

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

Институт: Энергетический  
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
 Кафедра Атомных и тепловых электростанций

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИНАРНОГО ЦИКЛА ПТУ НА ТЕПЛОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ</b>

УДК \_\_\_\_\_

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<b>5Б2А</b>	<b>ШУБАРОВ Назир Сеилханович</b>		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>профессор кафедры АТЭС</b>	<b>А.Г. Коротких</b>	<b>д.ф.-м.н., доцент</b>		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>доцент кафедры менеджмента</b>	<b>С.Н. Попова</b>	<b>к.э.н., доцент</b>		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности</b>	<b>М.Э. Гусельников</b>	<b>к.т.н., доцент</b>		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>ст. преподаватель ка- федры атомных и теп- ловых электростанций</b>	<b>М.А. Вагнер</b>	<b>-</b>		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>атомных и тепловых электростанций</b>	<b>А.С. Матвеев</b>	<b>к.т.н., доцент</b>		

**Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе <i>на иностранном языке</i> , разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты <i>комплексной</i> инженерной деятельности.
Р2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных</i> инженерных задач.
Р3	Демонстрировать <i>личную</i> ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения <i>комплексной</i> инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
Р4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
Р5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
Р6	Осознавать необходимость и демонстрировать <i>способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р7	Применять <i>базовые</i> математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности <i>в широком</i> (в том числе междисциплинарном) контексте в <i>комплексной</i> инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
Р8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач <i>комплексного</i> инженерного анализа с использованием <i>базовых и специальных</i> знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования.
Р9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять <i>комплексные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, <i>современных</i> методов проектирования для достижения <i>оптимальных</i> результатов, соответствующих техническому заданию <i>с учетом</i> нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.
Р10	Проводить <i>комплексные</i> научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением <i>базовых и специальных</i> знаний и <i>современных</i> методов.
Р11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать

	опасности и угрозы в развитии современного информационного общества, соблюдать основные требования информационной безопасности.
P12	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии, управлять технологическими объектами, использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
<i>Специальные профессиональные</i>	
P13	Участвовать в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контролировать организацию метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составлять документацию по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.
P14	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.
P15	Использовать методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P16	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приемке и освоению вводимого оборудования.

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



Институт Энергетический  
Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
Кафедра «Атомных и тепловых электростанций»

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой АТЭС ЭНИН  
А.С. Матвеев

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

\_\_\_\_\_  
(Дата)

**ЗАДАНИЕ**  
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

**бакалаврской работы**

(бакалаврской работы, /работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5Б2А	Шубарову Назиру Сеилхановичу

Тема работы:

**Анализ эффективности использования бинарного цикла ПТУ на тепловой электростанции**

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**10 июня 2016 года**

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

Объект исследования – паротурбинная установка  
Режим работы – непрерывный  
Электрическая мощность – 300 МВт  
Температура острого пара – 500 °С  
Климатические условия – г. Томск

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Представить описание, технические характеристики и схему одноконтурной паротурбинной и парогазовой установки. Указать достоинства и недостатки ПТУ и ПГУ.</li> <li>2. Сформулировать цель и задачи работы.</li> <li>3. Представить описание, технические характеристики и схему двухконтурной паротурбинной установки с низкопотенциальным рабочим телом.</li> <li>4. Провести анализ эффективности использования двухконтурной паротурбинной установки с низкопотенциальным рабочим телом на ТЭС.</li> <li>5. Определить коммерческую ценность проекта.</li> <li>6. Проанализировать рабочие места на предмет выявления основных опасностей и вредностей при эксплуатации ПТУ, оценить степень воздействия низкопотенциальных теплоносителей на человека и природную среду.</li> <li>7. Сформулировать основные выводы.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Схемы одноконтурной и двухконтурной паротурбинных установок, основные технические характеристики ПТУ, результаты технико-экономического расчета.</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Введение</p>	<p>Коротких А.Г., профессор кафедры АТЭС</p>
<p>1.Использование паротурбинной и парогазовой установок на ТЭС</p>	<p>Коротких А.Г., профессор кафедры АТЭС</p>
<p>2.Анализ эффективности использования двухконтурной паротурбинной установки с низкопотенциальным рабочим телом</p>	<p>Коротких А.Г., профессор кафедры АТЭС</p>
<p>3.Финансовый менеджмент</p>	<p>Попова С.Н., доцент кафедры менеджмента</p>
<p>4.Социальная ответственность</p>	<p>Гусельников М.Э., доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности</p>
<p>Заключение</p>	<p>Коротких А.Г., профессор кафедры АТЭС</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском языке:</b></p>	
<p>Введение</p>	
<p>1.Использование паротурбинной и парогазовой установок на ТЭС</p>	
<p>2.Анализ эффективности использования двухконтурной паротурбинной установки с низкопотенциальным рабочим телом</p>	
<p>3.Финансовый менеджмент</p>	
<p>4.Социальная ответственность</p>	
<p>Заключение</p>	
<p>Список литературы</p>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	<b>11 января 2016 года</b>
---	----------------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры АТЭС	Коротких Александр Геннадьевич	д. ф.-м. н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2А	Шубаров Назир Сеилханович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
5Б2А	Шубаров Назир Сеилханович

