

Методический подход к оценке эффективности переработки технологических отходов промышленного предприятия

Мизиковский Игорь Ефимович 

Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

SPIN-код: 6345-3669

core090913@gmail.com

Иголина Елена Сергеевна  

Нижегородская академия МВД России, Нижний Новгород, Россия

Нижегородский государственный университет

им. Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

SPIN-код: 4365-1700

eligonina@mail.ru

Софьин Александр Александрович 

Нижегородская академия МВД России, Нижний Новгород, Россия

Нижегородский государственный университет

им. Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

SPIN-код: 8612-3405

alsofyin@yandex.ru

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Мизиковский И.Е., Иголина Е.С., Софьин А.А.

Методический подход к оценке эффективности переработки технологических отходов промышленного предприятия.

Исследование проблем экономики и финансов. 2026;2:4. <https://doi.org/10.31279/2782-6414-2026-2-4>
EDN QLIZSO

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ:

авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России Нижегородскому государственному университету им. Н. И. Лобачевского по научной теме «№FSWR-2026-0008 Методология мониторинга, диагностирования, экономико-правовой оценки и прогнозирования рисков ресурсопотребления организации с использованием математических методов и искусственного интеллекта».

ПОСТУПИЛА: 03.02.2026

ДОРАБОТАНА: 18.05.2026

ПРИНЯТА: 20.05.2026

COPYRIGHT: © 2026 Мизиковский И.Е., Иголина Е.С., Софьин А.А.



АННОТАЦИЯ

Большинство промышленных предприятий по-прежнему воспринимает технологические отходы материалов как неизбежные потери, а не как источник вторичных материальных ресурсов. Подобное понимание создает научно-практический пробел в области оценки эффективности их переработки в рамках перехода к циркулярной экономике. Цель исследования — разработать методологический подход к оценке эффективности переработки технологических отходов материалов во вторичные материальные ресурсы в системе ресурсосбережения промышленного предприятия. Методологическая база исследования объединяет российские и зарубежные подходы к ресурсосбережению, включая методы стратегического структурирования, системного и SWOT-анализа, процессно-ориентированного управления, экспертные опросы и структурно-функциональный анализ. Эмпирическую базу составили данные предприятий Нижегородской области, входящих в группу компаний ГАЗ. Разработана информационная модель расчета срока окупаемости и рентабельности затрат на внедрение технологий переработки отходов с учетом коэффициента использования вторичных ресурсов и динамики производственных затрат. Апробация модели показала высокий потенциал повторного использования материалов: коэффициент использования ресурсов достиг 80–90 %, а сроки окупаемости по отдельным группам материалов составили от 12,1 до 32,6 месяца. Внедрение предложенной модели позволяет повысить точность управленческих решений, сократить материальные потери и обеспечить рост ресурсоэффективности предприятий в рамках концепции «зеленой» экономики и устойчивого развития.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ресурсосбережение, переработка отходов, экономическая эффективность, технологические отходы, вторичные материальные ресурсы, «зеленая» экономика, промышленные предприятия, циркулярная экономика, устойчивое развитие, ресурсная эффективность

Methodological approach to assessing the efficiency of industrial process waste recycling

Igor E. Mizikovsky 

Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod,
Nizhny Novgorod, Russia

ore090913@gmail.com

Elena S. Igonina  

Nizhny Novgorod Academy of the Ministry of Internal Affairs
of Russia, Nizhny Novgorod, Russia
Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod,
Nizhny Novgorod, Russia

eligonina@mail.ru

Alexander A. Sofyin 

Nizhny Novgorod Academy of the Ministry of Internal Affairs
of Russia, Nizhny Novgorod, Russia
Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod,
Nizhny Novgorod, Russia

alsofyin@yandex.ru

TO CITE:

Mizikovsky I.E., Igonina E.S., Sofyin A.A.
Methodological approach to assessing the
efficiency of industrial process waste recycling. *Research in Economic and Financial Problems*. 2026;2:4. (In Russ.) <https://doi.org/10.31279/2782-6414-2026-2-4>

DECLARATION OF COMPETING

INTEREST: none declared.

FUNDING

This research was carried out within the framework of the state-funded research program assigned by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation to Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod under project No. FSWR-2026-0008, "Methodology for Monitoring, Diagnostics, Economic and Legal Assessment, and Forecasting of Organizational Resource Consumption Risks Using Mathematical Methods and Artificial Intelligence".

RECEIVED: 03.02.2026

REVISED: 18.05.2026

ACCEPTED: 20.05.2026

COPYRIGHT: © 2026 Mizikovsky I.E.,
Igonina E.S.,
Sofyin A.A.

