

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, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ А.С. Торопов
подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2024 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

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

Оценка эффективности типовых мероприятий по энергосбережению и
повышению энергетической эффективности ООО «СУЭК-Хакасия» разрез
«Черногорский»

тема

Руководитель _____ доцент, к.э.н.
подпись, дата

Н.В. Дулесова
инициалы, фамилия

Выпускник _____
подпись, дата

Н.С. Назаренко
инициалы, фамилия

Нормоконтролёр _____
подпись, дата

И.А. Кычакова
инициалы, фамилия

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, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

_____ А.С. Торопов
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 2024 г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы**

Студенту Назаренко Наталье Сергеевне

(фамилия, имя, отчество)

Группа ЗХЭН19-01 (3-19)

Направление (специальность) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

(код)

(наименование)

Тема выпускной квалификационной работы Оценка эффективности типовых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности ООО «СУЭК-Хакасия» разрез «Черногорский».

Утверждена приказом по университету №260 от 07.05.2024г.

Руководитель ВКР Дулесова Н.В., к.э.н. доцент кафедры ««Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»

(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 Потребление энергии на предприятии

2.3 Анализ внедренных мероприятий по энергосбережению и их экономическая эффективность

2.3.1 Система энергетического менеджмента

2.3.2 Модернизация шагающего экскаватора ЭШ-20/90 №49.

2.3.3 Затраты предприятия на улучшение электроснабжения

3 Практическая часть. Разработка мероприятий по энергосбережению и энергоэффективности

3.1. Модернизация наружного освещения горных работ и площадки предприятия

3.1.3 Модернизация внутреннего освещения зданий.

3.1.3 Модернизация системы возбуждения сетевого двигателя на экскаваторе ЭШ 11/70

Заключение

Список использованных источников

Перечень графического материала:

1. Анализ потребления электроэнергии на разрезе «Черногорский»

2. Схема ПАКУЭ разреза «Черногорский»

3. Периоды окупаемости от предлагаемых мероприятий

Руководитель ВКР

/ Н. В. Дулесова

(подпись, инициалы и фамилия)

Задание принял к исполнению

/ Н. С. Назаренко

(подпись, инициалы и фамилия студента)

«02 » февраля 2024 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Оценка эффективности типовых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности ООО «СУЭК-Хакасия»» разрез «Черногорский». содержит 62 страницы текстового документа, 23 таблицы, 16 рисунков, 3 приложения, 3 листа графического материала, 20 использованных источников.

ФАКТОРЫ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ И ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВА, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ, ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, МОДЕРНИЗАЦИЯ ВНУТРЕННЕГО ОСВЕЩЕНИЯ ЗДАНИЙ И ПОМЕЩЕНИЙ, МОДЕРНИЗАЦИЯ НАРУЖНЕГО ОСВЕЩЕНИЯ ПРОМПЛОЩАДКИ, МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ СЕТЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ЭКСКАВАТОРЕ ЭШ-11/70 №78

Объект исследования - разрез «Черногорский» ООО «СУЭК-Хакасия» предприятие по добыче угля.

Предмет исследования: методы, анализ и оценка факторов производства и ресурсосбережения на предприятии.

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

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

Практическая значимость исследований заключается в том, что предложенные мероприятия по модернизации системы возбуждения сетевого двигателя на экскаваторе ЭШ-11/70, модернизации наружного освещения горных работ и промплощадки предприятия и модернизация внутреннего освещения зданий могут быть использованы при реализации программы энергоэффективности и ресурсосбережения на разрезе «Черногорский» ООО «СУЭК-Хакасия»»

ABSTRACT

Final qualification work on the topic "Evaluation of the effectiveness of standard measures for energy conservation and energy efficiency improvement of the Chernogorsky section of SUEK-Khakassia LLC". It contains 62 pages of a text document, 23 tables, 16 figures, 3 appendices, 3 sheets of graphic material, 20 sources used.

RESOURCE SAVING FACTORS AND PRODUCTION ASSESSMENT, ENERGY EFFICIENCY, ENERGY SAVING MEASURES, ENERGY SAVING, MODERNIZATION OF INTERIOR LIGHTING OF BUILDINGS AND PREMISES, MODERNIZATION OF EXTERNAL LIGHTING OF INDUSTRIAL SITE, MODERNIZATION OF THE NETWORK ENGINE EXCITATION SYSTEM ON THE ESH-11/70 No. 78 EXCAVATOR

The object of the study is the Chernogorsky open-pit mine of SUEK-Khakassia LLC, a coal mining enterprise.

Subject of research: methods, analysis and assessment of production factors and resource conservation at the enterprise.

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

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

The practical significance of the research lies in the fact that the proposed measures to modernize the excitation system of the network motor on the ESh-11/70 excavator, modernize the external lighting of mining operations and the industrial site of the enterprise and modernize the internal lighting of buildings can be used in the implementation of the energy efficiency and resource saving program at the Chernogorsky open-pit mine » SUEK-Khakassia LLC»

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. Теоретическая часть.....	8
1.1 Основные понятия и определения.....	8
1.2 Энергосберегающие мероприятия.....	9
1.3 Факторы производства и ресурсосбережения.....	10
2. Аналитическая часть.....	14
2.1 Характеристика предприятия.....	14
2.2 Потребление энергии на предприятии.....	15
2.3 Анализ внедренных мероприятий по энергосбережению и их экономическая эффективность.....	19
2.3.1 Система энергетического менеджмента.....	19
2.3.2 Модернизация шагающего экскаватора ЭШ-20/90 №49.....	22
2.3.3 Затраты предприятия на улучшение электроснабжения.....	27
3. Практическая часть. Разработка мероприятий по энергосбережению и энергоэффективности	29
3.1 Модернизация наружного освещения горных работ и площадки предприятия	29
3.2 Модернизация внутреннего освещения зданий	40
3.3 Модернизация системы возбуждения сетевого двигателя на экскаваторе ЭШ 10/70	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	57
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	58
ПРИЛОЖЕНИЕ А	60
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	61
ПРИЛОЖЕНИЕ В	62

ВВЕДЕНИЕ

Основным законом Российской Федерации в области регулирования энергоэффективности и ресурсосбережения является: Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред.от 13.06.2023) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Горнодобывающая промышленность - это комплекс отраслей по добыче и первичной обработке (обогащению) полезных ископаемых. Одной из отраслей горнодобывающей промышленности является угольная промышленность. Угольная промышленность является ключевым поставщиком топлива для энергетического сектора России. Уголь является важным источником энергии для производства электроэнергии и тепла. Он используется в котельных и теплоэлектростанциях для обеспечения потребностей различных отраслей экономики и населения в электроэнергии и тепле.

Актуальность темы состоит в том, что экономия электрической энергии и её рациональное использование является значимым фактором для финансовой деятельности предприятия.

Практическая значимость заключается в возможности использования, разработанных мероприятия на предприятии.

Целью выпускной квалификационной работы - разработка мероприятий по энергосбережению на разрезе «Черногорский» ООО «СУЭК - Хакасия».

Задачи ВКР:

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

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.

Угольный разрез - горное предприятие, предназначенное для разработки месторождения угля открытым способом, угольный карьер.

ГСМ - горюче-смазочные материалы (дизтопливо, бензин, масла, смазка).

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

Электроприёмники - это оборудование, механизмы и устройства, которые преобразуют электрическую энергию в другие виды энергии.

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

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

Схема электрической цепи - это графическое изображение, содержащее условные обозначения элементов и показывающее их соединения.

Электрическая сеть - это совокупность подстанций, распределительных устройств и электрических линий, размещенных на территории района, населенного пункта, потребителя электрической энергии.

Трансформаторная подстанция - это устройство, предназначенное для преобразования электрической энергии одного напряжения в энергию другого напряжения с помощью трансформатора.

Распределительное устройство (РУ) - электроустановка, предназначенная для приема и распределения электрической энергии одного напряжения.

Горнотранспортное оборудование - оборудование, предназначенное для погрузки, перемещения и разгрузки добытого полезного ископаемого. Оно включает в себя разнообразные экскаваторы, самосвалы, бульдозеры, лебедки, вагонетки, конвейеры и прочие машины.

1.2 Энергосберегающие мероприятия

Устойчивое энергообеспечение и развитие страны в значительной мере зависят от решения проблемы энергосбережения и повышения энергоэффективности. Затраты на обеспечение страны топливно-энергетическими ресурсами значительны. Доля продукции топливно-энергетического комплекса достигает почти 30% от общего объема промышленного производства в стране, при этом две трети всего объема добываемых и производимых энергоресурсов расходуется на внутренние нужды России.

В этой связи актуальны задачи повышения эффективности предприятий угольной отрасли за счет: повышения производительности труда, качества товарной продукции, комплексной переработки добываемого сырья, значимого повышения энергоэффективности.

Для значимой реализации потенциала энергоэффективности требуется разработка и внедрение системного управления энергетическими ресурсами, позволяющими обеспечить учет многообразных аспектов, факторов, влияющих на процесс энергопотребления.

Потребление энергетических ресурсов на предприятиях происходит во всех основных и вспомогательных процессах. В процессе энергопотребления участвует большинство работников предприятия, начиная от персонала, управляющего энергопотребляющими объектами (машинами, оборудованием, механизмами и т.п.), до руководителей предприятия.

Потребление энергетических ресурсов связано с получением полезного эффекта в виде выполнения какой-либо работы, выпуском продукции, обеспечением требуемых условий эксплуатации. Оценка эффективности потребления энергетических ресурсов определяется показателем энергоэффективности, представляющим собой отношение полезного эффекта к объему затраченных энергоресурсов на получение этого эффекта.

В практической деятельности предприятий используется показатель удельного расхода энергетических ресурсов на единицу полезного эффекта, который является обратным по отношению к показателю энергоэффективности.

Удельный расход энергетических ресурсов на определенную работу, на выпуск продукции является переменной величиной и зависит от загрузки оборудования, объемов выпуска продукции за определенный период времени, от климатических и иных факторов.

В общем случае удельный расход энергии зависит от значительного числа факторов, в числе которых: горно - геологические (глубина залегания, угол наклона, гипсометрия пластов, крепость угля и др.), техно - технологические (производительность оборудования, технология разработки и др.), климато - метеорологические (температура наружного воздуха, количество осадков и др.).

1.3 Факторы производства и ресурсосбережения

Факторы производства - это экономические ресурсы, которые участвуют в производственном процессе товаров и услуг. Всего выделяют пять факторов производства:

- труд,
- земля,
- капитал,
- предпринимательство,
- информация.

Труд - умственные или физические способности человека.

Характеристики труда - это интенсивность и производительность:

Интенсивность труда - это то, сколько рабочей силы тратится за единицу времени. Интенсивность труда можно измерять, например, в часах.

Производительность труда - результативность. Ее измеряют количеством продукции, которую произвели за единицу времени.

Земля - это природные ресурсы, которые используются для производства экономических благ. Например, земельные участки, леса, земли, которые используются для выращивания сельскохозяйственной продукции, полезные ископаемые.

Капитал - это совокупность созданных человеком ресурсов производства: оборудование, инструменты, производственные здания, транспортные средства, сырье. Экономисты выделяют две разновидности капитала: физический и денежный.

Физический капитал - изделия, которые созданы человеком. Например, сооружения, здания, транспорт, дороги.

Денежный капитал - валюта и ценные бумаги, которые используют для покупки сырья и материалов для производства.

По длительности использования капитала его еще разделяют на основной и оборотный:

- основной капитал используют в долгосрочной перспективе. Издержки покрываются постепенно и в долгосрочной перспективе. К основному капиталу относится технологическое оснащение - приборы, станки, здания, машины.

- оборотный капитал имеет маленький срок использования, а затраты на него возмещаются сразу. Используется в течение одного производственного цикла. Примеры оборотного капитала: сырье и расходные материалы, топливо, запчасти.

Предпринимательство - навыки и знания, которые позволяют оптимально использовать факторы производства и получать максимальный доход.

Информация - способствующие успешной экономической деятельности сведения и знания.

Для производства товара или услуги требуется несколько производственных факторов, так как все они взаимодополняют друг друга и взаимодействуют между собой. Одни факторы производства могут заменять другие. Например, природные материалы можно заменить на искусственные, а труд рабочего, на машинное оборудование.

Таким образом, наличие факторов производства является необходимым условием для функционирования как одного предприятия, так и экономики государства. Различные комбинации позволяют сбалансировать производство, увеличить прибыль и минимизировать затраты.

Факторы ресурсосбережения - различные аспекты, условия или элементы, которые влияют на эффективное и рациональное использование ресурсов.

Факторы ресурсосбережения на уровне предприятия можно условно разделить на технические, организационные и социально-экономические.

а) Технические:

1) применение оборудования и технологий, которые могут обеспечивать минимальные потери материалов и снижение расхода энергоносителей

2) улучшение качества применяемых ресурсов и создание материалов с заранее заданными свойствами;

3) совершенствование технической базы транспортирования и хранения ресурсов;

4) использование ЭВМ для экономико-математического моделирования расхода ресурсов;

5) вторичное использование ресурсов (приточно-вытяжная вентиляция помещений зимой позволяет снизить затраты на отопление).

б) Организационные:

1) совершенствование организации учета получения и использования ресурсов (общедомовые счетчики для предприятий ЖКХ, расчет коэффициента использования материала);

2) сокращение цикла от получения до использования ресурсов;
3) повышение качества ремонта технологического оборудования;
4) организация регулярного технического обслуживания оборудования с целью исключения поломок, перерасхода ресурсов, выпуска брака, которые возникают из-за изменения состояния оборудования от первоначального в результате эксплуатации;

5) совершенствование организации производства и труда для экономии ресурсов (логистические схемы, бережливое производство);

б) стимулирование персонала к ресурсосбережению;

7) организация производства во времени с учетом дифференцированных тарифов по времени суток и оплаты за максимально заявленную мощность.

в) Социально-экономические:

1) анализ действия закона экономии времени - проявляется в повышении производительности труда, в результате мы можем, используя те же трудовые ресурсы и оборудование, производить больше продукции или в освободившееся время производить другую продукцию (услуги);

2) применение методов функционально-стоимостного анализа;

3) прогнозирование, экономико-математическое моделирование;

4) анализ действия закона масштаба.

Одним из важнейших факторов ресурсосбережения является использование эффекта масштаба производства, при котором увеличение объемов производства до определенного значения приводит к снижению себестоимости товара.

