоматические сигналы, предиктивную аналитику, что позволяет не просто идентифицировать отклонения, но и предсказывать возможные отказы и дефекты. Таким образом, качество становится результатом не регламента, а интеллектуального сопровождения процесса, обеспечивающего его устойчивость и самокоррекцию.

Коренная трансформация указанных принципов вызвана не только технологическими возможностями, но и изменением природы потерь, возникающих в цифровой производственной среде. Помимо классических видов муда (перепроизводство, запасы, транспортировка и др.), появляются так называемые «цифровые потери» – избыточная автоматизация, неэффективная визуализация, дублирование информации, задержки в передаче данных, перегрузка аналитикой и другие формы неэффективности, специфичные для киберфизических систем. В условиях нарастающей сложности и неопределенности эти потери невозможно устранить традиционными инструментами бережливого производства, что требует модификации управленческих оснований и принципов.

Таким образом, модифицированные принципы цифрового бережливого производства представляют собой структурно переосмысленные положения, отражающие глубинные изменения в логике функционирования производственных систем. Они обеспечивают переход от стабильной и стандартизированной модели к гибкой, обучаемой и проактивной системе, ориентированной на предупреждение потерь, устойчивость к изменениям и постоянную оптимизацию на основе цифровых данных.

Новые принципы цифрового бережливого производства

Цифровая трансформация производственной среды обуславливает не только переосмысление и модификацию существующих принципов, но и необходимость реализации принципиально новых положений, не представленных в традиционном бережливом производстве. Эти принципы отражают качественно новые управленческие и технологические факторы, возникающие в условиях функционирования киберфизических производственных систем, распространения искусственного интеллекта, повсеместной обработки данных и изменения характера взаимодействия между человеком и цифровыми системами.

Новые принципы цифрового бережливого производства представляют собой ответ на те аспекты цифровизации, которые не могут быть интерпретированы в рамках классического бережливого производства. Они формируют концептуальное ядро «цифрово-бережливого подхода», обеспечивая его содержательную завершенность и применимость в условиях шестого технологического уклада.

Первым новым принципом цифрового бережливого производства является самоадаптивность и самообучаемость производственной системы. В отличие от традиционного бережливого производства, где совершенствование процессов предполагает внешнюю управленческую инициативу и участие персонала, цифровое бережливое производство рассматривает предприятие как интеллектуальную систему, способную к автоматическому обучению и адаптации на основе анализа данных. Использование предиктивной аналитики, алгоритмов машинного обучения, цифровых двойников и систем мониторинга позволяет производственным процессам изменять свои параметры в режиме реального времени без необходимости прямого вмешательства человека. Такой подход обеспечивает не только устойчивость к сбоям, но и способность к проактивному управлению в условиях неопределенности и высокой вариативности.

Вторым новым принципом является интегративная архитектура управления. В условиях цифровизации разрозненное применение технологий и инструментов приводит к фрагментации, дублированию функций и потере управляемости. В ответ на это возникает необходимость в формировании единой архитектурной модели, обеспечивающей сквозную согласованность между процессами, цифровыми платформами, организационной структурой и логикой создания ценности. Такой подход предполагает проектирование производственной системы как целостного комплекса, в котором данные, потоки, интерфейсы и управленческие механизмы действуют скоординировано, дополняя друг друга. Интегративная архитектура позволяет не только повысить эффективность, но и создать предпосылки для масштабируемости, устойчивости и быстрой адаптации производственной системы к изменяющимся условиям.

Третьим принципом, отвечающим вызовам современного этапа технологического развития, является принцип цифровой этики и доверия. По мере расширения сферы применения интеллектуальных цифровых систем, распространения практики принятия решений на основе алгоритмов и автоматизации контроля возрастает значимость вопросов, связанных с прозрачностью, интерпретируемостью и справедливостью цифровых решений. Без доверия со стороны персонала, клиентов и партнеров даже технически совершенные цифровые системы не смогут быть эффективно интегрированы в производственную среду. Принцип

цифровой этики требует обеспечения понятности алгоритмов, защиты данных, отказа от манипулятивных практик, связанных с использованием искусственного интеллекта (ИИ-практик), а также институционализации механизмов цифрового доверия. Это позволяет преодолеть потенциальные барьеры (пример – сопротивление изменениям), повысить вовлеченность персонала в преобразования и обеспечить устойчивость «цифрово-бережливой трансформации». Реализация указанных принципов обусловлена как объективной сложностью производственной среды, так и эволюцией требований к управлению. Указанные принципы направлены на обеспечение не только операционной эффективности, но и системной устойчивости, институционального доверия, интеллектуальной адаптивности и архитектурной целостности.

