

УДК 33

М.Ж. Гарбузов

(УО «Брестский государственный технический университет»,
г. Брест, Беларусь)

Научный руководитель – Н.А. Вакулич

ВОЗМОЖНОСТИ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ В ОТРАСЛИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Циркулярная экономика представляет собой альтернативу линейной модели развития и нацелена на минимизацию отходов, повторное использование ресурсов и повышение устойчивости производства. В машиностроении, одной из самых ресурсоёмких отраслей, она может значительно снизить зависимость от сырья, повысить эффективность, внедрить модульное проектирование и цифровые инструменты. Несмотря на значительный потенциал, внедрение этой модели в Беларуси сталкивается с рядом барьеров: отсутствие стимулов, нормативной базы и необходимых компетенций. Международный опыт доказывает, что циркулярная экономика не только улучшает экологическую ситуацию, но и способствует росту конкурентоспособности. Для успешной реализации в Беларуси необходимы государственная поддержка, инвестиции, модернизация инфраструктуры и развитие образования.

Циркулярная экономика (или экономика замкнутого цикла) – это концепция, направленная на сокращение отходов, повторное использование ресурсов и устойчивое производство. Она представляет собой альтернативу традиционной линейной модели развития, при которой ресурсы извлекаются, используются и затем утилизируются без возможности их возврата в производственный цикл. В условиях глобального истощения природных ресурсов, увеличения объёмов отходов, роста стоимости сырья и обострения экологических угроз такая модель всё чаще подвергается критике и требует кардинального пересмотра.

В отличие от линейной системы, циркулярная экономика стремится к максимальному сохранению ценности продукции, компонентов и материалов как можно дольше. Это означает переход от массового потребления и утилизации к циклам повторного использования, ремонта,

переработки и восстановления. Такая модель способствует созданию более устойчивой экономики, в которой экономический рост возможен без увеличения потребления невозобновляемых ресурсов.

Особенно актуальна циркулярная модель для ресурсоёмких и технически сложных отраслей, таких как машиностроение. Именно в этой сфере наблюдается высокий уровень потребления металлов, пластмасс и энергоресурсов, а также значительный объём отходов на всех этапах производственного цикла – от добычи сырья до утилизации отслужившей техники. При этом машиностроение обладает высоким потенциалом для внедрения циркулярных решений: от модульного проектирования и вторичной переработки до новых бизнес-моделей и цифровых инструментов, обеспечивающих прозрачность цепочек поставок.

Внедрение принципов циркулярной экономики позволяет не только снизить негативное воздействие на окружающую среду, но и получить ощутимые экономические выгоды: сократить издержки, повысить энергоэффективность, создать новые рабочие места и повысить устойчивость бизнеса к внешним вызовам, включая геополитические и ресурсные кризисы.

В данной публикации будет рассмотрена суть циркулярной экономики, её применимость и перспективы в машиностроительной отрасли, существующие барьеры на пути её внедрения, а также возможные решения на примере зарубежной и белорусской практики. Анализ покажет, что циркулярная трансформация – это не только вызов, но и уникальная возможность для модернизации отрасли и достижения устойчивого промышленного роста в долгосрочной перспективе. Перейдем к основным принципам циркулярной экономики.

Циркулярная экономика основывается на принципах устойчивого потребления и замкнутого использования материалов, в противовес традиционной линейной модели, предполагающей однократное использование ресурсов. Её цель – продление жизненного цикла продукции, извлечение максимальной ценности из каждого ресурса и минимизация отходов на всех этапах жизненного цикла изделия. Основные принципы включают проектирование с учётом разборки, продление срока службы продукции, повторное использование, вторичную переработку, восстановление компонентов, биологическое разложение органических материалов и возвращение их в природный цикл.

Важным элементом циркулярной экономики является создание так называемых «замкнутых циклов» – когда материалы после использования не выбрасываются, а возвращаются обратно в производственный процесс. Это может включать не только переработку, но и ремонт, модернизацию и ремануфактуру. Также большое внимание уделяется оптимизации дизайна продукции – «экодизайну», который позволяет легче разбирать и утилизировать изделия. Всё чаще используются цифровые технологии, такие как блокчейн и цифровые паспорта продукции, для отслеживания жизненного цикла компонентов и обеспечения прозрачности цепочек поставок.

Такой подход позволяет не только снизить экологическую нагрузку, но и создать дополнительные экономические преимущества за счёт более эффективного использования ресурсов, сокращения затрат на сырьё, уменьшения объёмов отходов и повышения операционной эффективности. Применение циркулярных принципов помогает предприятиям снижать зависимость от нестабильных рынков сырья, повышать инновационность, устойчивость к внешним экономическим и экологическим рискам, а также формировать положительный имидж у потребителей, всё более ориентированных на «зелёное» потребление.

