

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
 Отделение электроэнергетики и электротехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Проектирование микроГЭС для электроснабжения туристической базы отдыха

УДК 621.311.21-022.53:728.54

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM03	Салыков Артём Олегович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Обухов С.Г.	д.т.н., профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Черемискина М.С	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сайгаш А.С	к.т.н		

Томск – 2022 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код	Результат обучения
<i>Универсальные компетенции</i>	
P1	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности.
P2	Свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения, способностью к активной социальной мобильности
P3	Использовать на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и производственных работ, в управлении коллективом, использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности.
P4	Иметь представление о методологических основах научного познания и творчества, роли научной информации в развитии отрасли, навыки проведения работ с привлечением современных информационных технологий, синтезировать и критически резюмировать информацию.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P5	Применять углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электроэнергетики и электротехники.
P6	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа в области электроэнергетики и электротехники с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности.
P7	Выполнять инженерные проекты с применением оригинальных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества электроэнергетического и электротехнического производства в условиях жестких экономических и экологических ограничений.
P8	Проводить инновационные инженерные исследования в области электроэнергетики и электротехники, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов.
P9	Проводить технико-экономическое обоснование проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.
P10	Проводить монтажные, регулировочные, испытательные, наладочные работы электроэнергетического и электротехнического оборудования.
P11	Осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт.
P12	Разрабатывать рабочую проектную и научнотехническую документацию в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; организовывать метрологическое обеспечение электроэнергетического и электротехнического оборудования; составлять оперативную документацию, предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
 Отделение электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ А.С. Сайгаш
 (Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

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

Студенту:

Группа	ФИО
5AM03	Салькову Артёму Олеговичу

Тема работы:

Проектирование микроГЭС для электроснабжения туристической базы отдыха	
Утверждена приказом директора ИШЭ	Приказ № 26-60/с от 26.01.2022

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом исследования является проект микроГЭС
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1) Анализ территории России и выбор места проектирования объекта электроснабжения, микроГЭС 2) Нагрузка потребителя электроэнергии 3) Расчет гидроэнергетического потенциала выбранной реки 4) Выбор гидросилового оборудования и гидротехнических сооружений 5) Разработка схемы электроснабжения 6) Техничко-экономический анализ проекта 7) Мероприятия по охране труда и безопасности жизнедеятельности

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Рыжакина Т.Г
Социальная ответственность	Черемискина М.С
Иностранный язык	Демидова О.М
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
The principle of operation, design and main equipment of micro-hydro power plants	

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Обухов С.Г	Д.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM03	Салыков Артём Олегович		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
 Уровень образования магистратура
 Период выполнения 2021/2022 учебный год

Форма представления работы:

магистерская диссертация (бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
31.05.2021	Обзор литературы	5
30.10.2021	Обзор технологических процессов	15
27.12.2021	Написание основных частей ВКР	30
01.03.2022	Оценка эффективности использования микроГЭС	30
24.04.2022	Оформление ВКР	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Обухов С.Г	д.т.н., профессор		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сайгаш А.С	к.т.н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
5AM03	Салыков Артём Олегович

Школа	ИШЭ	Отделение	Электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
Проектирование микроГЭС для электроснабжения базы отдыха.	Работа с научной литературой, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив разработки проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Планирование и формирование бюджета разработки	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение бюджета научного исследования
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности разработки	Проведение оценки экономической эффективности, ресурсоэффективности и сравнительной эффективности различных вариантов исполнения
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. График проведения и бюджет проекта 4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности разработки	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2021
-------------------------------------------------------------	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		01.03.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM03	Салыков Артём Олегович		01.03.2021

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5AM03	Салыкову Артёму Олеговичу

Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	Оптимизация развивающихся систем электро-снабжения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	13.04.02 - Электроэнергетика и электротехника

Тема ВКР:

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объект исследования малая гидроэлектростанция Область применения – энергетический объект Рабочая зона: полевые условия Размеры помещения 8200 x 5190 мм. Количество и наименование оборудования рабочей зоны: энергоблок, блок балластной нагрузки, устройство автоматического регулирования, устройство возбуждения, шкаф генераторного ввода ШГВ, дизель-генератор Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: выработка, передача электроэнергии, сжигание топлива в дизель-генераторе</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. N 197-ФЗ (ТК РФ).</p>
<p>2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Расчет уровня опасного производственного фактора</p>	<p>Среди вредных факторов выделены: Воздух рабочей зоны, вентиляция, шум и вибрации, освещение, электромагнитные и ионизирующие излучения В качестве опасных факторов выделены: опасность электропоражения и пожаровзрывоопасность Респиратор, диэлектрические перчатки, боты, коврики, вибропоглощающие покрытия, устройства для вентиляции и очистки воздуха Расчет проводим по опасному фактору: поражение электрическим током</p>
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Воздействие на селитебную зону: -Размыв берегов реки при строительстве, с дальнейшим подтоплением территорий Воздействие на литосферу:</p>

	<p>-Остатки отходов при строительстве, в частности различный автотом и электронный лом, который относится к промышленным твёрдым отходам</p> <p>Воздействие на гидросферу: -Возможно попадание маслосодержащих примесей в воду. Влияние на гидросферу коррозии металла у конструкции</p> <p>Воздействие на атмосферу: -При разработке проекта возможен выброс в атмосферу вредных веществ от дизель-генераторов.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Возможные ЧС: - Прорыв напорного фронта - Сейсмические воздействия - Возникновение пожара</p> <p>Наиболее типичная ЧС -Возникновение пожара</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черемискина М.С	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ03	Салыков Артём Олегович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 134 с., 48 рис., 45 табл., 34 источников,

Ключевые слова: гидроэлектростанции, возобновляемые источники, туризм, гидроэнергетика, гидротурбина, база отдыха.

Объектом исследования является МикроГЭС.

Цель работы – создание типового проекта для проектирования МикроГЭС в зонах с децентрализованным электроснабжением. Рассмотреть проект на конкретном примере.

В процессе работы был проведен анализ территории России на выявление потенциальных мест для проектирования станции, рассмотрен принцип действия, конструкция микроГЭС, проведен расчет энергетических характеристик объекта электроснабжения, выявлен гидроэнергетический потенциал выбранной реки, впоследствии разработана гидромеханическая и гидротехническая часть проекта, а также спроектирована схема электроснабжения.

Область применения: разработанный проект может применяться для дальнейшего проектирования в других потенциальных регионах.

С экономической стороны, рассмотренный проект является ресурсоэффективным с высоким запасом финансовой прочности и коротким сроком окупаемости.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	12
1. Состояние и будущее развитие малой гидроэнергетики в России в настоящее время	14
1.1 Краткий обзор существующих и перспективных мест и областей применения микро-ГЭС.....	14
1.2 Принцип действия, конструктивное исполнение и основное оборудование микро-ГЭС.....	18
1.3 Гидромеханическое оборудование гидроэлектростанции	21
1.4 Производители микро-ГЭС в мире и России.....	24
Выводы по главе	27
2. Расчёт энергетических характеристик водотока и объекта электроснабжения	28
2.1 Предварительное обоснование выбора реки и место створа для микроГЭС	28
2.2 Расчет энергетических характеристик объекта электроснабжения.....	30
2.3 Расчёт гидроэнергетического потенциала реки Анзас	39
Вывод ко второй главе:	45
3. Проектирование электротехнической и строительной части проекта микро-ГЭС.	
Разработка системы электроснабжения потребителя	46
3.1 Проектирование гидромеханической части микро-ГЭС	46
3.2 Разработка гидротехнической части проекта	49
3.2.1 Расчёт диаметра напорного трубопровода.....	50
3.2.2 Разработка плана напорного бассейна	53
3.3 Выбор дизельного генератора	56
3.4 Разработка структурной схемы системы электроснабжения	58
3.4.1 Расчет сечений токопроводящих жил и выбор марки кабеля.....	62
3.4.2 Расчет и выбор аппаратов защиты.....	65
Вывод основного раздела ВКР	67
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	68
4.1 Предпроектный анализ	69
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	69
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	69
4.1.3 SWOT-анализ	71
4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации	72
4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	75
4.2 Инициация проекта	75
4.3 Планирование управления научно-техническим проектом	77
4.3.1 Иерархическая структура работ проекта	77
4.3.2 План проект.....	78
4.4 Бюджет научного исследования.....	80
4.4.1 Организационная структура проекта.....	86
4.4.2 План управления коммуникациями проекта	86
4.4.3 Реестр рисков проекта.....	87
4.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности.....	87
4.5.1 Оценка абсолютной эффективности исследования	87
4.5.2 Оценка сравнительной эффективности исследования.....	92
Выводы	96
5. Социальный раздел	97
5.1 равовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	98
5.2 Производственная безопасность при разработке проектного решения.....	99

5.3 Микроклимат	100
5.4 Повышенный уровень шума на рабочем месте	101
5.5 Освещение	102
5.6 Электромагнитные и ионизирующие излучения.....	103
5.7 Риск поражения электрическим током.....	104
5.8 Экологическая безопасность при разработке проектного решения.....	107
5.9 Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	109
Выводы	111
Заключение.....	113
Приложение А.....	119
Приложение Б	120

Введение

В настоящее время интерес к малой гидроэнергетике возрастает.

Такой интерес связан прежде всего с наличием ряда преимуществ, одно из них и самое важное – сохранение экологии при использовании малых ГЭС, так как в современном мире, первостепенной задачей любого производства стоит сохранение окружающей среды. Также при работе станции отсутствует влияние на свойство воды проходящей через гидроагрегаты. Для малых ГЭС не требуется наличие больших водоемов, так как для выработки электроэнергии может использоваться течение больших рек и даже ручьев.

Использование такого типа электростанции позволяет получить положительный эффект от их использования в экономической и социальных сферах. При строительстве не требуется сооружать большие гидротехнические сооружения.

Главной особенностью при применении микро-ГЭС является их возможность проектирования в тех зонах, где отсутствует централизованное электроснабжение, т.е это районы расположенные в труднодоступных районах, в которых главным потребителем являются многие сельскохозяйственные объекты, деревни, а также различные базы отдыха для туристов.

Кемеровская область, известна как край угля, а также своей промышленностью. Но в последние годы, область стала себя позиционировать как центр туризма для жителей Сибири и других регионов страны. Туризм в Кемеровской области развивается относительно недавно, но с каждым годом это направление совершенствуется и между тем увеличивается спрос на туристско-рекреационные услуги.

Но для дальнейшего развития туризма в области, существуют некоторые преграды, такие как нехватка объектов отдыха и несовершенство индустрии развлечений (особенно для семейных туристов), слабое развитие транспортной инфраструктуры труднодоступных мест, в связи с чем упускаются потенциально привлекательные места для туристов.

Отсюда вытекает особенность того, что большая часть таких мелких рас­средоточенных потребителей имеет децентрализованное электроснабжение, и потребители используют дизельные и бензиновые генераторы, это приводит к тому, что посещение таких мест для туристов малопривлекательно. Ведь в этом случае появляется необходимость для создания склада запасов горючего топ­лива, что приводит к повышенной пожарной опасности для туристов.

Помимо прочего, вытекают такие слабые стороны дизельных установок, как сложность доставки топлива в труднодоступные места, и соответственно, по­вышенный шум от генератора, который будет доставлять неудобства отдыхаю­щим.

Следовательно, строительство микро-ГЭС может решить проблему с электроснабжением, так как в большинстве случаев возле удаленных мест про­живания имеются естественные водотоки, которые обладают большим гидро­энергетическим потенциалом.

Объект исследования: микрогидроэлектростанция.

Актуальность данной темы заключается в том, что территория Россий­ской Федерации является крупнейшей в мире, при этом имеется большой водно­энергетический потенциал, а также существует множество мест для развития ак­тивного отдыха населения.

Основные задачи: создание типового проекта микро-ГЭС, который в бу­дущем будет возможность применить для электроснабжения потребителей, находящихся в децентрализованных зонах.

Цели для выполнения задач: провести анализ территории России и вы­брать место проектирования объекта электроснабжения и соответственно мик­рогидроэлектростанции, рассчитать нагрузку потребителя, построить график нагрузки в течении суток, провести расчет гидроэнергетического потенциала реки, произвести выбор гидросилового оборудования и гидротехнических соору­жений, разработать схему электроснабжения, провести экономический анализ проекта, осуществить мероприятия по охране труда и безопасности жизнедея­тельности

1. Состояние и будущее развитие малой гидроэнергетики в России в настоящее время

1.1 Краткий обзор существующих и перспективных мест и областей применения микро-ГЭС

Российская федерация, в современном мире, является одной из крупнейших стран мира, на территории которой располагается наибольший процент поверхностных вод, составляющий 12,4%.

Гидроэнергетический потенциал огромен, но в настоящее время используется слабо. Неосвоенными остаются 80% гидроресурсов. Одно из актуальных направлений в деле освоения гидроресурсов в стране считается использование энергии малых рек.

По статистике общее длина рек России переходит за отметку в 8 млн.км, при этом 87% рек имеют длину менее 100 км. Малые реки формируют половину суммарного объема речного стока (более 1000 км³)

Валовый гидроэнергетический потенциал малых рек России оценивают более чем в 1100 млрд. кВт·ч/год, а технический – 357 млрд. кВт·ч/год. Реальное использование этого потенциала в настоящее время составляет 2,2 млрд. кВт·ч/год.

На территории Российской федерации располагается достаточно большое количество отдаленных энергодефицитных регионов, занимающих до 55% территории России. В этом случае использование энергии водотоков малых рек будет являться наиболее перспективным направлением для электроснабжения обозначенных территорий, а также послужит развитием возобновляемым источником энергии.

Также считается, что рациональное строительство малых ГЭС можно осуществить на тех территориях, где социальные и экономические условия местного производства недостаточны для большой энергетики.

Таким образом, соединив выше описанные факты, а также согласно рисунку 1.1 необходимость в станциях малой мощности велика для регионов: Дальний Восток, Восточная и Западная Сибирь, Камчатка, а также горные районы с рассредоточенными потребителями энергии. Существующие станции в этих районах работают на дизельном топливе, а оно с каждым годом дорожает.

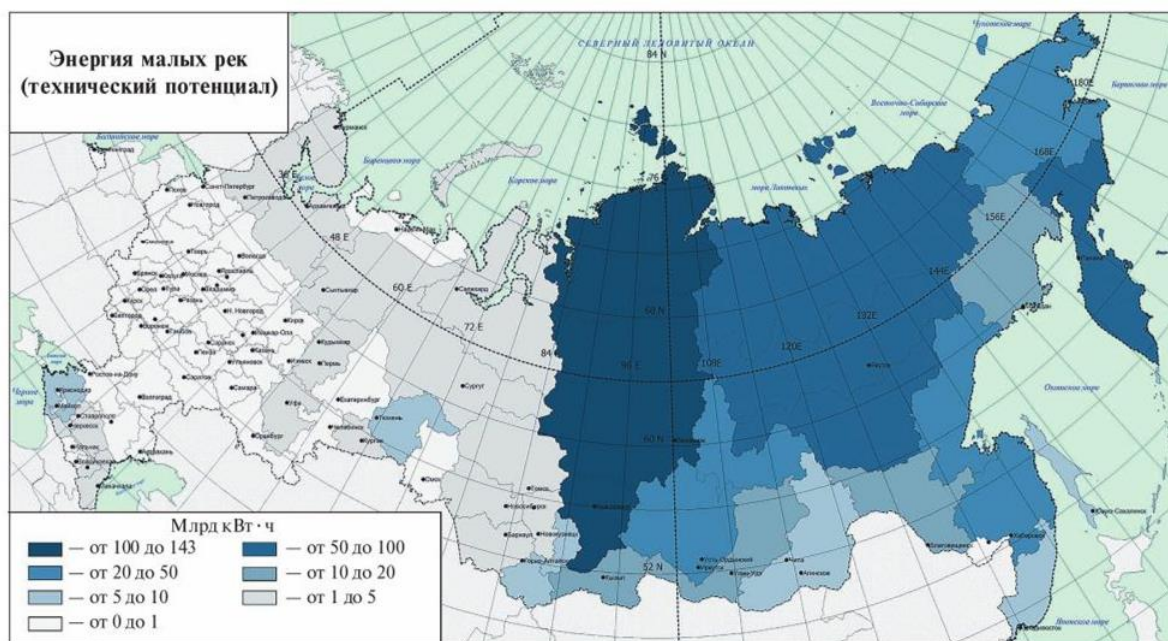


Рисунок 1.1 – Распределение гидроресурсов малых рек по территории РФ

Кроме России, лидером по развитию гидроэлектростанций малой мощности, является Китай. В настоящее время ведётся ускоренное строительство станций такого типа. Для справки, мощность сельских ГЭС на 2019 год в Китае превысила 50 млн. кВт, при этом годовая выработка составила 150 млрд. кВт·ч.

Китай планирует расширить использование малой гидроэнергетики: в ближайшее время в ее развитие будет инвестировано \$16,5 млрд. Развитию малой гидроэнергетики в стране способствует международный центр МГЭС, созданный правительством страны, ЮНИДО и ПРООН в Ханчжоу.

Развитию малой гидроэнергетики уделяют внимание и в других странах.

Например, в Соединенных Штатах Америки общая мощность гидроэлектростанций составляет примерно 80000 МВт, которые вырабатываются при помощи ГЭС в количестве 2200 штук. Примерно половина гидроэнергетических мощностей США находится в трёх штатах: Вашингтон, Орегон, Калифорния.

При этом, стоит отметить, существующий парк малых ГЭС США состоит из 1640 станций общей мощностью 3670 МВт. С каждым годом, правительства различных штатов разрабатывают программы для поддержки малой гидроэнергетики, а также, проводится оценка потенциала для дальнейшего развития в данной области.

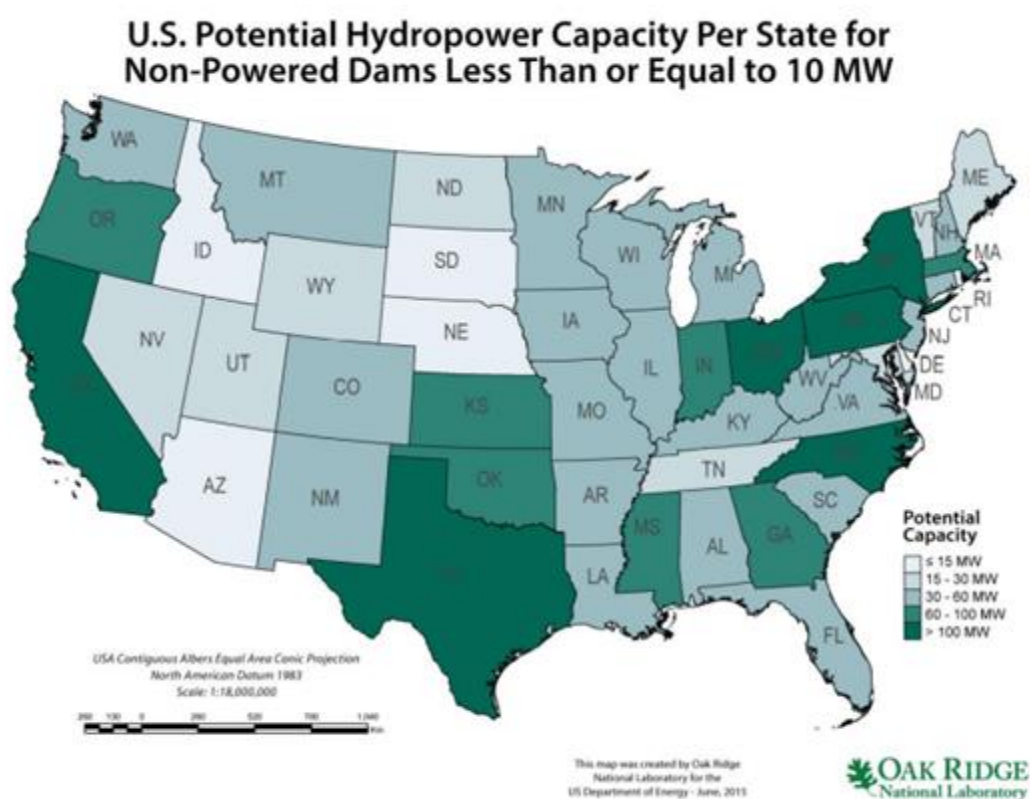


Рисунок 1.2 – Распределение неиспользованного потенциала малой гидроэнергетики

В 2019 году завершённые федеральные и государственные оценки водных ресурсов выявили масштабы неиспользованных возможностей развития малой гидроэнергетики (рисунок 1.2). Анализ показал, на большинстве незадействованных площадок, предназначенных для строительства малых ГЭС, присутствует потенциал, который может выработать до 960 млн. кВт·ч/год. При этом,

как говорилось ранее, энергетический потенциал территорий России оценивается в 2,2 млрд. кВт·ч/год.

Из данного раздела можем сделать вывод о том, что Россия является одной из лидирующих стран для развития малых ГЭС, этому способствует большое количество рек длиной менее 100 км, потенциал которых не используется в полной мере в настоящее время.

Также из рисунка 1.1 видно, что гидроэнергетические ресурсы Западной Сибири имеют избыточный потенциал для развития гидроэнергетики, так как на ее территории располагается свыше 100 средних и малых рек, а общий объем поверхностного стока рек области составляет 40,3 км³/год. Благоприятными условиями для функционирования малой гидроэнергетики обладают территории с контрастным, горным рельефом (Горная Шория и прилегающие к ней территории).

1.2 Принцип действия, конструктивное исполнение и основное оборудование микро-ГЭС

Принцип действия любой гидроэлектростанции заключается в том, что часть речной воды направляется в канал или трубопровод, по которому она подается на лопасти турбины, которые преобразуют энергию падающей воды в кинетическую и тем самым приводят во вращение вал, соединенный непосредственно с гидрогенератором.

Выработку электроэнергии, получаемую с гидроэлектростанции, определяют на выводах генератора, при этом в расчетах учитывается коэффициент полезного действия гидроагрегата, который определяет гидравлические, механические и электрические потери энергии на турбине и генераторе. Таким образом выделяют следующее выражение для расчета вырабатываемой мощности гидроэлектростанции:

$$N_{ГЭС} = 9,81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta, \text{ кВт};$$

где Q – расход воды проходящий через турбину, $\text{м}^3/\text{с}$;

H – напор воды на турбинах ГЭС, м;

η – коэффициент полезного действия турбин.

Необходимый напор воды можно создать следующими способами:

1) Деривация – используется естественный напор воды, который отводят из русла реки и вода по специальному трубопроводу организованно поступает к турбине, после чего вода сбрасывается в основное русло. Деривационная подача может осуществляться при помощи различных конструкций: открытым каналом, лотком, тоннелем или напорным трубопроводом (рисунок 1.3)

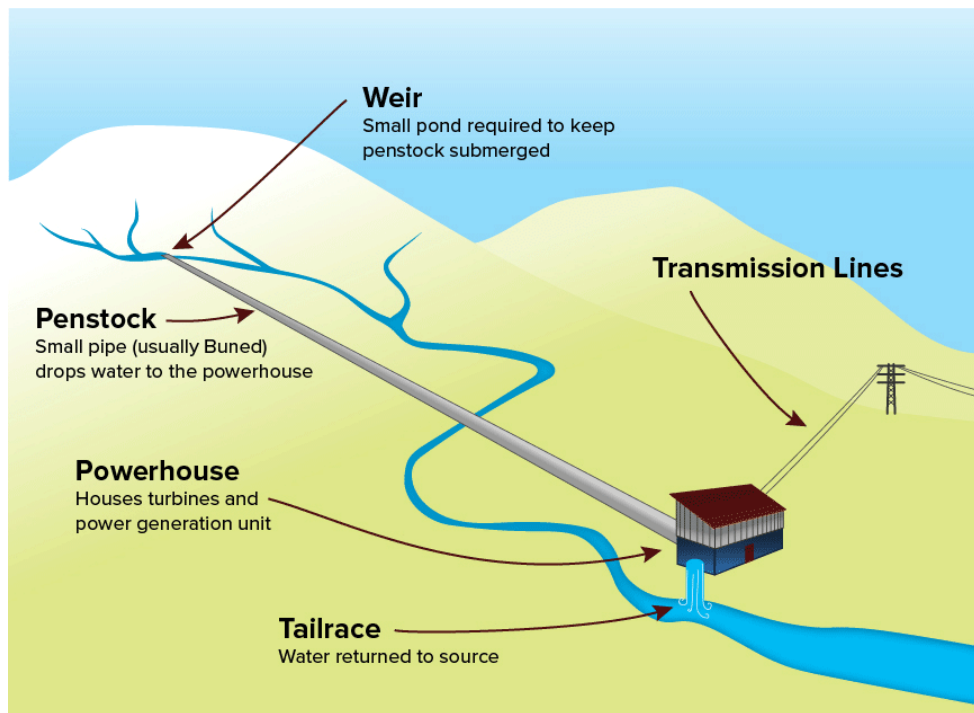


Рисунок 1.3 – Деривационная гидроэлектростанция

Русловой тип создания напора, осуществляется за счет природных условий, в частности большого уклона русла реки (рисунок 1.4)

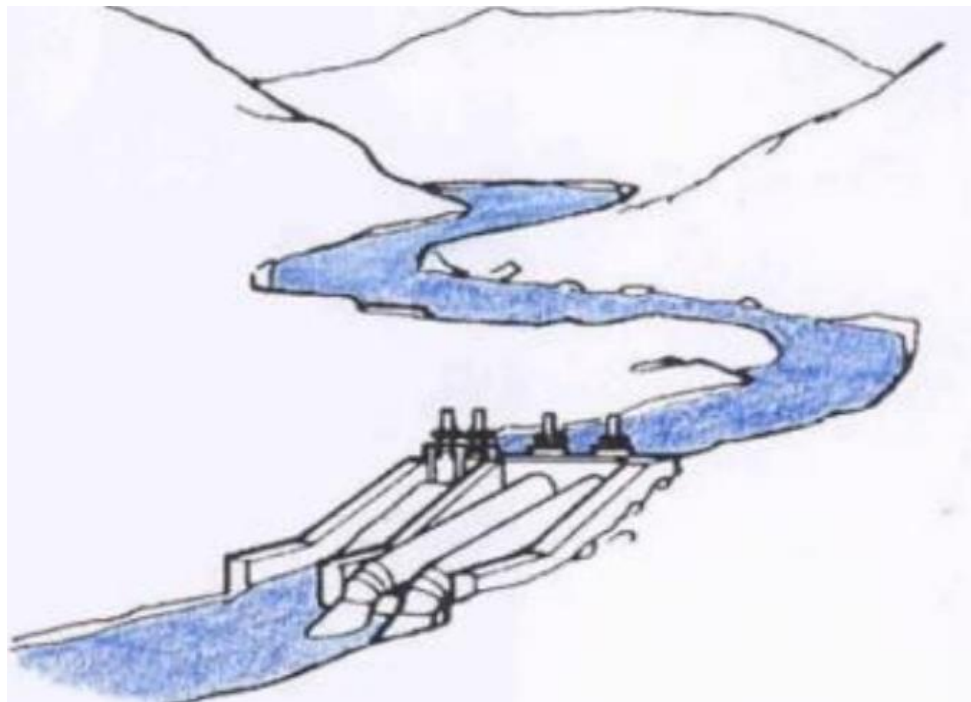


Рисунок 1.4 – Тип создания напора: Русловой

2) Плотинный тип гидроэлектростанции – напор создается за счет строительства плотины, который располагается на пути движения реки.

Необходимый напор создается во время искусственного подъема воды на нужную высоту (рисунок 1.5). Также при таком типе возможна регулировка напора.

