

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного обучения

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электрических сетей и электротехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
Реконструкция подстанции 110/35/10 кВ Оконешниковских электрических сетей	
УДК 621.311.4-043.96(571.13)	

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A13	Вашкелевичус Александр Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент каф. ЭСиЭ	Шандарова Е.Б.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент каф. менеджмента	Коршунова Л.А.	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент каф. ЭБЖ	Бородин Ю.В.	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электрических сетей и электротехники	Прохоров А.В.	к.т.н.		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного обучения
Направление 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Кафедра Электрических сетей и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) Прохоров А.В.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-5A13	Вашкелевичус Александру Сергеевичу

Тема работы:

Реконструкция подстанции 110/35/10 кВ Оконешниковских электрических сетей	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	12.02.2016 № 1025/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Однолинейная схема подстанции 110/35/10 кВ «Оконешниково» ОАО «Омскэнерго». Общая характеристика исследуемой подстанции. Мощности нагрузок на подстанции. Типы и марки оборудования, аппаратов, кабелей, проводов, установленных на подстанции.
---	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	Реконструкция подстанции 110/35/10 кВ «Оконешниково» ОАО «Омскэнерго». Мероприятия по повышению уровня надёжности подстанции. Составление сметы затрат и расчет срока окупаемости проекта. Социальная ответственность (производственная, пожарная и экологическая безопасность).
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Однолинейная схема подстанции 110/35/10 кВ «Оконешниково» ОАО «Омскэнерго» до реконструкции. Однолинейная схема подстанции 110/35/10 кВ «Оконешниково» ОАО «Омскэнерго» после реконструкции. Схема молниезащиты ОРУ-110 кВ ПС «Оконешниково». Схема заземления ОРУ-110 кВ ПС «Оконешниково».
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	доцент Коршунова Л.А.
Социальная ответственность	доцент Бородин Ю.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	18.02.2016
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭСиЭ	Шандарова Е.Б.	к.т.н., доцент		18.02.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A13	Вашкелевичус Александр Сергеевич		18.02.2016

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-5A13	Вашкелевичус Александру Сергеевичу

Институт	Электронного обучения	Кафедра	Электрических сетей и электротехники
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материалов и оборудования, стоимость электроэнергии, минимальная тарифная ставка оплаты труда.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Нормы амортизации.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Ставка отчислений в социальные фонды.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР</i>	<i>Планирование работ по проектированию и определение трудоемкости</i>
2. <i>Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	<i>Расчет затрат на проектирование</i>
3. <i>Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР</i>	<i>Расчёт капиталовложений на оборудование и строительно-монтажные работы.</i>
4. <i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i>	<i>Расчёт годовых эксплуатационных затрат.</i>
5. <i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков</i>	<i>Расчёт срока окупаемости проекта.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. *Этапы и график разработки и внедрения ИР*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. менеджмента	Коршунова Л.А.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A13	Вашкелевичус Александр Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5A13	Вашкелевичус Александру Сергеевичу

Институт	Электронного обучения	Кафедра	Электрических сетей и электротехники
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:

- вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения);
- опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы);
- негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу);
- чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера).

– Объект раздела: характеристика работ, операций, оборудования, условий выполнения рассматриваемого технологического процесса.

– Обеспечение безопасности для выявленных опасных факторов: нормативные требования, которым удовлетворяет принятое к использованию оборудование и инструмент. Технические устройства обеспечения этих требований, ссылки на НТД.

2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме.

– Анализ законодательных и нормативных актов по теме.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:

- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
- действие фактора на организм человека;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
- предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)

– Перечень опасных и вредных факторов при выполнении работ, источником которых является выбранное оборудование и технологический процесс.

– Обеспечение санитарно-гигиенических условий на рабочих местах и обеспечение требований нормативных документов к выявленным вредным факторам. Технические устройства обеспечения этих требований.

2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности

- механические опасности (источники, средства защиты);
- термические опасности (источники, средства защиты);
- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);
- пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)

– Обеспечение безопасности при аварийной ситуации. Средства защиты. Организационные, технические мероприятия.

3. Охрана окружающей среды:

- защита селитебной зоны
- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);
- анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);
- анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);
- разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окру-

– Анализ выбросов в атмосферу, сбросов сточных вод, твёрдых отходов от рассматриваемой технологии. Дать решения по обеспечению экологической безопасности окружающей среды, ссылки на НТД.

<i>жающей среды.</i>	
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	–Поведение объекта в ЧС и меры, необходимые для повышения устойчивости при ЧС.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	–Нормативные документы.
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	Расчет заземления и молниезащиты

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Бородин Ю.В.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A13	Вашкелевичус Александр Сергеевич		

Результаты обучения
профессиональные и общекультурные компетенции
по основной образовательной программе подготовки бакалавров
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»,
профиль «Электроэнергетические системы и сети»

Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные</i>		
Р 1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа электроэнергетических систем и электрических сетей.	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОПК-2, ОПК-3), <i>CDIO Syllabus</i> (1.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 2	Уметь формулировать задачи в области электроэнергетических систем и сетей, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.	Требования ФГОС (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3), <i>CDIO Syllabus</i> (2.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 3	Уметь проектировать электроэнергетические системы и электрические сети.	Требования ФГОС (ОК-3, ПК-3, ПК-4, ПК-9), <i>CDIO Syllabus</i> (4.4), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 4	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов электрических сетей энергосистем, а также энергосистемы в целом, интерпретировать данные и делать выводы.	Требования ФГОС (ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-12, ПК-14, ПК-15), <i>CDIO Syllabus</i> (2.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетических систем и электрических сетей.	Требования ФГОС (ОПК-2, ПК-11, ПК-13, ПК-18), <i>CDIO Syllabus</i> (4.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 6	Иметь практические знания принципов и технологий электроэнергетической отрасли, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-16, ПК-17), <i>CDIO Syllabus</i> (4.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные</i>		
Р 7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетических систем.	Требования ФГОС (ПК-20, ПК-19, ПК-21), <i>CDIO Syllabus</i> (4.3, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями

Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
		международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в области электрических сетей энергосистем.	Требования ФГОС (ОК-5, ОПК-1, ПК-2), <i>CDIO Syllabus</i> (3.2, 4.7), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области электроэнергетических систем и сетей.	Требования ФГОС (ОК-6), <i>CDIO Syllabus</i> (3.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-5, ОК-6), <i>CDIO Syllabus</i> (2.5), Критерий 5 АИОР (п. 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетических систем и сетей с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.	Требования ФГОС (ОК-4, ОК-8, ОК-9, ПК-3, ПК-4, ПК-10), <i>CDIO Syllabus</i> (4.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области электроэнергетических систем и сетей.	Требования ФГОС (ОК-7, ОК-8), <i>CDIO Syllabus</i> (2.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Реферат

Дипломный проект содержит 124 страниц, в том числе 15 рисунков, 45 таблиц, 34 литературных источника, 3 приложения.

Объектом исследования является подстанция 110/35/10 кВ Оконешниковских электрических сетей ОАО «Омскэнерго».

Целью дипломного проекта является реконструкция подстанции 110/35/10 кВ Оконешниковских электрических сетей ОАО «Омскэнерго» в связи с выработкой частью оборудования своего производственного ресурса. Используются данные ведомостей зимних и летних замеров нагрузок в контрольные дни. На основании графиков нагрузок рассчитаны токи двух и трехфазных коротких замыканий в системе. На основании этих данных предложено оборудование для реконструкции, с экономическим обоснованием. Срок окупаемости реконструкционного проекта составляет 2,6 года.

					ФЮРА.140400.001 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Реферат	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Вашкелевичус А.С.						
Руков.		Шандарова Е.Б.					2	124
						ТПУ ЭНУН Гр. 3-5А13		
Н. контр.		Шандарова Е.Б.						

