Научная статья

https://doi.org/10.54220/v.rsue.1991-0533.2026.93.1.016
УДК 658.5:338.45:004.738.5

ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ В УСЛОВИЯХ ИНДУСТРИИ 5.0

***Калинина А. М.*[1]*, *Маевский А. Л.*[1], *Швецов С. И.*[1]**
[1] Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова, Новочеркасск, Россия
** antonina.kalinina@inbox.ru*

Аннотация. *Введение.* В статье рассматриваются современные подходы к внедрению принципов циркулярной экономики на промышленных предприятиях в условиях перехода к парадигме Индустрии 5.0. Актуальность исследования обусловлена необходимостью поиска эффективных управленческих и технологических решений, обеспечивающих повышение конкурентоспособности машиностроительных предприятий при одновременном снижении ресурсной нагрузки на окружающую среду. Обоснована значимость интеграции цифровых технологий, экологических стандартов и принципов замкнутого производственного цикла как ключевого направления трансформации промышленного производства. *Материалы и методы.* Теоретическую основу исследования составили научные публикации, нормативно-правовые акты и аналитические материалы, посвященные развитию циркулярной экономики, цифровизации промышленности и реализации концепции Индустрии 5.0. В работе использованы методы сравнительного и структурного анализа, обобщения статистических данных, а также анализа практического опыта внедрения технологий экономики замкнутого цикла на российских промышленных предприятиях различных отраслей. Применение данных методов позволило выявить особенности и ограничения внедрения циркулярных технологий в машиностроительном производстве. *Результаты исследования.* Проведен анализ существующих практик внедрения технологий циркулярной экономики на крупных промышленных предприятиях Российской Федерации и выявлены ключевые направления их развития, включая переработку производственных отходов, использование вторичных ресурсов, внедрение энергоэффективных технологий и цифровых решений управления производственными процессами. Разработана система развития циркулярной экономики применительно к машиностроительным предприятиям, предусматривающая комплекс мер нормативно-правового, инфраструктурного и организационного характера, направленных на стимулирование перехода от линейной модели производства к модели замкнутого цикла. *Обсуждение и заключение.* Результаты исследования показывают, что внедрение принципов циркулярной экономики способствует повышению ресурсной и энергетической эффективности производства, снижению углеродного следа и формированию дополнительных конкурентных преимуществ машиностроительных предприятий. Вместе с тем выявлены барьеры, связанные с недостаточной развитостью нормативно-правовой базы, ограниченной инфраструктурой переработки вторичных ресурсов и значительными первоначальными инвестиционными затратами. Сделан вывод о необходимости комплексного взаимодействия государства и промышленного сектора, направленного на формирование институциональных и технологических условий для масштабирования принципов циркулярной экономики в промышленности.

Ключевые слова: циркулярная экономика, Индустрия 5.0, реманufактура, машиностроительные предприятия, минимизация отходов, снижение углеродного следа.

Для цитирования: Калинина А. М., Маевский А. Л., Швецов С. И. Особенности внедрения циркулярной экономики на машиностроительных предприятиях в условиях Индустрии 5.0. *Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ).* 2026;1(33):192-203. DOI 10.54220/v.rsue.1991-0533.2026.93.1.016.

Research article

JEL O31 Q01 L60 L52 M21

FEATURES OF IMPLEMENTING THE CIRCULAR ECONOMY AT MACHINE-BUILDING ENTERPRISES IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 5.0

***Kalinina A.*[1]*, *Mayevsky A.*[1], *Shvetsov S.*[1]**
[1] *South-Russian State Polytechnic University (NPI), named after M. Platov*
Novocherkassk, Russia
** antonina.kalinina@inbox.ru*