<b>Институт</b>	Энергетический	<b>Кафедра</b>	Атомных и тепловых электростанций
<b>Уровень образования</b>	бакалавриат	<b>Направление</b>	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

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

1. <i>Стоимость затрат технического проекта (ТП): на специальное оборудование, зарплату, страховые отчисления, прочие и накладные расходы</i>	Затраты на специальное оборудование определяются согласно стоимости оборудования по прейскурантам или по договорной цене. Заработная плата рассчитывается исходя из тарифной ставки и коэффициентов, зависящих от различных условий: организация, регион. Страховые отчисления определяются согласно Федеральному закону от 24.07.2009 №212-ФЗ Прочие и накладные расходы определяются исходя из суммы остальных статей расходов.
2. <i>Продолжительность выполнения технического проекта</i>	Приблизительная оценка продолжительности выполнения ТП составляет 359 календарных дней

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка потенциала и перспективности реализации ТП с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценку потенциала и перспективности реализации ТП можно оценить с помощью SWOT-анализа
2. <i>Планирование и формирование графика работ по реализации ТП</i>	Для составления графика технико-конструкторских работ используется оценка трудоемкости работ для каждого исполнителя. По полученным данным строится график инженерных работ, позволяющий лучше спланировать процесс реализации ТП

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова С.Н.	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2А	Шубаров Назир Сеилханович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5Б2А	Шубаров Назир Сеилханович

<b>Институт</b>	<b>Энергетический</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Атомных и тепловых электрических станций</b>
<b>Уровень образования</b>	<b>Бакалавр</b>	<b>Направление/специальность</b>	<b>13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника</b>

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

В разделе рассмотрены вопросы социальной ответственности работников, обслуживающих паротурбинную установку.

Рабочее место представляет собой помещение – турбинный цех.

В турбинном цехе должны быть предусмотрены меры защиты от возможного воздействия опасных и вредных факторов.

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

#### 1. Производственная безопасность

1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

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

1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

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

В данном разделе рассмотрены влияние и соответствующие нормы по вредным и опасным производственным факторам с указанием ссылок на соответствующие нормативно-технические документы.

Вредными факторами являются

- загазованность,
- освещенность,
- электромагнитные излучения.
- вибрация,
- шум,

Опасные факторы

- механической,
- термической,
- электрической,
- пожарной и взрывной природы.

Описано действие факторов на организм человека, предложены меры по уменьшению их влияния, выбраны средства коллективной и индивидуальной защиты.



<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>В данном разделе рассматривается вопрос теплового загрязнения как одного из наиболее крупных видов физического загрязнения окружающей среды.</p>
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	<p>В данном разделе представлены организационно-технические мероприятия по повышению устойчивости функционирования объекта при ЧС.</p>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> </ul>	<p>Основные положения по охране труда изложены в Конституции РФ, основных законодательствах РФ и Кодексах законов о труде РФ.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	10.03.16
--	----------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Гусельников М.Э.	к.т.н., доц.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б2А	Шубаров Назир Сеилханович		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 55 с., 8 рис., 7 табл., 32 источника, приложений нет.

Ключевые слова: электростанция, паротурбинная установка, бинарный цикл, низкопотенциальное рабочее тело, эффективность.

Объектом исследования является двухконтурная паротурбинная установка с низкопотенциальным рабочим телом.

Цель работы – провести анализ эффективности использования бинарного цикла паротурбинной установки на тепловой электростанции.

В работе представлен анализ эффективности использования бинарного цикла паротурбинной установки на тепловой электростанции на основе расчета термического коэффициента полезного действия двухконтурной паротурбинной установки с низкопотенциальным рабочим телом.

В результате исследования выявлено, что термический коэффициент полезного действия двухконтурной паротурбинной установки с низкопотенциальным рабочим телом больше термического коэффициента полезного действия одноконтурной паротурбинной установки на 29,5 %.