Определения, обозначения, сокращения

ЗАР1DT-145/ЕК - выключатель элегазовый баковый 110кВ с фарфоровой изоляцией, со встроенными трансформаторами тока, с коэффициентом трансформации 600/5.

АВР - автоматический ввод резервного питания

АПВ - автоматическое повторное включение

АС – алюминий сталь

ВЛ – воздушная линия

ВН – высокое напряжение

ГОСТ – государственный стандарт

ДЗТ – Дифференциальная защита трансформатора

ЗРУ - закрытое распределительное устройство.

КЗ - Короткое замыкание

КРУ - комплектное распределительно устройство

КРУН - комплектное распределительно устройство наружной установки

МТЗ - максимальная токовая защита

НАМИ- трансформатора напряжение антирезонансный масляный для контроля изоляции сети.

НН – низкое напряжение

ОД – отделитель

					ФЮРА.140400.001 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Определения, обозначения, сокращения	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Вашкелевичус А.С.						
Руков.		Шандарова Е.Б.					3	124
						ТПУ ЭНН Гр. 3-5А13		
Н. контр.		Шандарова Е.Б.						

ОПН - ограничителей перенапряжений

ОПУ - общеподстанционный пункт управления

ОРУ - открытое распределительное устройство.

ПС – подстанция

ПУЭ – Правила устройства электроустановок

Р – Активная мощность

РЗА – релейная защита и автоматика

РНДЗ – разъединитель наружной установки двухколонковый с заземляющими ножками.

РПН – регулирование под нагрузкой

СН – собственные нужды

ТДТН-10000/110

ТН - трансформатор напряжения

ТТ – трансформатор тока

УБК – утяжелитель бетонный клиновидный

Содержание

	стр
Введение.	8
1 Общая часть.	10
1.1 Исходные данные для проектирования.	10
1.2 Основные технические показатели реконструируемого объекта.	11
1.3 Основные проектные решения.	13
1.4 Природно-климатические характеристики района реконструкции.	14
2.Электротехнические решения.	17
2.1 Суточные графики нагрузок 2015 года.	21
2.2 Построение годового графика нагрузки.	24
2.3 Выбор силовых трансформаторов ПС «Оконешниково».	28
2.4 Расчет токов короткого замыкания.	29
3.Выбор и проверка электрических аппаратов, изоляторов и токоведущих частей подстанции.	34
3.1 Выбор трансформаторов собственных нужд.	34
3.2 Выбор выключателей высокого напряжения.	35
3.3 Выбор разъединителей, отделителя и короткозамыкателя.	43
3.4 Выбор ячеек РУ – 10 кВ.	44
3.4.1 Техническое обслуживание.	46
3.4.2 Требования безопасности при обслуживании КРУ.	47
3.5 Выбор измерительных трансформаторов.	48
3.5.1 Трансформаторы тока.	48
3.5.2. Трансформаторы напряжения.	51

					ФЮРА.140400.001 ПЗ								
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата									
Разраб.		Вашкелевичус А.С.			Содержание				Лит.	Лист	Листов		
Руков.		Шандарова Е.Б.									5	124	
									ТПУ ЭНиН Гр. 3-5А13				
Н. контр.		Шандарова Е.Б.											

3.6 Выбор гибкого токопровода.	54
3.7 Выбор шинпровода.	57
3.8 Выбор изоляторов.	59
3.9 Выбор разрядников и ограничителей напряжения.	60
4.Релейная защита и автоматика.	62
4.1 Задачи при проектировании релейной защиты.	63
4.2 Защиты силовых трансформаторов.	67
4.2.1 Дифференциальная защита.	68
4.2.2 Максимальная токовая защита.	68
4.2.3 Газовая защита 2-ой ступени.	68
4.2.4 Газовая защита устройства РПН трансформатора.	69
4.2.5 Защиты трансформатора, действующие на сигнал.	69
4.3 Защита и автоматика линий 35 (10) кВ.	70
4.4 Защита и автоматика сборных шин 35 (10) кВ.	71
4.5 Регулирование напряжения под нагрузкой (РПН).	71
4.6 Телемеханизированная система графиков временного отключения	71
5. Расчёт молниезащиты.	72
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	77
6.1 Планирование работ по проектированию и определение трудоемкости.	77
6.2 Расчет затрат на проектирование.	80
6.3 Расчёт капиталовложений на оборудование и строительно-монтажные работы.	83
6.4 Расчет эксплуатационных затрат по вариантам.	91
6.5 Расчет показателей эффективности проекта.	93
7.Производственная и экологическая безопасность.	94
7.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов.	94
7. 2. Техника безопасности.	95

7. 3. Производственная санитария.	98
7. 3.1. Оптимальные условия микроклимата.	99
7. 3.2 Допустимые условия микроклимата.	99
7. 3.3 Освещение.	101
7.4. Расчет системы искусственного освещения.	102
7.5. Электромагнитные поля.	105
7.6. Шум.	107
7.7. Пожарная безопасность.	108
7.7.1. Причины пожара.	109
7.7.2. Меры по предотвращению пожара.	109
7.8. Охрана окружающей среды.	111
7.9. Чрезвычайные ситуации.	112
7.9.1. Устойчивость работы объектов в чрезвычайных ситуациях.	113
7.9.2. Повышение противопожарной устойчивости.	114
7.9.3 Повышение радиационной устойчивости.	115
7.9.4. Повышение устойчивости системы водоснабжения.	115
Заключение	118
Список использованной литературы	119
Приложение А.	122
Приложение Б.	123
Приложение В.	124

Введение

Под энергетикой понимают совокупность естественных и искусственных систем, предназначенных для получения, преобразования и использования в народном хозяйстве энергетических ресурсов.

Опережающее развитие электроэнергетики предопределяет интенсивное перевооружение различных отраслей народного хозяйства страны.

Приоритетными направлениями в последние годы становятся вопросы обеспечения надежного, бесперебойного и безопасного снабжения потребителей электроэнергией на всех уровнях напряжений. Для успешного решения этих вопросов, предприятия и компании, занимающиеся электроснабжением, проводят активную политику по модернизации сетей электроснабжения.

Реконструкция действующих электрических сетей – это изменение электрических параметров сетей (линий и подстанций) при сохранении (частично или полностью) строительной части объектов, а также установка дополнительных аппаратов и оборудования в этих же сетях для увеличения пропускной способности или надежности электроснабжения потребителей.

Необходимость реконструкции действующих электрических сетей возникает в связи с ростом электрических нагрузок после достижения расчетных нагрузок в результате расширения существующих и появления новых потребителей, присоединяемых к этим сетям, а также в связи с необходимостью повышения надёжности электроснабжения потребителей.

Реконструкция позволяет повышать пропускную способность действующих сетей, улучшать качество электроэнергии и надежности электроснабжения при минимальных затратах, то есть позволяет рационально использовать выделяемые на электроснабжение потребителей материально-технические ресурсы, что является одной из основных задач при проектировании сетей.

					ФЮРА.140400.001 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Введение	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Вашкелевичус А.С.						
Руковод.		Шандарова Е.Б.						
Консульт.								
Н.Контр		Шандарова Е.Б.						
Утвердил						ТПУ ЭНиН гр. 3-5А13		

Реконструкция ПС 110/35/10кВ «Оконешниково» в первую очередь вызвана необходимостью: повышения надёжности схемы электроснабжения, изменения гибкости схемы, обеспечение бесперебойного и безопасного снабжения потребителей электроэнергией, физически и морально устаревшим состоянием оборудования, а также в связи с планируемым строительством предприятия по переработке льна ООО «Леном», модернизацией Чистовского свиного комплекса, расширением жилищного комплекса ПГТ Оконешниково и как следствие с увеличением потребляемой мощности.

