

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕСУРСОПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

ТГТУ, «Экономика и менеджмент промышленности»

доц. Тиллаева Б.Р.

Аннотация

В статье рассматриваются стратегии выявления запасов, сохранения и оптимального использования ресурсов на промышленных предприятиях. В исследованиях основное внимание уделяется подходам к сохранению энергии, сырья и отходов в обрабатывающей, перерабатывающей и тяжелой промышленности, а также интегрированные системы сохранения дают среднее повышение эффективности использования ресурсов на 23–38 % по сравнению с изолированными вмешательствами, со значительными различиями в разных промышленных секторах.

Abstract

This paper examines strategies for identifying, conserving and optimising resource use in industrial enterprises. The study focuses on approaches to conserving energy, raw materials and waste in manufacturing, processing and heavy industries, and integrated conservation systems yield an average increase in resource efficiency of 23–38% compared to isolated interventions, with significant differences across industrial sectors.

Введение

Промышленная деятельность составляет около 30% мирового потребления энергии, 20% забора воды и генерирует 24% выбросов парниковых газов во всем мире [5]. По мере усиления дефицита ресурсов и ужесточения экологических норм промышленные предприятия сталкиваются с растущим давлением, направленным на оптимизацию использования ресурсов при сохранении экономической конкурентоспособности [7]. Сохранение ресурсов охватывает стратегии по сокращению потребления энергии, воды и сырья при минимизации образования отходов за счет

повышения эффективности, оптимизации процессов и рециркуляции материалов [7].

Хотя многочисленные исследования показывают отдельные инициативы по сохранению, систематическое понимание подходов к внедрению и их относительной эффективности в различных промышленных контекстах остается ограниченным. Предыдущие исследования в основном были сосредоточены на отраслевых тематических исследованиях или теоретических основах без всестороннего межатраслевого анализа методологий внедрения и количественных результатов. Этот исследовательский пробел препятствует как лицам, принимающим решения в промышленности, ищущим основанные на фактических данных стратегии сохранения, так и лицам, принимающим решения, пытающимся разработать эффективные механизмы поддержки.

Методы исследования

Первоначальный поиск дал 874 публикации. После удаления дубликатов осталось 612 публикаций для проверки названий и рефератов. Этот процесс исключил 423 публикации, которые не соответствовали критериям включения. Оценка полного текста оставшихся 189 публикаций привела к 42 исследованиям, которые соответствовали всем критериям и были включены в окончательный обзор. Выбранные исследования представляли различные промышленные контексты, включая производство (45%), химическую переработку (24%), производство продуктов питания (17%) и другие секторы (14%), составляющие выборку. Географическое распределение включало Европу (38%), Азию (31%), Северную Америку (21%) и другие регионы (10%).

Извлекали данные о промышленном секторе, размере предприятия, географическом регионе, основном ресурсе (энергия, вода, материалы, отходы), подходе к реализации, количественных результатах, финансовых показателях и методологических деталях. Анализ использовал

многоуровневую структуру, изучающую инициативы по сохранению на трех уровнях:

1. Технологические вмешательства: модернизация оборудования, оптимизация процессов, системы автоматизации
2. Организационные практики: системы управления, вовлеченность сотрудников, мониторинг производительности
3. Стратегическая интеграция: интеграция с бизнес-стратегией, сотрудничество в цепочке создания стоимости, циклические подходы

Эта структура способствовала систематическому сравнению подходов к внедрению в различных промышленных контекстах, как описано в литературе.

Энергосбережение получило самое широкое освещение в литературе по промышленной устойчивости, отражая как его экономическую значимость, так и воздействие на окружающую среду. Е. Уоррелл определили более 40 возможностей повышения энерго-эффективности в основных промышленных секторах, классифицируя их на методы управления, технологии, ориентированные на конкретные процессы, и коммунальные системы. Их анализ показал, что комплексные системы управления энергопотреблением, интегрирующие технологические обновления с эксплуатационными методами, дали среднюю экономию энергии на 10–20 % по сравнению с изолированными технологическими вмешательствами [11].