ABSTRACT

Despite the growing transition toward a circular economy, many industrial enterprises still regard process waste as an unavoidable production loss rather than a valuable secondary resource. This issue creates a methodological gap in evaluating the economic feasibility and practical efficiency of waste recycling technologies. The purpose of the study is to develop a methodological framework for assessing the efficiency of converting industrial process waste into secondary material resources within enterprise resource conservation systems. The research methodology integrates Russian and international approaches to resource efficiency management, including strategic structuring, system and SWOT analysis, process-oriented management, expert surveys, and structural-functional analysis. The empirical basis of the study includes data collected from industrial enterprises of the Nizhny Novgorod region belonging to the GAZ Group. As a result, the authors developed an information model for estimating the payback period and profitability of implementing waste recycling technologies, taking into account the utilization rate of secondary resources and fluctuations in production costs. The model demonstrated strong practical applicability: the resource utilization coefficient reached 80–90%, while the projected payback period for different material groups ranged from 12.1 to 32.6 months. The proposed methodological approach may improve the accuracy of managerial decision-making, reduce material losses, and enhance resource efficiency in line with the principles of the green economy and sustainable industrial development.

KEYWORDS: resource conservation, waste recycling, economic efficiency, process waste, secondary material resources, green economy, industrial enterprises, circular economy, sustainable development, resource efficiency



ВВЕДЕНИЕ

В связи с переходом к циркулярной и «зеленой» экономике, проблема эффективного использования материалов на промпредприятиях становится особенно острой. Значительная часть технологических отходов производства по-прежнему воспринимается бизнесом как неизбежные потери, а не как ценный вторичный ресурс. Подобное отношение ведет к росту материалоемкости, снижению ресурсной эффективности, удорожанию продукции и ухудшению экологии, поэтому разработка методов экономической оценки переработки таких отходов во вторичные ресурсы важна для науки и для управления предприятиями [1–4].

Последовательное выполнение стратегий устойчивого развития и ресурсосбережения хозяйствующих субъектов реального сектора экономики включает системное выполнение комплекса мероприятий по снижению или полной ликвидации потерь материальных ресурсов в потоке создания ценности (ПСС) [5; 6]. Одним из таких мероприятий является внедрение технологий переработки технологических отходов материалов (ТОМ) во вторичные материальные ресурсы (ВМР), позволяющее существенно сократить объемы безвозвратных отходов, снизить потери материальных ресурсов и повысить эффективность производственных процессов [7; 8]. В соответствии с ГОСТ 14.322–83 «Нормирование расхода материалов»¹ ТОМ характеризует «количество (материала – авторы), которое не овеществлено в изделии, но затрачено на его производство». Соответственно исходя из положений ГОСТ 30772–2001 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения»², ВМР — это (используемые – авторы) отходы, которые потенциально могут быть использованы повторно для получения сырья, изделий или энергии либо после *дополнительной обработки (курсив авторов)*.

В последние годы проблематика ресурсосбережения, циркулярной экономики и обращения с отходами является объектом активных исследований как в России, так и за рубежом [1–4; 9–11]. В научной литературе рассматриваются вопросы повышения ресурсной эффективности промышленного производства, внедрения замкнутых циклов, оценки экологических и экономических последствий переработки отходов, а также интеграции вторичных ресурсов в технологические процессы [3; 10; 11]. Зарубежные публикации преимущественно фокусируются на концепциях циркулярной экономики, методологии оценки жизненного цикла продукции, управлении материальными потоками и анализе ресурсной эффективности производственных систем. В российских исследованиях большее внимание уделяется ресурсосбережению, управленческому учету материальных ресурсов, калькулированию затрат на переработку отходов и внедрению наилучших доступных технологий в промышленности [7–9; 12].

Имеющиеся научные подходы в основном касаются или экологической стороны переработки отходов, или единичных показателей экономической результативности ресурсосбережения. Слабо проработанными остаются инструменты комплексного оценивания эффективности превращения технологических отходов материалов во вторичные материальные ресурсы, которые бы учитывали управленческую специфику учета, изменение производственных издержек, долю вовлечения вторичного сырья, периоды возврата вложений в технологические работы, а также условия работы промышленных предприятий реального сектора экономики. Отсутствие подобных методик мешает принятию взвешенных управленческих решений при интеграции технологий переработки отходов в производственные процессы.

Исходя из практики промышленных предприятий [10–14] и сущности приведенного определения ВМР, необходимо отметить, что в хозяйственную деятельность имплицитно две стратегии обращения с ТОМ:

1) повторное (вторичное) применение в ПСС, т. е. без предварительной переработки;

2) использование, по существу, в виде продукта переработки, являющегося результатом соответствующего технологического процесса.

Вполне очевидно, что вторая стратегия требует привлечения, как правило, существенных средств на разработку и внедрение технологий переработки, а затем и дальнейших производственных расходов на данный процесс. Альтернативой данной модели реализации стратегии служит привлечение для оказания услуг по переработке сторонних организаций, что также связано с существенными расходами.

Проведенные исследования на указанных выше предприятиях показали, в частности, отсутствие в наборе инструментальных средств ТЭО внедрения таких важных инструментов, как утвержденная номенклатура за-

¹ ГОСТ 14.322–83. Нормирование расхода материалов. Основные положения. Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1778774212> (дата обращения: 02.03.2026).

