

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно–Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Институт естественных и точных наук
Факультет «Химический»
Кафедра «Экология и химическая технология»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент, руководитель группы

СЭМ ОЗОС ПАО «Магnezит»

Грачева А.А.

2017 г.



ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

В.В. Авдин

2017 г.

Экологическая безопасность и природоёмкость стадий
производственной системы

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–050306. 2017.414 ПЗ ВКР

Руководитель НИР,

к.т.н., с.н.с., доцент

В.Р. Гофман

2017 г.

Автор НИР

студент группы ЕТ–452

Т.В. Белинский

2017 г.


Нормоконтролер

В.Р. Гофман

2017 г.

Челябинск 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
Национальный исследовательский университет»
Институт естественных и точных наук
Факультет «Химический»
Кафедра «Экология и химическая технология»
Специальность «Экология и природопользование»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой, д.х.н.
 В.В. Авдин
« 19 » июня 2017 г.

ЗАДАНИЕ
на выпускную квалификационную работу студента
Белинскому Тадеушу Валерьевичу
Группа ЕТ-452

1 Тема работы

Экологическая безопасность и природоёмкость стадий производственной системы

утверждена приказом по университету от «23» апреля 2017 г. № 835

2 Срок сдачи студентом законченной работы «22» июня 2017 года

3 Исходные данные к работе

Материалы учебной и производственной практики, литературные источники по проблеме исследования

4 Содержание пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

5 Перечень графического материала
 Презентация выпускной квалификационной работы содержит ____ слайдов,
 выполненных в программе PowerPoint 2013. Всего листов

6 Дата выдачи задания 15 апреля 2017 г.
 Руководитель _____ В.Р. Гофман
 Задания принял к исполнению _____ Т.В.Белинский

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выпускной квалификационной работы	Срок выполнения этапов работы	Отметка о выполнении руководителя
Анализ состояния вопроса	01.04.2017	
Работа с литературными источниками	15.04.2017	
Разработка методики исследования	30.04.2017	
Сбор данных на предприятии	15.05.2017	
Обработка информации	30.05.2017	
Оформление ВКР	15.06.2017	

Заведующий кафедрой _____ /В.В. Авдин/
 Руководитель работы _____ /В.Р.Гофман/
 Студент-дипломник _____ /Т.В.Белинский/

РЕФЕРАТ

Белинский Т.В. Экологическая безопасность и природоемкость стадий производственной системы – Челябинск: ЮУрГУ, ЕТ-452, 54 с., 13 ил., 12 табл., библиогр. список – 16 наим.

Объект исследования – экологическая безопасность и природоемкость стадий производственной системы в контексте входных и выходных потоков в условиях действующего производства.

Цели и задачи НИР:

- Выполнить комплексное исследование производственной деятельности предприятия с использованием методологии MIPS-analysis;
- Выявить наиболее ресурсоемкие виды энергетических ресурсов и сырья;
- Разработать рекомендации по повышению экологической эффективности и ресурсной продуктивности предприятия.

Область применения – методологическая основа комплексной оценки деятельности хозяйствующего субъекта, минимизирующая экологические и социальные издержки общества.

Степень внедрения – рекомендовано к использованию на промышленных предприятиях отрасли.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА.....	7
1.1 Природоемкость.....	
1.2 MIPS-анализ	9
1.3 Оценка жизненного цикла	16
1.3.1 Инвентаризационный анализ жизненного цикла	18
1.3.2 Оценка воздействия жизненного цикла	19
1.3.3 Интерпретация жизненного цикла.....	21
1.4 Экологический след, экологический рюкзак.....	23
1.5 Общее материальное потребление.....	25
2 МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	27
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	39
3.1 Цели, задачи и единица услуги	
3.2 Характеристика производства.....	
3.3 Представление данных о входных и выходных материальных потоках	41
3.4 Интерпретация полученных данных	43
3.5 Графическое представление полученных результатов.....	46
3.6 Рекомендации по повышению экологической эффективности и ресурсной продуктивности производства.....	53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	54
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	55

ВВЕДЕНИЕ

Для функционирования производства требуются затраты природных и материальных ресурсов.

В течение предыдущих двух столетий технологический прогресс был по преимуществу ориентирован на решение проблемы эффективного использования и сбережения трудовых ресурсов и соответственно повышение производительности живого труда, который требовал непропорционального увеличения расходования природных ресурсов.

Неэффективное использование природных ресурсов предприятием влечет за собой большие материальные затраты. Несомненно, для снижения данных затрат необходимо внедрение новых эко-эффективных технологий.

Понятие «эко-эффективность» отражает идею получения большего количества продуктов или услуг с наименьшими издержками, в данном случае – с минимальным расходованием всех видов ресурсов (или с их максимально эффективным использованием).

В данной работе эко-эффективность на уровне предприятия оценивается с помощью показателя удельной ресурсоемкости продукта или услуги (Material Input Per Service unit – MIPS).

Этот показатель рассматривает не только выходы производственных процессов или продуктовых цепей, а также большое внимание уделяет входам отдельных процессов или продуктовых цепей в целом.

Конкретные предложения, полученные в данной работе, позволят предприятию значительно оптимизировать производственный процесс и существенно снизить материальные затраты.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

1.1 Природоемкость

Важным показателем эффективности функционирования природно-производственной системы является природоемкость. Этот показатель хорошо характеризует тип и уровень эколого-экономического развития. Среди экономических критериев уменьшение природоемкости экономики в динамике является эффективным критерием устойчивого развития. Можно выделить два типа показателей природоемкости, указанные ниже.

– удельные затраты природных ресурсов в расчете на единицу конечного результата (конечной продукции). (Часто этот показатель определяется как собственно показатель природоемкости). Здесь величина природоемкости зависит от эффективности использования природных ресурсов во всей цепи, соединяющей первичные природные ресурсы, продукцию, получаемую на их основе, и непосредственно конечные стадии технологических процессов, связанных с преобразованием природного вещества.

– удельные величины загрязнений в расчете на единицу конечного результата (конечной продукции). В качестве загрязнений могут быть взяты различные загрязняющие вещества, газы, отходы. Величина этого показателя во многом зависит от уровня «безотходности» технологии, эффективности очистных сооружений и пр.

Второй уровень показателей природоемкости (продуктовый или отраслевой уровень) определяется:

– затратами природного ресурса в расчете на единицу конечной продукции (V), произведенной на основе этого ресурса (например, количество земли,

требуемой для производства 1 т зерна; количество леса, требуемого для производства 1 т бумаги и пр.)

Фактически это оценка эффективности функционирования природно-продуктовой вертикали, соединяющей первичный природный ресурс с конечной продукцией. Чем меньше здесь показатель природоемкости, тем эффективнее процесс преобразования природного вещества в продукцию, меньше отходы и загрязнения.

Объемом загрязнений в расчете на единицу использования природного ресурса, территории загрязнения, количество населения, конечной продукции.

В статистике также используются модифицированные показатели природоемкости в расчете на общее население страны, региона, города и т.д.; затраты природных ресурсов или количество загрязнений на душу населения.

Сами по себе показатели природоемкости мало что говорят. Главные их достоинства проявляются при их измерении в динамике или при сравнении с другими странами, экономическими структурами, технологиями и пр. В настоящее время экономики развивающихся стран и стран с переходной экономикой чрезвычайно природоемки и требуют значительно большего удельного расхода природных ресурсов (объемов загрязнений) на производство продукции по сравнению с уже имеющимися экономическими структурами других стран и современными технологиями.

Рассматривая ситуацию с природоемкостью в мире, следует отметить, что в большинстве стран затраты природных ресурсов и производимые загрязнения по отношению к конечным результатам чрезмерно велики. Как показывает опыт развитых стран, природоемкость обоих типов показателей (макроуровень и отраслевой, продуктовый уровень) может быть снижена как минимум в 2-3 раза.

Целесообразно также измерение показателя природоемкости в динамике. Его изменение может свидетельствовать или о экологосбалансированных, или техногенных сдвигах в экономике [1].

1.2 MIPS-анализ

В настоящее время экоэффективность, то есть более эффективное использование природных ресурсов, рассматривается как одна из наиболее перспективных стратегий устойчивого развития.

В целом, в мире до 90% природных ресурсов и материалов, используемых в производстве, становятся отходами. В промышленно развитых странах на одного человека ежегодно расходуется около 100 тонн невозобновляемых природных ресурсов, при этом менее 20% населения использует более 80% всех природных ресурсов. Кроме того, спрос на природные ресурсы во много раз превышает возможности земного шара. Поэтому 50% сокращение глобальных материальных потоков оказывается необходимым шагом для стабилизации биосферы.

Пристальное внимание широкого круга специалистов и ученых к данному вопросу, однако, было привлечено лишь относительно недавно. Обострение экологических проблем наконец-то заставило обратиться к изменению ориентиров технологического прогресса, что и выразилось в формировании концепции эко-эффективности. При этом ныне все чаще проявляется следующая тенденция. Снижение потребления природных ресурсов (соответственно, рост эко-эффективность) достигается за счет внедрения новых технологий в меньшей степени, чем за счет глубокого анализа потерь природных ресурсов при использовании уже существующих технологий [2].

Оценивание экологической эффективности – это внутренний процесс управления, использующий показатели, предоставляющие информацию, позволяющую сравнить прошлую и настоящую экологическую эффективность организации с критериями этой эффективности. ОЭЭ осуществляют по следующей модели управления: «Планирование – Выполнение – Проверка – Действие» [3].

MIPS – это показатель, характеризующий материальный вход на единицу продукции или услуги. MIPS служит для оценки воздействия на окружающую среду материального входа, необходимого для производства продукции или услуги, так как он показывает суммарное количество материальных ресурсов, используемых для получения этого продукта или услуги.

Извлечение материалов для производства продукции и образующиеся отходы вызывают необратимые изменения в природных материальных потоках и циклах. Ранее устойчивые циклические системы становятся неустойчивыми. В качестве примера можно привести, в частности, парниковый эффект. Именно использование природных ресурсов существенно и постоянно изменяет условия окружающей среды.

MIPS – это целевой и практический показатель, который помогает выявлять положительные, в том числе и финансовые, возможности ресурсосберегающей предпринимательской деятельности (менеджмент потребления и услуг, затратную и ресурсную продуктивность) [4]. Применение концепции MIPS способствует развитию устойчивой предпринимательской деятельности в компаниях, а также принятию экологически сбалансированных решений, как на уровне отдельных отраслей экономики, так и на региональном, национальном и глобальном уровнях. Совместное рассмотрение процессов на всех этих уровнях обеспечивает оптимизацию всех материальных входов, необходимую для увеличения ресурсной продуктивности во всем жизненном цикле продукции или во всей экономике в целом.

MIPS позволяет определить количество использованных ресурсов, начиная с момента их извлечения из природной среды. Используемые в расчетах данные соответствуют количеству перемещенной в окружающей среде массы вещества, с распределением по соответствующим категориям природных ресурсов: на биотические (возобновимые) и абиотические (невозобновимые) ресурсы, воду, воздух и перемещение почвы в сельском и лесном хозяйстве, включая эрозию.

Потребление всех материалов во время производства, потребления и рециклирования или размещения на свалке, повторная переработка и выбросы вычисляются в тоннах потребляемых ресурсов. Вычисление производится с помощью простых расчетных коэффициентов для потребления энергии или для использования транспортных средств, которые выражаются в единицах тонна на мегаватт-час (т/МВт-ч) или тонна на тонно-километр (т/т-км). За этими простыми коэффициентами скрывается рассмотрение сложных систем, позволяющее, например, проанализировать потребление ресурсов на единицу энергоносителя при производстве энергии на энергетической установке определенного типа. Это упрощает работу исследователя и делает анализ более целенаправленным. Таким образом, MIPS становится понятным и согласованным показателем, служащим практическим целям.

Посредством применения показателя MIPS предприятия могут производить непрерывный анализ всего жизненного цикла выпускаемой ими продукции или оказываемых услуг. Кроме того, использование MIPS выявляет огромный потенциал для инноваций в отношении использования сырья и процессов переработки. Такие инновации могут существенно повысить конкурентоспособность компаний на рынках, как в настоящее время, так и в будущем. В отличие от показателей, которые относятся к выходным потокам (выбросы, например), MIPS ориентирован на устойчивое производство продукции и услуг, а не только на сокращение выходных потоков, связанных с уже существующими продуктами или продуктовыми группами.