Таким образом, новые принципы цифрового бережливого производства отражают существенные сдвиги в логике управления и задают нормативно-ценностную рамку для функционирования производственных систем будущего. Они дополняют адаптированные и модифицированные положения, формируя целостную систему, в которой цифровизация и бережливость выступают не как параллельные векторы, а как взаимосвязанные и усиленные компоненты новой производственной системы.

Выводы

Цифровая трансформация промышленности сопровождается глубинными изменениями управленческой логики, архитектуры производственных систем и требований к принципам организационного функционирования. В этих условиях традиционные принципы бережливого производства утрачивают универсальность и требуют содержательной адаптации к новым реалиям. В настоящей статье предложена классификация принципов цифрового бережливого производства, охватывающая три логических категории: адаптированные, модифицированные и новые принципы.

Адаптированные принципы демонстрируют устойчивость философского ядра бережливого производства, усиливаясь цифровыми средствами в части прозрачности, фактологичности, ориентации на ценность и визуализации. Модифицированные принципы отражают структурные изменения в логике управления потоками, вытягиванием и качеством, обусловленные переходом к проактивному управлению и цифровой обработке данных. Новые принципы, такие как самоадаптивность, интегративная архитектура и цифровая этика, формулируются как ответ на вызовы, обусловленные интеллектуализацией производства, повышением роли алгоритмов и потребности в институционализации доверия.

Проведенное исследование формирует методологическую основу для дальнейших эмпирических работ, направленных на верификацию и операционализацию принципов цифрового бережливого производства. В перспективе возможна интеграция предложенной классификации в инструменты диагностического аудита, цифровые платформы управления производством и стандартизированные подходы к подготовке управленческих кадров в условиях цифровой экономики.

Таким образом, переход от традиционного бережливого производства к цифровому требует не только технических решений, но и фундаментальной управленческой рефлексии, в центре которой должны находиться адаптированные, модифицированные и новые принципы как основа согласованного, ценностно ориентированного и интеллектуально насыщенного производственного процесса.

Таблица 1**Сущностные признаки цифрового бережливого производства****Table 1****The essential features of digital lean production**

Сущностный признак	Описание
Интегративность	Синтез подхода, реализуемого в рамках бережливого производства, и цифровых технологий. Обе компоненты взаимно усиливают друг друга и формируют единую управленческую логику
Ценностная направленность	Фокус – на создании ценности для клиента и всех заинтересованных сторон как высшей цели «цифрово-бережливых преобразований»
Управление на основе данных	Использование цифровых инструментов сбора, обработки и визуализации информации для принятия обоснованных решений и совершенствования процессов
Целостность	Охват всех уровней и функций предприятия от стратегического до операционного в рамках одного потока создания ценности
Целевая направленность на устранение потерь	Интеллектуальное выявление и минимизация всех видов потерь, включая новые формы неэффективности, обусловленные цифровыми процессами (цифровые потери)
Предиктивность и самообучаемость	Адаптация системы на основе анализа данных, прогнозирование отклонений и обучение на основе обратной связи
Функция трансформации	Потенциал цифрового бережливого производства по преобразованию бизнес-модели предприятия от иерархической к платформенной, по переходу от фрагментарной эффективности к стратегической устойчивости

Источник: авторская разработка*Source:* Authoring**Таблица 2****Матричная архитектура цифрового бережливого производства****Table 2****Matrix architecture of digital lean production**