² ГОСТ 30772–2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения. Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ecomedserv.ru> (дата обращения: 02.03.2026).

трат на ТР; метрика их эффективности; методики расчета их окупаемости и рентабельности, а также списания что, безусловно, сводит на нет все усилия по созданию эффективной системы мониторинга материального ресурсопотребления и интерпретации его результатов для принятия оперативных и долгосрочных управленческих решений в парадигме экономических, технологических, социальных и экологических критериев и параметров «зеленой» экономики и устойчивого развития.

В основе современных подходов к оценке эффективности переработки отходов лежат преимущественно разрозненные экологические, технико-экономические и социально-экономические критерии [10–15]. Вместе с тем в научной литературе слабо представлены методические разработки для комплексной оценки взаимозависимости между затратами на переработку ТОМ, экономическим эффектом от внедрения ВМР и показателями ресурсосбережения промышленного предприятия. Методика призвана нивелировать данное несоответствие путем точного измерения корреляции затрат на технологические работы и получаемого экономического эффекта.

Таким образом, цель статьи — разработать методологический подход существенного повышения качества мониторинга и интерпретации потребления материальных ресурсов в ПСЦ в парадигме «зеленой» экономики и устойчивого развития хозяйствующего субъекта. В задачи входит структуризация состава затрат на технологические работы (ЗТР) по внедрению процесса переработки ТОМ в ВМР; выбор метрики эффективности данных затрат; разработка и реализация методики расчета срока их окупаемости и уровня рентабельности с использованием указанной выше метрики; формулирование способа списания последних на себестоимость продукции (работ, услуг).

Согласно гипотезе исследования, использование комплексной методики для оценки процессов переработки ТОМ в ВМР обеспечит более высокую точность принимаемых управленческих решений, сокращение материальных потерь и повышение ресурсоэффективности промышленных предприятий в контексте перехода к циркулярной экономике.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методологическая база исследования включила системный анализ, стратегическое структурирование, структурно-функциональный анализ, процессно-ориентированный подход, SWOT-анализ, наблюдение, экспертный опрос и сравнительный анализ подходов к ресурсосбережению и переработке технологических отходов материалов [16–20].

Системный анализ помог выявить взаимосвязи между образованием технологических отходов материалов (ТОМ), переработкой ТОМ во вторичные материальные ресурсы (ВМР) и показателями эффективности использования материальных ресурсов на предприятиях. Стратегическое структурирование применили для разработки комплекса экономических, технологических и экологических требований к переработке ТОМ в ВМР в условиях автомобилестроительных предприятий.

Структурно-функциональный анализ позволил исследовать структуру материальных потоков, состав технологических затрат и взаимосвязи внутри системы ресурсосбережения. Процессно-ориентированный подход дал возможность проанализировать последовательность операций переработки отходов и оценить влияние данных операций на снижение материальных потерь в потоке создания ценности.

SWOT-анализ применили для оценки внутренних факторов (технологии, учет, кадровое обеспечение) и внешних факторов (рыночная среда, экологические требования, нормативное регулирование), влияющих на внедрение процессов переработки ТОМ в ВМР.

Наблюдение использовали для сбора первичных данных о расходовании материалов, возникновении ТОМ и процессах переработки ТОМ. Экспертный опрос позволил получить профессиональные оценки руководителей и специалистов предприятий по поводу эффективности внедрения технологий переработки отходов. В опросе участвовали 30 руководителей и специалистов из восьми предприятий автомобилестроительной отрасли Нижегородской области.

Эмпирическую базу исследования составили сведения, полученные от восьми предприятий автомобилестроительной отрасли, входящих в производственный контур группы компаний ГАЗ и расположенных в Нижнем Новгороде и Нижегородской области. В ходе работы выполнены сбор и систематизация данных о расходовании сырья и материалов, объемах образования ТОМ, показателях переработки ТОМ в ВМР, затратах на технологические операции, бюджетах закупок товарно-материальных ценностей, а также бухгалтерской, статистической, управленческой и экологической отчетности предприятий.

Дополнительному анализу подверглись внутренние регламенты и стандарты предприятий в области ресурсосбережения, материалосбережения, учета и контроля материальных потоков. Полученные сведения легли в основу построения информационной модели для расчета срока окупаемости и рентабельности затрат на внедрение процессов переработки ТОМ в ВМР.

Сравнительный анализ отечественных и международных подходов к ресурсосбережению и переработке технологических отходов осуществлялся в рамках исследования методик оценки эффективности использования вторичных материальных ресурсов в промышленном производстве. В исследовании сопоставлялись российские подходы, основанные на инструментах нормирования расхода материалов, управленческого учета, энергоаудита и оценки экономической эффективности ресурсосберегающих мероприятий, с международными концепциями циркулярной экономики, бережливого производства (Lean Manufacturing), оценки жизненного цикла продукции (Life Cycle Assessment) и управления материальными потоками. Результаты сравнительного анализа были адаптированы к условиям функционирования предприятий автомобильно-строительной отрасли Нижегородской области и использованы при разработке информационной модели расчета срока окупаемости и рентабельности затрат на переработку технологических отходов материалов во вторичные материальные ресурсы [5; 10; 13; 17].