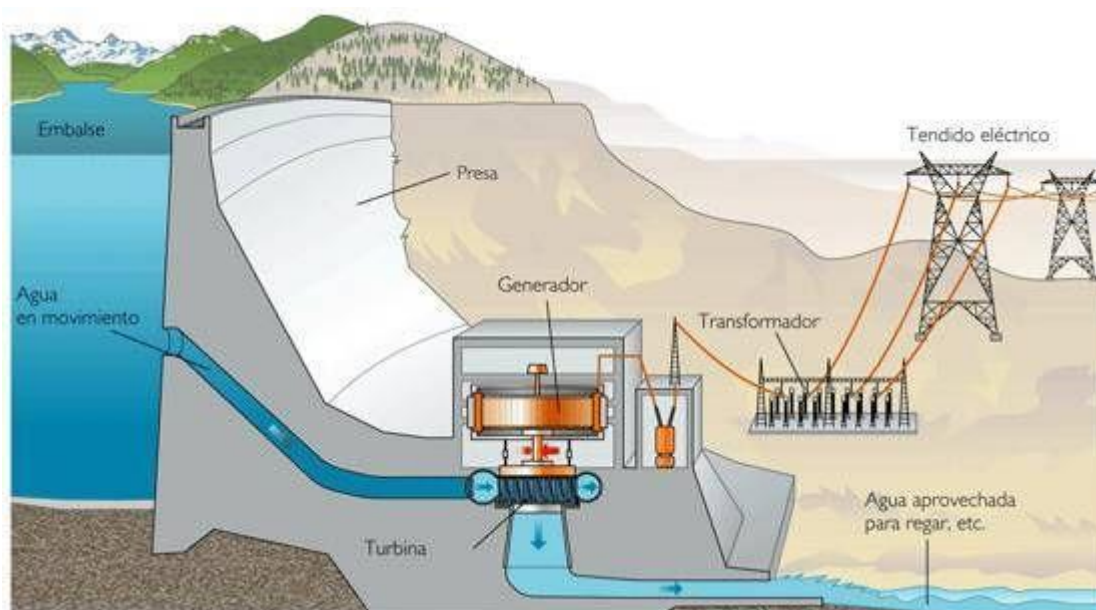


Рисунок 1.5 – ГЭС плотинного типа

Существует комбинация плотинного типа и деривационного.

Существенный отрицательный недостаток создания напора при помощи плотины – происходит затопление большой площади территорий.

Из раздела 1.1 было установлено, что на территории Западной Сибири располагается большое количество малых и средних рек, при этом потенциальные места для развития туризма области располагаются на территории с горным рельефом, в частности, для дальнейшего анализа примем к рассмотрению Кемеровскую область.

Так как в работе рассматривается возможность электроснабжения базы отдыха туристов, то целесообразнее использовать деривационную схему, связано такое решение с тем, что электрическая мощность необходимая для нужд туристов будет несущественной, следовательно, с экологической точки зрения, а также по экономическим соображениям, возведение плотины является нецелесообразным решением.

1.3 Гидромеханическое оборудование гидроэлектростанции

Для обеспечения нормальной работы микро-ГЭС, в ее состав должны входить гидротехнические сооружения, гидромеханическое оборудование, а также электротехническое.

Гидротехнические сооружения – включают в себя водозаборное сооружение, бассейн для создания напора, сам деривационный канал, включающий в себя трубопровод. Данные сооружения обеспечивают создание необходимого напора для работы электромеханического оборудования

К гидромеханическому оборудованию, которое преобразует энергию потока воды в электричество, относятся все возможные виды гидротурбин (рисунок 1.6) [2]

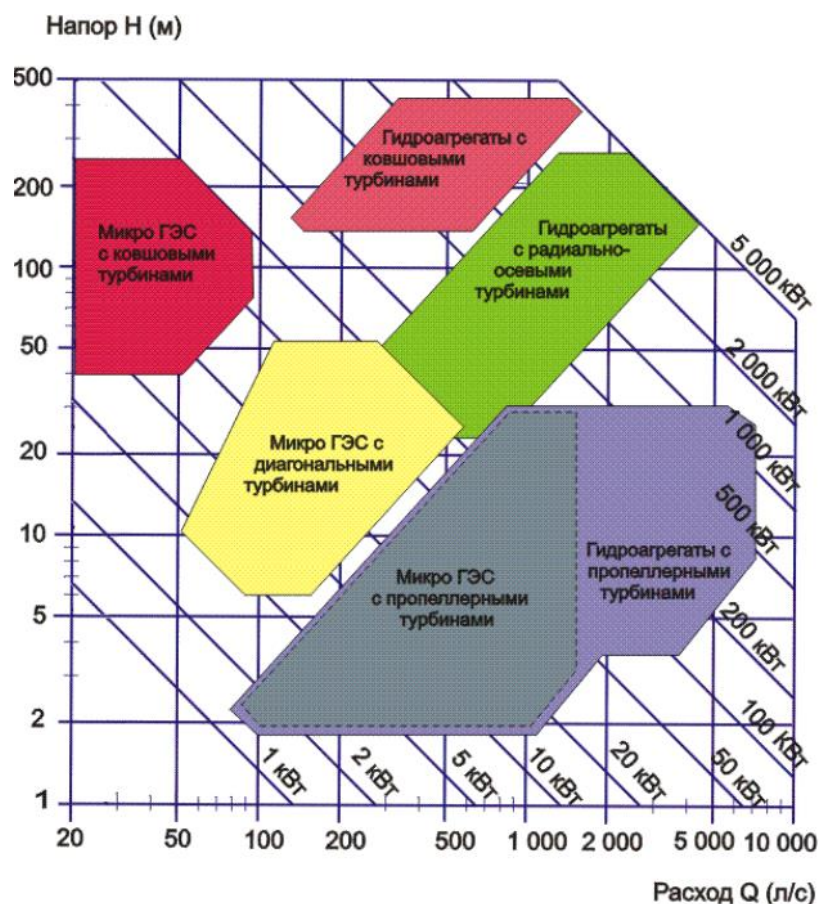


Рисунок 1.6 – Область применения гидротурбин

Радиально-осевая турбина (Френсиса)

Поступление воды на рабочее колесо осуществляется с внешней стороны, с последующим движением по радиусу к центру рабочего колеса. Пройдя между

лопастями, вода передает им энергию, которая заставляет рабочее колесо вращаться и передавать механическую энергию ротору генератора, посредством передачи крутящего момента валом. Радиально-осевые гидротурбины применяются для напоров от 40 до 650 метров, так как на небольших напорах такие турбины приходится делать очень больших размеров, в таком случае они уступают поворотно-лопастным турбинам.

Поворотно-лопастные турбины. (Виктор Каплан).

Турбина Каплана, имеет значительное количество отличий по конструктивным особенностям от Радиально-осевого типа. Как следует из названия, особенностью турбины Каплана является возможность осуществлять разворот лопастей, что позволяет работать данной турбине в широком диапазоне условий эксплуатации. Разворот лопастей осуществляется механизмом, расположенным во втулке рабочего колеса, под давлением масла.

За счет данной особенности, турбина Каплана эффективна при относительно небольших напорах – от 10 до 40 метров.

Поворот лопастей на оптимальный угол позволяет турбине сохранять высокий КПД при изменении напора, но в то же время возможности поворотно-лопастных турбин ограничены – при высоких напорах они теряют свою эффективность вследствие кавитации.

Также существует такой тип турбины, у которой лопасти рабочего колеса жестко закреплены под определенным углом – турбина пропеллерного типа. Она применяется в низконапорных гидроэлектростанциях, в частности на станциях, расположенных в равнинной местности или же для деривационной ГЭС.

Достоинством жёстко закрепленных лопастей рабочего колеса является увеличение максимальной быстроходности при малых напорах, тем самым давая возможность создавать безредукторные конструкции микро-ГЭС, при этом необходимо решить задачу по регулированию частоты вращения.

Для регулирования частоты вращения в турбине пропеллерного типа применяют балластную нагрузку (Рисунок 1.7), под которой понимается дополнительная нагрузка, решающая задачу по автоматическому распределению электрической мощности между потребителями. [3]

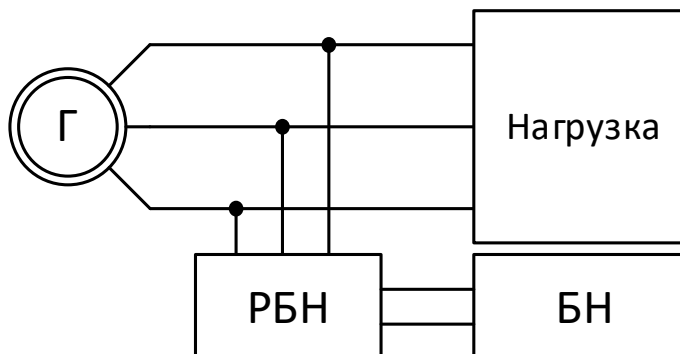


Рисунок 1.7 – Конструктивная схема балластной нагрузки

Достоинством такого регулирования частоты вращения является высокое быстродействие, при этом исключается работа электромеханических устройств из системы, что сказывается на общей надежности конструкции.

Согласно разделу 1.1, в условиях малых расходов рек, а также небольших напоров гидротехнического сооружения наиболее целесообразно будет использование деривационной схемы, так как уменьшаются площади затопляемых территорий, а также является экономически целесообразнее для данного проекта. Из рисунка 1.5 делаем предварительный вывод о выборе гидротурбины, так для станций напором от 1 до 20 метров и соответствующими им расходами, выбираем турбину Каплана, как турбину имеющую наиболее высокую быстроходность при небольших напорах, и позволяющую спроектировать безредукторные варианты конструкции микро-ГЭС.

1.4 Производители микро-ГЭС в мире и России

На сегодняшний день существует определенное количество фирм производящих малые ГЭС работающих при различных напорах [3]:

- 1) “РУСЭЛПРОМ-Инжиниринг”
- 2) “Электротяжмаш-Привод”
- 3) АО “МНТО ИНСЭТ”

Помимо поставок внутри страны, обозначенные компании успешно ведут экспортную деятельность за пределами Российской Федерации:

- 1) “Тяжмаш” – заказ на поставку турбин в Эквадор.
- 2) “РУСЭЛПРОМ-Инжиниринг” – поставка оборудования в Бразилию и Швецию.
- 3) АО МНТО “ИНСЭТ” – сотрудничество с Японией, Швецией, Бразилией и странами ближнего зарубежья.

Также стоит отметить и иностранные компании, занимающиеся производством гидросилового оборудования в нашей стране:

ПАО “РусГидро” и французская компания “AlstonЭ” заключили контракт на строительство завода по производству гидросилового оборудования в Башкирии. Известно и о планах создания СП с “Voith Hydro” (Австрия), строительство завода по производству турбин в Саратовской области, а также ПАО “РусГидро” подписало два соглашения о сотрудничестве с Китайскими компаниями “PowerChina” и “Dongfang Electric

Таким образом, на российском рынке существуют благоприятные условия для “здоровой” конкуренции. Качество отечественного оборудования, соответствует международным стандартам.

Лидер по изготовлению и созданию проектов малых гидроэлектростанций является компания “ИНСЭТ”, специализирующееся на производстве, а также монтаже гидроагрегатов микро-ГЭС, мощностью до 100 кВт.

На рисунке 1.8 представлены основные характеристики гидротурбин производимых межотраслевым научно-техническим объединением “ИНСЭТ”

Параметры	Тип Микро ГЭС					
	Микро ГЭС 10Пр		Микро ГЭС 15 Пр	Микро ГЭС 50 Пр		Микро ГЭС 100 Пр
Мощность, кВт	0,6-4,0	2,2- 10,0	3,5-15,0	10,0- 30,0	10,0- 50,0	40,0-100,0
Напор, м	2,0-4,5	4,5- 10,0	4,5-12,0	2,0-6,0	4,0- 10,0	6,0-18,0
Расход, м ³ /с	0,07- 0,14	0,10- 0,21	0,10-0,30	0,3-0,8	0,4-0,9	0,5-1,2
Частота вращения, мин-1	1000	1500	1500	600	750	1000
Номинальное напря- жение	230		400	230, 400		230, 400
Номинальная ча- стота, Гц	50		50	50		50

Рисунок 1.8 – Характеристики микро-ГЭС компании “ИНСЭТ”

Компания ИНСЭТ за последние 10 лет реализовала множество проектов от микро до малых ГЭС различной мощности на Камчатке, Урале, в Московской области. Также география их строительства выходит за пределы России.



Рисунок 1.9 – Гидроагрегат Микро-ГЭС-10Пр “Эль Муло”



Рисунок 1.10 – Гидроагрегат микро-ГЭС-30ПР “Габипол”

Предварительно установлено, что проектируемая станция будет снабжать электроэнергией коттедж, нагрузка, которого не будет превышать 30 кВт, при этом, как говорилось ранее, используем схему деривационного типа.

В этом случае, компания ИНСЭТ является приоритетным поставщиком гидрогенератора для данного проекта, так как у компании представлено наиболее подходящее оборудование для станций небольшой мощности и выбранной компоновки гидросооружения, с гибким выбором характеристик для различных типов гидротурбин.

Выводы по главе

В 1 главе, были рассмотрены вопросы актуальности работы по данной тематике, в частности, был изучен водно-энергетический потенциал рек России, также затронут вопрос энергетического потенциала рек других стран, в частности Китая и США. Россия является лидирующей страной для развития малых ГЭС из-за наличия большого количества потенциальных рек для строительства, расположенных вблизи мест для развития туризма.

Также, было проведено сравнение типов гидроэлектростанций с выделением их недостатков, а конкретно влияние на окружающую среду, рассмотрены типы турбин, используемых на ГЭС, предварительно было обосновано применение деривационной схемы создания напора, данное решение принято на основании экологических факторов, местного ландшафта, а также с экономической точки зрения.

Предварительно выбран тип турбины – поворотно-лопастная турбина, которая отвечает требованиям быстроходности при малых напорах, а также позволит разработать безредукторный вариант микро-ГЭС.

Для дальнейших расчетов зададимся целью: Разработать типовой проект, строительства микро-ГЭС для электроснабжения потребителей малой мощности (База отдыха для туристов)

Задачи, которые необходимо выполнить для достижения цели:

- 1) Провести расчет энергопотребления объекта электроснабжения по сезонам;
- 2) Выявить гидроэнергетический потенциал реки, на которой планируется проектирование микро-ГЭС;
- 3) Разработать проект строительства гидроэлектростанции, провести расчёт электросилового оборудования;
- 4) Рассчитать экономическую оценку строительства, определить рентабельность проекта;
- 5) Апробировать полученные результаты на конкретном примере.

2. Расчёт энергетических характеристик водотока и объекта электро-снабжения

2.1 Предварительное обоснование выбора реки и место створа для микроГЭС

Изучив потенциально перспективные реки и возможные створы для строительства ГЭС в Кемеровской области для производства электроэнергии был выбран наиболее перспективный створ на реке Анзас, приток реки Мрассу (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 Расположение выбранного створа

Объект электроснабжения будет располагаться в посёлке Усть-Анзас.

Усть-Анзас – посёлок расположенный на северо-востоке района в месте впадения реки Анзас в Мрассу, на территории Шорского национального парка. Центральная часть населенного пункта расположена на высоте 435 метров над уровнем моря. Посёлок располагается в 48 км от районного центра – г.Таштагол

Рассматривая вопрос климата на данной территории, резко континентальный с широким диапазоном среднемесячных температур. В зимнее время погода

ясная, в меру морозная, без ветра, снег начинает выпадать в начале ноября и держится до середины апреля. Летом, температура умеренная, осадков в это время выпадает в два раза больше чем зимой.

От ДЭС, которая находится в поселке Усть-Анзас электроэнергия поступает по дизельному генератору (ДЭС) мощностью 200 кВт. Электрическая сеть поселка построена на воздушных линиях с использованием голых проводов марки А и деревянных опор, все линии двухпроводные. Электроснабжение поселка от ДЭС происходит в течение 3-8 часов в день, что обусловлено не только высоким уровнем цены дизтоплива в качестве энергоносителей, но и большими транспортными расходами на его доставку.

Музей под открытым небом «Тазгол» расположен в селе Усть-Анзас. Он знакомит посетителей с жизнью и бытом коренного населения Кузбасса – шорцев. Популярность этого места среди туристов из России и стран СНГ обусловлена тем, что здесь можно заниматься сплавами по рекам и активным отдыхом.

Тем самым, существует необходимость в расширении деятельности данного музея, так как это позволит быть толчком для развития туризма внутри региона. Именно музей является самым непосредственным образом, связанным с историей, культурой, образованием и сферой туризма.

В этом случае, для развития индустрии туризма в данном районе, для увеличения интенсивности туристического потока нужно повысить качество туристических услуг путем создания благоприятного климатического и инфраструктурного окружения для туристов.

2.2 Расчет энергетических характеристик объекта электроснабжения

Объектом для электроснабжения в данной апробации, является проект типового коттеджа для туристов. Помещение состоит из трёх спален для отдыха, санузла, гостиной совмещенной с кухней, холл, а также террасы. В каждой спальне присутствуют электроприборы, которые обеспечат комфортные условия для отдыха [15]

Размеры всего помещения составляют 15385x13615 мм.

Также было принято решение отказаться от электрической плиты в пользу газовой. Отопление помещения возможно осуществить при помощи блока балластной нагрузки.

Планировка проектируемого коттеджа показана на рисунке 2.2

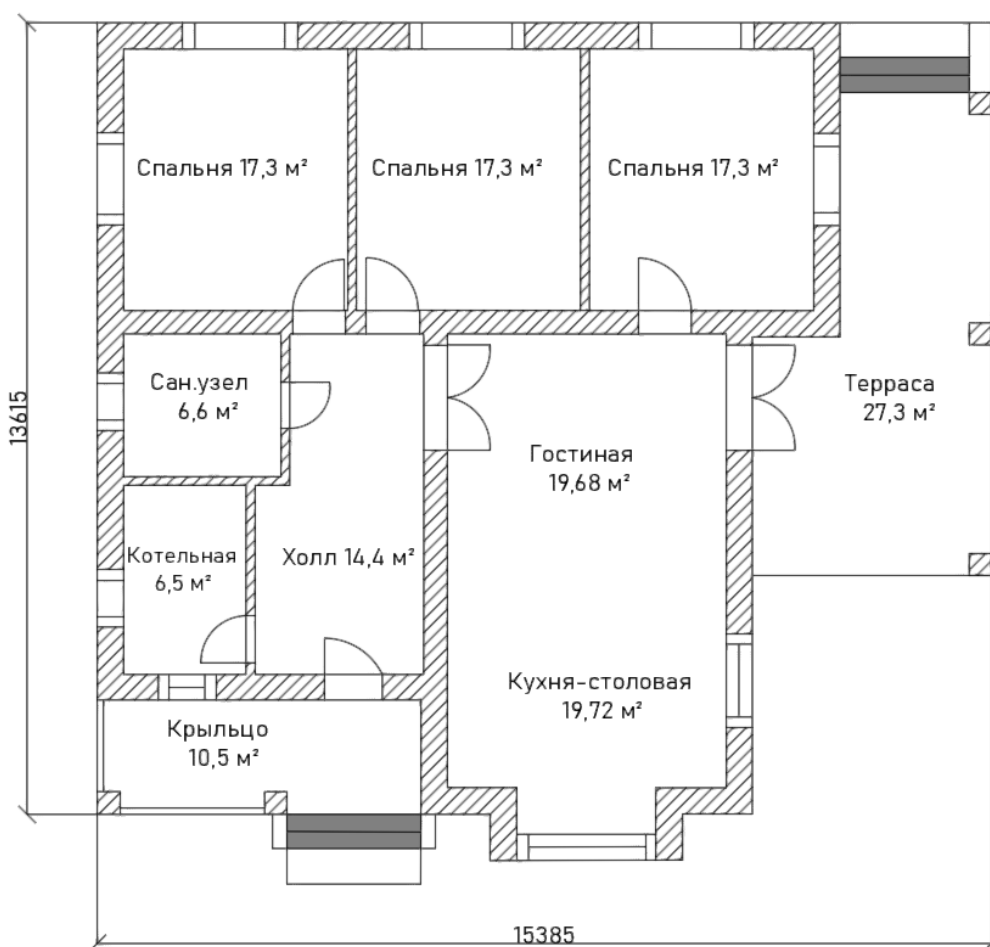


Рисунок 2.2 – План расположения помещений коттеджа

Зная состав электроприборов для каждой комнаты, проведем их расчет по предложенной методике [5]. Также, для удобства расчетов сведём имеющиеся электроприборы в таблицу 2.1, с указанием номинальной мощности:

Таблица 2.1 Сводка электроприборов по комнатам

Расположение	Площадь помещения, м ²	Наименование электроприборов,	Номинальная мощность, кВт
Гостиная	19,68	4 розеток на ток 6А	1
		Домашний кинотеатр	0,8
Кухня-столовая	19,72	Холодильник	1,7
		Чайник	1,45
		СВЧ-печь	1,2
		Вытяжка	0,5
		Телевизор	0,1
		1 розетки на ток 6А	0,8
Спальная 1	17,3	Кондиционер	2,5
		Телевизор	0,1
		Фен	1,6
		3 розетки на ток 6А	0,3
Спальная 2	17,3	Кондиционер	2,5
		Телевизор	0,1
		Фен	1,6
		3 розетки на ток 6А	0,3
Спальная 3	17,3	Кондиционер	2,5
		Телевизор	0,1
		Фен	1,6
		3 розетки на ток 6А	0,3
Сан. узел	6,6	Стиральная машина	2,5
		Стиральная машина	0,1
		Ванна с гидромассажем	1,6
		1 розетка на ток 6А	1
ИТОГ, кВт			26,15

Следующим шагом при расчете электропотребления, необходимо провести расчет внутреннего и внешнего освещения коттеджа, для этого воспользуемся формулой [5]:

$$P = S \cdot P_{уст} \cdot K_c \cdot K_u$$

где S – площадь помещения, в котором расположен источник освещения, м²,
 $P_{уст}$ – установленная мощность, согласно рисунку 2.2, Вт/м²,

$K_{с,и}$ – коэффициенты спроса и использования в соответствии с рисунком 2.2, о.е.

Для расчета требуемой мощности освещения для каждого помещения, необходимо задаться стандартным значением установленной мощности одного источника освещения в зависимости от типа помещения, а также соответствующими им коэффициентами (рисунок 2.3)

Помещение	Номинальная или установленная мощность, Вт/м ²	Коэффициент спроса	Коэффициент использования
Гостинная	4,5	0,8	0,8
Спальня	3,4	0,6	0,6
Кухня	4	1,0	0,8
Санузел	1	0,8	0,8
Остальное	2,7	0,8	0,8

Рисунок 2.3 – Параметры освещения для каждого типа помещения

Таким образом, итоговый расчет мощности примет вид:

Расчетная мощность освещения:

- В гостиной:

$$P = S \cdot P_{уст} \cdot K_c \cdot K_u = 19,68 \cdot 4,5 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 56,67 \text{ Вт};$$

- В спальне – к данной категории относятся 3 спальни:

$$P = S \cdot P_{уст} \cdot K_c \cdot K_u = 17,3 \cdot 3,4 \cdot 0,6 \cdot 0,6 = 21,17 \text{ Вт};$$

- На кухне:

$$P = S \cdot P_{уст} \cdot K_c \cdot K_u = 19,72 \cdot 4 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 63,11 \text{ Вт};$$

- В санузле:

$$P = S \cdot P_{уст} \cdot K_c \cdot K_u = 6,6 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 4,22 \text{ Вт};$$

- В холле:

$$P = S \cdot P_{уст} \cdot K_c \cdot K_u = 15 \cdot 2,78 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 48,57 \text{ Вт};$$

Кроме внутреннего освещения коттеджа необходимо предусмотреть уличное освещение. Примем мощность равную 100 Вт.

Таким образом мощность всего освещения равна 0,3 кВт.

Используя расчетные коэффициенты спроса и использования найдём расчетную мощность электроприёмников:

$$P_p = \sum P_{уст} \cdot K_c \cdot K_u,$$

где $P_{уст}$ - установленная мощность принимается из паспортных данных электроприборов, полученные данные занесем в таблицу 2.4.

K_c – коэффициент спроса, о.е,

K_u – коэффициент использования активной мощности, о.е.

Формула для расчета реактивной и полной мощности электроприёмников:

$$Q = P_p \cdot tg\phi, \text{ кВАр}$$

$$S = \frac{P_p}{\cos\phi}, \text{ кВА};$$

Так как представленные электроприёмники однофазные, а сеть питания трёхфазная, следовательно, расчетный ток для каждого приёмника определяется по формуле:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\phi}, \text{ А}$$

Ниже приведены коэффициенты мощности отдельных бытовых электроприемников [5]:

Таблица 2.2 – Коэффициенты мощности бытовых электроприемников

Типы потребителей	cosφ	tgφ
Лампы накаливания	1,0	0
Люминесцентные лампы	0,92	0,426
Холодильники	0,65	1,168
Вентиляторы, кондиционеры	0,75	0,882
Телерадиоаппаратура	0,65	1,168
Водонагреватели, электроотопители	1,0	0
Сауны	1,0	0

Таблица 2.3 – Бытовые электроприемники с рассчитанными характеристиками.

Потребители	Установленная мощность	Коэффициенты			Расчетная мощность		I _p , А
		Спроса	Использования	Мощности	P, кВт	Q, кВАр	
Гостиная							
Телевизор	0,8	0,4	0,1	0,95	0,32	0,34	0,51
Кухня-столовая							
Холодильник	1,7	1,0	0,5	0,95	0,85	0,89	1,36
Чайник	1,45	0,2	1,0	0,95	0,29	0,31	0,46
СВЧ печь	1,2	0,2	1,0	1,0	0,24	0,24	0,36
Вытяжной шкаф	0,5	0,3	0,8	0,8	0,12	0,15	0,22
Телевизор	0,1	0,6	1,0	0,8	0,06	0,08	0,11
Санузел							
Стиральная машина	2,0	0,8	0,6	1,0	0,96	0,96	1,46
Стиральная машина	2,0	0,9	0,6	1,0	1,08	1,08	1,64
Ванна (массаж)	1,0	0,8	0,8	0,8	0,64	0,8	1,21
Спальня 1							
Фен	1,6	0,05	0,9	0,95	0,08	0,08	0,12
Кондиционер	2,5	0,7	0,8	0,75	1,4	1,86	2,83
Телевизор	0,1	0,6	1,0	0,8	0,06	0,08	0,12
Спальня 2							
Фен	1,6	0,05	0,9	0,95	0,08	0,08	0,12
Кондиционер	2,5	0,7	0,8	0,75	1,4	1,87	2,83
Телевизор	0,1	0,6	1,0	0,8	0,06	0,08	0,12
Спальня 3							
Фен	1,6	0,05	0,9	0,95	0,08	0,08	0,12
Кондиционер	2,5	0,7	0,8	0,75	1,4	1,87	2,83
Телевизор	0,1	0,6	1,0	0,8	0,06	0,08	0,12
Прочие потребители							
Розеточная сеть	2,8	0,8	0,6	0,85	1,344	1,58	2,4
Освещение	0,3	0,8	0,6	1	0,144	0,14	0,22
ИТОГ					10,7		

Построение графиков нагрузок в данном проекте осуществляется по типовым вероятно-статистическим графикам нагрузок, которые представлены в методических указаниях [2, приложение 4].

Пересчет графиков для требуемой расчётной активной мощности осуществляется через коэффициент подобия (X), определяемый по выражению:

$$X = \frac{\sqrt{\left(\frac{\beta \cdot C_p \cdot \bar{P}}{100}\right)^2 + \bar{P} \cdot P_{\max}} - \frac{\beta \cdot C_p \cdot \bar{P}}{100}}{\bar{P}}$$

где β – коэффициент надежности расчета, принимаемый при вероятности 0,975 равным 2.

\bar{P} – параметр математического ожидания для максимальной активной нагрузки;

C_p – коэффициент вариации для активной нагрузки, в зависимости от времени суток:

$$C_p = \frac{\sigma_p}{\bar{P}},$$

где σ_p – среднеквадратичное отклонение, о.е.

