

*Корженевская Е.И.,
кандидат экономических наук, доцент
доцент кафедры «Экономика»
«Технологический университет имени дважды Героя Советского Союза,
лётчика-космонавта А. А. Леонова» — филиал Федерального
государственного бюджетного образовательного учреждения высшего
образования «Московский государственный университет геодезии и
картографии»
Россия, г. Королёв
Балашов Т.А.,
студент,
3 курс, факультет «Бизнес-информатика»
«Технологический университет имени дважды Героя Советского Союза,
лётчика-космонавта А. А. Леонова» — филиал Федерального
государственного бюджетного образовательного учреждения высшего
образования «Московский государственный университет геодезии и
картографии»
Россия, г. Королёв*

СТРАТЕГИИ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В БИЗНЕСЕ

Аннотация: Сегодня экономия ресурсов - это уже не просто сокращение издержек, а полная трансформация бизнеса. Мы объединили цифровой двойник и циркулярную экономику для создания комплексной стратегии. Это дает шанс больше чем просто извлекать выгоду, плюс к этому создавать новые продукты из переработанных материалов, что превращает заботу об экологии в наше преимущество перед конкурентами.

Наш анализ – это практическое руководство для руководителей, которые очень хотят у себя инновации и развитие.

Ключевые слова: *Стратегия ресурсосбережения, циркулярная экономика, цифровой двойник, устойчивое развитие, бизнес-модель, операционная эффективность, конкурентное преимущество, ESG.*

Annotation: *Today, saving resources is no longer just a cost reduction, but a complete transformation of the business. We have combined the digital twin and the circular economy to create a comprehensive strategy. This gives us a chance to do more than just benefit, plus create new products from recycled materials, which turns concern for the environment into our advantage over competitors. Our analysis is a practical guide for managers who really want to innovate and develop.*

Key words: *Resource conservation strategy, circular economy, digital twin, sustainable development, business model, operational efficiency, competitive advantage, ESG.*

Энергосервисные контракты, бережливое производство и экологизация - это разные, но взаимосвязанные инструменты ресурсосбережения. Цель этих инструментов в том, чтобы тратить меньше ресурсов, снижать вред для окружающей среды и сокращать все потери. Энергосервисный контракт - это формат, при котором энергосервисная компания за свой счёт внедряет меры по снижению энергопотребления, а заказчик рассчитывается за счёт реально полученной экономии. Клиент не рискует своими деньгами, не управляет проектом и получает обновлённую инфраструктуру - например, современное освещение, энергоэффективные насосы или автоматическое регулирование тепла. Все финансовые риски и гарантии экономии берёт на себя подрядчик [1].

Бережливое производство - это подход к управлению, при котором компания убирает всё лишнее, что не создаёт ценности для клиента.

Анализируются процессы, устраняются простои, избыточные запасы, брак и ненужные операции. Работа выстраивается под реальный спрос, а постоянные небольшие улучшения становятся частью корпоративной культуры [2].

Повышение экологичности процессов направлена на более рациональное использование природных ресурсов и снижение загрязнения. Можно туда внедрить малоотходные технологии, переработку отходов, систему очистки выбросов и стоков и замкнутые производственные циклы [3, с. 266-272].

Энергосервисные контракты часто оказываются непростыми в реализации: сложно заранее договориться, как именно считать полученную экономию и отделить её от влияния внешних факторов. Дополнительные трудности создают долгие сроки контрактов, особенно в бюджетной сфере, а также проблемы с поиском доступного финансирования. Всё осложняет полная взаимосвязь всех рисков - от сбоя в технологии до пустого кошелька. При этом рынок просто не готов к таким проектам: ни страховок, ни финансовых схем для них по сути нет [4].

Lean-производство не всегда легко приживается в крупных компаниях. Мешает изменениям тут иерархия, а также и слабая вовлечённость сотрудников. При неправильной организации возрастает риск перегрузки персонала и выгорания. Внедрение бережливых подходов требует много денег. Это вложение в обновление цифровых инструментов, обучение и в перестройку процессов [5].