2 Аналитическая часть

2.1 Характеристика предприятия

Черногорское месторождение каменного угля находится на территории Усть-Абаканского района Республики Хакассия. Ближайшими населенными пунктами являются деревня Курган в 7 км на северо-восток от разреза, 9-й поселок в 12 км, г. Черногорск в 15 км северо-восточнее разреза, г. Абакан в 25 км восточнее разреза. Города Абакан и Черногорск связаны железнодорожной веткой Абакан-Ачинск с Транссибирской и Южно-Сибирской магистралями.

Месторождение входит в состав Минусинского угленосного бассейна, который располагается между отрогами хребтов Кузнецкого Алатау, Западного и Восточного Саян.

Рельеф поверхности карьерного поля мелкосопочный с абсолютными отметками 310÷360 м. Постоянных водотоков на площади разреза нет. Растительность представлена степными формами (травы и кустарники).

Климат района резко континентальный с холодной зимой и жарким засушливым летом. Среднегодовая температура воздуха колеблется от плюс 1,8 до минус 1,0 °С.

Снежный покров на поверхности карьерного поля образуется в конце ноября. Толщина снежного покрова не превышает 20 см. Снежный покров неустойчив и в отдельные зимы почти полностью отсутствует. Максимальная глубина сезонного промерзания почвы достигает 3,0 м., при среднем значении 1,5÷2,0 м. Многолетняя мерзлота в районе отсутствует.

Среднегодовое количество осадков 245÷295 мм, из них в летний период 221÷258 мм (апрель-октябрь). Среднемесячное количество: июль - 56÷66 мм, январь - 4÷6 мм. Преобладающее направление ветров северное и северо-западное. Средняя скорость 4÷9 м/с, максимальная 20÷30 м/с. Сейсмичность района 7 баллов.

Добываемые угли относятся к марке Д (длиннопламенные).

Годовая производительность предприятия по углю составляет 8,5 млн. тонн. годовая производительность по вскрыше составит 48336 тыс. м³.

На разрезе «Черногорский» применяется комбинированная система разработки (транспортная и бестранспортная системы разработки). Разделение границ транспортной и бестранспортной вскрыши установлено по расчетам производительности экскаваторного парка экскаваторов-драглайнов, возможности размещения пород во внутренние бестранспортные отвалы и линейных параметров имеющегося оборудования.

При транспортной системе в качестве выемочного оборудования применяются экскаваторы с емкостью ковша 12,5 ÷ 22,0 м³ (ЭКГ-12.5, Komatsu PC-2000, Komatsu PC-4000), а при необходимости, ковшовыми погрузчиками с емкостью ковша 11,0 ÷ 13,0 м³ (Komatsu WA-900, САТ 992К) с погрузкой горной массы в автомобильный транспорт (Карьерные самосвалы БелАЗ 75131 (грузоподъемностью 130 тн.) и БелАЗ 75306 (грузоподъемностью 220 тн.).

При бестранспортной системе выемка вскрышных пород осуществляется драглайном с емкостью ковша 20 м³ (ЭШ-20/90) и их перемещением в выработанное пространство.

Основной объем экспорта до антиросийских санкций 97% был в страны дальнего зарубежья, и всего 3% в страны ближнего зарубежья. После введения антиросийских санкций основные импортеры угля стали страны Китай, Япония, Турция. После приобретения компании АО «СУЭК» компании «СГК», какую-то часть угля стали поставлять для обеспечения внутренних нужд ЖКХ.

2.2 Потребление энергии на предприятии

Основными видами энергетических ресурсов, потребляемых на предприятии, являются: электрическая, тепловая энергия (твёрдое топливо - уголь) и моторное топливо (бензин и дизельное топливо). Структура потребляемых энергоресурсов представлена на рисунке 2.1 и рисунке 2.2.

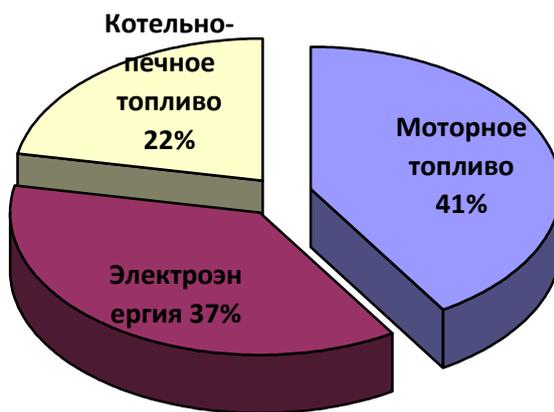


Рисунок 2.1- Структура энергопотребления разреза «Черногорский»

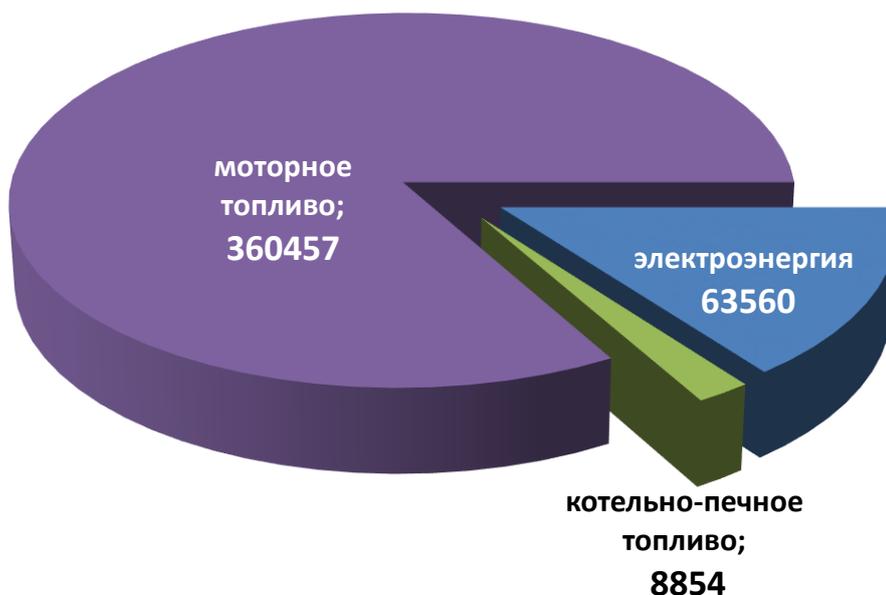


Рисунок 2.2 - Структура потребления энергоресурсов (тыс. руб.) разреза «Черногорский».

Среди потребляемых энергоресурсов наибольший объем приходится на ГСМ (41%), электроэнергию (37%) и котельно-печное топливо (22%).

Предприятие использует два вида моторного топлива бензин и дизельное топливо.

Моторное топливо используется в качестве горючего в двигателях внутреннего сгорания:

- карьерных самосвалов;
- экскаваторов дизельных и погрузчиков;
- рабочих машин и оборудования;
- прочих автотранспортных средств.

Котельно-печное топливо - добываемый на разрезе каменный уголь марки «Д» с теплотой сгорания 5500 ккал/кг, используется в качестве котельно-печного топлива в котельный разрез «Черногорский».

При выработке тепловой энергии котлами (46650,9 Гкал) с учетом погодных условий и с учетом эксплуатационных характеристик котлоагрегатов, а также их нагрузки, расчетное количество топлива для выработки тепла котлами составляет 10398,5 т.

Существенное место в структуре потребляемых предприятием энергетических ресурсов занимает электроэнергия. Электроэнергия используется для обеспечения работы электроприводов основного технологического оборудования (экскаваторов, буровых станков, погрузочно-сортировочного комплекса), вспомогательного оборудования (водоотливных установок.), для освещения, отопления и прочих электроприемников.

Основными источниками электроснабжения являются стационарные распределительные подстанции 35/6 кВ РП-2, РП-3, РП-4, запитанных от ПС 110/35/10-6 кВ «Черногорская» по двум воздушным линиям 35 кВ - 3501 (резервная) и 3503 (основная питающая линия), принадлежащих Черногорскому Энергоуправлению.

Категория надежности и бесперебойности электроснабжения от энергосистемы:

- III категория - экскаваторы, освещение;
- II категория - насосные станции водоотлива.

Уровень напряжения в точке присоединения - 6 кВ.

Установленная мощность - 26 913 кВт.

Электроснабжение потребителей непосредственно на участках открытых горных работ разреза осуществляется от передвижных трансформаторных подстанций (ПСКТП) и переключательных пунктов (ЯКУ, ЯКНО и КРУПЭ) с помощью передвижных воздушных и кабельных линий напряжением 6 и 0,4 кВ. Напряжение 6000В принято для электроснабжения экскаваторов, насосов и прочего высоковольтного оборудования, 400В - для питания низковольтных электроприемников и сети освещения горных работ.

Структура потребления электроэнергии по производственным участкам в 2023 г. представлена в таблице 2.1 и на рисунке 2.3.

Таблица 2.1 - Расход электроэнергии в 2023 г. по участкам предприятия, их доли в общем электропотреблении

Подразделение	Потребление электроэнергии, кВт.час	%
Добычной комплекс	60719694	91,2%
ПСХ (котельная)	3790127	5,7%
ТБП (тракторно-бульдозерный парк)	173054	0,3%
ТАК (технологическая автоколонна)	1098955	1,7%
ХАК (хозяйственная автоколонна)	94819	0,1%
ГЭЦ (горный электроцех)	235099	0,4%
Склад ГСМ	78024	0,1%
PCY	56700	0,1%
АБК	302423	0,5%
Общее потребление	66548895	100%

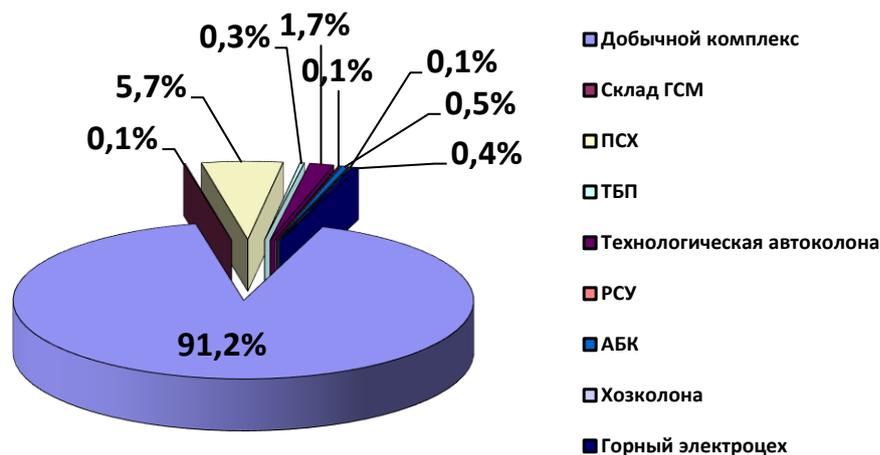


Рисунок 2.3 - Структура потребления электроэнергии по направлениям использования

В структуре разреза «Черногорский» ООО «СУЭК-Хакасия» наиболее значимыми потребителями электроэнергии являются добычный комплекс (91%) и ПСХ (Паросиловое хозяйство, котельная) (6%), электропотребление других участков и цехов менее 2%.

2.3 Анализ внедренных мероприятий по энергосбережению и их экономическая эффективность

2.3.1 Система энергетического менеджмента

В ООО «СУЭК-Хакасия» вопросы энергетической эффективности являются одними из приоритетных вопросов деятельности, т.к. повышение энергоэффективности приведет к росту прибыли, конкурентоспособности и позволяет обеспечить успешное решение как производственных, так и социальных задач.

Одним из мероприятия было введение системы энергетического менеджмента, который включает в себя комплекс взаимосвязанных или

взаимодействующих элементов, используемых для разработки и внедрения энергетической политики и энергетических целей, а также процессов и процедур для достижения этих целей с учётом технических, организационных, мотивационных, информационных, маркетинговых и инвестиционных аспектов.

Система энергетического менеджмента обладает следующими основными функциями:

- сбор, обработка и анализ информации для аналитического описания энергетических профилей предприятия, технологических процессов, работ;
- визуализацию в реальном времени адаптированную к объемам работ, плановую и фактическую эффективность энергопотребления;
- мониторинг и предоставление в реальном времени участникам процесса энергопотребления информации для планирования, принятия решений по управлению энергопотреблением, отчетности за энергопотребление с учетом его энергоэффективности;
- объединение персонала предприятия на базе единой информационно-аналитической платформе;
- формирование условий для действий персонала по инновационному сценарию повышения энергоэффективности за счет системного управления энергоресурсами с учетом не только технических, а также организационных, мотивационных, информационных, маркетинговых аспектов;

Для реализации системы энергетического менеджмента на разрезе «Черногорский» участники процесса энергопотребления объединены на базе единой информационно-аналитической платформе, программно-аналитический комплекс по управлению энергоресурсами (ПАКУЭ).

Данные по энергопотреблению объектов предприятия, а также объемам работ, выпуска продукции являются исходными данными для ПАКУЭ. При автоматическом режиме сбор, обработка и предоставления информации о потреблении энергоресурсов осуществляются в ПАКУЭ в режиме «реального»

времени: по сменам, суткам, месяцам, кварталам, году, при ручном режиме - во временном масштабе с регулярностью: месяц, квартал, год.

Принцип работы программы. Энерготехнологическая информация от объектов энергопотребления поступает в информационные системы предприятия. От информационных систем информация поступает в сервер системы энергоменеджмента, где обрабатывается соответствующим образом и распределяется по компьютеризованным рабочим местам ключевых участников процесса энергопотребления. На компьютерах участников процесса энергопотребления ПАКУЭ реализуется, как клиентское приложение в виде программного продукта.

ПАКУЭ выполняет для пользователей следующие функции:

а) сбор, систематизацию, преобразование и распределение информации о выполненной работе, затраченных на эту работу энергоресурсов и времени энергопотребляющими объектами в автоматическом и ручном режимах.

б) формирует энерговременные профили энергопотребляющих объектов в виде графиков объемов работ и потребления ЭР и удельного потребления ЭР по сменам, по месяцам и визуализирует указанные графики.

с) моделирует статистические модели энерготехнологических профилей в виде зависимостей потребления ЭР и удельного потребления ЭР от объемов выполненных работ.

д) визуализирует фактические и рассчитанные по статистическим моделям энерготехнологических профилей удельные потребления ЭР в виде совмещенных графиков во времени по сменам, по месяцам.

е) осуществляет привилегии доступа к различным уровням информации по организационно-производственному признаку.

ф) объединяет участников процесса энергопотребления в едином информационно-аналитическом поле.

Блок-схема ПАКУЭ включает в себя сервер СЭнМ и клиентские приложения в виде программного продукта, устанавливаемые на компьютерах рабочих мест ключевых участников процесса управления ЭР, сформированные

на уровнях производственных участков, комплексов, структурных подразделений и управления разреза «Черногорский» ООО «СУЭК-Хакасия».

