

## СОВМЕСТИМОСТЬ ИНДУСТРИИ 4.0 С МОДЕЛЬЮ УПРАВЛЕНИЯ «БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО» И МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ В ЭПОХУ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Крамаренко Наталья Сергеевна<sup>1</sup>,

e-mail: nata.kramarenko.02@mail.ru,

<sup>1</sup>Дипломатическая академия МИД России, г. Москва, Россия

*В данной статье проводится исследование совместимости концепции «бережливого производства» с технологиями Индустрии 4.0. Автор анализирует переход к новой четвёртой промышленной революции, её характеристики и как она взаимодействует с концепцией “lean production”. Как «бережливое производство», так и четвертая промышленная революция имеют общей целью повышение эффективности производства, но для достижения этого они используют разные виды инструментов и методов. На основании проведённого исследования была составлена сводная таблица совместимости отдельных инструментов данной концепции с технологиями Индустрии 4.0. Автор подчеркивает значимость понимания методов обеих систем в достижении высоких результатов международной коммерческой деятельности, связанной с тем или иным видом производства, а также сочетание двух концепций для извлечения максимальной выгоды в условиях изменения общей конъюнктуры под воздействием четвертой промышленной революции. Исследование может быть полезным для топ-менеджеров, ученых, специалистов в области управления персоналом и производственными процессами, кризис-менеджеров и практиков, интересующихся развитием систем управления производственными процессами.*

**Ключевые слова:** бережливое производство, Индустрия 4.0, управление предприятием, повышение эффективности производства, инновации, автоматизация производственных процессов, создание ценности продукта, снижение издержек

## COMPATIBILITY OF INDUSTRY 4.0 WITH “LEAN MANUFACTURING” MANAGEMENT MODEL AND MODERNIZATION OF THE CONCEPT IN THE AGE OF DIGITIZATION

Kramarenko N.S.<sup>1</sup>,

e-mail: nata.kramarenko.02@mail.ru,

<sup>1</sup>Diplomatic Academy of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation, Moscow, Russia

*This article examines the compatibility of the lean manufacturing concept with Industry 4.0 technologies. The author analyzes the transition to the new fourth industrial revolution, what are its characteristics and how it interacts with the concept of “lean production”. Both Lean Manufacturing and the Fourth Industrial Revolution have the common goal of increasing production efficiency, but they use different types of tools and methods to achieve it. On the basis of the research, a summary table of the compatibility of individual tools of this concept with Industry 4.0 technologies was compiled. The author emphasizes the importance of understanding the methods of both systems in achieving high results in international commercial activities associated with a particular type of production, as well as the combination of two concepts to extract maximum benefits in the context of changing general conditions under the influence of the fourth industrial revolution. The study may be useful for top managers, scientists, specialists in the field of personnel management and production processes, crisis managers and practitioners interested in the development of production process management systems.*

**Keywords:** lean manufacturing, Industry 4.0, enterprise management, increase in production efficiency, innovation, automation of manufacturing processes, creation of product value, cost reduction

DOI 10.21777/2587-554X-2024-2-89-96

## Введение

Научно-технический прогресс не стоит на месте. Общество уже пережило три промышленные революции, начиная от изобретения парового двигателя Джеймсом Уаттом, затем появления электричества и создания конвейера Генри Фордом вплоть до изобретения компьютера. Эти этапы индустриализации перевернули не только человеческое сознание, но и промышленное производство стран и эффективность их экономик в целом. В настоящий момент в активной стадии своего развития находится четвертая промышленная революция или Индустрия 4.0. На фоне четвертого этапа индустриализации происходит изменение всего процесса промышленного производства. В этой связи технологии Индустрии 4.0 становятся все более актуальными для современных компаний, стремящихся к повышению своей эффективности и конкурентоспособности. Внедрение новейших технологий и инновационных подходов неизбежно меняет способы управления производством. Однако, существующая в настоящее время ключевая концепция управления, называемая «бережливым производством», активно применяемая компаниями во всем мире, остается одним из основных принципов в достижении успеха организацией. С расширением присутствия технологий Индустрии 4.0 на предприятиях возникает вопрос совместимости этих двух подходов к управлению. Все вышеперечисленное обосновывает актуальность проведения данного исследования.