Реконструкция позволит решить задачи: 1) повышения надёжности и качества электроснабжения потребителей; 2) безопасной эксплуатации основного и вспомогательного оборудования и сооружений путём внедрения передовых проектных решений, 3) предотвращения угроз для жизни и здоровья населения и сотрудников общества благодаря применению передовых методов эксплуатации, безопасных и удобных условий труда эксплуатационного персонала.

При реконструкции подстанции должны быть обеспечены: 1) высокий уровень технологических процессов и качества строительных и монтажных работ; 2) экономическая эффективность, обусловленная оптимальным объемом привлекаемых инвестиций и ресурсов, и снижением эксплуатационных затрат; 3) соблюдение требований экологической безопасности и охраны окружающей среды; 4) ремонтпригодность применяемого оборудования и конструкций.

Глава 1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1 Исходные данные для проектирования

В качестве исходных данных при разработке данного проекта использованы:

- техническое задание на разработку проекта «Реконструкция ПС 110/35/10 кВ «Оконешниково» с установкой элегазового выключателя 110 кВ в существующую ремонтную перемычку»;

- материалы, представленные Заказчиком в качестве исходных данных для проектирования.

В качестве основных нормативных и руководящих материалов использованы:

- Правила устройства электроустановок (ПУЭ, издание 6,7);

- СТО 56947007-29.240.10.028-2009. «Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ». Москва. «Издательство НЦ ЭНАС». 2009;

- НПБ 110-03 «Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматической пожарной сигнализацией»;

- ПБ-01-03 «Инструкция по проектированию противопожарной защиты энергетических предприятий»;

- СО 34.35.311-2004 «Методические указания по определению электромагнитных обстановки и совместимости на электрических станциях и подстанциях»;

- СО 34.48.526 «Рекомендации по выбору и применению современных средств телемеханики с программируемой логикой при модернизации энергетических объектов»;

- РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений»;

					ФЮРА.140400.001 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Вашкелевичус А.С.				Общая часть		Лит.	Лист
Руковод.	Шандарова Е.Б.							Листов
Консульт.								
Н.Контр	Шандарова Е.Б.						ТПУ ЭНУН гр. 3-5А13	
Утвердил								

- Правила технической эксплуатации электрических станций и электрических сетей Российской Федерации;
- Положение о технической политике в распределительном электросетевом комплексе.

1.2 Основные технические показатели реконструируемого объекта

Подстанция «Оконешниково» расположена в черте одноимённого поселка Оконешниково Омской области и находится на балансе и в эксплуатации Оконешниковского РЭС Производственного Отделения Восточные электрические сети филиала ОАО «МРСК - Сибири» - «Омскэнерго».

Подстанция двухтрансформаторная с мощностью силовых трансформаторов по 10000 кВ·А каждый, типа ТДТН-10000/110 с регулированием напряжения под нагрузкой.

Распределительное устройство 110 кВ – открытого исполнения, выполнено по типовой схеме «Два блока с отделителями и короткозамыкателями и неавтоматической перемычкой со стороны линии», укомплектовано отделителями 3-х полюсными типа ОД-110М, короткозамыкателями типа КЗ-110М, разъединителями 3-х полюсными типа РНДЗ-16-110/630.

На напряжение 35кВ принята одна двухрядная секционированная выключателем на две секции система сборных шин – открытого исполнения. Коммутация отходящих ВЛ-35 кВ осуществляется выключателями типа С-35-630-10 и разъединителями типов РНДЗ-16-35/630 и РНДЗ-2-35/630.

На напряжение 10кВ принята одна двухрядная секционированная выключателем на две секции система сборных шин. Распределительное устройство 10кВ укомплектовывается ячейками КРУ, устанавливаемыми в капитальном здании ЗРУ-10.

Панели управления, защиты, автоматики и сигнализации установлены на главном щите управления, панели щита собственных нужд, шкаф питания оперативного тока (ШОТ) размещаются в здании ЗРУ-10. Релейная защита и автоматика на подстанции в основном выполнена на электромеханической базе.

Для питания потребителей собственных нужд подстанции предусматривается установка двух трансформаторов собственных нужд ТМ-25/10кВ мощностью по 25кВА, установленных в ячейках КРУН и подключенных через ПК-10. Собственные нужды подстанции имеют АВР.

На подстанции используется как переменный, так и выпрямленный оперативный ток. Для распределения электроэнергии 0,4кВ предусматриваются три распределительных шкафа ШНВА, устанавливаемые в помещении ЗРУ.

Релейная защита и автоматика элементов подстанции выполнена в соответствии с ПУЭ и руководящими указаниями. На силовом трансформаторе предусматриваются следующие виды защит:

- продольная дифференциальная токовая защита;
- максимальная токовая защита;
- защита от перегрузки;
- газовая защита;
- защита от понижения уровня и перегрева масла.

На вводах и секционных выключателях 35 и 10кВ предусматривается максимальная токовая защита (МТЗ).

На отходящих линиях 35 и 10кВ – токовая отсечка, МТЗ и токовая защита нулевой последовательности с выдержкой времени.

На подстанции предусматривается следующий объем автоматизации:

- автоматический ввод резервного питания (АВР) на секционных выключателях 35 и 10кВ;
- автоматическая частотная разгрузка отходящих линий 35 и 10кВ;
- автоматическое повторное включение отходящих линий и шин 35 и 10кВ;
- автоматическое включение и отключение охлаждающего устройства трансформаторов;
- регулирование напряжения силовых трансформаторов под нагрузкой;
- резервирование отказа выключателей 10кВ (УРОВ).

На подстанции применяется автоматизированная система учета электроэнергии. Коммерческий учет электроэнергии выполняется на вводах 110, 35 и 10кВ и на отходящих линиях 35 и 10кВ.

Измерения тока и напряжения выполняются с помощью амперметров и вольтметров, устанавливаемых на панелях управления в помещении общеподстанционного пункта управления.

На подстанции предусмотрена звуковая и световая сигнализация, а также организация сигналов «авария» и «неисправность» на панели центральной сигнализации, устанавливаемой в помещении ЗРУ на пульте управления.

Защита подстанции от прямых ударов молнии осуществляется при помощи отдельно стоящих молниеотводов на приемных порталах 110кВ. Защита от волн перенапряжений, набегающих с ВЛ-110, предусматривается с помощью ограничителей перенапряжений ОПН-110. Защита нейтрали силового трансформатора предусматривается ограничителями перенапряжений ОПНН-110.

Для обеспечения безопасности работы персонала на подстанции предусматривается выполнение контура заземления с выравнивающей сеткой.

Кабельные линии на ОРУ-110 кВ проходят в наземных металлических кабельных лотках.

Все оборудование подстанции выбрано по номинальным параметрам, проверено на термическую и динамическую устойчивость к действию токов короткого замыкания.

1.3 Основные проектные решения

В соответствии с Техническим заданием проектной документацией предусматривается реконструкция открытого распределительного устройства 110 кВ (ОРУ-110 кВ) и установка блочно-модульного общеподстанционного пункта управления (ОПУ) с установкой панелей защит и автоматики, шкафа оперативного постоянного тока.

Реконструкция ОРУ-110 кВ включает:

- установку трансформаторов напряжения антирезонансных 110 кВ типа НАМИ-110;
- перенос существующего разъединителя 110 кВ типа РНДЗ-16-110/630 с приводом ПРН-220м;
- установку порталов на ОРУ-110 кВ для организации установки секционного выключателя в перемычку;
- прокладку новых контрольных кабелей, силовых кабелей для обогрева шкафов зажимов оборудования по ОРУ-110 кВ в железобетонных лотках (типа УБК-1А, УБК-2А, УБК-5), устанавливаемых на уплотненный грунт;
- установку выключателя элегазового бакового 110 кВ в существующую ремонтную перемычку с фарфоровой изоляцией вводов типа ЗАР1ДТ-145/ЕК с номинальным током 1250А в соответствии с Техническим заданием, со встроенными трансформаторами тока с коэффициентом трансформации 600/5.