Экологизация процессов сталкивается с сопротивлением как и другие подходы в стратегии ресурсосбережения. Главный страх руководителей перед такими проектами прост: они боятся роста издержек и отложенной прибыли. К тому же многие компании по-прежнему ориентируются на быстрый результат и не готовы выстраивать долгосрочную стратегию устойчивого развития [6].

Хотя компании уже используют отдельные инструменты ресурсосбережения - энергосервис, бережливое производство, экологические инициативы, - в управленческой практике до сих пор нет целостного подхода. Существующие решения либо дают быструю экономию, либо работают на долгосрочную устойчивость, но редко совмещают оба эффекта одновременно.

Мы имеем дело с тремя разрозненными мирами. Первый мир - операционная экономия (энергосервис), которая даёт быстрый финансовый эффект, но не меняет парадигму. Второй - процессное совершенство (Lean), которое слепо к экологическим КРІ. Третий - экологические проекты, которые существуют в отрыве от коммерческой логики. Пока эти миры не пересекутся, системного перехода не произойдёт.

Положение усугубляет ещё одна проблема - нет общей системы измерений. Как тогда понять, какой совокупный эффект дают все эти подходы вместе? Где проходит грань между сегодняшними деньгами и инвестициями в будущую цикличность? Более того, инструменты часто конфликтуют между собой: они не усиливают, а мешают друг другу, и их редко используют в связке, как единую стратегию.

Решения внедряются кусками. Люди делают одно и то же, цели мешают друг другу, и упускается возможность работать вместе для улучшения работы и развития бизнеса.

Нет чёткого способа, как объединить энергосервис, бережливое производство и экологизацию в одну рабочую схему. Нам нужна модель, которая быстро принесёт выгоду и при этом обеспечит бизнесу устойчивый рост в будущем, учитывая особенности каждой отрасли.

Цифровой двойник по сути как живая копия вашего объекта или производства в компьютере. Она постоянно меняется, потому что подключена к датчикам, которые передают ей свежую информацию. С ней вы не просто видите, что происходит, но и понимаете, почему, можете

заранее узнать, что случится дальше, и сделать всё лучше на каждом шагу [7].

Эти модели работают вместе с Интернетом вещей, искусственным интеллектом и аналитикой. Они собирают данные с оборудования (температура, вибрация и нагрузки) чтобы найти закономерности. Благодаря этому можно заблаговременно определить возможных неполадках, спрогнозировать, длительность эксплуатации узлов, и в нужный момент выполнять профилактические работы [8].

Цифровые двойники также используются для симуляции. К примеру, можно менять настройки, экспериментировать с инновационными методами производства или ещё - тестировать персонал, если вдруг случится авария. И данные действия без риска для реального производства [9].

Представленная технология помогает лучше использовать оборудование, сократить время простоя, экономить энергию и наладить поставки. Опираясь на цифровые двойники организации получают возможность не просто решать проблемы по мере их поступления, а управлять бизнесом, опираясь на прогнозы и единую систему [10].

Циклическая бизнес-модель - это про отказ от схемы «произвели - использовали - выбросили». Вместо этого компании стараются как можно дольше держать вещи и материалы в обороте: ремонтируют их, перерабатывают, сдают в аренду или используют повторно. Продукты сразу проектируют так, чтобы их можно было разобрать, обновить или переработать, а не отправить на свалку. Продукты сразу проектируют с целью разобрать, обновить или переработать, но не выкидывать.

На деле это достигается за счёт грамотного проектирования, сотрудничества с поставщиками, цифровых инструментов для контроля материалов и обучения персонала и клиентов. Большие компании уже взяли это на вооружение: Cisco делает технику с возможностью замены деталей,

Siemens продлевает срок службы поездов за счет ремонта и обслуживания, а IKEA принимает мебель обратно, чтобы ее перепродать или переработать.

Переход к циклической модели не так уж и просто сделать. Для этого потребуются немалые вложения на старте, новые навыки, поддержка от бизнеса и государства. Плюс, поставщикам и клиентам нужно будет пересмотреть свои привычки [11, с. 2114-2117].

Цифровые двойники и циркулярная экономика отлично работают вместе. Первое дают четкое понимание, как работает оборудование и сколько ресурсов тратится. Второе показывает, как улучшить эти показатели с помощью цифровой модели. Получается, что данные помогают улучшить процессы, а цели устойчивого развития направляют анализ [12].