$MIPS = \text{Материальный вход на единицу услуги} = MI/S;$

$\text{Ресурсная продуктивность} = S/MI$

MI – количество материалов на «входе» процесса или продуктовой цепи;

S – количество оказываемых услуг или выпускаемого полезного продукта.

В любом случае, рано или поздно, весь материальный вход становится выходом, поступающим в окружающую среду в виде отходов, сбросов или

выбросов. Если каждый вход обязательно становится выходом, то, измеряя вход, можно получить косвенную оценку возможного воздействия выхода на окружающую среду. Большинство методов оценки экологического качества основано на исследовании различных выбросов, сбросов или иного поступления в окружающую среду веществ, воздействие которых известно или, по крайней мере, частично описано. Из множества выброшенных веществ (от сотен тысяч до миллиона наименований) детально изучено воздействие не более нескольких сотен веществ.

Однако при рассмотрении входов выходы автоматически включаются в расчет в качественном отношении. Проходя через определенные процессы, все входы становятся выходами но, к сожалению, лишь очень небольшое количество выходов полезно используется и является желательным (продукты, услуги). Измеряя входы, не всегда можно получить количественную оценку воздействия, но при этом можно получить ценный качественный показатель потенциала воздействия на окружающую среду продукта или услуги. Таким образом, MIPS является весьма уместным показателем для оценки превентивных мер для защиты окружающей среды, и тем самым он восполняет существующий пробел, который невозможно оценить, используя другие экологические индикаторы. MIPS не является специфическим показателем, применяемым к оценке воздействия определенных материалов или опасных веществ, но служит предупредительным индикатором и, косвенно, через уменьшение материальных потоков, направлен на предотвращение не только известных, но и еще не известных проблем окружающей среды.

Используемые показатели для определения относительного потенциального воздействия на окружающую среду должны удовлетворять следующим требованиям:

– быть научно обоснованными;

- гарантировать прямые и воспроизводимые оценки потенциального воздействия окружающей среды на все процессы, товары и услуги от начала их жизненного цикла и до получения конечного продукта;
- быть легко применимыми на практике и также эффективными с точки зрения затрат времени и финансовых ресурсов;
- отвечать целям исследования;
- практически и концептуально быть применимыми к проблемам экономики и ко всем аспектам получения экономической выгоды;
- быть применимыми на всех уровнях: местном, региональном и глобальном.

Сущность MIPS-анализа заключается в оптимизации материалов и процессов, используемых при производстве продуктов или услуг. Некоторые возможные предложения представлены в следующих примерах:

- сокращение материального входа в рамках исследуемой процессной цепи (оптимизация процесса);
- сокращение материального входа продукта (оптимизация продукции);
- увеличение единицы используемой услуги (оптимизация продукции);
- сравнение альтернативных продуктов и услуг.

Обычно возможности для оптимизации существуют во всех процессах и на всех стадиях жизненного цикла. Конечно, оптимизацией необходимо заниматься, прежде всего, на той стадии, на которой может быть получена максимальная экономия. Первым и самым важным шагом должно быть выявление такой стадии при рассмотрении наиболее полного жизненного цикла, т. е. осуществление так называемого «анализа горячей точки». После того, как определены процессы, которые должны быть оптимизированы, рекомендуется составить список в соответствии с приоритетами по величине возможных затрат и экономии ресурсов. Затем необходимо выяснить, какие из этих процессов могут быть изменены в отдельности, какие из них косвенно зависят от других процессов и

какие не могут быть изменены или, если изменения возможны, вызовут трудности.

Впоследствии процессы, которые поддаются оптимизации, вносятся в перечень в следующем порядке:

- процессы, за которые непосредственно отвечает предприятие (например, внутренние процессы фирмы);
- процессы, за которые косвенно отвечает предприятие (например, процессы поставщиков или покупателей);
- процессы, не поддающиеся влиянию (например, извлечение ресурсов, генерирование энергии).

Отнесение оптимизируемых процессов к описанным выше категориям зависит от определенных обстоятельств и ситуаций на предприятии. Это могут быть, например, такие внутренние процессы в производстве автомобилей, которые не допускают никаких изменений, поскольку действующие договоры фирмы-производителя автомобилей слишком ограничены. С другой стороны, на значения чисел МІ, например, для выработки энергии, предприятие может повлиять самостоятельно, если хотя бы частично выработка энергии обеспечивается за счет регенерации солнечной энергии. Кроме того, процессы могут подразделяться на центры оптимизации в зависимости от их типа.

Примеры для сокращения материального входа (МІ):

- выбор рабочих материалов (например, использование рециклируемых материалов);
- выбор методов производства (например, применение энергосберегающего оборудования, замкнутых циклов водоснабжения);
- специальные технологии обработки поверхностей для уменьшения и предотвращения коррозии, трения, загрязнения;
- дизайн (например, сменные кухонные панели, способствующие сбережению природных ресурсов);

- транспорт (например, использование наиболее простых транспортных средств, сокращение транспортных перевозок);
- упаковка (например, системы многоразового использования);
- переработка материалов, (например, применение разборных соединений, рециклируемость, минимальное разнообразие материалов).

Примеры для повышения единицы услуги (S):

- применение, использование (например, программы экологичной мойки для моечных машин, возможности отключения для морозилок, многоцелевые инструменты и оборудование, увеличение «продолжительности жизни»);
- услуги, эксплуатация (например, возможность замены частей, которые подвержены износу и разрыву, модернизации);
- возможность многократного использования, как по прежнему, так и по новому назначению (например, многократное использование торговых палаток; банка из-под горчицы становится стаканом для питья);
- услуги с оптимизированным входным потоком ресурсов (например, инструменты и машины, которые используются редко, могут быть взяты в аренду).

Конечно же, приведенный список, представляет собой только некоторые типовые возможности. Он не охватывает все возможные стратегии оптимизации, поскольку ее сущность обычно определяется слишком сложно.

При рассмотрении входных потоков выделяется пять категорий ресурсов. Земельные ресурсы в концепции MIPS подразделяются на три отдельных вида для получения более значимых результатов: абиотические ресурсы, биотические ресурсы и перемещение почвы [5].

Абиотические ресурсы:

- минеральные вещества (в том числе извлечение таких материалов, как руда, песок, гравий, сланцы, гранит);

- ископаемое топливо (уголь, нефть, природный газ), причем извлечение и связанные с ним отходы не рассматриваются;
- экскавация земли (например, экскавация почвы или осадков).

Биотические ресурсы:

- искусственно выращенная растительная биомасса;
- биомасса в дикой природе (растения, животные).

Перемещение почвы в сельском и лесном хозяйстве:

- механическое перемещение почвы;
- эрозия.

Вода (подразделяется на воду для дальнейшей обработки и для охлаждения):

- поверхностные воды;
- грунтовые воды;
- подземные воды.

Воздух:

- горение;
- химические превращения;

К показателю MIPS применяются те же требования, что и к любым другим формам экологического учета, а именно: для повышения значимости и достоверности его определение должно быть основано на оценке жизненного цикла (ОЖЦ) продукции.

1.3 Оценка жизненного цикла

Все возрастающая важность проблемы защиты окружающей среды и возможных воздействий, связанных с изготовляемой и потребляемой продукцией, повышает интерес к разработке методов, направленных на снижение этих воздействий. Одним из методов, разрабатываемых для этой цели, является оценка жизненного цикла (ОЖЦ).

ОЖЦ адресует экологические аспекты и потенциальные воздействия на окружающую среду (т.е. использование ресурсов и экологические последствия высвобождения) через жизненный цикл продукции от приобретения сырья, производство, использование, вывод из обращения, переработку и утилизацию.

Существует четыре стадии изучения ОЖЦ:

1. стадия определения целей и области исследования;
2. стадия инвентаризационного анализа;
3. стадия оценки воздействия;
4. стадия интерпретации.

Связь между стадиями ОЖЦ изображена на рисунке 1.



Рис. 1 – Связь между стадиями ОЖЦ

ОЖЦ включает в себя рассмотрение всего жизненного цикла продукта от добычи сырья и его приобретения, включая производство энергии, материала и изготовление, до применения продукта и последующего прекращения его использования и окончательной утилизации.

При помощи проведения такого систематического анализа и учета перспективы появляется возможность идентификации или исключения смещения потенциальной экологической нагрузки между стадиями жизненного цикла или индивидуальными процессами.

ОЖЦ рассматривает аспекты окружающей среды и воздействия, оказываемые производственной системой. Экономические и социальные аспекты и их воздействия, как правило, не попадают в сферу влияния ОЖЦ. Для проведения более всесторонних и глубоких оценок параллельно с ОЖЦ могут применяться другие инструменты.

ОЖЦ представляет собой относительный подход, структурированный на основе функциональной единицы. Функциональная единица определяет область изучения. Все последующие анализы являются относительными в отношении данной функциональной единицы, поскольку все входные и выходные потоки в ИАЖЦ и, следовательно, профиль ОВЖЦ относятся к функциональной единице [6].

1.3.1 Инвентаризационный анализ жизненного цикла

Инвентаризационный анализ жизненного цикла (ИАЖЦ) включает сбор данных, необходимых для исследования, а также инвентаризацию данных входных и выходных потоков.

Данные ИАЖЦ определяют цель и область исследования, а также необходимость сбора дополнительных данных.

Производственная система представляет собой совокупность единичных процессов, связанных между собой потоками полуфабрикатов, выполняющих одну или более заданных функций. Описание производственной системы включает в себя описание единичных процессов, элементарных потоков и потоков продукции

через границы системы (направленные в систему или из нее), а также потоков полуфабрикатов внутри системы.

Производственные системы подразделяют на совокупности единичных процессов. Единичные процессы соединяются между собой потоками полуфабрикатов и/или потоками отходов, предназначенных для переработки, потоками продукции – с другими производственными системами и элементарными потоками – с окружающей средой.

Собранные данные, измеренные, расчетные или оцененные, используют для количественного описания входных и выходных потоков единичного процесса и классифицируют следующим образом:

- входные энергетические потоки, входные сырьевые потоки, дополнительные входные потоки, другие физические входные потоки;
- продукция;
- выбросы в атмосферу, сбросы в воду, сбросы в почву, другие экологические аспекты [7].

1.3.2 Оценка воздействия жизненного цикла

Оценку воздействия жизненного цикла (ОВЖЦ) используют для исследования производственной системы, исходя из экологических перспектив, категорий воздействий и показателей категорий, связанных с результатами ИАЖЦ.

Общая структура фазы ОВЖЦ включает несколько обязательных элементов, преобразующих результаты ИАЖЦ в значения показателей. Имеются также необязательные элементы для нормализации, группирования или взвешивания значений показателей, а также методы анализа качества данных. Фаза ОВЖЦ – лишь одна часть общего исследования ОЖЦ и должна

координироваться с другими фазами ОЖЦ. Элементы фазы ОВЖЦ показаны на рисунке 2.

К обязательным элементам ОВЖЦ относят:

- выбор категорий воздействий, показателей категорий и характеристических моделей; идентификацию категорий воздействий, соответствующих показателей категорий и характеристических моделей, конечных точек категорий и связанных с ними результатов ИАЖЦ, к которым адресуется исследование ОЖЦ. Например, такая категория воздействия, как изменение климата характеризуется показателем выброса тепличных газов (результаты ИАЖЦ), а в качестве показателя категории используют поглощение инфракрасного излучения;
- присвоение результатам ИАЖЦ (классификация) категории воздействия;
- расчет значений показателей категорий (определение характеристик).

Значения показателей для различных категорий воздействий в совокупности представляют профиль ОВЖЦ производственной системы [8].