Максимальное значение активной нагрузки (P_{ij}) за i -й час j -го месяца определяется из выражения:

$$P_{ij} = \bar{P}_{ij} + \beta \cdot \sigma_{p_{ij}}$$

где \bar{P}_{ik} – математическое ожидание для активной нагрузки для определенного часа и сезона года, для определения используем статистические графики из методических указаний [2, приложение 4]

k_{pj} – коэффициент сезонности [2, приложение 4]

$\sigma_{p_{ij}}$ – среднеквадратичное отклонение для пересчитываемых графиков, определяемое из выражения:

$$\sigma_{p_{ij}} = \frac{2 \cdot \bar{P} \cdot C_{p_{ik}} \cdot X \cdot k_{pj}}{100}$$

В качестве примера, проведём расчет по приведенным выше формулам, для зимнего сезона первого часа (с 24:00 по 01:00):

1) Коэффициент подобия:

$$X = \frac{\sqrt{\left(\frac{\beta \cdot C_p \cdot \bar{P}}{100}\right)^2 + \bar{P} \cdot P_{\max}} - \frac{\beta \cdot C_p \cdot \bar{P}}{100}}{\bar{P}} =$$

$$= \frac{\sqrt{\left(\frac{2 \cdot 10 \cdot 100}{100}\right)^2 + 100 \cdot 10,7} - \frac{2 \cdot 10 \cdot 100}{100}}{100} = 0,18$$

2) Математическое ожидание:

$$\bar{P}_{11} = \frac{\bar{P} \cdot \bar{P}_{11} \cdot X^2 \cdot k_{p1}}{100} = \frac{100 \cdot 25 \cdot 0,18^2 \cdot 1,0}{100} = 0,84 \text{ кВт}$$

3) Среднеквадратичное отклонение:

$$\sigma_{P_{ij}} = \frac{2 \cdot \bar{P} \cdot C_{p11} \cdot X \cdot k_{p1}}{100} = \frac{2 \cdot 100 \cdot 10 \cdot 0,18 \cdot 1,0}{100} = 3,67$$

4) Тогда максимальное значение активной нагрузки:

$$P_{11} = \bar{P}_{11} + \beta \cdot \sigma_{P_{11}} = 0,84 + 2 \cdot 3,67 = 8,18 \text{ кВт}$$

Таблица 2.4 – Суточные графики активных и реактивных нагрузок

	Зима	Весна	Лето	Осень
Время	Р,кВт	Р,кВт	Р,кВт	Р,кВт
0-1	8,18	6,54	5,61	5,72
1-2	8,18	6,54	5,61	5,72
2-3	8,18	6,54	5,61	5,72
3-4	8,18	6,54	5,61	5,72
4-5	8,18	6,54	6,40	5,72
5-6	9,36	7,50	6,48	6,55
6-7	10,02	7,96	6,92	6,97
7-8	10,29	8,02	6,97	7,06
8-9	9,88	7,91	6,92	6,92
9-10	9,75	7,80	6,82	6,82
10-11	9,75	7,80	6,82	6,82
11-12	9,81	7,85	6,82	6,87
12-13	9,88	7,91	6,87	6,92
13-14	9,75	7,80	6,82	6,82
14-15	9,75	7,80	6,82	6,82
15-16	9,75	7,80	6,82	6,82
16-17	9,88	7,80	6,82	6,82
17-18	10,29	7,91	6,82	6,92
18-19	10,70	8,02	6,87	7,20
19-20	10,63	8,23	6,92	7,49
21-22	10,29	8,56	7,20	7,35
22-23	10,02	7,69	7,49	7,11
23-24	9,36	7,73	7,11	6,62

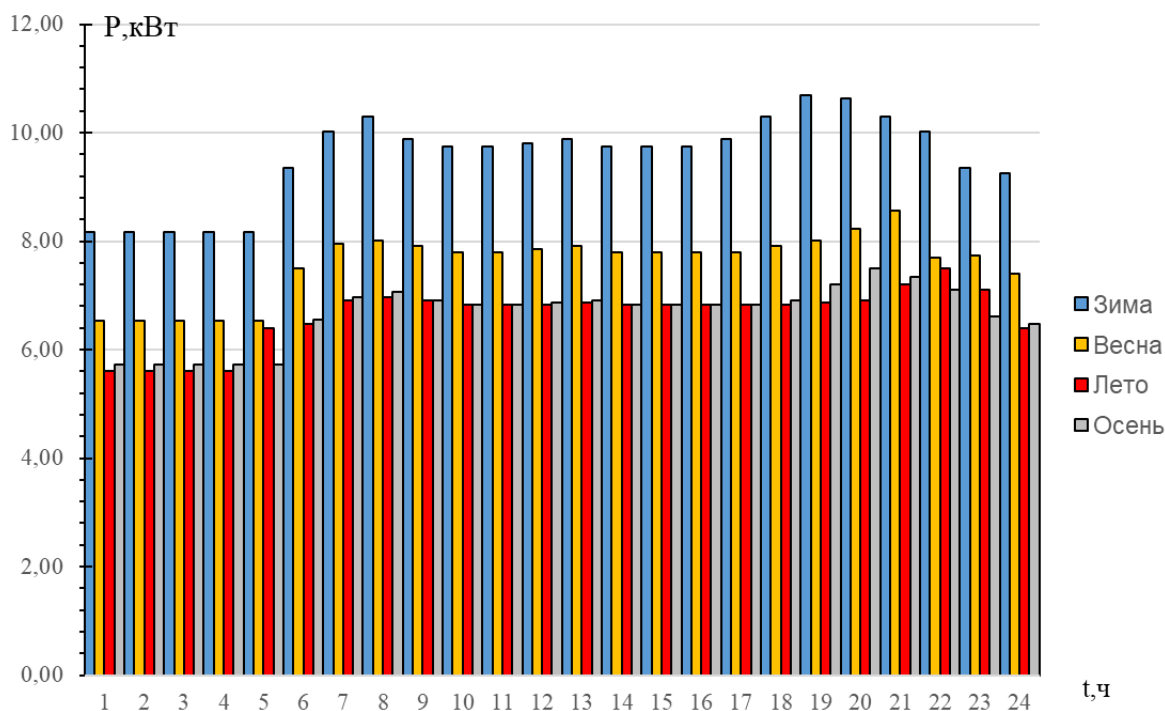


Рисунок.2.4 Суточные графики нагрузок по сезонам

Следующим шагом, станет расчет данных о потреблении электроэнергии.

Потребление электроэнергии за сутки для каждого сезона рассчитывается следующим образом:

$$W_{a.c} = \sum_{i=1}^{24} P_{pi} \cdot \Delta t, \text{ кВт}\cdot\text{ч};$$

где Δt – шаг дискретизация графика нагрузки (1 час)

Формула для расчета годового потребления электроэнергии:

$$W_{a.g} = 365 \cdot (W_{z.c} + W_{v.c} + W_{l.c} + W_{o.c}), \text{ кВт}\cdot\text{ч};$$

Итог по расчету потребления электроэнергии заносим в таблицу 2.5

Таблица 2.5 – Потребление электрической энергии по сезонам

Сезон	Сутки	Год
	$W_a, \text{кВт}\cdot\text{ч}$	$W_a, \text{кВт}\cdot\text{ч}$
Зима	229,28	83688,95
Весна	182,17	66491
Лето	159,55	58236
Осень	160	58400

В данном разделе была определена площадь объекта электроснабжения, выбраны потребители электрической энергии после был проведен расчет энергетических характеристик, установлена расчетная активная мощность равная 10,7 кВт, построены суточные графики электрических нагрузок. По рисунку 2.1 видно, что в зимний период увеличивается электрическая нагрузка, а также происходит смещение точек утреннего и вечернего максимумов. Из графиков нагрузки также делаем вывод: наибольшее потребление составляет в зимний период, потребление относительно равномерное в течение дня и снижается к ночному времени.

2.3 Расчёт гидроэнергетического потенциала реки Анзас

Для определения энергетических показателей реки Анзас, на основании которых возможно определить параметры проектируемой малой ГЭС, проводится водно-энергетический расчет.

Предварительное расположение створа на реке Анзас было выбрано в Главе 1 пункта 1.4. Устье реки находится в 148 км по правому берегу реки Мрассу. Длина реки составляет 15 км. Приток – Атаягаш. При этом Анзас не имеет притоков ниже выбранного створа, таким образом можно допустить, что гидрографы расходов в реке в устье и в выбранном створе будут отличаться незначительно.

Поскольку никаких гидрологических измерений на реке Анзас не проводилось, для определения среднегодового расхода воды воспользуемся формулой для перехода от модуля стока к расходу воды по формуле:

$$Q_{\text{ср.год.}} = \frac{M_0 F}{1000}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

где M_0 – средний многолетний модуль стока, л/с·км².

F – Площадь водосбора, км².

Для определения среднемноголетнего модуля стока необходимо воспользоваться картой распределения норм годового стока рек Кемеровской области (Рисунок. 2.5).

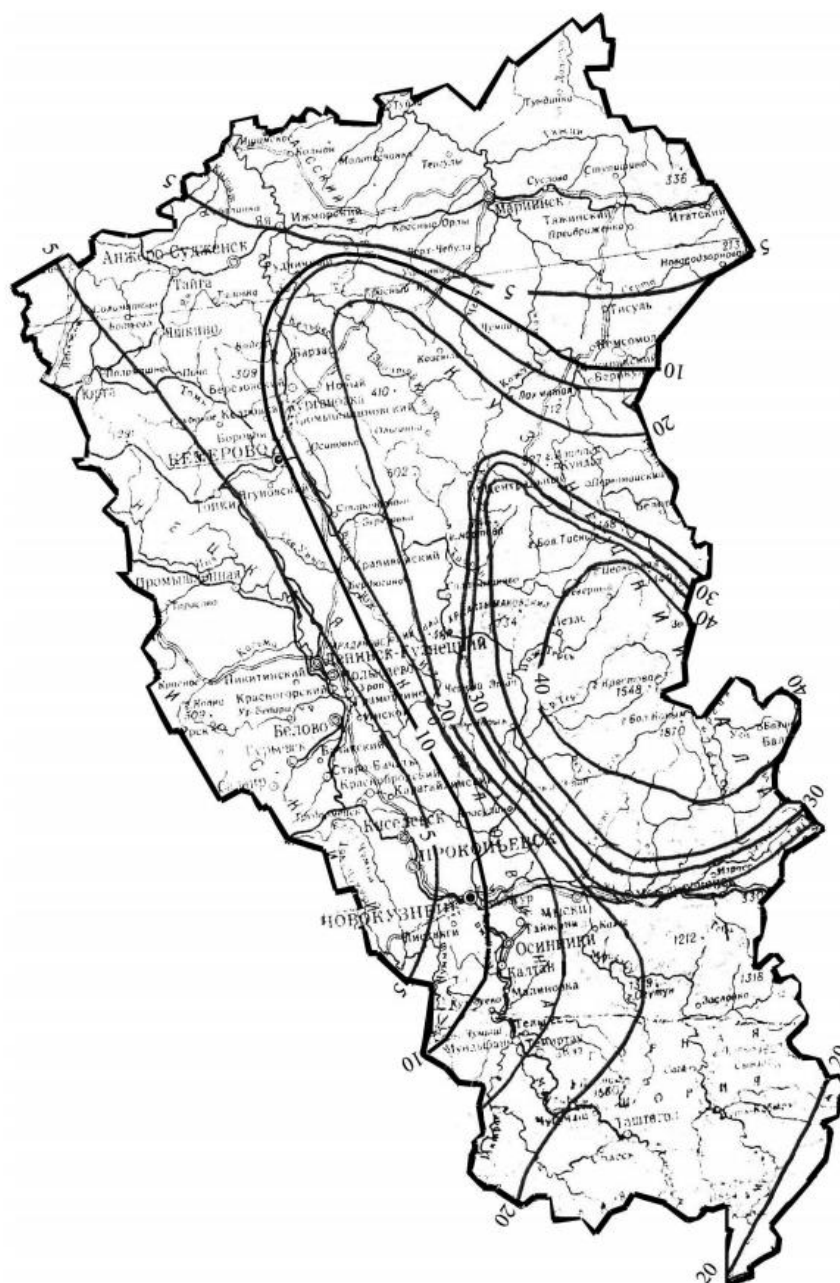


Рисунок 2.5 – Среднемноголетний годовой модуль стока M_0 , л/с·км².

Далее, на карте (рисунок 2.5) находим расположение реки Анзас (рисунок 2.6).

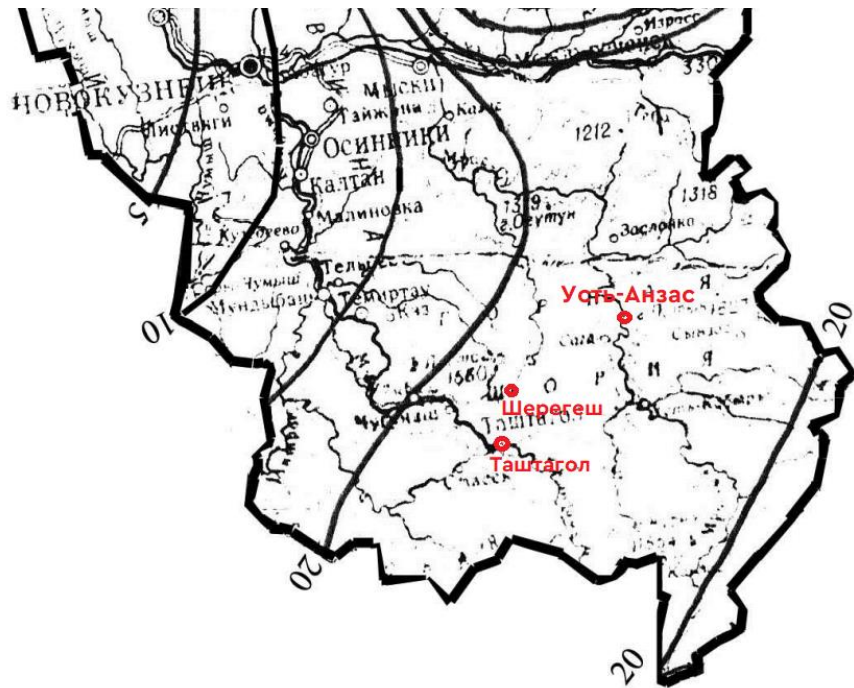


Рисунок 2.6 – Среднемноголетний годовой модуль стока M_0 , л/с·км²

Исходя из рисунка 2.6 делаем вывод, что годовой модуль стока реки Анзас равен 20 л/с·км².

Для определения площади водозабора реки, воспользуемся формулой связи площади водосбора и длины водотока [7]:

$$F = 0,58 \cdot L^{1,78} = 0,58 \cdot 20^{1,78} = 120,02 \text{ км}^2$$

Площадь водосбора получилось равной 120,02 км²

Таким образом определив необходимые данные для расчета среднегодового расхода найдём его по формуле, приведенной выше:

$$Q_{\text{ср.год.}} = \frac{M_0 F}{1000} = \frac{20 \cdot 120,02}{1000} = 2,4, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Распределение стока внутри года по сезонам, количественно характеризуется долей стока разных сезонов в общем объеме стока за год.

Для большинства горных рек Кузбасса репрезентативной является река Мундыбаш (внутригодовое распределение стока представлено на рисунке 2.7), водосбор которой расположен в центральной части Кемеровской области. Для рек равнинной части характерной является река Лебяжья.

Группа водности	Весна	Лето-осень	Зима
Р. Мундыбаш – пгт., Мундыбаш			
25%	70,3	25,8	3,9
50%	74,1	22,5	3,4
75%	79,1	18,0	2,9

Рисунок 2.7 – Распределение внутригодового стока в % по сезонам, для реки Мундыбаш

Следовательно, сопоставим внутригодовое распределение стока реки Мундыбаш [8] с рассматриваемой в проекте рекой Анзас [таблица 2.6], при этом выполним пересчет в м³/с.

Таблица 2.6 – Внутригодовое распределение стока по сезонам в м³/с

Группа водности	Весна	Лето-осень	Зима
р. Анзас – п. Усть-Анзас			
25%	1,69	0,62	0,09
50%	1,78	0,54	0,08
75%	1,90	0,43	0,07

Из таблицы 2.6 делаем вывод о том, что в зимний период расход реки предельно мал, так как река перемерзает и работа микро-ГЭС будет являться не эффективной.

Определив внутригодовое распределение стока, определим оптимальное расположение створа. Для этого необходимо учитывать длину водоподводящих сооружений деривационной микро-ГЭС, а также оптимальный уклон, обеспечивающий необходимую мощность для электроснабжения потребителя.

Рассмотрим предварительно выбранный створ (рисунок 2.8):

Перепад высот или полученный напор равен 12 метров.

Длина водоподводящих сооружений к гидроагрегату составила 330 метров.

При этом на участке профиля 1-2, который равен 111 метрам, перепада высот не происходит, тем самым строительство сооружений таких размеров экономически не целесообразно



Рисунок 2.8 – Характеристики створа №1

Мощность речного потока, при $Q_{\text{ср.год}}$ равна:

$$P = 9,81 \cdot Q \cdot H = 9,81 \cdot 2,4 \cdot 12 = 282,58, \text{ кВт.}$$

Рассмотрим створ №2, в котором уменьшим длину водоподводящих сооружений при этом не снижая напор более 10 метров (рисунок 2.9).

Характеристики створа:

$$L_{\text{водовода}} = 156 \text{ метров.}$$

$$H_{\text{створ}\#2} = 10 \text{ метров.}$$

Мощность водотока при $Q_{\text{ср.год}}$:

$$P = 9,81 \cdot Q \cdot H = 9,81 \cdot 2,4 \cdot 10 = 235,48, \text{ кВт.}$$

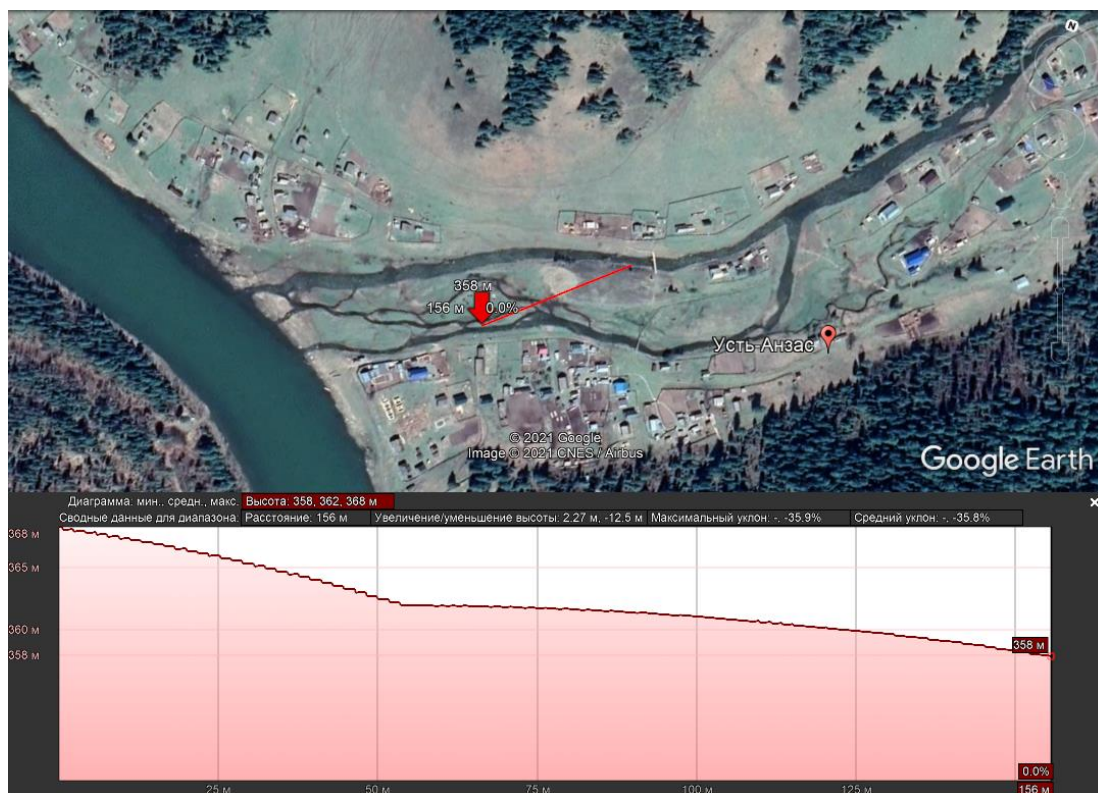


Рисунок 2.9 – Характеристики створа №2

Сравнивая характеристики первого и второго створа, делаем вывод, что в дальнейших расчетах экономически целесообразен будет второй створ, так как увеличение водоподводящих сооружений по мимо увеличения расходного материала, также влияет на потери мощности в самих сооружениях.

Расчет мощности по сезонам приведен в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Расчет мощности при распределении стока по сезонам, кВт.

Группа водности	Весна	Лето-осень
р. Анзас – п. Усть-Анзас		
25%	165,55	60,75
50%	174,49	52,98
75%	186,26	42,39

Необходимая мощность для объекта электроснабжения равна 10,7 кВт.

Мощность речного потока в период межени июнь-июль составит 42,39 кВт.

При этом при проектировании микро-ГЭС необходимо придерживаться условия использования потенциала речного потока. В данном случае на электро-

станцию выделяется не более 30% от всей мощности реки. Таким образом вырабатываемая мощность станции не будет превышать 12,72 кВт, а расход воды на лопастях турбины составит 0,13 м³/с.

Вывод ко второй главе:

Во второй главе был рассмотрен объект электроснабжения, построены его графики нагрузки по сезонам. Проведя анализ внутригодового стока реки, было также выявлено, что в зимний период расходы реки критически малы, следовательно, сезон работы микро-ГЭС будет осуществляться с весны по осень. Рассчитанная максимальная мощность объекта потребления электроэнергии составила 10,7 кВт, при этом минимально вырабатываемая мощность гидроэлектростанцией, в летне-осенний сезон, составляет 12,72 кВт, следовательно, возможно увеличение мощности потребителя, путем установки новых электроприборов, что благоприятно скажется на пребывании туристов на данном объекте.

3. Проектирование электротехнической и строительной части проекта микро-ГЭС. Разработка системы электроснабжения потребителя

3.1 Проектирование гидромеханической части микро-ГЭС

Ориентируясь на номенклатуру гидроагрегатов МНТО ИНСЭТ (рисунок 3.1), и зная минимальный расход летне-осеннего сезона 130 л/с, а также напор выбранного створа 10 метров, определим тип гидроагрегата микро-ГЭС:

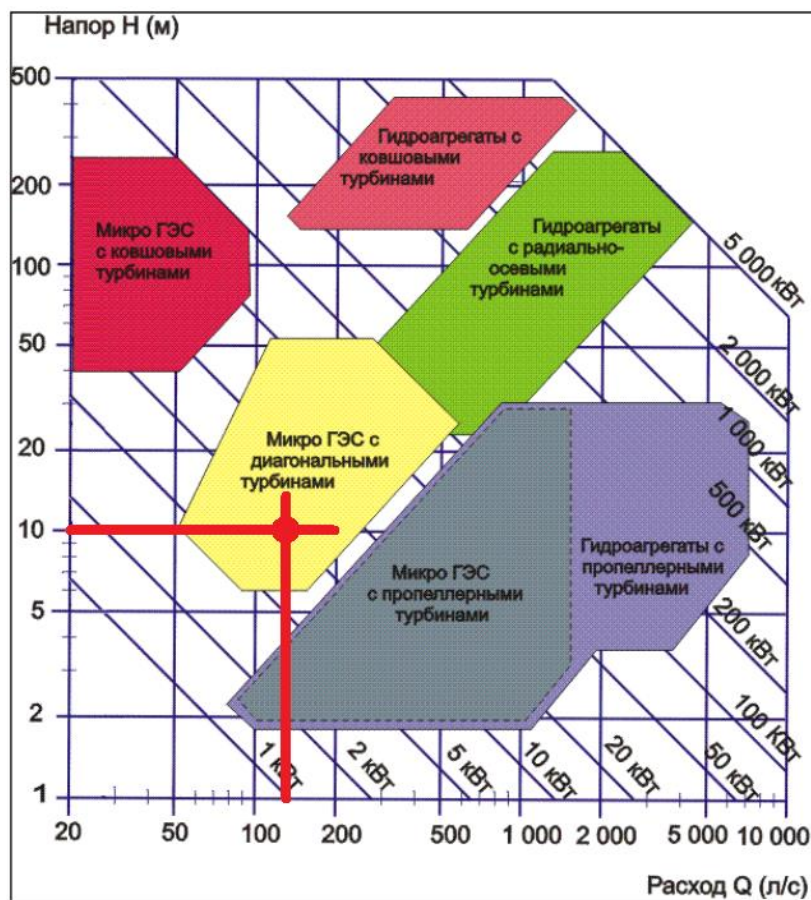


Рисунок.3.1 – Номенклатура гидроагрегатов МНТО ИНСЭТ

Таким образом, в дальнейших расчетах принимаем гидроагрегаты с диагональными турбинами компании МНТО ИНСЭТ, предварительная мощность станции, с учетом проведенных расчетов в пункте 2.3 принимается равной 12,7 кВт.

На данный момент в каталоге МНТО ИНСЭТ представлены следующие турбины диагонального типа (рисунок 3.2):

Параметры	Микро-ГЭС-20ПрД
Мощность, кВт	10-20
Напор, м	8-18
Расход воды, м ³ /с	0,08-0,17
Частота вращения, об/мин	1500
Номинальное напряжение, В	400
Диаметр рабочего колеса, мм	200
Стоимость, тыс.руб.	1600
Сроки поставки, мес.	8

Рисунок 3.2 – Характеристики диагональных турбин в каталоге ИНСЭТ

Исходя из рисунка 3.2, для дальнейших расчетов принимается гидроагрегат Микро-ГЭС-20ПрД [9]

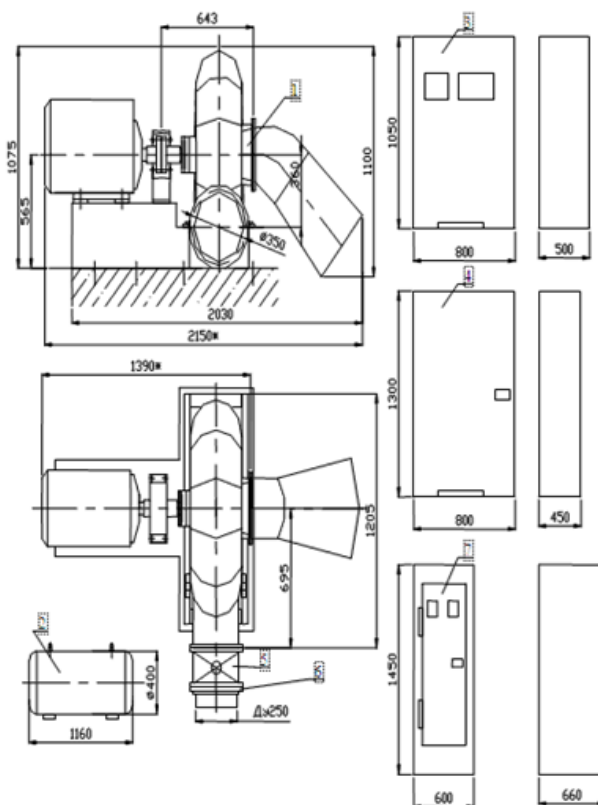
Чтобы покрыть мощность станции в 10,7 кВт потребуется 1 гидроагрегат общей стоимостью 1600 тыс.руб.

Микро-ГЭС-20ПрД состоит из (рисунок 3.3):

1) Энергоблока, в состав которого входит гидравлическая турбина и асинхронный двигатель используемый в качестве генератора, расположенного на опорной раме

2) Блока балластной нагрузки, состоящий из шкафа, внутри которого расположены термоэлектрические нагреватели. (поставляется с водяным либо воздушным охлаждением)

3) Устройства автоматического регулирования, необходимого для управления и защиты энергоблока. УАР обеспечивает возбуждение асинхронного генератора и автоматическое регулирование вырабатываемого напряжения и частоты. Также УАР обеспечивается защиту от перегрузки, перенапряжения и короткого замыкания



1. Энергоблок
2. Блок балластной нагрузки
3. Устройство автоматического регулирования (УАР)
4. Устройство возбуждения (УВ)
5. Затвор
6. Фланец
7. Шкаф генераторного ввода (ШГВ)

Рисунок 3.3 – Конструктивное исполнение Микро-ГЭС 20ПрД

3.2 Разработка гидротехнической части проекта

Определение местоположения здания деривационной ГЭС на турбинном трубопроводе, уточнение длины напорного трубопровода

Машинное здание деривационной ГЭС строят непосредственно у склона. В ряде случаев здание располагают в глубокой выемке. Увеличение объёмов работ по сооружению выемки и отводящего канала окупается за счёт уменьшения длины турбинных трубопроводов [10].