На блок-схеме (Приложение А) информация из ИС «Карьер» (расход дизельного топлива (ДТ) и объема работ энергопотребляющих объектов разреза (Q)) и из ИС «МИР» (расход электроэнергии электропотребляющими объектами) поступает в сервер СЭНМ. После обработки информация в сервере относится к соответствующим энергопотребляющим объектам: автосамосвалам (4), грейдерам (5), бульдозерам (6), погрузчикам (7), дизельным экскаваторам (8), электрическим экскаваторам (9).

Затем из сервера информация, а именно: объемы работ, абсолютный и удельный расход энергоресурсов энергопотребляющими объектами распределяется по электронной сети предприятия на компьютеры участников процесса энергопотребления. На представленной блок-схеме это: добычной (11) и вскрышной (12) участки добычного комплекса ДК (7), а также тракторно-бульдозерный парк (13), технологическая колонна (14) горнотранспортного цеха ГТЦ (7).

Вместе с этим информация в процессе энергопотребления передается руководителям и специалистам управления предприятия и организации (РПО).

Энерготехнологическая информация от энергопотребляющих объектов, которые не схвачены приборным учетом, интегрированным с ИС, вводится в ПАКУЭ с помощью «ручного ввода» (участки: хозяйственная автоколонна (15), вспомогательных процессов (16)).

2.3.2 Модернизация шагающего экскаватора ЭШ-20/90 №49.

В 2021-2023 г.г. годах на разрезе «Черногорский» ООО «СУЭК-Хакасия» была произведена глубокая модернизация с применением вентильно-индукторных электрических приводов шагающего экскаватора ЭШ-20/90 №49.

Режимы работы и условия эксплуатации электропривода экскаваторов являются одними из тяжелейших в промышленности. Экскаваторные

электроприводы работают в повторно-кратковременном режиме с частым изменением направления вращения (реверсирование), с интенсивным торможением (время цикла около одной минуты). На экскаваторах постоянно присутствует повышенная вибрация и значительная запыленность.

При разработке модернизации было рассмотрено два варианта:

Вариант № 1: замена электроприводов на систему «частотно-регулируемый преобразователь - АД» («Уралмаш») включает в себя: частотный преобразователь в комплекте с асинхронным электродвигателем (АД) позволяет заменить электропривод постоянного тока. АД превосходят эл.двигатели постоянного тока по производительности, простоте устройства, не имеют подвижных контактов, щеток, имеют меньшие размеры и массу. Основной недостаток АД - сложность регулирования их скорости и большой пусковой ток. Частотный преобразователь позволяет плавно регулировать работу привода, обеспечивая мягкий пуск.

Вариант № 2: В ходе изучения современных зарубежных разработок в области электрических приводов, специалисты компании обратили внимание на применение вентильно-индукторных приводов. Создание такого типа промышленных электроприводов стало возможным благодаря появлению в последнее десятилетие сверхмощных IGBT-транзисторов, работающих на высоких токах и напряжении. Конструкция электродвигателя привлекает своей простотой (нет обмоток на роторе, нет щеточного аппарата и др.).

Рассмотрев оба варианта было принято решение модернизировать комплект приводов тяги, подъема и поворота ЭШ-20/90 №49 с использованием технологии вентильно-индукторных приводов. Электродвигатели нужно было разместить и смонтировать в габаритах стандартных двигателей, чтобы сохранить все присоединительные размеры и посадочные места.

Принцип действия: Вентильно-индукторный электродвигатель состоит из статора, на зубцах которого размещена катушечная обмотка и зубчатого ротора, не имеющего обмотки и магнитов. При подаче питающего напряжения и появлении тока в обмотке (включение электромагнита) возникает магнитное

притяжение между зубцами статора и ротора, и ротор поворачивается. Создаётся, так называемый, реактивный вращающий момент. Изменением частоты включения и отключения катушек регулируется частота вращения ротора, изменением длительности включения регулируется величина тока и, следовательно, величина момента. Реверс осуществляется изменением направления подачи импульсов питания в катушки. Для своевременного включения и отключения питания катушки используется датчик положения ротора.

В состав привода входит:

- Вентильно-индукторный электродвигатель;
- Силовой блок в составе: инвертор напряжения, выпрямитель, емкостной фильтр;
- Система управления с обратной связью по датчику положения ротора.

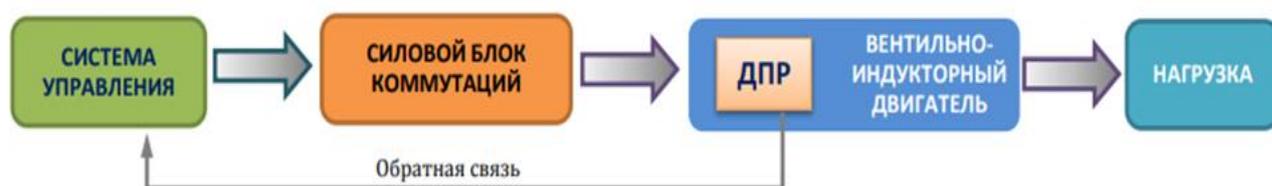


Рисунок 2.4 – Структурная схема привода

Основные особенности вентильно-индукторного двигателя:

- ротор двигателя не имеет никаких обмоток и поэтому выход из строя двигателя по причинам, связанных с неисправностью ротора, практически исключен.
- ротор и статор представляют из себя сегменты специальной геометрии, вырезанные из листа электротехнической стали толщиной 0,5 мм.
- катушечные обмотки на статоре без пересекающихся лобовых частей простые и надёжные. Даже при выходе из строя катушки на статоре двигатель сохраняет работоспособность.



Рисунок 2.5 – Пакет статора с обмотками и ротора

Достоинства, связанные с конструктивными особенностями двигателя:

- Высокий КПД;
- Простота и технологичность конструкции;
- Высокая надежность;
- Высокая ремонтпригодность;
- Низкие потери в роторе;
- Высокие энергетические характеристики;
- Низкий момент инерции;
- Достоинства, обусловленные системой управления:
 - Пуск электропривода производится без превышения пусковых токов над номинальными, с предварительным выбором люфта редуктора;
 - Точность в управлении моментом;
 - Широкий диапазон скоростей при постоянной мощности;
 - Рекуперация энергии при торможении;
 - Самоторможение для исключения появления вращения нагруженного электропривода

Таблица 2.2 - Сравнительный анализ с действующими приводами

Параметры и характеристики	Штатная система Генератор–Двигатель постоянного тока	Система с вентильно-индукторными электроприводами
Установленная мощность электрических машин	16 080 кВт Синхронный двигатель (2500 кВт), генераторы тяги, подъема и поворота (3 x 2500 кВт), двигатели тяги и подъема (4x 1120 кВт), двигатели поворота (4x 400 кВт).	6 080 кВт двигатели тяги и подъема (4x 1120 кВт), двигатели поворота (4x 400 кВт). (мощность снижена в 2,5 раза)
Конструктивное исполнение электродвигателей	Сложная конструкция якоря с распределённой обмоткой. Наличие скользящего контакта у машин постоянного тока (щёточный узел).	Простая катушечная обмотка на статоре без пересекающихся лобовых частей, устойчивая к вибрациям. Ротор без обмоток.
Пуск	Повышенные пусковые токи генераторной группы, требующие значительных питающих мощностей подстанций, увеличенных сечений кабельных и воздушных ЛЭП	Пуск частотный и плавный с защитой от критических перегрузок. Пусковые токи незначительно превышают номинальные, что позволяет снизить потребность в сечении электрических кабелей.
КПД общий	84% - сводный КПД: (двигателей и генераторов на тяге, подъеме и повороте)	92% - сводный КПД: (трансформатора, выпрямителя, инверторов напряжения и ВИД на тяге, подъеме и повороте)
Эксплуатационные расходы	Щёточные узлы электродвигателей требуют систематического обслуживания. Дополнительные расходы возникают на обслуживание синхронного двигателя и трех генераторов постоянного тока.	Щеточные узлы отсутствуют. Двигатели практически не требуют обслуживания. Необходима только регламентная смазка подшипников.
Надёжность и живучесть электродвигателей и всей системы	Уязвимость и низкая надежность щеточного узла в каждом двигателе. При выходе из строя обмотки, электродвигатель отключается защитой. Общая надежность системы снижается из-за наличия синхронного двигателя и 3-х генераторов.	Простые и надёжные катушечные обмотки статора. При выходе из строя одной или нескольких катушек двигатель сохраняет работоспособность.
Трудоемкость ремонта	Высокая трудоемкость, ремонт в специализированных организациях.	В случае выхода из строя катушки, заменить катушку можно в короткие сроки с низкими трудозатратами.

Внедрение модернизации позволило увеличить производительность экскаватора ЭШ-20/90№49 и снизить затраты на электроэнергию. Таблица 2.3.

Таблица 2.3 - Экономический эффект после проведения модернизации

Наименование	До	После	+/-
Производительность, тыс. м ³ /год	5240	5870	+630
Потребленная электроэнергия, тыс.*кВт*ч	6979,68	3639,4	-3340,28
Удельный расход, кВт*ч/м ³ .	1,332	0,62	-0,712
Стоимость кВт*ч, руб. (цена 2024г.)	3,16	3,16	-
Затраты на электроэнергию, тыс.руб.	22055,79	11500,5	-10555,29

Результат: по итогам работы за 1 год удалось достичь увеличение производительности экскаватора на 12%, снижение удельного расхода электроэнергии на 53%, а экономию денежных средств на 48%.

2.3.3 Затраты предприятия на улучшение электроснабжения

Руководством компании ежегодно выделяются средства для улучшения качества электроснабжения потребителей электроэнергии, замены устаревшего оборудования и оборудования выработавшего свой ресурс не отвечающего нормам безопасности.

Так в 2019 году было приобретено:

- 25 комплектов технического учета электроэнергии САТУЭ (установка счетчиков на каждый экскаватор) - 202018,55 тыс.руб.;

- приобретение 5 шт. ЯКНО-6(10) кВ (в замен, выработавших свой ресурс ЯКНО-10У)- 8400 тыс.руб.

в 2020 году:

- модернизация линий электропередач ВЛ-6 кВ (№№131,132 и 133) - 14181,34 тыс.руб.;

- приобретение 2 трансформаторных подстанций ПКТП-160/6-0,4У1 (в замен, выработавших свой ресурс КТПН 6/04)- 3000 тыс.руб.;

- приобретение 1500 м. кабеля АНХАМК-WM 3*240+62 6/10КВ (для модернизации электроснабжения горных работ) - 3594,96 тыс.руб.

в 2021 году:

- приобретение дизель-генераторная ДГУ-315 кВт- 5559,51 тыс.руб.;

- приобретение трансформаторной подстанции ПКТП-1000/6-0,4У1 (для модернизации электроснабжения горнотранспортного цеха) - 4100,2 тыс.руб.;

- приобретение 2 шт. ЯКНО-6(10) кВ (в замен, выработавших свой ресурс ЯКНО-10У)- 3360,0 тыс.руб.

в 2022 году:

- приобретение 1000 м. кабеля АНХАМК-WM 3*240+62 6/10КВ (для модернизации электроснабжения горных работ) - 2396,64 тыс.руб.;

-реконструкция ВЛ-6 кВ №16 - 8510,26 тыс.руб.;

- приобретение 2 трансформаторных подстанций ПКТП-250/6-0,4У1 (в замен, выработавших свой ресурс КТПН 6/04) - 3400,0 тыс.руб.

в 2023 году:

- приобретение 5 шт. ЯКНО-6(10) кВ (в замен, выработавших свой ресурс ЯКНО-10У) - 8400 тыс.руб.

- приобретение 1000 м. кабеля АНХАМК-WM 3*240+62 6/10КВ (для модернизации электроснабжения горных работ) - 2396,64 тыс.руб.;

- приобретение 1 трансформаторной подстанций ПКТП-160/6-0,4У1 (в замен, выработавшей свой ресурс КТПН 6/04) - 1500,0 тыс.руб

3 Практическая часть. Разработка мероприятий по энергосбережению и энергоэффективности

3.1 Модернизация наружного освещения горных работ и промышленной площадки предприятия

В настоящее время на разрезе «Черногорский» для освещения горных работ и уличного пространства промышленной площадки применяются светильники РКУ 01-400 с лампами ДРЛ мощностью 400 Вт, которые являются малоэффективными по потреблению электроэнергии. Применение данных приборов освещения также имеет ряд недостатков:

- Необходимость стабильного источника сетевого напряжения. Лампа не зажигается или может погаснуть при понижении напряжения на 20%;
- Специальная технология утилизации из-за использования в этих лампах ртути и люминофора;
- Низкий уровень цветопередачи. Окружающий мир искажается, что плохо влияет на психическое состояние людей и вызывает утомление сетчатки глаз;
- Уменьшенный ресурс при температурах ниже -20 °С;
- Сильное снижение светового потока после 1000 часов работы;
- После отключения лампы должно пройти 10 - 15 минут до повторного включения.

Для модернизации наружного освещения горных работ и промышленной площадки предприятия предлагается замена светильников РКУ 01-400 на более экономичные светодиодные светильники. Для замены принимаются светильник серии СХ ПСДС со светодиодными источниками света, устанавливается на опорах с помощью лиры с возможностью регулирования угла поворота. Предприятие изготовитель Филиал ООО «Единая сервисная компания СУЭК» - «Черногорский ремонтно-механический завод», входящее в один производственный холдинг с разрезом «Черногорский» АО «СУЭК». Данные

светильники имеют радиаторный алюминиевый корпус, предохраняющий Led-модули с диодами от воздействий перегрева, попадания влаги, ударов. Вторичная оптика фирмы Ledil дает возможность создавать оптимальную кривую силы света КСС в зависимости от поставленных задач и освещаемой территории

Основные преимущества:

- невысокая потребляемая мощность при направленном и мощном световом потоке;
- легкость, малая парусность;
- высокий уровень пыле- и влагозащиты на уровне IP65;
- отличный пуск при низкой температуре;
- эффективное распределение светового потока, не изменяется в течении работы, поэтому будет обеспечивать требуемую освещенность весь период эксплуатации;
- отсутствие необходимости в специальной утилизации.

В связи с тем, что к замене планируем только светильники, без изменения схемы размещения световых приборов по территории и установку их на уже существующие опоры, а также что ранее установленные светильники соответствовали нормам освещенности площадей выбор светильников произведем по соответствию световых потоков.