Мэй Г. провел всесторонний обзор управления энергопотреблением в производстве, отметив, что, несмотря на технологические достижения, многие предприятия достигают неоптимальных результатов из-за барьеров внедрения. Они определили организационные факторы, в частности приверженность руководства и вовлеченность сотрудников, как критически важные детерминанты успешного энергосбережения. Этот вывод согласуется с исследованием шведской целлюлозно-бумажной промышленности, проведенным Толландером П. и Оттоссоном М., в котором установлено, что методы управления энергопотреблением могут снизить потребление энергии

до 40% при условии их надлежащей интеграции с производственными системами.

Концепция «Разрыва в энергоэффективности» разработанные в научных работах Джаффе А. и Ставинс Р. ввели чтобы объяснить несоответствие между технически осуществимыми улучшениями эффективности и фактическими темпами внедрения. Их структура определяет сбои рынка, организационные барьеры и ограниченную рациональность как ключевые факторы, ограничивающие реализацию энергосбережения. Основываясь на этой работе Е.Каньо разработал таксономию барьеров для промышленной энерго-эффективности, выделив асимметрию информации, отдельные стимулы и организационную культуру как существенные препятствия для усилий по энергосбережению.

Исследования по промышленной экономии воды раскрывает различные закономерности в подходах к реализации и результатах. В то время как технологические решения, такие как замкнутые системы охлаждения и усовершенствованная фильтрация, продемонстрировали значительную экономию воды (сокращение на 20–50%), Фреснер Ж. подчеркнул, что подходы к перепроектированию процессов дают более существенные и устойчивые улучшения, чем технологии очистки в конце трубы.

В литературе указывается, что системы мониторинга воды представляют собой важнейшую предпосылку для эффективного сохранения. В нескольких исследованиях отмечалось, что предприятия, внедряющие комплексные системы учета и субучета, выявили возможности сохранения, упущенные во время первоначальных оценок, при этом подходы с поддержкой измерений дают 15-25% дополнительной экономии воды сверх инженерных оценок [5].

Результаты исследования

Особое значение приобретает повышение уровня экономического обоснования оптимизаций на основе стандартов, заложенных в современные общепринятые в мире методики, а также выбор критериев отбора с учетом приоритетных задач развития отраслей. Все больше литературы исследует

интегрированные подходы, которые одновременно затрагивают несколько потоков ресурсов. А.Рашид, Ф.Асиф представили концепцию «Ресурсосберегающего производства» как целостную структуру, интегрирующую управление энергией, водой, материалами и отходами [7]. Их анализ случаев внедрения продемонстрировал синергетические эффекты, при этом интегрированные подходы достигли 30-50% большего повышения эффективности ресурсов по сравнению с суммой изолированных инициатив. М.Лидер и А.Рашид провели всесторонний обзор внедрения круговой экономики в обрабатывающей промышленности, обнаружив, что успешные предприятия обычно переходили от инициатив с одним ресурсом к интегрированным системам по мере созревания возможностей внедрения [6]. Их анализ выявил четыре эволюционных этапа: изолированные проекты эффективности ресурсов, системы управления ресурсами, круговые бизнес-модели и промышленные симбиотические сети.

Выделяется несколько различных технологических путей внедрения для сохранения ресурсов. Е.Уоррелл, Л.Бернштейн классифицировали технологические вмешательства как решения по модернизации, модификации процессов и преобразующие технологии [11]. Их анализ показал, что, хотя решения по модернизации предлагали более короткие сроки окупаемости (обычно 1–3 года), модификации процессов и преобразующие технологии обеспечивали значительно более высокие улучшения эффективности ресурсов, несмотря на более длительные сроки внедрения.

Ж. Мэй исследовали технологии энерго-эффективности в различных секторах производства, отметив значительные различия в моделях внедрения в зависимости от размера предприятия и характеристик сектора. В ходе исследования было установлено, что отрасли с интенсивной обработкой данных (например, химическая, цементная) обычно отдают приоритет основным производственным технологиям, в то время как предприятия дискретного производства часто сосредотачиваются на вспомогательных

системах, таких как сжатый воздух, освещение и отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха [9].