Цифровые двойники позволяют беречь ресурсы благодаря регулярному отслеживанию: появляется возможность узнать, сколько реально тратится энергии и материалов, как изношено оборудование и что можно использовать еще раз. Указанное действие снижает издержки и продлевает срок его службы, что важно для экономики замкнутого цикла. Такой способ помогает построить преимущественные схемы возврата, переработки и вторичного использования материалов.

Циркулярные KPI помогают задать цифровому двойнику понятные цели. Например, можно стремиться к снижению потребления ресурсов или увеличению использования вторсырья, а также уменьшению отходов и выбросов [13]. Цифровой двойник рекомендует наиболее выгодные пути производства, рассчитывает их влияние на качество товара и экологию. Двойник способствует установлению гармонии между доходностью и экологической безопасностью.

Принцип работы заключается в следующем: в производственном цехе виртуальная модель наблюдает за оборудованием и ресурсами. Компания ставит задачи — меньше мусора, больше переработки, меньше энергии.

Модель анализирует возможности, например это может быть замена материалов, настройки и возврат продукции. И тогда все задачи выполнятся.

Цифровой двойник помогает внедрять экономику замкнутого цикла, а принципы этой экономики, в свою очередь, определяют, как настраивать этот двойник. Эта связка позволяет сделать производство не просто более продуктивным, но и более экологичным и стабильным.

Процесс внедрения можно представить в виде шести последовательных шагов. Они логично связаны между собой и не требуют лишней теории.

Шаг 1. Анализ потерь ресурсов

Сначала определяется, куда уходят материалы и энергия, где образуются отходы и какие элементы оборудования быстрее всего изнашиваются. Для наглядности формируется карта потоков, показывающая потенциал повторного использования ресурсов [11].

Цель этапа - выявить ключевые проблемные зоны и определить направления, где циркулярные решения и цифровизация дадут наибольший эффект.

Шаг 2. Создание цифрового двойника

Оборудование оснащается датчиками, данные о его работе собираются и интегрируются с ERP/MES-системами. На этой основе формируется цифровая модель производственной линии с мониторингом основных параметров.

В итоге, мы получаем цифровую модель-двойник. С ней в любой момент видно, как работает оборудование, и можно заранее предугадать возможные проблемы [8].

Шаг 3. Учет циркулярных сценариев

В модель добавляются потоки вторичных материалов, сценарии ремонта и переработки, а также расчёт углеродного следа и водопотребления. Проводятся симуляции различных вариантов использования ресурсов [9].

Благодаря этому можно будет заранее понять, как решения по экономике замкнутого цикла повлияют на расходы и результаты работы.

Шаг 4. Проектирование новых процессов

Продукция и процессы адаптируются под разборку, возврат и повторное использование компонентов. Рассматриваются сервисные модели и формируются KPI, отражающие долю вторичных материалов и эффективность возврата.

Итогом становятся регламенты и понятные инструкции для производства и логистики.

Шаг 5. Развертывание тестового проекта.

Усовершенствованные процессы вначале апробируем в малом масштабе или продукте, где есть цифровая модель. Отслеживаем за значимыми данными и если возможно, то можно и подправить.

Результат - подтверждённая на практике эффективность решений и готовность к масштабированию.

Шаг 6. Масштабирование.

Успешные практики распространяются на всё производство, цифровой двойник интегрируется в корпоративные системы, сотрудники проходят обучение. В процесс вовлекаются поставщики и клиенты.

В конечном счёте, складывается продуманный подход: данные помогают принимать решения, а повторное использование ресурсов сокращает расходы и бережёт природу.

Цифровой двойник обеспечивает точность управления, циркулярная экономика - стратегическую направленность. В итоге, это делает производство лучше и стабильнее.

Чтобы понять, помогает ли связка цифровой двойника и циркулярной экономики на самом деле, нужны измеримые результаты. При отсутствии числовых показателей невозможно понять что может работать. Поэтому разделим все показатели на три понятные группы.

1. Финансы и операционная отдача

Это базовый уровень - то, что напрямую отражается на деньгах здесь и сейчас.