Для замены выбираем светильник СХ ПСДС-1-200-27000-67



Рисунок 3.1 – Внешний вид светильника СХ ПСДС-1-200-27000-67

Таблица 3.1- Сравнительные характеристики светильников

Наименование	РКУ 01-400	СХ ПСДС-1-200-27000-67
Напряжение сети, В	220	100-240
Частота, Гц	50	50÷60
Мощность, Вт	400	200
Световой поток, Лм.	22000	27000
Тип источника света	ДРЛ цоколь E40	светодиод
Ресурс источника света, ч.	10000	100000
Температура цветовая, К.	3900-4500	4500-5500
Климатическое исполнение	У1	УХЛ1
Степень защиты от внешних воздействий и факторов, IP	23/54	67

Основные места расположения и режимы работы существующего осветительного оборудования, ламп ДРЛ, приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 -Основные места расположения и режимы работы

Место установки светильников	Наименование светильников, применяемых в настоящее время	Тип	Мощность, кВт	Количество, шт	Время работы в год, час
автодорога "Восток-Запад"	РКУ-01	ДРЛ	0,4	26	3500
автодорога "Запад-012"	РКУ-01	ДРЛ	0,4	22	3500
Технологическая автодорога	РКУ-01	ДРЛ	0,4	30	3500
Территория АБК	РКУ-01	ДРЛ	0,4	34	3500
Территория Технологической автоколонны	РКУ-01	ДРЛ	0,4	40	3500
Территория Хозяйственной автоколонны	РКУ-01	ДРЛ	0,4	18	3500
Территория ТБП	РКУ-01	ДРЛ	0,4	20	3500
Итого				190	

Рассмотрев места расположения светильников и сравнив данные по световому потоку имеющихся и предлагаемых светильников пришли к выводу, что количество светильников при модернизации можно сократить на некоторых

участках без снижения освещенности (на длинных прямых участках автодорог и территорий промплощадок), таблица 3.3.

Таблица 3.3 -Основные места расположения и режимы работы

Место установки светильников	Наименование светильников, предлагаемых к замене	Тип	Мощность, кВт	Количество, шт.	Время работы в год, час.
автодорога "Восток-Запад"	СХ ПСДС-1	светодиод	0,2	18	3500
автодорога " Запад-012"	СХ ПСДС-1	светодиод	0,2	14	3500
Технологическая автодорога	СХ ПСДС-1	светодиод	0,2	22	3500
Территория АБК	СХ ПСДС-1	светодиод	0,2	24	3500
Территория Технологической автоколонны	СХ ПСДС-1	светодиод	0,2	28	3500
Территория Хозяйственной автоколонны	СХ ПСДС-1	светодиод	0,2	10	3500
Территория ТБП	СХ ПСДС-1	светодиод	0,2	10	3500
Итого				126	

Стоимость приобретения одного светильника СХ ПСДС-1-200-27000-67 составляет 14,0 тыс.руб. Капитальные затраты рассчитаны в таблице 3.4.

Таблица 3.4- Капитальные затраты

Наименование	количество	тыс.руб.
Приобретение светильников СХ ПСДС-1-200-27000-67	126	1764
Демонтаж и монтаж светильников	5% стоимости	88,2
Доставка	-	-
Итого:		1852,2

Рассчитаем объем потребления электроэнергии по формуле:

$$= \sum P_i \cdot T_i, \text{кВт} \cdot \text{ч}, \quad (3.1)$$

По формуле 3.1 определяем объем потребляемой электроэнергии в год при базовом варианте:

$$W_1 = 0,4 \cdot 190 \cdot 3500 = 266000 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Также по формуле 3.1 определяем объем потребляемой электроэнергии в год в прилагаемом варианте:

$$W_2 = 0,2 \cdot 126 \cdot 3500 = 88200 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Ожидаемая экономия электроэнергии в год рассчитывается по формуле:

$$W_{\text{эл}} = W_1 - W_2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad (3.2)$$

Ожидаемая экономия электроэнергии в год после замены светильников рассчитывается по формуле (3.2) и составляет:

$$W_{\text{эл}} = 266000 - 88200 = 177800 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Стоимость снижения затрат рассчитывается по формуле:

$$\text{Э}_{\text{эл}} = \text{Ц}_{\text{эл}} \cdot W_{\text{эл}}, \text{ руб.}, \quad (3.3)$$

где $\text{Ц}_{\text{эл}} = 3,16$ руб. - цена за 1 кВт в час электроэнергии в 2024 году.

Для оплаты за потребленную электроэнергия на разрезе «Черногорский» применяется тариф - «Однставочный ВН».

Снижение затрат на электроэнергию в год по формуле 3.3 после замены светильников составляет:

$$\text{Э}_{\text{эл}} = 3,16 \cdot 177800 = 561848 \text{ руб.} = 561,85 \text{ тыс. руб.}$$

В процессе эксплуатации РКУ-01 возникает потребность в замене вышедших из строя ламп ДРЛ, паспортный срок службы данных ламп 10000 часов, что при фактическом использовании должно составлять около 3 лет, но фактически срок службы лампы из-за работы в неблагоприятных условиях на предприятии (пыль, низкие температуры) составляет не более 2-х лет. В

следствии чего в среднем за 1 год меняется половина использующихся ламп - 95 шт.

Стоимость эксплуатационных затрат на замену ламп рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ЛМ}} = \mathcal{C}_{\text{ЛМ}} \cdot n_{\text{ЛМ}}, \text{ руб.}, \quad (3.4)$$

где $\mathcal{C}_{\text{ЛМ}} = 1200$ руб. - средняя цена за 1 лампу в 2024 году;

$n_{\text{ЛМ}}$ - количество заменённых ламп.

По формуле 3.4 определяем эксплуатационные затраты на замену вышедших из строя ламп ДРЛ при базовом варианте:

$$\mathcal{E}_{\text{ЛМ}} = 1200 \cdot 95 = 114000 \text{ руб.} = 114 \text{ тыс. руб.}$$

В таблице 3.5 приведен расчет затрат на эксплуатацию до и после замены светильников.

Таблица 3.5 - Расчет затрат на эксплуатацию до и после модернизации

Наименование	Единицы измерения	До	После
Объем потребляемой электроэнергии, за год	кВт·ч/год	266000	88200
Цена за 1 кВт·ч электроэнергии в 2024 году	руб./кВт·ч	3,16	3,16
Эксплуатационные затраты на электроэнергию	тыс. руб./год	840,56	278,71
Эксплуатационные затраты на замену ламп	тыс. руб./год	114	-
Эксплуатационные затраты	тыс. руб./год	954,56	278,71
Экономический эффект			
Экономия электроэнергии	кВт·ч/год		177800
Снижение эксплуатационных затрат	тыс. руб./год		675,85

Произведем расчёта кумулятивного потока денежных средств для дисконтируемого и не дисконтируемого периода окупаемости.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = A_M C / T, \text{ тыс. руб./год,} \quad (3.5)$$

где $A_M C$ - амортизируемая стоимость оборудования, стоимость приобретения, тыс.руб.;

$T = 10$ лет, срок полезного использования.

По формуле 3.5 определяем амортизационные расходы:

$$A = 1852,2 / 10 = 185,22 \text{ тыс.руб/год.}$$

Чистая прибыль показывает доход предприятия от модернизации за вычетом всех расходов и рассчитывается по формуле (3.6)

$$\text{ЧП} = \Delta \text{Э} - A, \text{ тыс. руб/год,} \quad (3.6)$$

где $\Delta \text{Э}$ - снижение эксплуатационных затрат, тыс.руб/год (из таблицы 3.5).

Произведем расчет чистой прибыли по формуле 3.6:

$$\text{ЧП} = 675,85 - 185,22 = 490,63 \text{ тыс.руб/год.}$$

Чистый поток денежных средств - это разница между притоком и оттоком средств. Этот показатель рассчитывается по формуле:

$$\text{ЧПД} = \Delta \text{Э} - K, \text{ тыс.руб/год,} \quad (3.7)$$

где K - капитальные затраты.

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

$$\sum \text{ЧПД} = \sum_{k=0}^n \Delta \text{Э} \cdot k - K, \text{ тыс. руб.} \quad (3.8)$$

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

Срок окупаемости является одним из базовых показателей и при равно размерных поступлений денежных потоков применяется простая формула периода окупаемости:

$$T_{ок} = K/\Delta Э, \quad (3.9)$$

Рассчитаем срок окупаемости по формуле 3.9:

$$T_{ок} = 1852,2/675,85 = 2,7 \text{ года.}$$

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

Для расчета такого периода окупаемости необходимо вычислить коэффициент дисконтирования:

$$B = 1/(1 + E)^n, \quad (3.10)$$

где E - ставка дисконта, отражает стоимость денег в будущем, которые теряют покупательную способность со временем из-за инфляции.

n - это число лет от будущего до текущего момента.

Дисконтированный поток денежных средств рассчитывается по формуле:

$$\text{ЧПД}_д = \Delta Э \cdot B - K, \text{ тыс. руб.}, \quad (3.11)$$

Кумулятивный дисконтированный поток денежных средств рассчитывается по формуле:

$$\sum \text{ЧПД}_д = \sum_{k=0}^n \Delta Э \cdot k \cdot B - K, \text{ тыс. руб.} \quad (3.12)$$

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

Дисконтированный период окупаемости можно рассчитать по формуле:

$$T_{окд} = \min n = \sum_{k=0}^n \Delta Э \cdot 1/(1 + E)^n > K, \quad (3.13)$$

В таблице 3.6 представлен расчет экономического эффекта для не дисконтируемого периода окупаемости.

Таблица 3.6 - Расчет экономического эффекта для не дисконтируемого периода окупаемости

Годы \ ЭЭ	ΔЭ	А	ЧП	К	ЧПД	ΣЧПД
2024	675,85	185,22	490,63	1852,2	-1361,57	-1361,57
2025	675,85	185,22	490,63	0	490,63	-870,94
2026	675,85	185,22	490,63	0	490,63	-380,31
2027	675,85	185,22	490,63	0	490,63	110,32
2028	675,85	185,22	490,63	0	490,63	600,95
2029	675,85	185,22	490,63	0	490,63	1091,58
2030	675,85	185,22	490,63	0	490,63	1582,21

Где ΔЭ - Показатель снижения эксплуатационных затрат, таблица 3.5;

А - амортизация, рассчитанная по формуле 3.4;

ЧП - чистая прибыль, рассчитанная по формуле 3.5;

К - капитальные затраты, приведенные в таблице 3.4;

ЧПД - чистый поток денежных средств, рассчитанный по формуле 3.7;

ΣЧПД - кумулятивный ЧПД, рассчитанный по формуле 3.8.

Не дисконтируемый период окупаемости составляет 3,7 года, формула 3.9.

На рисунке 3.2 представлен график для не дисконтируемого периода окупаемости.

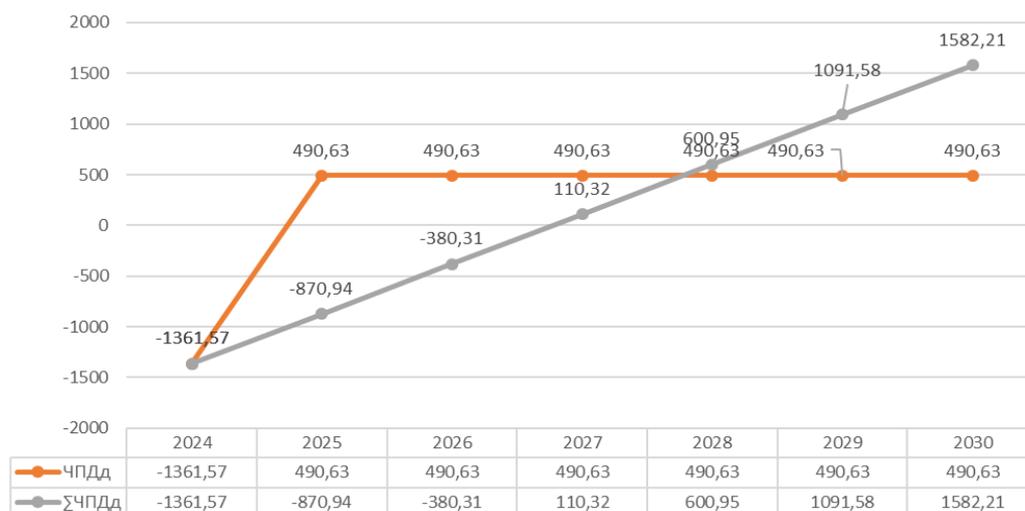


Рисунок 3.2 - график для не дисконтируемого периода окупаемости

В таблице 3.7 представлен экономический эффект для дисконтируемого периода окупаемости без учета инфляции.

Таблица 3.7- Расчет экономического эффекта для дисконтируемого периода окупаемости без учета инфляции

Годы \ ЭЭ	Е	В	ЧПДд	ΣЧПДд
2024	16%	0,86	-1430,26	-1430,26
2025	16%	0,74	363,07	-1067,19
2026	15%	0,69	338,54	-728,65
2027	14%	0,6	294,38	-434,27
2028	13%	0,54	264,94	-169,33
2029	13%	0,48	235,5	66,17
2030	12%	0,45	220,78	286,95
2031	12%	0,4	196,25	483,2
2032	12%	0,36	176,63	659,83

Где Е - это ставка дисконта;

В - коэффициент дисконтирования, рассчитанный по формуле 3.10;

ЧПДд - дисконтированный поток денежных средств, формула 3.11;

ΣЧПДд - кумулятивный ЧПДд, рассчитанный по формуле 3.12.

На рисунке 3.3 представлен график для дисконтируемого периода окупаемости без учета инфляции.