Abstract. *Introduction.* The article examines contemporary approaches to the implementation of circular economy principles in industrial enterprises within the transition to the Industry 5.0 paradigm. The relevance of the study is determined by the need to identify effective managerial and technological solutions that ensure the competitiveness of machine-building enterprises while simultaneously reducing environmental pressure. The importance of integrating digital technologies, environmental standards, and closed-loop production principles as a key direction of industrial transformation is substantiated. *Materials and methods.* The theoretical basis of the research includes academic publications, regulatory documents, and analytical materials related to the development of the circular economy, industrial digitalization, and the implementation of Industry 5.0 concept. The study applies methods of comparative and structural analysis, generalization of statistical data, and examination of practical experience in implementing circular economy technologies at Russian industrial enterprises across different sectors. These methods made it possible to identify the specific features and limitations of implementing circular technologies in the machine-building industry. *Research results.* The study analyzes existing practices of circular economy implementation at large industrial enterprises in Russian Federation and identifies key directions for their development, including waste recycling, the use of secondary resources, the introduction of energy-efficient technologies, and digital solutions for production management. A system for the development of the circular economy adapted to machine-building enterprises is proposed, which includes a set of regulatory, infrastructural, and organizational measures aimed at stimulating the transition from a linear production model to a closed-loop model. *Discussion and conclusion.* The results demonstrate that the implementation of circular economy principles contributes to increased resource and energy efficiency, reduction of the carbon footprint, and the creation of additional competitive advantages for machine-building enterprises. At the same time, several barriers were identified, including the insufficient development of the regulatory framework, limited infrastructure for recycling secondary resources, and high initial investment costs. It is concluded that comprehensive cooperation between the state and the industrial sector is necessary to create institutional and technological conditions for scaling circular economy principles in industry.

Keywords: circular economy, Industry 5.0, remanufacturing, machine-building enterprises, waste minimization, carbon footprint reduction.

For citation: Kalinina A., Mayevsky A., Shvetsov S. Features of Implementing the Circular Economy at Machine-Building Enterprises in the Context of Industry 5.0. *Vestnik of Rostov State University of Economics (RINH).* 2026;1(33):192-203. DOI 10.54220/v.rsue.1991-0533.2026.93.1.016.

Введение

В настоящее время циркулярная экономика, или экономика замкнутого цикла, представляет собой инновационный путь развития для российской промышленности, поскольку это принципиально новая парадигма и метод управления производственным процессом. В то время как цифровизация производства захватила практически все российские предприятия независимо от специфики, шаги в применении принципов циркулярной экономики сделали пока не все отрасли отечественной промышленности, поскольку принципы безотходного производства представляют сложность в российских реалиях из-за используемых материалов, непригодных к повторной переработке на некоторых видах производства.

Пока цифровизация вызывает сложности из-за неравномерности распространения процесса, но шаги в этом направлении предпринимаются среди предприятий разной специфики, циркулярная экономика получила развитие лишь в нескольких видах промышленного производства, среди которых выделяются металлургическая, химическая и машиностроительная отрасли. А потому представляет особый интерес и перспективу для исследования положительный опыт уже используемых принципов экономики замкнутого цикла для распространения на другие виды промышленных производств в российских реалиях, тем более что переход к Индустрии 5.0 диктует необходимость развития принципов циркулярной экономики для эффективного экономического роста. В качестве инструмента активизации внедрения принципов экономики замкнутого цикла разработана система развития циркулярной экономики, адаптированная для машиностроительных предприятий.

Материалы и методы

Теоретическую основу исследования представляют нормативно-правовые акты по принципам безотходного производства, статистические данные российских рейтингов крупных промышленных предприятий с наиболее эффективными результатами внедрения цифровизации и элементов экономики замкнутого цикла, научные публикации, аналитические и отраслевые отчеты Правительства РФ, а также структурный и сравнительный анализ используемых технологий циркулярной экономики на промышленных предприятиях РФ с реализацией концепта Индустрии 5.0. Применение этих методов и подходов позволило рассмотреть процесс внедрения циркулярной экономики в производственный процесс машиностроительных предприятий с обоснованием преимуществ для эффективности функционирования предприятий и недостатков, препятствующих процессу внедрения.

Развитие подходов к управлению производством предприятий для повышения эффективности деятельности и обеспечения устойчивости представляет перспективу для исследований новых методик управления развивающимися технологиями. Реализация концепта Индустрии 5.0 подразумевает развитие производственной деятельности в рамках принципов высокотехнологичности, экологичности и безопасности труда с использованием цифровых и зеленых технологий, что обусловливает актуальность рассматриваемой темы для российской промышленности, поскольку необходимость производства качественной конкурентоспособной продукции несомненна.

Современный этап развития промышленности РФ характеризуется высоким темпом внедрения цифровых и роботизационных технологий, о чем свидетельствуют темпы роста плотности роботизации – 36 % в 2025 г. [10], что выше мировых показателей. Конечно, отечественная робототехника пока не относится к лидирующим позициям на мировой арене из-за отставания в предыдущие годы, однако высокие темпы роста говорят о положительной динамике и активном развитии промышленности.

