

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
Институт

Электроэнергетика
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.В. Коловский
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 2022г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02. «Электроэнергетика и электротехника»
(КОД И НАИМЕНОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОСТИ)

Разработка мероприятий по энергосбережению Черногорской
обогащательной фабрики ООО «СУЭК-Хакасия»
наименование темы

Руководитель	_____	доцент каф.ЭЭ,к.э.н.	<u>Н.В. Дулесова</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>М.Л. Шнайдер</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Нормоконтролёр	_____		<u>И.А. Кычакова</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия

Абакан 2022

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт

Электроэнергетика
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Г. Н. Чистяков
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 2022г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Шнайдеру Максиму Леонидовичу

(фамилия, имя, отчество)

Группа З-17 (ЗХЭн 17-01) Направление (специальность)

номер

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код, наименование

Тема выпускной квалификационной работы Разработка мероприятий по энергосбережению Черногорской обогатительной фабрики ООО «СУЭК-Хакасия»

Утверждена приказом по университету № 212 от 15.04.2022г.

Руководитель ВКР Дулесова Н.В., к.э.н. доцент кафедры «Электроэнергетика»

(инициалы, фамилия, должность и место работы)

Исходные данные для ВКР характеристика предприятия, потребление электрической энергии, существующие энергосберегающие мероприятия.

Перечень разделов ВКР:

Введение

1 Теоретическая часть

1.1 Основные понятия и определения

1.2 Энергосберегающие мероприятия

1.3 Факторы производства и ресурсосбережения

2 Аналитическая часть

2.1 Характеристика предприятия

2.2 Анализ потребления электрической энергии на предприятии

2.3 Описание внедренных мероприятий по энергосбережению и их

экономическая эффективность

3 Практическая часть

3.1 Разработка мероприятий по энергосбережению

3.1.1 Установка частотных преобразователей для модернизации электроприводов ленточных конвейеров КЛС-1600.

3.1.2 Установка частотных преобразователей для модернизации электроприводов кондиционных и некондиционных насосов Warman 10/8 F-АН, Warman 12/10 F-АН.

Заключение

Список использованных источников

Перечень графического материала:

1. Анализ потребления электрической энергии на предприятии

2. Внедренные мероприятия по энергосбережению

3. Предлагаемые мероприятия по энергосбережению

Руководитель ВКР

подпись

Н.В. Дулесова
инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению

подпись

М.Л. Шнайдер
инициалы, фамилия

15 марта 2022 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка мероприятий по энергосбережению Черногорской обогатительной фабрики ООО «СУЭК-Хакасия»» содержит 53 страницы текстового документа, 23 таблицы, 7 рисунков, 25 использованных источников, 3 листа графического материала, 3 приложения.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ, ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ, ФАКТОРЫ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА, МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ КОНВЕЙЕРОВ, МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ НАСОСОВ.

Объект исследования – предприятие угольной отрасли Черногорская угольная фабрика ООО«СУЭК-Хакасия»

Предмет исследования: методы, способы и средства анализа и оценки факторов производства и ресурсосбережения предприятия.

Целью данной работы является поиск методов и решений для оптимизации процесса потребления энергоресурсов, а также повышение энергоэффективности предприятия, разработка мероприятий по энергосбережению на предприятии.

Научная новизна работы заключается в обосновании и расчёте экономического эффекта по предлагаемым мероприятиям.

Практическая значимость исследований обусловлена тем, что предложенные мероприятия по установке частотных преобразователей для модернизации системы электроприводов ленточных конвейеров КЛС-1600 и установке частотных преобразователей для модернизации системы электроприводов кондиционных и не кондиционных насосов Warman 10/8 F-АН, Warman 12/10 F-АН, могут быть использованы при реализации программы энергоэффективности и ресурсосбережения в Черногорской обогатительной фабрике ООО «СУЭК-Хакасия»».

ABSTRACT

The final qualifying work on the topic "Development of measures for energy saving of the Chernogorsk concentrating plant of LLC SUEK-Khakassia" contains 51 pages of a text document, 23 tables, 7 drawings, 25 sources used, 3 sheets of graphic material, 3 applications.

ENERGY SAVING, ENERGY EFFICIENCY, ENERGY SAVING MEASURES, FACTORS OF RESOURCE SAVING AND PRODUCTION, MODERNIZATION OF THE SYSTEM OF ELECTRIC DRIVES OF CONVEYORS, MODERNIZATION OF THE SYSTEM OF ELECTRIC DRIVES OF PUMPS.

The object of the study is the enterprise of the coal industry Chernogorskaya coal factory LLC "SUEK-Khakassia"

Subject of study: methods, methods and means of analysis and evaluation of factors of production and resource saving of an enterprise.

The purpose of this work is to find methods and solutions for optimizing the process of energy consumption, as well as increasing the energy efficiency of the enterprise, developing energy saving measures at the enterprise.

The scientific novelty of the work lies in the justification and calculation of the economic effect of the proposed activities.

The practical significance of the research is due to the fact that the proposed measures for the installation of frequency converters for the modernization of the KLS-1600 belt conveyor electric drive system and the installation of frequency converters for the modernization of the electric drive system of conditioned and non-conditioned pumps Warman 10/8 F-AH, Warman 12/10 F-AH , can be used in the implementation of the energy efficiency and resource saving program at the Chernogorsk concentrating plant of SUEK-Khakassia LLC.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 Теоретическая часть.....	9
1.1 Основные понятия и определения	9
1.2 Энергосберегающие мероприятия	11
1.3 Факторы производства и ресурсосбережения.....	13
2 Аналитическая часть.....	16
2.1 Характеристика предприятия.....	16
2.2 Анализ потребления энергии на предприятии	22
2.3 Описание внедренных мероприятий по энергосбережению и их экономическая эффективность	27
3 Практическая часть	34
3.1 Разработка мероприятий по энергосбережению и энергоэффективности .	34
3.1.1 Установка частотных преобразователей для модернизации электроприводов ленточных конвейеров КЛС-1600.....	34
3.1.2 Установка частотных преобразователей для модернизации электроприводов кондиционных и некондиционных насосов Warman 10/8 F-АН, Warman 12/10 F-АН.	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	55
ПРИЛОЖЕНИЕ А	60
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	61
ПРИЛОЖЕНИЕ В	62

ВВЕДЕНИЕ

Энергосбережение и эффективное использование энергоресурсов является одной из основных задач XXI века во всём мире, потребление тепловой и электрической энергии обеспечивает жизнедеятельность человека. Энергоэффективность и энергосбережение – это не только экономия денежных средств, прежде всего – это бережное отношение к энергии в любой сфере и её экологичное использование.

Основным законом России в области энергоэффективности и ресурсосбережения является: Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [2].

Горная промышленность – это одна из основ в формировании бюджета страны. На неё приходится около 65% вклада в ВВП, увеличение экспорта сырья и готовой продукции, обеспечивающее наполнение стабилизационного фонда экономики государства. Горная промышленность включает в себя горнодобывающие и горноперерабатывающие предприятия.

Объектом исследования является ООО «СУЭК-Хакасия» обогатительная фабрика Черногорская.

Предмет исследования – анализ деятельности обогатительной фабрики, моделирование потребления энергии, описание существующих методов энергосбережения и повышения производительности.

Актуальность темы состоит в том, что экономия электрической энергии и её рациональное использование является значимым не только для предприятия, но и для экономики государства.

Практическая значимость заключается в том, что разработанные мероприятия могут быть реализованы на обогатительной фабрике.

Цель выпускной квалификационной работы – разработка мероприятий по энергосбережению на Черногорской обогатительной фабрике ООО «СУЭК - Хакасия»

Задачи ВКР:

- привести основные понятия и определения;
- рассмотреть существующие мероприятия по энергоэффективности;
- описать факторы производства и факторы ресурсосбережения;
- дать характеристику предприятия;
- проанализировать расход энергетических ресурсов;
- описать внедренные энергосберегающие мероприятия
- разработать мероприятия по установке частотных преобразователей.

1 Теоретическая часть

1.1 Основные понятия и определения

Основные понятия и определения для рассмотрения мероприятий по энергоэффективности и энергосбережения на горнодобывающих предприятиях.

Горнодобывающие предприятия – это предприятия, которые занимаются добычей, обогащением полезных ископаемых и сырья используемых во всех отраслях производственной деятельности. Они включают в себя разрезы (угольные карьеры), рудники, шахты, прииски, обогатительные фабрики по добычи и переработки полезных ископаемых таких, как уголь, золото, драгоценные металлы, алмазы [4].

Обогатительные фабрики – это горно-перерабатывающие комбинаты, которые занимаются переработкой полезных ископаемых, с целью получения из первичного сырья ценных готовых продуктов для дальнейшего использования в промышленности.

Энергоемкое горнотранспортное оборудование – это совокупность машин и механизмов с высоким потреблением электрической энергии и реактивной мощности, предназначенные для транспортировки горной массы. К горнотранспортному оборудованию относят конвейерные линии, перегружатели, грохота, лебедки и электровозы.

Энергетический каменный уголь – это полезное природное ископаемое, имеющее высокую калорийность и низкую зольность, добывающееся на угольных карьерах и использующееся в качестве топлива для угольных ТЭЦ.

Аккумулирующие бункеры – это сооружения, которые накапливают в себе угольную массу для обеспечения непрерывной работы горно-транспортного комплекса, и позволяют дозированную выгрузку в транспорт.

Топливо-энергетические ресурсы – это запас природного и произведенного топлива и энергий пригодных для производственной деятельности людей, также для бытового использования.

Электрическая энергия – это энергетический ресурс, который получают за счет преобразования других видов энергии и используют в качестве электродвижущей силы в электроприемниках.

Моторное топливо – это жидкое или газообразное горючее вещество, применяющееся в качестве источника питания двигателей внутреннего сгорания.

Приборы учета электрической энергии – это устройства, которые контролируют и фиксируют количество потребляемой энергии потребителями.

Электроприёмники – это оборудование, механизмы и устройства, которые преобразуют электрическую энергию в другие виды энергии необходимые для потребителя.

Энергосбережение и энергоэффективность – это комплекс мер, по реализации действий в промышленности, направленные на снижение энергопотребления с неизменной или большей производительностью технологического оборудования.

Электрические подстанций – это электроустановки, предназначенные для передачи, преобразования и распределения электрической энергии включают в себя трансформаторы, распределительные подстанции, наружного и внутреннего исполнения.

Зольность – это показатель качества твердых топлив, получаемый в результате их полного сгорания на воздухе, выраженный в процентах.

Сепаратор тяжелосредный колесный – это устройство, которое используется в технологических процессах обогащения угля, антрацитов и сланцев в тяжелых средах и выделяет два продукта концентраты и отходы. Применяется на угольных обогатительных фабриках в качестве основного оборудования.

Конвейерные линии – это горнотранспортный комплекс оборудования, состоящий из двух и более ленточных, пластинчатых конвейеров работающих в автоматическом режиме с применением смежных блокировок и приборов безопасности таких, как датчики контроля скорости, датчики контроля схода лент, датчики уровня и датчики приборов измерения веса (весы). Применяются

для транспортировки единичных, сыпучих, кусковых грузов в производственной деятельности.

Насосы – это технологическое оборудование, приводимое в движение приводным двигателем, которое преобразует механическую энергию в энергию потока жидкости. Применяются для прокачки воды, суспензий и других жидких субстанций.

1.2 Энергосберегающие мероприятия

В проектировании современных, автоматизированных обогатительных фабрик предусмотрены следующие основные мероприятия по экономии электроэнергии:

1) Применение оптимизированных режимов управления технологическим оборудованием в зависимости от заданных параметров в автоматическом режиме.

На производственных объектах большая часть технологического оборудования нуждается в оптимизации в связи с тем, что требования к качеству и количеству производимой продукции меняются в зависимости от запросов потребителей. В зависимости от требуемых параметров мероприятия по энергоэффективности и энергосбережению нуждаются в автоматизации процессов связанных с горноперерабатывающим производством.

Оптимизация режимов оборудования и горнотранспортных комплексов связано с параметрами, которые необходимы для достижения максимальных мощностей и сведения к минимуму расходов на потребление энергоресурсов и человека часов.

Автоматизация технологического процесса строится на сведении к минимуму или исключения полностью вмешательства человека для получения и использования продукции, энергии, материалов и даже информации с помощью применения датчиков контроля оборудования и микропроцессорной электроники, которые считывают изменения параметров отслеживаемых показателей [5].

2) Размещение силовых распределительных устройств 0,4 кВ, и осветительных щитков в центре нагрузок для уменьшения потерь напряжения во внутренних электрических сетях и обеспечения наиболее экономичной прокладки сетей.

Данное мероприятие является организационным и имеет обширный характер работ для достижения энергоэффективности на горно-перерабатывающих предприятиях. На этапе проектировки обогатительных фабрик учитывается расположение технологического и вспомогательного оборудования для уменьшения длин прокладки кабельной продукции с целью экономии денежных средств. Размещение силовых распределительных устройств ниже 1 кВ. и осветительных щитков происходит с учетом мощности электроприемников для выявления центра нагрузок и уменьшения потерь напряжения во внутренних электрических сетях.