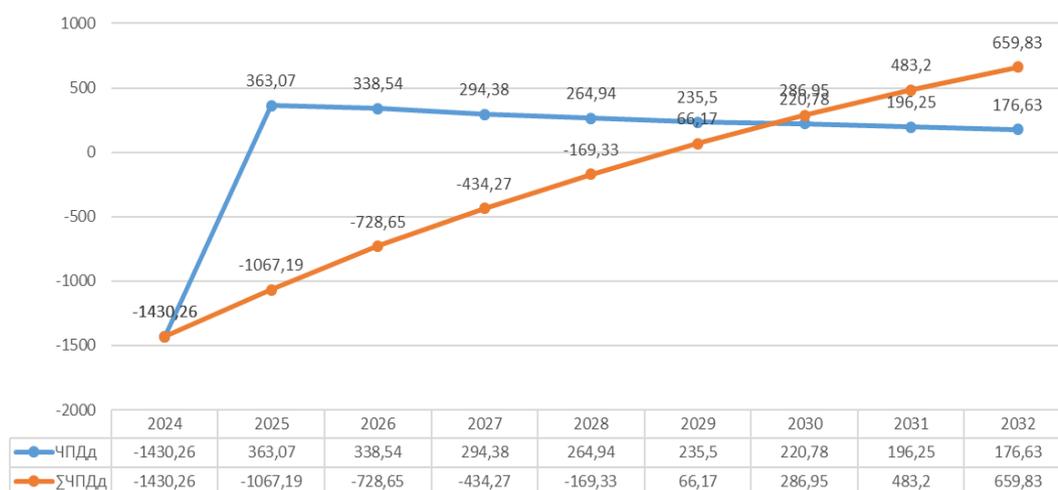


Рисунок 3.3 - график для дисконтируемого периода окупаемости без учета инфляции

К числу экономических категорий относится инфляция. Инфляция определяется процессом, который характеризуется повышением общего уровня

цен в экономике. Основопологающим сущностным признаком инфляции является рост цен в среднем: не увеличение цены какого-то отдельного товара или даже группы товаров, а увеличение усредненной цены всей номенклатуры товаров, выбранных в качестве базы сравнения. В инвестиционном анализе влияние инфляции может быть учтено корректировкой на индекс инфляции или будущих поступлений. Для того чтобы правильно оценивать результаты проекта, а также обеспечить сравнимость показателей проектов в различных условиях, необходимо максимально учесть влияние инфляции на расчетные значения результатов и затрат. Для учета инфляции при расчете коэффициента дисконтирования суммируют ставку дисконта и коэффициент инфляции.

В таблице 3.8 представлен экономический эффект для дисконтируемого периода окупаемости с учетом инфляции.

Таблица 3.8 - Расчет экономического эффекта для дисконтируемого периода окупаемости с учетом инфляции

Годы \ ЭЭ	Е	К инф	В	ЧПД	ΣЧПД
2024	16%	7,42%	0,81	-1454,79	-1454,79
2025	16%	7,3%	0,66	323,82	-1130,97
2026	15%	7,0%	0,64	314	-816,97
2027	14%	6,8%	0,47	230,6	-586,37
2028	13%	6,7%	0,41	201,16	-385,21
2029	13%	6,6%	0,34	166,81	-218,4
2030	12%	6,5%	0,31	152,09	-66,31
2031	12%	6,4%	0,26	127,56	61,25
2032	12%	6,3%	0,22	107,94	169,19

На рисунке 3.4 представлен график для дисконтируемого периода окупаемости с учетом инфляции.

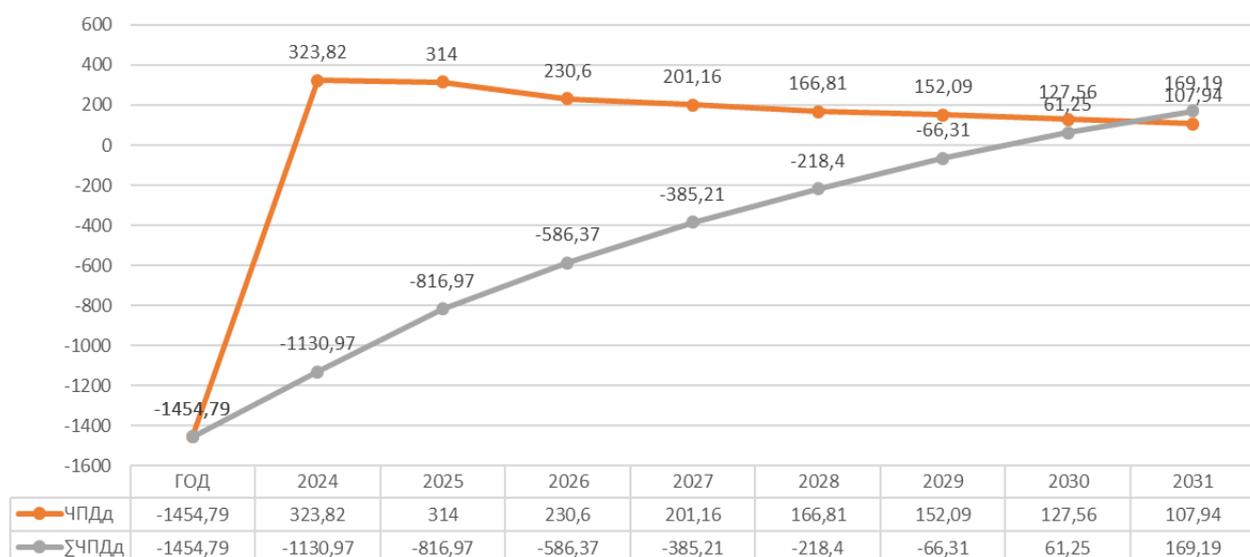


Рисунок 3.4 -график для дисконтируемого периода окупаемости с учетом инфляции

Исходя из данных таблицы 3.6 модернизация по замене светильников окупится за 3,7 года. Из данных таблицы 3.7 за 5 лет. Из данных таблицы 3.8 за 7 лет. Данное мероприятие рекомендовано к внедрению.

3.2 Модернизация внутреннего освещения зданий

В настоящее время для освещения внутреннего пространства помещений на разрезе «Черногорском» применяются люминесцентные встраиваемые светильники ЛВО 4X18-CSVT 595X595 с зеркальной отражающей решёткой. Данные светильники имеют ряд недостатков:

- срок службы люминесцентной лампы составляет не более 10000 часов.
- по мере эксплуатации меняется спектр излучения, за счет чего качество освещения падает.
- в отдельных случаях для исключения мигания требуется использование дополнительного оборудования,

- требуют специальной утилизации.

Современные светодиодные технологии предлагают широкий спектр возможностей освещения, которые широко используются как в коммерческих, так и в домашних помещениях. Одним из наиболее востребованных решений являются светодиодные потолочные светильники 60x60, которые успешно применяются в офисных помещениях и домашних интерьерах.

Для модернизации внутреннего освещения помещений прием Светильник потолочный светодиодный Армстронг IN HOME 40Вт 4000К LPU-02-ОПАЛ. Светодиодные потолочные светильники обладают рядом достоинств:

- энергоэффективность, светодиоды являются энергоэффективными и долговечными источниками света на сегодняшний день.

- долговечность, светодиодные потолочные светильники имеют гораздо большую срок службы в сравнении с обычными лампами накаливания или люминесцентными лампами. Они способны работать до 30 000 часов.

- высокая яркость и равномерное освещение, обеспечивают высокую яркость и равномерное распределение света, что делает их идеальным выбором для офисных помещений и больших комнат.

- безопасность и экологичность, светодиоды не содержат опасных для здоровья веществ. Они не греются и не создают дискомфорта при длительной работе.

Также один из факторов в выборе данного светильника то, что они будут устанавливаться в места где ранее стояли люминесцентные светильники без дополнительных затрат на изменение потолочных покрытий.

Основные места расположения, режимы работы существующего осветительного оборудования, выполненного на светильниках ЛВО, и расчёт потребляемой электроэнергии по формуле 3.1 приведены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 -Места расположения, режимы работы и потребляемая энергия

Место установки светильников	Наименование светильников, применяемых в настоящее время	Мощность, кВт	Количество шт.	Время работы в год, час.	Потребляемая энергия кВт*ч/год
Производственные бани	ЛВО	4*0,018	76	2190	11983,68
Столовая	ЛВО	4*0,018	114	4800	39398,4
Буфет	ЛВО	4*0,018	26	3500	6552,0
Прачечная	ЛВО	4*0,018	58	3500	14616,0
АБК	ЛВО	4*0,018	194	4800	67046,4
АБК, диспетчерская ГТЦ	ЛВО	4*0,018	130	4800	44928,0
Баня ГТЦ	ЛВО	4*0,018	36	2190	5676,48
Итого			634		190200,96

В таблице 3.10 Основные места расположения оборудования и расчёт потребляемой электроэнергии по формуле 3.1

Таблица 3.10 - Места расположения, режимы работы и потребляемая энергия

Место установки светильников	Наименование светильников, применяемых в настоящее время	Мощность, кВт	Количество, шт.	Время работы в год, час.	Потребляемая энергия квт*ч/год
Производственные бани	Армстронг IN HOME	0,04	76	2190	6657,6
Столовая	Армстронг IN HOME	0,04	114	4800	21888,0
Буфет	Армстронг IN HOME	0,04	26	3500	3640,0
Прачечная	Армстронг IN HOME	0,04	58	3500	8120,0
АБК	Армстронг IN HOME	0,04	194	4800	37248,0
АБК, диспетчерская ГТЦ	Армстронг IN HOME	0,04	130	4800	24960,0
Баня ГТЦ	Армстронг IN HOME	0,04	36	2190	3153,6
Итого:			634		105667,2

Ожидаемая экономия электроэнергии в год после замены светильников рассчитывается по формуле 3.2 и составляет:

$$W_{эл} = 190200,96 - 105667,2 = 84533,76 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год.}$$

Снижение затрат на электроэнергию в год по формуле 3.3 после замены светильников составляет:

$$Э_{эл} = 3,16 \cdot 84533,76 = 267126,68 \text{ руб.} = 267,13 \text{ тыс. руб.}$$

В процессе эксплуатации светильников ЛВО возникает потребность в замене вышедших из строя люминесцентных ламп, паспортный срок службы данных ламп 10000 часов, что при фактическом использовании должно составлять около 3 лет, В следствии чего в среднем за 1 год меняется 1/3 использующихся ламп - 1268 шт. Средняя цена одной лампы - 400 руб.

По формуле 3.4 определяем эксплуатационные затраты на замену вышедших из строя ламп при базовом варианте:

$$Э_{лм} = 845 \cdot 400 = 338000 \text{ руб.} = 338 \text{ тыс. руб.}$$

Стоимость приобретения светильника Армстронг IN HOME 40Вт 4000К LPU-02-ОПАЛ - 1,2 тыс.руб.

Капитальные затраты на приобретение и установку светильников рассчитаны в таблице 3.11.

Таблица 3.11 - Капитальные затраты

Наименование	количество	тыс.руб.
Приобретение светильников Армстронг IN HOME 40Вт 4000К LPU-02-ОПАЛ	634	760,8
Демонтаж и монтаж светильников	5% стоимости	38,04
Доставка	5% стоимости	38,04
Итого:		836,88

В таблице 3.12 приведен расчет затрат на эксплуатацию до и после замены светильников.

Таблица 3.12 - Расчет затрат на эксплуатацию до и после модернизации

Наименование	Единицы измерения	До	После
Объем потребляемой электроэнергии, за год	кВт·ч/год	190200,96	105667,2
Цена за 1 кВт·ч электроэнергии в 2024 году	руб./кВт·ч	3,16	3,16
Эксплуатационные затраты на электроэнергию	тыс. руб./год	601,04	333,91
Эксплуатационные затраты на замену ламп	тыс. руб./год	338	-
Эксплуатационные затраты	тыс. руб./год	939,04	333,91
Экономический эффект			
Экономия электроэнергии	кВт·ч/год	84533,76	
Снижение эксплуатационных затрат	тыс. руб./год	605,13	

Произведем расчёта кумулятивного потока денежных средств для дисконтируемого и не дисконтируемого периода окупаемости.

По формуле 3.5 определяем амортизационные расходы:

$$A = 836,88/10 = 83,69 \text{ тыс.руб/год.}$$

Произведем расчет чистой прибыли по формуле 3.6:

$$\text{ЧП} = 605,13 - 83,69 = 521,44 \text{ тыс.руб/год.}$$

Рассчитаем срок окупаемости по формуле 3.9:

$$T_{\text{ок}} = 836,88/605,13 = 1,4 \text{ года.}$$

В таблице 3.13 представлен расчет экономического эффекта для не дисконтируемого периода окупаемости.

Таблица 3.13 - Расчет экономического эффекта для не дисконтируемого периода окупаемости

Годы \ ЭЭ	ΔЭ	А	ЧП	К	ЧПД	ΣЧПД
2024	605,13	83,69	521,44	836,88	-315,44	-315,44
2025	605,13	83,69	521,44	0	521,44	206,0
2026	605,13	83,69	521,44	0	521,44	727,44
2027	605,13	83,69	521,44	0	521,44	1248,88
2028	605,13	83,69	521,44	0	521,44	1770,32

На рисунке 3.5 представлен график для не дисконтируемого периода окупаемости.

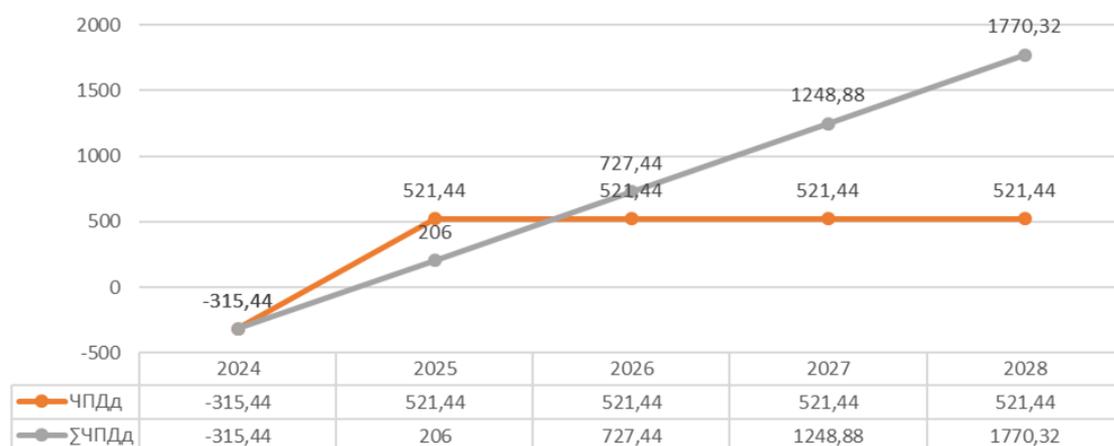


Рисунок 3.5 – график для не дисконтируемого периода окупаемости

В таблице 3.14 представлен расчет экономического эффекта для дисконтируемого периода окупаемости

Таблица 3.14 - Расчет экономического эффекта для дисконтируемого периода окупаемости без учета инфляции.