Немаловажным элементом в цепочке реализации принципов парадигмы

Индустрия 5.0 является обеспечение циркулярной экономики – переход от линейной структуры к закольцованной композиции, позволяющей минимизировать вредоносное воздействие на окружающую среду и уменьшить потребление ресурсов, что при налаженном процессе переработки вторсырья для использования в производственном цикле повторно позволит снизить расходы на приобретение новых материалов [6].

Наиболее эффективно элементы экономики замкнутого цикла внедряются в металлургической отрасли РФ [2], в то время как машиностроительные предприятия находятся на начальных этапах использования вторсырья в производственном цикле. Поэтому для представления функционирования компонентов циркулярной экономики в машиностроении целесообразно рассмотреть их схематичное взаимодействие в процессе производства (рис. 1).



Рисунок 1 – **Компоненты построения циркулярной экономики в машиностроении РФ**

Figure 1 – **Components of building a circular economy in Russian Federation's machine building industry**

Анализируя схему рисунка 1, можно сделать вывод о принципиально новых подходах к производственному процессу, поскольку циркулярная экономика подразумевает использование восстановленных компонентов, а для этого машинные конструкции изначально должны отвечать принципам экологичности, разборности, безопасности и технологичности. Процесс функционирования отслеживается цифровыми решениями на базе ИИ, и после окончания жизненного цикла изделия компоненты могут быть подвергнуты ремануфактуре, что обеспечит максимизацию использования вторичных материалов для производства нового изделия и минимизацию потребления новых ресурсов.

Помимо использования экологичных материалов изменяются подходы к проектированию машинных конструкций, а также использованию готовой продукции в качестве «продукта, как услуги», то есть предоставления лизинга и регулярного обслуживания автомобилей, что облегчит процесс переработки в конце срока эксплуатации. Однако прежде чем изменять подходы к управлению производственным циклом изделия, необходимо обеспечить полноценную инфраструктуру для переработки компонентов,

что представляет сложность в условиях непроработанности нормативно-правовой базы. До сих пор в России нет единого законодательного акта для регулирования принципов внедрения циркулярной экономики, есть отдельные нормативно-правовые акты в сфере экологии с обращениями отходов производства (ФЗ № 89 «Об отходах производства и потребления»), охраны окружающей среды по минимизации вредных выбросов в атмосферу (ФЗ № 7 «Об охране окружающей среды») [12], а также нацпроект «Экология» [7] и стратегия развития «Стратегия экологической безопасности» [11].

Недостаточность проработанности нормативно-правовой базы ведет к отсутствию норм регулирования обращения с вторичными материалами для создания новых производственных изделий и отсутствию комплексной инфраструктуры, обеспечивающей эффективное функционирование промышленных предприятий в процессе использования вторсырья. Поэтому для перехода к экономике замкнутого цикла необходимо предпринять комплекс мероприятий на государственном уровне для создания единой нормативно-правовой базы в сфере реализации циркулярной экономики на промышленных предприятиях с разной отраслевой специализацией, подготовить соответствующую инфраструктуру для работы с материалами для вторичной переработки, установить единые стандарты и требования, а также обеспечить стимулирующие и мотивационные меры, которые активизируют переход предприятий к использованию технологий замкнутого цикла.

Результаты исследования

Для обеспечения внедрения указанных принципов была разработана система развития циркулярной экономики применительно к машиностроительным предприятиям РФ с учетом необходимости реализации комплекса перечисленных мероприятий (рис. 2). В системе развития циркулярной экономики основным регулятором экономических отношений выступает государство, поскольку регламентирует нормативно-правовые акты и стандарты обеспечения переработки отходов и их вторичного использования.

Государственные решения подкрепляются комплексом мер от Совета ТПП РФ по развитию экономики замкнутого цикла, который выступает связующим звеном для диалога всех остальных субъектов, в частности способствует организации встреч на площадках для диалога заинтересованных сторон: государственных представителей, инвесторов и промышленных предприятий, заинтересованных в реализации принципов экономики замкнутого цикла в производственном процессе. После обеспечения комплекса мер государственного характера, среди которых можно выделить инвестиционные предложения для активизации технологий циркулярной экономики, а также материальное стимулирование для предприятий, занимающихся использованием вторсырья, происходит реализация развития необходимых технологий, что подкрепляется созданием сети центров для переработки отходов компонентов машиностроения.