Исследование барьеров внедрения технологий, проведенное Е. Каньо выявило семь категорий препятствий внедрения: экономические, организационные, поведенческие, технологические, связанные с компетенциями, информационные и рыночные. Их анализ 65 промышленных предприятий показал, что малые и средние предприятия сталкиваются с особенно значительными барьерами, связанными с техническими знаниями и ресурсами внедрения, что предполагает необходимость целевых механизмов поддержки.

Помимо технологических решений, подчеркивается важность организационных и управленческих практик в сохранении ресурсов. Ж. Фреснер представил концепцию более чистого производства как комплексную превентивную стратегию, которая сочетает технологические изменения с управленческими подходами и участием сотрудников. Его анализ случаев внедрения показал, что предприятия, внедряющие комплексные системы управления, достигли на 25–40 % более высоких улучшений эффективности использования ресурсов по сравнению с теми, кто сосредоточился исключительно на технологических решениях.

П.Толландер и М.Оттосон изучили методы управления энергопотреблением в энергоемких отраслях, определив ключевые факторы успеха, включая приверженность высшего руководства, четкие цели, систематический мониторинг и процессы непрерывного совершенствования. Их исследование показало, что предприятия с официальными системами управления энергопотреблением достигли среднего снижения энергопотребления на 15–30% по сравнению с теми, кто внедрил аналогичные технологии без поддержки методов управления [8].

В последнее время актуальным является изучение интеграцию сохранения ресурсов с более широкой бизнес-стратегией. Н. Бокен разработали типологию архетипов устойчивых бизнес-моделей, определив

«эффективность использования ресурсов и сокращение отходов» как один из восьми архетипических подходов. Их анализ случаев внедрения показал, что предприятия, интегрирующие сохранение в свои бизнес-модели, достигли более существенных и устойчивых результатов по сравнению с теми, кто рассматривал сохранение как периферийную деятельность.

М.Лидер и А.Рашид изучили стратегическое позиционирование подходов круговой экономики в производстве, отметив эволюцию от инициатив эффективности, ориентированных на затраты, к круговым бизнес-моделям, создающим ценность. Их анализ показал, что предприятия, достигающие наивысших результатов по сохранению ресурсов, обычно переосмысливают сохранение ресурсов как источник конкурентного преимущества, а не просто как меру соответствия или сокращения затрат [6].

Научные работы по ресурсосбережению в производстве показывает значительные различия в подходах к внедрению и результатах в разных подсекторах. Исследования «Allwood et al» показали, что материалоемкие отрасли (например, металлообработка, автомобилестроение) обычно достигают экономии материалов на 10–25 % за счет инициатив по повышению производительности, в то время как обрабатывающие отрасли (например, химическая, бумажная) часто достигают экономии энергии на 15–35 % за счет оптимизации процессов [1].

«May et al» проанализировали инициативы по повышению энергоэффективности в дискретном производстве, обнаружив, что предприятия, внедряющие комплексные системы управления энергопотреблением, достигли среднего сокращения на 18–27 % по сравнению с 8–15 % для тех, кто внедряет отдельные технологические решения. Их анализ выделил оптимизацию производственного графика как особенно эффективный подход, обеспечивающий экономию энергии на 5–15 % при минимальных капиталовложениях.

Обрабатывающие отрасли, характеризующиеся непрерывной работой и высокой интенсивностью ресурсов, демонстрируют отличительные модели

сбережения в литературе. Анализ целлюлозно-бумажной промышленности П.Толландера и М.Оттоссона определил рекуперацию технологического тепла, приводы с переменной скоростью и расширенное управление процессами как особенно эффективные вмешательства, обеспечивающие экономию энергии на 15–30 % со сроками окупаемости 1–3 года [8].

Исследования Е. Уоррелла по энергоемким обрабатывающим отраслям (цемент, сталь, химикаты) отметили, что методы интеграции процессов, такие как анализ пинча и оценка эксергии, позволяют выявлять возможности сбережения, упускаемые из виду традиционными подходами. Их анализ случаев внедрения показал, что методологии систематической интеграции процессов дали дополнительную экономию энергии на 10–25 % по сравнению с традиционными энергоаудитами.