Годы \ ЭЭ	Е	В	ЧПДд	ΣЧПДд
2024	16%	0,86	-388,44	-388,44
2025	16%	0,74	385,87	25,7
2026	15%	0,69	359,8	362,37
2027	14%	0,6	312,86	675,23

На рисунке 3.6 представлен график для дисконтируемого периода окупаемости без учета инфляции

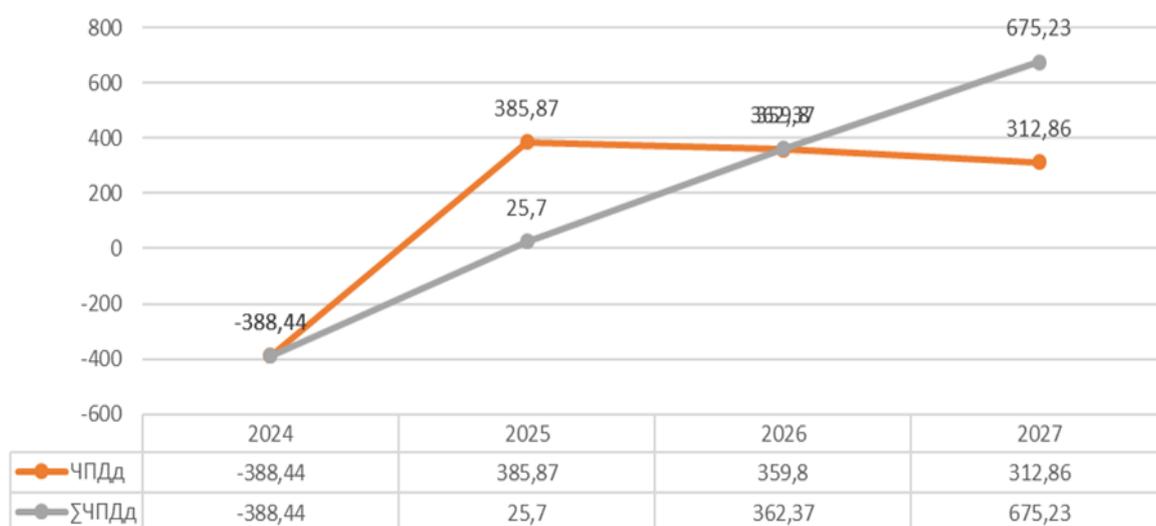


Рисунок 3.6 - график для дисконтируемого периода окупаемости без учета инфляции

В таблице 3.15 представлен расчет экономического эффекта для дисконтируемого периода окупаемости с учетом инфляции.

Таблица 3.15 - Расчет экономического эффекта для дисконтируемого периода окупаемости с учетом инфляции

Годы \ ЭЭ	Е	К инф	В	ЧПДд	ΣЧПДд
2024	16%	7,42%	0,81	-414,5	-414,5
2025	16%	7,3%	0,66	344,1	-70,4
2026	15%	7,0%	0,64	333,72	263,32
2027	14%	6,8%	0,47	245,1	508,42

На рисунке 3.7 представлен график для дисконтируемого периода окупаемости с учетом инфляции

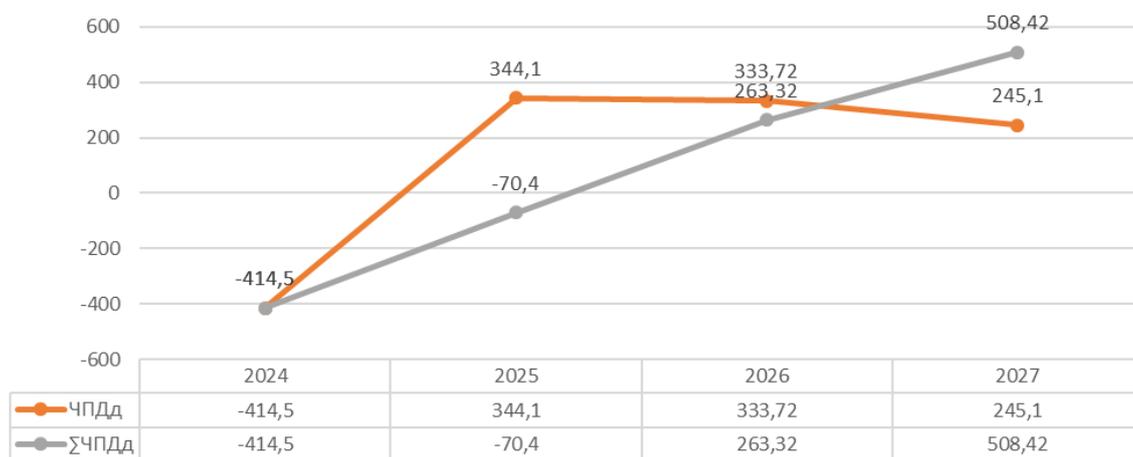


Рисунок 3.7 - график для дисконтируемого периода окупаемости с учетом инфляции

Исходя из данных таблицы 3.13 модернизация по замене светильников окупится за 1,4 года. Из данных таблицы 3.14 за 1,9 года. Из данных таблицы 3.15 за 2,1 года. Данное мероприятие рекомендовано к внедрению.

3.3 Модернизация системы возбуждения сетевого двигателя на экскаваторе ЭШ 11/70 №78.

Экскаватор подключен к сети трехфазного переменного тока напряжением 6000 В, частотой 50 Гц гибким высоковольтным кабелем со специальной заземляющей жилой, который подсоединяется к вводным изоляторам расположенных в отке базы. От вводных изоляторов высокое напряжение через кольцевой токоприемник подводится к высоковольтному распределительному устройству. С распределительного устройства напряжение подается:

- к синхронному электродвигателю (СД) через разъединитель и масляный выключатель;
- через разъединитель и высоковольтные предохранители к силовому масляному трансформатору.

Электродвигатели подъема, поворота, тяги и шагания подключены к генераторам постоянного тока, которые вращаются СД. Независимые обмотки возбуждения генераторов питаются от магнитных усилителей.

Питание асинхронных двигателей осуществляется от силового масляного трансформатора напряжением 380 В.

Структурные схемы выполнены по системе генератор-двигатель с использованием самовозбуждения генераторов, с подчинённым регулированием параметров электроприводов. Для управления генераторами применена двухконтурная система подчинённого регулирования. Особенностью системы является каскадное включение двух регуляторов: тока и напряжения. На входе регуляторов сравниваются сигналы, пропорциональные заданному действительному значению выходного параметра.

Регулирование напряжения генератора осуществляется внешним контуром с помощью промежуточного блока магнитных усилителей.

Данная система имеет ряд недостатков: отрицательное воздействие на карьерные сети прямых пусков синхронного двигателя, большое количество электромагнитных реле, осуществляющих релейную логику для выполнения различного рода блокировок и защит, сложность в настройке параметров.

Предлагается модернизация системы управления электроприводами экскаватора ЭШ-11/70 №78 с установкой цифровой системы низковольтного комплексного устройства (далее НКУ) производства ОАО «Рудоавтоматика». НКУ предназначено для обеспечения регулируемым напряжением постоянного тока возбуждения генераторов по системе «тиристорный возбудитель - генератор - двигатель» (ТВ - Г - Д), возбуждения двигателей электроприводов экскаватора, разгона четырёхмашинного преобразовательного агрегата до подсинхронной скорости с использованием для этой цели генератора поворота, формирования требуемых статических и динамических характеристик главных электроприводов и управления электроприводами вспомогательных механизмов.

Модернизация состоит в следующем:

- переводе СД с прямого пуска на плавный бесступенчатый разгон;
- применении автоматической регулировки тока возбуждения СД в зависимости от нагрузки;

- применении для управления генераторами главных приводов вместо схем с магнитными усилителями или тиристорным управлением реверсивных транзисторных возбuditелей с микропроцессорным управлением;
- применении для управления возбуждения релейно-контакторной схемы распределенной микропроцессорной системой сбора данных и управления;
- замена кулачковых контактных командоконтроллеров и сельсинных командоконтроллеров на более компактные с датчиками Холла, обеспечивающие плавное изменение задания;
- замена в кабине пульта управления на кресло-пульт машиниста с выносной информационной панелью и встроенным дисплеем системы сбора данных и управления.

Применение НКУ позволит:

- устранить отрицательное воздействие на карьерные электрические сети прямых пусков синхронного двигателя, а также увеличить ресурс главного преобразовательного агрегата;
- осуществить автоматическую регулировку тока возбуждения СД в зависимости от тока статора (т.е. нагрузки), что позволяет стабилизировать коэффициент мощности и ведет к экономии электроэнергии;
- уменьшить инерционность и повысить качество регулирования главных приводов, а значит сберечь генераторы, двигатели, трансмиссии, тросы от выхода из строя при перегрузках;
- увеличения в 1,5-2 раза быстродействия привода подъема и напора в пуско-тормозных режимах;
- практически полностью отказаться от регулировочных элементов (все изменения параметров приводов производятся на уровне программных коэффициентов), что упрощает процесс наладки, диагностики и ремонта, а это, в свою очередь, дает уменьшение времени простоя экскаватора;
- значительно уменьшить количество реле, осуществляющих релейную логику для выполнения различного рода блокировок и защит, возложив в значительной степени эти функции на программную реализацию

коммутационных устройств, не требующих обслуживания в процессе эксплуатации;

- с помощью джойстиков с датчиками Холла плавно задавать скорость движения привода, уменьшить их габариты в кабине, а также отказаться от технического обслуживания командоконтроллеров по сравнению с кулачковыми командоаппаратами, нуждающимися в достаточно частом и регулярном техническом обслуживании контактных соединений;

- Разместить панель индикации в зоне видимости машиниста для своевременного информирования персонала о текущих режимах и возникших в процессе работы неполадках, а также просматривать протокол событий и аварий, произошедших ранее во время работы.

В состав НКУ входит:

- Шкаф релейно-контакторный (ШРК);
- Шкаф возбуждателей (ШВ);
- Шкаф статических преобразователей (ШСП);
- Шкаф вспомогательных приводов (ШВП);
- Кресло-пульт (КП);
- Шкаф контроля изоляции (ШКИ);
- Реле утечки РУП 380/220 В.

Входящие в состав НКУ шкафы: ШРК, ШВ и ШСП - двухстороннего обслуживания; ШВП и ШКИ - одностороннего обслуживания. Шкафы имеют двери, оснащенные специальными замками. Внутри шкафов расположена аппаратура управления и защиты. Измерительные приборы и лампы световой сигнализации установлены на дверях шкафов и поворотных панелях тиристорных преобразователей. В нижней части шкафов установлены блоки зажимов для подключения кабелей внешних присоединений. Подвод кабелей осуществляется через открытые проемы нижних рам. Заземление шкафов осуществляется через внешние и внутренние заземляющие зажимы, расположенные в правой или левой нижней части шкафов.

Описание работы НКУ представлена на рисунке 3.8.

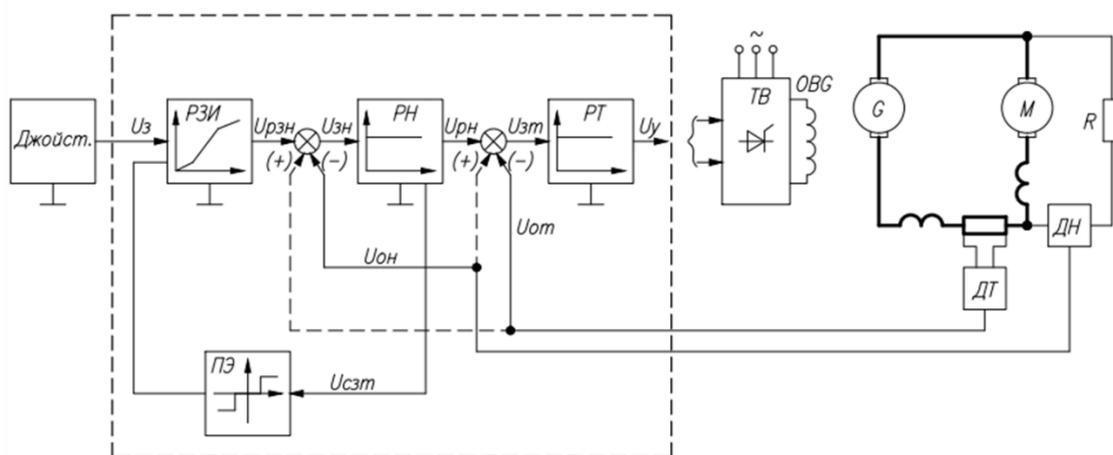


Рисунок 3.8 - Структурная схема НКУ.

Для управления приводами экскаватора применена система генератор - двигатель с тиристорным возбуждением генераторов с двухконтурной системой подчиненного регулирования тока якоря и напряжения генератора.

Формирование экскаваторной механической характеристики происходит традиционным путем в двухконтурной системе подчиненного регулирования тока и напряжения генератора с пропорциональными регуляторами тока якоря (РТ) и напряжения (РН).

Сигналы управления электроприводами, формируемые джойстиком, встроенными в пульты управления, подаются на входы датчиков интенсивности (РЗИ), которые предназначены для согласования быстродействия электропривода в процессах по управлению с временем реакции генератора, а также, для ограничения производной тока якоря в динамике допустимыми значениями и формирования сигнала задания напряжения. На вход РЗИ поступает сигнал управления, а выход его подключен к регулятору напряжения (РН).

На входе РТ суммируются сигналы:

- задание тока, поступающий с выхода РН;
- отрицательной обратной связи по току якоря;

- формирующей положительной связи по напряжению генератора (подъем, поворот).

На входе РН суммируются сигналы:

- задания напряжения генератора, поступающего с выхода РЗИ;
- отрицательной обратной связи по напряжению генератора, снимаемой с выхода датчика напряжения;
- формирующей положительной связи по току (тяга).

Указанные обратные связи в схеме обеспечивают формирование экскаваторных механических характеристик требуемой для каждого электропривода формы. При малых нагрузках система управления работает как линейная система регулирования напряжения генератора по отклонению.

При возрастании нагрузки напряжение генератора уменьшается за счет увеличения падения напряжения на якорной цепи генератора, разность между сигналом задания и сигналом, пропорциональным действительному напряжению, возрастает и соответственно увеличивается напряжение на выходе регулятора напряжения РН. Как следствие, увеличивается задание тока якоря до уровня соответствующего статической нагрузке, а жесткость механической характеристики определяется коэффициентом обратной связи по напряжению генератора и положительной связью по току, подаваемой на вход РН. Выходной сигнал регулятора напряжения является сигналом задания тока якорной цепи РТ. Стоимость приобретения НКУ - 9400 тыс.руб.

Капитальные затраты на модернизацию системы возбуждения сетевого двигателя на экскаваторе ЭШ 11/70 №78 рассчитаны в таблице 3.16.