Нормативно-правовое регулирование и обеспеченная инфраструктура для переработки продукции машиностроения активизирует внедрение элементов циркулярной экономики на промышленных предприятиях, поскольку гарантирует подготовленные площадки для процесса переработки и повторного использования компонентов машиностроительного производства.

На основании разработанной системы можно сделать вывод о наращивании темпов внедрения принципов циркулярной экономики в машиностроение, поскольку разработанный комплекс мер стимулирующего характера и подготовка необходимой инфраструктуры послужат катализатором распространения технологий на промышленных предприятиях, для которых будут созданы все необходимые предпосылки для использования новых технологий, принципиально отличающихся от традиционной линейной модели производственного цикла.

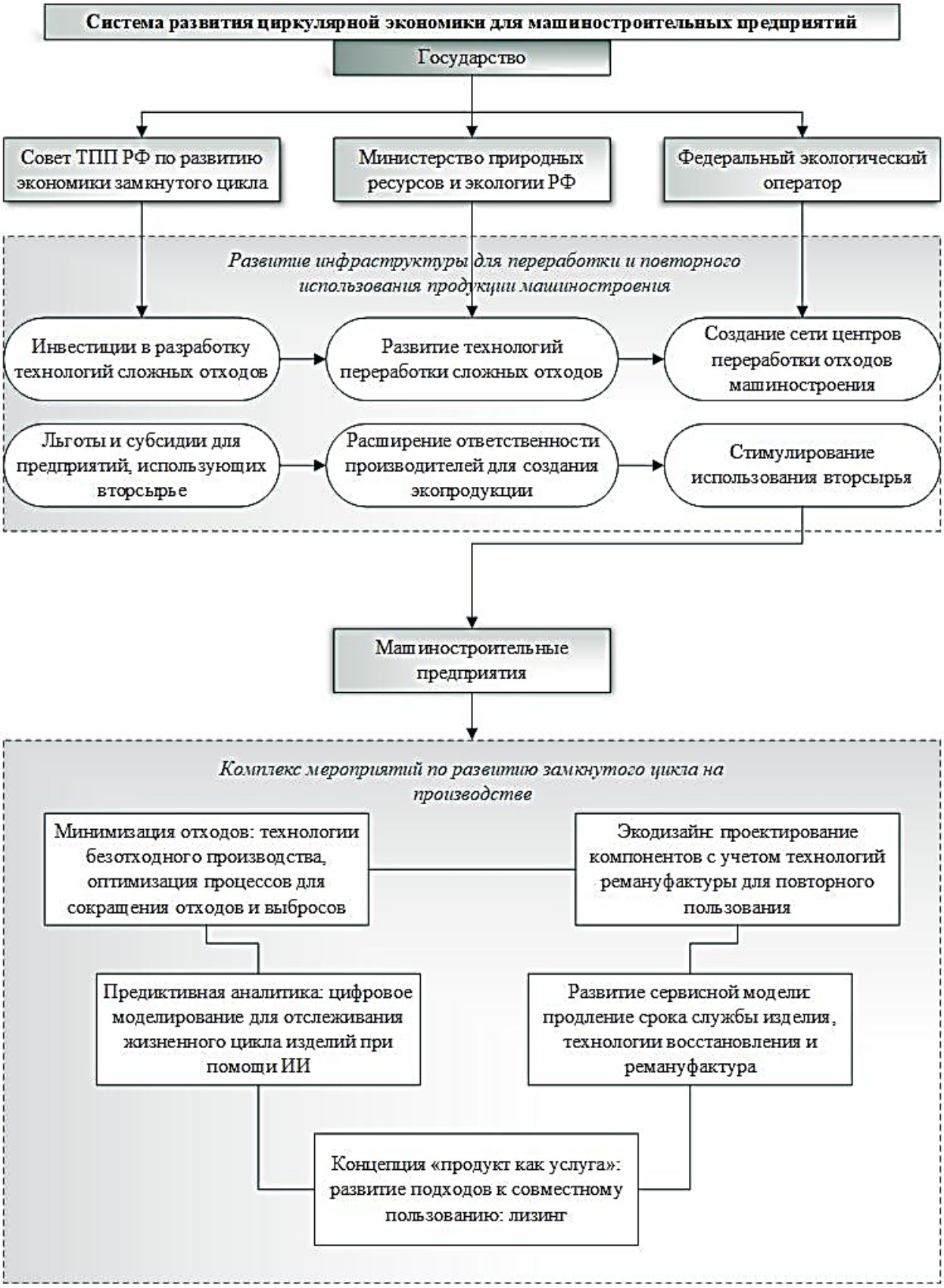


Рисунок 2 – **Система развития циркулярной экономики на машиностроительных предприятиях РФ в условиях Индустрии 5.0**
Figure 2 – **Circular economy development system at Russian machine-building enterprises in the context of Industry 5.0**

В настоящее время медленный темп внедрения связан именно с неготовностью машиностроительных предприятий к переходу из-за непроработанности условий для перехода на новую модель. Похожее явление в экономике отмечалось при внедрении цифровых технологий, пока не было подготовленной нормативно-правовой и материально-технической базы отечественного уровня для использования цифровых решений. Однако в последние несколько лет процесс цифровизации в России набирает обороты и приближается к уровню мировых держав, что обусловлено существенными шагами со стороны государства по разработке соответствующих нормативно-правовых актов, стимулированию IT-сферы, льгот для внедрения цифровых отечественных платформенных решений, а также материальных мер поддержки для предприятий – потребителей цифровых технологий.

Данный опыт свидетельствует о возможности активизации процессов циркулярной экономики при комплексном подходе к разработке законодательной и технической базы в поддержку распространения принципов замкнутого производственного цикла для всех промышленных предприятий в целом и для машиностроительных в частности.