Проблематика исследования заключается в том, что еще не до конца изведенные на практике технологии Индустрии 4.0 могут недостаточно эффективно применяться предприятиями и приводить в том числе к снижению производительности труда за счет отсутствия достаточной теоретической и практической базы касательно внедрения новейших технологий в существующую модель управления «бережливое производство». В связи с этим важно понимать работу отдельных инструментов *“lean manufacturing”* и возможности конкретных новых технологий, а именно то, как данные методы производства могут эффективно взаимодействовать между собой.

Целью данной работы является определение совместимости данных двух концепций и влияния внедрения современных технологий Индустрии 4.0 на процессы и результаты «бережливого производства» в организации и выявление преимуществ и недостатков интеграции инструментов Индустрии 4.0 в рамках концепции управления. В результате исследования также будут предложены способы совмещения отдельных инструментов двух концепций управления.

## 1. Концепция Индустрия 4.0 на современном этапе

Впервые опубликованная в 2011 году правительством Германии стратегия развития своей промышленности, основной идеей которой являлось совмещение промышленного производства с информационными технологиями, вызвала большой интерес и получила распространение во всем мире. Данная стратегическая инициатива, сформулированная на промышленной выставке в Ганновере, была названа Индустрией 4.0 и была включена Германией в План действий высокотехнологичной Стратегии 2020 [1]. Подобные стратегии были приняты и другими ведущими государствами. В наши дни Индустрия 4.0 – это одна из наиболее эффективных концепций для решения задач в сфере производства, которая подразумевает совершенно новую модель организации производства и дистрибуции продукции. Эта концепция характеризуется интеграцией сложных технических машин, аппаратов с сетевыми датчиками и программного обеспечения, используемых в прогнозировании, контроле и планировании, и повышением эффективности деятельности бизнеса. Индустрия 4.0 оптимизирует производство конкретного товара или услуги за счет преобразования обычных машин в способные самообучаться, тем самым автоматизируя производство и повышая общую производительность труда. Технологии Индустрии 4.0 позволяют компаниям достигать устойчивых целей, создавая отличную рабочую среду на предприятии, повышая моральный дух сотрудников, сокращая сроки производства и создавая персонализированные продукты высокого качества, способные удовлетворить потребности клиентов [2].

Концепция включает в себя такие ключевые элементы, как интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (AI), облачные вычисления, киберфизические системы и большие данные (Big Data), которые призваны повысить эффективность работы предприятий и экономики страны в целом.

Интернет вещей является основной технологией Индустрии 4.0, так как он позволяет проводить анализ всей цепочки поставок и производительности в режиме реального времени. Суть технологии заключается в сборе и передаче данных по беспроводной сети, не привлекая при этом человека.

Вторым важным инструментом стоит отметить «Большие данные». Этот инструмент представляет собой технологию обработки больших массивов данных. С помощью него мы можем сопоставлять значительное количество разнородных данных с целью выявления связей между различными явлениями и прогнозирования будущих.

Облачные вычисления определяются как предоставление услуг от поставщика конечному потребителю посредством использования сети Интернет. В качестве услуг могут выступать вычислительные ресурсы, хранилища или базы данных, искусственный интеллект. Эти услуги становятся доступными конечному потребителю быстро и дешево благодаря использованию автоматизированных процедур.

Следующей технологией Индустрии 4.0 является киберфизическая система. Суть киберфизических систем состоит в том, что они соединяют физические процессы производства, осуществляемые в реальном времени и требующие непрерывного управления, с электронными программами, которые контролируют происходящие процессы [3].

Одной из наиболее распространенных технологий Индустрии 4.0 является искусственный интеллект (ИИ), который представляет собой искусственно созданную человеком систему, которая способна самообучаться и принимать самостоятельно различные решения. Внедрение ИИ помогает повысить эффективность и производительность труда на предприятии за счет автоматизации процессов, которые раньше выполнялись людьми. ИИ также умеет интерпретировать большие объемы данных, что является сложной задачей для человека.

На сегодняшний день инструменты Индустрии 4.0 являются одними из наиболее эффективных способов совершенствования бизнес-процессов. Целью концепции является повышение уровня управления компании, делая ставку на конвергенцию между физическим и виртуальным миром. Однако, одной концепции Индустрии 4.0 недостаточно для успешного развития предприятия, если она не интегрируется с концепцией «бережливого производства». Успех системы Индустрия 4.0 тесно связан с успехом «бережливого производства», и рост эффективности бизнеса зависит от применения этих двух составляющих [4].