Реконструкция ОПУ включает:

- установку блочно-модульного здания ОПУ;
- установку шкафов управления, защиты ВЛ 110 кВ, автоматики шинных ТН 110 кВ на базе микропроцессорной техники;
- для питания микропроцессорных устройств и организации на подстанции постоянного оперативного тока устанавливаются шкафы оперативного тока с двумя зарядно-выпрямительными устройствами, подключаемые к разным секциям шин собственных нужд подстанции и одной аккумуляторной батареей.

1.4 Природно-климатические характеристики района реконструкции

Земельный участок под реконструкцию расположен на территории существующей подстанции.

Рельеф участка спокойный, без существенных уклонов.

Архитектурно – планировочные решения генерального плана продиктованы месторасположением существующих строений и основного оборудования в пределах ограждения подстанции.

Таблица 1. - Природно-климатические характеристики района реконструкции.

№ п/п	Наименование характеристики	Характеристика
1	Район строительства	Омская область, р.п. Оконешниково
2	Климатический район и подрайон	IV
3	Температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92, °C	-37
4	Среднесуточная амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца, °C	8,8
5	Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца, %	80
6	Количество осадков за ноябрь-март, мм	79
7	Преобладающее направление ветра, за декабрь - февраль	Юго-западное
8	Средняя скорость ветра за период со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^{\circ}\text{C}$, м/с	5
9	Средняя максимальная температура воздуха наиболее тёплого месяца, °C	25
10	Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее тёплого месяца, °C	8
11	Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее тёплого месяца, %	68
12	Количество осадков за апрель-октябрь, мм	296
13	Преобладающее направление ветра, за июнь - август	Северо-западное
14	Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, м/с	3,7
15	Район по ветровому давлению	III
16	Район по толщине стенки гололёда	III (20 мм)
17	Район по средней продолжительности гроз в часах	от 40 до 60
18	Район по пляске проводов	С умеренной пляской проводов

Данные приведены согласно СНиП 23-01-99 Строительная климатология с изменениями от 1 января 2003 г., СНиП II-3-79.Строительная теплотехника, ПУЭ (7-е издание).

Для подъезда к подстанции имеется автодорога.

Для отвода поверхностных вод используется естественный уклон площадки.

Проектом предусмотрено благоустройство реконструируемой части территории ОРУ-110 кВ с засыпкой щебнем толщиной 200мм площадки, на которой устанавливается основное оборудование, здание ОПУ. Перед засыпкой необходимо снять верхний (толщиной 200мм) плодородный слой земли и перенести его за территорию подстанции.

Глава 6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Для создания новых, а также для расширения и реконструкции существующих энергетических объектов, необходимо затратить материальные, трудовые, а также финансовые ресурсы.

Совокупность этих затрат составляют капитальные вложения. Капитальные вложения включают в себя затраты на проектные и подготовительные работы, стоимость оборудования, стоимость монтажа и демонтажа, заработная плата основных и дополнительных работников, а также транспортные расходы.

6.1 Планирование работ по проектированию и определение трудоемкости

Для выполнения работ по проектированию формируется группа, которую возглавляет руководитель, в состав могут входить инженеры-проектировщики, ведущие инженеры, и другие инженерно-технические специальности, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе мы составляем перечень этапов и работ в рамках проведения проектирования, производим распределение работ.

Для расчета основной заработной платы сотрудников составляем график выполнения работ, который отразим в таблице 22.

Наиболее ответственной частью экономических расчётов является расчёт трудоемкости работ, так как трудовые затраты составляют основную часть стоимости научно-исследовательских, опытно-конструкторских и проектных работ. Удельный вес заработной платы в общей сметной стоимости работ составляет 35-65%, а иногда и более.

Для определения трудоемкости выполнения проекта сначала составим перечень основных этапов и видов работ, которые должны быть выполнены.

					ФЮРА.140400.001 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Вашкелевичус А.С.				Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение		Лит.	Лист
Руковод.	Шандарова Е.Б.							Листов
Консульт.	Коршунова Л.А.							
Н.Контр	Шандарова Е.Б.							
Утвердил							ТПУ ЭНиН гр. 3-5А13	

Для определения ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$, применим вариант, основанный на использовании трех оценок: t_{max} , t_{min} , $t_{н.в.}$:

$$t_{ож} = \frac{t_{min} + 4 \cdot t_{н.в.} + t_{max}}{6},$$

где t_{max} , – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), человеко-дней;

t_{min} , – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), человеко-дней;

$t_{н.в.}$ – наиболее возможная, по мнению экспертов, продолжительность работы (реалистическая оценка), человеко-дней.

Таблица 22. - Описание графика выполнения работ.

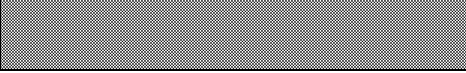
Сотрудник	Количество дней	Обозначение на графике
Руководитель	56	
Ведущий инженер	56	
Инженер	56	

Таблица 23. -Этапы и график выполнения работ

№ этапа	Наименование работы	Потребная численность, чел.	Продолжительность работы, дни				График выполнения работ, дни																																																							
			t_{min}	$t_{н.б.}$	t_{max}	$t_{ож}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
0-1	Разработка технического задания	Руководитель Ведущий инженер Инженер	3	4	5	4																																																								
1-2	Подбор кадров	Руководитель Ведущий инженер Инженер	1	2	3	2																																																								
2-3	Сбор и изучение материалов литературы	Руководитель Ведущий инженер Инженер	5	6	7	6																																																								
3-4	Анализ полученной информации	Руководитель Ведущий инженер Инженер	1	2	3	2																																																								
4-5	Выбор варианта схемы реконструкции	Руководитель Ведущий инженер Инженер	1	2	3	2																																																								
5-6	Расчет токов КЗ и релейной защиты	Руководитель Ведущий инженер Инженер	2	3	4	3																																																								
6-7	Выбор оборудования	Руководитель Ведущий инженер Инженер	1	2	3	2																																																								
7-8	Анализ и проверка выбранного оборудования	Руководитель Ведущий инженер Инженер	4	5	6	5																																																								
8-9	Доработка	Руководитель Ведущий инженер Инженер	1	2	3	2																																																								
9-10	Выводы и предложения по проделанной работе	Руководитель Ведущий инженер Инженер	1	1	1	1																																																								
10-11	Оформление отчета по проделанной работе	Руководитель Ведущий инженер Инженер	9	10	11	10																																																								
11-12	Выполнение графической части проекта	Руководитель Ведущий инженер Инженер	13	14	15	14																																																								
12-13	Проверка и утверждение проекта	Руководитель Ведущий инженер Инженер	2	3	4	3																																																								
Итого:			45	56	67	56																																																								

6.2 Расчет затрат на проектирование

Затраты, образующие себестоимость продукции группируются в соответствии с их экономическим содержанием по следующим элементам:

- материальные затраты;
- оплата труда;
- отчисления в социальные фонды;
- амортизация основных фондов;
- прочие затраты;
- накладные расходы.

1. Материальные затраты включают в себя расходные материалы (бумага, картриджи для принтера, плоттера, ручки, изготовление слайдов и т.п.), сведенные в приведенную ниже таблицу 24.

Таблица 24. - Материальные затраты.

Материал	Единица измерения	Кол-во	Цена за ед., руб.	Стоимость, руб.
Бумага для печати	Пачка	1	150	150
USB-флеш-накопитель	Шт.	1	350	350
Канцелярские товары (набор)	Шт.	3	80	240
Заправка картриджей	Шт.	2	250	500
Итого: $I_M =$				1240 руб.