Возможность реализации разработанной системы подтверждается готовностью российских промышленных предприятий к циркулярной экономике, о чем свидетельствует отечественный опыт используемых технологий.

Для анализа таблицы 1 использовались данные пяти крупных предприятий разной направленности для исследования индивидуального характера используемых технологий в зависимости от производственной специализации.

Рассмотрев используемые технологии экономики замкнутого цикла на российских промышленных предприятиях, можно сделать вывод о положительной динамике и интересе российских производителей к созданию высокотехнологичной и экологичной продукции, что позволит обеспечить конкурентоспособность на зарубежных рынках. Индустрия 5.0 предполагает реализацию принципов циркулярной экономики комплексно с цифровыми технологиями, зелеными технологиями и новых подходов к управлению человеческими ресурсами, в частности обеспечению безопасности [3].

Таблица 1 – **Отечественный опыт используемых технологий циркулярной экономики на крупных промышленных предприятиях разной специализации**
Table 1 – **Domestic experience of circular economy technologies used at large industrial enterprises of various specializations**

Предприятие	**Специализация**	**Используемые технологии экономики замкнутого цикла**	**Индустрия 5.0 в обеспечении принципов замкнутого цикла**
ПАО «СИБУР Холдинг» [1]	Производство нефтехимических продуктов	1. Развитие производства по вторичной переработке полимеров – запуск производства гранул упаковок, которые используются вторично. 2. Переработка пиролизных жидкостей для производства других химических веществ. 3. Производство биоразлагаемых полимеров для возврата в природный цикл. 4. Внедрение энергоэффективных технологий для сокращения выбросов парниковых газов	1. Запуск многофункционального Центра пилотирования технологий для ускорения разработки собственных катализаторов и полимеров с помощью ИИ и роботизированных технологий