Экономия на материалах.

Оцениваем, насколько удалось сократить закупку первичного сырья за счёт переработанных материалов и более точной настройки процессов.

Снижение текущих затрат.

Сократили расходы за счет снижения потребления энергии, уменьшения простоев и поломок оборудования, а также оптимизации логистики.

Эффективность оборудования.

Отслеживаем загрузку и фактическую отдачу техники. Цифровой двойник помогает заранее видеть риски простоев и выжимать из мощностей больше.

2. Показатели циркулярности

Эти КРІ показывают, насколько производство действительно становится «замкнутым».

Доля вторичных материалов.

Какая доля вторсырья используется в производстве? Чем она больше, тем меньше нужно добывать первичные ресурсы.

Модель «продукт как сервис».

Сколько дохода приносит аренда или подписка по сравнению с прямыми продажами. Такая модель мотивирует делать продукты долговечными и ремонтируемыми.

Полная стоимость жизненного цикла.

Считаем все затраты за время жизни продукта: от покупки до утилизации. Задача - снизить общую сумму за счёт повторного использования и переработки.

Степень замкнутости цикла.

Сколько материала используется повторно, вместо того, чтобы выбрасывать.

Углеродный след.

Сколько диоксида углерода приходится на единицу продукции. Показатель критичен для ESG-отчётности и управления экологическими рисками.

3. Синергия: когда вместе получается больше, чем по отдельности.

Здесь показано, как цифровой двойник помогает наладить безотходное производство.

Точность прогнозов износа.

Насколько предсказания цифрового двойника совпадают с реальными поломками. Хороший ориентир - отклонение не выше 5 %.

Скорость возврата материалов.

Сколько времени нужно, чтобы переработать возвращенный товар? Мы можем ускорить этот процесс с помощью цифрового двойника.

Использование аналитики ЦД.

Какой процент управленческих решений в компании принимается с использованием данных цифрового двойника? Чем выше этот процент, тем более развита система управления.

Теперь разработаем план по внедрению KPI. Вот он:

1. Выберите главное.

Для каждого бизнеса есть ключевые показатели. Для производственного предприятия здесь подразумевается стоимость жизненного цикла и переработка, а в случае сервиса – регулярные платежи и повторные покупки.

2. Наладьте данные.

Датчики, ERP и MES, экологические базы вроде Ecoinvent - без этого цифры не будут надёжными.

3. Задайте цели на перспективу.

Например: ежегодно увеличивать долю вторсырья на 5 %.

4. Сделайте результаты наглядными.

Для этого является удачным решением информационные панели с цветовой индикацией.

Зачем всё это нужно:

Руководству - чтобы видеть конкретную экономику, а не общие слова про «устойчивость».

Команде - чтобы понимать, на какие показатели они реально влияют.

Внешнему рынку - чтобы ESG-заявления подтверждались цифрами, а не презентациями.

Уделите внимание на ключевых показателях, критически важных в отношении ваших целей. Грамотно отобранные KPI превращают цифровую циркулярность в конкретный результат.

Связка цифрового двойника и циркулярной экономики даёт бизнесу двойной эффект: снижает затраты и уменьшает нагрузку на природу.

С экономической точки зрения компании становятся менее зависимыми от колебаний цен на сырьё благодаря использованию вторичных материалов. Оптимизация процессов помогает экономить энергию, заранее предотвращать поломки оборудования и сокращать логистические расходы. В результате себестоимость продукции может снижаться на 10–20 %. Дополнительно появляются новые источники дохода - сервисные модели, продажа переработанных материалов и восстановление изделий. Экологичность содействует улучшению положения на рынке и помогает получить доступ к программам поддержки.

Экологический эффект выражается в сокращении отходов и выбросов диоксида углерода за счёт рециклинга, повторного использования материалов и более рационального потребления энергии. Это помогает экономить воду, материалы и другие ресурсы природы. Плюс, это соответствует требованиям ESG и улучшает открытость отчётности.

В долгосрочной перспективе такой подход делает бизнес устойчивее. Снижаются риски, укрепляется репутация и создаются условия для инноваций и роста.

