

РАЗВИТИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА В КОНТЕКСТЕ «ИНДУСТРИИ 4.0»

DEVELOPMENT OF RESEARCH IN THE FIELD OF LEAN PRODUCTION IN THE CONTEXT OF "INDUSTRY 4.0"

T. Pankova
A. Kornetov
N. Fadeeva
M. Kovaleva
A. Ochur-ool

Summary. This article is devoted to the research and analysis of the usage of Lean tools and the theoretical development of Lean tools in the context of «Industry 4.0». With the development of «Industry 4.0», some of the challenges related to inefficient digitalization are becoming increasingly apparent in organisations. In order to minimize these problems, the Lean philosophy needs to be embedded in a digital environment. At the same time, before lean manufacturing begins to tackle the challenges of digitalization, its tools also need to be digitized so that they can embrace the dynamics of «Industry 4.0» and become more efficient.

Keywords: lean manufacturing concept, digital costs, Industry 4.0, predictive maintenance/ PdM, Lean tools, Lean thinking.

Панкова Татьяна Николаевна

Кандидат филологических наук, доцент,
Воронежский государственный университет
pankova@rgph.vsu.ru

Корнетов Александр Николаевич

Доктор медицинских наук, Сибирский
государственный медицинский университет (Томск)
alkornetov@gmail.com

Фадеева Наталья Владимировна

Кандидат технических наук, доцент, Красноярский
институт железнодорожного транспорта, филиал
ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет
путей сообщения»
fadeeva_natali@inbox.ru

Ковалева Мария Александровна

Кандидат технических наук, Владикавказский
филиал Финансового университета при
Правительстве Российской Федерации
mary_kovaleva@list.ru

Очур-оол Аржана Петровна

Старший преподаватель, Тувинский
государственный университет (Кызыл)
adacka@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию и анализу использования инструментов бережливого производства и теоретического развития инструментов бережливого производства в контексте «Индустрии 4.0». С развитием «Индустрии 4.0» в организациях все отчетливее проявляются некоторые проблемы, связанные с неэффективной цифровизацией. Для минимизации этих проблем необходимо внедрение философии бережливого производства в цифровую среду. При этом, прежде чем бережливое производство начнет решать проблемы цифровизации, необходимо оцифровать его инструменты, чтобы они могли охватить динамику «Индустрии 4.0» и стать более эффективными.

Ключевые слова: концепция бережливого производства, цифровые затраты, Индустрия 4.0, предиктивное техническое обслуживание, инструменты бережливого производства, бережливое мышление.

С развитием «Индустрии 4.0» некоторые проблемы, связанные с неэффективной цифровизацией, становятся более очевидными в деятельности организаций. Чтобы минимизировать эти проблемы, внедрение философии бережливого производства является необходимым в цифровой среде. Однако, прежде чем приступить к решению проблем цифровизации, необходимо модернизировать инструменты бережливого производства, чтобы они могли охватить

динамику «Индустрии 4.0» и стать более эффективными.

Цель данного исследования — внести вклад в теоретическое развитие инструментов бережливого производства в контексте «Индустрии 4.0», способствуя развитию направлений для промышленного сектора на основе развития, преодоления трудностей, реализации инструментов бережливого производства. Для до-

стижения этой цели в данном исследовании проведен систематический обзор литературы и контент-анализ последних работ за 2020–2022 по заявленной тематике.

В ходе исследования был проведен тщательный обзор литературы, проведены корреляции с программным контент-анализом. Как известно, системный обзор можно определить, как анализ доказательств, основанный на основании сформулированного вопроса, для изучения темы с помощью системных методов, которые отбирают и оценивают соответствующие исследования для извлечения и критического анализа данных.