При помощи программы Google Earth, был построен профиль рельефа выбранного створа (рисунок 3.5). На профиле нанесены отметки верхнего и нижнего бьефа (ВБ, НБ), отмечена длина напорного трубопровода ($l_{\text{труб}}$) равная 150 метрам, а также расположение строительной площадки, где будет располагаться здание ГЭС. Ширина строительной площадки (а) равна 10 метрам

На рисунке 3.4 приведен план машинного здания деривационной ГЭС

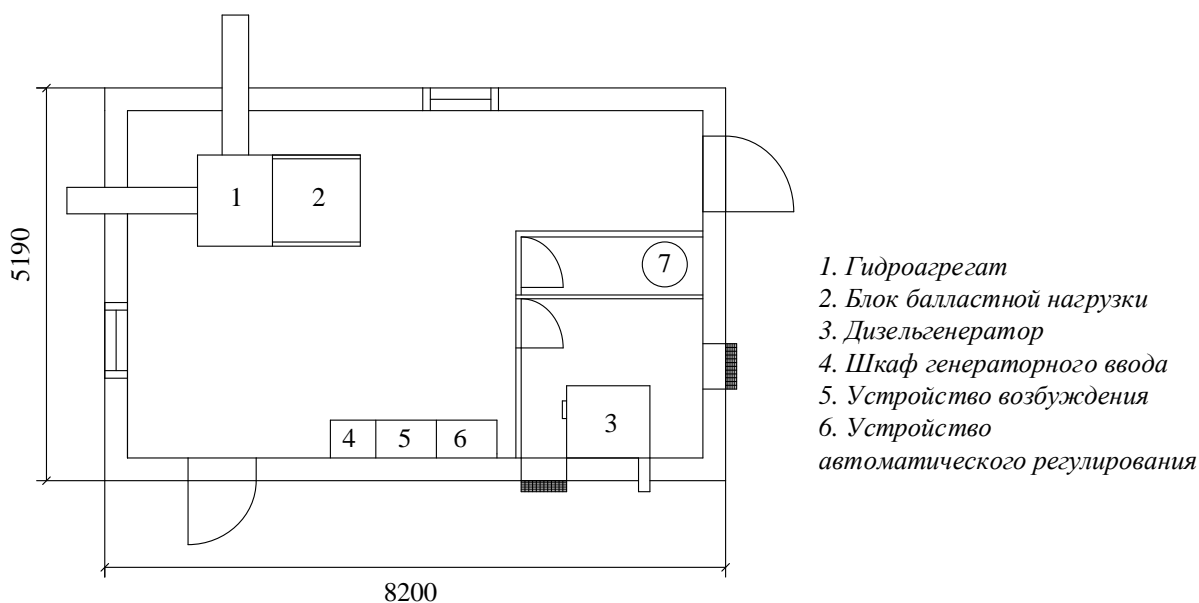


Рисунок 3.4 – Предварительный план машинного здания деривационной ГЭС

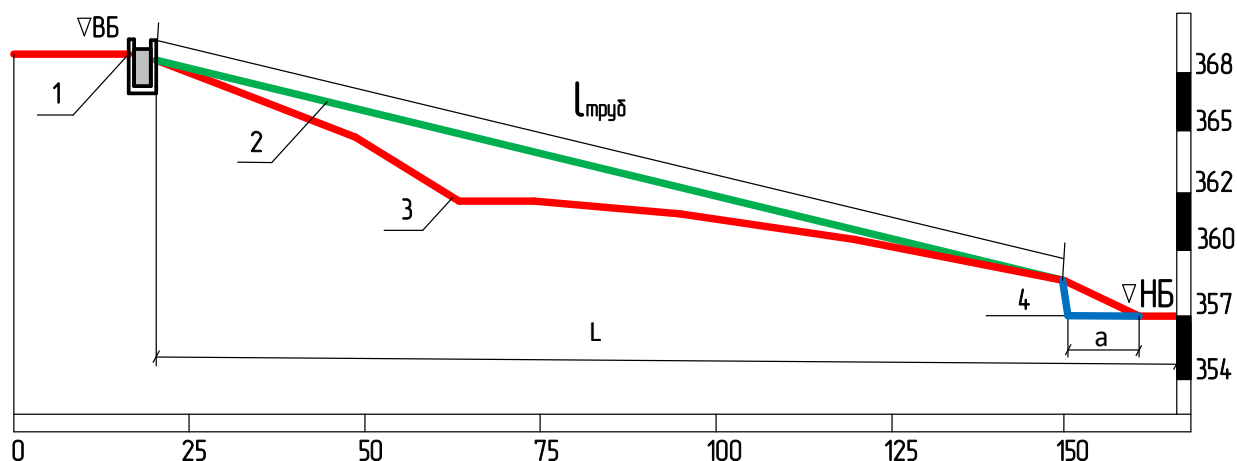


Рисунок 3.5 – Продольный профиль по трассе турбинного трубопровода и отводящего канала: 1- напорный бассейн, 2 – напорный трубопровод, 3 – профиль рельефа, 4- строительная площадка и дно отводящего канала.

3.2.1 Расчёт диаметра напорного трубопровода

При проектировании подводящего напорного трубопровода, критически важным параметром является его диаметр, от которого зависят гидравлические потери в трубопроводе, удобство его монтажа и последующей эксплуатации.

Последовательность расчета диаметра трубопровода проводим в следующей последовательности:

1. Определим допустимую скорость течения воды в трубопроводе согласно формуле [11]:

$$V_{T.T} = (0,5...1,0) \cdot \sqrt{H_{ГЭС}}$$

где $H_{ГЭС}$ – параметр напора гидроэлектростанции, заданный без потерь на трение.

2. Дальнейшим шагом станет определение минимального и максимального диаметра, что даст возможность вариации для выбора подходящего турбинного трубопровода:

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_T}{0,5\pi \cdot \sqrt{H_{ГЭС}}}} = \sqrt{1,27 \cdot \frac{Q_T}{\sqrt{H_{ГЭС}}}} = \sqrt{1,27 \cdot \frac{0,13}{\sqrt{10}}} = 0,228 \text{ м,}$$

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_T}{\pi \cdot \sqrt{H_{ГЭС}}}} = \sqrt{2,55 \cdot \frac{Q_T}{\sqrt{H_{ГЭС}}}} = \sqrt{2,55 \cdot \frac{0,13}{\sqrt{10}}} = 0,363 \text{ м,}$$

где Q_T – расход, приходящий на одну турбину.

Зная значения минимально необходимого и максимального диаметра, выбираем материал трубопровода и его производителя.

В проектах малых ГЭС с середины XX века, напорные водоводы почти всегда выполнялись из стальных труб, но в настоящее время, с целью экономии и удобства транспортировки, монтажа применяют современные полиэтиленовые трубы ПНД 100, компании ООО “ПТК”.

Для предварительного расчета примем к установке трубу ПНД ПЭ100 для воды и газа SDR11 диаметром 315 мм (рисунок 3.6) [10].



Рисунок 3.6 – Труба ПЭ100 для воды и газа SDR11

Чтобы уточнить диаметр турбинного трубопровода, необходимо учесть гидравлические потери, которые возникают при протекании воды по трубопроводу. При этом учитываем, что потери существенно влияют на конечную величину напора.

Для расчета, воспользуемся формулой Дарси-Вейсбаха [11]:

$$\Delta H = 1,1\lambda \frac{l_{mp}}{D_{ст}} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

где 1,1 – численный коэффициент, влияющий на местные потери в водозаборе;

$D_{ст}$ – предварительный диаметр напорного трубопровода, м;

$l_{тр}$ – длина напорного трубопровода, м;

v – скорость потока воды в трубе, м/сек;

λ – коэффициент сопротивления по длине водовода.

Для пластмассовых труб коэффициент сопротивления по длине водовода [13]:

$$\lambda = \frac{0,01344}{(D_{cm} \cdot V)^{0,226}}$$

Следовательно, гидравлические потери в напорном трубопроводе составят:

$$\begin{aligned} \Delta H &= 1,1\lambda \frac{l_{mp}}{D_{cm}} \cdot \frac{V^2}{2g} = 1,1 \cdot \frac{0,01344}{(D_{cm} \cdot V)^{0,226}} \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot 9,81} = \\ &= 0,7535 \cdot 10^{-3} \cdot l \cdot \frac{V^{1,774}}{D_{cm}^{1,226}} = 1,1566 \cdot 10^{-3} \cdot l \cdot \frac{Q^{1,774}}{D_{cm}^{4,774}} = \\ &= 1,1566 \cdot 10^{-3} \cdot 150 \cdot \frac{0,13}{0,315^{4,774}} = 1,155 \text{ м} \end{aligned}$$

Напор на турбине Микро-ГЭС-20ПрД после расчета потерь равен 8,845 метров.

В условиях, когда расход воды ограничен, мощность, вырабатываемая генератором будет максимальной, только в том случае, когда потери напора будут стремиться к нулю. При этом потери уменьшаются при увеличении диаметра.

По рассчитанным допустимым параметрам трубы есть возможность увеличить диаметр напорного трубопровода до 355 мм из каталога производителя [10], значительно уменьшив потери.

Для дальнейшего проектирования, примем к установке трубу ПНД ПЭ100 для воды и газа SDR11 диаметром 355 мм [10].

В результате потери на напорном трубопроводе (ΔH) составят 0,65 метров, а напор увеличится, по сравнению с первым выбранным вариантом, до 9,35 метров.

3.2.2 Разработка плана напорного бассейна

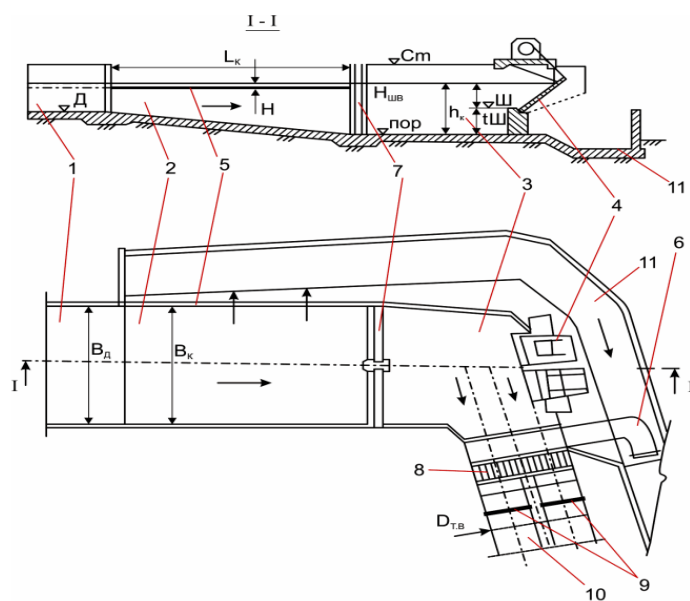
Для функциональной работы гидроагрегата, необходимо чтобы напорный трубопровод был полностью заполнен водой, так как в этом случае создается необходимое давление перед турбиной.

Эта задача, решается путем строительства перед трубопроводом, напорного бассейна (рисунок 3.7) [13].

Важно понимать, что у конструкции бассейна существуют определенные критерии:

- Обязательное наличие сороудерживающей решетки, которая выполняет функцию защиты рабочего колеса от попадания в нее кусков льда, крупных наносов и различного мусора.

- Наличие аварийных сбросов воды при возникновении чрезвычайной ситуации



1. Деривационный канал;
2. Аванкамера;
3. Водоприёмник;
4. Шугосброс;
5. Аварийный водослив;
6. Промывная галерея;
7. Шандорный паз;
8. Сороудерживающая решетка;
9. Затвор;
10. Турбинные трубопроводы;
11. Холостой водосброс.

Рисунок 3.7 – Схема напорного бассейна

Для дальнейшего проектирования, необходимо рассчитать размеры аванкамеры

Ширина аванкамеры по верху, принимается равной ширине деривационного канала, м.

$$B_k \geq (1,4 \dots 1,6) n_{a.z} D_{m.e},$$

$$B_k \geq (1,4 \dots 1,6) \cdot 1 \cdot 0,355,$$

$$B_k \geq 0,5325$$

где $n_{aг}$ – количество турбин, шт;

$D_{т.в}$ – расчетный диаметр турбинного водовода, м.

Длину аванкамеры рассчитываем по: формуле

$$L_k = (1,5 \dots 2,0) \cdot B_k = 1,75 \cdot 0,5325 = 0,931, \text{ м.}$$

По условию допустимой скорости течения в трубопроводе, проведем расчет глубины воды в аванкамере по формуле:

$$h_k = \frac{Q_{гэс}}{B_k V_k} + \Delta_z = \frac{0,13}{0,5325 \cdot 1} + 0,5 = 0,744 \text{ м,}$$

где $Q_{гэс}$ – расход гидротурбины, м³/с;

V_k – допустимая скорость при подходе к сооружаемым решёткам, по рекомендациям [13];

$$\Delta_z = 0,5, \text{ м.}$$

Последним шагом при расчете напорного бассейна станет нахождение отметки порога в конце аванкамеры:

$$\nabla_{пор} = \nabla_{УНБ} + H_{брутто} - h_k = 357 + 9,35 - 0,744 = 365,606 \text{ м}$$

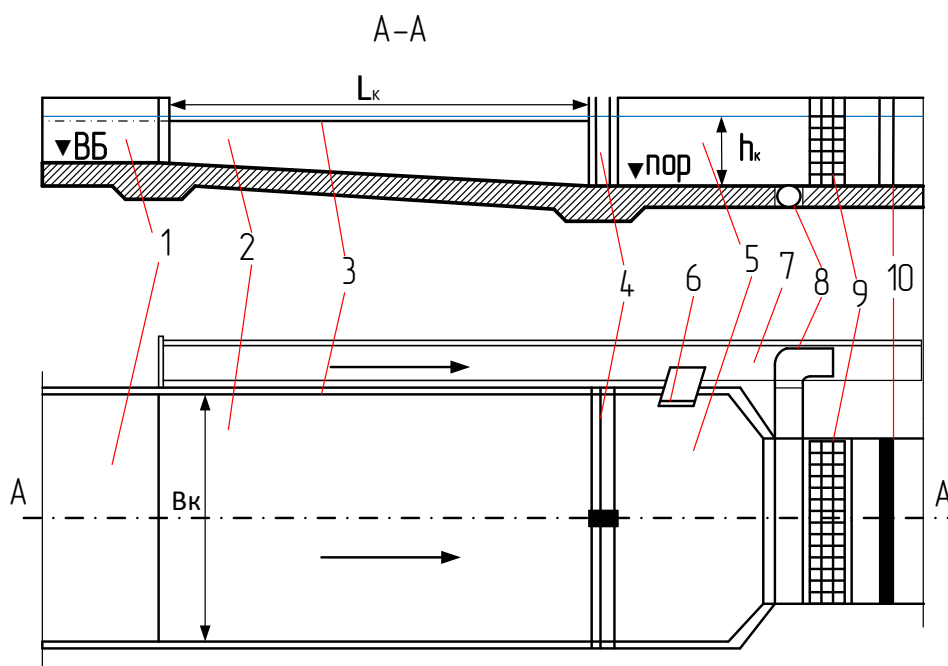


Рисунок 3.8 – Проектируемый напорный бассейн микро-ГЭС : 1- водоподводящий канал; 2) аванкамера; 3) водослив; 4) шандорный паз; 5) водоприёмник; 6) шугосброс; 7) холостой водосброс 8) промывная галерея 9) Сороудерживающая решетка 10) затвор

3.3 Выбор дизельного генератора

В данном проекте, дизель генератор выполняет функцию гарантированного источника питания для аварийных ситуаций связанных с микро-ГЭС.

Мощность объекта электроснабжения составляет 10,7 кВт, следовательно, необходимо подобрать дизель-генератор, способный нести всю нагрузку потребителя. На рисунке 3.9 представлены характеристики выбранного дизель-генератора ТСС АД-12С-Т400 мощностью 12 кВт.

Номинальная мощность	кВт	12
Номинальная мощность	кВА	15
Коэффициент мощности	о.е	0,8
Напряжение	В	400/230
Частота	Гц	50
Номинальный ток	А	22
Расход топлива при 75% мощности	л/ч	2,5
Исполнение	Контейнер	-
Габаритные размеры	Д;Ш;В; мм	3000х2300х2470

Рисунок 3.9 – Характеристики дизель-генератора ТСС АД-12С-Т400

Также при выборе дизель-генератора необходимо учесть требования представленные ниже:

- Мощность всех дизельных установок должна быть больше суточного максимума нагрузки на 25%

- Степень загруженности не должна превышать 90% относительно номинальных значений

Для дальнейшего расчета технико-экономических показателей, необходимо оценить зависимость расхода топлива ДЭС от степени его загрузки.

Расчет проводим для весеннего сезона, как наиболее нагруженного периода.

Алгоритм расчета проведем для первого часа графика нагрузки (рисунок 2.4):

1) Определяем выработку электрической энергии дизель-генератором:

$$\mathcal{E}_{вырi} = P_{потрi} \cdot t_i = 6,54 \cdot 1 = 6,54, \text{ кВт}\cdot\text{ч};$$

2) Производим расчет режимного коэффициента (учитывающий изменение расхода топлива, когда генератор работает под нагрузкой меньше номинальной)

$$K_{режi} = 0,87 + 0,13 \cdot \frac{P_{ном}}{P_{потi}} = 0,87 + 0,13 \cdot \frac{12}{6,54} = 1,108, \text{ о.е.};$$

3) Учтём коэффициент износа, который учитывает капитальный ремонт, проводящийся с данным дизель-генератором. Принимается по методическим указаниям $K_{изн} = 1,05$ о.е.;

4) Последним этапом станет расчет абсолютного расхода топлива выбранной дизель-генераторной установки, в определенный момент времени графика нагрузки:

$$G_i = g_{ном} \cdot K_{изн} \cdot K_{режi} \cdot \mathcal{E}_{вырi} \cdot 10^{-3} = 171 \cdot 1,05 \cdot 1,108 \cdot 6,54 \cdot 10^{-3} = 1,3, \text{ кг.}$$

где $g_{ном}$ – удельный расход топлива дизелем при номинальной мощности (по паспортным данным), г/кВт·ч;

При использовании в расчетах графиков электрических нагрузок с часовой дискретизацией, суточный расход топлива ДЭС ($G_{сут}$, кг) определяется по формуле:

$$G_{сут} = \sum_{i=1}^{24} G_i,$$

Результат расчета сведем в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Данные расчета для зимнего периода

Т,ч	G _{зим} , кг	Т,ч	G _{зим} , кг
1	1,30	13	1,52
2	1,30	14	1,50
3	1,30	15	1,50
4	1,30	16	1,50
5	1,30	17	1,50
6	1,45	18	1,52
7	1,52	19	1,53
8	1,53	20	1,57
9	1,52	21	1,62
10	1,50	22	1,48
11	1,50	23	1,49
12	1,51	24	1,44

Потребление топлива в течении суток составит 35,18 кг, за сезон 3160 кг.

3.4 Разработка структурной схемы системы электроснабжения

Перед разработкой схемы, необходимо разделить имеющиеся электроприёмники по разным группам. Разделение на группы позволяет распределить нагрузку, обеспечить безопасность при эксплуатации электроприёмников, а также для удобства использования.

Согласно рисунку 1.6 [15] произведем расстановку розеточной сети под каждый электроприбор, а также распределим по группам сеть освещения коттеджа (рисунки 3.10-3.11).

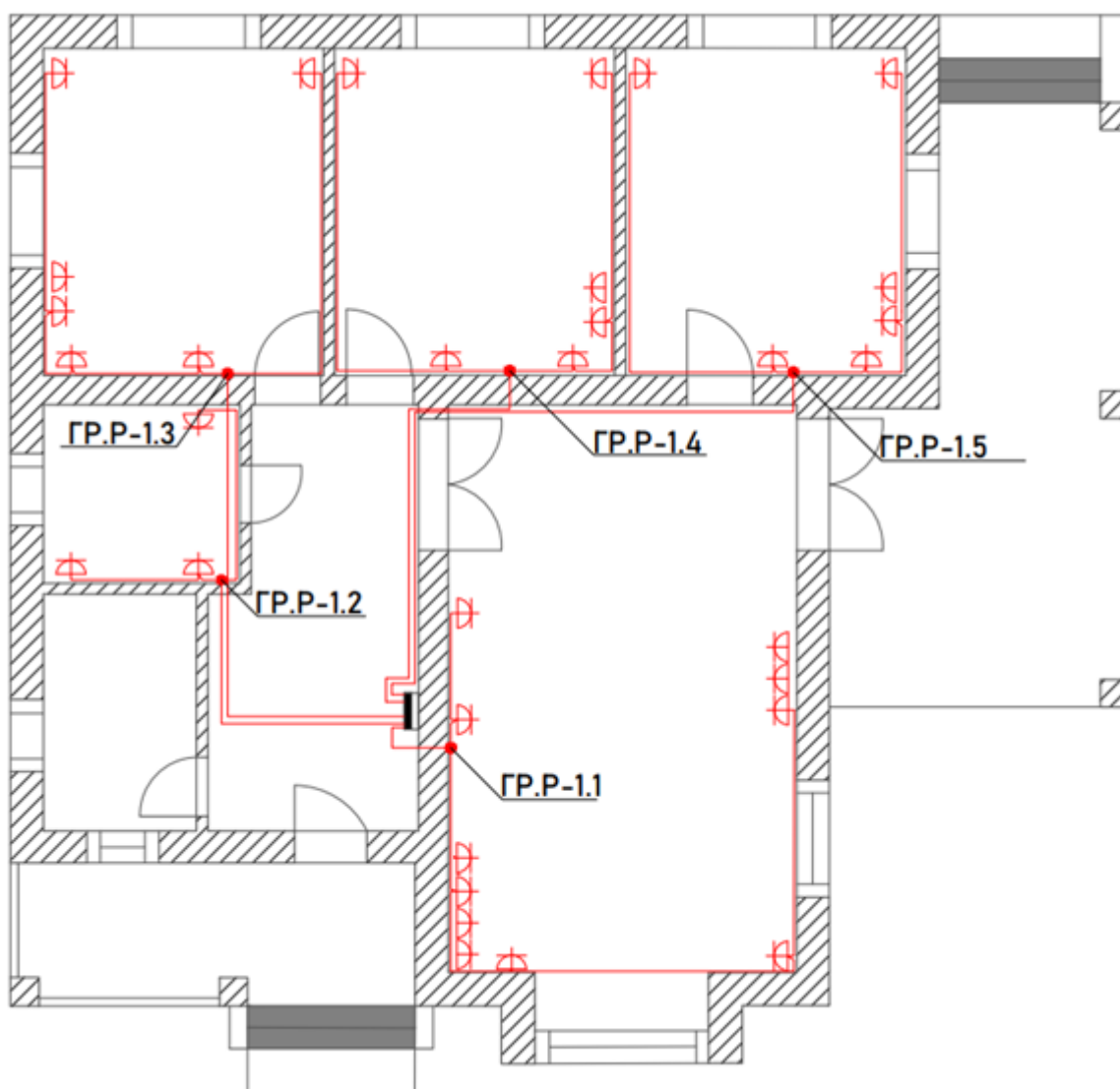


Рисунок 3.10 – Схема расположения розеточной сети в помещениях коттеджа

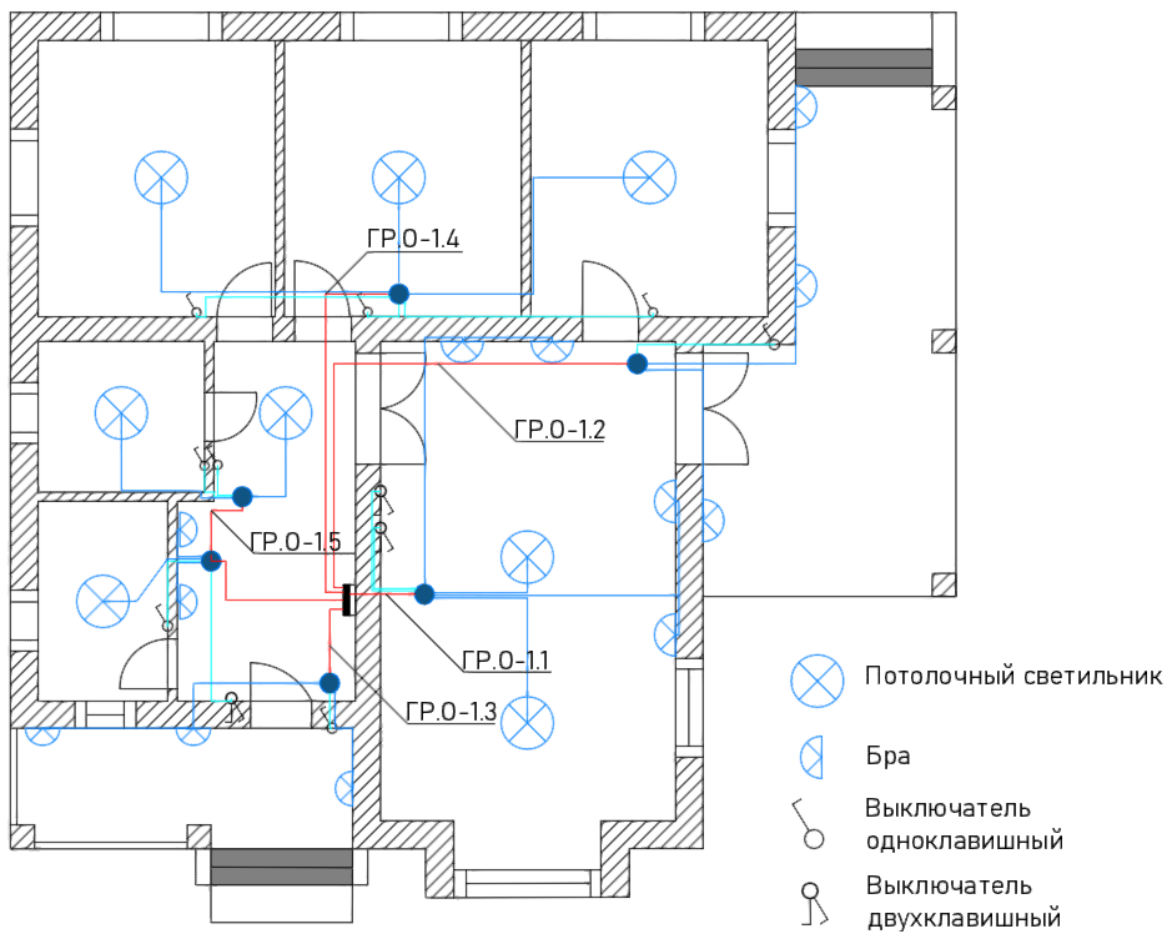


Рисунок 3.11 – Схема расположения осветительной нагрузки в помещениях коттеджа

Таблица 3.2 – Расчет электроприёмников по распределенным группам

Обозначение	Наименование	Установленная мощность	Коэффициенты			Расчетная мощность		Расчетный ток
		Руст, кВт	Kс	Kи	Cosφ	Активная Pp, кВт	Полная, кВА	Ip, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9
QSF1 (Кухня столовая и гостиная)	Холодильник	1,7	1,0	0,5	0,95	0,85	0,89	2,72
	Чайник	1,45	0,2	1,0	0,95	0,29	0,31	2,32
	СВЧ печь	1,2	0,2	1,0	1,0	0,24	0,24	1,82
	Вытяжка	0,5	0,3	0,8	0,8	0,12	0,15	0,95
	Телевизор (кухня)	0,1	0,6	1,0	0,8	0,06	0,08	0,19
	Доп. розетки кухни	0,8	0,8	0,6	0,85	0,384	0,45	1,43
	Телевизор(гостиная)	0,8	0,4	0,95	0,95	0,304	0,32	1,28
Доп. розетки гостиной	1,0	0,8	0,6	0,85	0,48	0,56	1,79	
Суммарный ток QF1								12,50
QSF2 (Санузел)	Стиральная машина №1	2,0	0,8	0,6	1,0	0,96	0,96	3,04
	Стиральная машина №2	2,0	0,9	0,6	1,0	1,08	1,08	3,04
	Гидромассажная ванна	1,0	0,8	0,8	0,8	0,64	0,8	1,90
Суммарный ток QF2								7,98
	2	3	4	5	6	7	8	9
QSF3(Спальня №1)	Фен	1,6	0,1	0,9	0,95	0,07	0,08	2,56
	Кондиционер	2,5	0,7	0,8	0,75	1,40	1,87	5,06
	Телевизор	0,1	0,6	1,0	0,8	0,06	0,08	0,19
	3 дополнительные розетки	0,3	0,8	0,6	0,85	0,14	0,17	0,54
Суммарный ток QF3								8,35

Окончание таблицы 3.2

QSF4 (Спальня №2)	Фен	1,6	0,1	0,9	0,95	0,07	0,08	2,56
	Кондиционер	2,5	0,7	0,8	0,75	1,40	1,87	5,06
	Телевизор	0,1	0,6	1,0	0,8	0,06	0,08	0,19
	3 дополнительные розетки	0,3	0,8	0,6	0,85	0,14	0,17	0,54
Суммарный ток QF4								3,32
QSF5 (Спальня №3)	Фен	1,6	0,1	0,9	0,95	0,07	0,08	0,12
	Кондиционер	2,5	0,7	0,8	0,75	1,40	1,87	2,84
	Телевизор	0,1	0,6	1,0	0,8	0,06	0,08	0,11
	3 дополнительные розетки	0,3	0,8	0,6	0,85	0,14	0,17	0,26
Суммарный ток QF5								3,32
QF6	Освещение гостиной	0,06	0,8	0,8	0,85	0,04	0,04	0,06
QF7	Освещение террасы	0,05	0,8	0,8	0,85	0,03	0,04	0,06
QF8	Освещение наружное	0,05	0,8	0,8	0,85	0,03	0,04	0,06
QF9	Освещение спален	0,06	0,6	0,6	0,85	0,02	0,03	0,06
QF10	Освещение прихожей	0,05	0,8	0,8	0,85	0,03	0,04	0,06

3.4.1 Расчет сечений токопроводящих жил и выбор марки кабеля

При разработке внутреннего электроснабжения объекта (проект электропроводки), необходимо, в первую очередь, определиться с типом используемого кабеля, а также рассчитать его сечение. При этом, необходимо соблюдать определенные условия:

- Выбранные проводники должны проводить электрический ток при этом не нагреваясь;
- Выдерживать кратковременные перегрузки;
- В проводнике, падение напряжения, должно находиться в установленных ПУЭ пределах [18]
- Выбор типа провода, производить с учетом предварительно выбранного места прокладки и способа монтажа, категории помещения, а также с учетом влияния внешней среды.