3) Применение частотных преобразователей для управления технологическими агрегатами, для оптимального режима работы и необходимой производительности.

Частотные преобразователи созданы для повышения энергоэффективности и сведения к минимуму аварийных ситуаций связанных с поломкой оборудования. Эти устройства способны точно отслеживать скорость и момент электроприводов и изменять параметры технологического оборудования. Преимущества заключается в изменении частоты тока, тем самым позволяет производить плавный пуск, плавный стоп и снизить потребление электрической энергии до 40 процентов. Также имеет ряд преимуществ таких как регулировка скорости вращения вала, температурный контроль, контроль наличия-качества напряжения, контроль обрыва фаз, контроль тяжелого пуска и многие другие параметры в зависимости от применяемой модели. Благодаря применению частотных преобразователей количество оборотов при высоких нагрузках остается стабильным и эффективным.

4) Использование энергосберегающих светодиодных светильников.

Светодиодные светильники нашли свое применение в современном обществе, как энергоэффективное освещение, которое потребляет меньшее количество электроэнергии (до 80 процентов) по сравнению с устаревшими источниками искусственного освещения. Данные устройства имеют небольшие габариты и большой срок службы, так же являются пожаро-взрывобезопасными, электробезопасными и не имеют вредных веществ, что позволяет установку в трудно доступных местах и помещениях с высоким содержанием взрывоопасных веществ, таких как угольная пыль и газы выделяемые при переработки горной массы.

Данные мероприятия содержат требования по обеспечению соблюдения установленных требований энергетической эффективности к устройствам, технологиям и материалам, используемым в системе электроснабжения, позволяющих исключить нерациональный расход электрической энергии, и по учету расхода электрической энергии в задании на этапе проектирование не предусмотрены.

1.3 Факторы производства и ресурсосбережения

Факторы производства – это экономические составляющие производства, на которое опирается каждое предприятие. Можно выделить три основных фактора производства.

1) Земля – это не только место расположения промышленных площадок, но и возможность добывать, перерабатывать, использовать природные ресурсы в технологических целях.

2) Труд – это ресурсы людей, которые заняты трудовой деятельностью на производственных объектах и используют физические и умственные возможности для получения готовой продукции;

3) Капитал – это финансовые вложения, которые используются для производства товаров и услуг, с целью получения прибыли и оплаты всех расходов.

Взаимодействие этих трех факторов позволяет предприятиям, государству и бизнесу получать готовые товары и услуги с наибольшей выгодой [3].

Факторы ресурсосбережения – это составляющие рационального использования ресурсов на производствах. Они подразделяются на три группы:

1) Технические факторы:

- использование современных технологий, позволяющие свести к минимуму потери исходных материалов;
- применение оптимизированного оборудования для рационального расхода исходного материала;
- улучшение технологических процессов транспортировки и складирования исходных материалов и готовой продукции;
- улучшение технологий переработки и обогащения сырья;
- составление прогнозов для расхода ресурсов.

2) Организационные факторы:

- совершенствование организации учета использования ресурсов;
- разработка и внедрение организационно-технических мероприятий по экономии потребляемых ресурсов;
- разработка и внедрение рационализаторских предложений по повышению производительности труда и организации безотходного производства;
- пересмотр технологий с определением возможностей замены ручного труда автоматизированным;
- реализация системы управления ресурсосбережением.

3) Социально-экономические факторы:

- управление ресурсами на основе современных методов менеджмента;
- анализ использования производственных ресурсов с применением нетривиальных методов экономического анализа;
- разработка и применение методики анализа эффективности использования ресурсов;

- проведение работ в области нормирования затрат и внедрение наиболее прогрессивных;
- планомерная работа в области обучения и повышения квалификации персонала;
- стимулирование экономии ресурсов с помощью финансовых и нефинансовых рычагов, таких как психологическая мотивация, корпоративная ответственность, принадлежность к коллективу [3].

В первой главе были рассмотрены основные определения и понятия, используемые для описания горнодобывающих предприятий, их энергосбережение и энергоэффективность. Были рассмотрены энергосберегающие мероприятия на обогатительных фабриках, а также факторы производства и ресурсосбережения.

2 Аналитическая часть

2.1 Характеристика предприятия

На горнодобывающих предприятиях компании ООО СУЭК, расположенных в Хакасии, добывается и обогащается премиальный высококалорийный энергетический каменный уголь, объем которого поставляется в Россию, Европу и Азию.

В СУЭК-Хакасия производственные объекты расположены в Минусинском угольном бассейне. Энергетический каменный уголь добывается на трех разрезах. После добычи уголь перерабатывается и обогащается на обогатительной фабрике «Черногорская».

Обогатительная фабрика специализируется на переработке высококалорийных энергетических каменных углей марки ДМС, ДО, ДПК с теплотой сгорания от 5500ккал/кг до 7700ккал/кг, зольностью от 8% до 11%, влажностью до 15% и содержанием серы от 0,40% до 0,55%. Выход летучих веществ составляет от 37% до 43 %.

Технологическое и горнотранспортное оборудование, которое является основным, представлено в таблице 2.1. Это оборудование состоит из экскаватора, автосамосвалов, погрузчиков, грохотов и ленточных конвейеров внутри фабрики.

Таблица 2.1 – Основное горнотранспортное оборудование

Оборудование	Тип
Экскаватор	ЭКГ-5У
Автосамосвалы	БелАЗ-7513
Погрузчики	Liebherr 500
Грохота	AURY ARHD, ГИСТ-72
Конвейеры (внутри фабрики)	КЛС-1400, КЛС-1600

На обогатительной фабрике для обогащения и разделения на классы используется технология, в которой задействованы сепараторы тяжелосредные СТК-4000, насосы Warman 10/8 F-АН, Warman 12/10 F-АН и грохота

инерционные AURY ARHD и ГИСТ – 72. Эта технология используется совместно с процессами транспортировки горной массы при помощи внутренних конвейерных линий.

Для подачи горной массы в обогатительную фабрику используются карьерные автосамосвалы БЕЛАЗ грузоподъемностью 75-100 тонн. Вспомогательная догрузка осуществляется экскаватором ЭКГ-5У. Дальнейшая транспортировка осуществляется комплексом внутренних конвейерных линий.

Горная порода вывозится автомобильным транспортом во внутренние отвалы с целью дальнейшей рекультивации. До автосамосвалов не используемые ископаемые породы доставляются ленточными конвейерами типа КЛС-1600 №303, №316, №329, №328.

Отгрузка угля в аккумулирующие бункеры осуществляется (внутренними конвейерами) КЛС-1600 №306 до распределения на классы, далее по классам:

- 13 - 50 мм. КЛС-1400 № 320;
- 50 - 100мм. КЛС-1400 №321;
- 100-200мм. КЛС-1400 № 322.

Отгрузка угля в железнодорожный транспорт осуществляется за счёт ленточных конвейеров КЛС-1600 №360, №361, №362 по классам соответственно, согласно грузопотоку угля (Приложение А), к нему относятся грохота и сепараторы:

- AURI AURN №49, №50, №58, №59, №68, №69;
- СТК-4000 №64, №65;
- ГИСТ-72 №81, №82.

По проекту производительность обогатительной фабрики «Черногорская» составляет 7 млн. тонн угля в год.

Фактическая производительность конвейерного комплекса составляет 9 млн. тонн угля в год [1].

Для реализации производства на ОФ «Черногорская» используются следующие виды энергоресурсов:

- печное топливо (уголь);
- дизельное топливо;

- электрическая энергия.

Распределение потребления по видам энергоресурсов показано на рисунке 2.1.

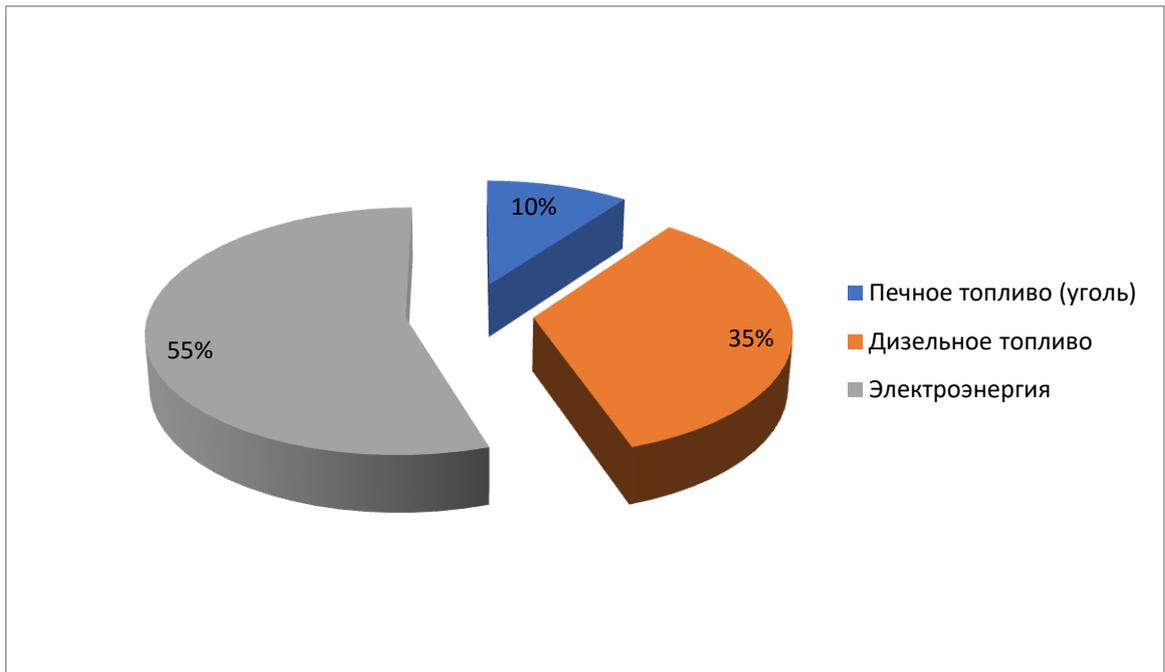


Рисунок 2.1 – Распределение потребления по видам энергоресурсов

Исходя из диаграммы (рисунок 2.1) видно, что большую долю из всех энергоресурсов занимает электрическая энергия. В связи с этим возникает необходимость её рационального использования.

Основным потребителем электроэнергии является технологическое оборудование, которое используется не только для реализации производственного процесса, а также для его обслуживания и организации вспомогательных производственных процессов [5].

Система электропотребления обогатительной фабрики состоит из следующего оборудования:

- горнотранспортное (экскаваторы);
- сортировочно-классификационное (грохота);
- внутренние ленточные конвейерные линии;
- общепромышленное (насосы, компрессора, аспирационные установки);
- грузоподъемное (козловые и мостовые краны ручного управления);

- электротехнологическое (сварочное оборудование и ручной электроинструмент);

- осветительное (наружное и внутреннее).

На рисунке 2.2 представлена диаграмма распределения оборудования, в зависимости от потребляемой мощности (по данным предприятия на 01.01.2022 года).

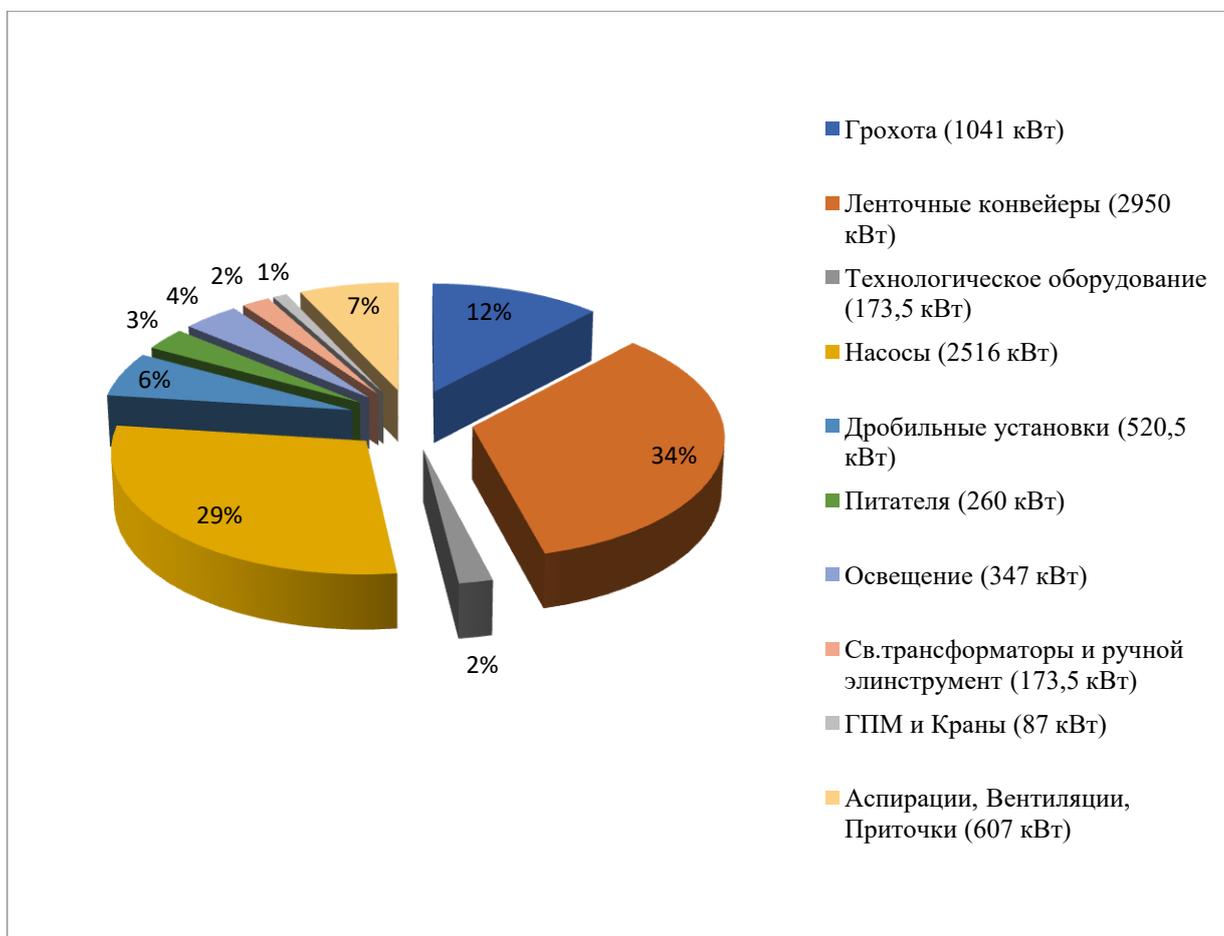


Рисунок 2.2 – Диаграмма распределения оборудования, в зависимости от потребляемой мощности, кВт

На диаграмме, представленной выше, видно, что 34% от общей мощности потребляется внутренними конвейерными линиями.