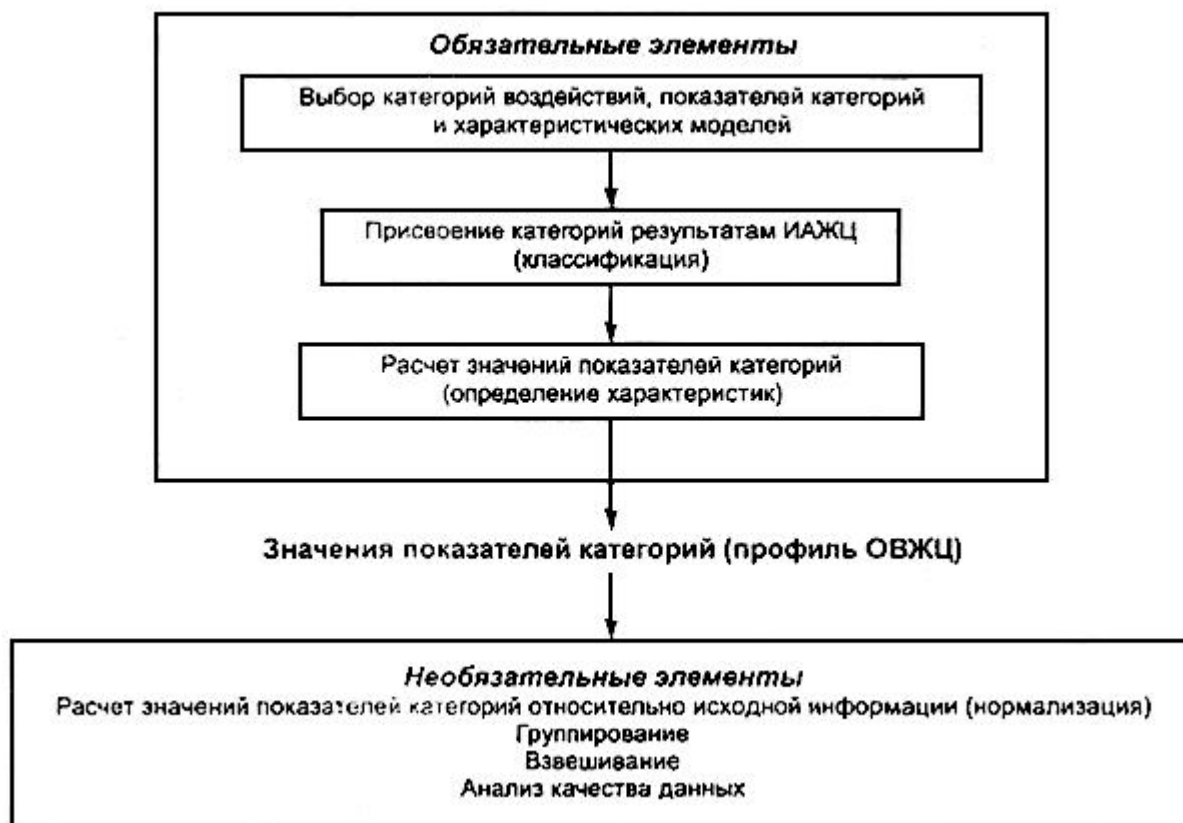


Рис. 2 – Элементы фазы ОВЖЦ

1.3.3 Интерпретация жизненного цикла

Целями интерпретации жизненного цикла являются анализ результатов, достигнутых заключений, объяснение ограничений и подготовка рекомендаций на основе результатов предшествующих фаз исследований ОЖЦ или ИАЖЦ и подготовки отчета по результатам интерпретации жизненного цикла.

Интерпретация жизненного цикла также предполагает представление правильно понимаемых, полных и согласованных результатов исследования ОЖЦ и ИАЖЦ в соответствии с целями и направлениями исследования.

Фаза интерпретации исследования ОЖЦ или ИАЖЦ включает три элемента (рисунок 3):

- идентификация проблем, базирующихся на результатах фаз ИАЖЦ и ОВЖЦ исследования ОЖЦ;
- оценивание, включающее проверку полноты, чувствительности и согласованности;
- заключение, рекомендации и отчет.

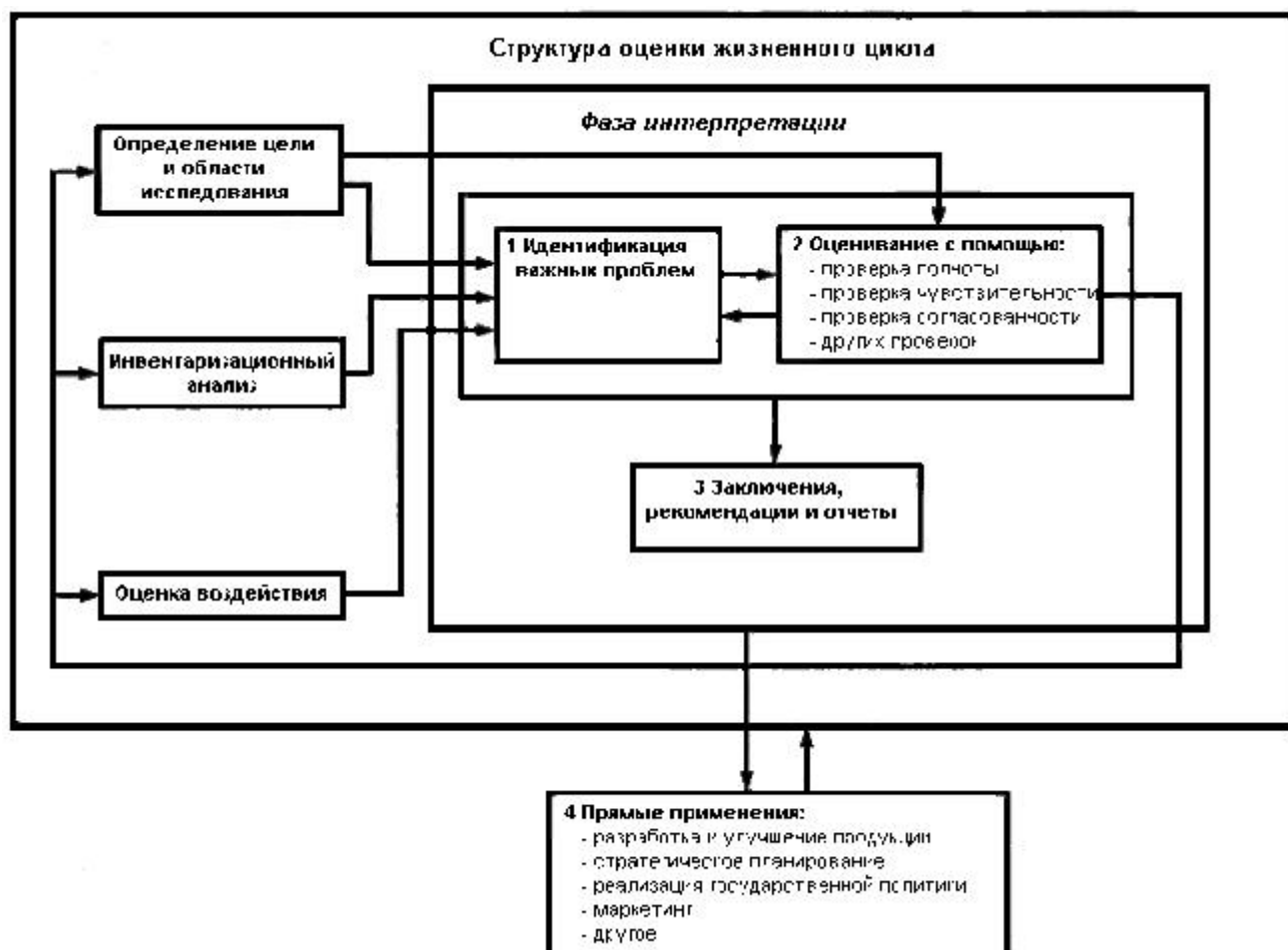


Рис. 3 – Фаза интерпретации исследования

Заключения по результатам исследования готовят при взаимодействии с другими элементами фазы интерпретации жизненного цикла в следующей последовательности:

- идентифицируют важные экологические вопросы;

- оценивают методологию и результаты оценивания полноты, чувствительности и согласованности;
- готовят предварительные заключения, чтобы убедиться, что они соответствуют требованиям цели и области исследования, включая требования к качеству данных, предварительно определенным допущениям и их значимости к применению результатов исследований;
- если заключения согласованы, их помещают в отчет в полном объеме.

При подтверждении соответствия цели и области исследования следует дать определенные рекомендации для лиц, принимающих решения, основанные на окончательных заключениях исследования и отражающие логичность и оправданность этих заключений [9].

1.4 Экологический след, экологический рюкзак

Экологические проблемы занимают все более важное место в системе мировых приоритетов. При этом в качестве главного виновника экологической деградации, как правило, называют экономику. Вместе с тем существуют объективные возможности неантагонистического сосуществования экономики и природной среды, конструктивные подходы к экологизации мирового экономического развития [10].

Согласно концепции MIPS, все продукты имеют определенные экологические последствия.

Для того чтобы грамотно оценить какое количество природных ресурсов потребляется на входе, следует рассмотреть понятие «экологического рюкзака». «Экологический рюкзак» равен общему материальному входу природных ресурсов (в килограммах) в продукт, который способен перенести свойство полезности, минус вес самого продукта (в килограммах).

Основные материалы (сырье) здесь определяются как «факторы рюкзака» (MI-числа). Они представляют собой общее количество природных материалов (в килограммах), необходимое для производства 1 кг основного материала.

«Факторы рюкзака» рассматриваются как разновидность свойств материалов, которые должны приниматься во внимание при проектировании продукта с высокой ресурсной продуктивностью.

Экологический след – это площадь биологически продуктивной территории и акватории, необходимой для производства потребляемых человеком ресурсов и поглощения отходов. В связи со сложностью сбора данных главным видом отходов, который учитывает система национальных экологических счетов, является двуокись углерода, образующаяся при сжигании ископаемого топлива. Величина экологического следа, как и величина биоемкости, выражается в универсальных стандартизованных единицах измерения – глобальных гектарах (гга).

Глобальный гектар – это условная единица, обозначающая гектар биологически продуктивной территории или акватории со средним мировым показателем биопродуктивности за определенный год.

Биологическая емкость представляет собой способность экосистем восстанавливаться и при этом обеспечивать человека необходимыми экосистемными услугами в конечных пределах, определяемых размером биосферы Земли.

Наличие дефицита или запаса биоемкости отражает соотношение между экологическим следом и биоемкостью того или иного региона или государства. Дефицит биоемкости возникает в том случае, если экологический след населения превышает биоемкость территории, которую оно занимает. Запас биоемкости возникает тогда, когда доступная биоемкость территории превышает экологический след населяющих ее людей.

Перерасход экологического капитала возникает, когда спрос на ресурсы экосистемы превышает ее способность воспроизводить природный капитал. Такой перерасход приводит к сокращению экологических активов и накоплению углекислого газа в атмосфере. Перерасход экологического капитала может быть локальным и глобальным [11].

Потенциал глобального потепления (сокр. ПГП, англ. Global warming potential, GWP) – коэффициент, определяющий степень воздействия различных парниковых газов на глобальное потепление. Эффект от выброса оценивается за определённый промежуток времени. В качестве эталонного газа взят диоксид углерода (CO₂), чей ПГП равен 1. Коэффициент ПГП был введён в 1997 году в Киотском протоколе [12, 13].

Потенциал глобального потепления (ПГП) какого-либо парникового газа (ПГ), количество которого приравнивается к количеству CO₂ с тем же ПГП.

Время жизни углекислого газа в атмосфере составляет примерно 100 лет. Его ПГП равен 1, так как этот газ является базовым эталоном [12].

1.5 Общее материальное потребление

Сумма всех категорий ресурсов, позволяет получить основной показатель для анализа, который называется «общее материальное потребление» (Total Material Requirement – TMR). Этот показатель используется при учете ресурсов на уровне национальной и региональной экономики.

Для того, чтобы оценить эффективность использования ресурсов и то их количество, которое поступает обратно в ОС, используется метод баланса материальных потоков.