2. Расчет заработной платы:

$$ЗП = ((ЗП_T \cdot k_{н.о.} \cdot k_{с.р.}) / 21) \cdot T_M \text{ руб.},$$

где $ЗП_T$ – тарифный фонд заработной платы (оклад);

$k_{н.о.} = 1,1$ – коэффициент за неиспользованный время отпуск;

$k_{с.р.} = 1,3$ – доплаты за условия работы и проживания - северный и районный коэффициенты;

$T_M = 56$ – число дней работы.

$$ЗП_{рук} = ((27000 \cdot 1,1 \cdot 1,3) / 21) \cdot 56 = 102960 \text{ руб.},$$

$$ЗП_{вед.инж} = ((21000 \cdot 1,1 \cdot 1,3) / 21) \cdot 56 = 80080 \text{ руб.},$$

$$ЗП_{инж} = ((15000 \cdot 1,1 \cdot 1,3) / 21) \cdot 56 = 57200 \text{ руб.}$$

Расчёты сводим в таблицу 25.

Таблица 25. - Заработная плата исполнителей.

Исполнители	Разряд по оплате труда	Оклад, руб.	Время занятости, дней.	Заработная плата, руб.
Руководитель	3	27000	56	102960
Ведущий инженер	2	21000	56	80080
Инженер	2	15000	56	57200
Итого:				240240

Фонд заработной платы $\Phi ЗП = \sum ЗП_{исп} = 240240$ руб.

3. Размер отчислений в социальные фонды составляет 26% от ФЗП.

Сумма отчислений в социальные фонды составляет:

$$И_{С.Н.} = \Phi ЗП \cdot 0,26 = 240240 \cdot 0,26 = 62462 \text{ руб.}$$

4. Амортизационные отчисления считаем по следующей формуле. Специальное оборудование учитывается в сметной стоимости в виде амортизационных отчислений по формуле:

$$И_{ам} = \frac{T_u}{T_{кал}} \cdot H_a \cdot \Phi_n,$$

где Φ_n - первоначальная стоимость оборудования, руб.;

H_a - норма амортизации, %;

T_u - количество дней использования оборудования;

$T_{кал}$ - количество календарных дней в году.

Таблица 26. - Амортизационные отчисления

Наименование	Количество, шт.	Φ_n , руб.	H_a , %	T_u , дней	$И_{ам}$, руб.
Компьютер	2	30000	0,1	15	247
Принтер	1	9000	0,1	5	12
Стол	3	8000	0,5	32	1052
Стул	3	3500	0,5	32	460
Итого:					1771

Амортизационные отчисления составляют $И_{ам} = 1771$ рубль.

5. Прочие расходы:

$$I_{np} = 0,1 \cdot (3П + I_m + I_{ам} + I_{сн});$$

$$I_{np} = 0,1 \cdot (240240 + 1240 + 1771 + 62462) = 30571 \text{ рубль.}$$

6. Накладные расходы принимаем 160% от ФЗП:

$$H_p = 2 \cdot \Phi 3П = 1,6 \cdot 240240 = 384384 \text{ рубля.}$$

Себестоимость проекта:

$$C_{np} = I_m + 3П + I_{сн} + I_{ам} + I_{np} + H_p;$$

$$C_{np} = 1240 + 240240 + 62462 + 1771 + 30571 + 384384 = 720668 \text{ рублей.}$$

Принимаем рентабельность 20% от прибыли:

$$П_{\phi} = 0,2 \cdot C_{np} = 0,2 \cdot 720668 = 144134 \text{ рубля.}$$

Цена (стоимость) проекта:

$$Ц_{np} = C_{np} + П_{\phi} = 720668 + 144134 = 864802 \text{ рубля.}$$

Смета затрат представлена в таблице 27.

Таблица 27. - Смета затрат.

Вид расходов	Обозначение	Сумма, руб.
Материальные затраты	I_m	1240
Заработная плата	$3П$	240240
Отчисления на социальные нужды	$I_{сн}$	62462
Амортизационные отчисления	$I_{ам}$	1771
Прочие расходы	I_{np}	30571
Накладные расходы	H_p	384384
Себестоимость проекта	C_{np}	720688
Прибыль	$П_{\phi}$	144134
Стоимость проекта	$Ц_{np}$	864802

6.3 Расчёт капиталовложений на оборудование и строительномонтажные работы

Целью является расчет капитальных вложений на проект реконструкции подстанции «Оконешниково» 110/35/10 кВ. Реконструкция позволит повысить надежность электроснабжения потребителей, сократить расходы на собственные нужды и затраты на ремонт.

Надежность электроснабжения потребителей обеспечивается:

- двумя силовыми взаиморезервируемыми трансформаторами с питанием от двух независимых источников;
- установкой секционного выключателя 110 кВ в перемычку;
- установкой шкафа постоянного оперативного тока ШОТ;
- заменой устройств РЗА на электромеханической элементной базе на микропроцессорные устройства РЗА.

Капитальные вложения K включают затраты на основные фонды и оборотные средства. Так как оборотные средства в системе электроснабжения невелики (1 – 2%), то ими можно пренебречь.

Основные фонды включают стоимость оборудования, затраты на установку, монтаж, наладку и пробный пуск оборудования и аппаратуры, затраты на транспортировку.

При расчете затрат на оборудование, строительномонтажные работы и т.д. учитывались существующие цены на март 2015 года. В связи со стесненными условиями на ОРУ 110 кВ подстанции нет возможности установить секционный выключатель в перемычку 110 кВ между существующими разъединителями, поэтому проектом предусмотрена установка двух порталов для организации секционной перемычки. При этом существующий разъединитель 110 кВ СР-110 С-55 переносится на новое место с использованием существующего фундамента. Монтаж и пуско-наладочные работы элегазового выключателя 110 кВ марки ЗАР1DT-145/ЕК выполнены компанией производителем (шефмонтаж). Строительномонтажные работы выполнены по сметам ОАО «МРСК Сибири - Омскэнерго». Результаты расчета сводим в таблицы 28 - 30.

Таблица 28. - Расчет капиталовложений на оборудование.

Наименование и техническая характеристика оборудования и материалов	Тип, марка	Производитель, поставщик	Цена за 1 ед. с НДС, руб.	Единица измерения	Количество	Сумма, руб.
Электрооборудование						
Выключатель элегазовый 110 кВ	ЗАР1DT-145/ЕК	Компания «Евроконтракт», по лицензии фирмы «SiemensAG»,	7904720,00	шт.	1	7904720,00
Шкаф привода выключателя	ШМЗЛ -02	Компания «Прогресс Электро», г. Санкт-Петербург	21800,00	шт.	1	21800,00
Шкаф зажимов	ШЗВ-120	Компания «Прогресс Электро», г. Санкт-Петербург	15790,00	шт.	1	15790,00
Шкаф обогрева	ШОВ-4	Компания «Прогресс Электро», г. Санкт-Петербург	17328,00	шт.	1	17328,00
Блок трансформаторов напряжения в составе:						
Трансформатор напряжения 110 кВ	НАМИ-110	ЗАО «Группа «СВЭЛ», г. Екатеринбург	180000,00	шт.	6	1080000,00
Шкаф зажимов трансформатора напряжения	ШЗН1А	Компания «Прогресс Электро», г. Санкт-Петербург	17000,00	шт.	2	34000,00
Трансформатор тока 110 кВ	GSR 540	ЗАО «Группа «СВЭЛ», г. Екатеринбург	103500,00	шт.	6	621000,00
ОПУ блочно-модульного типа	ОПУ-БМ	ЗАО ГК «Электроцит», г. Самара	840000,00	шт. модулей	2	1680000,00
Кабельные изделия, провода и ошиновки						
Комплект жёсткой ошиновки с литыми шинодержателями	По схеме 110-4Н	ЗАО «ЗЭТО», г. Великие Луки	200000,00	шт.	2	400000,00
Провод сталеалюминевый	АС 120/19	ООО "Компания ЭНЕРГОСКЛАД", г. Новосибирск	96,70	м.	90	8703,00
Изоляторы и арматура для воздушных ЛЭП						
Зажим аппаратный	A2A-120	«Уралэлектротехника», г. Екатеринбург	158,00	шт.	6	948,00
Зажим аппаратный	A4A-120	«Уралэлектротехника», г. Екатеринбург	276,00	шт.	6	1656,00
Изолятор стеклянный	ПСВ-120	«Уралэлектротехника», г. Екатеринбург	567,00	шт.	48	27216,00
Серьга	СР-7-16	«Уралэлектротехника», г. Екатеринбург	63,60	шт.	6	381,60
Узел крепления гирлянды	КГП-7	«Уралэлектротехника», г. Екатеринбург	94,80	шт.	6	568,80
Ушко двухлапчатое укороченное	У2К-7-16	«Уралэлектротехника», г. Екатеринбург	161,00	шт.	6	966,00
Звено промежуточное трёхлапчатое	ПРТ-7/16-2	«Уралэлектротехника», г. Екатеринбург	135,00	шт.	6	810,00
Зажим натяжной прессуемый	НС-120-3	Уралэлектротехника», г. Екатеринбург	98,80	шт.	6	592,80

Продолжение таблицы 28.