Доля потребления дизельного топлива (рисунок 2.1) составляет 35% от общего энергопотребления. Оно используется в качестве источника питания для двигателей внутреннего сгорания [11]:

- карьерных автосамосвалов;
- железнодорожного подвижного состава;

- погрузчиков;
- автотранспортных средств.

Основные потребители дизельного топлива – это карьерные автосамосвалы, занятые на привозе горной массы для обогащения и вывозе породы в отвалы, а также погрузчики, занятые на вспомогательных работах (догрузки угля в железнодорожные составы).

На долю котельно-печного топлива приходится 10% всех энергоресурсов (рисунок 2.1). Его потребителем является собственная котельная фабрики, которая служит источником тепловой энергии системы теплоснабжения центральной промышленной площадки предприятия.

В качестве котельно-печного топлива на обогатительной фабрике «Черногорская» используется перерабатываемый фабрикой каменный уголь марки ДМС с теплотой сгорания 5500 ккал/кг.

Тепловая энергия потребляется:

- установками систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения зданий (объектов) предприятия;
- установками технологической системы пылеподавления аккумулирующих бункеров при их загрузке углем.

На территории предприятия находится собственная котельная, которая обеспечивает потребности фабрики в тепловой энергии собственной выработкой тепловой энергии в котельной предприятия (вторичный энергетический ресурс, получаемый за счет сжигания котельно-печного топлива - угля).

Внешнее электроснабжение Черногорской обогатительной фабрики обеспечивается от распределительной электрической подстанции РП-3 36/6 кВ, которое после распределяется по линиям:

- ВЛ-5 6 кВ,
- ВЛ-6 6 кВ,
- ВЛ-9 6 кВ,
- ВЛ-10 6 кВ,
- ВЛ-16 6 кВ.

В свою очередь линии питают собственные подстанции и КТПН:

- ПГК 6/0,4 кВ – питает цех обогащения 25-200 мм,
- энергоблок (модуля) 6/0,4 кВ – питает цех обогащения 0-25 мм,
- КТПН-13 6/0,4 кВ – питает здание дробилки,
- КТПН-59 6/0,4 кВ – питает здание перегрузки,
- КТПН-60 6/0,4 кВ – питает здание сортировки и склада магнетита,
- КТПН-99 6/0,4 кВ – питает механический цех на территории

предприятия.

Смотреть принципиальную схему электроснабжения обогатительной фабрики (Приложение Б).

2.2 Анализ потребления энергии на предприятии

Выше было сказано, что для Обоганительной фабрики «Черногорская» электроэнергия является основным видом используемых первичных энергоресурсов. Доля расхода структурных комплексов в общем технологическом расходе электроэнергии фабрики в период 2019-2021 гг. показана в виде диаграммы (рисунок 2.3).

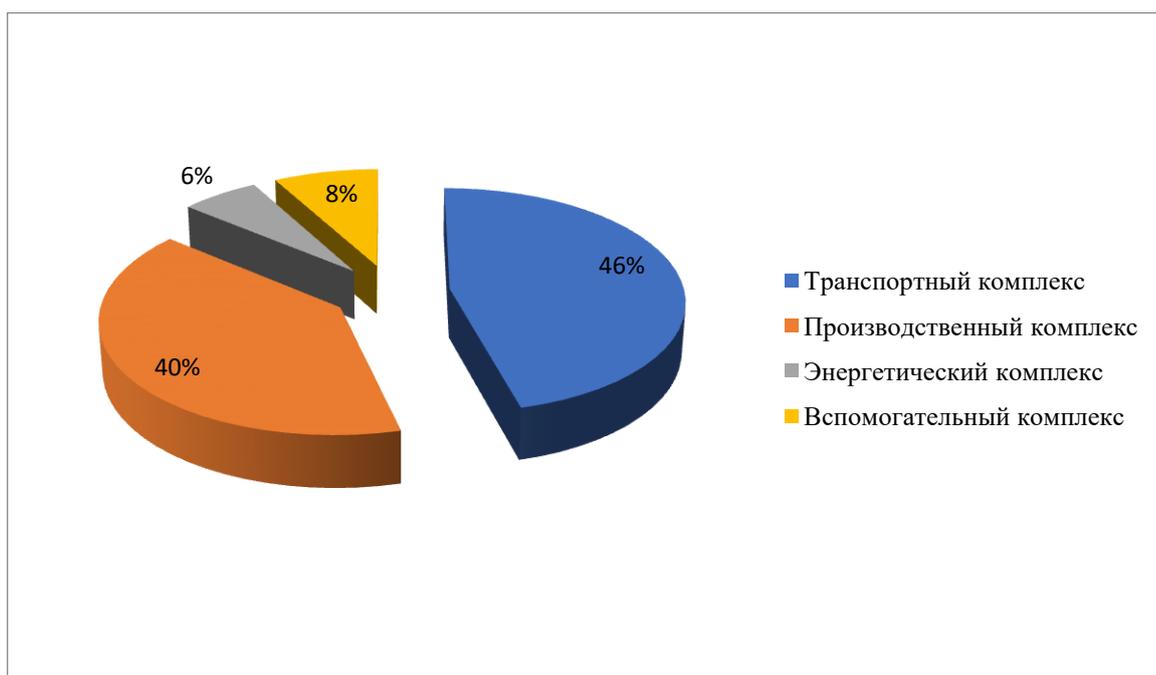


Рисунок 2.3 – Доля расхода структурных комплексов в общем технологическом расходе электроэнергии в период 2019-2022 гг.

Технологический расход электроэнергии в 2019-2021 гг. структурными комплексами предприятия, их доли в общем электропотреблении представлен в таблице 2.2. На основании данных таблицы 2.2 построим диаграммы, отражающие уровни электропотребления структурными комплексами предприятия по указанным годам в рассматриваемом временном интервале (рисунок 2.4). Из диаграмм видно, что наибольшую долю в электропотреблении предприятия составляют, прежде всего, транспортный комплекс (порядка 46%) и чуть меньше – производственный комплекс (порядка 40%) (рисунок 2.5).

Коммерческий учет электроэнергии осуществляется счетчиками МИР С-03 установленными в высоковольтных ячейках РП-3 6кВ.

Счетчик МИР С-03 предназначен для:

- измерения активной и реактивной электрической энергии прямого и обратного направлений по 8-ми тарифам в 48-ми тарифных зонах;
- измерения активной и реактивной мощности среднеквадратического значения напряжения и силы тока по трем фазам, частоты;
- индикации полной мощности, коэффициента мощности, температуры внутри счетчика (ненормируемые параметры);
- эксплуатации автономно или в составе систем АСКУЭ/ТУЭ и АСДУЭ.

Счетчик соответствует ГОСТ 31818.11-2012, в части измерения активной и реактивной энергии [10].

Таблица 2.2 – Технологический расход электроэнергии в 2019-2022 гг. структурными комплексами предприятия, их доли в общем электропотреблении

Наименование структурного комплекса	Технологический расход ЭЭ, кВт*ч				Доля в общем потреблении ЭЭ, %			
	2019	2020	2021	2021/2019	2019	2020	2021	2019 - 2021
Энергетический комплекс	1152373,68	1318463,1	1114003,44	-3%	6%	6%	6%	6%
Производственный комплекс	7682491,2	9009497,85	7241022,36	-6%	40%	41%	39%	40%
Транспортный комплекс	8834864,88	9888473,25	8726360,28	-1%	46%	45%	47%	46%
Вспомогательное производство	1536498,24	1757950,8	1485337,92	-3%	8%	8%	8%	8%
Всего по фабрике:	19206228	21974385	18566724	-3%	100%	100%	100%	100 %

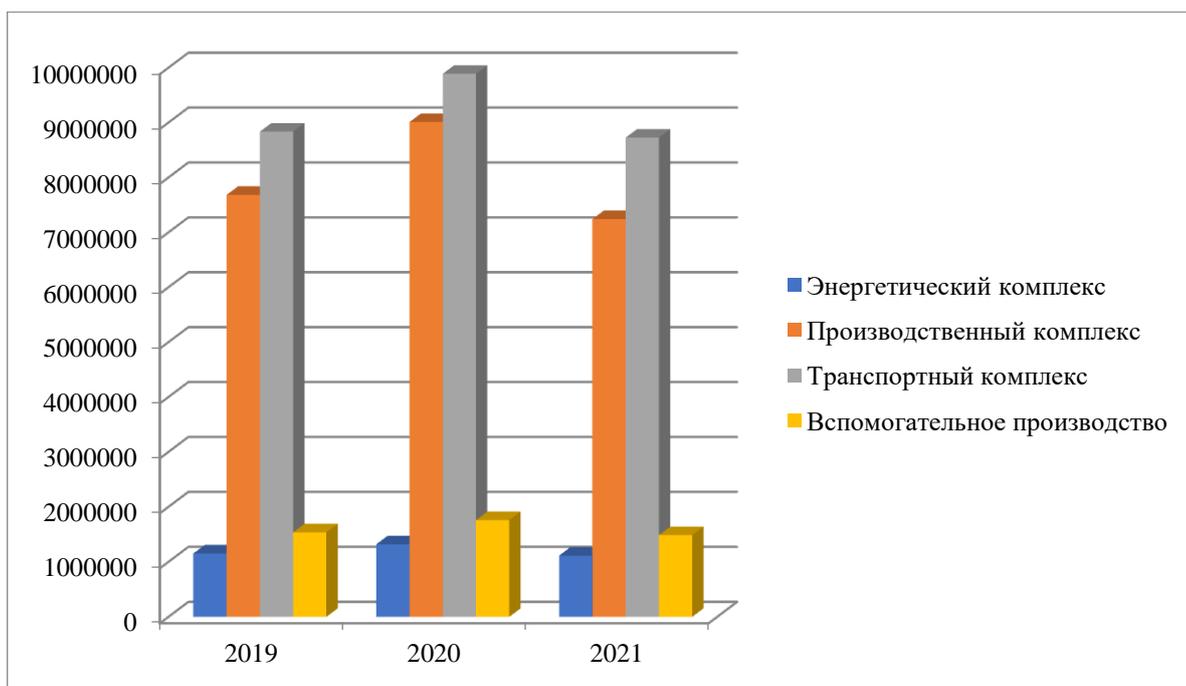


Рисунок 2.4 – Диаграммы, отражающие уровни электропотребления структурными комплексами предприятия в 2019-2021 гг.