В научной литературе существует множество методов для проведения такого рода исследований, выбор подходящего метода зависит от конкретного специалиста и природы каждой темы исследования. Для проведения системного обзора литературы данного исследования был использован метод PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) в соответствии с его 3 основными этапами: *Выявление/Идентификация, Отбор/Скрининг и Включение/Инклюзия* [16, с. 9]. Этот метод был выбран по принципу сравнения с другими методами по причине его процедуры создания протокола, широкого признания в академических статьях из различных предметных областей и надлежащей обработки для анализа научных статей.

Также, был использован метод контент-анализа, который рассматривается как процедура, целью которой является получение знаний о работах на основе систематического анализа их высказываний и суждений. Этот вид анализа позволяет исследователю критически проанализировать содержание статей в обзоре литературы, таким образом, классифицируя их и группируя в схожие темы для количественной оценки данного содержания. Основные характеристики контент-анализа позволяют исследователю: изучать данные; интерпретировать теории; формулировать и консолидировать концепции; развивать связи между понятиями; синтезировать результаты исследования в виде рамочных схем или других моделей.

Первым этапом контент-анализа является предварительный анализ, статьи были импортированы в программу посредством импорта PDF-файлов. Второй этап — вычитывание статей в программе и разработка основных компонентов для кодирования текста; на этом этапе исследователь сгруппировал основные темы исследования и, таким образом, создал начальные компоненты для рассмотрения основных тем, затронутых в данной статье. Третьим этапом было кодирование отрывков из статей в ранее подготовленных узлах с целью выявления встречаемости темы и интер-

претации этого содержания с точки зрения различных авторов; такое кодирование в узлах позволяет внести ясность и сократить количество избыточных данных для понимания.

В Ганновере на технологической выставке (2011 год) в научных кругах и в деловой практике была представлена концепция четвертой промышленной революции, также называемой «Индустрией 4.0». Интегрированное производство в цифровой перспективе породило предпосылку создания интеллектуального и независимого предприятия, позволяющего компьютерам общаться друг с другом, используя такие технологии как: интернет вещей, большие данные, цифровые двойники и моделирование, аддитивное производство, самоуправляемые роботы, киберфизические системы, дополненная реальность, облачные вычисления и искусственный интеллект с нейронными сетями. Таким образом, это позволяет обеспечить массовую кастомизацию и перемещение продукции, скорость производства и связь оборудования для управления процессами.

В основе передовых цифровых технологий находятся «компьютерное моделирование и прототипирование, позволяющие создавать цифровые модели на стадии проектирования» [3, с.50].

Бережливое мышление возникло как ответ бережливого производства на борьбу с расточительством [5, с. 155], связанным с обучением людей и сотрудников, сосредоточением на решении проблем, внедрением технологий и облегчением потока информации в организациях [8, с. 373]. Для начала трансформации к концепции бережливого производства 4.0 необходимо внедрить бережливое мышление с точки зрения цифровых технологий [1, с. 36].

Если бережливое мышление не будет внедрено заранее для поддержки понимания «бережливого мышления по принципу 4.0», то в будущем организации будут заниматься цифровизацией отходов [18, с. 270]. Эта философия служит основой для внедрения «Индустрии 4.0» [6, с. 905], поскольку именно с нее начинается внедрение бережливого мышления и борьба с традиционными и цифровыми отходами одновременно. В данной статье мы рассматриваем бережливое мышление как часть исследования инструментов *Lean 4.0* в связи с выявлением его способности к модернизации и инновациям в промышленности, избегая при этом цифровых и традиционных отходов и расширяя права и возможности сотрудников.

Несмотря на цифровую трансформацию, они в конечном итоге сталкиваются с *пятью основными барьерами*, которые блокируют их инновационные про-

екты: 1) недостаток ресурсов или отсутствие знаний; 2) высокие затраты на внедрение; 3) сложность обоснования инвестиций в бизнес без возможности получения прибыли в краткосрочной перспективе; 4) прототипы проектов не оправдывают инвестиций; 5) слишком много инвестиций, чтобы оправдать внедрение.