Наименование и техническая характеристика оборудования и материалов	Тип, марка	Производитель, поставщик	Цена за 1 ед. с НДС, руб.	Единица измерения	Количество	Сумма, руб.
Железобетонные изделия						
Лоток кабельный	УБК-1А	ООО «ЖБИ-Маркет», г. Екатеринбург	1908,00	шт.	16	30528,00
Лоток кабельный	УБК-2А	ООО «ЖБИ-Маркет», г. Екатеринбург	1272,00	шт.	2	2544,00
Плита	УБК-5	ООО «ЖБИ-Маркет», г. Екатеринбург	537,00	шт.	68	36516,00
Блок фундаментный	ФБС 24-6-6	ООО «ЖБИ-Маркет», г. Екатеринбург	3202,00	шт.	9	28818,00
Лежень железобетонный	ЛЖ-28	ООО «ЖБИ-Маркет», г. Екатеринбург	9250,00	шт.	4	37000,00
Лежень железобетонный	ЛЖ-16	ООО «ЖБИ-Маркет», г. Екатеринбург	7100,00	шт.	2	14200,00
Брус	Б10	ООО «ЖБИ-Маркет», г. Екатеринбург	480,00	шт.	34	16320,00
Брус	Б5	ООО «ЖБИ-Маркет», г. Екатеринбург	380,00	шт.	4	1520,00
Железобетонные сваи со сплошным квадратным сечением по ГОСТ 19804-91	С-2-30*30 (16)-12	ООО «ЖБИ-Маркет», г. Екатеринбург	8005,00	шт.	4	32020,00
Стойка	УСО-3А	ООО «ЖБИ-Маркет», г. Екатеринбург	5833,00	шт.	4	23332,00
Прокат чёрных металлов						
Полоса стальная	$\frac{4 \times 95 - \text{В-III-2ГОСТ103-76}}{\text{Ст3кп ОСТ14-2-208-87}}$	ООО "Омскметаллоопторг", г. Омск	98,00	м.	75	7350,00
Полоса стальная	$\frac{5 \times 30 - \text{В-III-2ГОСТ103-76}}{\text{Ст3кп ОСТ14-2-208-87}}$	ООО "Омскметаллоопторг", г. Омск	39,50	м.	95	3752,50
Сталь круглая	$\frac{22 - \text{В-ГОСТ5290-06}}{\text{Ст3кп ОСТ14-2-208-87}}$	ООО "Омскметаллоопторг", г. Омск	74,00	м.	8	592,00
Перфопрофиль зетовый	Пз60 × 40 × 40(L 2000)	ООО "Омскметаллоопторг", г. Омск	301,00	шт.	2	602,00
Двутавр	$\frac{20\text{Б1 СТО АСЧМ 20-93}}{\text{с255 ГОСТ 27772-88}}$	ООО "Омскметаллоопторг", г. Омск	942,00	м.	30	27720,00
Швеллер	27ПГОСТ 8240-97	ООО "Омскметаллоопторг", г. Омск	1000,00	м.	13	13000,00

Окончание таблицы 28.

Наименование и техническая характеристика оборудования и материалов	Тип, марка	Производитель, поставщик	Цена за 1 ед. с НДС, руб.	Единица измерения	Количество	Сумма, руб.
Материалы						
Песок крупнозернистый	Модуль крупности 3-3,5	ОАО «КарьерОМСК», г. Омск	320,00	м ³	5,5	1760,00
Щебень гравийный	Фракция 5-20	ОАО «КарьерОМСК», г. Омск	1260,00	м ³	15,2	19152,00
Эмаль ГОСТ 6465-76	ПФ-115	ТД «ТехноГрупп», г. Омск	85,00	кг.	40	3400,00
Грунтовка ГОСТ 25129-82	ГФ-021	ТД «ТехноГрупп», г. Омск	87,00	кг.	40	3480,00
Металлорукав 75мм.	D-75	ТД «ТехноГрупп», г. Омск	331,00	м.	50	16550,00
Металлоконструкции						
Площадка обслуживания привода выключателя	ПО-110(1)	ООО "Электропоставка", г. Пермь	13800,00	шт.	1	13800,00
Портал ячейковый металлический	ПСЛ-110 Я1	ООО "Электропоставка", г. Пермь	142889,00	шт.	1	142889,00
Портал ячейковый металлический	ПСЛ-110 Я2	ООО "Электропоставка", г. Пермь	163754,00	шт.	1	163754,00
Общая стоимость:					$K_{mat} = 16057080$	

Таблица 29. - Расчет строительно-монтажных работ.

Наименования вида работ	Единица измерения	Норматив трудо- затрат, чел/час	ОАО «Омскэнерго»				Количество	Сумма
			Размер вознаграждения за выслугу лет	Тарифная ставка, руб./час	Базовый размер ежемесяч- ной премии	Сдельная единичная расценка, руб.		
Раздел 1. Демонтажные, погрузочно-разгрузочные работы								
Разъединитель, напряжение, кВ 110 и 150, на ток 1000-3200 А, с одним или двумя заземляющими ножами	1 комплект (3 полюса)	38,14	1,15	78,96	1,45	6936,96	2	13873,9
Шина сборная, напряжение, кВ 110-150, сечение до 400 мм ² , количество проводов в фазе 1	1 пролёт (3 фазы)	42,74	1,15	78,96	1,45	13760,22	4	55040,9
Спуск, петля или перемычка, сечение провода до 300 мм ² , количество проводов в фазе 1	1 спуск, петля или перемычка (3 фазы)	4,88	1,15	78,96	1,45	746,58	4	2986,3
Демонтаж сборных железобетонных стоек под электрооборудование, массой до 0,7 тонн	100 м ³	1110,46	1,15	78,96	1,45	942366,00	0,032	30155,7
Демонтаж стальных конструкций под оборудование, массой до 0,2 тонн	1 тонна	17,86	1,15	78,96	1,45	5386,14	0,665	3527,9
Опора шинная, напряжение, кВ: 110	шт.	2,74	1,15	78,96	1,45	634,44	4	2537,8
Изделия из сборного железобетона, бетона массой до 3 тонн: погрузка	1 тонна	0,142	1,15	78,96	1,45	39,54	310,6	12281,9
Изделия из сборного железобетона, бетона массой до 3 тонн: разгрузка	1 тонна	0,142	1,15	78,96	1,45	39,54	310,6	12281,9
Металлические конструкции массой до 1 тонны: погрузка	1 тонна	0,303	1,15	78,96	1,45	135,04	9,322	1258,84
Металлические конструкции массой до 1 тонны: разгрузка	1 тонна	0,303	1,15	78,96	1,45	135,04	9,322	1258,84
Раздел 2.Работы по установке опор под оборудование								
Выключатель элегазовый								
Устройство железобетонных буронабивных свай диаметром до 600 мм с бурением скважин вращательным (шнековым) способом в грунтах 3 группы, длина свай: до 12 м	1 м ³ конструк- тивного объёма свай	5,7968	1,15	78,96	1,45	3892,92	6	23357,5
Установка анкерных болтов: в готовые гнезда с заделкой длиной до 1 м	1 тонна	434,7138	1,15	78,96	1,45	93218,70	0,124	11559,1
Установка стальных конструкций под оборудование, массой до 0,2 т	1 тонна конструкций	24,1638	1,15	78,96	1,45	83746,98	0,192	16079,4
Огрунтовка металлических поверхностей за один раз грунтовкой ГФ-021	100 м ² окра- шиваемой поверхности	7,3278	1,15	78,96	1,45	2604,00	0,05	130,2
Окраска металлических огрунтованных поверхностей эмалью ПФ-115	100 м ² окра- шиваемой поверхности	5,2854	1,15	78,96	1,45	3747,90	0,05	187,4

Продолжение таблицы 29.