## **2. «Бережливое производство» на современном этапе и возможность его модернизации до «бережливого производства 4.0»**

«Бережливое производство» (*Lean production, Lean manufacturing*) – это модель управления предприятием, целью которой является повышение производительности за счет устранения всевозможных видов потерь. Она распространяется на все процессы производства в компании, затрагивая каждый аспект ее деятельности: проектирование, производство, сбыт продукции и т.д. «Бережливое производство» предполагает вовлечение каждого сотрудника в процессы оптимизации производства и максимальную ориентацию на потребности клиентов. Современная концепция «бережливого производства» сформировалась на основе принципов управления, внедренных в машиностроительной отрасли в Японии в конце 1940-х – начале 1950-х годов. Принято считать, что основоположником данной модели управления является Тайити Оно, инженер и менеджер компании Toyota, разработавший систему эффективного управления производством Toyota Production System (TPM), которую сегодня мы называем «бережливым производством» [5]. Концепция управления призвана устранить все семь выделенных видов потерь («муда») и тем самым получить большую прибыль за счет снижения затрат. Она определяет всё, что не создает ценности, как потери, которые включают в себя перепроизводство, ожидание работы, транспортировку, избыточную обработку, избыток запасов, ошибки на производстве (брак) и лишние движения. Для ликвидации данных потерь на производстве в рамках концепции применяется ряд эффективных методов.

Основу методов бережливого производства составляет система 5S (5C), без нее невозможно добиться эффективности выполнения производственных процессов. Эта система нацелена на рациональ-

ную организацию рабочего места персонала, что позволит увеличить скорость работы сотрудников. 5С включает в себя [6]:

- 1) сортировку;
- 2) соблюдение порядка;
- 3) содержание рабочего места в чистоте;
- 4) стандартизацию процедуры поддержания порядка;
- 5) стимулирование поддержания порядка.

Потери времени, которые неизбежно возникают в связи с неправильной организацией рабочего пространства сотрудников, приводят к низкой эффективности труда на предприятии. Избавление от ненужных операций с помощью этого метода дает возможность уделять большее внимание качеству продукта.

Следующим инструментом следует назвать систему всеобщего обслуживания оборудования (Total Productive Maintenance – TPM). Эта система работает совместно с системой 5С. Она подразумевает проверку и настройку оборудования перед каждым его включением для избежания дальнейших проблем в виде остановки производства из-за выявленных неполадок.

Как упоминалось ранее, организация производства на «бережливом» предприятии неразрывно связана с возможностью быстро перенастраивать оборудование для того, чтобы адаптировать производство под текущие запросы клиентов. Для этого используется такой метод, как SMED (быстрая переналадка). Инструмент позволяет намного быстрее проводить отладку оборудования, а именно буквально в течение 10 минут. Применяя метод быстрой переналадки, становится проще производить небольшие партии продукции, что позволяет эффективно подстраиваться под текущую конъюнктуру рынка и отвечать на спрос потребителей.

Следующим известным методом является JIT (Just-In-Time), «Точно вовремя», который помогает правильно организовать время цикла, которое проходит товар от сырья до готового продукта. Чем меньше время цикла, тем ниже издержки на хранение и транспортировку, а также ниже цена и время, за которое заказчик сможет получить свой товар. Система «Точно вовремя» применяется для «вытягивания» продукта, то есть для обеспечения производства товара только тогда, когда это необходимо потребителю. Это позволяет производить продукт с наименьшими затратами времени и избавляет от перепроизводства.

Инструмент «Канбан» служит своеобразным помощником в использовании метода «Точно вовремя». «Канбан» – это карточка, которая содержит информацию о количестве продукции, методе, последовательности или количестве перевозок, времени перевозки, месте доставки, месте хранения, средствах перевозки и т.д. При помощи этого метода происходит систематизация данных, которая сообщает о необходимости новой партии и о том, на какой стадии производства находится продукт в настоящий момент.