Сторона входов помимо материалов и продуктов, выращенных или извлеченных внутри экономики, содержит импортируемые материалы и продукты, а также количество кислорода, необходимое для сжигания ископаемого

топлива и для дыхания человека и животных. Физический рост экономики представлен как чистое увеличение капитала.

На стороне выхода находятся экспортируемые материалы, потоки отходов, поступающие в землю, воздух и воду и размещаемые на земле.

Материальный вход – ресурсы, извлеченные или импортируемые. Материальный выход – материалы, поступившие в ОС. Чистый дополнительный капитал – то, количество ресурсов, которое не поступило в ОС, те используется и принесло доход. Такое количество материалов запасается ежегодно в строящихся зданиях и инфраструктурах, например дорогах;

Баланс материальных потоков также иллюстрирует неразрывную связь между входными потоками ресурсов и последующими оттоками их в окружающую среду [5].

2 МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Вычисление MIPS производили в семь шагов.

При вычислении критерия MIPS прежде всего необходимо определить цели и задачи исследования. Важно установить, что подлежит анализу: один или несколько сравниваемых объектов, отдельный объект, оптимизация стадии производства или использования. Выбор задач и объектов анализа в значительной степени влияет на границы системы, подлежащие определению, а также на финансовый бюджет и человеческие ресурсы, необходимые для исследования. Другими словами, если бюджет проекта известен, то глубина анализа должна соответствовать имеющимся ресурсам.

В большинстве случаев, для того чтобы произвести сравнение различных продуктов, прежде всего необходимо установить единицу измерения, для которой затем будут собираться необходимые данные. В концепции MIPS мерой для сравнения является единица услуги, показывающая, какую пользу дает использование определенного продукта. В дополнение, единица услуги должна также отражать альтернативные дематериализованные продукты и инновационные услуги.

Установление единицы услуги требует рассмотрения того, какие продукты и каким образом должны сравниваться между собой.

При вычислении промежуточных шагов и результатов представляется рациональным не пользоваться единицей услуги, а относить результаты на единицы веса. Строго говоря, промежуточные продукты (так называемые полуфабрикаты, такие, как лист стали или часть фасада и т. д.) еще не завершают услуги, и конечный продукт может быть все еще не определен. Так, лист стали может служить частью машины, дома или игрушки либо совсем не входить в состав продукта, а относиться к категории «отходы производства».

При определении единицы услуги необходимо соблюдать следующие

правила:

- единица услуги должна давать возможность сравнивать различные альтернативные продукты, поэтому она должна быть как можно более обобщенной;
- единица услуги должна отражать все важные аспекты использования продукта.

Решение должно соответствовать этим двум правилам. Однако едва ли возможно, чтобы они полностью соблюдались, поскольку использование даже простого описания продукта может быть слишком сложным для выбора единицы услуги, а также потому, что для обобщенных единиц услуг количество возможных решений увеличивается, и при этом трудно учесть все важные аспекты использования продукта.

Следовательно, при выборе единицы сравнения надо ограничиваться основными свойствами и возможными вариантами использования каждого отдельного продукта. Другие аспекты, например, такие, как эстетичность, портативность, эргономичность, индивидуальное предпочтение и другие, также должны приниматься во внимание при принятии решений. Однако они не создают основного вклада в экологическую оценку. Тем не менее, подобные сравнения полезны, поскольку они показывают сильные и слабые стороны продукта. Необходимо стремиться, по возможности, выявить даже менее важные свойства определенных продуктов. Таким образом, не только увеличивается тщательность и глубина анализа, но также и появляются новые решения, потому что мы начинаем лучше понимать собственные продукты.

Значительно проще анализировать стандартизированные продукты. В стандартах содержатся четкие требования, которым должны соответствовать такие продукты. В строительстве, например, должны учитываться только стандартные требования, и никакое «улучшение» не принимается в расчет. Отказ от использования единицы услуги имеет смысл в следующих случаях:

- если требуется проанализировать только один промежуточный и необслуживаемый продукт (например, вещество или полуфабрикат);
- если не требуется сравнивать продукты, а необходимо оптимизировать процессную цепь (например, производство цемента);
- если сравниваемые продукты служат одной и той же цели (например, две разбитые мензурки).

Результатом действий, произведенных на стадии шаг 1, является выбор единицы услуги для сравнения [5].

Для того чтобы составить процессную цепь, изображается схема жизненного цикла продукции или услуги. В идеале, все процессы, необходимые для изготовления, использования и размещения на свалке отходов продуктов должны быть представлены на этой схеме.

Таким образом, получают достаточно полную картину для соответствующих процессов, и пробелы в информации устраняются достаточно легко. При изложении процессной цепи желательно выбрать несколько детальных описаний. При этом легче получить полное восприятие целого процесса, и в то же время можно наблюдать все этапы процесса в отдельности. Однако перед тем, как начать описание всех подготовительных процессов в цепи, надо проверить, не были ли эти вещества уже рассчитаны и проанализированы (числа MI). Расчет имеет смысл только в том случае, если он не производился ранее или если полученное число не может быть использовано в существующем виде.

Результатом действий, произведенных на стадии шаг 2, является процессная цепь или система процессных цепей, показывающих, какие процессы необходимы для производства продукции или выполнения услуги, включая предшествующие стадии обработки [5].

На стадии шаг 3 собираются необходимые данные о каждом из идентифицированных процессов. Все данные должны быть полностью документированы с указанием источника информации, года издания, поясняющих

записей, точного количества, единиц измерения и т. д. Если при этом не используется упомянутое выше программное обеспечение, целесообразно применять одинаковый формат для представления исходных данных.

Сбор данных и их проверка представляют собой наиболее важную и в большинстве случаев наиболее трудоемкую стадию MIPS-анализа.

Источниками информации могут служить:

- прямые измерения (они дают не только точные данные, но и, главным образом, достоверные результаты);
- интервью (они часто обеспечивают непосредственный неоценимый опыт, причем можно использовать как интервью, так и анкетирование экспертов);
- литературные ссылки (часто они являются единственным источником информации о процессах, происходящих вне предприятия).

Рекомендуется использовать справочники, периодические издания, статьи и специализированные словари. Составляя литературный обзор, можно пользоваться базами данных.

Однако часто все-таки возникают определенные информационные пробелы, и появляется необходимость неоднократного повторения «квалифицированных оценок». Может потребоваться специальная информация об аналогичных процессах. Применение теоретических зависимостей может также служить для получения необходимых данных, особенно при анализе технических процессов. Решающим является тот факт, что все источники информации должны точно документироваться.

Исходные данные, в основном, будут разнородны. Между общими и специфическими данными существуют следующие различия.

Общие данные представляют собой средние оценки и касаются классификации продукта. Общие данные отражают средние числа для определенной отрасли или страны.

Специфические данные справедливы для продуктов только при определенных условиях.

Другой важной особенностью является сфера действия данных. Записанные данные должны относиться к одному и тому же периоду времени, ситуации и процессу. Для устранения сезонных колебаний, например, можно использовать усредненные оценки. В случае потребления тепловой энергии для производства сельскохозяйственных продуктов или для отопления необходимо учитывать усредненные данные за несколько лет. Если известны данные только для одного года и продукт является новым, то это создает дополнительные сложности для вычисления MI-чисел. В данном случае можно проводить расчеты исходя из потребления ресурсов только в течение одного года, указав на наличие ограниченной информации.

Принципиально важно, что качество исходных данных является решающим для получения качественных чисел MI. При сборе данных следует обратить внимание на несколько общих правил.

Материальные потоки должны приводиться в соответствующих единицах веса (килограммах, тоннах и т. д.). Единица измерения должна указываться вместе с числовым значением. Таким способом можно избежать многих неожиданных результатов. Количественная информация без единицы измерения всегда неправильная. Первичное сырье, необходимое для процесса, сначала вносится в список входных потоков.

Они подразделяются на пять категорий по видам природных ресурсов. Эти входы не имеют предварительных процессных цепей; они, в основном, связаны с процессами, которые осуществляются в начале целых процессных цепей. Исключение составляют воздух для горения и, частично, вода. Кроме того, перечисляются все не первичные входные потоки: вещества, источники энергии, полуфабрикаты, модули, инфраструктуры, вспомогательные и эксплуатационные материалы. Эти входные потоки имеют предшествующие процессные цепи и

учитываются в пределах данных цепей или используются известные числа MI, если они уже установлены.

Список выходных потоков включает в себя все основные и побочные продукты, а также отходы, сточные воды, выхлопные газы и другие выбросы, которые поступают в воздух, воду и почву.

Необязательно указывать все входные и выходные потоки. Это зависит от выбора и установления границ системы и критерия сокращения. Согласно концепции MIPS, отходы, сточные воды и выбросы должны учитываться, если они подлежат дальнейшей обработке, например, на установке для рециклирования или очистки выбросов, которая требует материального входа.

Необходимо указать источник данных для каждого материала, вида энергии и полуфабриката.

В примечаниях требуется указывать специальную информацию в отношении данных, их источника и т. д.

После действий, осуществляемых в процессе стадии шаг 3, создается полная картина материальных и энергетических входных и выходных единичных процессов, используемых во время производства продукции или для оказания соответствующих услуг [5].

На стадии шаг 4 вычисляется материальный вход, необходимый для получения готового продукта. Если MI-числа находятся для материалов, модулей, полуфабрикатов, то расчет выполняется следующим образом.

Данные и результаты шага 3 (сбор данных) используются как исходные для вычислений. Определяются соответствующие материальные входы в килограммах (кг) или материальные интенсивности, например в килограммах на килограмм (кг/кг) или килограммах на мегаджоуль (кг/МДж), для соответствующих промежуточных продуктов, которые зависят от процессов, связанных с прямым извлечением ресурсов.

Материальный вход (MI) определяется путем умножения каждого входного потока (количество входящего вещества) на материальную интенсивность (MIT) входящего вещества. При сложении найденных произведений получают материальный вход соответствующего промежуточного продукта. При сборе данных и вычислений суммирование производится в пределах каждой категории ресурсов.

Материальная интенсивность выражается в единицах килограмм на килограмм (кг/кг). Единственное исключение из этого правила представляют продукты, не имеющие веса, такие, как электрическая энергия или теплота; в этом случае материальная интенсивность имеет другую размерность. Тогда единица веса указывается в числителе, а соответствующая единица, характерная для данного продукта, в знаменателе, например килограмм на киловатт-час (кг/кВт-ч). Для промежуточных продуктов, вход которых выражен в единицах веса, желательно задать материальную интенсивность в качестве результата, т. е. рассчитать материальный вход на один килограмм продукции.

Если для промежуточных продуктов нельзя определить единицу услуги, то критерий MIPS вычислить невозможно.

При вычислении материального входа и материальной интенсивности существенным является разделение между основными и побочными продуктами. Основные продукты могут суммироваться, поскольку это те продукты, для которых, главным образом, осуществляется процесс.

Материальный вход процесса приписывается основному продукту или делится на различные основные продукты пропорционально их весу. Побочные продукты – это продукты, которые также имеют рыночную ценность, но процесс выполняется не для них. Возможно, это связано с тем, что рыночная цена побочных продуктов слишком низкая или с тем, что они представляют собой отходы. Материальный вход процесса обычно включает в себя побочные продукты только в той части, которая связана с их дальнейшей обработкой. Такое

разделение готовых продуктов и входов может изменяться в зависимости от обстоятельств и условий производства. Вопрос о разделении продуктов на основные и побочные, таким образом, занимает центральное место в MIPS-анализе, и на это следует обратить внимание при установлении границ системы. Формулы для вычисления материального входа представлены ниже.

$$\text{Материальный вход} = \text{Количество входящего вещества} * \text{Материальная интенсивность}$$

$$MI = \text{Количество} \times MIT$$

Материальный вход имеет размерность (кг). Материальная интенсивность выражается в единицах (кг/ед.), например, (кг/кг), (кг/кВт).