Циркулярная экономика – это не просто экологическая инициатива, а комплексный стратегический подход, меняющий принципы проектирования, производства, логистики и потребления. В условиях роста мирового населения, урбанизации и дефицита природных ресурсов она становится необходимым условием устойчивого экономического развития. Рассмотрим применение циркулярной экономики в машиностроении.

Машиностроение – одна из наиболее ресурсоёмких и капиталоемких отраслей промышленности. Производство автомобилей, сельскохозяйственной техники, станков и других видов оборудования требует значительных объёмов металлов (включая редкоземельные), пластмасс, электроники, энергии и воды. Это делает отрасль уязвимой к колебаниям цен на сырьё, геополитическим рискам и экологическим ограничениям. Циркулярная экономика предлагает в этом контексте действенные подходы, которые способны не только снизить воздействие на окружающую среду, но и повысить эффективность самого производства.

Одним из ключевых элементов применения циркулярной модели в машиностроении является модульное проектирование, предполагающее

создание продукции из взаимозаменяемых и легко ремонтируемых компонентов. Это не только облегчает техническое обслуживание и продлевает срок службы техники, но и упрощает процесс утилизации и переработки. Современные автомобили, промышленные машины и бытовая техника всё чаще проектируются с учётом последующего демонтажа – это позволяет максимально эффективно извлекать ценные материалы, такие как медь, литий, алюминий и сталь.

Широкое распространение получает также концепция «продукт как услуга» (Product-as-a-Service, PaaS), в рамках которой техника больше не продаётся напрямую, а сдаётся в аренду или предоставляется по подписке с последующим техническим обслуживанием, модернизацией и возвратом производителю. Такая модель стимулирует производителей создавать более надёжную и долговечную продукцию, так как они остаются ответственными за её работоспособность на протяжении всего жизненного цикла.

В машиностроении всё активнее внедряются технологии восстановления и ремануфактуры – процессы, при которых бывшие в употреблении детали проходят комплексную очистку, ремонт и повторное использование в новых изделиях. Это особенно актуально в производстве двигателей, трансмиссий, гидравлики и других дорогостоящих узлов.

Помимо проектирования и бизнес-моделей, в отрасли активно растёт доля переработанных и вторичных материалов, например, алюминия, стали и полимеров. Использование переработанного металла позволяет значительно снизить выбросы CO₂: к примеру, переработка алюминия требует в 20 раз меньше энергии, чем его первичное производство. Также появляются инновационные материалы, разработанные специально для многократного цикла использования, с высокой степенью разборки и повторного применения.

Важную роль играет и цифровизация – использование цифровых двойников, мониторинга в реальном времени, предиктивной аналитики и блокчейн-систем для отслеживания состояния техники, сроков эксплуатации компонентов и управления цепочками поставок. Это создаёт прочную основу для эффективной реализации циркулярных стратегий на практике.

Таким образом, внедрение принципов циркулярной экономики в машиностроении – это не просто экологическая инициатива, а стратегически важное направление модернизации отрасли, позволяющее

повысить экономическую устойчивость, сократить зависимость от сырья и снизить углеродный след.

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение циркулярной экономики в машиностроении сопряжено с рядом трудностей. Во-первых, отсутствует достаточная законодательная база и стимулирующие меры со стороны государства, особенно в странах с переходной экономикой. Во-вторых, многие предприятия не обладают технологической готовностью и инвестиционными ресурсами для перехода к замкнутым производственным циклам. Также существует устойчивая культура «одноразового» проектирования, ориентированного на быстрое производство и потребление. Немаловажную роль играет недостаточная информированность и подготовка специалистов, особенно в области экодизайна и устойчивого проектирования. Также сложно организовать эффективную систему возврата использованной продукции и переработки компонентов, особенно в условиях сложной логистики.

В странах Европейского союза циркулярная экономика стала стратегическим направлением развития промышленности [1]. Программы, такие как European Green Deal и Circular Economy Action Plan, активно стимулируют переход к устойчивым бизнес-моделям. Компании, такие как Volvo, Renault и Siemens, внедряют практики переработки, повторного использования компонентов и ремануфактуры. Например, Volvo возвращает старые автомобильные детали на заводы для восстановления и повторного выпуска. В Японии циркулярная модель реализуется через тесное сотрудничество промышленности и государства, включая обязательства по переработке, налоговые льготы и участие малого бизнеса. Южная Корея активно внедряет циркулярные технологии в рамках государственной инициативы «Зелёный рост», продвигая инновации в машиностроении и транспортной отрасли.