В этом смысле внедрение цифровых технологий должно быть связано с планированием, организацией и заботой о культуре восприятия цифровой трансформации. В случае успешного внедрения, помимо финансовых инвестиций [19, с.250], оно подразумевает сокращение расходов в нескольких областях организации и предоставление сотрудникам автономии и полномочий [2, с. 63].

Исторически сложилось так, что наиболее используемой философией для сокращения отходов является концепция бережливого производства (*Lean*). Одним из способов предоставления автономности человеку в промышленной среде является внедрение философии *Lean* через *Lean*-мышление [20, с. 64]. Также в некоторых работах указывается на то, что организациям необходимо сфокусироваться на элементах человеческого фактора в дополнение к внедрению инструментов для успешной трансформации *Lean*. Подчеркивается, что организациям, нацеленным на цифровизацию, необходимо сосредоточиться на развитии сотрудников, поскольку именно они отвечают за принятие решений [12, 13].

И бережливое производство, и его инструменты претерпели трансформацию и обновление концепции, когда они погрузились в четвертую промышленную революцию; тем самым возник новый способ мышления о *Lean*, теперь с цифровой перспективой.

В отчете, подготовленном *Deloitte* подчеркивается, что цифровые технологии улучшают восприятие инструментов бережливого производства и позволяют улучшить будущие стратегические планы отраслей [10]. Однако существует и проблема *кибербезопасности*, которую цифровые технологии привносят в организации.

Deloitte в «*Predictive Maintenance and the Smart Factory.2022*» предположил, что *предиктивное (или прогнозируемое) техническое обслуживание (PdM — predictive maintenance)* становится одной из наиболее усовершенствованных процедур бережливого производства с помощью «Индустрии 4.0» и, таким образом, становится примером того, как можно создать и использовать усовершенствованные цифровые инструменты [10].

Тем не менее, во многих работах отмечается, что до 2025 года добавленная стоимость цифровых проце-

дур оценивается выше 640 миллиардов долларов [4, 7, 11, 14, 15]; также был опубликован прогноз, что почти 70% отраслей промышленности к 2024 году будут использовать облачные вычисления [17]. Однако при неправильной реализации цифровая трансформация может стать источником бесполезных трат и привести к сбоям, [4, с. 659] отмечается, что почти 70% процессов цифровой трансформации терпят неудачу из-за отсутствия стратегии и долгосрочного мышления.

Чтобы использовать эту возможность, бережливое производство 4.0 (*Lean 4.0*) берет на себя ведущую роль, помогая повысить ценность новой цифровой трансформации. *Alves A.C., Bittencourt V., 5.Cárdenas-Robledo L.A., Leão C.P., Saldanha F.* и другие исследователи подчеркивают, что бережливое производство рассматривается как важный инструмент внедрения «Индустрии 4.0», и выделяют как наиболее важные такие концепции бережливого производства, как *стандартизация работы, организация и прозрачность в качестве связующего звена для более эффективной цифровой консолидации* [6, 7, 14, 15].

В действительности, «Индустрия 4.0» способствует улучшению бережливого производства, в основном за счет *интегрированных информационных и коммуникационных систем*, обеспечения традиционных методов и сокращения производственных затрат [15, с. 6276]. *Angelopoulos J., Molinaro M., Mourtzis D., Orzes G., Panopoulos N.A.* рассматривают взаимодействие бережливого производства и «Индустрии 4.0» [14, 15]; в своем обзоре литературы *Patyal V.S.* указывает что, существует возможность связать эти подходы путем описания примеров интеллектуальных продуктов, оборудования и усовершенствованных операторов с акцентом на бережливое производство [17]; таким образом, выявляется, что они могут взаимно содействовать друг другу.

Однако обновленные технологии «Индустрии 4.0» также обеспечивают преимущества для бережливого производства, создавая новый уровень визуализации и доступа к данным о производительности в режиме реального времени на различных уровнях операций. Это позволяет повысить производительность, снизить затраты и время ожидания. Несмотря на то, что концепции бережливого производства и «Индустрии 4.0» принципиально отличаются, поскольку одна из них сосредоточена на сокращении избыточности, а другая — на цифровизации и инновациях с помощью новейших технологий, конечная цель оценки производственных систем одинакова.