Допустим, что рассчитан материальный вход на единицу продукта. Для условного продукта это означает, что потребление ресурсов выглядит следующим образом:

Таблица 1 – Потребление ресурсов при производстве условного продукта

Вид ресурса	Количество
Абиотические ресурсы, кг	2,0
Биотические ресурсы, кг	1,2
Вода, кг	1480,0
Воздух, кг	12,5
Эрозия, кг	223,0
Электрическая энергия, кВт-ч	2,8

Тогда экологический рюкзак условного продукта равен:

$$\text{Экологический рюкзак} = MI (TMR) - \text{Чистый вес} = 226,2 - 0,17 = 226,03 \text{ кг}$$

На листе вычислений так же, как и в списке данных, входные потоки веществ или их количество приводятся с соответствующими материальными интенсивностями для пяти категорий данных. Лист состоит из одной колонки – для входящего количества соответствующего вещества и двух колонок – для каждого из пяти категорий природных ресурсов. Материальная интенсивность используемых предварительных продуктов вписывается в первую из двух колонок. Во второй колонке записывается вклад отдельного входящего вещества в материальный вход продукции или процесса, который находится путем умножения материальной интенсивности на количество входящего вещества. Суммирование отдельных материальных входов дает общий вход в соответствующих категориях ресурсов [5].

Все процессы производства включаются в список данных и лист для вычислений для определения материального входа услуг или продуктов в полном жизненном цикле.

Использование ресурсов суммируется по всем стадиям жизненного цикла и показывается отдельно. На шаге 4 производится вычисление ресурсопотребления, включая потребление готового продукта.

Большинство продуктов требует расхода ресурсов не только на стадии производства, но также и на стадиях использования и уничтожения. Эти расходы часто зависят от пользователя или определяются особенностями потребления или назначения продукта. Следовательно, на данном шаге 5 потребление ресурсов определяется отдельно от стадии производства.

В дополнение к стадии производства, на шаге 5 учитывают расходы ресурсов, связанные с использованием и размещением отходов. Для полного цикла жизни условного продукта получим:

Таблица 2 – Потребление ресурсов во всем жизненном цикле условного продукта

Вид ресурса	Количество
Абиотические ресурсы, кг	119,5
Биотические ресурсы, кг	1,2
Вода, кг	4200,0
Воздух, кг	40,0
Эрозия, кг	223,0

На этой заключительной стадии находят отношение к единице услуги. MIPS, т. е. материальный вход на единицу услуги, рассчитывают путем деления материального входа на количество единиц услуг. MIPS имеет единицу (масса перемещенных природных ресурсов/услуга) или (масса перемещенных природных ресурсов/масса продукта). MIPS записывается в пяти различных категориях ресурсов (абиотические и биотические ресурсы, перемещение почвы, вода и воздух) [5].

Результат, полученный на шаге 5, теперь относится к единице услуги.

Табл. 3 – Потребление ресурсов рассчитанное на один период использования продукта

Вид ресурса	Количество
Абиотические ресурсы, кг	1,2
Биотические ресурсы, кг	0,01
Вода, кг	42,0
Воздух, кг	0,04
Эрозия, кг	2,2

После сбора данных и определения материального входа, материальной интенсивности или критерия MIPS необходимо проанализировать полученные результаты.

На стадии интерпретации результатов допустимо и часто имеет смысл анализировать использование следующих категорий ресурсов совместно: «абиотические ресурсы», «биотические ресурсы», а также «перемещение почвы», под которым понимают только эрозию. Однако достаточно часто дифференциация категорий дает интересные результаты. Сумма всех перечисленных категорий позволяет получить основной показатель для анализа, который называется «общее материальное потребление» (Total Material Requirement – TMR). Этот показатель используется при учете ресурсов на уровне национальной экономики.

Категорию «вода» желательно исследовать отдельно, поскольку вмешательство в эту категорию в различных регионах может иметь разные результаты и последствия.

Дифференциация между водой, необходимой для процессов, и охлаждающей водой помогает избежать чрезмерного преувеличения значения этой категории ввиду огромного количества воды, необходимой для охлаждения. При рассмотрении категории «воздух» следует анализировать происхождение частиц, поступающих в атмосферу, например, должны рассматриваться такие процессы, как горение, химические реакции и физические преобразования. Выделение углекислого газа необходимо относить к разделу «воздух на горение». Категорию «воздух» не следует складывать с другими категориями ресурсов. Всегда необходимо проверять, какой процент входных потоков фактически учтен и проанализирован, и какой был только грубо оценен. Количество анализируемых и вычисляемых входных потоков должно быть как можно больше.

Сравнивая альтернативы, можно определить наиболее предпочтительные варианты. В частности, более детально следует рассматривать процессы, которые имеют высокую материальную интенсивность. На основании полученных результатов можно выбрать наиболее оптимальные стратегии [5].

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Цели, задачи и единица услуги

Аналізу подлежит процесс производства огнеупорных материалов на предприятии.

Цели и задачи:

- анализ входных и выходных потоков производственного процесса;
- вычисление материального входа на различных стадиях производства, далее показателя MIPS;
- интерпретация результатов;
- предложения по оптимизации производственного процесса.

Выбор единицы услуги

Единицей услуги в данном случае является одна тонна огнеупорного материала.

3.2 Характеристика производства

Процесс производства огнеупоров начинается с добычи сырья. Сырьем для производства магнетитовых огнеупоров служит горная порода магнетит [15].

Далее начинается процесс обжига сырого магнетита, при этом происходит спекание, в результате которого повышается плотность материала. Основной недостаток при обжиге во вращающихся печах – большой унос пыли. Для улавливания пыли применяют очистку в осадительных камерах. Уловленную пыль называют каустический магнетит, после улавливания ее возвращают обратно на обжиг.

Для разделения спеченного магнезита по фракциям его подвергают измельчению на роликовой мельнице. После измельчения происходит процесс отсева измельченного магнезита.

На следующей стадии производства полученный состав дозируют и смешивают. Для уплотнения магнезитовых масс шихту прессуют на гидростатическом прессе.

Сырец, полученный после прессования, подвергают сушке в туннельных печах с помощью дымовых газов, затем подвергают повторному обжигу [15].

На заключительной стадии обожженные изделия охлаждают. Далее отправляют на склад, где происходит упаковка.

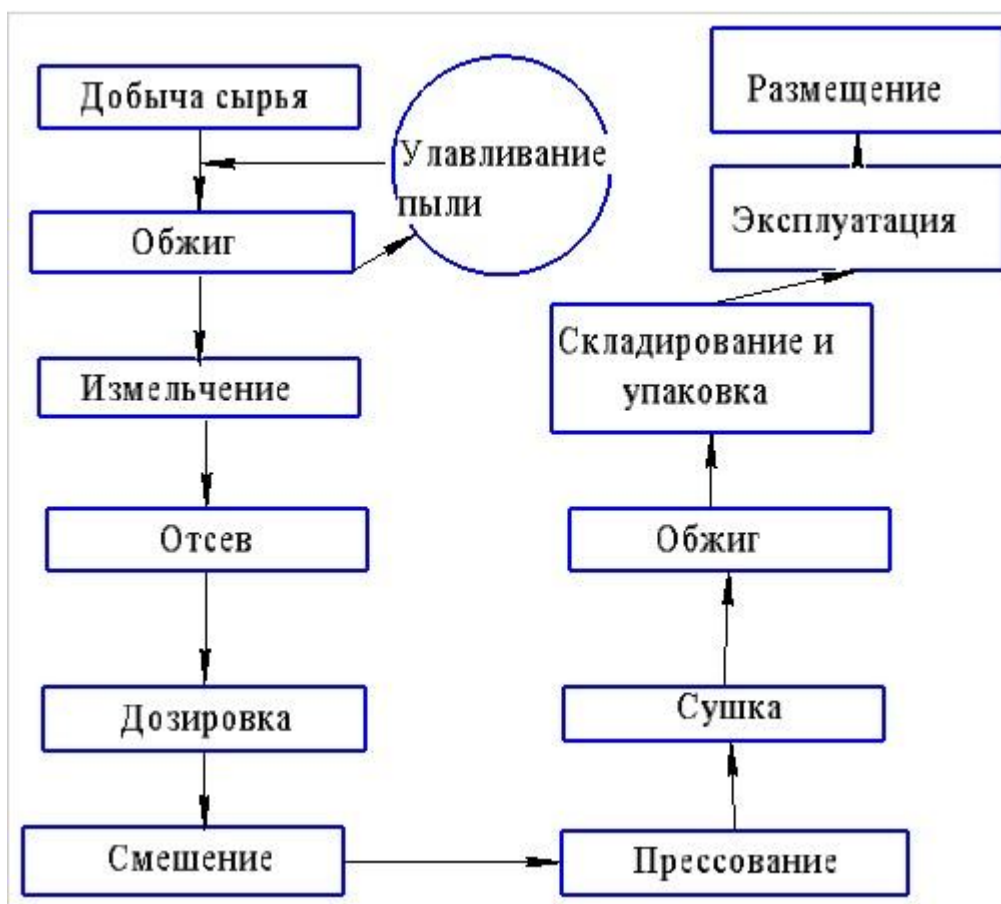


Рис. 4 – Схема жизненного цикла огнеупорных материалов

3.3 Представление данных о входных и выходных материальных потоках

Для анализа входных потоков материально-сырьевых ресурсов и производственного выпуска огнеупорных материалов используются данные о фактическом расходе сырья и энергетических ресурсов, а также о выходе готовой продукции. Полученные результаты представлены в табл. 4-7.

Табл. 4 – Объемы производства продукции в период с 2012 по 2016 гг.

Наименование	Объем производства, т				
	2012	2013	2014	2015	2016
Формованные магнезиальные изделия	2411,7	1707,2	1492,8	1831,9	1 860,9

Табл. 5 – Материальный вход

Наименование	Единица измерения	Расход общий				
		2012	2013	2014	2015	2016
Природный газ	т	495359,0	421128,0	411376,0	354499,0	420590,5
Вода питьевая	т	278,0	232,8	214,9	209,9	233,9
Теплоэнергия	тыс. кВт*ч	770,4	536,1	563,5	518,9	597,2
Природный магнезит	т	2624,7	2117,1	1969,8	1709,1	2105,2
Электроэнергия	тыс. кВт*ч	332657,0	195387,1	159608,9	266321,9	238493,7

Табл. 6 – Суммарные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу их очистка и утилизация

Наименование загрязняющего вещества	Суммарные выбросы, т/год				
	В том числе		Из поступающих на очистку		Всего выброшено в атмосферу
	Выбрасывается без очистки	В том числе от организованных источников загрязнения	Всего	Из них утилизировано	
Всего по предприятию	3595,1	2131,1	41710,7	37525,5	3780,3
Твердые	1408,6	408,6	41710,7	37525,5	1593,8
Газообразные и жидкие	2186,4	1722,4			2186,4
Из них: Диоксид серы	78,2	68,2			78,2
Оксид углерода	1273,3	973,3			1273,3
Оксид азота	691,2	550,0			691,2
Летучие органические соединения	16,3	10,4			16,3
Прочие газообразные и жидкие	127,3	120,4			127,3

3.4 Интерпретация полученных данных

Представленные выше данные были использованы в расчете общего материального входа в значениях МІ. Количество использованного ресурса было помножено на значение материальной интенсивности (МІТ) [2].

$$MI = \text{Количество} \times MIТ$$

Значения материальной интенсивности были взяты с сайта института Вуперталь. Далее был подсчитан общий материальный вход по категориям ресурсов (табл. 7-10).

Поскольку МІ-чисел для природного магнезита найти не удалось, в расчете были использованы числа для минерального сырья схожего с природным магнезитом по своим свойствам и способу добычи.