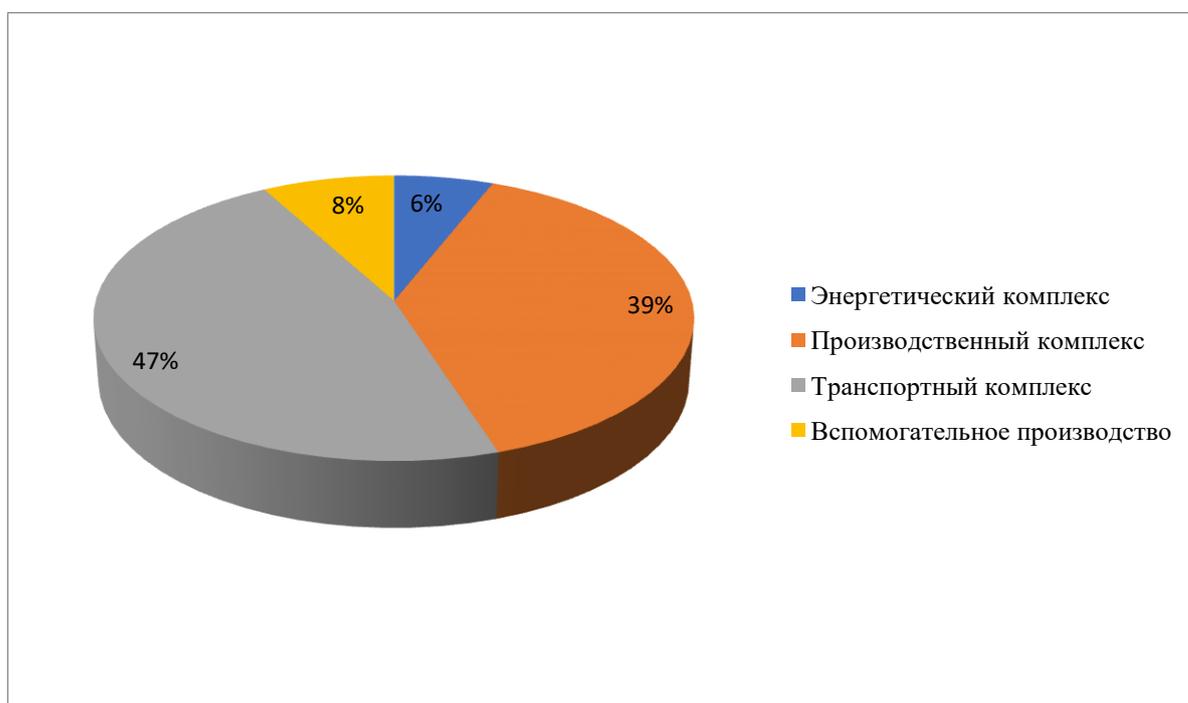


Рисунок 2.5 – Соотношение электропотребления структурных комплексов предприятия за 2021 год

Проанализируем потребление электрической энергии по месяцам

указанных годов. Для этого представим объёмы потребления электрической энергии по месяцам на обогатительной фабрике «Черногорская» в 2019, 2020, 2021 гг. в таблице 2.3, без учета расхода электроэнергии на вспомогательное производство.

Таблица 2.3 – Объёмы потребления электрической энергии по месяцам в Обогащительной фабрике «Черногорская» в 2019, 2020, 2021 гг.

№ п/п	Месяц, год	Электроэнергия, кВт·ч		
		2019	2020	2021
1	Январь	2265686	2614781	2486184
2	Февраль	2277682	2169701	1847386
3	Март	2023522	1596238	1406653
4	Апрель	1299512	1755695	1169086
5	Май	1507753	1640382	1416048
6	Июнь	807729,3	1207599	1013927
7	Июль	360372,3	390676,3	328020,6
8	Август	674073,7	1173252	985088,6
9	Сентябрь	1779682	1538109	1291431
10	Октябрь	2020413	1921600	1613419
11	Ноябрь	2480379	2969649	2493384
12	Декабрь	2584149	2996701	2516097
Итого за год		19206228	21974385	18566724

На основании данных таблицы 2.3 для наилучшей наглядности построим нелинейные графики по месяцам указанных лет (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 – Объёмы потребления электрической энергии по месяцам на Обогащительной фабрике «Черногорская» в 2019, 2020, 2021 гг.

Наибольшее потребление электрической энергии в обогащительной фабрике «Черногорская» наблюдается в зимние месяцы. К лету, особенно в июле, электропотребление резко снижается, что объясняется меньшим числом задействованных электропотребителей фабрики.

В таблице 2.4 можно видеть соотношение долей затрат в общей стоимости по видам ТЭР.

Таблица 2.4 - соотношение долей затрат в общей стоимости по видам ТЭР.

Вид потребляемой энергии	Затраты, руб	Процентное соотношение, %
Печное топливо (уголь)	14400000	13
Дизельное топливо	49362600	44
Электроэнергия	48459150	43

На рисунке 2.7 приведено процентное соотношение потребления энергоресурсов за 2021 год.

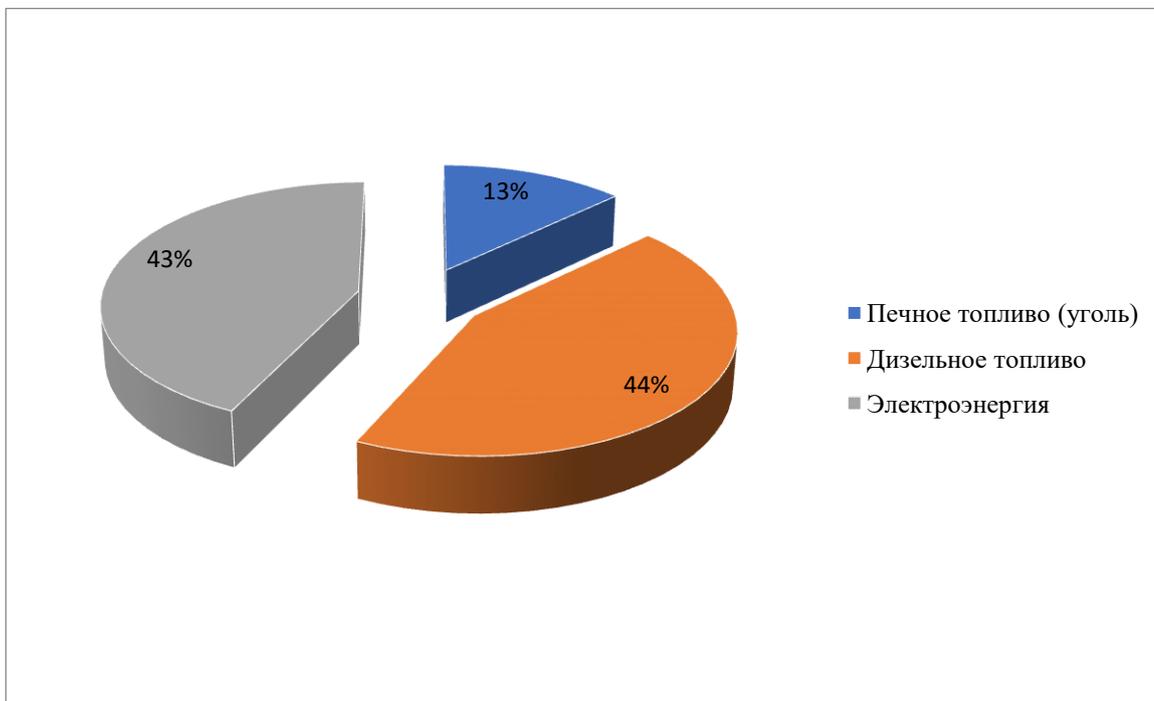


Рисунок 2.7 – Соотношение долей затрат в общей стоимости по видам ТЭР

2.3 Описание внедренных мероприятий по энергосбережению и их экономическая эффективность

В 2019-2021 годах на Черногорской обогатительной фабрике были осуществлены следующие энергосберегающие мероприятия с целью экономии электроэнергии и увеличения мощностей производства:

- Реконструкция сепараторов тяжелосредных колесных с СКВП-3200 на СТК – 4000.
- Применение частотных преобразователей для управления тяжелосредными сепараторами СТК-4000, для оптимального режима работы и необходимой производительности.
- Использование энергосберегающих светодиодных светильников в замен не энергоэффективных осветительных ламп.
- Снижение энергозатрат при работе аспирационных установок за счет снижения пусковых токов на 20% и увеличения срока их эксплуатации.
- Применение датчиков освещенности для работы только в темное время суток для мачт уличного освещения.

- Реконструкция грохотов ГИСТ-72 на AURI ARHD для увеличения производительности и уменьшения энергозатрат.

Рассмотрим каждое мероприятие подробнее, т.е. за счет чего была достигнута экономия и какой экономический эффект был получен.

1. Реконструкция сепараторов тяжелосредних колесных с СКВП-3200 на СТК – 4000.

СКВП-3200 – это сепаратор тяжелосредний колесный, который был установлен на ОФ в 2011 году по левой и правой секции. Его производительность составляет 500 тонн угля в час, мощность электроприводов в сумме – 35 кВт в час. В связи с высоким износом оборудования и моральным устареванием это оборудование было заменено на современные сепараторы СТК-4000 [21].

СТК-4000 – это сепаратор тяжелосредний колесный, производительностью 750 тонн в час и суммарной мощностью 35 кВт в час [22].

Замена сепараторов позволила увеличить производительность переработки угля на 50%, при той же затрате на электроэнергию. После замены СКВП-3200 на СТК-4000 фактическая производительность фабрики изменилась с 7 млн. тонн в 2018 году на 9 млн. тонн в 2019.

Экономический эффект данного мероприятия приведен в таблице 2.5

Таблица 2.5 – Расчет экономического эффекта после реконструкции сепараторов

Наименование	До	После
Сепаратор	СКВП-3200	СТК-4000
Количество	2	2
Производительность, т/ч	1 000	1 500
Мощность, кВт	70	70
Фактическая производительность ОФ в год	7 000 000	9 000 000
Стоимость произведенной продукции за год, тыс. руб.	15 400 000	19 800 000
Экономический эффект в год		
т	2 000 000	
Э, тыс.руб.	4 400 000	

Стоимость реконструкции сепараторов составила 14 млн. руб., тем самым окупившись в первый год установки.

2. Применение частотных преобразователей для управления тяжелосредними сепараторами СТК-4000, для оптимального режима работы и необходимой производительности.

Модернизация тяжелосреднего сепараторов СТК-4000 позволила снизить потребление электроэнергии на 30 % и оптимизировать режим работы посредством функции ведущий/ведомый, которая позволила выровнять нагрузки в многодвигательном приводе и снизить износ оборудования. Такой эффект был достигнут посредством установки частотных преобразователей Altivar 71 на позиции №64 и №65. Расчет экономического эффекта представим ниже.

Экономический расчёт до установки частотных преобразователей.

Затраты на электроэнергию:

Количество включаемых электроприводов для работы сепараторов – 4 шт.;

Количество потребляемой электроэнергии четырьмя электроприводами – 74 кВт·ч;

Количество часов работы за рабочий период (1 год) – 7980 час;

Количество потребляемой энергии за период, кВт·час – $74 \cdot 7980 = 590\,520$ кВт·ч;

Стоимость кВт·ч, руб. – 2,41 руб. в 2020 году.

Стоимость потребляемой энергии (без стоимости мощности) руб. – $2,41 \cdot 590\,520 = 1\,423\,152,2$ руб.

Итого: затраты на эксплуатацию (без учёта технического обслуживания и ремонта) – 1 423 152,2 руб.

Экономический расчёт после установки частотных преобразователей.

Стоимость частотного преобразователя – 125 758 руб.

Количество потребляемой электроэнергии тремя установками – 51,8 кВт·ч;

Количество часов работы за рабочий период (1 год) – 7980 часов;

Количество потребляемой энергии за период, кВт·ч – $51,8 \cdot 7980 = 413364$ кВт·ч;

Стоимость потребляемой энергии (без стоимости мощности), руб. – $2,41 \cdot 413364 = 996207,24$ руб.

Стоимость строительно-монтажных работ (далее СМР) хозяйственным способом, руб.:

Количество персонала при проведении работ – 2 электрослесаря;

Часовая тарифная ставка – 50 руб./час;

Количество смен по 8 часов – 10;

Количество чел/час – $10 \cdot 8 \cdot 2 = 160$ чел/час;

Затраты на зарплату – $160 \cdot 50 \cdot 1,3 \cdot 1,3 = 13520$ руб.

Итого: затраты на эксплуатацию и СМР (хозяйственный способ) и материалы – $996207,24 + 13520 + 125\,758 \cdot 4 = 1512759,24$ руб.

Вывод: экономический эффект в первый год составит:

$1423152,2 - 1512759,24 = -89607,04$ руб.

Окупаемость мероприятия: 13 месяцев.

3. Использование энергосберегающих светодиодных светильников в замен не энергоэффективных осветительных ламп. Данное мероприятие позволило получить годовой экономический эффект в 479434,2 кВт·ч или 1251,3 тыс. руб. в год. Расчет эффективности приведен в Приложении В [15,16].

4. Снижение энергозатрат при работе аспирационных установок за счет снижения пусковых токов на 20% и увеличения срока их эксплуатации.

Такой эффект был достигнут посредством установки устройств плавного пуска Altistart 22 на аспирационных установках А2, А6, А9. Расчет экономического эффекта представим ниже [25].

Экономический расчёт до установки устройств плавного пуска.

Затраты на электроэнергию:

Количество включаемых аспирационных установок для очистки воздуха от мелкой пыли – 3 устройства;

Количество потребляемой электроэнергии тремя установками – 480 кВт·ч;

Количество часов работы за рабочий период (1 год) – 7980 час;

Количество потребляемой энергии за период, кВт·час – $480 \cdot 7980 = 3\,830\,400$ кВт·ч;

Стоимость кВт·ч, руб. – 2,61 руб. в 2021 году.