На основании результатов исследования авторами построена информационная модель расчета ожидаемых значений срока окупаемости и рентабельности затрат на технологические работы по внедрению переработки ТОМ в ВМР. В основе модели лежат следующие расчетные параметры: физический объем ТОМ и ВМР, стоимостная оценка вторичных ресурсов, изменение бюджета закупок товарно-материальных ценностей, а также объем технологических затрат на переработку отходов.

Для циклического совершенствования процессов ресурсосбережения при интерпретации полученных результатов применялся цикл Шухарта – Деминга [21], включающий последовательные этапы — планирование, внедрение, проверку и корректировку управленческих решений (рисунок 1).

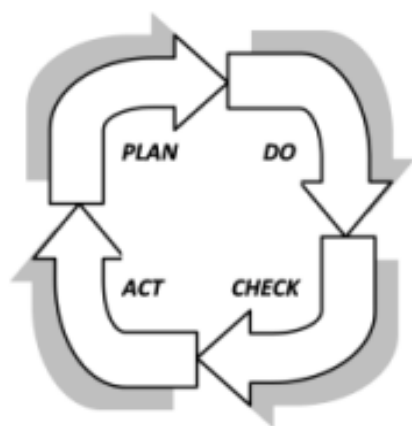


Рисунок 1
Цикл Шухарта-Деминга

Figure 1
The Shuhart-Deming cycle [21]

Модель представляет собой бесконечный цикл улучшений из 4 этапов: 1) планирование (анализ проблемы, например, высокий уровень потерь материальных ресурсов); 2) реализация (пробное внедрение предложенной методики на небольшом масштабе); 3) проверка (анализ достигнутых показателей рентабельности и срока окупаемости); 4) корректировка (стандартизация успешных решений).

Представленный цикл использовался в ходе апробации предложенной методики расчета срока окупаемости и рентабельности затрат на технологические работы, обеспечивая последовательную корректировку параметров переработки ТОМ в ВМР на основе анализа промежуточных результатов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Разработка методики расчета эффективности переработки ТОМ

В результате исследования разработана методика расчета срока окупаемости и рентабельности затрат на технологические работы (ЗТР) по внедрению переработки ТОМ во вторичные материальные ресурсы. Методика включает следующие этапы:

1. Рассчитывается физический объем $ТОМ_i$ исходя из номенклатуры производимой продукции (работ, услуг) во временном интервале T , как правило, равном сумме рабочих дней календарного месяца

$$ТОМ_i = PM_i - (ПР_i + П_i), \quad (1)$$

- где $ТОМ_i$ – номенклатурная позиция конкретного материального ресурса;
 PM_i – расход материала;
 $ПР_i$ – полезный расход материала;
 $П_i$ – безвозвратные отходы (потери).

2. Физический объем $ВМР_i$, являющийся продуктом переработки $ТОМ_i$, планируемых к использованию в производстве, оценивается с помощью коэффициента полезного использования K [22], на который корректируется $ТОМ_i$.

Показатель K характеризует долю технологических отходов, пригодных к повторному применению в производстве после соответствующей переработки. Расчетные значения коэффициента базируются на эмпирических данных, собранных на исследуемых предприятиях.

$$ВМР_i = K ТОМ_i. \quad (2)$$

3. Стоимостная оценка C_i ресурсов $ВМР_i$ осуществляется с помощью учетных цен $У_i$ предприятия [23], используемых в том числе при бюджетировании

закупок товарно-материальных ценностей предприятия. Основным требованием к $У_i$ является соответствие ее значения среднерыночным ценам закупки материалов при условии выгодной для предприятия логистики. Расчет C_i производится по формуле

$$C = \sum_{i=1}^N (U_i \cdot \text{ВМР}_i), \quad (3)$$

где N – количество позиций ВМР, планируемых к использованию в производстве

4. Изменение D бюджета (лимита) закупок товарно-материальных ценностей за месяц, связанное с замещением части заготавливаемых материальных ресурсов (ЗМР) в этот период объемами соответствующих ВМР, представляет собой метрику эффективности ЗТР и вычисляется следующим образом:

$$D = \text{ЗМР} - (C + \text{ТЗ}), \quad (4)$$

где ТЗ – технологические затраты на переработку ТОМ в ВМР.

Положительное значение D отражает стоимостное значение экономии бюджета закупок при замещении части ЗМР на ВМР с учетом расходов на переработку за месяц.