Таблица 7 – Общий материальный вход 2012 г (МІ)

Наименование	Расход, т	Абиотические материалы		Вода		Воздух	
		МІТ, т\т	МІ-число, т	МІТ, т\т	МІ-число, т	МІТ, т\т	МІ-число, т
Природный газ	495359,0	1,2	604337,9	0,5	247679,5	0	0
Вода питьевая	278,0	0,01	2,8	1,3	361,4	0	0
Теплоэнергия	2419,0	3,1	2419,1	59,3	45707,8	0,7	593,2
Природный магнезит	2624,7	3,2	8399,0	13,2	34646,0	0	0
Электроэнергия	332657,0	3,1	1047869,6	57,6	19174349,5	0,51	169655,1
Итого			1663028,4		19502744,2		170248,2

Таблица 8 – Общий материальный вход 2013 г (МИ)

Наименование	Расход, т	Абиотические материалы		Вода		Воздух	
		МИТ, т\т	МИ-число, т	МИТ, т\т	МИ-число, т	МИТ, т\т	МИ- число, т
Природный газ	421128,0	1,2	513776,2	0,5	210564,0	0	0
Вода питьевая	232,8	0,01	2,3	1,3	302,6	0	0
Теплоэнергия	536,1	3,1	1683,4	59,3	31806,8	0,7	412,8
Природный магнезит	2117,1	3,2	6774,7	13,2	27945,7	0	0
Электроэнергия	195387,1	3,1	615469,4	57,6	11262112,4	0,51	99647,4
Итого		1137792,0		11532731,6		100060,2	

Таблица 9 – Общий материальный вход 2014 г (МИ)

Наименование	Расход, т	Абиотические материалы		Вода		Воздух	
		МИТ, т\т	МИ-число, т	МИТ, т\т	МИ-число, т	МИТ, т\т	МИ- число, т
Природный газ	421128,0	1,2	501878,7	0,5	205688,0	0	0
Вода питьевая	232,8	0,01	2,1	1,3	279,4	0	0
Теплоэнергия	536,1	3,1	1769,4	59,3	33432,5	0,7	433,9
Природный магнезит	2117,1	3,2	6303,4	13,2	26001,4	0	0
Электроэнергия	195387,1	3,1	502768,0	57,6	9199857,0	0,51	81400,5
Итого		1012721,7		9465258,2		81834,4	

Табл. 10 – Общий материальный вход 2015 г (МИ)

Наименование	Расход	Абиотические материалы		Вода		Воздух	
		МИТ, т\т	МИ-число, т	МИТ, т\т	МИ-число, т	МИТ, т\т	МИ- число, т
Природный газ	421128,0	1,2	432488,8	0,5	177249,5	0	0
Вода питьевая	232,8	0,01	2,1	1,3	272,9	0	0
Теплоэнергия	536,1	3,1	1629,3	59,3	30786,3	0,7	399,6
Природный магnezит	2117,1	3,2	5469,1	13,2	22560,1	0	0
Электроэнергия	195387,1	3,1	838914,0	57,6	15350794,3	0,51	135824,2
Итого		1012721,7		9465258,2		81834,4	

Путем сложения были получены значения общего материального входа ресурсов с 2012 по 2015 гг, разделенные по категориями согласно методике MIPS (табл. 11).

Табл. 11 – Общий материальный вход с 2012 по 2015 гг. (МИ)

Наименование	Расход	Абиотические материалы		Вода		Воздух	
		МИТ, т\т	МИ-число, т	МИТ, т\т	МИ-число, т	МИТ, т\т	МИ- число, т
Природный газ	1682362,0	1,22	2052481,6	0,50	841181,0	0	0
Теплоэнергия	2388,9	3,14	7501,1	59,33	141733,4	0,77	1839,4
Вода питьевая	935,6	0,01	9,3	1,30	1216,3	0	0
Электроэнергия	953974,9	3,15	3005020,9	57,64	54987113,2	0,51	486527,2
Природный магnezит	8420,7	3,2	26946,2	13,2	111153,2	0	0
Итого		5091959,1		56082397,1		488366,6	

Табл. 12 – Динамика использования ресурсов (MI)

Вид ресурса	2012	2013	2014	2015	Всего
Абиотические ресурсы	1663028,41	1137791,96	1012721,65	1278503,33	5091959,1
Воды	19502744,25	11532731,62	9465258,18	15581663,14	56082397,1
Воздух	170248,28	100060,22	81834,43	136223,72	488366,60

Показатель MIPS в общем случае рассчитывали по формуле:

$$MIPS = MI / S$$

где S – материальный выход, в нашем случае это произведенная товарная продукция. Что касается отходов, то они включаются в рассмотрение при оценке материального выхода только в том случае, если имеют рыночную ценность [2].

С учетом полученных в результате вычислений данных в нашем случае имеем следующее значение MIPS за 2015 год:

$$MIPS = \frac{1278503,3 + 15581663,1 + 136223,7}{1492,8} = 11385,5 \text{ т/т}$$

При учете полного расхода природных ресурсов, включая невозобновимые, число MI составляет 11385,5 т/шт. Несмотря на то, что огнеупоры являются достаточно ресурсозатратным материалом, его экологический вес в основном определяется значительным расходом для его производства топливно-энергетических ресурсов, например, природного газа и электроэнергии.

3.5 Графическое представление полученных результатов

Данные по объемам производства основной товарной продукции были проанализированы и представлены в виде графика (рис. 5).

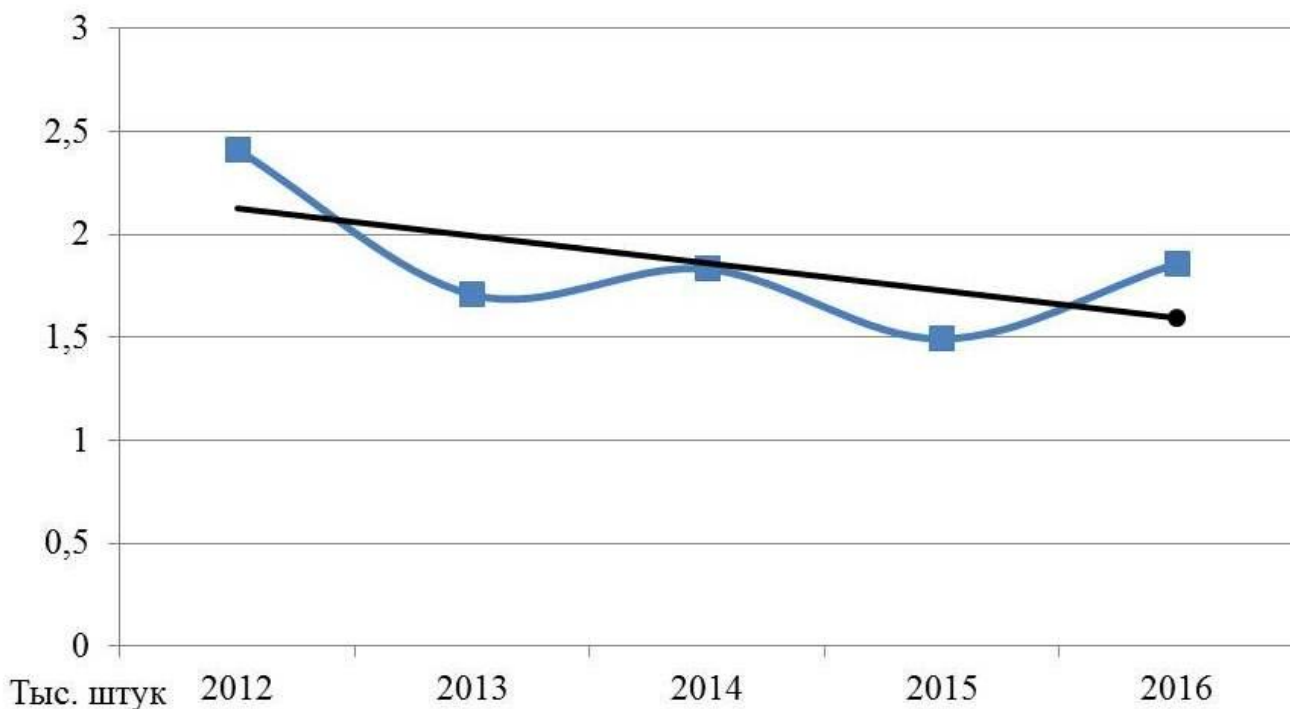


Рис. 5 – Объемы производства продукции в период с 2012 по 2016 гг.

Из графика следует сделать вывод о том, что объемы производства огнеупорных материалов в период с 2012 по 2016 гг. сокращаются.

На основании данных об объеме общего материального входа (табл.11) был проведен сравнительный анализ ресурсоемкости основных энергетических ресурсов и основных видов сырья. Были выявлены наиболее ресурсоемкие виды энергетических ресурсов. При анализе учитывался расход абиотических материалов, воды и воздуха при производстве энергоресурсов. Результаты представлены в виде диаграмм (рис. 6-8).

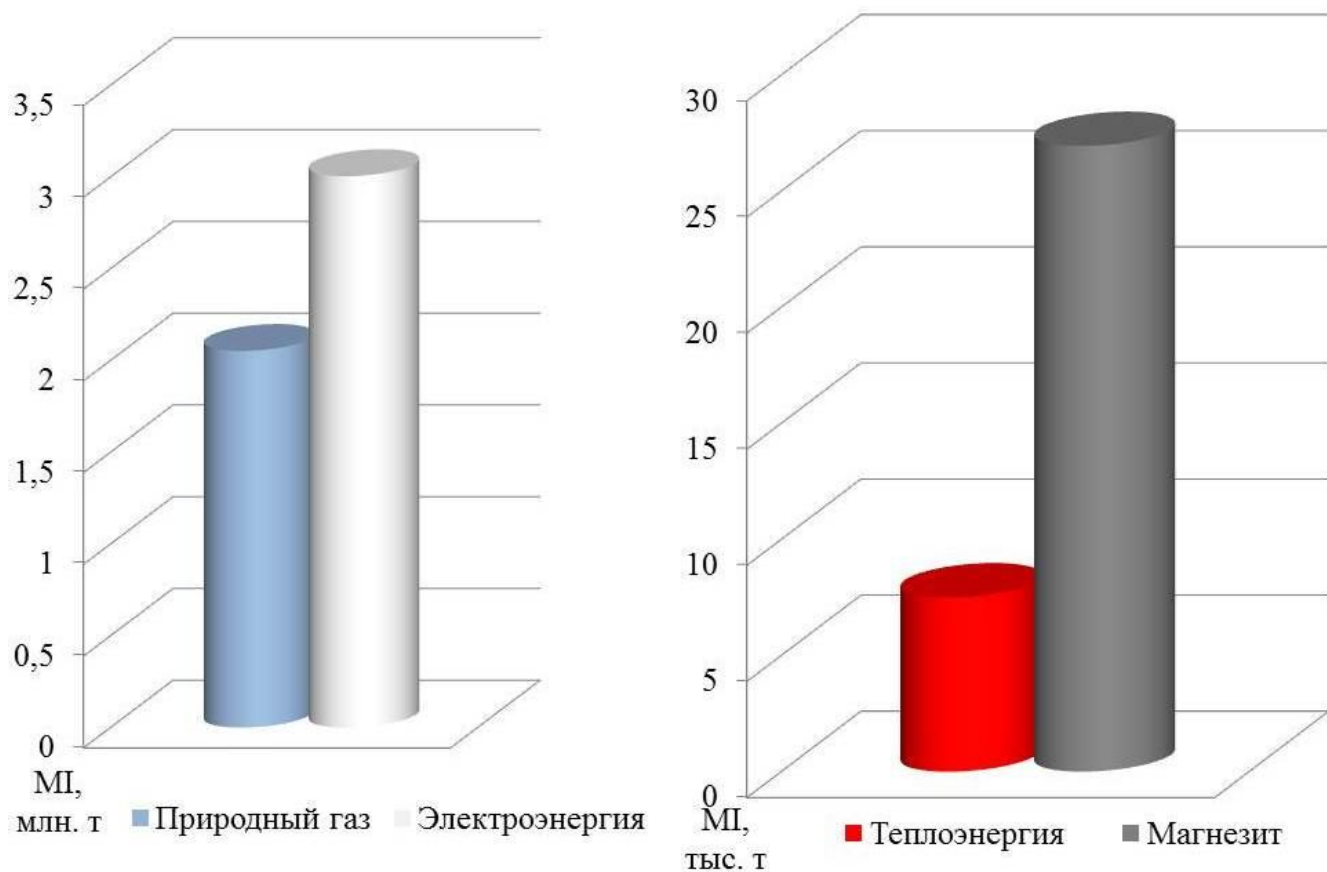


Рис. 6 – Расход абiotических ресурсов при производстве энергоресурсов и основного сырья

Из диаграммы (рис. 6) видно, что наибольший расход абiotических ресурсов наблюдается при производстве электроэнергии и природного газа.