Наименования вида работ	Единица измерения	Норматив трудо- затрат, чел/час	ОАО «Омскэнерго»				Количество	Сумма
			Размер возна- граждения за выслугу лет	Тарифная ставка, руб./час	Базовый размер ежемесяч- ной премии	Сдельная единичная расценка, руб.		
Площадка обслуживания выключателя								
Уплотнение грунта: щебнем	100 м ² пло- щади уплотн.	10,626	1,15	78,96	1,45	3715,14	0,081	300,9
Устройство подстилающих слоев: песчаных	1 м ³ подсти- лающего слоя	3,174	1,15	78,96	1,45	1423,14	1,5	2134,7
Устройство железобетонных фундаментов общего назначения объемом до 5 м ³	100 м ³ бетона и железобетон.	625,968	1,15	78,96	1,45	361955,76	0,012	4343,5
Монтаж лестниц прямолинейных и криволинейных, пожарных с ограж- дением	1 тонна кон- струкций	32,37	1,15	78,96	1,45	9414,54	0,036	338,9
Монтаж площадок с настилом и ограждением из листовой, рифленой, просечной и круглой стали	1 тонна кон- струкций	39,13	1,15	78,96	1,45	8137,44	0,365	2970,2
Огрунтовка металлических поверхностей за один раз: грунтовкой ГФ-021	100 м ² окра- шиваемой поверхности	7,3278	1,15	78,96	1,45	2604,00	0,1	260,4
Окраска металлических огрунтованных поверхностей: эмалью ПФ-115	100 м ² окра- шиваемой поверхности	5,2854	1,15	78,96	1,45	3747,90	0,1	374,8
Опора под разъединитель трехполюсный								
Бурение котлованов на глубину бурения до 3 м, группа грунтов 2	1 котлован	1,4214	1,15	78,96	1,45	1193,46	16	19095,4
Установка в пробуренные котлованы сборных железобетонных стоек под электрооборудование, массой до 0,7 т	100 м ³ кон- струкций	1344,244	1,15	78,96	1,45	348955,39	0,051	17866,1
Установка стальных конструкций под оборудование, массой до 0,2 т	1 тонна.	24,1638	1,15	78,96	1,45	83746,98	1,666	139523
Огрунтовка металлических поверхностей за один раз: грунтовкой ГФ-021	100 м ² окра- шиваемой поверхности	7,3278	1,15	78,96	1,45	2604,00	0,38	989,5
Окраска металлических огрунтованных поверхностей: эмалью ПФ-115	100 м ² окра- шиваемой поверхности	5,2854	1,15	78,96	1,45	3747,90	0,38	1424,2

Продолжение таблицы 29.

Наименования вида работ	Единица измерения	Норматив трудо- затрат, чел/час	ОАО «Омскэнерго»				Количество	Сумма
			Размер возна- граждения за выслугу лет	Тарифная ставка, руб./час	Базовый размер ежемесяч- ной премии	Сдельная единич- ная рас- ценка, руб.		
Опора под трансформатор напряжения НАМИ								
Бурение котлованов на глубину бурения до 3 м, группа грунтов 2	1 котлован	1,4214	1,15	78,96	1,45	1193,46	12	14321,5
Установка в пробуренные котлованы сборных железобетонных стоек под электрооборудование, массой до 0,7 т	100 м ³ кон- струкций	1344,244	1,15	78,96	1,45	348955,39	0,038	13399,9
Установка стальных конструкций под оборудование, массой до 0,2 т	1 тонна	24,1638	1,15	78,96	1,45	83746,98	0,409	34252,5
Огрунтовка металлических поверхностей за один раз: грунтовкой ГФ-021	100 м ² о/п	7,3278	1,15	78,96	1,45	2604,00	0,094	244,8
Окраска металлических огрунтованных поверхностей: эмалью ПФ-115	100 м ² о/п	5,2854	1,15	78,96	1,45	3747,90	0,094	352,3
Ячейковый портал ПСЛ-110Я1, ПСЛ-110Я2								
Устройство железобетонных буронабивных свай диаметром до 600 мм с бурением скважин вращательным (шнековым) способом в грунтах 3 группы, длина свай до 12 м	1 м ³ кон- структивного объёма свай	5,7968	1,15	78,96	1,45	3892,92	10,4	40468,4
Установка закладных деталей весом: более 20 кг	1 тонна	30,084	1,15	78,96	1,45	62276,70	0,104	6476,8
Установка стальных сварных стоек порталов, массой до 0,7 т	1 тонна	27,8898	1,15	78,96	1,45	58775,80	1,632	95922,1
Раздел 3. Монтаж основного оборудования								
Выключатель элегазовый, напряжение 110 кВ, (шефмонтаж)	1 комплект	-	-	-	-	250000,00	1	250000
Трансформатор напряжения антирезонансный типа НАМИ-110 УХЛ1	шт.	34,086	1,15	78,96	1,45	20160,00	6	120960
Разъединитель, напряжение, кВ 110 или 150, на ток 1000-3200 А, с одним или двумя заземляющими ножами	1 комплект (3 полюса)	67,482	1,15	78,96	1,45	15334,80	2	30669,6
Разрядник вентильный, напряжение, кВ 110	1 комплект	42,228	1,15	78,96	1,45	12643,02	4	50572,7
Опора шинная, напряжение, кВ 110	шт.	4,8438	1,15	78,96	1,45	1899,60	3	5698,8
Спуск, петля или перемычка, сечение провода до 300 мм ² , количество проводов в фазе 1	1 спуск, петля (3 фазы)	4,78	1,15	78,96	1,45	1019,28	16	16308,5
Комплект жёсткой ошиновки с литыми шинодержателями для ОРУ, напряжение, 110 кВ	1 пролёт (3 фазы)	58,6	1,15	78,96	1,45	13022,97	2	26043,9
Гирлянда, поддерживающая из подвесных изоляторов одиночная, напря- жение, кВ 110	шт.	4,84	1,15	78,96	1,45	1742,28	6	10453,7
Проводник заземляющий открыто по строительным основаниям из поло- совой стали, сечение мм ² 160	100 м	21,3	1,15	78,96	1,45	3549,60	0,3	1064,9

Окончание таблицы 29.