Таблица 3.16 - Капитальные затраты

Наименование	количество	тыс.руб.
Приобретение Устройство низковольтное комплектное НКУ ЭШ-10Р-У2	1	9400
Монтаж	10% стоимости	940
Доставка	5% стоимости	470
Итого:		10810

В таблице 3.17 приведены экономический эффект от модернизации

Таблица 3.17 - Экономический эффект проведения модернизации

Наименование	До	После	+/-
Производительность, тыс. м ³ /год	2560	2560	-
Потребленная электроэнергия, тыс.*кВт*ч	3532,8	2304,0	-1177,6
Удельный расход, кВт*ч/м ³ .	1,38	0,90	-0,46
Стоимость кВт*ч, руб. (цена 2023г.)	3,16	3,16	-
Затраты на электроэнергию, тыс.руб.	11163,65	7280,64	-3883,01

Произведем расчёта кумулятивного потока денежных средств.

По формуле 3.5 определяем амортизационные расходы:

$$A = 10810/10 = 1081 \text{ тыс.руб/год.}$$

Произведем расчет чистой прибыли по формуле 3.6:

$$\text{ЧП} = 11163,65 - 7280,64 = 3883,01 \text{ тыс.руб/год.}$$

Рассчитаем срок окупаемости по формуле 3.9:

$$T_{\text{ок}} = 10810/3883,01 = 3,8 \text{ года.}$$

В таблице 3.18 представлен расчет экономического эффекта для не дисконтируемого периода окупаемости.

Таблица 3.18 - Расчет экономического эффекта для не дисконтируемого периода окупаемости

Годы \ ЭЭ	ΔЭ	А	ЧП	К	ЧПД	ΣЧПД
2024	3883,01	1081	2802,01	10810	-8007,99	-8007,99
2025	3883,01	1081	2802,01	0	2802,01	-5205,98
2026	3883,01	1081	2802,01	0	2802,01	-2403,97
2027	3883,01	1081	2802,01	0	2802,01	398,04
2028	3883,01	1081	2802,01	0	2802,01	3200,05
2029	3883,01	1081	2802,01	0	2802,01	5604,02

На рисунке 3.9 представлен график для не дисконтируемого периода окупаемости.

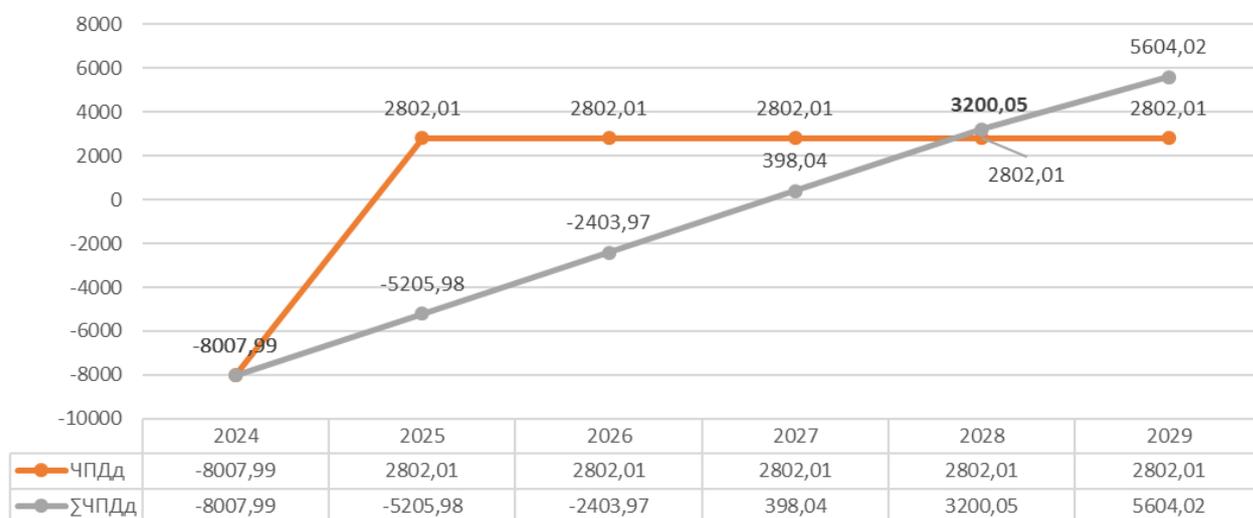


Рисунок 3.9 - график для не дисконтируемого периода окупаемости

В таблице 3.19 представлен расчет экономического эффекта для дисконтируемого периода окупаемости без учета инфляции

Таблица 3.19 - Расчет экономического эффекта для дисконтируемого периода окупаемости без учета инфляции

Годы \ ЭЭ	ЭЭ	Е	В	ЧПДд	ΣЧПДд
2024		16%	0,86	-8400,27	-8400,27
2025		16%	0,74	2073,49	-6326,78
2026		15%	0,69	1933,39	-4393,4
2027		14%	0,6	1681,21	-2712,18
2028		13%	0,54	1513,09	-1199,09
2029		13%	0,48	1344,96	145,87
2030		12%	0,45	1260,9	1406,77

Дисконтируемый период окупаемости без учета инфляции составляет 5,7 года.

На рисунке 3.10 представлен график для дисконтируемого периода окупаемости без учета инфляции.

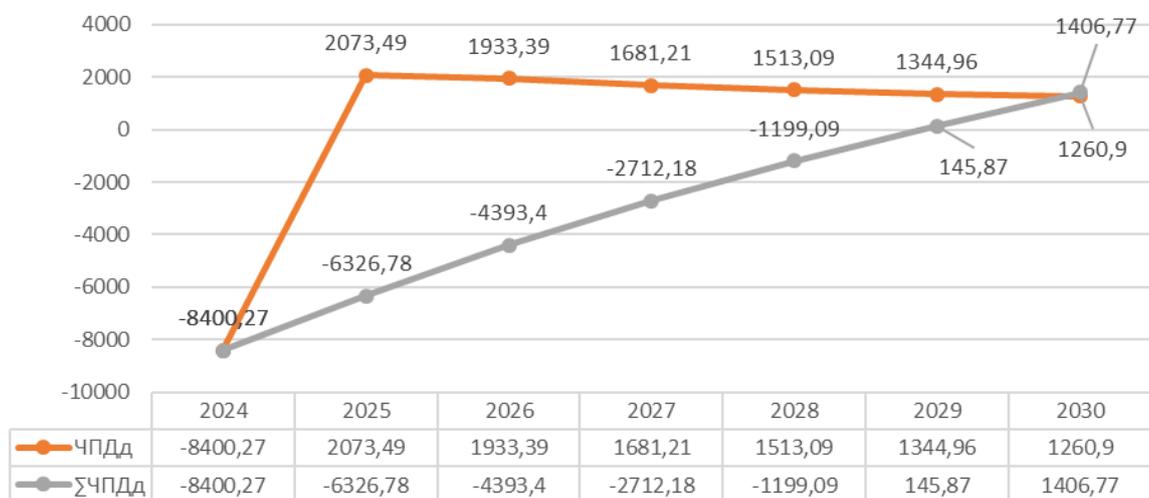


Рисунок 3.10 - график для дисконтируемого периода окупаемости без учета инфляции

В таблице 3.20 представлен расчет экономического эффекта для дисконтируемого периода окупаемости с учетом инфляции

Таблица 3.20 - Расчет экономического эффекта для дисконтируемого периода окупаемости с учетом инфляции

Годы \ ЭЭ	Е	К инф	В	ЧПДд	ΣЧПДд
2024	16%	7,42%	0,81	-8540,37	-8540,37
2025	16%	7,3%	0,66	1849,33	-6691,04
2026	15%	7,0%	0,64	1793,29	-4897,75
2027	14%	6,8%	0,47	1316,95	-3580,8
2028	13%	6,7%	0,41	1148,82	-2431,98
2029	13%	6,6%	0,34	952,68	-1479,3
2030	13%	6,5%	0,29	812,59	-666,71
2031	12%	6,4%	0,26	728,52	61,81
2032	12%	6,3%	0,22	616,4	678,21
2033	12%	6,2%	0,19	532,38	1210,59

Дисконтируемый период окупаемости с учетом инфляции составляет 7,7 года.

На рисунке 3.11 представлен график для дисконтируемого периода окупаемости без учета инфляции.

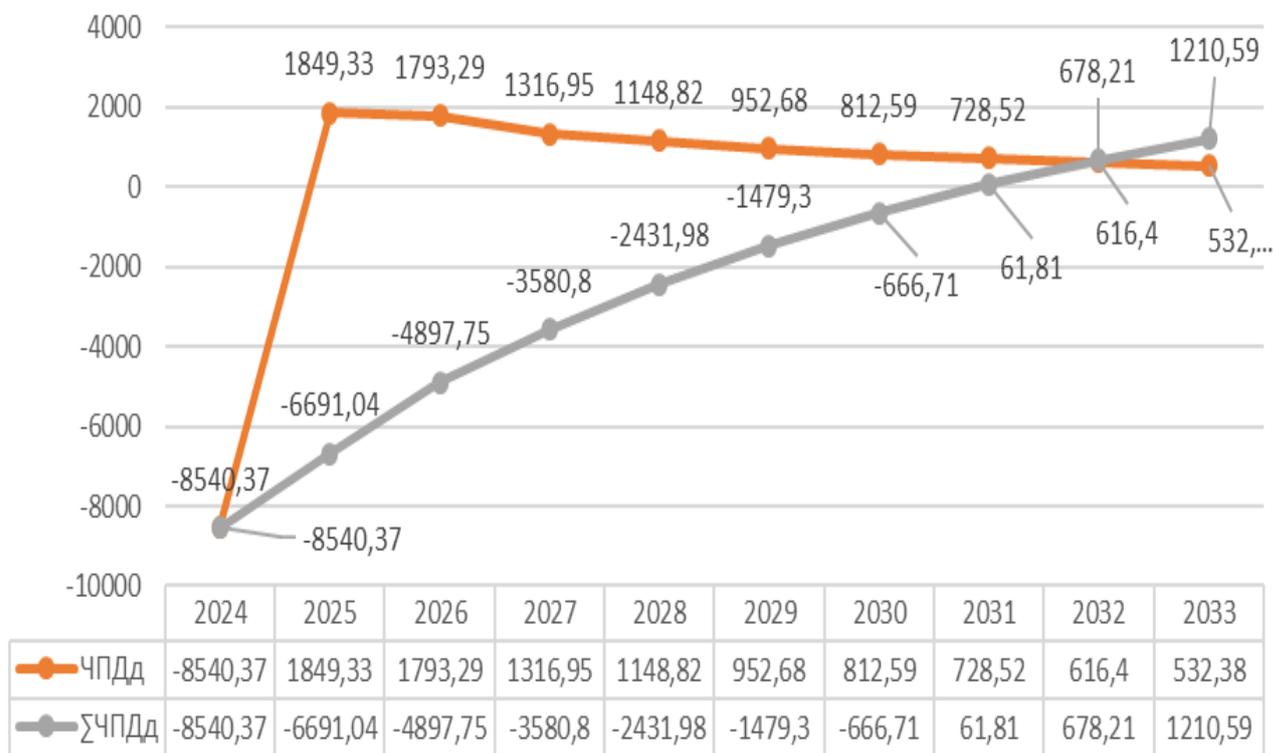


Рисунок 3.11 - график для дисконтируемого периода окупаемости с учетом инфляции.

Исходя из данных таблицы 3.18 модернизация системы управления электроприводами экскаватора ЭШ-11/70 №78 окупится за 3,8 года. Из данных таблицы 3.19 за 5,7 года. Из данных таблицы 3.20 за 7,7 года.

Графики экономического эффекта и периода окупаемости от предлагаемых мероприятий представлены в Приложении В

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы на тему «Оценка эффективности типовых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности ООО «СУЭК-Хакасия»» разрез «Черногорский», изучили характеристику предприятия и основных поставщиков, структуру энергопотребления предприятия и произвели структуру в процентном соотношении по направлениям использования электроэнергии.

В процессе выполнения работы были рассмотрены существующие и реализованные мероприятия по обеспечению энергоэффективности на разрезе «Черногорский», был приведен расчет их экономической эффективности, рассмотрели затраты предприятия на улучшение электроснабжения за 4 года.

Были разработаны мероприятия, рекомендованные к реализации в 2024-2025 годах с расчетами экономического эффекта и сроками окупаемости.

В ходе расчетов в п.3.1 и 3.1.3 было выявлено, что мероприятия по модернизации внешнего и наружного освещения, а также системы возбуждения сетевого двигателя на экскаваторе ЭШ-11/70 №78 позволяют экономить до 40% электроэнергии и являются энергоэффективными.

Данные мероприятия полностью окупаются за период срока эксплуатации оборудования (10 лет и их можно рекомендовать к внедрению на разрезе «Черногорский» ООО «СУЭК-Хакасия».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) СТУ 7.5-07.-2021. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности.
- 2) Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 13.06.2023) "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации"
- 3) Проект открытой разработки Черногорского каменноугольного бассейна разрезом «Черногорский» производственной мощностью 12,5 млн. т угля в год / Ш.Н. Назыров. - Красноярск, 2017. - 168 с.
- 4) Марков С.И. Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий: учебное пособие в 3-х частях./ - Екибастуз: ЕКИТИ, 2011. - 198 с.
- 5) 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>.
- 6) Байгулова А. А. Экономика ресурсосбережения: учеб. пособие Ульяновск : УлГУ, 2018. - 100 с.
- 7) Свидерская О. В. Основы энергосбережения: учебное пособие. - Москва: ТетраСистемс, 2009. - 176 с.
- 8) Федеральный закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» // Собрание законодательства РФ. 31.03.2003. № 13. Ст. 1177.
- 9) 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.
- 10) Светильник светодиодный серии «СХ ПСДС» - IP67 паспорт и руководство по эксплуатации/ Филиал ООО «Единая сервисная компания СУЭК»- «Черногорский ремонтно-механический завод», г. Черногорск.

11) Магазин Светлый Град [Электронный ресурс] Светильник потолочный светодиодный Армстронг IN HOME 40Вт 4000К LPU-02-ОПАЛ [Электронный ресурс] - URL: <https://svetli-grad.ru/>

12) Дулесова, Н.В. Экономика энергетики [Текст]: учебное пособие / Н.В. Дулесова. - Сиб. федер. ун-т; ХТИ - филиал СФУ. - Абакан: Ред.-изд. сектор ХТИ – филиала СФУ, 2019. - 113 с.: ISBN 978-5-4288-0069-2.

13) Любимова, Н.Г. Экономика и управление в энергетике: учебник / под общ. ред. Н. Г. Любимовой, Е. С. Петровского. - М.: Издательство Юрайт, 2017. - 485 с. – ISBN 978-5-9916-3319-2.

14) Нагорная, В. Н. Экономика энергетики [Электронный ресурс]: учебное пособие. - Электрон. дан. - Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. - 157 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. - Загл. с экрана.

15) Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]: <https://rosstat.gov.ru/#>.- Загл. с экрана.

16) Электроснабжение [Электронный ресурс]: учебное пособие / Сиб. федер. ун-т; ХТИ - филиал СФУ. - Абакан: ХТИ - филиал СФУ, 2019. ISBN 978-5-4278-0072-2.

17) Системы электроснабжения [Электронный ресурс]: курс лекций: учебно-методическое обеспечение / Сиб. федер. ун-т; ХТИ - филиал СФУ; сост. Н. В. Дулесова. - Электрон. текстовые дан. Электрон. граф. дан. (файла: 4,56 Мбайтов). - Абакан: ХТИ - филиал СФУ, 2016. - Режим доступа: <http://khti.sfu-kras.ru/>. – Загл. с экрана.

18) Волков, О.И., Складенко, В.К. Экономика предприятия: курс лекций/ О.И. Волков, В.К. Складенко. - М.: ИНФРА-М, 2012. - 280 с.

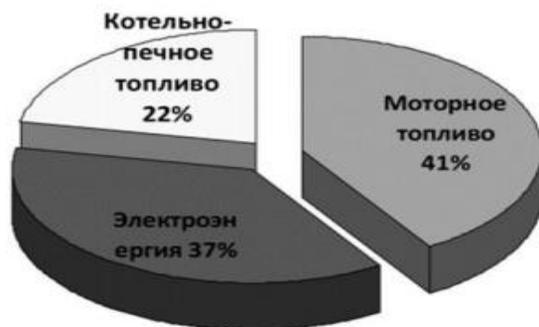
19) Организация энергосбережения (энергомeneджмент): учеб. пособие / Н. Ф. Рогалев, А.Г. Зубкова, И. В. Мастеркова и др.; под ред. В.В. Кондратьева. - М.: ИНФРА – М, 2011. - 108 с.

20) Электроснабжение [Электронный ресурс]: учебное пособие / Сиб. федер. ун-т; ХТИ - филиал СФУ. - Абакан: ХТИ - филиал СФУ, 2019. ISBN 978-5-4278-0072-2.

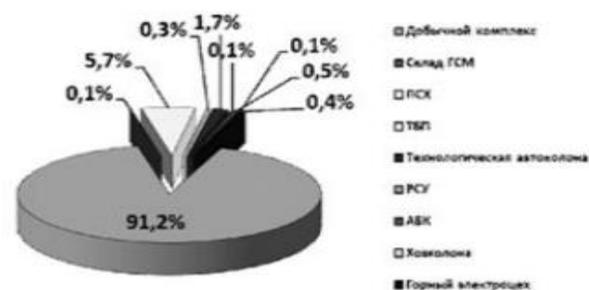
ПРИЛОЖЕНИЕ А

Анализ потребления электроэнергии на разрезе «Черногорский»

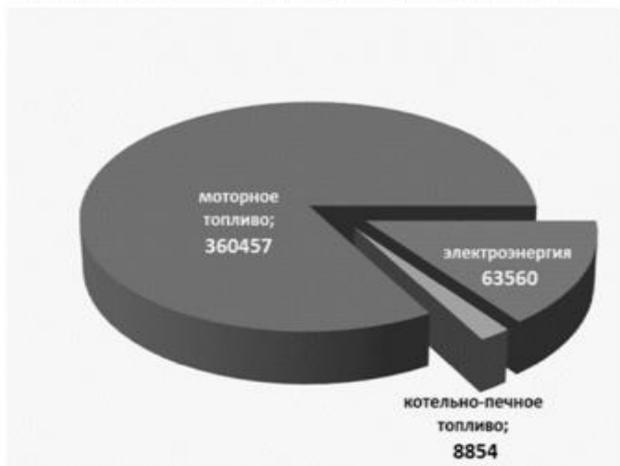
Структура энергопотребления разреза «Черногорский»



Структура потребления электроэнергии по производственным участкам в 2023 г.



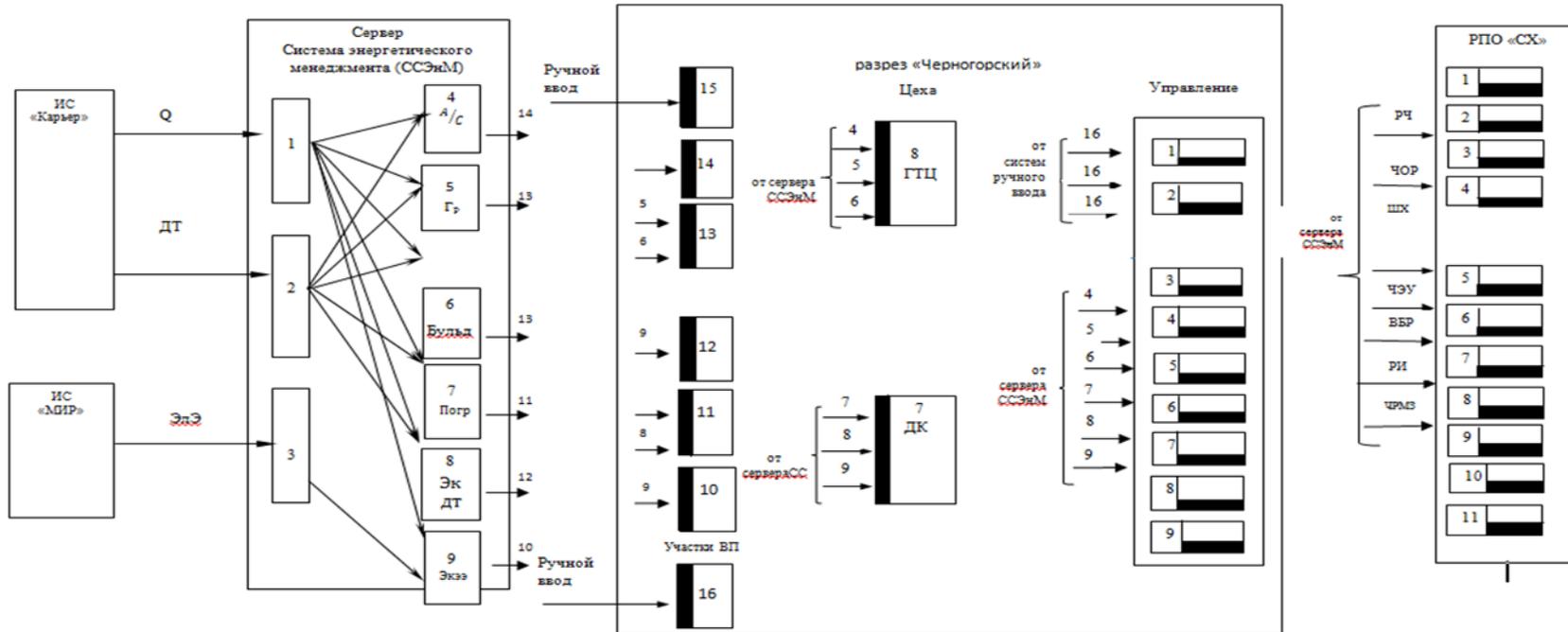
Структура потребления энергоресурсов (тыс. руб.) разреза «Черногорский».



Подразделение	Потребление электроэнергии, кВт.час	%
Добычный комплекс	60719694	91,20%
ПСК (котельная)	3790127	5,70%
ТБП (тракторно-бульдозерный парк)	173054	0,30%
ТАК (технологическая автоколонна)	1098955	1,70%
ХАК (хозяйственная автоколонна)	94819	0,10%
ГЭЦ (горный электроцех)	235099	0,40%
Склад ГСМ	78024	0,10%
PCY	56700	0,10%
АБК	302423	0,50%
Общее потребление	66548895	100%

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Схема ПАКУЭ разреза «Черногорский»



Участки основных технологических процессов (УОТП)

- | | | |
|---|---|-------|
| 10. Хозяйственный №1 | } | ДК-7 |
| 11. Добытый, а/г вскрыша | | |
| 12. Вскрыша бестранспортая | } | ГТЦ-8 |
| 13. Тракторно-бульдозерный | | |
| 14. Технологическая а/колонна | } | |
| 15. Хозяйственная, специальная техника | | |
| 16. Участки вспомогательных процессов (УВП) | | |

Управление ПЕ «РЧ»

1. Директор
2. Главный инженер
3. Зам. исполнительного директора по праву
4. Главный механик
5. Главный энергетик
6. Начальник ПЭО
7. Начальник ПТО
8. Специалист по информатизации
9. Начальник СОДУ

■ - программно-прикладное ПАКУЭ на компьютерах рабочих мест

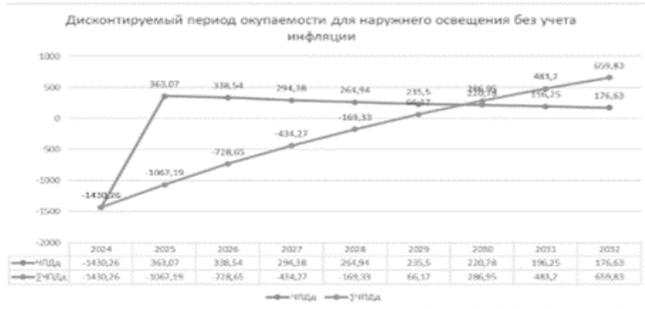
РПО «СУЭК - Хакасия»

1. Исполнительный директор
2. Зам. исполнительного директора технического директор
3. Зам. исполнительного директора по производству
4. Зам. исполнительного директора по экономике
5. Главный механик
6. Главный энергетик
7. Начальник отдела информатизации

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Графики экономического эффекта и периода окупаемости от предлагаемых мероприятий

Графики окупаемости для мероприятия по модернизации наружного освещения (установка светильников СХ ПСДС-1)



Годы ЭЭ	Е	В	ЧПД	ΣЧПД
2024	2024	16%	0,86	-1430,3
2025	2025	16%	0,74	363,07
2026	2026	15%	0,69	338,54
2027	2027	14%	0,6	294,38
2028	2028	13%	0,54	264,94
2029	2029	13%	0,48	235,5
2030	2030	12%	0,45	220,78
2031	2031	12%	0,4	196,25
2032	2032	12%	0,36	176,63

Графики окупаемости для мероприятия по модернизации наружного освещения (установка светильников Аристрот IN HOME 40Вт 4000К (LPU-02-07A/L))



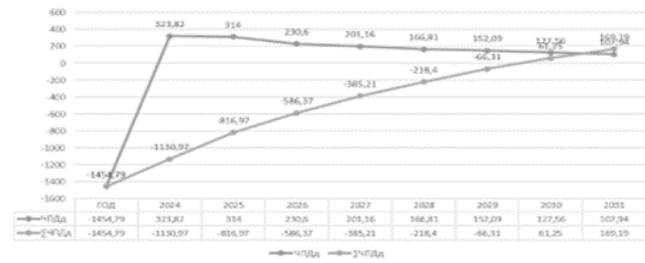
Годы ЭЭ	Е	В	ЧПД	ΣЧПД
2024	2024	16,00%	0,86	-388,44
2025	2025	16,00%	0,74	385,87
2026	2026	15,00%	0,69	359,8
2027	2027	14,00%	0,6	312,86

Графики окупаемости для мероприятия по модернизации системы управления электроприводами экскаватора ЭКВ-11/70 №78



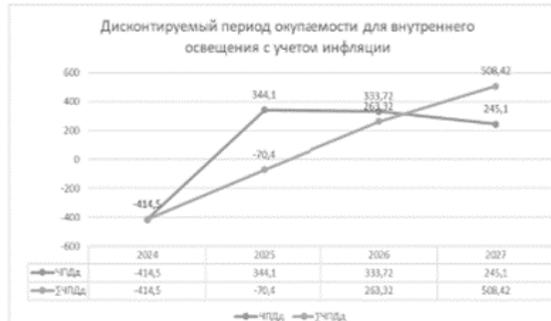
Годы ЭЭ	Е	В	ЧПД	ΣЧПД
2024	2024	16,00%	0,86	-8400,3
2025	2025	16,00%	0,74	2073,49
2026	2026	15,00%	0,69	1933,39
2027	2027	14,00%	0,6	1681,21
2028	2028	13,00%	0,54	1513,09
2029	2029	13,00%	0,48	1344,96
2030	2030	12,00%	0,45	1260,9

Дисконтируемый период окупаемости для наружного освещения с учетом инфляции



Годы ЭЭ	Е	Кэфф	В	ЧПД	ΣЧПД
2024	2024	16%	7,42%	0,81	-1454,8
2025	2025	16%	7,30%	0,66	323,82
2026	2026	15%	7,00%	0,64	314
2027	2027	14%	6,80%	0,47	230,6
2028	2028	13%	6,70%	0,41	201,16
2029	2029	13%	6,60%	0,34	166,81
2030	2030	12%	6,50%	0,31	152,09
2031	2031	12%	6,40%	0,26	127,56
2032	2032	12%	6,30%	0,22	107,94

Дисконтируемый период окупаемости для внутреннего освещения с учетом инфляции



Годы ЭЭ	Е	Кэфф	В	ЧПД	ΣЧПД
2024	2024	16%	7,42%	0,81	-414,5
2025	2025	16%	7,30%	0,66	344,1
2026	2026	15%	7,00%	0,64	333,72
2027	2027	14%	6,80%	0,47	245,1

Дисконтируемый период окупаемости после модернизации с учетом инфляции



Годы ЭЭ	Е	Кэфф	В	ЧПД	ΣЧПД
2024	2024	16%	7,42%	0,81	-8540,4
2025	2025	16%	7,30%	0,66	1849,33
2026	2026	15%	7,00%	0,64	1793,29
2027	2027	14%	6,80%	0,47	1316,95
2028	2028	13%	6,70%	0,41	1148,82
2029	2029	13%	6,60%	0,34	952,68
2030	2030	13%	6,50%	0,29	812,59
2031	2031	12%	6,40%	0,26	728,52
2032	2032	12%	6,30%	0,22	616,4
2033	2033	12%	6,20%	0,19	532,38

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, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.С. Торопов
подпись инициалы, фамилия
« 20 » 06 2024 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

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

Оценка эффективности типовых мероприятий по энергосбережению и
повышению энергетической эффективности ООО «СУЭК-Хакасия» разрез
«Черногорский»
тема

Руководитель В.И. Дубинина доцент каф.ЭЭ,к.э.и. Н.В. Дулесова
подпись, дата инициалы, фамилия

Выпускник Н.С. Назаренко
подпись, дата инициалы, фамилия

Нормоконтролёр И.А. Кычакова
подпись, дата инициалы, фамилия

Абакан 2024