Именно поэтому при правильном сочетании они образуют *концепцию Lean 4.0* и становятся способными дополнять друг друга в отраслях промышленности

[20, с. 66]. Несмотря на то, что в научной литературе отмечается положительное взаимодействие между *Lean* и «Индустрией 4.0», эта тема все еще нуждается в дополнительных исследованиях, чтобы понять, как осуществляется этот синтез [9, с. 1386] и как цифровой аспект *Lean* влияет на сокращение производственных излишек, образующихся при внедрении системы «Индустрии 4.0», также называемых цифровыми отходами. Примером цифровых отходов является избыток данных, обрабатываемых в облачных вычислениях на основе *Big Data*, или большие инвестиции в обучение работников работе с цифровыми технологиями.

Таким образом, *Lean 4.0* можно определить, как перспективу, которая может внедрить новые цифровые технологии в свои основные инструменты для улучшения выявления и сокращения отходов как в цифровых, так и реальных процессах. Однако до сих пор существует недостаток научной и прикладной литературы о том, как работает *Lean 4.0*, каковы его основные и дополнительные инструменты, на которые влияют цифровые

технологии, и как *Lean 4.0* может быть реализована в промышленности. Стоит отметить, что внедрение *Lean 4.0* имеет потенциал для улучшения качества жизни работников в организациях, порождая новый образ мышления и обучения сотрудников в пользу цифровой культуры *Lean*. Это, в долгосрочной перспективе, создает экономическую выгоду для операций за счет сокращения цифровых отходов от чрезмерного или плохо реализованного планирования без уклона в *Lean*. Поиск путей минимизации социального воздействия цифровизации позволил в этой статье изучить инструменты *Lean*, которые прошли через процесс цифровизации, стремясь сократить все формы отходов и переосмыслить внедрение «Индустрии 4.0».

Исходя из результатов исследования, данная работа призвана способствовать развитию исследований в области бережливого производства, а также внедрению и использованию компаниями инструментов бережливого производства для улучшения цифровых процессов и предотвращения цифровых ошибок.