При учете расхода воды (рис. 7) следует сделать вывод о том, что наиболее ресурсоемким видом энергии является электроэнергия, тогда как расход воды при производстве топливного природного газа в 5 раз меньше.

Поскольку расход кислорода воздуха в концепции MIPS высчитан только для производства электро- и теплоэнергии, при анализе не были учтены другие виды энергоресурсов и сырья (рис. 8).

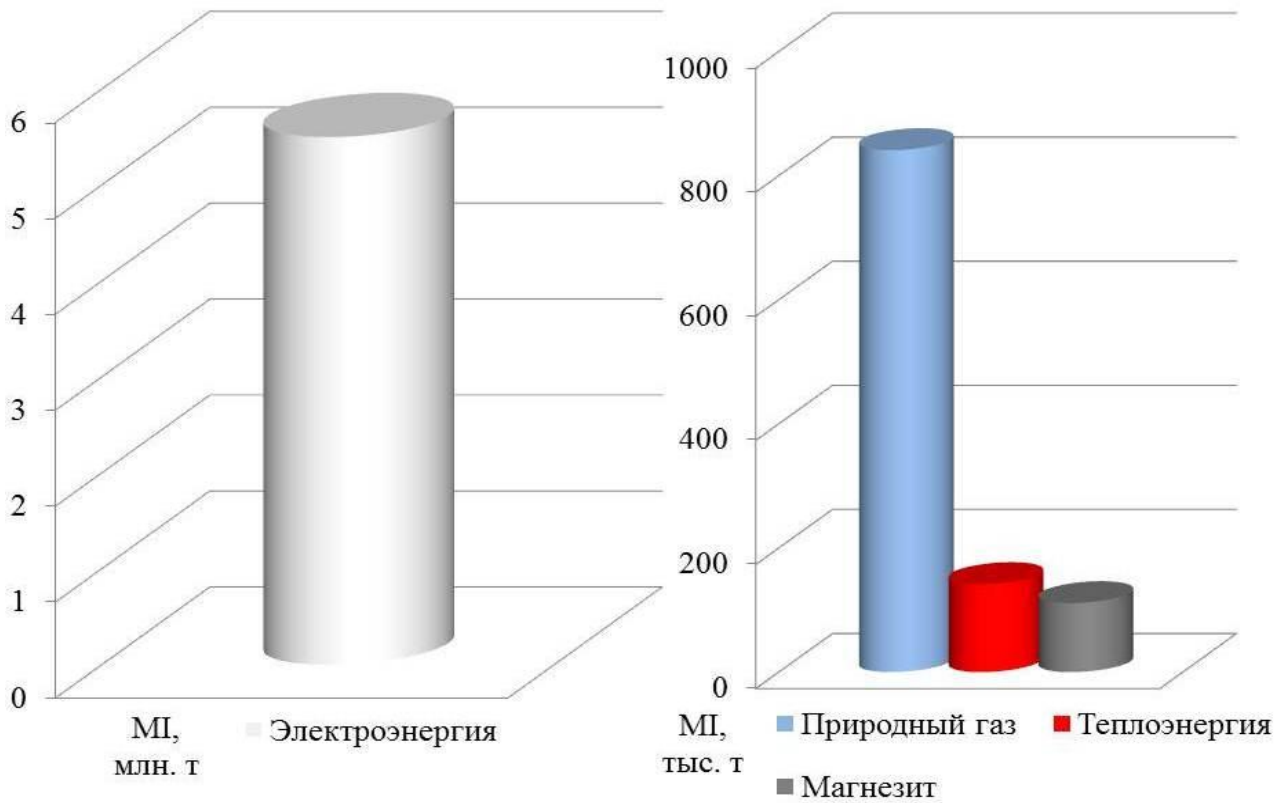


Рис. 7 – Расход воды при производстве энергоресурсов и основного сырья

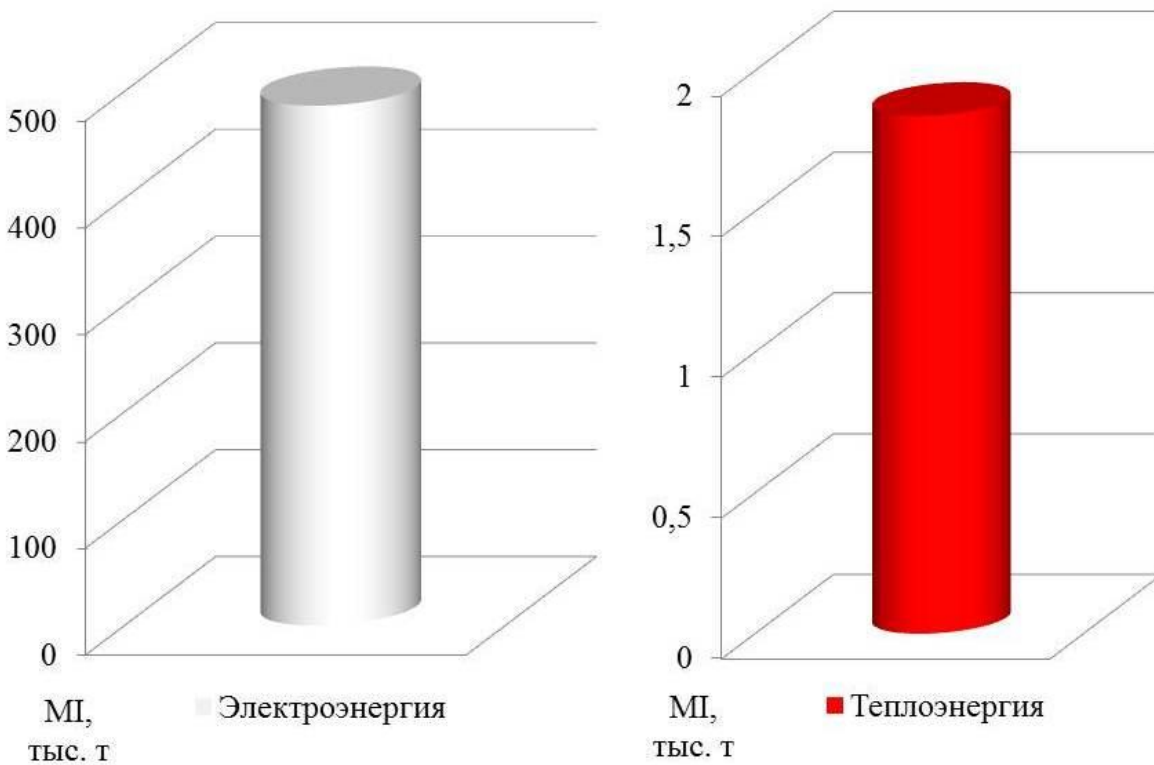
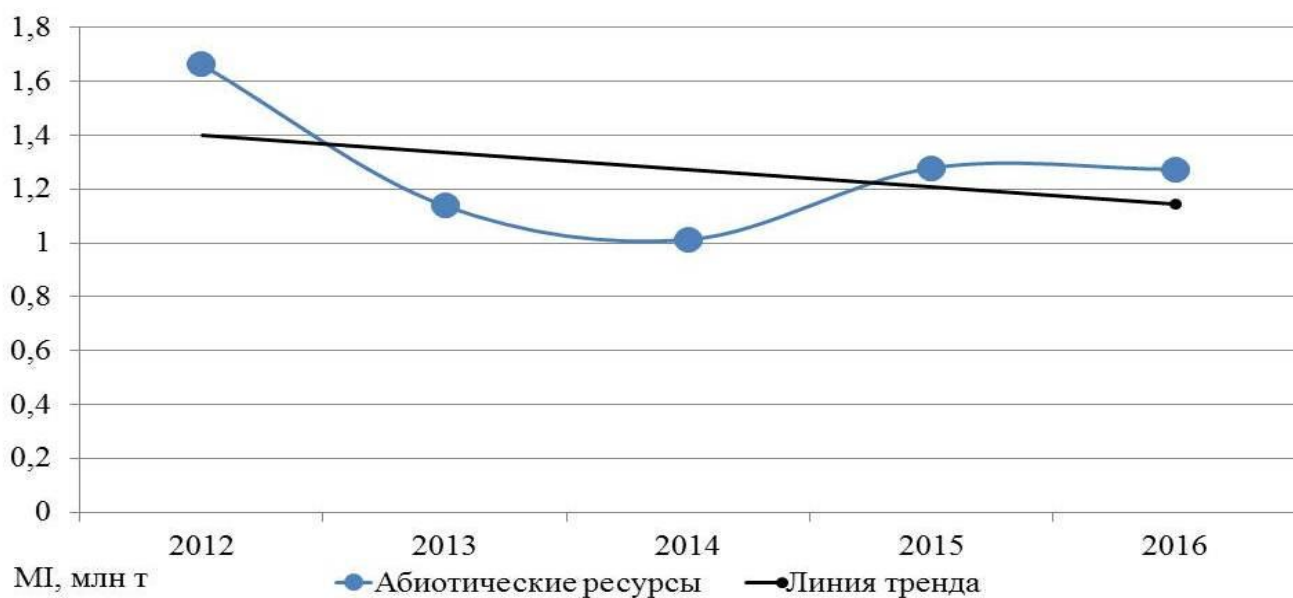


Рис. 8 – Расход воздуха при производстве энергоресурсов и основного сырья

Был проведен анализ количества использованных ресурсов с 2012 по 2015 гг. Из данных таблицы 12 была выявлена динамика использования ресурсов и проведена линия тренда, показывающая тенденцию изменения использования ресурсов.

В целом, следует отметить тенденцию к снижению количества использованных при производстве ресурсов, независимо от категории ресурсов. Выявленные зависимости в виде графиков представлены ниже (рис. 9-12).

При рассмотрении структуры входного потока материальных ресурсов (рис. 13) следует отметить, что наиболее ресурсоемким энергетическим ресурсом является электрическая энергия, на ее долю приходится наибольшее потребление (95%) абиотических ресурсов, воды и воздуха (в числах-МП).