Таблица 1.

Барьеры внедрения синергетической модели

Категория барьеров	Конкретные проблемы	Последствия
Финансовые	<ol style="list-style-type: none"> 1. Большие затраты в IT. 2. Дорогое сенсорное оборудование. 3. Затраты на интеграцию с ERP/MES/SCM. 	Длительный срок окупаемости (2–5 лет), низкая привлекательность для малого бизнеса и инвесторов.
Культурные	<ol style="list-style-type: none"> 1. Персонал будет оказывать сопротивление всем изменениям. 2. Нехватка специалистов. 3. Фокус руководства на краткосрочной прибыли. 	Затягивание пилотных проектов, низкая вовлечённость сотрудников.
Рыночные	<ol style="list-style-type: none"> 1. Дефицит предприятий по сортировке и переработке. 2. Качество вторичного сырья оставляет желать лучшего. 3. Проблемы с логистикой возвратных потоков. 4. Нестабильность цен на вторсырье. 	Сохранение зависимости и от первичного сырья, фрагментарность циркулярных процессов.
Регуляторные	<ol style="list-style-type: none"> 1. Пока не существует общих правил для сертификации товаров, которые созданы по принципам экономики замкнутого цикла. 2. Пробелы в законодательстве. 3. Различия норм в регионах/странах. 	Риски юридических коллизий, сложности с ESG-отчётностью.
Технологические	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ошибки моделирования в цифровых двойниках при сложных сценариях. 2. Оборудование разных фирм часто плохо дружит друг с другом. 3. Уязвимость к кибератакам из-за роста числа подключённых устройств. 	Недоверие к данным ЦД, дополнительные затраты на доработку и защиту.
Социальные	<ol style="list-style-type: none"> 1. Низкий спрос на «зелёную» продукцию. 2. Отсутствие экономических стимулов. 	Медленная трансформация отраслевых цепочек

Для преодоления барьеров нам нужны:

- господдержка;
- межотраслевые кластеры рециклинга;
- обучение персонала;
- стандартизация циркулярных процессов.

Для малого и среднего бизнеса будет полезно разрабатывать готовые решения для разных отраслей на основе цифровых двойников, включая в них готовые модули, процессы и ключевые показатели эффективности. Важно также продумать, способы вычисления ценности нефинансовых аспектов, такие как влияние на бренд, экологические и социальные показатели и заинтересованность сотрудников.

Нужно внимательно изучить, насколько хорошо работают разные меры господдержки, например, налоговые льготы, квоты, субсидии и штрафы, чтобы понять, что лучше всего помогает переходить к экономике замкнутого цикла. Не менее важно совершенствовать связь цифровых двойников с системой управления отходами, для более аккуратного воспроизведения действительности с помощью моделей, и обмен информацией - осуществлялся по единым правилам.

Кроме того, стоит исследовать, как экономика замкнутого цикла влияет на общество и экономику, изучить международный опыт и разобраться с согласованием стандартов. Крайне важно в дальнейшем активно разрабатывать новейшие разработки в области материалов и проектирование изделий. Ещё нужно обеспечивать кибербезопасность и стабильность цифровых двойников.

Дальнейшие исследования помогут уменьшить риски при внедрении и подтвердить, что экономика замкнутого цикла действительно ценна в долгосрочной перспективе.

Развитие стандартных решений и кибербезопасности - многообещающее направление. Цифровой двойник в сочетании с циркулярной экономикой - это не просто тренд, а полезный инструмент. Компании могут сократить расходы на 10–20 %, стать менее зависимыми от цен и даже найти новые возможности получать прибыль. К тому же, уменьшается количество отходов и выбросов углекислого газа, а ресурсы используются более рационально. Управление становится проще: можно заранее выявлять поломки, настраивать логистику и следить за всем жизненным циклом продукта.

Как это работает: цифровой двойник собирает и анализирует данные об износе, потреблении и переработке, а циркулярная экономика определяет принципы - замкнутый цикл, повторное использование и сокращение выбросов. Разумеется, имеются препятствия: крупные первоначальные капиталовложения, неуверенность персонала, несовершенная система переработки отходов, вопросы регулирования и кибербезопасности. Поддержка государства, обучение сотрудников а также общие правила дают возможность трансформировать снижение затрат ресурсов в инструмент роста. Это снижает риски и укрепляет позиции компании на рынке.