5. Приняв величину D в качестве линейно экстраполируемой величины, можно рассчитать предполагаемое значение срока окупаемости T затрат на технологические работы ЗТР

$$T = \text{ЗТР} / D, \quad (5)$$

6. Рентабельность ЗТР рассчитывается по обратной формуле

$$P = (D / \text{ЗТР}) \cdot 100 \%. \quad (6)$$

Расчет периода окупаемости и рентабельности затрат на переработку ТОМ группы лакокрасочных материалов на исследуемом предприятии ПАО «ГАЗ» представлен в таблице 1.

Результаты апробации методики на предприятиях автомобилестроительной отрасли

Анализ результатов расчетов показал неоднородность показателей окупаемости и рентабельности при переработке отдельных групп материалов. Минимальный срок окупаемости (12,1 мес.) установлен для автопластмасс — данная динамика объясняется значительным объемом замещения первичных материальных ресурсов вторичными. Максимальный срок окупаемости (90 мес.) характерен для прочих материалов, что обусловлено низкой экономией бюджета закупок и высокой затратаемкостью переработки. Полученные результаты обосновывают необходимость дифференцированного подхода к выбору приоритетных направлений переработки ТОМ в зависимости от типа перерабатываемых материалов и сложившейся структуры затрат.

Таблица 1

Расчет ожидаемых периода окупаемости и рентабельности затрат на технологические работы по внедрению переработки технологических отходов конструкционных пластмасс во вторичные материальные ресурсы. Организация: ПАО «ГАЗ». Период: март 2025 г. (фрагмент)

Table 1

Calculation of the Expected Payback Period and Cost-Effectiveness of Technological Work on the Introduction of Recycling Technological Waste of Structural Plastics into Secondary Material Resources. Organization: GAZ PJSC. Period: March 2025 (fragment)

№ п/п	Группа материалов		Ожидаемые (проектные) затраты на технологические работы, тыс. руб.	Бюджет закупок товарно-материальных ценностей (тыс. руб/мес.)		Бюджет технологических затрат на переработку, тыс. руб/мес.	Период окупаемости, мес. Гр. 7 = гр. 3 + гр. 6) / (гр. 4 – гр. 5)	Рентабельность затрат, (%) Гр. 8 = (гр. 4 – гр. 5) / гр. 3 + гр. 6)
	Наименование	Код		без использования вторичных материальных ресурсов	с использованием вторичных материальных ресурсов			
А	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Автопластмассы	5401	820,00	5000,00	4800,00	1600,00	12,1	8,26
2	Термопласты	5400	960,00	560,00	510,00	670,00	32,6	3,06
3	Эластомеры	5200	530,00	370,00	320,00	400,00	18,6	5,380
4	Прочие материалы	5700	400,00	70,00	65,00	50,00	90,0	1,11
8	Итого		2710,00	6000,00	5695,00	2720,00	17,8	5,61

Примечание: разработано авторами.

Note: developed by the authors.

Разработка информационной модели оценки эффективности переработки ТОМ

Информационная модель расчета ожидаемых значений срока окупаемости и рентабельности ЗТР по внедрению процесса переработки ТОМ в ВМР представлена на рисунке 2.

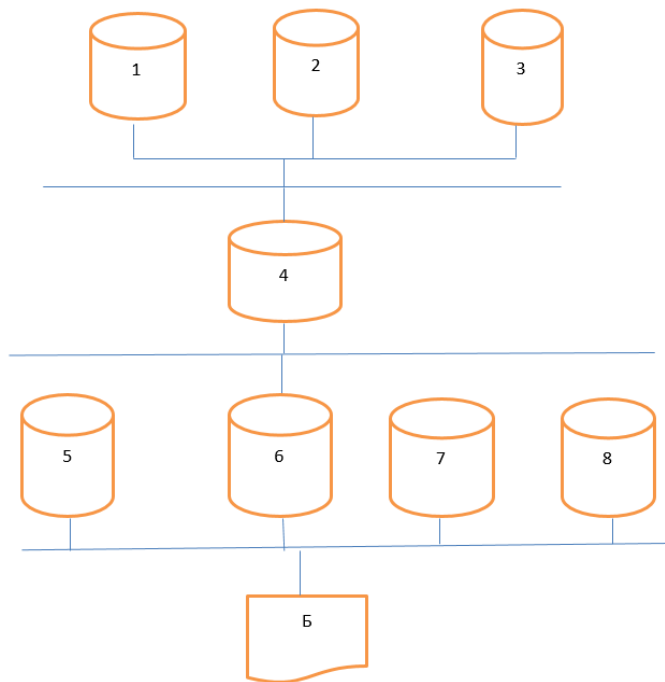


Рисунок 2
Информационная модель расчета ожидаемых значений срока окупаемости и рентабельности затрат на технологические работы по внедрению переработки технологических отходов материалов во вторичные материальные ресурсы

Примечание: разработано авторами.