ЛИТЕРАТУРА

- Ганеева, Л.Д. Тенденции цифровой трансформации в спортивной индустрии: систематический обзор / Л.Д. Ганеева // Инновационная экономика и современный менеджмент. — 2022. — № 5 (41). — С. 36–40. — EDN EDVLM1.
- Лавренова, Г.А., Лавренова Е.В., Ивашина Т.Б. Стратегическое управление инновационным развитием предприятия // Современная экономика: проблемы и решения. — 2022. — № 8 (152). — С. 60–70. — DOI 10.17308/meps/2078–9017/2022/8/60–70. — EDN TKUFZD.
- Тренина И.А., Татенко Г.И., Злобина И.В. «Промышленный апгрейд» на примере машиностроительной отрасли: опыт и перспективы // Современная экономика: проблемы и решения. — 2022. — № 7 (151). — С. 48–65. — DOI 10.17308/meps/2078–9017/2022/7/48–65. — EDN LXJRLS.
- Ali I., Phan H.M. Industry 4.0 technologies and sustainable warehousing: a systematic literature review and future research agenda // The International Journal of Logistics Management. — 2022. Vol. 33 No. 2, P. 644–662. <https://doi.org/10.1108/IJLM-05–2021–0277>
- A robust fuzzy optimisation for a multi-objective pharmaceutical supply chain network design problem considering reliability and delivery time / F. Delfani, H. Samanipour, H. Beiki [et al.] // International Journal of Systems Science: Operations and Logistics. — 2022. — Vol. 9, No. 2. — P. 155–179. — DOI 10.1080/23302674.2020.1862936. — EDN JRFXYF.
- Bittencourt V.L., Alves A.C., Leão C.P. Lean Thinking contributions for Industry 4.0: A systematic literature review // IFAC-PapersOnLine. — 2019. — Т. 52. — № 13. — P. 904–909.
- Cárdenas-Robledo L.A. et al. Extended reality applications in industry 4.0. — A systematic literature review // Telematics and Informatics. — 2022. — P. 101863.
- Cattaneo L. et al. Lean thinking in the digital era // IFIP International Conference on Product Lifecycle Management. — Springer, Cham, 2017. — P. 371–381.
- Ciano M.P. et al. One-to-one relationships between Industry 4.0 technologies and Lean Production techniques: a multiple case study // International journal of production research. — 2021. — Т. 59. — № 5. — P. 1386–1410.
- Deloitte. Predictive Maintenance and the Smart Factory. 2022. Available online: <https://www2.deloitte.com/us/en/pages/operations/articles/predictive-maintenance-and-the-smart-factory.html> (accessed on 15 December 2022)
- El Baz J. et al. A framework of sustainability drivers and externalities for Industry 4.0 technologies using the Best-Worst Method // Journal of Cleaner Production. — 2022. — P. 130909.
- Gladkikh M.O., Pankova T.N. Standards of business planning in the Russian Federation // Modern Economics: Problems and Solutions. — 2019. — No 7 (115). — P. 53–65. — DOI 10.17308/meps.2019.7/2157. — EDN CFNCID.
- Individual learning path for future specialists' development / E.A. Levanova, I.F. Berezhnaya, E.V. Krivotulova [et al.] // TEM Journal: Technology, Education, Management, Informatics. — 2019. — Vol. 8. — No 4. — P. 1384–1391. — DOI 10.18421/TEM84–40. — EDN TVJOWQ.
- Molinario M., Orzes G. From forest to finished products: The contribution of Industry 4.0 technologies to the wood sector // Computers in Industry. — 2022. — Т. 138. — P. 103637.
- Mourtzis D., Angelopoulos J., Panopoulos N. A Literature Review of the Challenges and Opportunities of the Transition from Industry 4.0 to Society 5.0 // Energies. — 2022. — Т. 15. — № 17. — P. 6276.

16. Page M.J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews //Systematic reviews. — 2021. — Т. 10. — № 1. — P. 1–11.
17. Patyal V.S. et al. Mapping the links between Industry 4.0, circular economy and sustainability: A systematic literature review //Journal of Enterprise Information Management. — 2022. Vol. 35 No. 1, 2022, P. 1–35
18. Psarommatis F., Kiritsis D. Identification of the inspection specifications for achieving zero defect manufacturing //IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems. — Springer, Cham, 2019. — P. 267–273.
19. Treshchevsky Yu.I., Pankova T.N., Trakhtenberg E.B. The assessment of investment's activity level in central black earth regions of Russia // VII international Symposium engineering management and competitiveness (EMC 2017): Proceedings, Zrenjanin, 16–17 июня 2017 года / University of Novi Sad; Technical faculty "Mihajlo Pupin" Zrenjanin, Republic of Serbia; Szent István University, Faculty of Economics and Social Sciences, Gödöllő, Hungary; Voronezh State University, Faculty of Economics, Voronezh, Russia; University of Montenegro, Maritime Faculty Kotor, Montenegro. — Zrenjanin: Technical Faculty "Mihajlo Pupin", 2017. — P. 249–254. — EDN YQSWVY.
20. Valamede L.S., Akkari A.C.S. Lean manufacturing and Industry 4.0: a holistic integration perspective in the industrial context //2020 9th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM). — IEEE, 2020. — P. 63–68.

© Панкова Татьяна Николаевна (pankova@rgph.vsu.ru), Корнетов Александр Николаевич (alkornetov@gmail.com),
Фадеева Наталья Владимировна (fadeeva_natali@inbox.ru), Ковалева Мария Александровна (mary_kovaleva@list.ru),
Очур-оол Аржана Петровна (adacka@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