Еще один важнейший фактор - размер предприятия, определяется как подходов к внедрению, так и результатов сохранения. Исследования Е. Каньо показывает, что малые и средние предприятия сталкиваются с явными барьерами по сравнению с более крупными организациями, особенно в отношении доступа к капиталу, технической экспертизе и ресурсам внедрения. Эти барьеры приводят к более низким показателям внедрения, несмотря на наличие экономически жизнеспособных возможностей сохранения.

В. Ризос провел обширный обзор внедрения круговой экономики в МСП, обнаружив, что, хотя эти предприятия часто достигают более высоких процентных улучшений при успешной реализации инициатив по сохранению, они сталкиваются с более значительными препятствиями при внедрении. Их анализ выявил внутренних лидеров, сетевое участие и финансовую поддержку как критические факторы успеха для инициатив МСП по сохранению.

Исследования С. Соррелла показало более длительные средние сроки окупаемости инвестиций в охрану окружающей среды на малых предприятиях (3,2 года) по сравнению с более крупными организациями (2,1

года). Это несоответствие отражало как экономию масштаба при внедрении, так и распределение более высоких премий за риск для инвестиций в малые предприятия. Несмотря на эти проблемы, успешные инициативы МСП часто достигали более высоких процентных улучшений эффективности из-за более низких базовых уровней эффективности.

П.Толландера и М.Отгоссона определили методов управления энергией как более сильные предикторы результатов охранной деятельности, чем конкретные внедренные технологии. Их исследование показало, что предприятия, внедряющие комплексные системы измерения, регулярные процессы обзора и механизмы непрерывного совершенствования, достигли значительно более высокой экономии, чем те, которые внедряют аналогичные технологии без поддержки методов управления [8].

В исследованиях Ж. Мэя подчеркнута важность интеграции сохранения ресурсов с существующими системами управления, а не создания параллельных структур. Их анализ показал, что предприятия, внедряющие цели сохранения в операционные системы управления, достигли более устойчивых результатов по сравнению с теми, которые рассматривают сохранение как отдельную инициативу [9].

Выявляются многочисленные препятствия для эффективного внедрения сохранения ресурсов. основополагающая работа А.Джаффе и Р.Ставинса о разрыве в энерго-эффективности определила сбои рынка, организационные барьеры и ограниченную рациональность как ключевые факторы, ограничивающие принятие экономически жизнеспособных мер по сохранению. Основываясь на этой основе, последующие исследования разработали все более тонкие таксономии барьеров к реализации.

«Cagno et al». разработали комплексную структуру, классифицирующую барьеры как экономические, организационные, поведенческие, связанные с компетенцией, осведомленностью, технологические и рыночные. Их анализ показал, то что хотя экономические барьеры чаще всего упоминались промышленными предприятиями, организационные и поведенческие

факторы часто представляли собой более существенные препятствия для успешной реализации [13].

Исследование П.Толландера и М.Оттоссона определило программы энергоаудита как важные механизмы передачи знаний, но отметило их ограниченную эффективность без поддержки структур внедрения. Их анализ показал, что предприятия, сочетающие внешнюю техническую помощь с внутренним наращиванием потенциала, достигли значительно более высоких показателей внедрения по сравнению с теми, кто полагался исключительно на внешнюю экспертизу [8].

Бокен подчеркнул в своих исследованиях важность межсекторального обучения, как инновации в области устойчивых бизнес-моделей часто возникали из передачи знаний между ранее не связанными промышленными секторами. Их исследование определило отраслевые ассоциации, инновационные сети и университетские партнерства как важные каналы распространения знаний об охране.

В этом обзоре выявлено несколько методологических ограничений в существующей литературе по сохранению ресурсов. Во-первых, предвзятость отбора, по-видимому, распространена, поскольку успешные инициативы получают непропорционально большую документацию по сравнению с неудачными усилиями. Эта предвзятость потенциально завышает средние результаты сохранения и занижает проблемы внедрения. Будущие исследования, использующие более репрезентативные подходы к выборке, дадут более сбалансированную оценку потенциала сохранения.