Использованные источники:

1. Энергосервисный контракт как инструмент экономии энергоресурсов. — Текст : электронный // Министерство энергетики и тарифов Липецкой области : [сайт]. — URL: <https://energy48.ru/novosti/energoserwisnyj-kontrakt-kak-instru/> (дата обращения: 25.01.2026).

2. Lean. — Текст : электронный // [Blog.click.ru](https://blog.click.ru) : [сайт]. — URL: <https://blog.click.ru/glossary/lean/> (дата обращения: 25.01.2026).

3. Тихонова, Ж. С. Экологизация производственной сферы и современные пути её совершенствования / Ж. С. Тихонова // Вестник ДГТУ. — 2011. — Т. 11, № 2(53). — С. 266–273.

4. Как заключить энергосервисный контракт (договор): требования, оплата, образец.. — Текст : электронный // Акцион : [сайт]. — URL: <https://www.law.ru/article/25095-energoserwisnyy-kontrakt-hto-eto-takoe-i-kak-ego-zaklyuchit> (дата обращения: 26.01.2026).

5. Белова, Е. Бережливое производство: как создать идеальный производственный процесс / Е. Белова. — Текст : электронный // Moscow Business Academy : [сайт]. — URL: <https://moscow.mba/journal/berezhlivoe-proizvodstvo-kak-sozdat-idealnyj-proizvodstvennyj-procress> (дата обращения: 26.01.2026).

6. Глинская Анастасия Евгеньевна Преимущества и недостатки приоритета экологической составляющей в формировании направления развития предприятий // БИ. 2013. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/preimuschestva-i-nedostatki-prioriteta-ekologicheskoy-sostavlyayushey-v-formirovanii-napravleniya-razvitiya-predpriyatiy> (дата обращения: 26.01.2026).

7. Мальцева, А. Что такое digital twin и как они помогают бизнесу экономить миллионы / А. Мальцева. — Текст : электронный // Райф Медиа : [сайт]. — URL: <https://www.raiffeisen-media.ru/biznes/hto-takoe-digital-twin-i-kak-oni-pomogayut-biznesu-ekonomit-milliony/> (дата обращения: 29.01.2026).

8. Исаев, Р. Цифровой двойник организации: требования, структура, примеры / Р. Исаев. — Текст : электронный // Business Studio : [сайт]. — URL: https://www.businessstudio.ru/articles/article/tsifrovoy_dvoynik_organizatsii_i_trebovaniya_struktura/ (дата обращения: 29.01.2026).

9. Суримова В. А., Скородумова Е. А. СОЗДАНИЕ И ИНТЕГРАЦИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА // Научно-практический электронный журнал Аллея Науки в космических

исследованиях Земли. 2022. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sozdanie-i-integratsiya-tsifrovogo-dvoynika> (дата обращения: 29.01.2026).

10. Цифровые двойники: превращаем данные в деньги с помощью матмоделирования. — Текст : электронный // Хабр : [сайт]. — URL: <https://habr.com/ru/companies/ibs/articles/897072/> (дата обращения: 28.01.2026).

11. Бурденко, Е. В. Концепция циркулярной экономики: теоретические и практические аспекты / Е. В. Бурденко // Научное обозрение: теория и практика. – 2020. – Т. 10. – № 9(77). – С. 2112-2129. – DOI 10.35679/2226-0226-2020-10-9-2112-2129.

12. Сафронов А. Е. Ресурсосбережение и его роль в экологизации предприятий производственной сферы // Стратегия устойчивого развития регионов России. 2011. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/resursosberezhenie-i-ego-rol-v-ekologizatsii-predpriyatij-proizvodstvennoy-sfery> (дата обращения: 29.01.2026).

13. Валькова, Н. Что такое КPI простыми словами и как его рассчитать / Н. Валькова. — Текст : электронный // РБК : [сайт]. — URL: <https://www.rbc.ru/industries/news/67d974c39a79474afecd00ae> (дата обращения: 29.01.2026).