Согласно ПУЭ « для внутренней электропроводки коттеджей используют провода и кабели с медными жилами, выполненными по трёх- либо пяти проводной системе» [18].

В связи с этим, для внутреннего электроснабжения электроприёмников, выбираем кабель марки ВВГнгLS:

- Количество и тип жилы: 3 медные жилы;
- Пониженной горючести – нг
- При возгорании в атмосферу выделяется небольшое количество отравляющих веществ, в результате плавления изоляции

Для внешнего электроснабжения, с учетом прокладки кабеля в земле, по рекомендациям Шеховцова [19, табл.3.1.2] выбран кабель марки ВББШв.

После выбранной марки кабеля, необходимо определиться с сечением, для этого необходимо соблюсти условие:

Допустимый номинальный ток нагрузки кабеля, при температуре +25 °С должен быть больше максимально расчетного тока нагрузки:

$$I_{д.н} \geq I_{р.мах}$$

При этом необходимо учитывать, что допустимый ток проводника, проектируемого для внутренней проводки, зависит от способа прокладки кабеля в помещении и влияния рядом проложенных проводников.

Таким образом, в расчет максимального тока нагрузки необходимо ввести коэффициенты, тогда формула примет вид:

$$I_{\text{дм}} \geq \frac{I_{\text{р.макс}}}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3},$$

где K_1 – коэффициент учитывающий температуру окружающей среды, отличной от 25°C;

K_2 – коэффициент зависящий от способа прокладки кабеля;

K_3 – коэффициент учитывающий влияние рядом проложенных проводников.

При выборе сечения питающего кабеля проложенного в земле от здания микро-ГЭС необходимо учитывать следующие факторы:

- Влияние температуры земли β_1 ;
- Влияние способа прокладки кабеля β_2 ;
- Действие на кабель проложенных рядом проводников β_3 ;
- Учесть свойства и в каком состоянии находится почва β_4 ;

Формула для расчета тока нагрузки проводника принимает вид:

$$I_{\text{дм}} \geq \frac{I_{\text{р.макс}}}{\beta_1 \beta_2 \beta_3 \beta_4},$$

Таким образом, используя описанные выше рекомендации проведем расчет сечений кабеля для внутреннего и внешнего электроснабжения.

Производим выбор коэффициентов, принимаем температуру окружающей среды в коттедже $t_{\text{о.с}} = +25^\circ\text{C}$, температура почвы $t_{\text{п}} = +15^\circ\text{C}$:

1) для кабелей в поливинилхлоридной изоляции при $t_{\text{о.с}} = +25^\circ\text{C}$ $K_1=1,0$ [20, табл.5.3]

2) для кабелей в трубах, проложенных в термоизолирующем материале (штукатурке) $K_2 = 0,77$ [20]

3) для одного кабеля, проложенного в стене $K_3 = 1,0$ [20, табл.5.4] для двух кабелей, проложенных в стене $K_3 = 0,8$ [20, табл.5.4]

4) для кабелей в поливинилхлоридной изоляции при указанной температуре почвы $t_{\text{п}} = + 15^{\circ}\text{C}$, $\beta_1 = 1,05$ [20, табл.5.5]

5) для кабелей, непосредственно проложенных в земле $\beta_2 = 1,0$ [20]

6) для одного кабеля, проложенного в монолите в один слой $\beta_3 = 1,0$ [20]

7) для сырой почвы проложен $\beta_4 = 1,05$ [20].

Формулы для расчета проводников принимают вид:

- для проводников коттеджа:

$$I_{\text{дм}} \geq \frac{I_{\text{р.макс}}}{1,0 \cdot 0,77 \cdot 0,88},$$

- для кабеля внешнего электроснабжения

$$I_{\text{дм}} \geq \frac{I_{\text{р.макс}}}{1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,05},$$

Результаты расчетов и выбор проводников сведём в таблицу 3.3

Таблица 3.3 – Сводная таблица выбранных проводников

Группа эл.приемников	Наименование розеточной сети/освещения	$I_{\text{доп.}}^{\text{расчетное}}$ А	Марка кабеля, кол-во и сечение жил, мм ²	$I_{\text{доп.}}$ А
QSF1	Розеточная сеть гостиной	18,44	ВВГнг-LS 3x2,5	21
QSF2	Розеточная сеть санузла	11,77	ВВГнг-LS 3x2,5	21
QSF3	Розеточная сеть спальни №1	12,32	ВВГнг-LS 3x2,5	21
QSF4	Розеточная сеть спальни №2	12,32	ВВГнг-LS 3x2,5	21
QSF5	Розеточная сеть спальни №3	12,32	ВВГнг-LS 3x2,5	21
QF6	Освещение гостиной	0,15	ВВГнг-LS 3x1,5	15
QF7	Освещение террасы	0,13	ВВГнг-LS 3x1,5	15
QF8	Освещение наружное	0,13	ВВГнг-LS 3x1,5	15
QF9	Освещение спален	0,17	ВВГнг-LS 3x1,5	15
QF10	Освещение прихожей	0,14	ВВГнг-LS 3x1,5	15
QF-Н	Вводной автомат	17,52	ВБШв 4x10	73
QF1-Н1	ББН	19,21	ВБШв 4x10	73

3.4.2 Расчет и выбор аппаратов защиты

После выбора марки кабеля и его сечения, необходимо произвести расчет защитного устройства, которое обеспечит безопасность электроприборов и самого проводника от перегрузки.

При этом необходимо придерживаться следующего условия, допустимый номинальный ток защитного устройства должен быть больше допустимого номинального тока нагрузки проводника:

$$I_{н.з} \geq I_{д.н},$$

Также, необходимо учитывать температуру окружающей среды, так как температура оказывает прямое воздействие на автоматический выключатель, в частности на терморасцепитель. Так, если температура превысит +30°C, произойдет ложное срабатывание защиты.

Следовательно, при выборе аппаратов защиты, необходимо учесть температурный коэффициент K_t :

$$I_{н.з} \geq I_{н.р} \cdot K_t,$$

где K_t – температурный коэффициент

На рисунке 3.12 представлены величины коэффициента K_T зависящие от температуры окружающей среды для автоматических выключателей.

$t, ^\circ\text{C}$	20	30	35	40	45	50	55	60
K_t	1,05	1,0	0,97	0,95	0,92	0,89	0,87	0,84

Рисунок 3.12 – Значения коэффициента K_T в зависимости от температуры

По имеющимся данным производим расчет и выбор автоматических выключателей. Температуру окружающей среды в коттедже принимаем равной $t_{о.с} = +25 ^\circ\text{C}$. Выбор автоматических выключателей осуществляем по каталогу [17].

Для примера выполним расчет автоматического выключателя QF1:

$$I_{н.а} \geq \frac{I_{н.р}}{K_t} = \frac{6,73}{1,025} = 7 \text{ А.}$$

По каталогу выбираем автоматический выключатель АВДТ32 С16 2Р, характеристика срабатывания расцепителя “С”, номинальный ток 16А.

Таблица 3.4 – Расчет аппаратов защиты (автоматических выключателей)

Обозначение	Наименование автоматического выключателя	Номинальный ток, А	Характеристика срабатывания расцепителя
QSF1	АВДТ32 С16 2Р	16	С
QSF2	АВДТ32 С16 2Р	16	С
QSF3	АВДТ32 С16 2Р	16	С
QSF4	АВДТ32 С16 2Р	16	С
QSF5	АВДТ32 С16 2Р	16	С
QF6	ВА47-29 1Р	0,5	С
QF7	ВА47-29 1Р	0,5	С
QF8	ВА47-29 1Р	0,5	С
QF9	ВА47-29 1Р	0,5	С
QF10	ВА47-29 1Р	0,5	С
QSF-Н	АВДТ34 С20 3Р	25	С
QSF-Н	АВДТ34 С20 3Р	25	С

Для учета электроэнергии проектируемого коттеджа по каталогу [21] принимаем к установке трёхфазный счетчик прямого включения Энергомера СЕ301-Р33. Класс точности – 1.0.

По итогам раздела, составлена однолинейная электрическая схема проектируемого коттеджа (приложение А)

Вывод основного раздела ВКР

В результате проведенной апробации на примере микроГЭС на реке Анзас, был составлен алгоритм (рисунок 4.1), который позволит спроектировать подобные микроГЭС в зонах с децентрализованным электроснабжением:

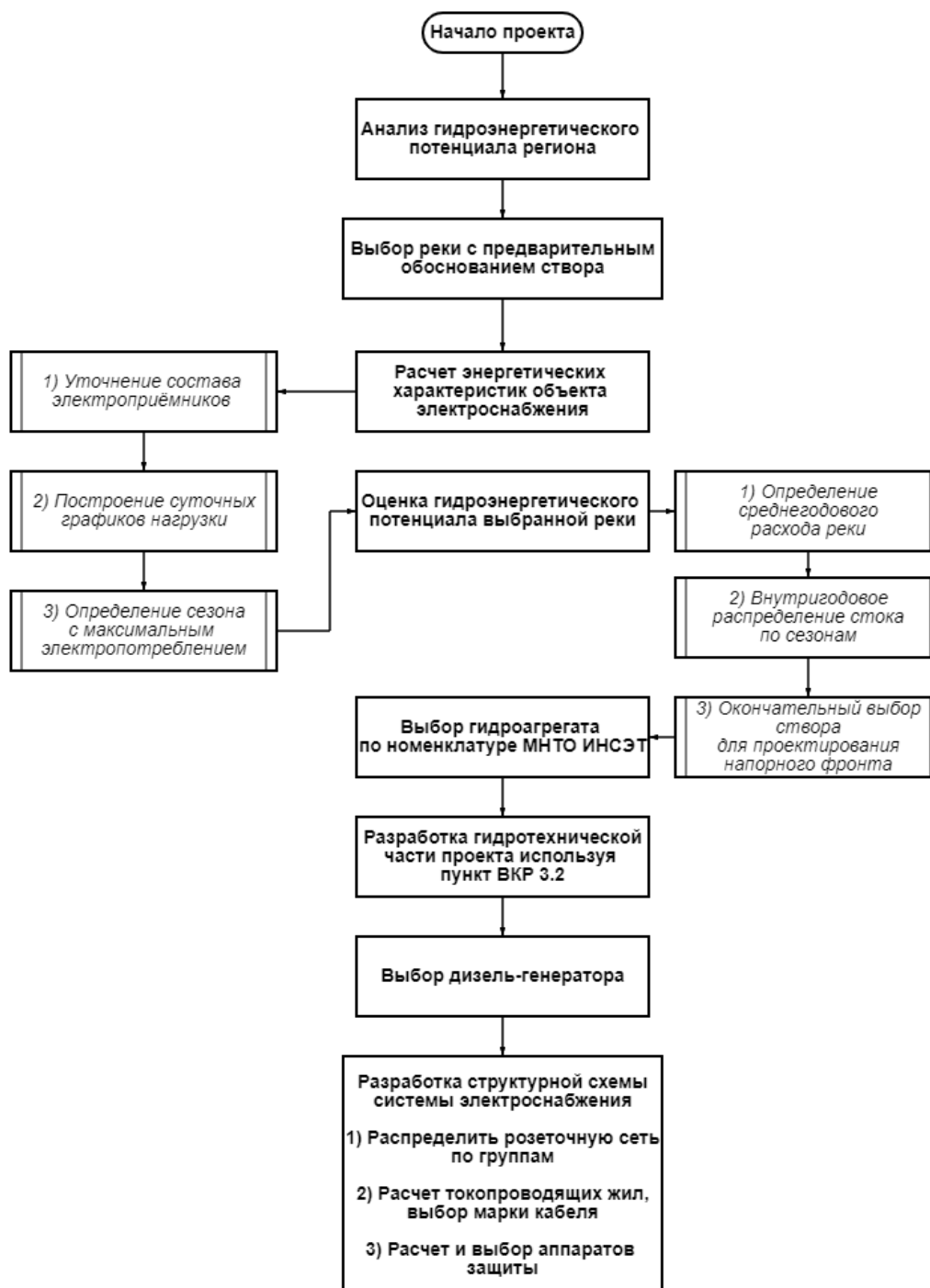


Рисунок 3.13 – Алгоритм проектирования типовой микроГЭС

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-технического исследования, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- организовать работы по научному исследованию;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;
- рассчитать бюджет проводимого научно-технического исследования;
- произвести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

Задачей исследования является проработка единого плана для проектирования объектов микроГЭС для электроснабжения потребителей в зонах, изолированных от общей энергосистемы региона. В данной работе, проводится проектирование микроГЭС для электроснабжения базы отдыха в Кемеровской области посёлке Усть-Анзас. При проектировании используется такое оборудование как,

энергоблок микроГЭС, вспомогательное оборудование для его работы, дизель-генератор, дизельное топливо, выключатели нагрузки.

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

В данном проекте сегментами рынка являются:

- Подрядные организации выполняющие работы по проектной документации
- Научно-исследовательские организации, университеты.
- Граждане.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

В данном научном исследовании прорабатываются технические решения, которые направлены на эффективное строительство данного объекта на территориях с децентрализованным электроснабжением.

В таблице приведена оценка конкурентов, где Ф – разрабатываемый проект, к1 – проект представленный компанией АО “ТЯЖМАШ” к2 – исследование, проведенное обслуживающей организацией ООО “Weswen”

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Надежность	0,15	5	4	3	0,75	0,60	0,45
2. Удобство в эксплуатации	0,17	4	3	5	0,68	0,51	0,85
3. Энергоэкономичность	0,15	5	4	3	0,75	0,60	0,45
4. Технологичность	0,15	4	5	3	0,60	0,75	0,45
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,13	4	5	3	0,48	0,60	0,36
2. Цена	0,14	5	3	3	0,70	0,42	0,42
3. Время	0,11	3	5	4	0,33	0,55	0,44
Итого	1	30	29	24	4,33	4,08	3,45

Критерии оценки подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Вес показателей в сумме должны составлять 1. Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i$$

где: K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Основываясь на проведенном анализе конкурентов, можно сказать что проект превосходит конкурентные исследования, что связано с ценой, надежностью, а также энергоэкономичностью разрабатываемого проекта. Однако уязвимость разрабатываемого проекта в том, что требуется больше времени на его выполнение.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта (таблица 4.2). Применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Анализ проводится в 3 этапа.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны С1. Низкая цена проекта С2. Возможность применения метода для удаленных регионов С3. Экологичность проведенных исследований С4. Актуальность метода	Слабые стороны Сл1. Слабая популяризованность возобновляемых источников энергии Сл2. Для реализации исследования необходимо привлечение большого массива информации
Возможности В1. Расширение сферы участия в проектах, реализуемых в рамках программ ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на исследования	Угрозы У1. Развитие конкуренции У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 4.3. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта			
		С1.	С2.	С3.	С4.
Возможности проекта					
	В1.	+	+	+	+
	В2.	+	+	+	+
		Слабые стороны проекта			
		Сл1.		Сл2.	
Возможности проекта	В1.	-		-	
	В2.	+		+	
		Сильные стороны проекта			
		С1.	С2.	С3.	С4.
Угрозы	У1.	-	+	+	-
	У2.	-	-	-	-

Окончание таблицы 4.3

Угрозы	Слабые стороны проекта		
		Сл1.	Сл2.
	У1.	+	-
У2.	+	-	

В рамках *третьего этапа* должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 4.3).

Таблица 4.3 –SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны</p> <p>С1. Низкая цена проекта</p> <p>С2. Возможность применения метода для удаленных регионов</p> <p>С3. Экологичность проведенных исследований</p> <p>С4. Актуальность метода</p>	<p>Слабые стороны</p> <p>Сл1. Слабая популяризованность возобновляемых источников энергии</p> <p>Сл2. Для реализации исследования необходимо привлечение большого массива информации</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Расширение сферы участия в проектах, реализуемых в рамках программ ТПУ</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на исследования</p>	<p>Введение метода в вузы для обучения;</p> <p>Быстрое продвижение исследования в связи с преимуществами данного исследования;</p> <p>Дополнительный спрос может появиться за счет универсальности исследования.</p>	<p>Продвижение проекта в научных журналах, выступления с материалом на научных конференциях.</p> <p>Воспользоваться зарубежными источниками</p>
<p>Угрозы</p> <p>У1. Развитие конкуренции</p> <p>У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p>	<p>Создание конкурентоспособного проекта.</p>	<p>Из-за относительной длительности анализа могут возникнуть проблемы с продвижением данного исследования.</p>

4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого заполнена

специальную форма, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта (таблица 4.4).

При проведении анализа по таблице, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Таблица 4.4 – Оценка степени готовности проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	2	3
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	5	5
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	5	5
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	3

Окончание таблицы 4.4

10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	5
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	5	5
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	5	4
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	5
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
	ИТОГО БАЛЛОВ	61	59

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

где: $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i -му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. В итоге получилось, что разработка является перспективной, а уровень имеющихся знаний у разработчика выше среднего.

По результатам оценки выделяются слабые стороны исследования, дальнейшего улучшения необходимо провести маркетинговые исследования рынков сбыта, разработать бизнес-план коммерциализации научной разработки проработать вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок.

4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Для коммерциализации результатов, проведенного исследования будут использоваться следующие методы: инжиниринг и передача интеллектуальной собственности.

Инжиниринг будет предполагать предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика.

Передача интеллектуальной собственности будет производиться в уставной капитал предприятия или государства.

Данные методы коммерциализации будут наиболее продуктивными в отношении данного проекта.

4.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
НИ ТПУ	Выпуск высококвалифицированных специалистов
Общественность	Получить стабильное электроснабжение общественного объекта (базы отдыха)

В таблице 4.6 представлена иерархия целей проекта и критерии достижения целей.

Таблица 4.6 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Задачей проекта исследования является проработка единого плана проектирования объектов микроГЭС для электроснабжения потребителей в зонах, изолированных от общей энергосистемы региона.
Ожидаемые результаты проекта:	Разработка технической документации и проектирование
Критерии приемки результата проекта:	Готовый план по реализации проекта микроГЭС для электроснабжения потребителей расположенных в изолированных от электроэнергии районов
Требования к результату проекта:	Требование:
	Провести расчет энергопотребления объекта электроснабжения
	Провести гидроэнергетический анализ реки расположенной в непосредственной близости к потребителю
	Разработать проект строительства микроГЭС, провести расчет электросилового оборудования
	Выполнить экономическую оценку электроснабжения данного объекта с учетом строительства микроГЭС

В таблице 4.7 представлена организационная структура проекта (роль каждого участника, их функции, трудозатраты).

Таблица 4.7 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1.	Обухов С.Г, д.т.н НИ ТПУ ИШЭ	Руководитель проекта	Консультирование, координация деятельности, определение задач, контроль выполнения.	600
2.	Сальков А.О, магистрант НИ ТПУ ИШЭ	Исполнитель по проекту	Анализ литературных источников, отбор проб, пробоподготовка, анализ лабораторных данных, написание работы	1600
ИТОГО:				2200

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта (таблица 4.8).

Таблица 4.8 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1. Бюджет проекта	3516162
3.1.1. Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2. Сроки проекта:	01.09.2020-31.05.2022
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	15.09.2020
3.2.2. Дата завершения проекта	31.05.2022

4.3 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

- иерархическая структура работ проекта;
- контрольные события проекта;
- план проекта;
- бюджет научного исследования.

4.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта (рисунок 1).

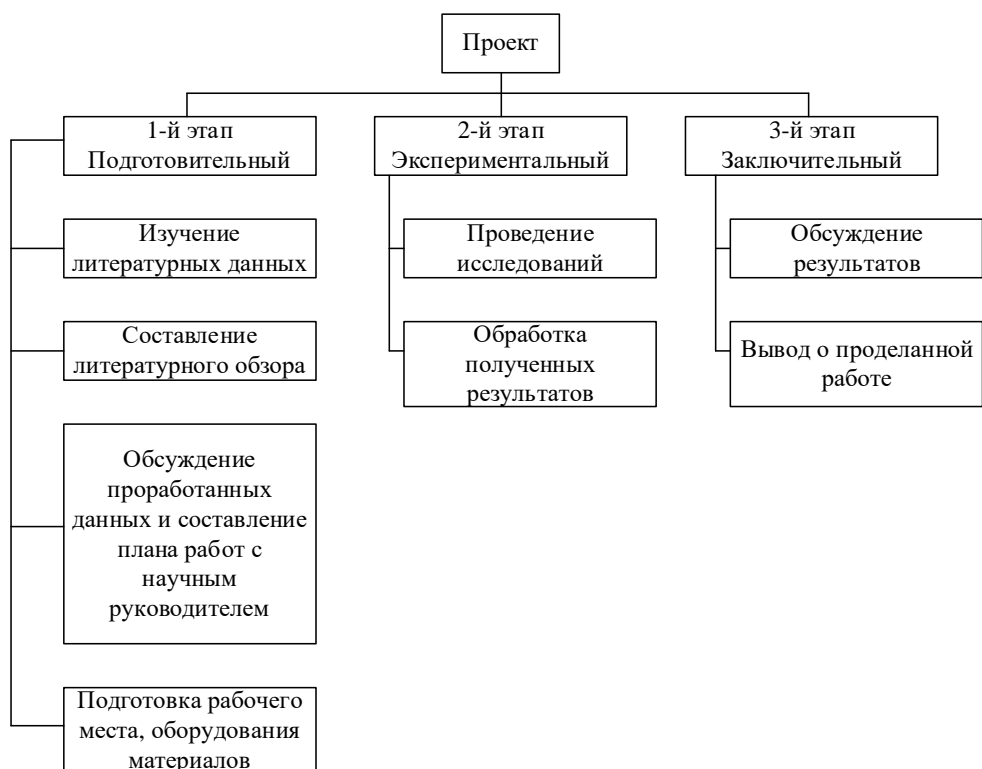


Рисунок 4.1 – Иерархическая структура работ

4.3.2 План проект

В рамках планирования научного проекта построены календарный график проекта (таблицы 4.9, 4.10).

Таблица 4.10– Календарный план проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окон- чания ра- бот	Состав участников
Утверждение темы магистер- ской диссертации	7	01.09.20	07.09.20	Сальков А.О Обухов С.Г
Согласование плана работ	7	08.09.20	15.09.20	Сальков А.О Обухов С.Г
Литературный обзор	138	16.09.20	31.01.21	Сальков А.О
Обработка полученных данных и обсуждение результатов	292	01.02.21	20.12.21	Сальков А.О Обухов С.Г
Написание отчета	162	21.12.21	31.05.22	Сальков А.О
Итого:	606			

Таблица 4.10 – Календарный план график проведения НИОКР по теме

Наименование этапа	Т, дней	2020				2021												2022					
		Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	
Утверждение темы магистерской диссертации	7																						
Согласование плана работ	7																						
Литературный обзор	138																						
Обработка полученных данных и обсуждение результатов	292																						
Написание отчета	162																						



- Салыков А.О.



- Салыков А.О, Обухов С.Г.

4.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты сгруппированы по статьям. В данном исследовании выделены следующие статьи:

1. Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты;
2. Специальное оборудование для научных работ;
3. Заработная плата;
4. Отчисления на социальные нужды;
5. Научные и производственные командировки;
6. Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями;
7. Накладные расходы.

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов). В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме (таблица 4.12).

Таблица 4.11 – Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Наименование	Количество, шт	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Автоматический выключатель АВДТ32 С16 2Р	5	1200,0	6000
Автоматический выключатель ВА47-29 1Р	5	150	750
Счетчик электроэнергии Энергомера СЕ 303	1	5000	5000
Кабель ВВГнг 3х2,5	159	120	19080
Кабель ВББШв 4х10	110	650	71500
Всего за материалы		107330	
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)			5366
Итого по статье			112696

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ. В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по теме НИР (таблица 4.13).
Таблица 4.12 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования, шт., м	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	МикроГЭС-20ПрД	1	1600000	1600000
2	Трубопровод ПЭ100 SDR 11	156	1827	285012
3	Дизель-генератор ТСС АД-12С-Т400	1	458250	458250
4	Затраты на строительные работы	1	50000	50000
5	Персональный компьютер	1	30000	30000
6	Программный комплекс MS Office	1	4000	4000
7	Транспортные расходы (15%)		303939	
Итого, руб.:				2330201

Расчет основной заработной платы. В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 4.14.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}$$

где: $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Расчет заработной платы научно – производственного и прочего персонала проекта проводили с учетом работы 2-х человек – научного руководителя и исполнителя. Баланс рабочего времени исполнителей представлен в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Магистрант
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	99	99
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	24
- невыходы по болезни	14	14
Действительный годовой фонд рабочего времени	212	212

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \text{ где}$$

где $Z_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент (определяется Положением об оплате труда);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

При расчете заработной платы научно-производственного и прочего персонала проекта учитывались месячные должностные оклады работников, которые рассчитывались по формуле:

$$Z_m = Z_b \cdot K_p, \text{ где}$$

где Z_b – базовый оклад, руб.;

K_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Согласно информации сайта Томского политехнического университета, должностной оклад (ППС) доктора технических наук в 2022 году без учета РК составил 28000 руб., Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_b , руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	28000	1	0,02	1,3	37128	1961	212	415833
Магистрант	2200	-	-	1,3	2860	151	212	32032

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала. В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot k_{доп},$$

где $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата, руб.