Инструмент Takt Time или «Время такта» используется для определения производительности, которая будет соответствовать имеющемуся потребительскому спросу на определенный продукт. Показатель характеризует периодичность приобретения продукта покупателем. Для его расчета применяется следующая формула:

$$\text{Время такта} = \text{Плановое время производства} / \text{Спрос потребителя.}$$

На сегодняшний момент все вышеперечисленные методы выстраивания более эффективного предприятия активно применяются компаниями по всему миру. Однако, с наступлением четвертой промышленной революции и под воздействием этого изменения процесса производства стоит вопрос о совместимости двух данных концепций управления. Многие исследователи называют интеграцию «бережливого производства» и Индустрии 4.0 «бережливым производством 4.0». «Бережливое производство» в данном случае берется за основу, а технологии Индустрии 4.0 интегрируются в существующую структуру предприятий, применяющих данную модель управления. Применение современных информационных технологий в «бережливом производстве» может способствовать улучшению производительности с помощью повышения эффективности производственных и логических процессов. Совместимость концепций и возможность перехода к «бережливому производству 4.0» определяется сходством путей развития и совершенствования производства Индустрии 4.0 и «бережливого произ-

водства», которые заключаются в упрощении производственных процессов, повышении производительности и гибкости, использовании технологий автоматизации, стремлении к постоянному совершенствованию и эффективном использовании ресурсов.

Одним из примеров успешной интеграции двух концепций является использование интеллектуальных вспомогательных систем в процессах сборки. Эти вспомогательные системы основаны на детальном отображении на мониторе этапов сборки, которые необходимо выполнить, при этом каждая выполненная задача должна быть подтверждена работником (таким образом подчеркивается ключевая роль человека в процессе производства, присущая «бережливому мышлению»). Применение таких технологий, использующих трансляцию производственных процессов на мониторы и специальные датчики для отслеживания и контроля действий работников, соответствует главным принципам «бережливого производства» и помогает более эффективно выстроить производственный процесс. На данном примере можно увидеть, что наблюдается прямая связь между концепцией и технологиями Индустрии 4.0, так как такие высокотехнологичные системы предназначены для обеспечения выполнения задач в соответствии с заранее установленными стандартами (соответствие системе SOP в «бережливом производстве») и вплоть до мельчайших деталей. Таким образом, технологии Индустрии 4.0 усиливают стандартизацию процесса в качестве основной концепции «бережливого производства». Исходя из этого, можно сделать вывод о высокой совместимости данных концепций, однако оценить эффективность интеграции новейших технологий в модель управления представляется на текущий момент сложной задачей, так как такой симбиоз используется пока небольшим количеством компаний и этого недостаточно для проведения полноценного анализа данного феномена. В этом ключе данная работа особенно полезна для бизнеса и будущих исследований, так как она объясняет сущность концепций и проводит связь между ними, что является основой для осуществления цифровизации производства на практике.

Вопрос о целесообразности интеграции технологий Индустрии 4.0 действительно является неоднозначным. Так, концепция «интеллектуального технического обслуживания», сформулированная Acatech (National Academy of Science and Engineering – Национальная академия науки и техники Германии), также подчеркивает потенциал централизованного мониторинга оборудования и решения проблем производства с помощью новых технологий и анализа данных в режиме реального времени. Однако, обоснованность внедрения организованного высокотехнологичного центра технического обслуживания является спорным моментом с точки зрения «бережливого производства». С одной стороны, такая рационализация технического обслуживания соответствует принципам «бережливого производства», так как систематический мониторинг процессов и их контроль – одни из основных идей, подхваченных японскими компаниями и получившие дальнейшее развитие в концепции TPM. С другой стороны, согласно концепции «бережливого производства» в процесс производства и его совершенствования должны быть вовлечены команды сотрудников. А масштабное внедрение технологий Индустрии 4.0 предполагает, что инвестиции в знания сотрудников должны стать излишними благодаря технологиям. Устранение возможностей для обучения персонала с помощью управления процессами на основе данных, мониторинга и оптимизации может привести к недостатку компетентности человека в решении проблем в случае неожиданных сбоях системы. Таким образом, чрезмерное применение инновационных технологий на производстве может сместить фокус с человека как центральной фигуры производственного процесса и тем самым нарушить одну из основ «бережливого» мышления и даже привести к проблемам на предприятии. В этом ключе концепции Индустрии 4.0 и «бережливого производства» не дополняют друг друга, а противоречат.

### **3. Примеры успешной интеграции инструментов «бережливого производства» и технологий Индустрии 4.0**

Несмотря на спорный характер успешной интеграции двух концепций, существует подавляющее большинство аргументов в пользу того, что технологии Индустрии 4.0 усиливают эффективность концепции «бережливого производства». Ниже представлены примеры интеграции этих двух систем на примере некоторых инструментов «*lean manufacturing*», а именно их видоизменение под воздействием технологических факторов, то есть и модернизация самой концепции «бережливого производства» (таблица 1).