Функциональный домен	Потоки создания ценности	Системная интеграция
Стратегический	Формулирование целей, ориентированных на клиента, и устранение потерь	Разработка стратегии интеграции принципов бережливого производства и цифровизации
Тактический	Проектирование и реинжиниринг потоков создания ценности	Интеграция бизнес-процессов и цифровых систем
Операционный	Реализация потока создания ценности на производстве (цифровой канбан и др.)	Сквозная координация (реализация принципов бережливого производства и использование цифровых инструментов на рабочих местах)

Продолжение

Функциональный домен	Аналитика и предиктивное управление	Организационная трансформация
Стратегический	Архитектура данных, KPI (ключевые показатели эффективности), предиктивные модели	Цифровая культура, самообучаемость, платформенная модель
Тактический	BI-системы (бизнес-аналитика), мониторинг, анализ отклонений	Развитие компетенций, новые роли, цифровое лидерство
Операционный	Визуализация, интернет вещей (IoT-данные), автоматические реакции	AR-инструкции (дополненная реальность), цифровые помощники, инициативы снизу

Источник: авторская разработка

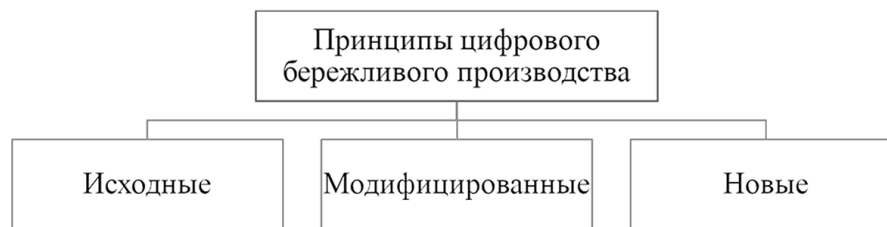
Source: Authoring

Рисунок 1

Категории принципов цифрового бережливого производства

Figure 1

Categories of digital lean production principles



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Treviño-Elizondo B.L., García-Reyes H., Peimbert-García R.E. A Maturity Model to Become a Smart Organization Based on Lean and Industry 4.0 Synergy. *Sustainability*, 2023, vol. 15, iss. 17. DOI: 10.3390/su151713151
2. Петраков Д.В. Проблема цифровизации бережливого производства // Вестник науки. 2024. Т. 2. № 12. С. 339–346. EDN: IWTHQJ
3. Левенцов В.А., Левенцов А.Н. Бережливое производство и проблемы его цифровизации // Современные наукоемкие технологии. 2023. № 1. С. 20–25. EDN: ULNBMG
4. Ху Т. Обзор национальных стратегий перехода к Индустрии 5.0 // Экономика и управление инновациями. 2022. № 3. С. 28–38. EDN: FHRFXH
5. Литовская Ю.В., Иванова Н.Е., Пономарева О.С. Бережливое производство и цифровые технологии как основа организации эффективного производства // Экономика и предпринимательство. 2022. № 10. С. 1241–1244. EDN: KWGHRW
6. Степнов И.М., Ковальчук Ю.А. К вопросу о применимости цифровыми экосистемами бизнеса принципов бережливого производства // Друkerовский вестник. 2019. № 3. С. 220–228. EDN: YKVLXY
7. Gonzalez-Varona J.M., Lopez-Paredes A., Poza D., Acebes F. Building and Development of an Organizational Competence for Digital Transformation in SMEs. *Journal of Industrial*

Engineering and Management (IEM), 2021, vol. 14, iss. 1, pp. 15–24.

DOI: 10.48550/arXiv.2406.01615

8. Золотова Л.В., Конюченко О.Н., Уманский С.С. Бережливое производство: содержание понятия // Естественнo-гуманитарные исследования. 2022. № 2. С. 121–129. EDN: RNEIIP
9. Колычев В.Д., Белкин И.О. Интеграция бережливого производства и цифровых технологий в управление операционной деятельностью промышленных предприятий // Известия высших учебных заведений. Серия «Экономика, финансы и управление производством (Ивэкофин)». 2023. № 3. С. 45–58. EDN: UAWLCH

Информация о конфликте интересов

Я, автор данной статьи, со всей ответственностью заявляю о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