Предприятие	Специализация	Используемые технологии экономики замкнутого цикла	Индустрия 5.0 в обеспечении принципов замкнутого цикла
ПАО «Северсталь» [8]	Производство стали и широкого ассортимента металлоконструкций	1. Переработка отходов глинозема в пеллеты, переработка шлака для нужд строительства и производства цемента. 2. Переработка отходов обогащения угля для производства теплоизоляционных материалов. 3. Комплексы по переработке химических компонентов (бензуол, доменный газ) в тепловую энергию для обогрева цехов – минимизация отходов и потребления топлива. 4. Водооборотный цикл для сокращения потребления воды и выбросов в окружающую среду	1. Проект «Цифровой комбинат» – цифровые двойники оборудования для моделирования и прогнозирования процессов. 2. ИИ для предиктивного обслуживания оборудования. 3. Создание с помощью роботизированных технологий легких металлоконструкций
МКПАО «ОК РУСАЛ» [4]	Производство алюминия	1. Производство алюминия из вторсырья (алюминиевый лом) для снижения углеродного следа. 2. Переработка отходов глинозема для производства стройматериалов. 3. Инвестиции в разработку безотходных алюминиевых технологий. 4. Полный цикл производства от бокситов до алюминия – оптимизация ресурсов	1. Производство экологичного алюминия – зеленые технологии. 2. Снижение выбросов для минимизации углеродного следа. 3. Умные заводы – роботизированные комплексы для работы с вторсырьем
АО «АвтоВАЗ» [5]	Производство автомобилей	1. Использование восстановленных компонентов для минимизации потребления новых материалов. 2. Внедрение технологий для создания экологичных автомобилей для реманufактуры. 3. Производство экологичных компонентов и утилизация федеральным экооператором	1. Инвестиции в роботизацию производства – использование промышленных роботов (более 100 шт.) в цехах сварки и сборки. 2. Работа над внедрением технологий автопилота к 2030 г. для перехода к высокотехнологичному производству
ПАО «Фосагро» [9]	Производство минеральных удобрений	1. Переработка отходов фосфогибса для производства стройматериалов. 2. Использование в качестве вторсырья горнодобывающих отходов для создания удобрений. 3. Производство инновационных удобрений экологичного характера	1. Цифровизация систем управления и мониторинга производственных процессов. 2. Собственные солнечные электростанции для минимизации углеродного следа

Анализируя используемые предприятиями технологии, отметим общую закономерность: все перечисленные предприятия занимаются переработкой отходов производственной деятельности, которые используются для производства материалов предприятий другой направленности, особенно для строительной отрасли.

Еще одной положительной тенденцией является стремление предприятий к минимизации вредоносного воздействия на окружающую среду – на всех исследуемых предприятиях используются технологии снижения выбросов в атмосферу, а именно технологии переработки выделяемых веществ и перенаправления для энергоэффективных нужд. Снижение углеродного следа является одним из основных принципов внедрения зеленых технологий и представляет собой важную повестку текущего уровня экономического развития зарубежных стран, что не раз обсуждалось на заседаниях ООН [13].

Проанализировав текущий уровень развития используемых технологий циркулярной экономики, а также нормативно-правовое и материально-техническое обеспечение в поддержку внедрения, целесообразно определить преимущества и недостатки внедрения циркулярной экономики.

К преимуществам внедрения циркулярной экономики на машиностроительных предприятиях РФ можно отнести следующие.

1. Оптимизация затрат вследствие снижения используемых материалов и потребляемых ресурсов, а также минимизации затрат на утилизацию отходов.

2. Выход на новые рынки в результате производства экологичных и высокотехнологичных продуктов, обеспечивающих конкурентоспособность на отечественных и зарубежных рынках.

3. Повышение энергоэффективности производства благодаря перенаправлению выделяемых веществ в энергетический цикл производства.

4. Упрощение производственного цикла вследствие обеспечения реманufактуры изделий.

5. Государственная поддержка в виде комплекса мер стимулирующего и материального характера.

6. Минимизация вредоносного воздействия на окружающую среду и уменьшение углеродного следа из-за снижения выбросов в атмосферу.

7. Инновационный путь развития производства и обеспечение технологического лидерства.

К недостаткам внедрения принципов циркулярной экономики можно отнести следующие.

1. Высокие первоначальные затраты на внедрение технологий.

2. Коренные преобразования используемой модели – переход от линейного цикла к замкнутому.

3. Технологические сложности, связанные с недостаточной подготовленностью инфраструктуры для переработки компонентов машиностроительного производства.

4. Отсутствие проработанной нормативно-правовой базы и государственных стандартов вторсырья в сфере циркулярной экономики.

5. Необходимость подготовки квалифицированных кадров для работы с новыми технологиями.

Внедрение циркулярной экономики представляет собой перспективное направление, которое позволит обеспечить машиностроительным предприятиям высокие конкурентные преимущества и технологическое лидерство, однако на пути к достижению в настоящее время стоят существенные барьеры разного характера, на преодоление которых должны быть направлены совместные усилия государства и промышленного сегмента.