Таблица 1 – Совместимость отдельных инструментов «бережливого производства» с технологиями Индустрии 4.0<sup>1</sup>

Инструмент «бережливого производства»	Технология Индустрии 4.0					
	Большие данные	Облачные вычисления	Виртуальные технологии	Автоматизация процессов	AUTO-ID	Интернет вещей
5S	+	+	+	+		+
TPM	+	+				+
Канбан	+	+	+		+	+
Just-in-Time	+	+			+	+
Heijunka	+	+				+
Takt Time	+	+		+		+

Автором была составлена таблица 1, которая демонстрирует совместимость инструментов «бережливого производства» с Индустрией 4.0 [7; 8]. Примером наиболее успешной интеграции данных концепций являются сочетания указанных в таблице 1 инструментов «бережливого производства» со следующими технологиями: большие данные, облачные вычисления и интернет вещей. Это объясняется тем, что перечисленные инструменты Индустрии 4.0 подразумевают подсчет и хранение на устройстве большого массива информации и автоматизированную обработку данных с помощью устанавливаемых датчиков на оборудовании, для чего человеку требуется большое количество времени и избежание ошибок при этом почти невозможно.

Поэтому применение таких инноваций ведет к минимизации затрат времени, рабочей силы и к повышению эффективности производства. Рассмотрим сочетание метода «Точно вовремя» с выбранными технологиями Индустрии 4.0. Так, с помощью нескольких инновационных технологий можно усовершенствовать данный инструмент. Автоматизация производственных процессов поможет автоматически перемещать объекты в пределах материального потока. Результатом будет минимизация человеческих ошибок и нерациональных операций, а также снижение времени ожидания потребителями. Технология Auto-ID, такая как RFID, может применяться для отслеживания материала в режиме реального времени и точной локализации объектов в цепочке создания ценности [9].

Это позволит повысить прозрачность производственных процессов и оперативно находить и устранять отклонения в цепочке создания продукта. Технология RFID также позволяет отслеживать уровень необходимых запасов на предприятии и способна автоматизированно осуществлять действия, нацеленные на их пополнение. Внедрение таких технологий повысит эффективность от применения инструмента «Точно вовремя», так как они повысят прозрачность процессов, сократят время выполнения заказов и количество брака, и тем самым обеспечат доставку продукта потребителю в точный срок и в нужном количестве. Еще одним примером эффективной интеграции является симбиоз метода «бережливого производства» «Канбан» и технологии «Интернет вещей». Внедрение данного инструмента в рамках концепции управления позволит автоматизировать сбор данных о текущих и планируемых заказах и уровне запасов, что позволит достичь более эффективной реакции на изменения в спросе.

### Заключение

«Бережливое производство» успешно бросило вызов практикам массового производства, в свою очередь ориентируясь на продукцию хорошего качества, нацеленную на удовлетворение потребностей клиентов, где все, что не добавляет ценности, считается потерями. Индустрия 4.0 может предоставить новые эффективные инструменты для повышения организации и результативности производства. И несмотря на то, что изначально разработка производственной системы Toyota была предпринята в противовес тому, что западные компании полагались на инновационные технологии и автоматизацию для получения конкурентных преимуществ, что в итоге приводило к ненужным затратам, настоящие

<sup>1</sup> Составлено автором.

исследования указывают на то, что при правильной интеграции новых технологий в методы «бережливого производства» данные концепции могут гармонично существовать друг с другом. Это также подтверждают приведенные примеры, которые указывают на то, что технологии Индустрии 4.0 способны усилить определённые элементы «бережливого производства».

Результаты исследования показывают, что наиболее совместимыми с технологиями Индустрии 4.0 оказались инструменты «Канбан» и 5S, которые не сочетаются только с одним инструментом. Для «Канбан» это технология Автоматизации процессов, а для системы 5S – AUTO-ID (может применяться для отслеживания материала в режиме реального времени и точной локализации объектов в цепочке создания ценности). Следующими достаточно совместимыми оказались инструменты Just-in-Time (помогает правильно организовать время цикла) и Takt Time (используется для определения производительности), которые не эффективно взаимодействуют только с двумя видами технологий Индустрии 4.0.

В результате работы были исследованы и оценены методологии «бережливого производства 4.0». Эта оценка является фундаментом для разработки концепций интеграции существующих технологий и элементов Индустрии 4.0 в индивидуальные процессы «бережливого производства». Однако, для практического внедрения Индустрии 4.0, а также соответствующей системы «бережливого производства 4.0» необходима последовательная разработка надлежащей методики.