Figure 2
Information model for calculating the expected values of payback period and cost profitability of technological works on introducing the processing of technological material waste into secondary material resources

Note: developed by the authors.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- 1 – Расход материалов
- 2 – Полезный расход
- 3 – Потери
- 4 – Технологические отходы
- 5 – Материальные позиции, замещаемые вторичными материальными ресурсами
- 6 – Вторичные материальные ресурсы
- 7 – Технологические затраты на переработку технологических отходов материалов
- 8 – Затраты на проведение технологических работ
- Б – Блок расчета интегральных показателей эффективности (срок окупаемости и рентабельность затрат)

На основе результатов исследования построена информационная модель расчета срока окупаемости и рентабельности затрат на переработку ТОМ во ВМР (рисунок 2).

Предложенная информационная модель устанавливает связи между объемами образования ТОМ, переработкой отходов во вторичные материальные ресурсы, технологическими затратами и итоговыми экономическими показателями эффективности. Применение модели дает возможность прогнозировать срок окупаемости и уровень рентабельности затрат на переработку отходов с учетом изменений в структуре материальных потоков предприятия. Результаты практической апробации модели на предприятиях автомобилестроительной отрасли подтвердили ее пригодность для обоснования управленческих решений в сфере ресурсосбережения.

Результаты SWOT-анализа показали, что внедрение предложенной методики дает предприятиям следующие преимущества: снижение материальных потерь, уменьшение себестоимости продукции и формирование дополнительных конкурентных преимуществ за счет развития принципов «зеленой» экономики и циркулярного производства. Одновременно выявлены ограничения внедрения — необходимость дополнительных инвестиций, модернизация производственной инфраструктуры, а также наличие технологических и организационных рисков (таблица 2).

Таблица 2
SWOT-анализ результатов инструментализации мониторинга потребления материальных ресурсов на исследуемых предприятиях

Table 2
SWOT-analysis of instrumentalization of monitoring the consumption of material resources at the enterprises under study

Положительные стороны	Отрицательные стороны
<p><i>Преимущества:</i> снижение уровня потерь материальных ресурсов, экономия бюджета закупок, снижение себестоимости продукции (работ, услуг), повышение качества мониторинга потребления материальных ресурсов в парадигме «зеленой» экономики</p>	<p><i>«Ослабляющие» свойства:</i> необходимость привлечения средств для разработки и внедрения инструментальных средств, наличие рисков неудачного внедрения планируемых инноваций</p>
<p><i>Дополнительные возможности:</i> повышение конкурентоспособности продукции; усиление привлекательности бренда и товарной продукции, связанное с участием в программах «зеленой» экономики</p>	<p><i>Факторы, которые могут осложнить достижение стратегической цели:</i> отсутствие необходимых стоимостных, производственных и интеллектуальных ресурсов; наличие экономических, политических, технологических и экологических рисков</p>

Примечание: разработано авторами.
Note: developed by the authors.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты подтвердили, что внедрение переработки технологических отходов материалов во вторичные материальные ресурсы обеспечивает снижение затрат на закупку первичных материальных ресурсов и повышение эффективности ресурсопотребления в потоке создания ценности. Выполненные расчеты показали: наибольший экономический эффект достигается при переработке автопластмасс и эластомеров, для которых сроки окупаемости затрат на технологические работы составили 12,1 и 18,6 месяца соответственно. Для термопластов и прочих материалов сроки окупаемости оказались существенно выше, что указывает на высокую зависимость эффективности переработки от структуры материальных потоков, уровня технологических затрат и коэффициента использования вторичных ресурсов.

Полученные результаты согласуются с современными исследованиями в области циркулярной экономики и ресурсосбережения, согласно которым экономическая эффективность переработки отходов определяется не только экологическим эффектом, но и возможностью интеграции вторичных ресурсов в производственные процессы без существенного роста операционных затрат [10–15; 24; 25]. В отличие от существующих подходов, ориентированных преимущественно на экологическую оценку переработки отходов, предложенная методика позволяет учитывать взаимосвязь затрат на технологические работы, изменения бюджета закупок и ожидаемого экономического эффекта.

Практическая реализация предложенной методики предполагает адаптацию систем управленческого учета и подготовку специалистов, задействованных в мониторинге материальных потоков. При этом ожидаемый экономический эффект способен покрыть дополнительные организационные и технологические издержки.

Ограничением исследования выступает апробация методики преимущественно на предприятиях автомобильно-строительной отрасли Нижегородской области, вследствие чего возможность прямого переноса результатов на предприятия других отраслей промышленности оказывается ограниченной. Дополнительно в исследовании не учитывались долгосрочные изменения рыночной стоимости вторичных материальных ресурсов и влияние макроэкономических факторов на динамику затрат.

Перспективы дальнейших исследований включают разработку инструментов цифрового мониторинга переработки технологических отходов, применение методов интеллектуального анализа данных для прогнозирования эффективности переработки, а также адаптацию предложенной модели к предприятиям других отраслей промышленности.