12

Рис. 9 – Динамика использования абиотических ресурсов

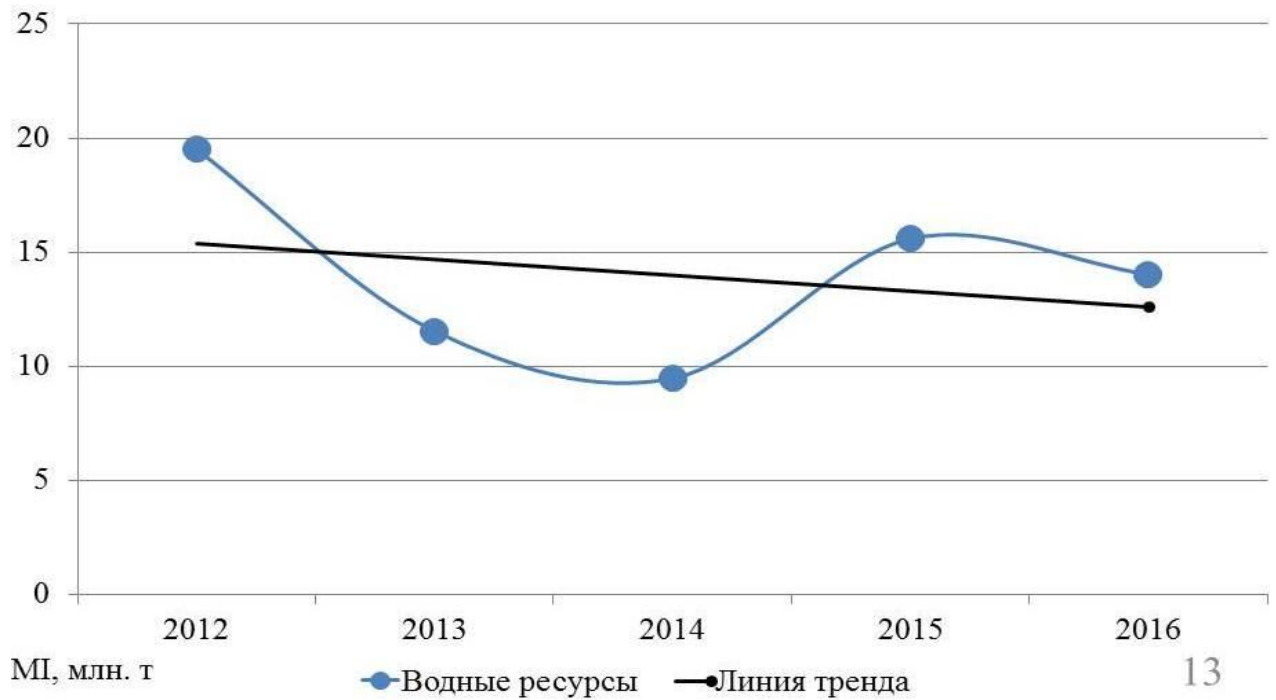


Рис. 10 – Динамика использования воды

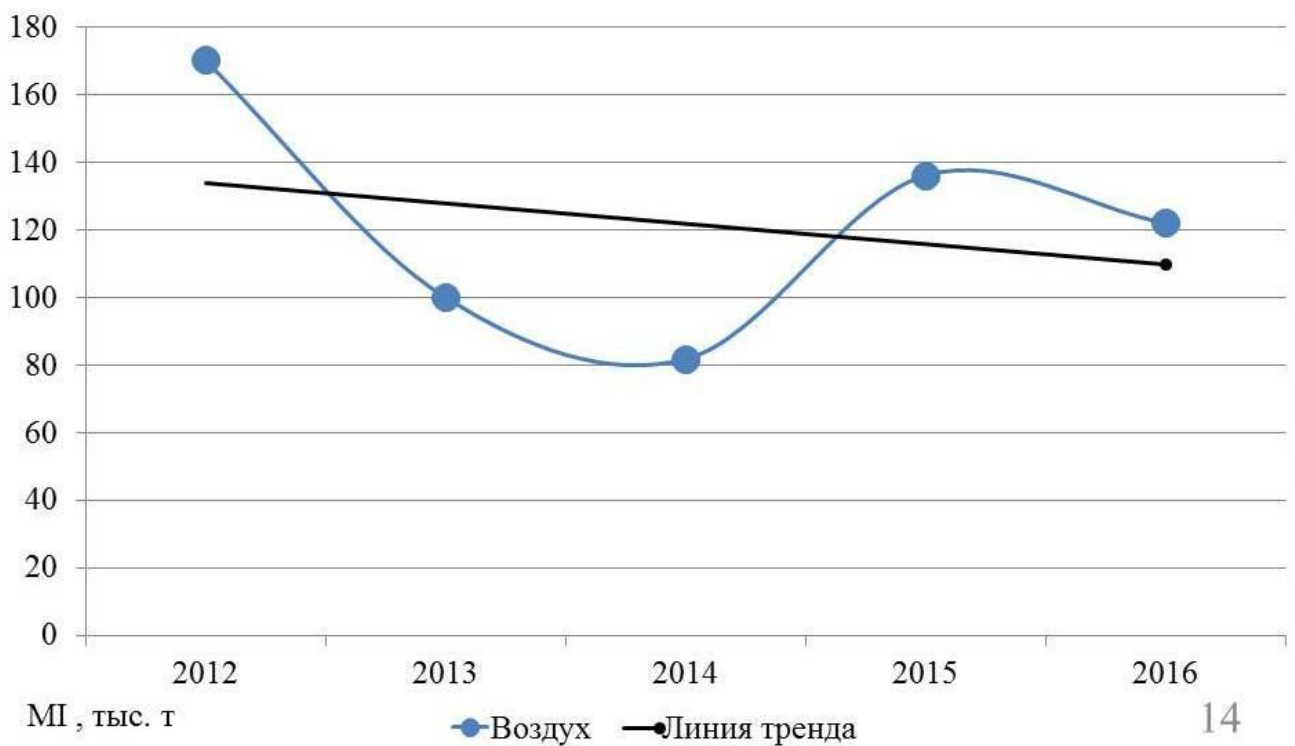


Рис. 11 – Динамика использования воздуха

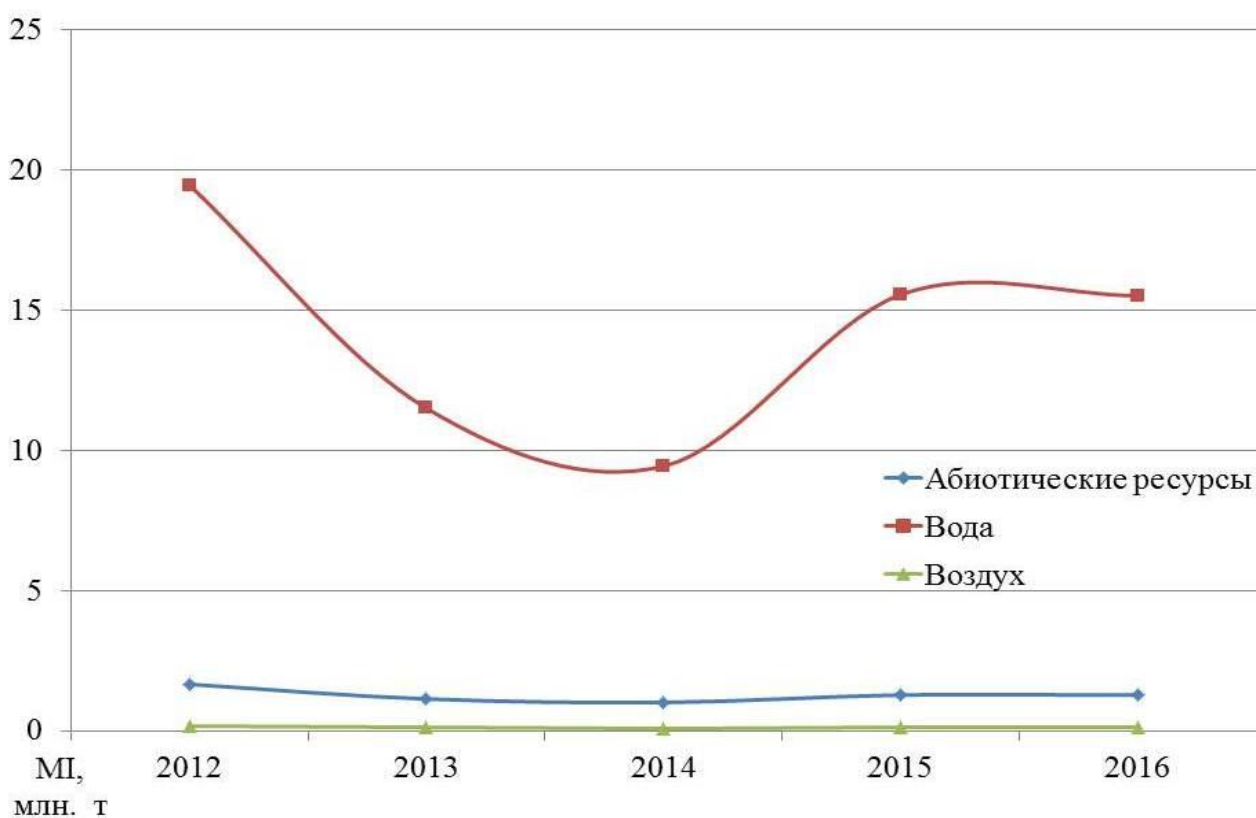


Рис. 12 – Динамика использования всех категорий ресурсов

■ Природный газ ■ Электроэнергия ■ Прочее

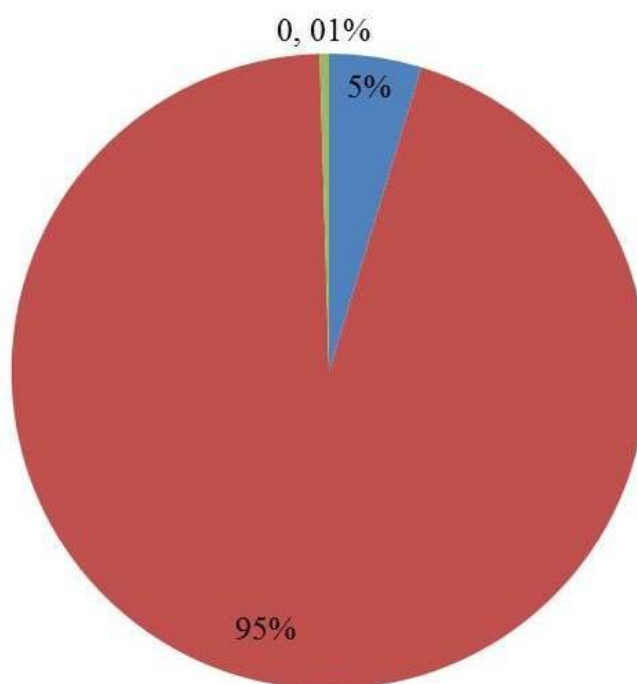


Рис. 13 – Структура входного потока материальных ресурсов в процессе производства

3.6 Рекомендации по повышению экологической эффективности и ресурсной продуктивности производства

На основе анализа выполненных исследований даны рекомендации производству по повышению экологической эффективности и ресурсной продуктивности.

1. Повысить эффективность использования электрической энергии за счет внедрения современного энергосберегающего оборудования.
2. Оснастить производство современным дробильным и помольным оборудованием, например смесителями «Erich», гидростатическими прессами «Zaies», «Sacm».
3. Основываясь на мировом научном и производственном опыте создать новые прогрессивные виды огнеупорных материалов, применение которых в высокотемпературных процессах обеспечит повышение экологической эффективности и ресурсной продуктивности производства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выполнено комплексное исследование производственной деятельности предприятия в контексте входных и выходных потоков производственной системы.
2. Выявлены наиболее ресурсоемкие виды энергетических ресурсов и сырья, обнаружена тенденция к снижению количества используемых при производстве основных видов ресурсов.
3. Рекомендации по повышению экологической эффективности и ресурсной продуктивности производства переданы руководству предприятия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гирусов, Э.В. Экология и экономика природопользования: учебник для вузов / Э.В. Гирусов, В.Н. Лопатина – М.: Юнити-Дана, 2003. – 519 с.
2. Пахомова, Н. В. Экономика и экология / Н.В. Пахомова, О.И. Сергиенко // Проблемы современной экономики. – <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=975>. – С. 1-3.
3. ГОСТ Р ИСО 14031– 2001. Оценивание экологической эффективности
4. Ritthoff M., Rohn H., Liedtke Ch. Calculating MIPS: Resource productivity of products and services. Working Paper. Germany: Wuppertal Institute, 2002. –218 p.
5. Сергиенко, О.И. Основы теории эко-эффективности: монография / О.И. Сергиенко, Х. Рон – СПб.: СПбГУНиПТ, 2004. – 223 с.
6. ГОСТ Р ИСО 14040–2010. Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура.
7. ГОСТ Р ИСО 14041–2000. Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Определение цели, области исследования и инвентаризационный анализ.
8. ГОСТ Р ИСО 14042–2001. Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Оценка воздействия жизненного цикла.
9. ГОСТ Р ИСО 14043–2001. Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Интерпретация жизненного цикла.
10. Гофман, В.Р. Экономика природопользования: учебное пособие / В.Р. Гофман. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 101 с.
11. Экологический след субъектов Российской Федерации. – <http://new.wwf.ru/resources/publications/booklets/ekologicheskii sled-subektov-rossiyskoy-federatsii/>
12. Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата. – http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/kyoto.shtml

13. Global Warming Potentials – http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php
14. Material intensity of materials, fuels, transport services, food. – https://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/MIT_2014.pdf
15. Кашеев, И.Д. Химическая технология огнеупоров: учебное пособие для вузов / И.Д. Кашеев, К.К. Стрелов, П.С. Мамыкин. – М.: Интернет Инжиниринг, 2007. – 752 с.
16. Пахомова, Н.В. Экологический менеджмент: учебное пособие для вузов / Н.В. Пахомова, К. Рихтер, А. Эндрес. – СПб.: Питер, 2004. – 352 с.