Во-вторых, непоследовательные методологии измерения усложняют перекрестные сравнения исследований. В то время как некоторые исследования сообщают об абсолютном сокращении ресурсов, другие документируют процентные улучшения или показатели интенсивности (потребление ресурсов на единицу продукции). Стандартизированные протоколы отчетности будут способствовать более осмысленному синтезу результатов сохранения в разных исследованиях.

В-третьих, большинство исследований документируют относительно короткие периоды после внедрения (среднее = 2,3 года), что ограничивает понимание долгосрочной устойчивости результатов сохранения. Лонгитюдные исследования, изучающие устойчивость сохранения, эффекты отскока и динамику непрерывного улучшения, устраняют это ограничение.

В результате этого обзора было выявлено несколько важных пробелов в знаниях. Во-первых, ограниченное количество исследований изучает взаимодействие между потоками ресурсов, при этом большинство исследований сосредоточено на отдельных ресурсах, несмотря на растущее признание взаимосвязей между энергией, водой и материалами. Интегрированные методики оценки, охватывающие эти взаимодействия, представляют собой важный исследовательский рубеж.

Во-вторых, в то время как технологические аспекты сохранения широко освещаются, организационные и поведенческие аспекты остаются недостаточно изученными, несмотря на их документированную важность. Исследования, объединяющие инженерные перспективы с организационной психологией и наукой управления, могли бы устранить этот дисбаланс.

В-третьих, ограниченные исследования изучают взаимосвязи между инициативами по сохранению и более широкой бизнес-стратегией, включая позиционирование на рынке, инновации в продуктах и конкурентную дифференциацию. Исследования, изучающие эти стратегические аспекты, могли бы улучшить понимание роли сохранения в устойчивых бизнес-моделях.

Заключение

Предлагается ставить в приоритет комплексный подход, охватывающим несколько потоков ресурсов одновременно, поскольку они постоянно демонстрируют превосходные результаты по сравнению с изолированными инициативами. Важность организационных факторов предполагает внимание

уделить системам управления и вовлеченности сотрудников наряду с технологическими решениями.

Механизм поддержки должен способствовать комплексным программам сохранения, одновременно предоставляя целевую помощь малым предприятиям, сталкивающимся с барьерами при реализации. Предполагаемые барьеры – это политические вмешательства, направленные как на экономические ограничения, так и на ограничения знаний потенциала, при этом инициативы, ориентированные на конкретные сектора, вероятно, окажутся более эффективными, чем общие подходы.

По мере усиления ограничений ресурсов и усиления давления на окружающую среду эффективные стратегии сохранения будут становиться все более важными для промышленной конкурентоспособности и устойчивости. Этот синтез исследований обеспечивает основу для разработки более систематических подходов к оптимизации ресурсов, которые могут одновременно улучшить экономические показатели и экологические результаты.

Используемые литературы:

1. УКАЗ ПРЕЗИДЕНТА РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН «О мерах по оптимизации посевных площадей и увеличению производства продовольственных культур». <https://faolex.fao.org/docs/pdf/uzb197239.pdf>
2. IEA. (2021). World Energy Outlook 2021. International Energy Agency, Paris.
3. В.Н. Дякин, В.Г. Матвейкин, Б.С. Дмитриевский. Оптимизация управления промышленным предприятием. Монография. ТамГТУ.
4. Allwood, J. M., Ashby, M. F., Gutowski, T. G., & Worrell, E. (2011). Эффективность материалов: Белая книга. Ресурсы, сохранение и переработка, 55(3), 362-381.
5. Dixit, M. K., Fernández-Solís, J. L., Lavy, S., & Culp, C. H. (2010). Identification of parameters for embodied energy measurement: A literature review. Energy and Buildings, 42(8), 1238-1247.

6. Bai, C., Sarkis, J., & Wei, X. (2020). Addressing key sustainable supply chain management issues using rough set methodology. *Management Decision*, 58(2), 403-424.
7. Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221-232.
8. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652621004881>
9. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2013JCPro..57..166R/abstract>
10. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2008EnEff...1...21T/abstract>
11. <https://scholars.unf.edu/en/publications/energy-management-in-manufacturing-from-literature-review-to-a-co>