Стоимость потребляемой энергии (без стоимости мощности) руб. – $2,61 \cdot 3\,830\,400 = 9\,997\,344$ руб.

Итого: затраты на эксплуатацию (без учёта технического обслуживания и ремонта) – 9 997 344 руб.

Экономический расчёт после установки устройства плавного пуска.

Стоимость устройства плавного пуска – 237 000 руб.

Количество потребляемой электроэнергии тремя установками – 384 кВт·ч;

Количество часов работы за рабочий период (1 год) – 7980 часов;

Количество потребляемой энергии за период, кВт·ч – $384 \cdot 7980 = 3\,064\,320$ кВт·ч;

Стоимость потребляемой энергии (без стоимости мощности), руб. – $2,61 \cdot 3\,064\,320 = 7\,997\,875,2$ руб.

Стоимость строительно-монтажных работ (далее СМР) хозяйственным способом, руб.:

Количество персонала при проведении работ – 6 электрослесарей;

Часовая тарифная ставка – 58 руб./час;

Количество смен по 8 часов – 10;

Количество чел/час – $10 \cdot 8 \cdot 6 = 480$ чел./час;

Затраты на зарплату – $480 \cdot 50 \cdot 1,3 \cdot 1,3 = 47\,049,6$ руб.

Итого: затраты на эксплуатацию и СМР (хозяйственный способ) и материалы – $7\,997\,875,2 + 47\,049,6 + 237\,000 \cdot 3 = 8\,755\,924,8$ руб.

Вывод: экономический эффект в первый год составит:

$$9997344 - 8755924,8 = 1241419,2 \text{ руб.}$$

Окупаемость мероприятия: 10,5 месяцев.

5. Применение датчиков освещенности для работы только в темное время суток для мачт уличного освещения.

В процессе модернизации установлены на мачты уличного освещения фотореле Finder-11.91.8.230.0000, что позволило контролировать отключение и включение уличного освещения в зависимости от установленного времени работы, тем самым снизить потребление электроэнергии в светлое время суток.

Расчёт экономии электроэнергии после установки фотореле на промышленной площадке представлен в таблице 2.5 при тарифе на электроэнергию в 2019 году 2,41 руб./кВт·ч.

Таблица 2.6 – Расчёт экономии электроэнергии после установки фотореле на промышленной площадке

Наименование	До	После
Количество мачт	7	7
Время работы мачты	8760	4380
Руст, кВт (мощность)	56	56
Кол-во потребляемой ЭЭ в год, кВт·ч	490560	245280
Экономия за год		
кВт·ч	245280	
Э, тыс.руб.	591,12	

6. Реконструкция грохотов ГИСТ-72 на AURI ARHD для увеличения производительности и уменьшения энергозатрат.

Грохота серии ГИСТ – 72 были установлены на ОФ в 2012 году по левой и правой секции обогащения угля в количестве 6 штук. Производительность грохота составляет 1000 тонн угля в час, мощность двух электроприводов в сумме 150 кВт. После установки СТК-4000 имеющийся комплекс грохотов не соответствовал требованиям производительности, данные грохота были заменены на Австралийские серии AURI ARHD в 2019 году [24].

Грохота серии AURI ARHD предназначены для просеивания сухих и влажных классов углей, производительность составляет 1600 тонн угля в час, мощность электропривода составляет 110 кВт. [23].

Замена комплекса грохотов в соответствии с сепараторами, позволила увеличить производительность переработки угля на 50% и снизить затраты на электроэнергию. После замены ГИСТ – 72 на AURI ARHD фактическая производительность фабрики изменилась с 7 млн. тонн на 9 млн. тонн.

Экономический эффект данного мероприятия приведен в таблице 2.6

Таблица 2.7 – Расчет экономического эффекта после реконструкции грохотов

Наименование	До	После
Грохот	ГИСТ - 72	AURI ARHD
Количество	6	6
Производительность, т/ч	1 000	1 600
Мощность, кВт	150	110
Фактическая производительность ОФ в год	7 000 000	9 000 000
Стоимость произведенной продукции за год, тыс. руб.	15 400 000	19 800 000
Экономический эффект в год		
т	2 000 000	
Э, тыс.руб.	4 400 000	

Стоимость реконструкции грохотов составила 60 млн. руб. Затраты на электроэнергию снизились на 4 615,6 тыс. руб. в год, тем самым окупившись в первый год установки.

В 2019-2021 гг. на обогатительной фабрике «Черногорская» были внедрены мероприятия по энергоэффективности и энергосбережению, позволившие увеличить производительность технологического процесса и снизить затраты на электроэнергию. На данном этапе в 2022-2023 гг. планируется модернизация горнотранспортного комплекса и технологических насосов для достижения максимальных возможностей комплекса обогащения.

3 Практическая часть

3.1 Разработка мероприятий по энергосбережению и энергоэффективности

Для повышения энергоэффективности и энергосбережения на ОФ «Черногорская» планируется:

1) Установка частотных преобразователей для модернизации электроприводов ленточных конвейеров КЛС-1600

2) Установка частотных преобразователей для модернизации электроприводов кондиционных и не кондиционных насосов Warman 10/8 F-АН, Warman 12/10 F-АН.

Подробно рассмотрим каждое мероприятие и рассчитаем ожидаемый экономический эффект.

3.1.1 Установка частотных преобразователей для модернизации электроприводов ленточных конвейеров КЛС-1600

Комплекс внутренних ленточных конвейерных линий обеспечивает подачу горной массы от здания дробилки до погрузки обогащенного угля по классам в железнодорожный транспорт.

Описанные выше конвейерные линии включают в себя 16 конвейеров. Основная линия состоит из конвейеров на позициях №24, №29, №40:

- конвейер №24 транспортирует горную массу от здания дробилки в здание перегрузки;

- конвейер №29, расположенный в здании перегрузки, перегружает горную массу на конвейер №40;

- конвейер №40 транспортирует горную массу в цех обогащения 25-200мм.

В цехе обогащения горная масса классифицируется по размерам 0-25мм, 25-200мм.

Класс горной массы 0-25мм. транспортируется в цех обогащения 0-25мм, за счет конвейера №143. Класс горной массы 25-200мм. разделяется с помощью сепаратора СТК-4000 на породу и уголь, которые перегружаются на конвейера №303, №306:

- конвейер №303 транспортирует породу в бункер для отгрузки на склады;
- конвейер №306 транспортирует уголь для разделения на классы и отгрузки на дополнительные конвейерные линии.

Дополнительные конвейерные линии №300, №316, №305, №328, №329, №320, №321, №322, №361, №362, №363 используются с периодичностью работы для загрузки бункеров и отгрузки в железнодорожный транспорт. Эти линии уже модернизированы, либо не нуждаются в модернизации.

На основной конвейерной линии установлены 9 асинхронных, из которых 5 основных и 4 резервных электродвигателей с мощностями 200 кВт, 160 кВт и 37 кВт (ЛК №29 не имеет резервного). Для модернизации данной линии предлагается установить частотные преобразователи французской фирмы Schneider Electric, после установки которых, ожидаемая экономия электроэнергии составит 30 % [11].

Рассмотрим модернизацию ленточных конвейеров №24 и №40, так как на них установлены одинаковые электроприводы.

Выбираем для установки частотные преобразователи ATV950 C25N4F, цена за одну единицу составляет 2 856 000 рублей [17].

Приведем основные характеристики электроприводов ленточных конвейеров №24 и №40:

- 1) Место расположения двигателя – привод конвейера №24 и №40 КЛС-1600;
- 2) Тип двигателя – АИР-355-МА6;
- 3) Мощность – 200 кВт;
- 4) Количество – 2 электропривода;
- 5) Время работы двигателя – 7980 часов в год.

Капитальные затраты на приобретение и установку частотных преобразователей рассчитаны в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Капитальные затраты

Наименование	Количество	тыс. руб.
Приобретение частотного преобразователя ATV950 C25N4F	2 шт.	5 712
Монтаж и сборка	10% стоимости	571,2
Доставка	5% стоимости	285,6
Итого		6 568,8

Рассчитаем текущий объем потребления электроэнергии по формуле:

$$W_I = P_i \cdot T_i, \quad (3.1)$$

где P_i – мощность двигателей;

T_i – время работы двигателей в год.

Текущий объем потребляемой электроэнергии в год по формуле (3.1) составит:

$$W_I = (200 \cdot 2) \cdot 7980 = 3192000 \text{ кВт}\cdot\text{ч},$$

где $P_i = 200 \cdot 2$ кВт – мощность двигателей;

$T_i = 7980$ час/год – время работы двигателей в год.

Рассчитаем объем потребляемой электроэнергии в после установки частотных преобразователей по формуле 3.1:

$$W_2 = (200 \cdot 2) \cdot 7980 \cdot 0,7 = 2234400 \text{ кВт}\cdot\text{ч},$$

где $P_i = 200 \cdot 2$ кВт – мощность двигателей;

$T_i = 7980$ час/год – время работы двигателей конвейеров в год.

Ожидаемая экономия электроэнергии в год рассчитывается по формуле:

$$W_{ЭЛ} = W_I - W_2. \quad (3.2)$$

Экономия электроэнергии в год после установки частотных преобразователей рассчитывается по формуле (3.2) и составляет:

$$W_{эл} = 3192000 - 2234400 = 957600 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Стоимость снижения затрат рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{эл} = C_{эл} \cdot W_{эл}, \quad (3.3)$$

где $C_{эл}$ – цена за 1 кВт в час электроэнергии в 2021 году.

Снижение затрат на электроэнергию в год (по формуле 3.3) после установки частотных преобразователей составляет:

$$\mathcal{E}_{эл} = 2,61 \cdot 957600 = 2499,3 \text{ тыс. руб.}$$

В таблице 3.2 приведен расчет затрат на эксплуатацию до и после установки частотных преобразователей.

Таблица 3.2 – Расчет затрат на эксплуатацию до и после установки частотных преобразователей

Наименование	Единицы измерения	До	После
Объем потребляемой электроэнергии, за год	кВт·ч/год	3 192 000	2 234 400
Цена за 1 кВт·ч электроэнергии в 2021 году	руб./кВт·ч	2,61	2,61
Эксплуатационные затраты	тыс. руб./год	8 331,1	5 831,8
Экономический эффект			
Электрическая энергия	кВт·ч/год	957 600	
Эксплуатационные затраты	тыс. руб./год	2 499,3	

Ниже приведены формулы для расчета кумулятивного потока денежных средств для дисконтируемого и не дисконтируемого периода окупаемости.

Амортизация электрооборудования рассчитывается по формуле:

$$A = AmC / T. \quad (3.4)$$

где AmC – амортизируемая стоимость оборудования;

T – срок полезного использования.

Чистая прибыль показывает доход предприятия от установки

оборудования за вычетом всех расходов и рассчитывается [3]:

$$ЧП = \Delta Э - А. \quad (3.5)$$

где $\Delta Э$ – снижение эксплуатационных затрат;

$А$ – амортизация.

Чистый поток денежных средств – это разница между притоком и оттоком средств [4]. Этот показатель рассчитывается по формуле:

$$ЧПД = \Delta Э - К. \quad (3.6)$$

где $\Delta Э$ – это снижение эксплуатационных затрат;

$К$ – капитальные затраты.

Кумулятивный денежный поток показывает чистый денежный поток на протяжении продолжительного цикла и рассчитывается:

$$\sum ЧПД = \sum_{k=0}^n \Delta Э * k - К. \quad (3.7)$$

где k – это номер года, с момента ввода в эксплуатацию оборудования.

Срок окупаемости является одним из базовых показателей и при равно размерных поступлениях денежных потоков применяется простая формула периода окупаемости [5]:

$$T_{ок} = К / \Delta Э. \quad (3.8)$$

где $К$ – это первоначальные инвестиционные затраты в проект (капитальные затраты);

$\Delta Э$ – это среднегодовой положительный денежный поток (снижение эксплуатационных затрат).

При неравномерных денежных потоках рассчитывается дисконтированный период окупаемости – это срок, требуемый для возврата вложенных средств, за счет чистого потока денежных средств с учетом ставки дисконтирования [6].

Для расчета такого периода окупаемости необходимо вычислить коэффициент дисконтирования:

$$B = 1 / (1 + E)^n. \quad (3.9)$$

где E – ставка дисконта;

n – это число лет от будущего до текущего момента.

Дисконтированный поток денежных средств представляет:

$$\text{ЧПД}_0 = \Delta \mathcal{E} * B - K. \quad (3.10)$$

где $\Delta \mathcal{E}$ – это снижение эксплуатационных затрат;

B – коэффициент дисконтирования;

K – капитальные затраты.

Кумулятивный дисконтированный поток денежных средств равен:

$$\sum \text{ЧПД}_0 = \sum_{k=0}^n \Delta \mathcal{E} * k * B - K. \quad (3.11)$$

где $\Delta \mathcal{E}$ – это снижение эксплуатационных затрат;

k – это номер года, с момента ввода в эксплуатацию оборудования;

B – коэффициент дисконтирования;

K – капитальные затраты.