В Беларуси циркулярная экономика в машиностроении пока находится на начальном этапе [2]. Некоторые предприятия внедряют отдельные элементы устойчивого производства: вторичное использование стружки и лома, энергоэффективное оборудование, системы рекуперации тепла. На крупных заводах (например, МАЗ, МТЗ) существует практика возврата и восстановления отдельных компонентов. Однако отсутствует системная стратегия перехода к циркулярной модели на государственном уровне. Экономические стимулы слабо развиты, а законодательство не поддерживает использование переработанных материалов в серийном

производстве. Также ощущается нехватка кадров с компетенциями в области ресурсосбережения и цифровых технологий, необходимых для отслеживания жизненного цикла продукции. Инфраструктура переработки ограничена, а цепочки возврата отходов и деталей зачастую отсутствуют. Развитие циркулярной модели требует координации между государством, бизнесом и образовательной системой. Далее рассмотрим рекомендации и пути решения.

Для продвижения циркулярной экономики в машиностроении Беларуси необходим комплекс мер. Во-первых, важно разработать нормативную базу, предусматривающую налоговые льготы и государственную поддержку для предприятий, внедряющих замкнутые циклы производства. Во-вторых, необходимо стимулировать инвестиции в НИОКР и технологические инновации, включая цифровые двойники и системы управления жизненным циклом. В-третьих, важно развивать профессиональное образование и подготовку инженерных кадров с навыками устойчивого проектирования. Также необходима модернизация инфраструктуры переработки и развитие логистики возвратных потоков. Взаимодействие с международными партнёрами и участие в трансграничных проектах по циркулярной экономике могут ускорить внедрение современных решений и адаптацию передового опыта.

Подведем итоги всего выше сказанного. Циркулярная экономика – это не только инструмент экологической устойчивости, но и мощный драйвер повышения конкурентоспособности машиностроительных предприятий. В условиях ограниченности природных ресурсов и роста издержек, связанные с их добычей и переработкой, именно переход к замкнутым производственным циклам становится одним из ключевых условий для выживания и развития в долгосрочной перспективе. Циркулярные подходы позволяют существенно сократить объёмы отходов, минимизировать выбросы парниковых газов, оптимизировать использование сырья и энергии, а также создавать инновационные бизнес-модели, ориентированные на сервис, лизинг и длительную эксплуатацию продукции.

Особенно важным этот переход становится на фоне глобальных вызовов: климатических изменений, дефицита критически важных материалов, ужесточения экологических норм, а также трансформации потребительских ожиданий. Сегодня клиенты всё чаще выбирают продукцию с учётом её экологического следа, ремонтпригодности и

устойчивости. В этих условиях циркулярная экономика становится не просто желательной, а необходимой составляющей стратегического планирования предприятий, включая машиностроительные компании.

Для Беларуси циркулярная модель открывает широкие возможности. Она может способствовать глубокой модернизации промышленного сектора, снижению зависимости от импорта, созданию высокотехнологичных рабочих мест и повышению технологического суверенитета. В условиях санкционного давления и ограниченного доступа к традиционным внешним рынкам, устойчивое использование ресурсов и замкнутые цепочки становятся элементами экономической безопасности.

Тем не менее, успешная реализация циркулярных принципов требует системного подхода и тесного взаимодействия между государственными органами, бизнесом, научными учреждениями и образовательной системой. Необходимо развивать нормативную базу, стимулировать инвестиции в экологичные технологии, внедрять новые стандарты проектирования и поддерживать научно-технические исследования в области ресурсосбережения и переработки. Важно также формировать культуру устойчивого потребления и подготовки специалистов, способных реализовывать циркулярные решения на практике.

Таким образом, циркулярная экономика в машиностроении – это не просто теоретическая концепция, а реальный путь к более устойчивому, инновационному и эффективному производству. От уровня готовности к трансформации сегодня зависит, сможет ли отрасль адаптироваться к вызовам завтрашнего дня и обеспечить своё устойчивое развитие на горизонте десятилетий.

Список использованных источников:

1. Economics [Электронный ресурс] / Bloomberg Finance L.P. – Режим доступа: <https://www.bloomberg.com/economics>. – Дата доступа: 25.04.2025.
2. Чирук, Е.В. Место транспортной логистики в экономике беларуси и ее потенциал / Е.В. Чирук, Н.А. Вакулич // Проблемы и перспективы развития научно-технологического пространства. – 2020. – С. 361 – 364.

The circular economy is an alternative to the traditional linear model, aiming to minimize waste, reuse resources, and enhance sustainable production. In the resource-intensive engineering industry, it offers significant benefits such

as reducing raw material dependency, improving efficiency, and integrating modular design and digital tools. However, in Belarus, implementation faces challenges including lack of incentives, regulatory support, and skilled professionals. Global best practices show that the circular model not only reduces environmental impact but also boosts industrial competitiveness. To successfully implement this approach in Belarus, coordinated state support, investment in innovation, infrastructure modernization, and specialized education are essential.

Сведения об авторе:

Гарбузов Максим Жанович, УО «Брестский государственный технический университет», экономический факультет, специальность «Логистика», 2 курс.

Сведения о научном руководителе:

Вакулич Наталья Александровна, УО «Брестский государственный технический университет», старший преподаватель кафедры экономической теории и логистики, магистр экономических наук.