Наименования вида работ	Единица измерения	Норматив трудо- затрат, чел/час	ОАО «Омскэнерго»				Количество	Сумма
			Размер вознаграждения за выслугу лет	Тарифная ставка, руб./час	Базовый размер ежемесячной премии	Сдельная единичная расценка, руб.		
Заземлитель горизонтальный из стали полосовой, сечение $мм^2$ 160	100 м	16,6	1,15	78,96	1,45	9058,07	1,45	13134,2
Заземлитель вертикальный из круглой стали, диаметр мм 16	10 шт.	8,29	1,15	78,96	1,45	2011,19	2	4022,4
Разработка грунта вручную в траншеях глубиной до 2 м, без креплений с откосами, группа грунтов 2	$100 м^3$ грунта	154	1,15	78,96	1,45	19582,15	0,35	6853,8
Засыпка вручную траншей, пазух котлованов и ям, группа грунтов 1	$100 м^3$ грунта	88,5	1,15	78,96	1,45	10808,75	0,35	3783,1
Раздел 4. Монтаж модульного здания ОПУ								
Общеподстанционный пункт управления (ОПУ) – модульное здание с освещением, вентиляцией, охранной и пожарной сигнализацией	шт. модулей	-	1,15	78,96	1,45	37733,71	2	75467,4
Раздел 5. Кабельные лотки								
Разработка грунта вручную с креплениями в траншеях шириной до 2 м, глубиной до 2 м, группа грунтов: 2	$100 м^3$ грунта	299,943	1,15	78,96	1,45	23008,00	0,11	2530,9
Уплотнение грунта: щебнем	$100 м^2$ площади уплотн.	12,2199	1,15	78,96	1,45	4953,52	0,36	1783,3
Устройство основания под фундаменты: песчаного под блоки БДЛ	$100 м^3$ основания	3,6501	1,15	78,96	1,45	1469,16	7,5	11018,7
Устройство плит перекрытий каналов площадью: до $0,5 м^2$	100 шт.	145,8294	1,15	78,96	1,45	12459,60	0,68	8472,5
Установка монтажных изделий массой: до 20 кг, установка металлоконструкций в кирпичной кладке	1 тонна стальных элементов	67,7649	1,15	78,96	1,45	79583,70	0,114	9072,5
Огрунтовка металлических поверхностей за один раз: грунтовкой ГФ-021	$100 м^2$ о/п	8,427	1,15	78,96	1,45	2604,00	0,03	78,1
Окраска металлических огрунтованных поверхностей: краской БТ-177 серебристой за два раза	$100 м^2$ о/п	8,3794	1,15	78,96	1,45	3367,26	0,03	101,3
Засыпка вручную траншей, пазух котлованов и ям, группа грунтов: 2	$100 м^3$ грунта	152,2564	1,15	78,96	1,45	10464,80	0,076	795,3
Общая сумма на строительно-монтажные работы:							$K_{раб} = 1230463$	

Таким образом капитальные затраты составляют $K = K_{проект.} + K_{мат.} + K_{раб.} = 18\ 152\ 345$ рублей.

6.4 Расчет эксплуатационных затрат по вариантам

Эксплуатационные затраты определяются из следующей формулы:

$$C = C_a + C_{po} + C_э,$$

где C_a - ежегодные амортизационные отчисления, руб.;

C_{po} - годовые расходы на обслуживание и текущий ремонт электрооборудования, руб.;

$C_э$ - стоимость годовых потерь электроэнергии, руб.

Амортизационные отчисления – это собственный источник финансирования обновления основных производственных фондов, величина которого зависит от двух факторов: стоимости имеющихся основных производственных фондов и норм амортизационных отчислений .

Ежегодные амортизационные отчисления:

$$C_a = P_a \cdot K,$$

где P_a - норма амортизационных отчислений, % (для оборудования ПС $P_a = 6,4\%$);

$$C_a = 0,064 \cdot 18152345 = 1161750 \text{ руб.}$$

Годовые расходы на обслуживание и текущий ремонт электрооборудования C_{po} включают в себя зарплату ремонтного и обслуживающего персонала и затраты на материалы необходимые для ремонта и обслуживания электрооборудования:

$$C_{po} = (C_{зр} + C_{зо}) \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2 + C_{мр} + C_{мо},$$

где $C_{зр}$ - основная зарплата ремонтного персонала за год;

$C_{зо}$ - основная зарплата обслуживающего персонала за год;

$\lambda_1 = 1,1$ - коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату;

$\lambda_2 = 1,3$ - коэффициент, учитывающий отчисления на социальное страхование;

$C_{\text{мр}}$ - затраты на материалы, необходимые для ремонта, $C_{\text{мр}} = 75\%$ от основной зарплаты ремонтных рабочих;

$C_{\text{мо}}$ - затраты на материалы, необходимые для обслуживания, $C_{\text{мо}} = 15\%$, от основной зарплаты обслуживающего персонала.

Результаты расчетов сведены в таблицу 30.

Таблица 30. - Годовые расходы на обслуживание и текущий ремонт

	$C_{\text{зр}}, \text{руб.}$	$C_{\text{зо}}, \text{руб.}$	$C_{\text{мр}}, \text{руб.}$	$C_{\text{мо}}, \text{руб.}$	$C_{\text{ро}}, \text{руб.}$
До реконструкции	1112800	1470350	834600	220553	4749058
После реконструкции	849450	1022400	637087	153360	3467193

Стоимость годовых потерь активной электроэнергии до и после реконструкции:

$$C_9 = \Delta P \cdot \tau,$$

где ΔP - среднегодовые потери активной мощности, кВт;

$\tau = 1,87$ руб. - стоимость 1 кВт · ч электроэнергии.

Так, как нам известно, число фактического потребления электроэнергии за 2014 год, которое составляет 12 560 450 кВт, а также среднегодовые потери электроэнергии (технические и коммерческие) которые составляют 17%. То потери электроэнергии до реконструкции мы рассчитаем по формуле:

$$\Delta P = P \cdot 0,17 = 12\,560\,450 \cdot 0,17 = 2\,135\,277 \text{ кВт.}$$

Планируемое потребление электроэнергии на год, в результате повышения надёжности схемы электроснабжения сетей после реконструкции, а также с учётом увеличения потребления электроэнергии вновь подключенными крупными потребителями, составит 15 200 000 кВт. Согласно стандарта ОАО МРСК технические потери в электрических сетях составляют 7% от потребленной электроэнергии. То есть после реконструкции и внедрения многофункционального измерительного прибора «Мир С-03» с классом точности по активной/реактивной энергии 0,5S/0,5 учитываться будут только технические потери,

исключая возможность недоучета электроэнергии. Тогда потери электроэнергии после реконструкции мы рассчитаем по формуле:

$$\Delta P = P \cdot 0,07 = 15\,200\,000 \cdot 0,07 = 1\,064\,000 \text{ кВт.}$$

После расчета потерь активной мощности рассчитывается их стоимость C_{Σ} . Результаты расчётов эксплуатационных затрат сводим в таблицу 31.

Таблица 31. - Результаты расчетов эксплуатационных затрат

	C_a , руб.	C_{po} , руб.	C_{Σ} , руб.	C , руб.
До реконструкции	-----	4749058	3 992 968	8 742 026
После реконструкции	1161750	3467193	1 989 680	6 618 623

Вывод: Из результатов расчета эксплуатационных затрат, видно, что до реконструкции затраты больше, чем после реконструкции.

6.5 Расчет показателей эффективности проекта

Для расчета срока окупаемости рассчитаем прибыль:

До реконструкции:

$$P_{до.рек} = \mathcal{E} \cdot \tau - C = 12\,560\,450 \cdot 1,87 - 8\,742\,026 = 14\,746\,015 \text{ рублей,}$$

где $\mathcal{E}$ - фактическое потребление электрической энергии за 1 год;

$\tau = 1,87$ руб. - стоимость 1 кВт · ч электроэнергии;

C - эксплуатационные затраты.

После реконструкции:

$$P_{после.рек} = \mathcal{E} \cdot \tau - C = 15\,200\,000 \cdot 1,87 - 6\,618\,623 = 21\,805\,377 \text{ рублей.}$$

Срок окупаемости:

$$T = \frac{K}{\Delta P} = \frac{18\,152\,345}{7\,059\,362} = 2,6 \text{ года;}$$

$$\Delta P = P_{после.рек} - P_{до.рек} = 21\,805\,377 - 14\,746\,015 = 7\,059\,362 \text{ рубля.}$$

Эффективность проекта:

$$E_{\text{эффект}} = \frac{1}{T} = \frac{1}{2,6} = 0,384 \text{ или } 38,4\%.$$