Тогда дисконтированный период окупаемости можно рассчитать по формуле:

$$T_{\text{окд}} = \min n = \sum_{k=0}^n \Delta \mathcal{E} * 1 / (1 + E)^n > K. \quad (3.12)$$

где $\Delta \mathcal{E}$ – это снижение эксплуатационных затрат;

E – ставка дисконта;

n – это число лет от будущего до текущего момента;

K – капитальные затраты.

В таблице 3.3 представлен расчет экономического эффекта для не

дисконтируемого периода окупаемости.

Таблица 3.3 – Расчет экономического эффекта для не дисконтируемого периода окупаемости

Годы \ ЭЭ	ΔЭ	А	ЧП	К	ЧПД	ΣЧПД
2022	2499,3	656,88	1842,42	6 568,8	-4726,38	-4726,38
2023	2499,3	656,88	1842,42	0	1842,42	-2901,96
2024	2499,3	656,88	1842,42	0	1842,42	-1059,54
2025	2499,3	656,88	1842,42	0	1842,42	782,88
2026	2499,3	656,88	1842,42	0	1842,42	2625,3

Где ΔЭ – Показатель снижения эксплуатационных затрат, приведенный в таблице 3.2;

А – амортизация, рассчитанная по формуле 3.4;

ЧП – чистый прибыль, рассчитанная по формуле 3.5;

К – капитальные затраты, приведенные в таблице 3.1;

ЧПД – чистый поток денежных средств, рассчитанный по формуле 3.6;

ΣЧПД – кумулятивный ЧПД, рассчитанный по формуле 3.7.

Не дисконтируемый период окупаемости (по формуле 3.8) составляет 3,6 лет.

В таблице 3.4 представлен расчет экономического эффекта для не дисконтируемого периода окупаемости.

Таблица 3.4 – Расчет экономического эффекта для не дисконтируемого периода окупаемости

Годы \ ЭЭ	Е	В	ЧПД _д	ΣЧПД _д
2022	15%	0,87	-4111,95	-4111,95
2023		0,76	1400,24	-2711,71
2024		0,66	1216	-1495,71
2025		0,57	1050,18	-445,53
2026		0,50	921,21	475,68

Где Е – это ставка дисконта;

В – коэффициент дисконтирования, рассчитанный по формуле 3.9;

ЧПД_д – дисконтированный поток денежных средств, рассчитанный по формуле 3.10;

ΣЧПД_д – кумулятивный ЧПД_д, рассчитанный по формуле 3.11.

Дисконтированный период окупаемости данного мероприятия (по формуле 3.12) составляет 4,93 года.

Исходя из данных таблицы 3.3 и таблицы 3.4, при капитальных затратах 3 284,4 тыс. руб., мероприятие по установке частотных преобразователей окупится в первые 5 лет эксплуатации. Данное мероприятие рекомендовано к внедрению.

Рассмотрим модернизацию ленточных конвейеров №303 и №306, так как на них установлены одинаковые электроприводы.

Предлагается установить частотные преобразователи SE Altivar 950, цена за одну единицу составляет 2 350 800 рублей [20].

Приведем основные характеристики электроприводов ленточных конвейеров №303 и №306:

- 1) Место расположения двигателя – привод конвейера №303, №306 КЛС-1600;
- 2) Тип двигателя – АИР-315-S4;
- 3) Мощность – 160 кВт;

- 4) Количество – 2 электропривода;
- 5) Время работы двигателя – 7980 часов в год.

Капитальные затраты на приобретение и установку частотных преобразователей рассчитаны в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Капитальные затраты

Наименование	Количество	тыс. руб.
Приобретение частотного преобразователя SE Altivar 950	2 шт.	4 701,6
Монтаж и сборка	10% стоимости	470,16
Доставка	5% стоимости	235,08
Итого		5 406,84

Текущий объем потребляемой электроэнергии в год по формуле (3.1) составит:

$$W_1 = (160 \cdot 2) \cdot 7980 = 2553600 \text{ кВт}\cdot\text{ч},$$

где $P_i = 160 \cdot 2$ кВт – мощность двигателей;

$T_i = 7980$ час/год – время работы в год.

Рассчитаем объем потребляемой электроэнергии в после установки частотных преобразователей по формуле 3.1:

$$W_2 = (160 \cdot 2) \cdot 7980 \cdot 0,7 = 1787520 \text{ кВт}\cdot\text{ч},$$

где $P_i = 160 \cdot 2$ кВт – мощность двигателей;

$T_i = 7980$ час/год – время работы двигателей в год.

Экономия электроэнергии в год после установки частотных преобразователей рассчитывается по формуле (3.2) и составляет:

$$W_{эл} = 2553600 - 1787520 = 766080 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Снижение затрат на электроэнергию в год (по формуле 3.3) после установки частотных преобразователей составляет:

$$\mathcal{E}_{эл} = 2,61 \cdot 766080 = 1999,5 \text{ тыс. руб.}$$

где 2,61 руб./кВт·ч – цена за 1 кВт в час в 2021 году.

В таблице 3.6 приведен расчет затрат на эксплуатацию до и после установки частотных преобразователей

Таблица 3.6 – Расчет затрат на эксплуатацию до и после установки частотных преобразователей

Наименование	Единицы измерения	До	После
Объем потребляемой электроэнергии, за год	кВт·ч/год	2 553 600	1 787 520
Цена за 1 кВт·ч электроэнергии в 2021 году	руб./кВт·ч	2,61	2,61
Эксплуатационные затраты	тыс. руб./год	6 664,9	4 665,4
Экономический эффект			
Электрическая энергия	кВт·ч/год	766 080	
Эксплуатационные затраты	тыс. руб./год	1 999,5	

В таблице 3.7 представлен расчет экономического эффекта для не дисконтируемого периода окупаемости.

Таблица 3.7 – Расчет экономического эффекта для не дисконтируемого периода окупаемости

Годы \ ЭЭ	ΔЭ	А	ЧП	К	ЧПД	ΣЧПД
2023	1999,5	540,68	1458,82	0	1458,82	-2489,2
2024	1999,5	540,68	1458,82	0	1458,82	-1030,38
2025	1999,5	540,68	1458,82	0	1458,82	428,44
2026	1999,5	540,68	1458,82	0	1458,82	1881,26

Где ΔЭ – Показатель снижения эксплуатационных затрат, приведенный в таблице 3.6;

А – амортизация, рассчитанная по формуле 3.4;

ЧП – чистый прибыль, рассчитанная по формуле 3.5;

К – капитальные затраты, приведенные в таблице 3.5;

ЧПД – чистый поток денежных средств, рассчитанный по формуле 3.6;

Σ ЧПД – кумулятивный ЧПД, рассчитанный по формуле 3.7.

Не дисконтируемый период окупаемости (по формуле 3.8) составляет 3,7 лет.

В таблице 3.8 представлен расчет экономического эффекта для не дисконтируемого периода окупаемости.

Таблица 3.8 – Расчет экономического эффекта для не дисконтируемого периода окупаемости

Годы \ ЭЭ	Е	В	ЧПД _д	Σ ЧПД _д
2022	15%	0,87	-3434,78	-3434,78
2023		0,76	1108,7	-2326,08
2024		0,66	962,82	-1363,26
2025		0,57	831,53	-531,73
2026		0,50	729,41	197,68

Где Е – это ставка дисконта;

В – коэффициент дисконтирования, рассчитанный по формуле 3.9;

ЧПД_д – дисконтированный поток денежных средств, рассчитанный по формуле 3.10;

Σ ЧПД_д – кумулятивный ЧПД_д, рассчитанный по формуле 3.11.

Дисконтированный период окупаемости данного мероприятия (по формуле 3.12) составляет 4,96 года.

Исходя из данных таблицы 3.7 и таблицы 3.8, при капитальных затратах 2 703,42 тыс. руб., мероприятие по установке частотных преобразователей окупится в первые 5 лет эксплуатации. Данное мероприятие рекомендовано к внедрению.

Рассмотрим модернизацию ленточного конвейера №29.

Предлагается установить частотный преобразователь ATV950D37N4E, цена которого составляет 531 600 рублей [18].

Приведем основные характеристики электропривода ленточного конвейера №29:

- 1) Место расположения двигателя – привод конвейера №29 КЛС-1600;
- 2) Тип двигателя – АИР-200-М4;
- 3) Мощность – 37 кВт;
- 4) Количество – 1 электропривод;
- 5) Время работы двигателя – 7980 часов в год.

Капитальные затраты на приобретение и установку частотных преобразователей рассчитаны в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Капитальные затраты

Наименование	Количество	тыс. руб.
Приобретение частотного преобразователя ATV950D37N4E	1 шт.	531,6
Монтаж и сборка	10% стоимости	53,16
Доставка	5% стоимости	26,58
Итого		611,34

Текущий объем потребляемой электроэнергии в год по формуле (3.1) составит:

$$W_1 = 37 \cdot 7980 = 275060 \text{ кВт}\cdot\text{ч},$$

где $P_i = 37 \text{ кВт}$ – мощность двигателя;

$T_i = 7980 \text{ час/год}$ – время работы двигателя в год.

Рассчитаем объем потребляемой электроэнергии после установки частотного преобразователя по формуле 3.1:

$$W_2 = 37 \cdot 7980 \cdot 0,7 = 206682 \text{ кВт}\cdot\text{ч},$$

где $P_i = 37 \text{ кВт}$ – мощность двигателя;

$T_i = 7980 \text{ час/год}$ – время работы двигателя в год.

Экономия электроэнергии в год после установки частотного преобразователя рассчитывается по формуле (3.2) и составляет:

$$W_{эл} = 275060 - 206682 = 68378 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Снижение затрат на электроэнергию в год (по формуле 3.3) после установки частотного преобразователя составляет:

$$\mathcal{E}_{эл} = 2,61 \cdot 68378 = 178,467 \text{ тыс. руб.}$$

где 2,61 руб./кВт·ч – цена за 1 кВт в час в 2021 году.

В таблице 3.10 приведен расчет затрат на эксплуатацию до и после установки частотного преобразователя.

Таблица 3.10 – Расчет затрат на эксплуатацию до и после установки частотных преобразователей

Наименование	Единицы измерения	До	После
Объем потребляемой электроэнергии, за год	кВт·ч/год	275060	206682
Цена за 1 кВт·ч электроэнергии в 2021 году	руб./кВт·ч	2,61	2,61
Эксплуатационные затраты	тыс. руб./год	717,907	539,44
Экономический эффект			
Электроэнергия	кВт·ч/год	68378	
Эксплуатационные затраты	тыс. руб./год	178,467	

В таблице 3.11 представлен расчет экономического эффекта для не дисконтируемого периода окупаемости.

Таблица 3.11 – Расчет экономического эффекта для не дисконтируемого периода окупаемости

Годы \ ЭЭ	$\Delta Э$	А	ЧП	К	ЧПД	Σ ЧПД
2022	178,47	61,13	117,34	5 406,84	-494	-494
2023	178,47	61,13	117,34	0	117,34	-376,66
2024	178,47	61,13	117,34	0	117,34	-259,32
2025	178,47	61,13	117,34	0	117,34	-141,98
2026	178,47	61,13	117,34	0	117,34	-24,64
2027	178,47	61,13	117,34	0	117,34	92,7
2028	178,47	61,13	117,34	0	117,34	210,04
2029	178,47	61,13	117,34	0	117,34	327,38
2030	178,47	61,13	117,34	0	117,34	444,72
2031	178,47	61,13	117,34	0	117,34	562,06

Где $\Delta Э$ – Показатель снижения эксплуатационных затрат, приведенный в таблице 3.10;

А – амортизация, рассчитанная по формуле 3.4;

ЧП – чистый прибыль, рассчитанная по формуле 3.5;

К – капитальные затраты, приведенные в таблице 3.9;

ЧПД – чистый поток денежных средств, рассчитанный по формуле 3.6;

Σ ЧПД – кумулятивный ЧПД, рассчитанный по формуле 3.7.

Не дисконтируемый период окупаемости (по формуле 3.8) составляет 5,2 лет.

В таблице 3.12 представлен расчет экономического эффекта для не дисконтируемого периода окупаемости.

Таблица 3.12 – Расчет экономического эффекта для не дисконтируемого периода окупаемости

Годы \ ЭЭ	Е	В	ЧПД _д	ΣЧПД _д
2022	15%	0,87	-429,78	-429,78
2023		0,76	89,17	-340,61
2024		0,66	77,44	-263,17
2025		0,57	66,88	-196,29
2026		0,50	58,67	-137,62
2027		0,43	50,46	-87,16
2028		0,37	43,42	-43,74
2029		0,32	37,55	-6,19
2030		0,28	32,86	26,67
2031		0,25	29,34	56,01

Где Е – это ставка дисконта;

В – коэффициент дисконтирования, рассчитанный по формуле 3.9;

ЧПД_д – дисконтированный поток денежных средств, рассчитанный по формуле 3.10;

ΣЧПД_д – кумулятивный ЧПД_д, рассчитанный по формуле 3.11.