Результаты исследования подтвердили возможность практического применения предложенной информационной модели для оценки эффективности переработки технологических отходов материалов во вторичные материальные ресурсы. Разработанный подход позволяет повысить обоснованность управленческих решений в области ресурсосбережения, снизить материальные потери и обеспечить рост ресурсоэффективности промышленного предприятия в условиях перехода к циркулярной экономике.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе представлены методика расчета срока окупаемости и рентабельности затрат на технологические работы по переработке технологических отходов материалов (ТОМ) во вторичные материальные ресурсы (ВМР), а также информационная модель мониторинга переработки ТОМ во ВМР, позволяющая оценивать изменение бюджета закупок, уровень материальных потерь и экономический эффект использования вторичных ресурсов в производственном процессе. В ходе апробации методики на предприятиях автомобильно-строительной отрасли Нижегородской области установлено, что коэффициент использования вторичных материальных ресурсов составил 80–90 %, а прогнозируемый срок окупаемости затрат на переработку различных групп материалов варьировался от 12,1 до 32,6 месяца. Минимальный срок окупаемости получен для автопластмасс (12,1 мес.), для эластомеров он составил 18,6 месяца, для термопластов — 32,6 месяца, тогда как для прочих материалов достигал 90 месяцев. Рентабельность затрат на переработку составила от 1,11 до 8,26 %. Полученные результаты подтвердили зависимость экономической эффективности переработки от структуры материальных потоков, уровня технологических затрат и коэффициента использования вторичных ресурсов.

Практическое значение исследования заключается в возможности интеграции предложенной методики и информационной модели в систему управленческого учета и мониторинга материальных потоков промышленных предприятий. Использование разработанного подхода позволяет обосновывать управленческие решения в сфере переработки отходов, снижать материальные потери, сокращать затраты на закупку первичных ресурсов и повышать ресурсоэффективность производства в соответствии с принципами циркулярной и «зеленой» экономики.

Перспективы дальнейших исследований связаны с изучением коэффициента полезного использования K , разработкой систем цифрового мониторинга переработки ТОМ, применением методов искусственного интеллекта для прогнозирования эффективности переработки и адаптивного управления процессами в реальном времени, а также адаптацией предложенной модели к условиям предприятий различных отраслей промышленности.

Вклад авторов

И. Е. Мизиковский: административное руководство исследовательским проектом, научное руководство, создание черновика рукописи.

Е. С. Игонина: администрирование проекта, создание рукописи и ее редактирование.

А. А. Софьин: написание рукописи – рецензирование и редактирование.

Contributions

I. E. Mizikovsky: project administration, resources, writing-original draft.

E. S. Igonina: project administration, writing-review & editing.

A. A. Sofin: writing-review & editing.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Mizikovsky I.E., Matveev V.A., Polyanskaya V.A. et al. Effective management of material flows of an industrial enterprise in a new economic reality. *Corporate Social Responsibility to the Green Growth of Business and Economy*. 2025:337-341. https://doi.org/10.1007/978-3-031-83041-9_56 EDN QKYZXE
2. Geetha R. Circular economy through integrated industrial ecology: innovations in resource recovery and process re-design. *Biotechnology Notes*. 2025;6:245-259. <https://doi.org/10.1016/j.biotno.2025.10.005>
3. Леонович Н.Н. Теоретико-методологические основы модели экономики с циклическим использованием вторичных материальных ресурсов. *Белорусский экономический журнал*. 2025;(1):53-61. <https://doi.org/10.46782/1818-4510-2025-1-53-61> EDN NOHERW
Leonovich N.N. Theoretical and methodological foundations of the economic model with cyclical use of secondary material resources. *Belarusian Economic Journal*. 2025;(1):53-61. (In Russ.) <https://doi.org/10.46782/1818-4510-2025-1-53-61> EDN NOHERW
4. Алиев Р.И., Ахметгареева А.А., Гурфова Р.В. Экономика замкнутого цикла: перспективы внедрения устойчивых бизнес-моделей. *Экономика и управление: проблемы, решения*. 2025;2(3):32-39. <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2025.03.02.004> EDN IMANJI
Aliev R.I., Akhmetgareeva A.A., Gurfova R.V. Closed-loop economy: prospects for implementing sustainable business models. *Economics and Management: Problems, Solutions*. 2025;2(3):32-39. (In Russ.) <https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2025.03.02.004> EDN IMANJI
5. Kaza S., Yao L.C., Bhada-Tata P., Van Woerden F. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Washington, DC: World Bank Publications; 2018.295 p. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>
6. Kirchherr J., Reike D., Hekkert M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*. 2017;127:221-232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
7. Никанорова А.А., Лебедев Д.А. Аспекты формирования потоков вторичных материальных ресурсов и оценки их качества. *Контроль качества продукции*. 2024;(7):30-35. EDN ZEXFSZ
Nikanorova A.A., Lebedev D.A. Aspects of the formation of secondary material resources flows and assessment of their quality. *Product Quality Control*. 2024;(7):30-35. (In Russ.) EDN ZEXFSZ
8. Антипова О.В. Логическая связь между ресурсосбережением и устойчивым развитием экономики. *Региональная экономика: теория и практика*. 2019;17(1):72-86. <https://doi.org/10.24891/re.17.1.72> EDN YTG VFZ
Antipova O.V. A logical link between resource saving and sustainable economic development. *Regional Economics: Theory and Practice*. 2019;17(1):72-86. (In Russ.) <https://doi.org/10.24891/re.17.1.72> EDN YTG VFZ
9. Мельников В.В. Проектное финансирование как инструмент ресурсосбережения при строительстве промышленных объектов. *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право*. 2025;(5):73-81. <https://doi.org/10.37882/2223-2974.2025.05.25> EDN KEISDO
Melnikov V.V. Project financing as a resource-saving tool in the construction of industrial facilities. *Modern Science: Actual Problems of Theory and Practice. Series: Economics and Law*. 2025;(5):73-81. (In Russ.) <https://doi.org/10.37882/2223-2974.2025.05.25> EDN KEISDO
10. Клычова Г.С., Хоружий В.И., Фассахов Б.И. Финансовая устойчивость и прибыльность ведущих предприятий АПК Республики Татарстан в условиях санкционных ограничений. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2025;20(3(79)):99-106. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2025-20-3-99-106> EDN CZQDDK