В таблице 4.15 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 4.15 – Заработная плата исполнителей НИИ

Заработная плата	Руководитель	Магистрант
Основная зарплата	415833	32032
Дополнительная зарплата	41583	3203
Итого по статье С _{зп}	457417	35235

Отчисления на социальные нужды. Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}),$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчисления на уплату во внебюджетные фонды.

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 30%. Стипендиальный выплаты студентам, магистрам и аспирантам не облагаются налогом. Отчисления на социальные нужды от руководителя составляют:
 $C_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (415833 + 41583) = 137225$ рублей

Научные и производственные командировки. В эту статью включаются расходы по командировкам научного и производственного персонала, связанного с непосредственным выполнением конкретного проекта, величина которых принимается в размере 10% от основной и дополнительной заработной платы всего персонала, занятого на выполнении данной темы.

Затраты на научные и производственные командировки составляют 49265,22 руб.

Накладные расходы. Расчет накладных расходов провели по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,8 \cdot (49265,2) = 39412,17$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов принят 0,8.

Таким образом, затраты проекта составляет 847228,2, которые приведены в таблице 4.17.

Таблица 4.17 – Затраты научно-исследовательской работы

Вид исследования	Затраты по статьям									
	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Доп-ая заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Научные и производственные командировки	Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями	Прочие прямые расходы	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
Данное исследование	112696	2330201	447865	44786	137225	49265	-	-	394121	<u>3516162</u>
Аналог	150000	2500000	500000	99991,6	329973,2	109991,1	-	-	879928,6	4721803,7

4.4.1 Организационная структура проекта

Данный проект представлен в виде проектной организационной структуры. Проектная организационная структура проекта представлена на рисунке 2.

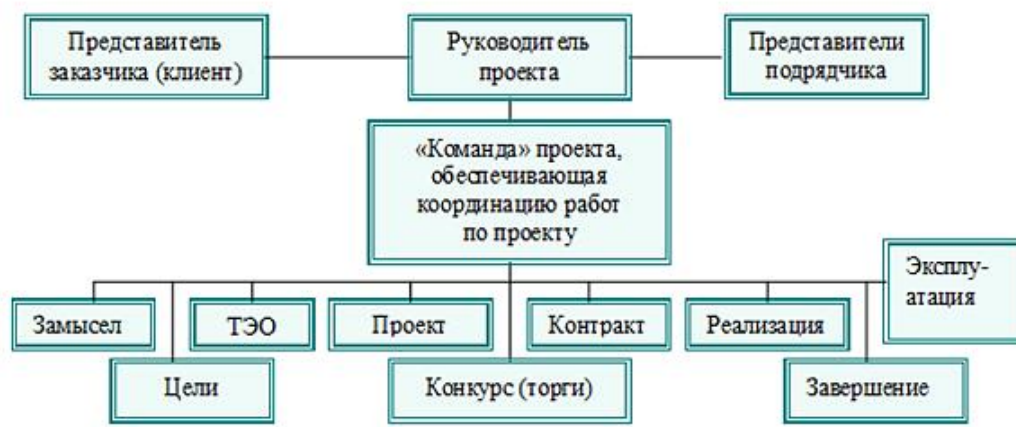


Рисунок 4.2 – Проектная структура проекта

4.4.2 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта (таблица 4.18).

Таблица 4.18 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Исполнитель	Руководителю	Еженедельно (понедельник)
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель	Руководителю	Ежемесячно (конец месяца)
3.	Документы и информация по проекту	Исполнитель	Руководителю	Не позже сроков графиков и к. точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель	Руководителю	Не позже дня контрольного события по плану управления

4.4.3 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Информация по возможным рискам сведена в таблицу 4.19.

Таблица 4.19 – Реестр рисков

№	Риск	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Неточность метода анализа	2	5	Низкий	Внешний и внутренние анализы	Низкая точность метода анализа
2	Погрешность расчетов	3	5	Средний	Пересчет, проверка	Невнимательность
3	Отсутствие интереса к результатам исследования	2	5	Низкий	Привлечение предприятий, публикация результатов	Отсутствие результатов исследования

4.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности

4.5.1 Оценка абсолютной эффективности исследования

В основе проектного подхода к инвестиционной деятельности предприятия лежит принцип денежных потоков. Особенностью является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому в применяемом подходе к анализу учитываются фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- индекс доходности (PI);
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- срок окупаемости (DPP).

Чистая текущая стоимость (NPV) – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости, т.е. на момент инвестирования) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов).

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0$$

где: ЧДП_{опt} – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета ($t= 0, 1, 2 \dots n$)

n – горизонт расчета;

i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

Расчёт NPV позволяет судить о целесообразности инвестирования денежных средств. Если $NPV > 0$, то проект оказывается эффективным.

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 4.21. При расчете рентабельность проекта составляла 20-25 %, норма амортизации - 10 %. $A_t = 233020$, 1 руб., себестоимость=3516162 руб., Выручка = себестоимость·1,25.=4395202 руб.,

Таблица 4.20 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	4395202	4395202	4395202	4395202
2	Итого приток,руб.	0	4395202	4395202	4395202	4395202
3	Инвестиционные издержки, руб.	-3516162	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб. (35%от бюджета)	0	1230657	1230657	1230657	1230657
5	Налогооблагаемая прибыль(1-4)	0	3164546	3164546	3164546	3164546
6	Налоги 20 %, руб.(5*20%)	0	632909,2	632909,2	632909,2	632909,2
8	Чистая прибыль, руб.(5-6)	0	2531637	2531637	2531637	2531637

Окончание таблицы 4.20

9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.(чистая прибыль+амортизация)	-3516162	537861,9	537861,9	537861,9	537861,9
10	Коэффициент дисконтирования при $i=20\%$ (КД)	1	0,833	0,694	0,578	0,482
11	Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб.(9*10)	-3516162	2303881	1919901	1599917	1333264
12	\sum ЧДД	7156962 руб.				
12	Итого NPV, руб.	3640800 руб.				

$$NPV=7156962 \text{ руб.}, - 3516162 = 3640800 \text{ руб.}, > 0$$

Коэффициент дисконтирования рассчитан по формуле:

$$КД = \frac{1}{(1 + i)^t}$$

где: i – ставка дисконтирования, 20 %; (10%)

t – шаг расчета.

Таким образом, чистая текущая стоимость по проекту в целом составляет 3640800 рублей, что позволяет судить об его эффективности.

Индекс доходности (PI) – показатель эффективности инвестиции, представляющий собой отношение дисконтированных доходов к размеру инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0 > 1$$

где: ЧДД - чистый денежный поток, руб.;

I_0 – начальный инвестиционный капитал, руб.

Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{7156962}{35162162} = 2,03$$

Так как $PI > 1$, то проект является эффективным.

Внутренняя ставка доходности (IRR). Значение ставки, при которой обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или IRR. Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или =0. По разности между IRR и ставкой дисконтирования i можно судить о запасе экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе IRR к ставке дисконтирования i , тем больше риск от инвестирования в данный проект.

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в таблице 4.21 и на рисунке 4.3.

Таблица 4.21 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

№	Наименование показателя	0	1	2	3	4	NPV, руб.
1	Чистые денежные потоки, руб.	-3516162	537861,9	537861,9	537861,9	537861,9	
2	Коэффициент дисконтирования						
	0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
	0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
	0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,350	
	0,4	1	0,714	0,510	0,364	0,260	
	0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
	0,6	1	0,625	0,390	0,244	0,153	
	0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
	0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
	0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
	1	1	0,500	0,250	0,125	0,062	
3	Дисконтированный денежный поток, руб.						
	0,1	-3516162	2513073	2283606	2076257	1888261	5245035
	0,2	-3516162	2302959	1918672	1597972	1332565	3636005
	0,3	-3516162	2126021	1636677	1257919	967629,9	2472085
	0,4	-3516162	1973965	1409975	1006335	718810,8	1592924
	0,5	-3516162	1844026	1227508	815573,7	547402	918347,5
	0,6	-3516162	1727910	1078216	674576,3	422992,5	387533,4
	0,7	-3516162	1625618	926160	561225,3	309641,6	-93516,9
	0,8	-3516162	1537149	854278,9	472756,3	262642,4	-389335
	0,9	-3516162	1454209	765809,9	403639,9	212878,6	-679624
	1,0	-3516162	1382328	691164,2	345582,1	171408,7	-925679

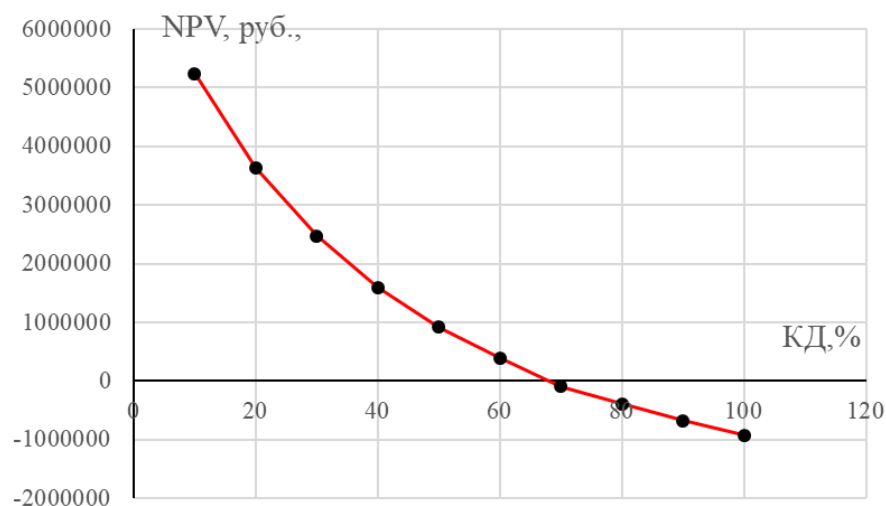


Рисунок 4.3 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования чистая текущая стоимость уменьшается, становясь отрицательной. Значение ставки, при которой NPV обращается в нуль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,67.

$IRR > i$, проект эффективен.

Запас экономической прочности проекта: $67\% - 20\% = 47\%$

Дисконтированный срок окупаемости. Как отмечалось ранее, одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета разной ценности денег во времени.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного (нарастающим итогом) денежного потока (таблица 4.22).

Таблица 4.22 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный поток ($i=0,20$), руб.	-3516162	2302959	1918672	1597972	1332565
2	То же нарастающим итогом, руб.	-3516162	-1213203	705468	2303440	3636005
3	Дисконтированный срок окупаемости	$DP_{диск} = 1 + (1213203/1918672) = 1,63$ года				

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения или групп лиц, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты (таблица 4.23).

Таблица 4.23 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Отсутствие дешевого источника электричества для эксплуатации объекта	Проект микроГЭС позволит обеспечить утвержденный объект дешевой электроэнергией
Отсутствие централизованного электроснабжения вынуждало прибегнуть к использованию дизель-генератора, который в последствии загрязняет атмосферу	Дизель-генератор используется в качестве резервного источника питания, работает редко.

4.5.2 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показате

тель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где: $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблицы (таблице 4.24).

Таблица 4.24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

ПО Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Выход продукта	0,20	5	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	3	3
3. Надежность	0,15	4	4	4
4. Безопасность	0,15	4	3	4
5. Простота эксплуатации	0,15	5	4	5
6. Возможность автоматизации данных	0,20	5	4	5
Итого	1	28	23	25

$$I_m^p = 5 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 = 4,7$$

$$I_1^A = 5 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,20 = 3,9$$

$$I_2^A = 4 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 = 4,2$$

Интегральный показатель эффективности разработки $I_{финр}^p$ и аналога $I_{финр}^a$ определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_{ф}^p}; I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_{ф}^a}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a}$$

где: $\mathcal{E}_{ср}$ – сравнительная эффективность проекта;

$I_{финр}^p$ – интегральный показатель разработки;

$I_{финр}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в таблице 4.25.

Таблица 4.25 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,18	0,16	0,16
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,50	3,85	4,00
3	Интегральный показатель эффективности	23,12	22,83	23,03
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,02	1,01	1,0

Выводы

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять, что разработанный вариант проведения проекта является наиболее эффективным при решении поставленной в магистерской диссертации технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В ходе выполнения раздела финансового менеджмента определена чистая текущая стоимость, (NPV), равная 3640800 руб.; индекс доходности $PI=2,03$, внутренняя ставка доходности $IRR=67\%$, срок окупаемости $PP_{дск}=1,63$ года. Таким образом мы имеем ресурсоэффективный проект с высоким запасом финансовой прочности и коротким сроком окупаемости.

5. Социальный раздел

В научно-исследовательской работе исследуется микрогидроэлектростанция, предназначенная для выработки электрической энергии. В работе рассматривается применение гидроагрегата, как источника питания для базы отдыха расположенной в посёлке Усть-Анзас Кемеровской области.

В настоящее время интерес к малой гидроэнергетике возрастает.

Это обуславливается тем, что гидроэлектростанции малой мощности обладают рядом преимуществ, которые делают их более популярными. Одно из главных преимуществ - экологическая безопасность малых ГЭС, данный критерий становится всё более важным в свете проблем окружающей среды. Малые ГЭС не оказывают вредного влияния ни на свойства, ни на качество воды. Для них не требуется наличие больших водоемов, так как для выработки электроэнергии может использоваться течение небольших рек и даже ручьев.

Использование малых ГЭС также позволяет получить положительный эффект от их использования в экономической и социальных сферах. При строительстве не требуется сооружать большие гидротехнические сооружения.

Рабочей зоной в данном случае выступает машинный зал микроГЭС, в котором располагается сам гидроагрегат с вырабатываемой мощностью от 10 до 20 кВт, а также вспомогательное оборудование:

- Блок балластной нагрузки (ББН)
- Устройство автоматического регулирования (УАР)
- Устройство возбуждения (УВ)
- Шкаф генераторного ввода (ШГВ)

Помимо оборудования, относящегося к гидроагрегату, в машинном зале также располагается дизель генератор мощностью 12 кВт. Таким образом основной рабочий процесс проходящий в указанном помещении является выработка электроэнергии.

5.1 равовые и организационное вопросы обеспечения безопасности

На сегодняшний день нормы выдачи спецодежды в энергетике регламентируется Приказом Минздравсоцразвития РФ №340н от 25 апреля 2011, утверждающий отраслевые нормы выдачи спецодежды, обуви и прочих средств индивидуальной защиты работникам электроэнергетической промышленности.

Особенностью работы в сфере электроэнергетического комплекса является повышенный риск получения травм различной степени тяжести. Именно поэтому в нормах выдачи спецодежды прописано, какие категории работников должны быть снабжены термостойкими комплектами, защищающими от электрической дуги. К ним относятся:

- 1) электромонтеры, обслуживающие подстанции;
- 2) электромонтеры, обслуживающие электрооборудование электростанций;
- 3) электромонтеры главного щита управления электростанций.

Работы по обслуживанию и ремонту действующих электроустановок с напряжением 42 В и выше переменного тока, 110 В и выше постоянного тока, а также монтажные, наладочные работы, испытания и измерения в этих электроустановках, предусматривает прохождение медосмотра с периодичностью 1 раз в 2 года.

В соответствие с Трудовым кодексом Российской Федерации, Правительство Российской Федерации постановлением от 20.11.2008 №870 установило работникам, занятым на тяжелых работах, работах с вредными и опасными и иными особыми условиями труда, по результатам аттестации рабочих мест, следующие компенсации: повышение оплаты труда, сокращенную продолжительность рабочего времени и ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск.

В соответствии со статьей 219 Трудового кодекса РФ в случае обеспечения на рабочих местах безопасных условий труда, подтвержденных результа-

тами аттестации рабочих мест по условиям труда или заключением государственной экспертизы условий труда, компенсации работникам не устанавливается.

Организационными мероприятиями по обеспечению безопасности работников являются: выдача наряда или распоряжения производителю работ; инструктаж выдающим наряд производителем работ; выдача разрешения на подготовку места работы; инструктаж производителем работ членов бригады и допуск к работе; надзор во время работы; оформление перерывов в работе, переходов на другое рабочее место, продления наряда и окончания работы.

Организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работающих на контактной сети, ВЛ и связанном с ней оборудовании, зависят от категории работ.

Согласно ГОСТ 12.2.033-78 “Рабочее место при выполнении работ стоя” организация рабочего места и конструкция оборудования должны обеспечивать прямое и свободное положение корпуса тела работающего, а также рабочее место должно обеспечивать выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля.

Средства отображения информации, требующие точного и быстрого считывания показаний, следует располагать в вертикальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от нормальной линии взгляда и горизонтальной плоскости под углом $\pm 15^\circ$ от сагиттальной плоскости.

5.2 Производственная безопасность при разработке проектного решения

При выполнении работ по проектированию микроГЭС, для персонала, непосредственно находящегося на месте проектирования согласно ГОСТ

12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» могут иметь место следующие факторы, представленные в таблице 5.1 [25]:

Таблица 5.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы ГОСТ 12.0.003-2015	Нормативные документы
Воздух рабочей зоны (микроклимат)	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [26].
Повышенный уровень шума на рабочем месте	СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 [27]. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация [28].
Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения;	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [29].
Электромагнитные и ионизирующие излучения	ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля [30].
Риск поражения электрическим током	ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление [31].
Пожаровзрывоопасность	ГОСТ 12.3.002-2014 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности [32]

5.3 Микроклимат

Оптимальные микроклиматические условия – сочетание параметров климата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционирования и теплового состояния без напряжения реакций терморегуляции. Они обеспечивают ощущение теплового комфорта и создают предпосылки для высокого уровня работоспособности.

Категория работ рассматриваемого помещения (машинный зал) – Пб.

К данной категории работы относятся работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и умеренным физическим напряжением с интенсивностью энергозатрат 201-250 ккал/час (233 - 290 Вт).

На рисунке 5.1 приведены показатели микроклимата рассматриваемого помещения.

Период года	Категория работ	Температура, °С				Относительная влажность, %		Скорость движения, м/с		
		Оптимальная	Допустимая		Оптимальная	Допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных., не более	Оптимальная, не более	Допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных., не более		
			верхняя граница	нижняя граница						
			на рабочих местах							
постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных							
Холодный	Средней тяжести - ПБ	17-29	21	23	15	13	40-60	75	0,2	<0,4
Теплый	Средней тяжести - ПБ	20-22	27	29	16	15	40-60	70 (при 25°С)	0,3	0,2-0,5

Рисунок 5.1 - Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

5.4 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Акустический шум – беспорядочные звуковые колебания в атмосфере. Понятие акустического шума связано со звуковыми волнами, под которыми понимают распространяющиеся в окружающей среде и воспринимаемые ухом человека упругие колебания. Шум создает значительные нагрузки на нервную систему человека, оказывает на него психологическое воздействие. Человек, работая при шуме, привыкает к нему, но продолжительное действие сильного шума вызывает общее утомление, может привести к ухудшению слуха, а иногда и к глухоте, нарушается процесс пищеварения, происходит изменение объема внутренних органов. Эти вредные последствия шума тем больше, чем сильнее шум и

продолжительнее его действие. Таким образом, шум на рабочем месте не должен превышать допустимых уровней.

Источником шума в данном случае выступает работающий гидроагрегат, а также в некоторых случаях работающий дизель генератор.

Уровень шума (средний уровень звука) гидрогенераторов на расстоянии 1 м от верхней крестовины, а для капсульных генераторов — на расстоянии 1 м от проходной колонны на отметке входа в нее не должен превышать 85 дБ.

Уровень шума дизельного генератора превышающий 96 дБ, оказывает негативное влияние на слух работающего персонала в непосредственной близости от установки.

К снижению уровня шума в помещении можно отнести такие мероприятия как:

1. Установка дизель-генераторов на амортизационные устройства, позволяющие снизить вибрационную составляющую шума.
2. Глушители, монтируемые на систему выпуска выхлопных газов, которая считается одним из основных источников звука.
3. Вентиляционные решетки, обеспечивающие снижение скорости воздуха и рассеивающие энергию звуков, создаваемых воздушными массами.

5.5 Освещение

В техническом помещении с постоянным пребыванием людей должно иметься искусственное и естественное освещение, для улучшения работоспособности и сохранения здоровья персонала. Для этого устанавливают нормативные уровни освещенности, которые описаны в документе СНиП 23-05-95, уровни представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Основные характеристики выбранных светильников с люминесцентными лампами

Тип светильника	Количество и мощность лампы, Вт	Область применения	Размеры, мм			КПД, %
			Длина	Ширина	Высота	
ОД – 2-40	2x40	Освещение производственных помещений с нормальными условиями среды	1230	266	158	75

Недостаточное освещение вызывает зрительный дискомфорт, выражающийся в ощущении неудобства или напряженности. Длительное пребывание в условиях зрительного дискомфорта приводит к отвлечению внимания, уменьшению сосредоточенности, зрительному и общему утомлению. Кроме создания зрительного комфорта свет оказывает на человека психологическое, физиологическое и эстетическое воздействие. Неудовлетворительная освещенность в рабочей зоне может являться причиной снижения производительности и качества труда, получения травм.

5.6 Электромагнитные и ионизирующие излучения

Электромагнитные поля обладают высокой биологической активностью во всех частотных диапазонах. Воздействия поля на человека можно классифицировать как непрерывное и прерывистое, общее и местное, комбинированное от нескольких источников и сочетание с другими неблагоприятными факторами среды, длительное воздействие которых на организм человека могут вызвать нейродегенеративные болезни и неврологические расстройства. В связи с этим нормирование и контроль воздействия электромагнитного поля являются важными задачами для обеспечения безопасности работ в электроустановках посредством технических и организационных мероприятий.

Нормирование электромагнитных полей промышленной частоты осуществляются по предельно допустимым уровням напряжённости электрического и магнитного поля в зависимости от времени пребывания в нем.

В таблице 5.3 представлены предельно допустимые уровни напряженности электрического поля согласно [30].

Таблица 5.3 – Предельно допустимые уровни электрического поля

E , кВ/м	Допустимое время пребывания в зоне воздействия
$E \leq 5$	Пребывание в электрическом поле допускается в течение полного рабочего дня
$5 < E \leq 20$	Допустимое время пребывания в электрическом поле вычисляются по формуле: T , часов = $(50 / E) - 2$;
$20 < E < 25$	Пребывание в электрическом поле не более 10 минут
$E \geq 25$	Пребывание в электрическом поле без средств защиты не допускается

Для защиты людей от воздействия электромагнитных полей промышленной частоты предусматриваются санитарно-защитные зоны. В качестве средств защиты от электромагнитных полей промышленной частоты служат индивидуальные экранирующие комплекты, а также различные заземленные металлические конструкции – щитки, козырьки, навесы сплошные или сетчатые.

5.7 Риск поражения электрическим током

В рассматриваемом помещении (машинный зал) располагается оборудование, которое используется для выработки электроэнергии конечному потребителю. Для осуществления контроля за выработкой электроэнергии используются различные управляющие элементы, с которыми взаимодействуют рабочие, выполняющие работу на данных установках. Поэтому чтобы избежать поражение электрическим током во время работы, необходимо придерживаться определенных правил.

Электрический ток оказывает на человека термическое, электролитическое, биологическое и механическое воздействие. Действие электрического тока

на человека приводит к травмам или гибели людей. Для переменного тока частотой 50 Гц допустимое значение напряжения прикосновения составляет 2 В, а силы тока – 0,3 мА, для тока частотой 400 Гц, соответственно – 2 В и 0,4 мА, для постоянного тока – 8 В и 1 мА.

При эксплуатации электрооборудования необходимо широко использовать защитные средства для изоляции человека от токоведущих частей и от земли [32] (резиновые перчатки, галоши, изолированные штанги, щипцы, инструмент с изолированными ручками).

Кроме того, согласно [31] для защиты людей от поражения электрическим током должна быть применена, по крайней мере, одна из следующих защитных мер – заземление.

Заземлением называется преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством.

Согласно заданию, необходимо произвести расчет защитного заземления объекта.

Расчет защитного заземления имеет целью определить основные параметры заземления - число, размеры и размещение одиночных заземлителей и заземляющих проводников, при которых напряжения прикосновения и шага в период замыкания фазы на заземленный корпус не превышают допустимых значений.

Расчет может быть выполнен как по допустимому сопротивлению растеканию тока заземлителя, так и по допустимому напряжению прикосновения (шага). В настоящее время расчет заземлителей производится в большинстве случаев по допустимому сопротивлению заземлителя.

В таблице 5.4 представлены исходные данные

Таблица 5.4 – Исходные данные для расчета заземления

Напряжение электроустановки, U	380 В
Мощность источника питания сети, S	Менее 100кВа
Вид заземления	Изолированная нейтраль
Форма вертикальных электродов	Уголок с шириной полки $b_B=4\text{см}$
Длина вертикального электрода, l	2 м
Глубина размещения вертикальных электродов, h	0,7 м
Отношение расстояний между заземлителями к их длине, a/l	2
Размеры контура заземления, L ₁ , L ₂ ,м	9х6
Форма горизонтального электрода, b _г	12 мм
Грунт	Суглинок
Климатическая зона расположения объекта	III

Далее производим расчет защитного заземления.

В проекте используется установка трёхфазного тока напряжением 0,35 кВ с изолированной нейтралью, следовательно, ток замыкания на землю не превышает 500 А.

Допустимое сопротивление R_d растеканию тока заземляющего устройства, согласно установленным Правилам устройства электроустановок (ПУЭ) [33] для любого времени года, напряжением до 1000 В, при суммарной мощности генераторов не более 100 кВА составляет 10 Ом. ($R_d = 10 \text{ Ом}$).

Тип заземляющего устройства – контурный (размер контура 9х6).

Рассчитаем параметры заземлителя.

Суммарная длина горизонтального электрода $l_g = 2 \cdot (9+6) = 30 \text{ м}$. Исходя из рекомендаций [34], расстояние между вертикальными электродами принимают не менее 2,5 - 3,0 м., примем количество вертикальных электродов $n = 10$ шт

Расчетное значение удельного сопротивления грунта для вертикального заземлителя и горизонтального соответственно:

$$\rho_v = \rho_{gp} \cdot K_n = 100 \cdot 1,6 = 160 \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

$$\rho_{гориз} = \rho_{gp} \cdot K_n = 100 \cdot 3,5 = 350;$$

где $\rho_{гр}$ – удельное электрическое сопротивление грунта [34, Табл. 1]

$K_{\text{п}}$ – повышающие коэффициенты, учитывающие изменения сопротивления грунта в зависимости от климатических зон РФ, для вертикального и горизонтального заземлителей [34, Табл. 2].

Далее вычисляем расчетное сопротивление одиночного вертикального заземлителя $R_{\text{в}}$, заглубленного в землю, на $h=0,7$ м

$$R_{\text{в}} = 0,366 \cdot \frac{\rho}{l} \cdot \left(\lg \frac{2l}{0,95 \cdot b} + 0,51 \cdot \lg \frac{4h_1 + l}{4h_1 - l} \right) =$$

$$= 0,366 \cdot \frac{160}{2} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot 2}{0,95 \cdot 0,038} + 0,51 \cdot \lg \frac{4 \cdot (1 + 0,7) + 2}{4 \cdot (1 - 0,7) - 2} \right) = 63,14 \text{ Ом}$$

При этом учитывали, что $d = 0,95 \cdot b_{\text{в}}$

Для горизонтально расположенного электрода в виде стержня или трубы, заглубленного в землю на $0,7$ м, сопротивление $R_{\text{г}}$ определяется

$$R_{\text{г}} = 0,366 \cdot \frac{\rho}{l_2} \cdot \lg \frac{l_2}{0,5 \cdot b \cdot h} = 0,366 \cdot \frac{350}{30} \cdot \lg \frac{30}{0,5 \cdot 0,012 \cdot 0,7} = 22,76 \text{ Ом};$$

При этом учитывали, что $d = 0,5 \cdot b_{\text{г}}$

Из справочных материалов [34, табл. 3, табл. 4] находим коэффициенты использования вертикальных и горизонтальных электродов и вычисляем расчетное сопротивление заземлителя R_3 :

$$R_3 = \frac{R_{\text{в}} \cdot R_{\text{г}}}{R_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{в}} + R_{\text{г}} \cdot \eta_{\text{г}} \cdot n} = \frac{63,14 \cdot 22,76}{63,14 \cdot 0,4 + 22,76 \cdot 0,68 \cdot 10} = 7,98 \text{ Ом};$$

где $\eta_{\text{г,в}}$ – коэффициент использования вертикальных и горизонтальных электродов равный $0,4$ и $0,68$ соответственно.