Обсуждение

Наиболее активно технологии замкнутого цикла применяются на металлургических предприятиях, поскольку переработка образуемых веществ при производстве стали представляет широкую перспективу для переработки и использования в качестве вторсырья. С химическими и машиностроительными производствами процесс усложняется многосоставностью используемых компонентов, особенно остро встает вопрос о необходимости подготовки соответствующей инфраструктуры, заводы которой смогут перерабатывать сложные и разнообразные компоненты.

В целом же российские развивающиеся технологии экономики замкнутого цикла ничем не уступают зарубежным, а в комплексе с цифровыми решениями представляют перспективу для дальнейших исследований и внедрения с повышением эффективности производственной деятельности, минимизацией потребляемых ресурсов и снижением нагрузки на окружающую среду.

Заключение

Российская экономика стоит на пути важных технологических преобразований, что обусловлено активным развитием цифровых технологий и необходимостью обеспечения научно-технологического суверенитета на мировой арене. В настоящее время происходит переход от концепта Индустрии 4.0 к Индустрии 5.0, что ставит промышленные предприятия перед необходимостью развития используемых технологий и изменения подходов к управлению производственными процессами.

Циркулярная экономика представляет перспективу для внедрения на промышленных предприятиях в целом и машиностроительных предприятиях в частности благодаря большому количеству конкурентных преимуществ, которые обеспечиваются с учетом внедрения элементов комплексно с цифровыми решениями. Максимизация положительного эффекта включает в себя не только экономическую составляющую, но и социальную и экологическую, что свидетельствует о необходимости построения циркулярной экономики в российских реалиях.

Необходимость проработки нормативно-правовой и материально-технической базы функционирования экономики замкнутого цикла несомненна, а потому разработанная система развития принципов циркулярной экономики способствует иерархичности и комплексности в подходе к внедрению качественной инфраструктуры и активизации интереса со стороны промышленных предприятий, что указывает на эффективность инструментария и предполагает дальнейшие исследования в этой области.

Список литературы

1. Создание экономики замкнутого цикла с пластиком и без него: стратегический вызов для компании «СИБУР» / Ю. Н. Арай, А. С. Веселова, Д. М. Кнатько, А. В. Левченко // Вестник Санкт-Петербургского университета. Менеджмент. – 2022. – Т. 21, № 4. – С. 575-600.

2. Методология включения крупнотоннажных промышленных отходов в региональные программы по экономике замкнутого цикла / Ю. О. Белоногова, А. З. Ощепкова, Т. Н. Сомова // Проблемы региональной экологии. – 2024. – № 5. – С. 62-71.

3. *Емельянов, А. А.* Циркулярная экономика как развитие концепции устойчивого развития // Весенние дни науки ИнЭУ : сборник докладов Международной конференции студентов и молодых ученых, Екатеринбург, 22-26 апреля 2025 г. – Екатеринбург, 2025. – С. 886-889.

4. *Жданова, Н. Г., Садыкина, Р. А*. Практические аспекты технологий устойчивого развития промышленных предприятий / // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2025. – № 1 (51). – С. 130-138.

5. Информационные технологии в АвтоВАЗ [Электронный ресурс]. – URL: https://www.tadviser.ru/a/757739 (дата обращения: 20.03.2026).

6. *Мызников, И. А.* Инновационные стратегии промышленных предприятий в эпоху Индустрии 5.0 // Прогрессивная экономика. – 2025. – № 10. – С. 95-112.

7. Национальный проект «Экология» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.mnr.gov.ru/activity/np_ecology (дата обращения: 20.03.2026).

8. К вопросу трансформации системы стратегического планирования в горнометаллургической отрасли / А. Е. Неволин, А. Е. Череповицын, В. М. Соловьева // Экономика промышленности. – 2025. – Т. 18, № 2. – С. 199-212.

9. Основные тенденции развития компаний по производству минеральных удобрений в условиях реализации ESG-

повестки / Е. В. Перфильева, Н. Н. Яшалова, Е. В. Быковская // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В. И. Вернадского. – 2024. – № 4(94). – С. 88-102.

10. Плотность роботизации в России в 2025 г. увеличится на 36 % [Электронный ресурс]. – URL: https://www.kommersant.ru/doc/8270251 (дата обращения: 20.03.2026).

11. О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 г. : указ Президента Российской Федерации от 19.04.2017 № 176.