Дисконтированный период окупаемости данного мероприятия (по формуле 3.12) составляет 8,96 года.

Исходя из данных таблицы 3.11 и таблицы 3.12, при капитальных затратах 930,258 тыс. руб., мероприятие по установке частотных преобразователей окупится в первые 10 лет эксплуатации. Данное мероприятие рекомендовано к внедрению.

3.1.2 Установка частотных преобразователей для модернизации электроприводов кондиционных и некондиционных насосов Warman 10/8 F-АН, Warman 12/10 F-АН.

Для прокачки суспензии и разделения горной массы на уголь и породу в цехе обогащения 25-200мм. используются насосы типа Warman 10/8 F-АН, Warman 12/10 F-АН.

Данные насосы являются основными и полностью задействованы в обогащение угля и подразделяются на кондиционные и некондиционные.

Некондиционная суспензия (НКС) подается насосами №107, №108 по левой секции обогащения и насосами №111, №112 по правой секции обогащения. Насосы (НКС) подают суспензию на ЭБМ 117-1, ЭБМ 118-1 и ПБМ 117-1, ПБМ 118-1 для дальнейшего распада продукта на магнетит (повторно используется для обогащения угля), шлам для повторного обогащения в цехе 0-25мм, слив – отчищенная вода (используется для обмыва концентрата угля, и для повторной отчистки).

Кондиционная суспензия (КС) подается насосами №109, №110 по левой секции обогащения и насосами №113, №114 по правой секции обогащения. Насосы (КС) подают суспензию в сепараторы СТК-4000 №64 и №65 для создания вертикальных и горизонтальных потоков.

Вертикальный поток поднимает легкую фракцию-уголь на поверхность, а с помощью горизонтального потока продвигается на дальнейшее дробление и отгрузку на ленточный конвейер №306.

Основные насосы №107, №108, №111, №112 - Warman 10/8 F-АН и №109, №110, №113, №114 - Warman 12/10 F-АН имеют одинаковые типы двигателей АИР-280-S6 мощностью 110 кВт каждый, которые потребляют большое количество электроэнергии.

Для модернизации насосов предлагается установить частотные преобразователи французской фирмы Schneider Electric, после установки которых, ожидаемая экономия электроэнергии составит 20 % [11].

Рассмотрим модернизацию насосов №107, №108, №111, №112, №109, №110, №113, №114, так как на них установлены одинаковые электроприводы.

Выбираем для установки частотные преобразователи ATV950 C13N4F, цена за одну единицу составляет 994 200 рублей [19].

Приведем основные характеристики электроприводов насосов Warman 10/8 F-АН, Warman 12/10 F-АН:

- 1) Место расположения двигателя – электроприводы насосов Warman 10/8 F-АН, Warman 12/10 F-АН;
- 2) Тип двигателя – АИР-280-S6;
- 3) Мощность – 110 кВт;
- 4) Количество – 8 электропривод;
- 5) Время работы двигателя – 7980 часов в год.

Капитальные затраты на приобретение и установку частотных преобразователей рассчитаны в таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Капитальные затраты

Наименование	Количество	тыс. руб.
Приобретение частотного преобразователя ATV950 C13N4F	8 шт.	7953,6
Монтаж и сборка	10% стоимости	795,36
Доставка	5% стоимости	397,68
Итого		9146,64

Объем потребляемой электроэнергии в год при базовом варианте по формуле (3.1) составит:

$$W_1 = 110 \cdot 8 \cdot 7980 = 7022400 \text{ кВт}\cdot\text{ч},$$

где $P_i = 110 \cdot 8 \text{ кВт}$ – мощность двигателей;

$T_i = 7980 \text{ час/год}$ – время работы двигателей в год.

Рассчитаем объем потребляемой электроэнергии после установки частотных преобразователей по формуле 3.1:

$$W_2 = 110 \cdot 8 \cdot 7980 \cdot 0,8 = 5617920 \text{ кВт}\cdot\text{ч},$$

где $P_i = 110 \cdot 8$ кВт – установленная мощность двигателей насосов
кондиции и не кондиции;

$T_i = 7980$ час/год – время работы двигателей насосов в год.

Экономия электроэнергии в год при использовании частотных преобразователей рассчитывается по формуле (3.2) и составляет:

$$W_{эл} = 7022400 - 5617920 = 1404480 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Снижение затрат на электроэнергию в год (по формуле 3.3) после установки частотных преобразователей составляет:

$$\mathcal{E}_{эл} = 2,61 \cdot 1404480 = 3655,69 \text{ тыс. руб.},$$

где 2,61 руб./кВт·ч – цена за 1 кВт в час в 2021 году.

В таблице 3.14 приведен расчет затрат на эксплуатацию до и после установки частотного преобразователя.

Таблица 3.14 – Расчет затрат на эксплуатацию до и после установки частотных преобразователей

Наименование	Единицы измерения	До	После
Объем потребляемой электроэнергии, за год	кВт·ч/год	7022400	7022400
Цена за 1 кВт·ч электроэнергии в 2021 году	руб./кВт·ч	2,61	2,61
Эксплуатационные затраты	тыс. руб./год	18328,464	14662,77
Экономический эффект			
Электрическая энергия	кВт·ч/год		1404480
Эксплуатационные затраты	тыс. руб./год		3665,69

В таблице 3.15 представлен расчет экономического эффекта для не дисконтируемого периода окупаемости.

Таблица 3.15 – Расчет экономического эффекта для не дисконтируемого периода окупаемости

Годы \ ЭЭ	$\Delta Э$	A	ЧП	K	ЧПД	Σ ЧПД
2021	3665,69	914,66	2751,03	9146,64	-6395,61	-6395,61
2022	3665,69	914,66	2751,03	0	2751,03	-3644,58
2023	3665,69	914,66	2751,03	0	2751,03	-893,55
2024	3665,69	914,66	2751,03	0	2751,03	1857,48
2025	3665,69	914,66	2751,03	0	2751,03	4608,51

Где $\Delta Э$ – Показатель снижения эксплуатационных затрат, приведенный в таблице 3.14;

A – амортизация, рассчитанная по формуле 3.4;

ЧП – чистый прибыль, рассчитанная по формуле 3.5;

K – капитальные затраты, приведенные в таблице 3.13;

ЧПД – чистый поток денежных средств, рассчитанный по формуле 3.6;

Σ ЧПД – кумулятивный ЧПД, рассчитанный по формуле 3.7.

Не дисконтируемый период окупаемости (по формуле 3.8) составляет 3,3 лет.

В таблице 3.16 представлен расчет экономического эффекта для не дисконтируемого периода окупаемости.

Таблица 3.16 – Расчет экономического эффекта для не дисконтируемого периода окупаемости

Годы \ ЭЭ	Е	В	ЧПД _д	ΣЧПД _д
2022	15%	0,87	-3434,78	-3434,78
2023		0,76	1108,7	-2326,08
2024		0,66	962,82	-1363,26
2025		0,57	831,53	-531,73
2026		0,50	729,41	197,68

Где Е – это ставка дисконта;

В – коэффициент дисконтирования, рассчитанный по формуле 3.9;

ЧПД_д – дисконтированный поток денежных средств, рассчитанный по формуле 3.10;

ΣЧПД_д – кумулятивный ЧПД_д, рассчитанный по формуле 3.11.

Дисконтированный период окупаемости данного мероприятия (по формуле 3.12) составляет 4,9 года.

Исходя из данных таблицы 3.15 и таблицы 3.16, при капитальных затратах 9 146,64 тыс. руб., мероприятие по установке частотных преобразователей окупится в первые 5 лет эксплуатации. Данное мероприятие рекомендовано к внедрению.

В ходе расчетов в п.3.1.1 и 3.1.2 было выявлено, что мероприятия по установке частотных преобразователей на ленточные конвейеры и насосы являются энергоэффективными и позволяют экономить до 30% электроэнергии. Данные мероприятия полностью окупаются в течении срока службы оборудования (10 лет), тем самым их можно рекомендовать к внедрению на Черногорской обогатительной фабрике ООО «СУЭК-Хакасия».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выпускной квалификационной работе на тему «Разработка мероприятий по энергосбережению Черногорской обогатительной фабрики ООО «СУЭК-Хакасия»», были рассмотрены и проанализированы существующие мероприятия по энергоэффективности и повышению производительности обогащения, был приведен расчет их экономической эффективности.

Были разработаны мероприятия, планируемые к реализации в 2022-2023 годах с расчетами экономического эффекта и сроками окупаемости:

- 1) Установка частотных преобразователей для модернизации электроприводов ленточных конвейеров КЛС-1600;
- 2) Установка частотных преобразователей для модернизации электроприводов кондиционных и не кондиционных насосов Warman 10/8 F-АН, Warman 12/10 F-АН.

Основные результаты исследования были опубликованы в международном научном журнале «Современная школа России. Вопросы модернизации».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года [Электронный ресурс]. - URL: <http://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDYT4IgsApssm6mZRb7wx.pdf> (Дата обращения: 10.04.2022).
2. Федеральный закон от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/
3. Альмяшов, Э. Р. Роль ресурсосберегающих технологий в повышении эффективности деятельности предприятия / Э. Р. Альмяшов, Н. В. Ерочкина // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2019. – №7. – С. 5–7 [Электронный ресурс]: Научная электронная библиотека eLibrary. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39166502>.
4. Ефременко, В. М. Система управления энергосбережением на угольных предприятиях / В. М. Ефременко, Р. В. Беляевский // Энергетика и энергосбережение: теория и практика: Сборник материалов I всероссийской научно-практической конференции. – 2014. – С. 40–43 [Электронный ресурс]: Научная электронная библиотека eLibrary. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24632381>.
5. Свидерская О. В. Основы энергосбережения: учебное пособие. - Москва: ТетраСистемс, 2009. - 176 с.
6. Федеральный закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» // Собрание законодательства РФ. 31.03.2003. № 13. Ст. 1177.
7. Быстрицкий Г. Ф. Основы энергетики: учебное пособие. - Москва: КноРус, 2011. - 352 с.
8. Дулесова Н. В. Практики студентов направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»[Текст]: метод. Указания / сост. Н.В. Дулесова; Сиб. федер. ун-т, ХТИ – филиал СФУ. – Абакан: ХТИ – филиал СФУ, 2016. – 51 с.

9. Федеральный закон от 26.03.2003 № 36-ФЗ «Об особенностях функционирования электроэнергетики в переходный период» // Собрание законодательства РФ. 31.03.2003. № 13. Ст. 1178.

10. Основные направления энергосбережения на предприятиях и оборудование, используемое для энергосбережения / В. И. Самохин, Д. В. Самохин, И. В. Сухоставский, Е. Е. Бабкин // Электронные информационные системы. – 2020. – № 1(24). – С. 63-76. – EDN RPZLYX. Волков, С. П. Метрологическое обеспечение неконтактных средств измерения температуры / С. П. Волков, В. А. Никоненко // Приборостроение и средства автоматизации. – 2006. – № 11. – С. 24-28. – EDN IAMNAL.

11. Дулесова, Н. В. Аспекты реализации мероприятий по экономии и повышению энергоэффективности предприятий горной промышленности / Н. В. Дулесова, М. Л. Шнайдер // Современная школа России. Вопросы модернизации. – 2022. – № 2-2(39). – С. 111-113. – EDN YQDNJP.

12. Киреева, Э. А. Полный справочник по электрооборудованию и электротехнике [Текст] : (с примерами расчетов) / Э. А. Киреева, С. Н. Шерстнев. – 3-е изд., стер. – Москва : КноРус, 2016. – 862 с.

13. Белов, Н. В. Повышение энергоэффективности приводных систем дробильно-измельчительного оборудования / Н. В. Белов, О. А. Груздова, М. Б. Бородина // Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство : XVII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ, Старый Оскол, 15–16 декабря 2020 года. – Старый Оскол: Старооскольский технологический институт (филиал) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС", 2021. – С. 206-211. – EDN QIZLFY.

14. Пикулин, Ю. Г. Ресурсо- и энергосбережение : Электронный учебник / Ю. Г. Пикулин. – Краснодар : Индивидуальный предприниматель Кабанов Виктор Болеславович (Издательство "Новация"), 2022. – 136 с. – ISBN 978-5-00179-191-1. – EDN FXSMFX.

15. Светодиодный светильник SKU 02-45-001 / Завод имени В. А. Дегтярева [Электронный ресурс]. - URL: <https://zid.ru/produktsiya/svetodiodnaya-produktsiya-zidlight/4048/>? (Дата обращения: 29.04.2022).

16. Светодиодный светильник 500Вт 50000Лм IP65 / Производство светодиодных светильников [Электронный ресурс]. - URL: https://terraled.ru/promyshlennye_svetilniki_ip65/svetodiodnyy-svetilnik-fs7-man-lp-500-500vt/ (Дата обращения: 09.05.2022).