PRINCIPLES OF DIGITAL LEAN MANUFACTURINGDOI: <https://doi.org/10.24891/fnjagg>EDN: <https://elibrary.ru/fnjagg>**Mikhail S. VAGIN**

State Marine Technical University (SMTU), St. Petersburg, Russian Federation

e-mail: vaginms@yandex.ru

ORCID: 0009-0002-3833-4623

Article history:

Article No. 605/2025

Received 24 Sept 2025

Accepted 28 Oct 2025

Available online

29 Jan 2026

JEL Classification: L00, O14, O32, O33**Keywords:** digital lean manufacturing, industrial digitalization, classification of principles, essential characteristics, digital transformation**Abstract****Subject.** This article discusses the issues of transformation of lean manufacturing principles in the context of industrial digitalization.**Objectives.** The article aims to form and substantiate a system of digital lean manufacturing principles, reflecting the modern management architecture.**Methods.** For the study, I used systems and comparative analyses, and a structural and functional approach.**Results.** The article presents a author-developed classification of digital lean manufacturing principles (adapted, modified, and new ones), and it identifies the manufacturing essential features and levels of implementation.**Conclusions.** The principles of digital lean manufacturing form the foundation of a new management paradigm, combining value-oriented thinking with the capabilities of intelligent digital technologies, which contributes to improved efficiency and competitiveness of industrial enterprises.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2025

Please cite this article as: Vagin M.S. Principles of digital lean manufacturing. *Regional Economics: Theory and Practice*, 2026, iss. 1, pp. 141–153. DOI: 10.24891/fnjagg EDN: FNJAGG**Acknowledgments**

I am profoundly grateful to Elena S. PALKINA, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Innovation Economics at the Saint-Petersburg State Marine Technical University, for her advice and valuable comments while working on this article.

References

1. Treviño-Elizondo B.L., García-Reyes H., Peimbert-García R.E. A Maturity Model to Become a Smart Organization Based on Lean and Industry 4.0 Synergy. *Sustainability*, 2023, vol. 15, iss. 17. DOI: 10.3390/su151713151
2. Petrakov D.V. [Digitalization problem lean manufacturing]. *Vestnik nauki*, 2024, vol. 2, iss. 12, pp. 339–346. (In Russ.) EDN: IWTHQJ
3. Leventsov V.A., Leventsov A.N. [Lean production and problems of its digitalization]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 2023, no. 1, pp. 20–25. (In Russ.) EDN: ULNBMG
4. Hu T. [Review of national strategies for transition to Industry 5.0]. *Ekonomika i upravlenie innovatsiyami*, 2022, no. 3, pp. 28–38. (In Russ.) EDN: FHRFXH
5. Litovskaya Yu.V., Ivanova N.E., Ponomareva O.S. [Lean manufacturing and digital technologies as the basis for the organization of efficient production]. *Ekonomika*

i predprinimatel'stvo, 2022, no. 10, pp. 1241–1244. (In Russ.) EDN: KWGHRW

6. Stepnov I.M., Kovalchuk Yu.A. [Applicability of lean production principles for digital ecosystems of business]. *Drukerovskii vestnik*, 2019, no. 3, pp. 220–228. (In Russ.) EDN: YKVLXY
7. Gonzalez-Varona J.M., Lopez-Paredes A., Poza D., Acebes F. Building and Development of an Organizational Competence for Digital Transformation in SMEs. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 2021, vol. 14, iss. 1, pp. 15–24. DOI: 10.48550/arXiv.2406.01615
8. Zolotova L.V., Konyuchenko O.N., Umanskiy S.S. [Lean production: concept content]. *Estestvenno-gumanitarnye issledovaniya*, 2022, no. 2, pp. 121–129. (In Russ.) EDN: RNEIIP
9. Kolychev V.D., Belkin I.O. [Integration of lean manufacturing and digital technologies in the operational activity management of industrial enterprises]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Seriya: Ekonomika, finansy i upravlenie proizvodstvom (Ivekofin)*, 2023, no. 3, pp. 45–58. (In Russ.) EDN: UAWLCH

Conflict-of-interest notification

I, the author of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.