Таким образом выполняется условие $R_3 < R_{\text{д}}$, следовательно, расчет защитного заземления выполнен верно.

5.8 Экологическая безопасность при разработке проектного решения

Воздействие на селитебную зону. Во время проектирования микроГЭС возможны случаи размыва берегов реки при строительстве напорного фронта

станции. Размыв берегов приводит к затоплению прилегающих к реке территории, что в свою очередь негативно скажется на материальном имуществе населения.

Чтобы избежать воздействия на селитебную зону необходимо применять рекомендации по прогнозу ветроволнового размыва берегов во время проектирования.

Воздействие на литосферу.

Под воздействием на литосферу следует понимать, остатки отходов при строительстве, в частности различный автотранспорт и электронный лом, который относится к промышленным твёрдым отходам. Следовательно, необходимо отходы утилизировать. Под утилизацией подразумевается переработка отходов в полезные сырьевые материалы и энергию. Например, теплота, выделяющаяся при сжигании опасных отходов, может быть использована для создания пара, приводящего в движение генератор электроэнергии и т.д.

Для уменьшения издержек в производстве, а также количества и масштаба свалок оборудование на подстанциях, у которого закончился срок эксплуатации или которое вышло из строя в дальнейшем отправляется на переработку. При этом предварительно перед сдачей все комплектующие оборудования необходимо сортировать по группам, в зависимости от материала.

Воздействие на гидросферу.

Согласно ГОСТ 17.1.3.06-82 Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения, при использовании водных объектов для различных хозяйственных целей необходимо проводить комплекс мероприятий по предотвращению их загрязнения, засорения и истощения.

При авариях и повреждениях, которые могут вызвать загрязнение подземных вод, необходимо оградить место аварии и обеспечить его охрану, покрыть адсорбционными материалами разлитые или рассыпанные вещества, прекратить отбор подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения в зоне аварии, собрать, нейтрализовать или уничтожить разлитые или рассыпанные вещества и ликвидировать последствия аварии и повреждения.

Воздействие на атмосферу.

В данном проекте, воздействие на атмосферу оказывается при строительстве станции, а также при работе дизель-генераторной установки.

На стадии строительства воздух загрязняется, в первую очередь, выхлопными газами транспортных машин (доставляющих на объект материалы и вывозящих строительные отходы) и выбросами от работы дизельной электростанции. Степень загрязнения атмосферы зависит от величины пробеговых выбросов, вида и количества строительных и транспортных машин, вида и расхода горючего, интенсивности и режима движения.

Для уменьшения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в процессе строительства рекомендуется:

- использовать машины, механизмы и транспортные средства, уровни загрязнения которых не превышают установленные предельно допустимые концентрации вредных веществ для атмосферного воздуха;

- выключать строительную технику при перерывах в работе;

- проводить профилактический ремонт механизмов на базе Подрядчика;

При работе ДГУ необходимо применять качественное топливо и моторное масло, регулярно менять фильтры, грамотно организовать систему вентиляции — и ДГУ будет работать с минимальным количеством вредных отходов, которые перед выбросом в атмосферу проходят внутреннюю очистку в выхлопном тракте.

5.9 Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения

Среди множества чрезвычайных ситуаций, техногенного, природного, биолого-социального, экологического характера, наиболее типичной для данного рабочего места является возникновение пожара. Причиной пожара могут служить: электрический ток, открытый огонь, удар молнии, аномально высокая температура воздуха и др.

Категория помещения по пожарной опасности для гибридного энергетического комплекса принимается Б – взрывопожароопасное, т.к. так как температура вспышки дизельного топлива составляет более 28 °С.

Дизельные электростанции небольшой мощностью, имеют расходные баки, расположенные в непосредственной близости от дизель-генератора. Помещения ДЭС оборудованы автоматическими системами пожаротушения.

Проектирование станции в части противопожарных мероприятий и защиты должно осуществляться в соответствии с РД 153-34.0-49.101-2003 “Инструкция по проектированию противопожарной защиты энергетических предприятий”

Сечение проводов и кабелей выбрано с учетом токовых нагрузок согласно ПУЭ. Выбор кабелей и проводов, а также способ прокладки соответствует условиям окружающей среды и конструкции сооружения. Автоматические выключатели предусматриваются согласно расчетным токам.

К числу простых, но надежных мероприятий, относится обеспечение путей эвакуации из зоны пожара, включая заранее разработанный и доведенный до сведения людей план вывода из помещения, изображенный графически на видном месте, обозначение световыми сигналами мест выхода; обеспечение обозначенных проходов и проездов свободными.

На рисунке 5.2 представлен план эвакуации из помещения.

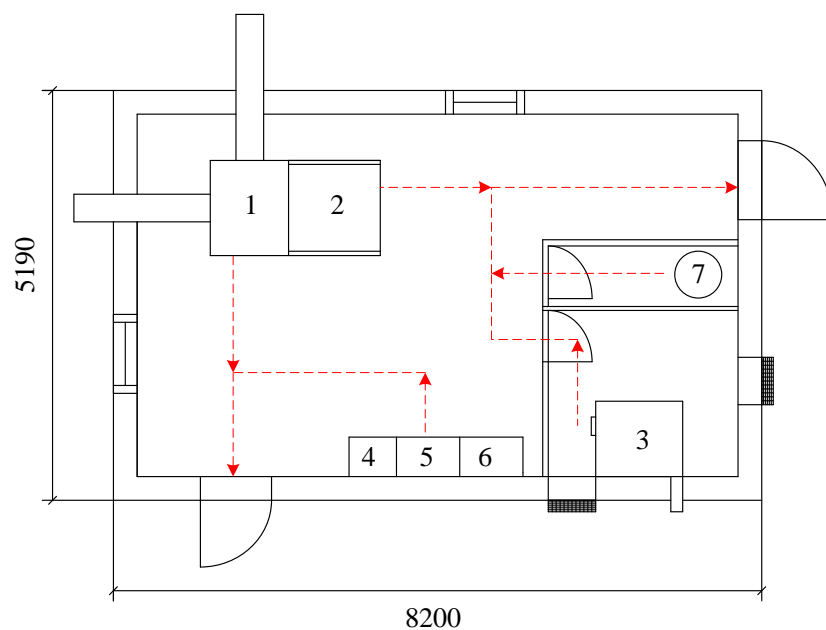


Рисунок 5.2 – План эвакуации из машинного зала станции

Выводы

Машинный зал, относится к помещению с повышенной опасностью поражения электрическим током, так как характеризуется наличием сырости (относительная влажность воздуха превышает 75%) вследствие взаимодействия агрегатов с водной средой.

Значения показателей температуры воздуха на рабочем месте превышает нормативные значения на 3 °С в холодное время года и на 10 °С в жаркий сезон. Для возврата значений к нормативным применяется система вентиляции в помещении, за счет чего достигается дополнительный приток воздуха в помещение.

Для создания оптимальной освещенности применяются люминесцентные лампы в количестве 2 штуки мощностью 40 Вт, что создает благоприятные условия для работы внутри помещения.

Уровень шума от работы дизель-генератора соответствует норме за счет применения вентиляционных решеток, обеспечивающих снижение скорости воздуха и рассеивающие энергию звуков, создаваемых воздушными массами.

Для допуска к работе с гидроагрегатом и дизель-генератором допускается персонал с III группой по электробезопасности в соответствии с требованиями Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок [33].

Категория работ рассматриваемого помещения (машинный зал) – Пб.

К данной категории работы относятся работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и умеренным физическим напряжением с интенсивностью энергозатрат 201-250 ккал/час (233 - 290 Вт).

Категория помещения по пожарной опасности для гибридного энергетического комплекса принимается Б – взрывопожароопасное, т.к. так как температура вспышки дизельного топлива составляет более 28 °С.

Согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 года N 2398 "Критерии отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий", проектируемую электростанцию относят к IV группе объектов оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, так как отсутствуют сбросы загрязняющих веществ в составе сточных вод централизованные системы водоотведения, за исключением сбросов загрязняющих веществ образующихся в результате использования вод для бытовых нужд, а также отсутствуют сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду.

Заключение

В выпускной квалификационной работе был рассмотрен проект микроГЭС для электроснабжения туристической базы отдыха. Задачи, которые стояли перед данным проектом были выполнены со следующими результатами:

1) В пункте 1 проведен анализ гидроэнергетического потенциала территории России, так установлено, что неосвоенными остаются 80% гидроресурсов страны, валовый гидроэнергетический потенциал малых рек оценивается в 1100 млрд. кВт·ч/год, технический - 357 млрд. кВт·ч/год. Также установлено, что наиболее избыточный потенциал для развития малой гидроэнергетики находится в Западной Сибири.

2) В пункте 2 выбрана река, с наиболее перспективным местоположением для проекта микроГЭС, рассмотрен объект электроснабжения, построен суточный график нагрузки, в результате которого установлена максимальная мощность, равная 10.7 кВт, необходимая для функциональной работы коттеджа.

В результате, проведённый расчет гидроэнергетического потенциала выбранной реки показал, что работа будущей станции возможна на весенне-осенний сезон, а мощность, вырабатываемая станцией равна 12,72 кВт, что дает возможность, в дальнейшем увеличить количество электроприёмников. Способ создания напора выбран деривационный, как наиболее подходящий в данных условиях местности.

3) В пункте 3 выполнено проектирование гидромеханической части микроГЭС, в результате которого выбран агрегат “Микро-ГЭС-20ПрД”, как наиболее подходящий для данных условий с технической части, так и с экономической.

Также проведен расчет гидротехнической части проекта:

- Разработан план машинного здания деривационной ГЭС;
- Построен продольный профиль станции;
- Рассчитан диаметр напорного трубопровода равный 355 мм, выбран тип трубы ПНД ПЭ100 для воды и газа, компании ООО “ПТК”,

- Спроектирован план напорного бассейна

Последним действием 3 пункта стала разработка структурной схемы системы электроснабжения, на которой указаны тип проводника и его длина, а также выбранные аппараты защиты электроприёмников.

4) В пункте 4, в ходе выполнения экономических расчетов было установлено:

- Чистая текущая стоимость проекта (NPV) составила 3.640.800 рублей;
- Индекс доходности проекта (PI) равен 2,03;
- Внутренняя ставка доходности (IRR) равна 67 %;
- Срок окупаемости проекта $PP_{\text{дск}}$ равен 1,63 года, т.е 1 год и 7 месяцев.

Таким образом, по приведенным выше параметрам имеем ресурсоэффективный проект с высоким запасом финансовой прочности и коротким сроком окупаемости.

В итоге был разработан алгоритм, который позволит осуществить проектирование электростанции небольшой мощности в тех регионах, у которых имеется повышенный гидроэнергетический потенциал, и нет централизованного электроснабжения, расчеты проведенные в данной апробации доказывают высокую экономическую эффективность проекта.

Список используемой литературы

1. Ременчик, М. А. РОЛЬ МИКРО-ГЭС В РАЗВИТИИ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИИ // Молодёжь и наука: Сборник материалов VII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, посвященной 50-летию первого полета человека в космос [Электронный ресурс]. — Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2011. — Режим доступа: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2011/section04.html>, свободный.
2. Обухов С.Г. Автономные системы электроснабжения. Методические указания к выполнению курсового проекта для студентов направления 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника», магистерской образовательной программы «Электроснабжение и альтернативная энергетика», специализация «Оптимизация развивающихся систем электроснабжения» / С.Г. Обухов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2020. – 54 с.
3. Обухов, С.Г, Лукутин, Б.В. Регулятор балластной нагрузки автономной микро-ГЭС // Известия Томского Политехнического университета. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета Т.307. №3, 2004, С. 122.
4. Спирын, Е.А. О ВЫБОРЕ ТИПА МИКРО-ГЭС И ЕЕ ОПТИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ // VI Всероссийская конференция «Актуальные проблемы машиностроения» [Электронный ресурс]-Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2014, С.543
5. Под ред. Гельмана Г.А. Проектирование электроустановок квартир с улучшенной планировкой и коттеджей // выпуск №11, октябрь 2007.
6. Будзко И.А., Лещинская Т.Б., Сукманов В.И. Электроснабжение сельского хозяйства // 2000 г., С. 33-34
7. Поддубный С.А., Оценка объема стока малых рек – боковых притоков верхневолжских водохранилищ // Вода: химия и экология выпуск №9, сентябрь 2014, С. 21-26

8. Вершинина И.П., Характеристика годового стока рек Кузбасса // Вестник Томского государственного университета // ноябрь 2008, С. 201-205.

9. Компания ИНСЭТ, продукция, Микро-ГЭС-20Прд: [Сайт]. URL: <https://inset.ru/produkcija/diagonal-turbines/mges-20prd/> (Дата обращения 20.03.2022)

10. Промтехкомплект. Полиэтиленовые трубы, Труба полиэтиленовая SDR 11: [Сайт]. URL: http://tomsk.pnd-tryba.ru/katalog/sdr_11/315.html (Дата обращения 20.03.2022)

11. Domastroim.su. Микро-ГЭС-методика расчета: [Сайт]. URL: http://www.domastroim.su/articles/electro/electro_2472.html (Дата обращения 21.03.2022)

13) Лавров Н.П., Логинов Г.И., Проектирование гидросооружений деривационной ГЭС и подбор основного силового оборудования // Методические указания к курсовому и дипломному проектированию // Бишкек 2008, С.53-60.

14) Группа компаний ТСС, Дизельный генератор ТСС АД-12С-Т400 в контейнере с АВР: [Сайт]. URL: https://www.tss.ru/catalog/elektrostantsii/dizelnye_elektrostantsii/tss_standart/dizelnyy_generator_tss_ad_12s_t400_v_konteynere_s_avr_025027/ (Дата обращения 25.03.2022)

15) Проекты коттеджей, 62-05 – Проект одноэтажного дома из газобетона: [Сайт]. URL: <https://catalog-plans.ru/catalog/62-05#> (Дата обращения 14.04.2022)

16) Выбор проводов и кабелей для электропроводок, справочник: [Сайт]. URL: https://eti.su/articles/spravochnik/spravochnik_1564.html

17) ИЕК REAL ABILITY, https://www.iek.ru/products/catalog/modulnoe_oborudovanie/avtomaticheskie_vyklyuchateli/avtomaticheskie_vyklyuchateli_karat/

18) Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск: Сиб. Унив. Изд-во, 2009.

19) Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2004. – 214 с., ил.

- 20) Энергетика. Оборудование. Документация.//Оборудование // ВЛ и провода [электронный ресурс]. – URL: [http:// www.forca.ru](http://www.forca.ru)
- 21) Энергомера. Продукция. Счетчики электроэнергии [Сайт]. URL: <http://www.energomera.ru/ru/products/meters>
- 22). Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022).
- 23). ГОСТ 12.2.049-80 1 ССБТ “Оборудование производственное. Общие эргономические требования»
- 24). ГОСТ 12.2.033-78 “Рабочее место при выполнении работ стоя”
- 25). ГОСТ 12.0.003-2015 “Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»
- 26). СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
- 27). СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003
- 28). ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация
- 29). СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
- 30). ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля
- 31). ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление
- 32). ГОСТ 12.3.002-2014 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности
- 33). Правила устройства электроустановок. Издание 7 . СПб.: УВСИЗ, 2011. 692 с.

34). Т.В. Наумова, Безопасность жизнедеятельности: Пособие по выполнению практической работы «Расчет защитного заземления».- М.: мГТУ ГА, 2010

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(Обязательное)

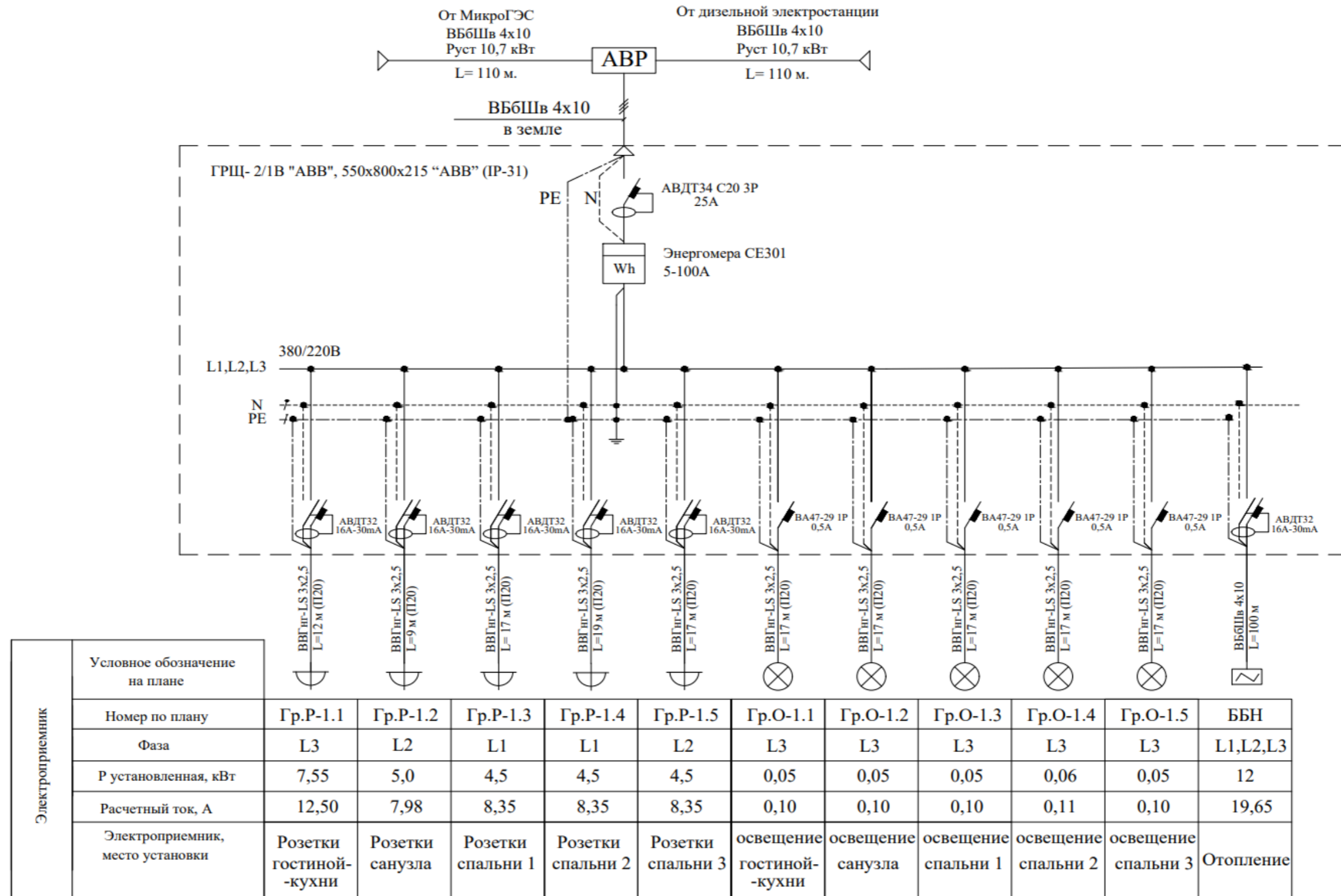


Рисунок А.1 – Электрическая схема объекта электроснабжения

Приложение Б

(справочное)

Application of gas-reciprocating unit in the power supply system of a small industrial enterprise.

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM03	Салыков Артём Олегович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Обухов Сергей Геннадьевич	к.т.н., доцент		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Демидова Ольга Михайловна	к.п.н., доцент		

Introduction

Every year there is a growing interest in small hydropower.

The increased interest is primarily due to the presence of a number of advantages, at the head of which is the preservation of the environment.

Also, during the operation of the station, there is no influence on the property of the water passing through the hydroelectric units. Small hydropower plants do not require the presence of large reservoirs, since the flow of large rivers and even streams can be used to generate electricity.

The main feature in the use of micro-hydroelectric power plants is their ability to design in areas where there is no centralized power supply, that is, these are areas located in hard-to-reach areas, in which the main consumer is many agricultural facilities, villages, as well as various recreation centers for tourists.

The Kemerovo region is known as the land of coal, as well as for its industry. But in recent years, the region has begun to position itself as a tourism center for residents of Siberia and other regions of the country. Tourism in the Kemerovo region has been developing relatively recently, but every year this direction is being improved and, meanwhile, the demand for tourist and recreational services is increasing.

But for the further development of tourism in the region, there are some obstacles, such as the lack of recreation facilities and the imperfection of the entertainment industry (especially for family tourists), the poor development of transport infrastructure in hard-to-reach places, and therefore potentially attractive places for tourists are missed.

This implies the peculiarity that most of such small dispersed consumers have a decentralized power supply, and consumers use diesel and gasoline generators, which leads to the fact that visiting such places is unattractive for tourists. After all, in this case, there is a need to create a storage of combustible fuel, which leads to an increased fire hazard for tourists.

Therefore, the construction of a micro-hydro power plant can solve the problem of electricity supply, since in most cases there are natural watercourses near remote places of residence, which have a large hydropower potential.

The principle of operation, design and main equipment of a micro hydroelectric power station

The principle of operation of any hydroelectric power station is that part of the river water is directed to the channel or pipeline, through which it is fed to the turbine blades, which convert the energy of the falling water into kinetic energy and thereby set in motion a shaft connected directly to the hydro generator.

The generation of electricity received from a hydroelectric power plant is determined at the generator outputs, while the calculations take into account the efficiency of the hydroelectric unit, which determines the hydraulic, mechanical and electrical energy losses in the turbine and generator. Thus, the following expression is distinguished for calculating the generated power of a hydroelectric power plant:

$$N_{HPP} = 9,81 \cdot Q \cdot H \cdot \eta, kW;$$

where Q is the flow rate of water passing through the turbine, m³/s;

H is the water head at the HPP turbines, m;

η is the turbine efficiency.

Head or water pressure is created by the difference in elevation between the water intake and the turbine. Head can be expressed as vertical distance (feet or metres), or as pressure, such as pounds per square inch (psi) or kiloPascals (kPa). Net head is the pressure available at the turbine when water is flowing, which will always be less than the pressure when the water flow is turned off (static head), due to the friction between the water and the pipe. Changes in pipeline diameter, joints and valves also have an effect on the net head.

The necessary set of water can be created in the following ways:

1) Derivation - a natural source of water is used, which is extracted from the riverbed and water is supplied through a special pipeline to the turbine, after which the water is discharged into the mainstream. Derivative supply can be carried out using various structures: a channel, a flume, a tunnel or a pressure pipeline (Fig. 1).

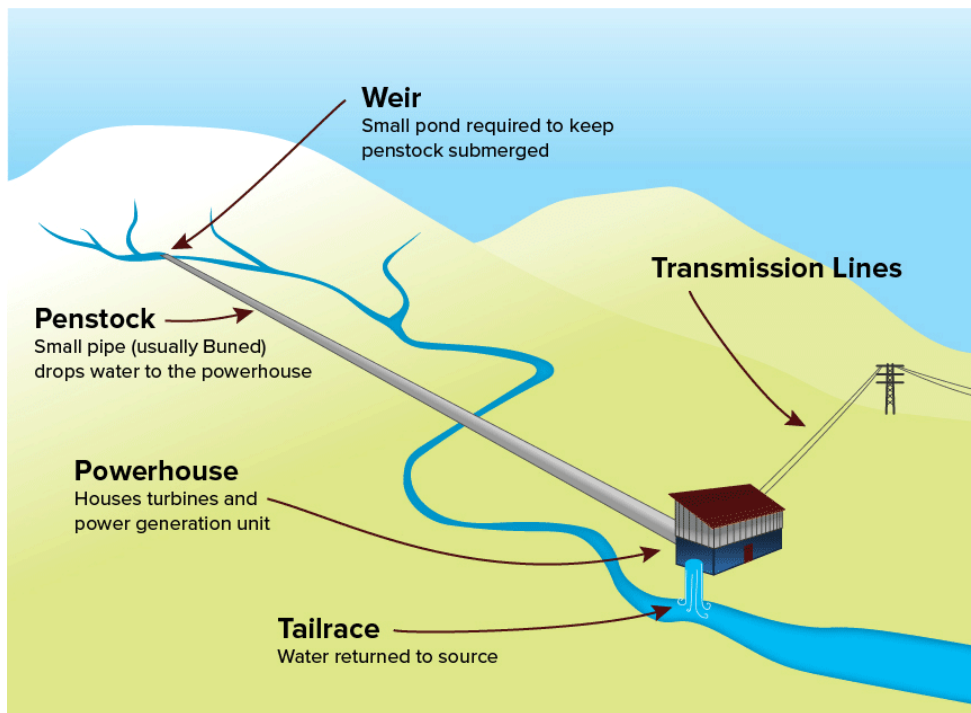


Figure 1 - Derivative method of creating pressure

2) The next type of pressure creation is carried out due to the large slope of the riverbed (Fig 2)

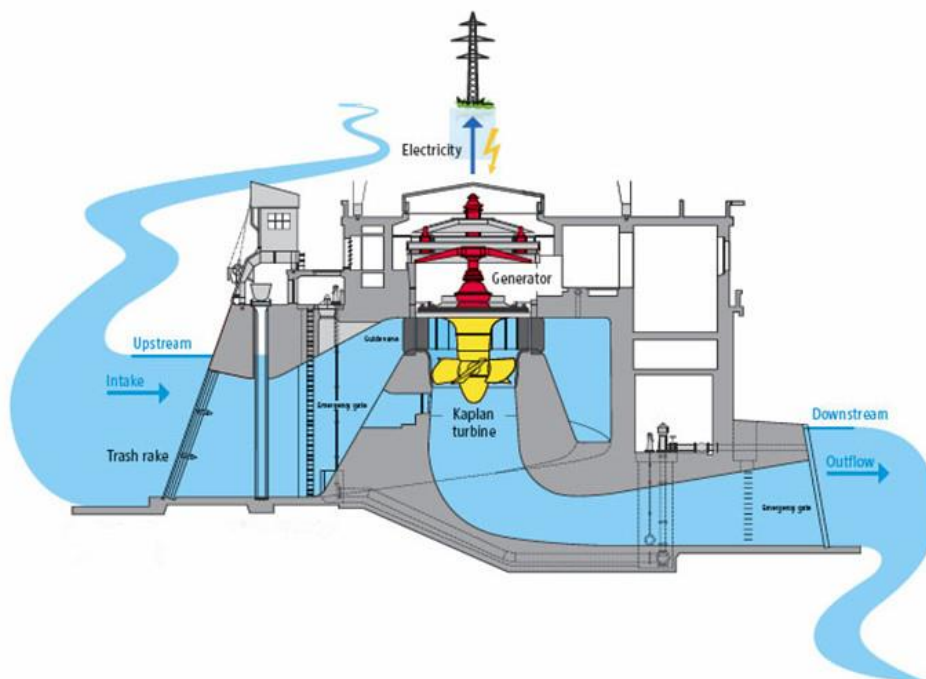


Figure 2 - Run of river type of pressure generation

3) Water pressure in dam hydroelectric power plants is created by installing a dam that completely blocks the river, or raises the water level in it to the required level. Such hydroelectric power plants are built on high-water lowland rivers, as well as on

mountain rivers, in places where the riverbed is narrower, compressed. The resulting reservoir is used as a regulating reservoir, which allows periodically creating water reserves and more fully using the energy of the watercourse (Fig 3)

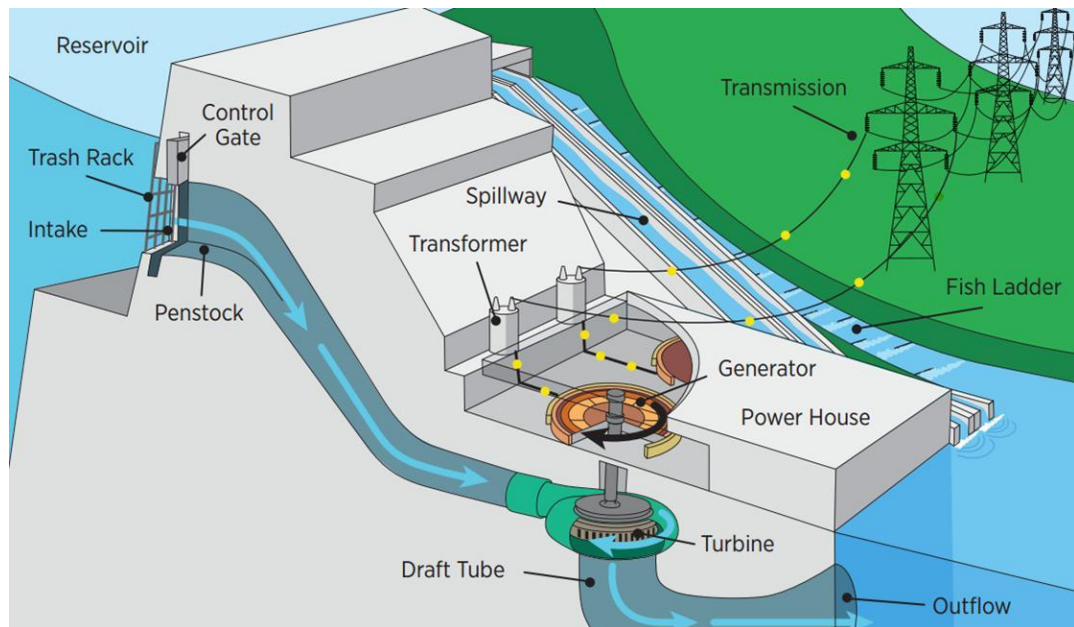


Figure 3 - Type of pressure generation - dam

Hydromechanical equipment of a hydroelectric power plant

Hydro Mechanical equipment that converts the energy of water flow into electricity includes all possible types of hydro turbines.