17. Магазин SmartPrivod.ru [Электронный ресурс]. - URL: Преобразователь частоты ATV950C25N4F Schneider Electric купить, цена и характеристики в каталоге (schneider-electric-shop.ru) / (Дата обращения: 11.05.2022).

18. Преобразователь частоты ATV950 37/30кВт 380В 3ф /ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ – ЛАНИТ НОРД [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.lanitnord.ru/product/preobrazovatel-chastoty-atv950-37-30kvt-380v-3f/> (Дата обращения: 12.05.2022).

19. Преобразователь частоты ATV950 132/110кВт 380В 3ф шкафной / Schneider Electric [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.se.com/ru/ru/product/ATV950C119> (Дата обращения: 21.05.2022).

20. Преобразователь частоты ATV950 160/132кВт 380В 3ф шкафной / Schneider Electric [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.se.com/ru/ru/product/ATV950C16N4F> (Дата обращения: 23.05.2022).

21. Сепаратор колесный тяжелосредный - СКВП-32К / СПЕЦТЕХНОМАШ [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.grohot24.ru/products/oborudovanie-gorno-obogatitelnoe/tyazhelosrednye-separatory-tipa-skvp-i-stk/view/134-Separator-kolesnyi-tyazhelosrednyi> (Дата обращения: 27.05.2022).

22. СЕПАРАТОР ТЯЖЕЛОСРЕДНЫЙ КОЛЕСНЫЙ СТК-4000 / ТЯЖМАШ [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.tyazhmash.com/products/separator-tyazhelosrednyy-kolesnyy-stk-4000/> (Дата обращения: 27.05.2022).

23. TAPP Group / Грохоты TAPP Group [Электронный ресурс]. - URL: <https://tapp-group.ru/grohoti-aury> (Дата обращения: 29.05.2022).

24. Грохот инерционный самобалансный - ГИСТ-72 / СПЕЦТЕХНОМАШ [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.grohot24.ru/products/oborudovanie-gorno-obogatitelnoe/grokhota-inertsionnye-tipa-gisl-gist/view/69-Grokhot-inertsionnyi-samobalansnyi?> (Дата обращения: 29.05.2022)

25. Устройство плавного пуска и торможения на мощности от 4 до 400 кВт / Schneider Electric [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.se.com/ru/ru/product-range/5745-altistart-22/> (Дата обращения: 30.05.2022).

Бакалаврская работа выполнена мной самостоятельно. Используемые в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них.

Отпечатано в 1 экземпляре.

Библиография 25 наименований.

Электронный экземпляр сдан на кафедру.

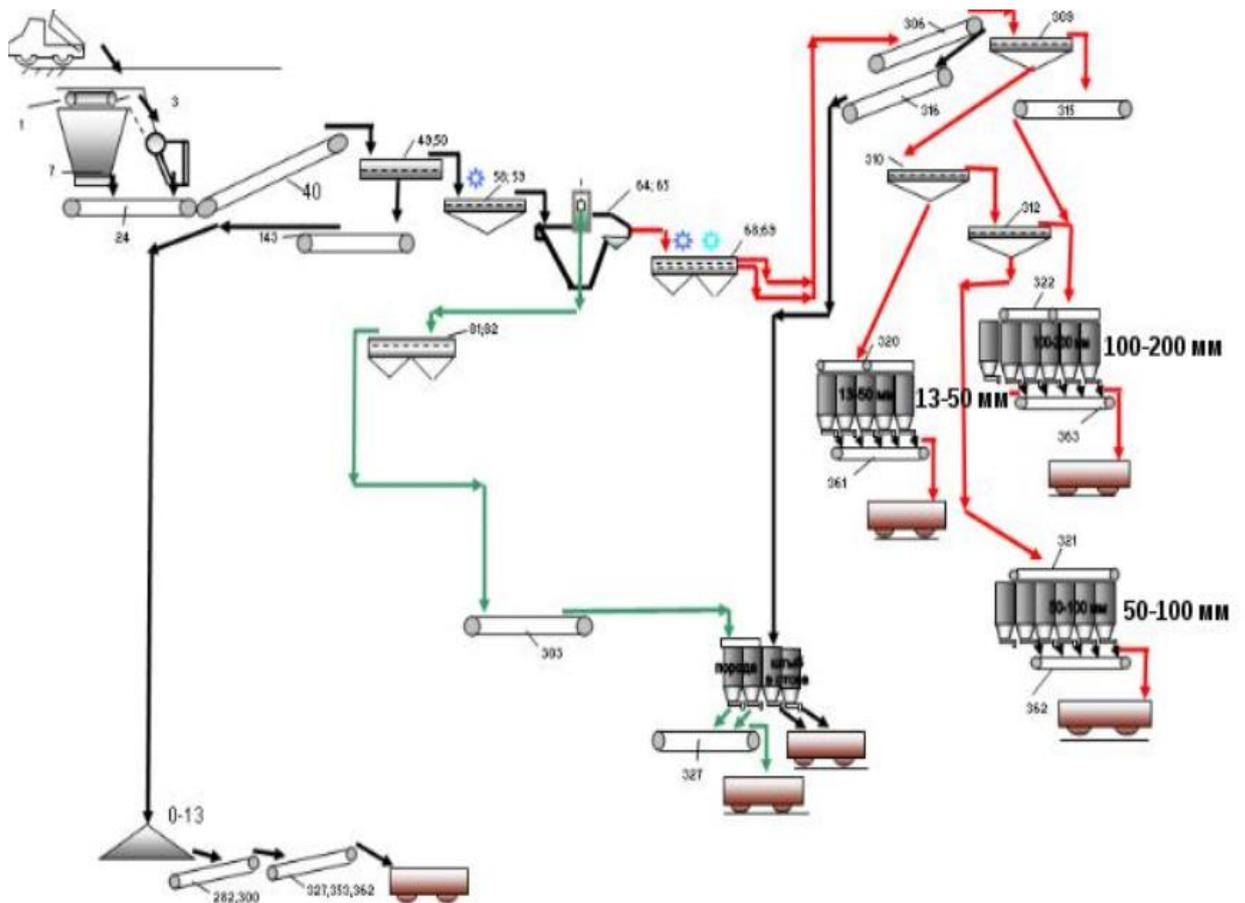
« _____ » _____
(дата)

(подпись)

Шнайдер М.Л.
(ФИО)

ПРИЛОЖЕНИЕ А

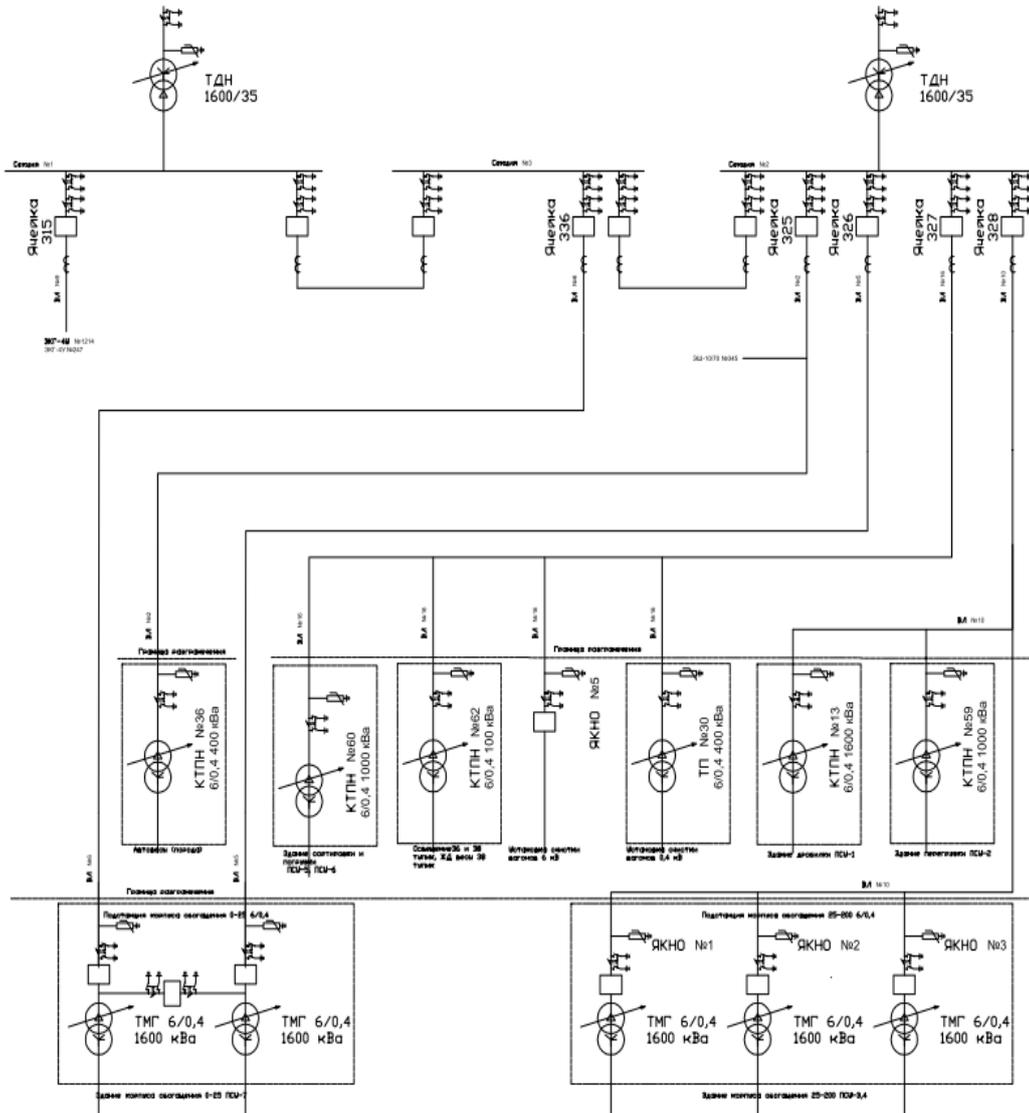
Технологическая схема обогатительной фабрики



- уголь после дробления и до обогащения
- отсадка породы после обогащения и погрузки
- уголь после обогащения
- ☀️ обмывание угля до обогащения и после обогащения от суспензии
- ☀️ обезвоживание

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Принципиальная схема электроснабжения обогатительной фабрики «Черногорская»



ПРИЛОЖЕНИЕ В

Расчет экономии электроэнергии в натуральном и денежном выражении при замене не энергоэффективных осветительных ламп на энергосберегающие

№ пп	Наименование	Кол-во	Расход, кВт	Время работы в год, часов	Годовый расход ЭЭ, кВт*ч	Наименование	Кол-во	Расход, кВт	Время работы в год, часов	Годовый расход ЭЭ, кВт*ч	Время работы в год, часов	Расход, кВт	Время работы в год, часов	Годовый расход ЭЭ, кВт*ч	Экономия ЭЭ за год, тыс.руб.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Объект															
ЛК-24	ДРЛ250	38	0,25	8760	83220	СКУ 02-45-002	38	0,09	8760	29959,2	8760	0,09	8760	53260,8	139
ЛК-40	ДРЛ250	43	0,25	8760	94170	СКУ 02-45-002	43	0,09	8760	33901,2	8760	0,09	8760	60268,2	157,3
ЦО 25-200	ДРЛ175	65	0,175	8760	99645	СКУ 02-45-001	65	0,045	8760	25623	8760	0,045	8760	74022	193,2
	ДРЛ1000	20	1	8760	175200	F88-MAN-IP-500	20	0,5	8760	87600	8760	0,5	8760	87600	228,6
													Итого	161022	421,8
ЛК-300	ДРЛ175	32	0,175	8760	49056	СКУ 02-45-001	32	0,045	8760	12614,4	8760	0,045	8760	36441,6	95,1
ЛК-303-306	ДРЛ175	48	0,175	8760	73584	СКУ 02-45-001	48	0,045	8760	18921,6	8760	0,045	8760	54662,4	142,7
ЦС	ДРЛ175	60	0,175	8760	91980	СКУ 02-45-001	60	0,045	8760	23652	8760	0,045	8760	68328	178,3
	ДРВ500	16	0,5	8760	70080	СКУ 02-45-004	16	0,18	8760	25228,8	8760	0,18	8760	44851,2	117,1
													Итого	113179,2	295,4
	Всего по участкам													479434,2	1251,3

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
Институт

Электроэнергетика
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Коловский А.В. Коловский
подпись инициалы, фамилия
« 21 » июня 2022г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02. «Электроэнергетика и электротехника»
(КОД И НАИМЕНОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОСТИ)

Разработка мероприятий по энергосбережению Черногорской
обогащательной фабрики ООО «СУЭК-Хакасия»
наименование темы

Руководитель	<u>Дулесова</u> - 20.06.22 подпись, дата	доцент каф.ЭЭ,к.э.н.	<u>Н.В. Дулесова</u> инициалы, фамилия
Выпускник	<u>Шнайдер</u> 20.06.2022г. подпись, дата		<u>М.Л. Шнайдер</u> инициалы, фамилия
Нормоконтролёр	<u>Кычакова</u> 20.06.2022г. подпись, дата		<u>И.А. Кычакова</u> инициалы, фамилия