12. Об охране окружающей среды : Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ.

13. *Язмурадова, О., Гельдыев, А.* Зеленая индустрия: устойчивое производство и снижение углеродного следа // Образование и наука в XXI веке. – 2025. – Т. 2, № 67-5. – С. 327-335.

References

1. Creating a Circular Economy with and without Plastic: A Strategic Challenge for SIBUR / Yu. Arai, A. Veselova, D. Knatko, A. Levchenko // St Petersburg University Management Journal. – 2022. – Vol. 21, № 4. – P. 575-600.

2. Methodology for Including Large-Tonnage Industrial Waste in Regional Circular Economy Programs / Yu. Belonogova, A. Oshchepkova, T. Somova // Problems of Regional Ecology. – 2024. – № 5. – P. 62-71.

3. *Emelyanov, A.* Circular Economy as a Development of the Sustainable Development Concept // Spring Days of Science at Institute of Economics and Management : proceedings of International conference of students and young scientists, Yekaterinburg, April 22-26, 2025. – Yekaterinburg, 2025. – P. 886-889.

4. *Zhdanova, N., Sadykina, R.* Practical Aspects of Sustainable Development Technologies of Industrial Enterprises // Bulletin of Siberian State Industrial University. – 2025. – № 1 (51). – P. 130-138.

5. Information Technologies at AvtoVAZ [Electronic resource]. – URL: https://www.tadviser.ru/a/757739 (date of access: 20.03.2026).

6. *Myznikov, I.* Innovative Strategies of Industrial Enterprises in the Era of Industry 5.0 // Progressive Economy. – 2025. – № 10. – P. 95-112.

7. National Project «Ecology» [Electronic resource]. – URL: https://www.mnr.gov.ru/activity/np_ecology (date of access: 20.03.2026).

8. On the Transformation of Strategic Planning System in the Mining and Metallurgical Industry / A. Nevolin, A. Cherepovitsyn, V. Solovyova // Russian Journal of Industrial Economics. – 2025. – Vol. 18, № 2. – P. 199-212.

9. Main Trends in the Development of Mineral Fertilizer Companies under the ESG Agenda / E. Perfilieva, N. Yashalova, E. Bykovskaya // Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University. – 2024. – № 4 (94). – P. 88-102.

10. Robot Density in Russia Will Increase by 36 % in 2025 [Electronic resource]. – URL: https://www.kommersant.ru/doc/8270251 (date of access: 20.03.2026).

11. On the Environmental Security Strategy of Russian Federation for the Period until 2025 : Decree of President of Russian Federation № 176 from 19.04.2017.

12. On Environmental Protection : Federal Law № 7-FZ from 10.01.2002.

13. *Yazmuradova, O., Geldyev, A.* Green Industry: Sustainable Production and Reduction of Carbon Footprint // Education and Science in the 21st Century. – 2025. – Vol. 2, № 67-5. – P. 327-335.

Об авторах

Калинина Антонина Михайловна, *кандидат экономических наук, ассистент кафедры производственного и инновационного менеджмента, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова, Новочеркасск, Россия, antonina.kalinina@inbox.ru.*

Маевский Антон Леонидович, *аспирант кафедры производственного и инновационного менеджмента, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова, Новочеркасск, Россия.*

Швецов Станислав Игоревич, *аспирант кафедры производственного и инновационного менеджмента, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова, Новочеркасск, Россия.*

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 01.12.2025; одобрена после рецензирования 19.01.2026; принята к публикации 30.01.2026.

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

© 2026 Калинина А. М., Маевский А. Л., Швецов С. И.

About the Authors

Antonina Kalinina, *Cand. Sci. (Econ.), Assistant of the Department of Production and Innovation Management, South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M. Platov, Novocherkassk, Russia, antonina.kalinina@inbox.ru.*

Anton Mayevsky, *Postgraduate Student of the Department of Production and Innovation Management, South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M. Platov, Novocherkassk, Russia.*

Stanislav Shvetsov, *Postgraduate Student of the Department of Production and Innovation Management, South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M. Platov, Novocherkassk, Russia.*

Conflict of Interest: The authors declare no conflict of interest.

The article was submitted on 01.12.2025; approved after reviewing on 19.01.2026; accepted for publication on 30.01.2026.

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

© 2026 A. Kalinina, A. Mayevsky, S. Shvetsov