### Список литературы

1. *Singh Hirendra & Singh Bhim*. Industry 4.0 technologies integration with lean production tools: a review // The TQM Journal. – 2024. – DOI 10.1108/TQM-02-2022-0065.
2. *Кисов Б.* Бережливое производство в рамках концепции индустрии 4.0 // Управление качеством. – 2020. – № 8.
3. *Naciri L., Mouhib Z., Gallab M., Nali M., Abbou R., Kebe A.* Lean and industry 4.0: A leading harmony // Procedia Computer Science. – 2022. – Vol. 200. – P. 394–406.
4. *Gallo T. & Cagnetti Ch. & Silvestri C. & Ruggieri A.* Industry 4.0 tools in lean production: A systematic literature review // Procedia Computer Science. – 2021. – Vol. 180. – P. 394–403. – DOI 10.1016/j.procs.2021.01.255.
5. Бережливое производство: Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании: пер. с англ. / Дж. Вумек, Д. Джонс. – Москва: Альпина Паблишер, 2023. – 472 с.
6. *Вэйдер М.* Инструменты бережливого производства: мини-руководство по внедрению методик бережливого производства / пер. А. Баранов, Э. Башкардин; под ред. С. Турко. – 9-е изд. – Москва: Альпина Паблишер, 2024. – 125 с.
7. *Moraes A., Carvalho A.M., Sampaio P.* Lean and Industry 4.0: A Review of the Relationship, Its Limitations, and the Path Ahead with Industry 5.0 // Machines. – 2023. – Vol. 11. – P. 443.
8. *Стеблюк И.Ю.* Совершенствование методов бережливого производства в индустрии 4.0 // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2018. – Т. 8, № 12А. – С. 357–364.
9. *Bhuvan Unhelkar, Sudhanshu Joshi, Manu Sharma, Shiv Prakash, Ashwin Krishna Mani, Mukesh Prasad.* Enhancing supply chain performance using RFID technology and decision support systems in the industry 4.0 – A systematic literature review // International Journal of Information Management Data Insights. – 2022. – Vol. 2, Issue 2. – P. 100084.

### References

1. *Singh Hirendra & Singh Bhim*. Industry 4.0 technologies integration with lean production tools: a review // The TQM Journal. – 2024. – DOI 10.1108/TQM-02-2022-0065.
2. *Kisov B.* Berezhlivoe proizvodstvo v ramkah koncepcii industrii 4.0 // Upravlenie kachestvom. – 2020. – № 8.
3. *Naciri L., Mouhib Z., Gallab M., Nali M., Abbou R., Kebe A.* Lean and industry 4.0: A leading harmony // Procedia Computer Science. – 2022. – Vol. 200. – P. 394–406.
4. *Gallo T. & Cagnetti Ch. & Silvestri C. & Ruggieri A.* Industry 4.0 tools in lean production: A systematic literature review // Procedia Computer Science. – 2021. – Vol. 180. – P. 394–403. – DOI 10.1016/j.procs.2021.01.255.

5. Berezhlivoe proizvodstvo: Kak izbavit'sya ot poter' i dobit'sya procvetaniya vasheĭ kompanii: per. s angl. / Dzh. Vumek, D. Dzhons. – Moskva: Al'pina Pablisher, 2023. – 472 s.
6. *Vejder M.* Instrumenty berezhlivogo proizvodstva: mini-rukovodstvo po vnedreniyu metodik berezhlivogo proizvodstva / per. A. Baranov, E. Bashkardin; pod red. S. Turko. – 9-e izd. – Moskva: Al'pina Pablisher, 2024. – 125 s.
7. *Moraes A., Carvalho A.M., Sampaio P.* Lean and Industry 4.0: A Review of the Relationship, Its Limitations, and the Path Ahead with Industry 5.0 // *Machines*. – 2023. – Vol. 11. – P. 443.
8. *Steblyuk I.Yu.* Sovershenstvovanie metodov berezhlivogo proizvodstva v industrii 4.0 // *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra*. – 2018. – T. 8, № 12A. – S. 357–364.
9. *Bhuvan Unhelkar, Sudhanshu Joshi, Manu Sharma, Shiv Prakash, Ashwin Krishna Mani, Mukesh Prasad.* Enhancing supply chain performance using RFID technology and decision support systems in the industry 4.0—A systematic literature review // *International Journal of Information Management Data Insights*. – 2022. – Vol. 2, Issue 2. – P. 100084.