To select a specific type depending on the head and flow, use the diagram shown in Figure 4.

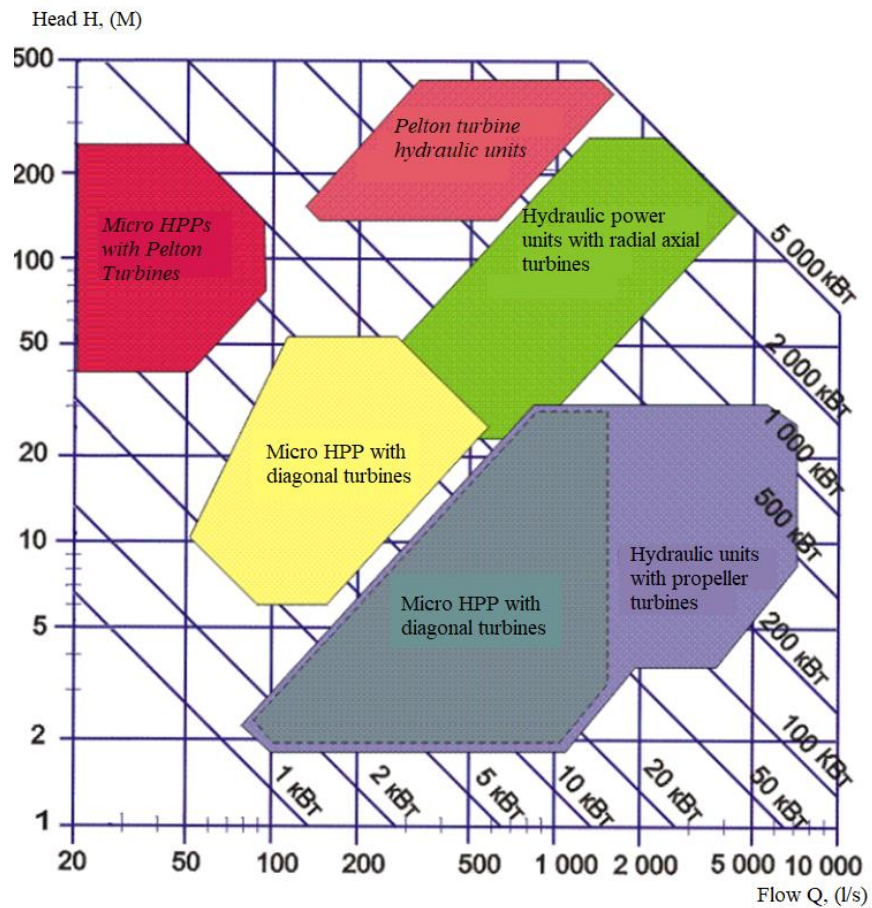


Figure 4 - Scope of hydraulic turbines

Jet propeller turbine (Kaplan turbine). Water enters the guide vanes, and then flows along the axis of the propeller (this type of turbine is also called axial). Advantages: • high speed of rotation of the screw, which is twice the speed of the water flow. • Possibility to regulate their performance by changing the opening of the guide vane and turning the propeller blades. They are used at heads from 1 m to 30 m.

Jet radial-axial turbine (Francis turbine). Water flows radially through an annular channel that surrounds the turbine wheel, between fixed blades that direct the flow of water. The turbine impeller has curved blades in contact with water. The guide vanes are designed in such a way that the energy of the water flow is efficiently converted into rotational motion of the impeller. As in the Kaplan turbine, by changing the angle of attack of the guide vanes, the performance of the turbine can be controlled. They are used at relatively high water pressures of 30 ÷ 250 m.

There is also a type of turbine in which the impeller blades are rigidly fixed at a certain angle - a propeller-type turbine. It is used at low-pressure hydroelectric power

plants, in particular at stations located on flat terrain or for diversion hydroelectric power plants. The advantage of rigidly fixed impeller blades is an increase in the maximum speed at low pressures, which makes it possible to create gearless designs of micro HPPs, while it is necessary to solve the problem of speed control.

To control the rotational speed in a propeller-type turbine, a ballast load is used (Figure 5), which is understood as an additional load that solves the problem of automatically distributing electrical power between consumers.

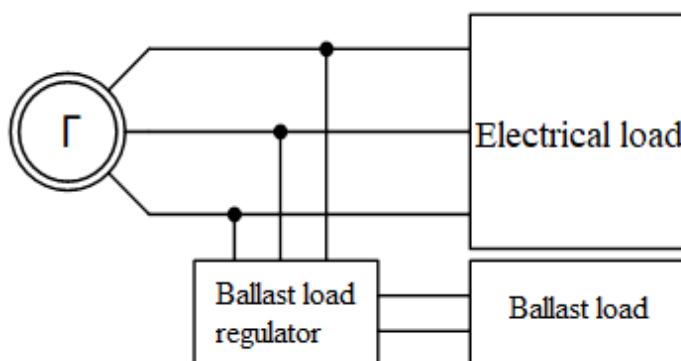


Figure 5 - Structural diagram of the ballast load

The advantage of this speed control is high speed, while the operation of electromechanical devices from the system is excluded, which affects the overall reliability of the design.

Calculation of the energy characteristics of the watercourse and the power supply facility

After studying potentially promising rivers and possible sites for the construction of hydroelectric power stations in the Kemerovo region, the most promising site on the Anzas River, a tributary of the Mrassa River, was selected for power generation.

The power supply facility is a typical cottage for tourists, located in the village of Ust-Anzas.

Ust-Anzas is located in the north-east of the region at the confluence of the Anzas River with the Mrassa River, on the territory of the Shorsky National Park. Also in the village there is an open-air museum "Tazgol", which introduces visitors to the life and way of life of the indigenous population of Kuzbass - the Shors. Thus, this region is famous for tourism, therefore, for the development in this area, it is necessary

to improve the quality of tourism services by creating a favorable climatic and infrastructure environment for tourists.

Table 1 shows the composition of electrical appliances for each room of a typical cottage.

Table 1 Summary of Electrical Appliances by Room

Location	Room area, m ²	Name of electrical appliances,	Rated power, kW
Living room	19,68	4 sockets for a current of 6A	1
		Home theater	0,8
Kitchen-dining room	19,72	Fridge	1,7
		Teapot	1,45
		Microwave	1,2
		Kitchen hoods	0,5
		TV	0,1
		1 sockets of a current of 6A	0,8
		Air condition	2,5
Bedroom 1	17,3	TV	0,1
		Hair dryer	1,6
		3 sockets for a current of 6A	0,3
		Air condition	2,5
Bedroom 2	17,3	TV	0,1
		Hair dryer	1,6
		3 sockets for a current of 6A	0,3
		Air condition	2,5
Bedroom 3	17,3	TV	0,1
		Hair dryer	1,6
		3 sockets for a current of 6A	0,3
		Air condition	2,5
Bathroom	6,6	Washing machine	2,5
		Washing machine	0,1
		Whirlpool bath	1,6
		1 sockets of a current of 6A	1
Total, kBt		26,15	

In the work, the lighting was also calculated, which amounted to 300 watts.

Next, we find the estimated power of electrical consumers using the demand and use factors, as well as the estimated current (Table 2).

Table 2 - Household electrical receivers with calculated characteristics.

Consumers	Installed capacity	Coefficients			Estimated Power		Ip,A
		Demand	factor	Power	P,κW	Q,kVar	
Living room							
TV	0,8	0,4	0,1	0,95	0,32	0,34	0,51
Kitchen-dining room							
Fridge	1,7	1,0	0,5	0,95	0,85	0,89	1,36
Teapot	1,45	0,2	1,0	0,95	0,29	0,31	0,46
Microwave	1,2	0,2	1,0	1,0	0,24	0,24	0,36
Kitchen hoods	0,5	0,3	0,8	0,8	0,12	0,15	0,22
TV	0,1	0,6	1,0	0,8	0,06	0,08	0,11
Bathroom							
Washing machine	2,0	0,8	0,6	1,0	0,96	0,96	1,46
Washing machine	2,0	0,9	0,6	1,0	1,08	1,08	1,64
Whirlpool bath	1,0	0,8	0,8	0,8	0,64	0,8	1,21
Bedroom 1							
Hair dryer	1,6	0,05	0,9	0,95	0,08	0,08	0,12
Air condition	2,5	0,7	0,8	0,75	1,4	1,86	2,83
TV	0,1	0,6	1,0	0,8	0,06	0,08	0,12
Bedroom 2							
Hair dryer	1,6	0,05	0,9	0,95	0,08	0,08	0,12
Air condition	2,5	0,7	0,8	0,75	1,4	1,87	2,83
TV	0,1	0,6	1,0	0,8	0,06	0,08	0,12
Bedroom 3							
Hair dryer	1,6	0,05	0,9	0,95	0,08	0,08	0,12
Air condition	2,5	0,7	0,8	0,75	1,4	1,87	2,83
TV	0,1	0,6	1,0	0,8	0,06	0,08	0,12
Other consumers							
Socket network	2,8	0,8	0,6	0,85	1,344	1,58	2,4
Lighting	0,3	0,8	0,6	1	0,144	0,14	0,22
TOTAL					10,7		

Using the typical probabilistic-statistical load curves presented in the main part of the work, we calculate the load curves for all seasons (Table 3).

Table 3 - Daily schedules of active and reactive loads

	Winter	Spring	Summer	Autumn
Time of day	P,kW	P,kW	P,kW	P,kW
0-1	8,18	6,54	5,61	5,72
1-2	8,18	6,54	5,61	5,72
2-3	8,18	6,54	5,61	5,72
3-4	8,18	6,54	5,61	5,72
4-5	8,18	6,54	6,40	5,72
5-6	9,36	7,50	6,48	6,55
6-7	10,02	7,96	6,92	6,97
7-8	10,29	8,02	6,97	7,06
8-9	9,88	7,91	6,92	6,92
9-10	9,75	7,80	6,82	6,82
10-11	9,75	7,80	6,82	6,82
11-12	9,81	7,85	6,82	6,87
12-13	9,88	7,91	6,87	6,92
13-14	9,75	7,80	6,82	6,82
14-15	9,75	7,80	6,82	6,82
15-16	9,75	7,80	6,82	6,82
16-17	9,88	7,80	6,82	6,82
17-18	10,29	7,91	6,82	6,92
18-19	10,70	8,02	6,87	7,20
19-20	10,63	8,23	6,92	7,49
21-22	10,29	8,56	7,20	7,35
22-23	10,02	7,69	7,49	7,11
23-24	9,36	7,73	7,11	6,62

Figure 6 shows a graph of the electrical loads of the power supply facility

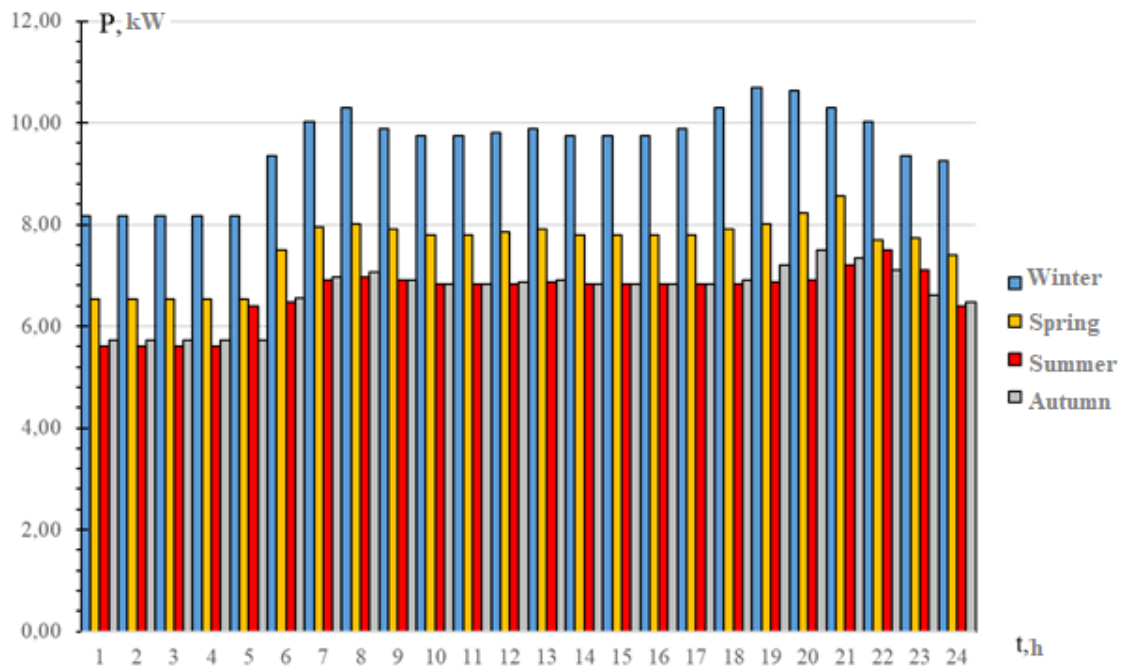


Figure 6 - Electrical load chart

Calculation of the hydropower potential of the Anzas River

To determine the energy indicators of the Anzas River, on the basis of which it is possible to determine the parameters of the designed small hydroelectric power station, a water-energy calculation is carried out.

Since the study did not carry out hydrological measurements in the river, to determine the average annual water discharge, we use the formula for the transition from the runoff module to the water discharge:

$$Q_{cp.zod.} = \frac{M_0 F}{1000}, \frac{M^3}{c}$$

где M_0 – average long-term runoff module, l/s km²;

F – Catchment area, km².

At the same time, the average long-term runoff module is found according to Figure 7



Figure 7 - Average multi-year annual runoff module M_0 .

The parameter of the water intake area of the river is found by the formula of connection with the length of the watercourse:

$$F = 0,58 \cdot L^{1,78}, \text{ km}^2.$$

Thus, having determined the average annual distribution of runoff, we determine the intra-annual distribution by seasons.

Table 4 - Intra-annual distribution of runoff by seasons in m³/s

Water content group	Spring	Summer autumn	Winter
р. Анзас – п. Усть-Анзас			
25%	1,69	0,62	0,09
50%	1,78	0,54	0,08
75%	1,90	0,43	0,07

Knowing the flow rate of the Anzas River in each season, we determine the optimal location of the target for the future station.

Design of the hydromechanical part of a micro-hydro power plant

According to the results of the study, according to Figure 4, a hydraulic unit of the MNTO INSET company was selected, the characteristics of which are presented in Table 5

Table 5 - Micro HPP with diagonal turbines

Options	Micro HPP-20 PrD
Power, kW	10-20
Head, m	8-18
Water consumption, m ³ /s	0,08-0,17
Rotation frequency, rpm	1500
Rated voltage, V	400
Impeller diameter, mm	200
Cost, thousand rubles	1600
Delivery time, months	8

Micro HPP-20PrD consists of (Figure 8):

- 1) Power unit, which includes a hydraulic turbine and an asynchronous motor used as a generator, located on the base frame
- 2) Ballast load block, consisting of a cabinet, inside of which thermoelectric heaters are located. (supplied with water or air cooling)

3) Automatic control devices necessary for the control and protection of the power unit. UAR provides excitation of the asynchronous generator and automatic regulation of the generated voltage and frequency. UAR also provides protection against overload, overvoltage and short circuit.

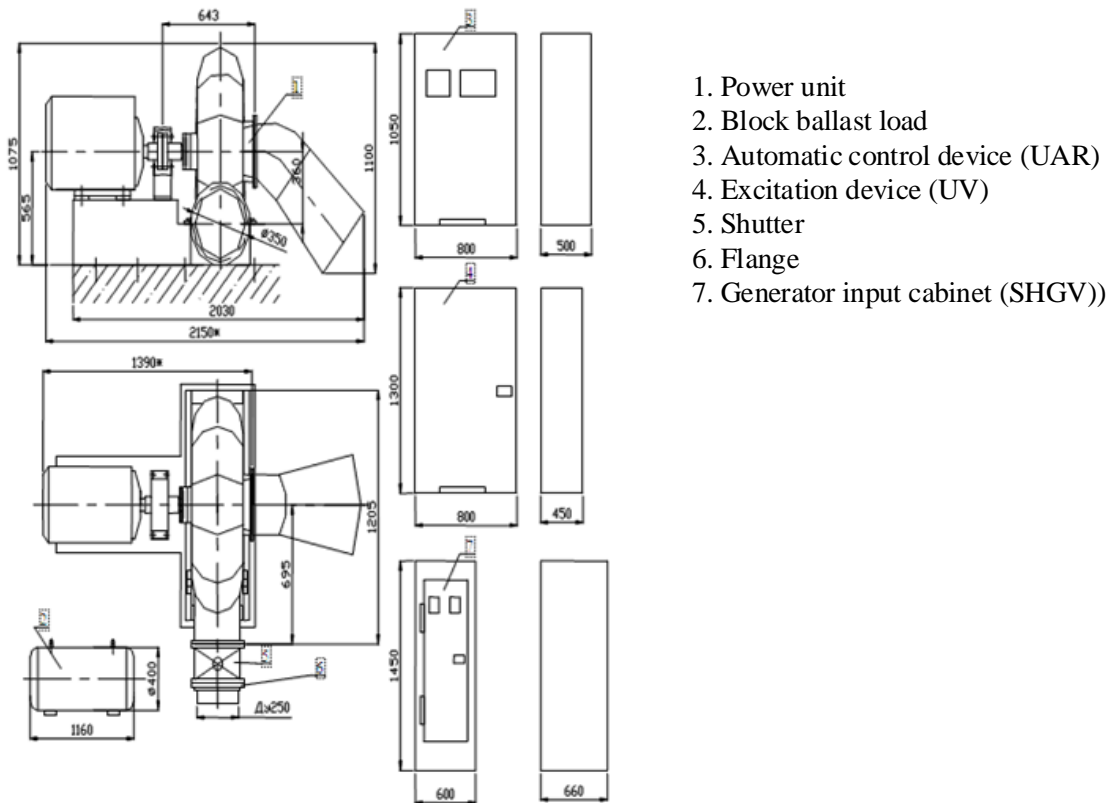


Figure 8- Structural design Micro-HES 20PrD

Development of the hydrotechnical part of the project

The machine building of a diversion hydroelectric power station (Figure 10) is built directly at the slope. In some cases, the building is located in a deep recess. The increase in the volume of work on the construction of the excavation and the outlet channel pays off by reducing the length of the turbine pipelines.

With the help of the Google Earth program, the relief profile of the selected alignment was built (Figure 9). The profile shows the marks of the headwater and tail-pipe (▼ББ, ▼НБ), the length of the pressure pipeline (l_{pipes}), as well as the location of the construction site where the HPP building will be located.

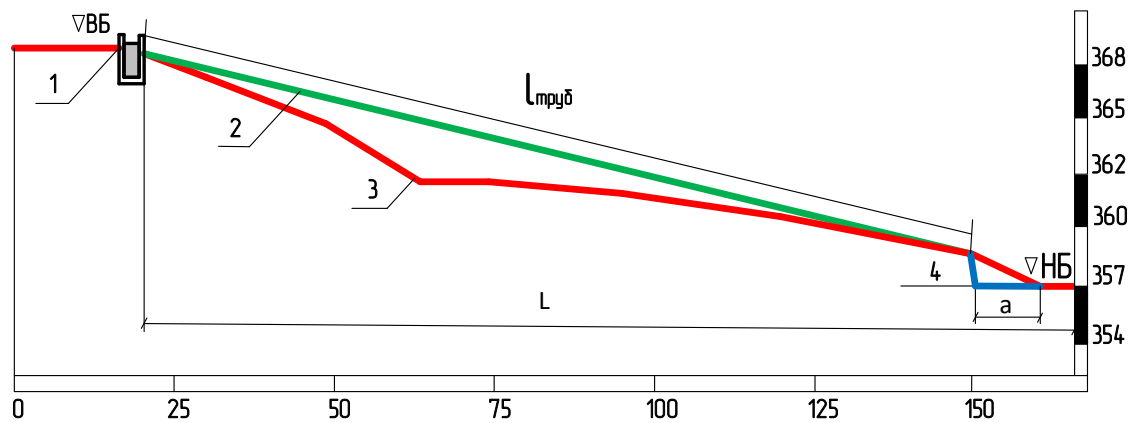


Figure 9 - Longitudinal profile along the route of the turbine pipeline and the discharge channel: 1 - pressure basin, 2 - pressure pipeline, 3 - relief profile, 4 - construction site and the bottom of the discharge channel

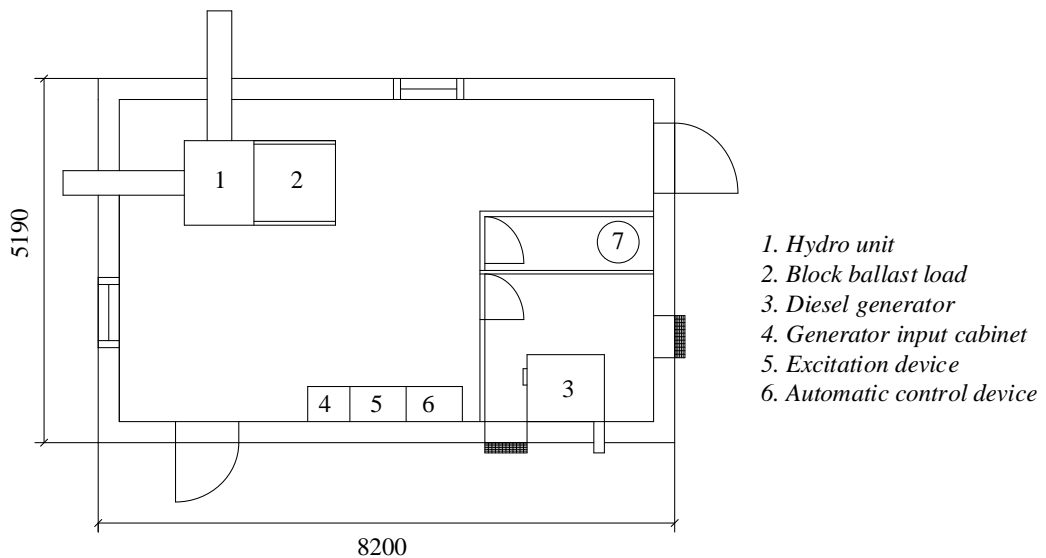


Figure 10 - Preliminary plan of the machine building of a diversion hydroelectric power station

Next, a pressure pipeline was designed. When designing a supply pressure pipeline, a critically important parameter is its diameter, which determines the hydraulic losses in the pipeline, the convenience of its installation and subsequent operation. Another important parameter that must be taken into account in the design is the loss of pressure due to friction of the watercourse when flowing through the pipeline.

As a result, a HDPE PE10 pipe for water and gas SDR11 with a diameter of 355 mm was chosen.

For the functional operation of the hydraulic unit, it is necessary that the pressure pipeline be completely filled with water, since in this case the necessary pressure is created in front of the turbine. This problem is solved by building a pressure basin in front of the pipeline (Figure 11).

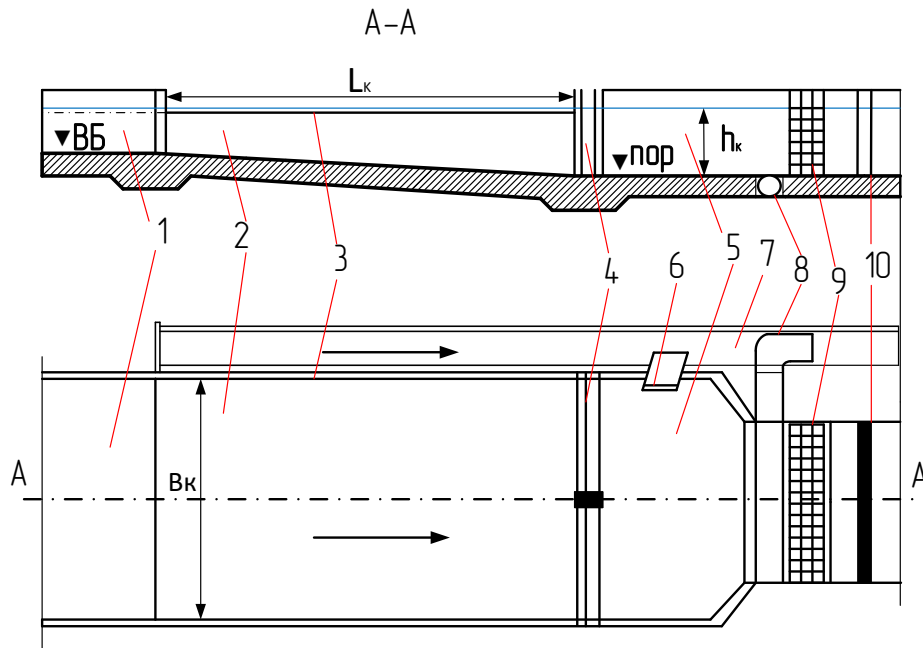


Figure 11 - Designed pressure basin of a micro-hydroelectric power station: 1 - water supply channel; 2) fore-chamber; 3) weir; 4) stopper groove; 5) water intake-nickname; 6) noise discharge; 7) idle spillway 8) washing gallery 9) Soro-retaining grate 10) shutter

Conclusion

In the course of the work, an analysis of the territory of Russia was carried out to identify potential places for the design of the station, the principle of operation, the design of a micro hydroelectric power station, and the energy characteristics of the power supply facility were considered. were calculated, the hydropower potential of the selected river was determined, subsequently the hydromechanical and hydrotechnical part of the project was developed, and the power supply scheme was developed.

Scope: the developed project can be used for further design in other potential regions.

From the economic point of view, the considered project is resource-efficient with a high margin of financial strength and a short payback period.