- Klychova G.S., Khoruzhy V.I., Fassahov B.I. Financial stability and profitability of leading agribusiness enterprises in the republic of tatarstan under sanctions. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2025;20(3(79)):99-106. (In Russ.) <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2025-20-3-99-106> EDN CZQDDK
11. Kostikova N.A., Glukhan E.N., Kazakov P.V. et al. Assessment of resource-saving technologies in low-tonnage chemical industries for compliance with best available technologies principles. *Fine Chemical Technologies*. 2023;18(3):187-218. <https://doi.org/10.32362/2410-6593-2023-18-3-187-218> EDN ILQKQO
12. Барсегян Н.В. Стандартизация бизнес-процессов ресурсосбережения в рамках концепции наилучших доступных технологий. *Общество: политика, экономика, право*. 2023;(12):116-123. <https://doi.org/10.24158/pep.2023.12.14> EDN ZSKILV
Barseghyan N.V. Standardization of business processes of resource conservation within the framework of the concept of the best available technologies. *Society: Politics, Economics, Law*. 2023;(12):116-123. (In Russ.) <https://doi.org/10.24158/pep.2023.12.14> EDN ZSKILV
13. Jang Y.-C., Baek C.R., Lee C. et al. Resource efficiency and circularity of waste materials towards a circular economy in South Korea. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 2025;27:3711-3725. <https://doi.org/10.1007/s10163-025-02323-3>
14. Measuring circular economy transition potential for industrial wastes. *Sustainable Production and Consumption*. 2023;40:376-388. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.06.013>
15. Akomea-Frimpong I., Tetteh P.A., Ofori J.N.A. et al. A bibliometric review of barriers to circular economy implementation in solid waste management. *Discover Environment*. 2024;2:20. <https://doi.org/10.1007/s44274-024-00050-4>
16. Исакова М.Н. Стратегический анализ и эффективность использования ресурсов предприятия в кризисной ситуации. *Фундаментальные исследования*. 2024;(7):70-74. <https://doi.org/10.17513/fr.43647> EDN VNJIGO
Isakova M.N. Strategic analysis and efficiency of using enterprise resources in a crisis situation. *Fundamental Research*. 2024;(7):70-74. (In Russ.) <https://doi.org/10.17513/fr.43647> EDN VNJIGO
17. Tidd J., Bessant J.R. *Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change*. 7th ed. Chichester: Wiley; 2020.624 p.
18. Beyseev S., Naukenova A., Tulekbayeva A. et al. Recommendations on the development of a hazard register for assessing the level of risks in the field of occupational health and safety at food industry enterprises. *Universitet Enbakteri – University Proceedings*. 2024;(1):176-184. https://doi.org/10.52209/1609-1825_2024_1_176 EDN HTGIHY
19. Mizikovskiy I.E., Lapaev D.N., Kornilov D.A. et al. Engineering enterprise cost management policy in a developing real economy. *International Journal of Economic Policy in Emerging Economies*. 2024;19(3-4):285-295. <https://doi.org/10.1504/IJEPPE.2024.139083> EDN AOTJTV
20. Deming W.E. *Out of the Crisis*. Cambridge: MIT Press; 2018.507 p.
21. Мизиковский И.Е. Управленческий контроль учетных цен материалов в целях обеспечения экономической безопасности промышленного предприятия. *Инновационная экономика: регулирование и конкуренция : материалы X Международной научно-практической конференции*. Нижний Новгород; 2017:99-102. EDN XWVRML
Mizikovskiy I.E. Managerial control of accounting prices of materials in order to ensure the economic security of an industrial enterprise. *Innovative Economics: Regulation and Competition: Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference*. Nizhny Novgorod; 2017:99-102. (In Russ.) EDN XWVRML