## Оглавление

Введение	13
1 Использование паротурбинной и парогазовой установок на ТЭС	14
1.1 Паротурбинные установки	14
1.2 Требования к рабочему телу	16
1.3 Комбинированные циклы	17
1.4 Парогазовые установки	17
2 Анализ эффективности использования двухконтурной паротурбинной установки с низкопотенциальным рабочим телом	21
2.1 Выбор рабочего тела для низкотемпературного контура	22
2.2 Сравнение термических коэффициентов полезного действия циклов	25
2.3 Сравнения органического цикла Ренкина и парового цикла Ренкина	29
3 Финансовый менеджмент	34
3.1 Потенциальные потребители результатов исследования	34
3.2 SWOT-анализ	34
3.3 Планирование научно-исследовательских работ	35
3.3.1 Определение трудоемкости выполнения работ	35
3.3.2 Разработка графика выполнения технического проекта	36
4 Социальная ответственность	39
4.1 Производственная безопасность	39
4.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации паротурбинной установки на станции	39
4.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	43
4.2 Экологическая безопасность	45
4.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	45
4.2.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	47
4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	48

4.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	48
4.3.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	48
4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	49
Заключение	51
Список литературы	52

## **Введение**

Из-за быстрого роста потребления электроэнергии, который с каждым годом только увеличивается, создаются турбоагрегаты больших единичных мощностей. Но увеличение единичных мощностей ограничено обстоятельством, что водяной пар при низких температурах имеет большой удельный объем и поэтому размеры последних ступеней получаются очень большими. Центробежная нагрузка лопаток ограничивает размеры выполнимых ступеней. Поэтому при больших потоках пара и хорошем вакууме необходимо применять несколько цилиндров низкого давления, предельное число которых: шесть-восемь выхлопов, т.е. три-четыре цилиндра низкого давления. Если потоки пара еще больше и вакуум еще лучше, то чтобы избежать двух вальной компоновки вместо турбин с числом оборотов 3000 об/мин. применяют турбины с четырех полюсным генератором (1500 об/мин.).

Оборудование больших габаритов имеет чрезвычайно высокие стоимости. Проектировщики часто соглашаются с худшим вакуумом или допускают большие выходные потери, чтобы снизить капитальные затраты турбины, однако, при этом растут эксплуатационные расходы установки. Очевидно, что в крупных энергоустановках – явилось бы благоприятным применять такую рабочую среду в зоне низких температур рабочего процесса, удельный объем которой не растет так быстро с уменьшением температуры насыщения и не так велик при низких температурах насыщения, как удельный объем водяного пара.

В последние годы бурно развивается направление по утилизации сбросной теплоты энергетических установок с внедрением турбинных установок на НРТ. В таких установках реализуется органический цикл Ренкина (ОЦР) и утилизируется сбросная теплота, имеющая температуру 60-600 °С [1-4].

Данная работа посвящена анализу применения ОЦР для утилизации сбросной теплоты на паротурбинной установке (ПТУ).

### **3 Финансовый менеджмент**

Перспективность научного исследования определяется не только выгодными техническими параметрами в сравнении с предшествующими разработками, но и коммерческой ценностью инновационной разработки. Оценка коммерческой ценности проекта весьма важна для разработчиков, которым необходимо представлять целесообразность и состояние научного исследования.

Задачей раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является оценка перспективности научного исследования, исследование внешней и внутренней среды проекта, выявление сильных и слабых сторон разработки и планирование научно-исследовательских работ.

#### **3.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

В данной дипломной работе рассматривается внедрение второго контура с низкопотенциальным рабочим телом в цикл паротурбинной установки. Децентрализованные электростанции и тепловые электроцентрали небольшой мощности, работающие на противодавленческих турбинах, являются основными потенциальными потребителями научного исследования.

#### **3.2 SWOT-анализ**

SWOT-анализ – это метод стратегического планирования. Его суть состоит в выявлении факторов внутренней и внешней среды объекта исследования. Сильные стороны (strengths), слабые стороны (weaknesses), возможности (opportunities) и угрозы (threats) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта.

Опишем сильные и слабые стороны проекта (факторы внутренней среды), а также выявим возможности и угрозы (факторы внешней среды) сопутствующие проекту. Сведем результаты анализа в таблицу 2.

Таблица – 2 Матрица SWOT

	Сильные стороны	Слабые стороны
	Возможности	Угрозы
Внешняя среда	Активные научные исследования по модернизации в этой области	Незаинтересованность инвесторов
	Возможность утилизации низкопотенциального тепла	Небольшой опыт эксплуатации
		Неэффективная работа при частичной нагрузке
	Преимущества	Недостатки
Внутренняя среда	Нет необходимости в перегреве	Низкий диапазон мощностей
	Более простая конструкция турбины	Высокая мощность насоса
	Не требуется водоподготовка и деаэрация	Труднодоступность рабочей жидкости
	Более простая конструкция оборудования и установки в целом	Относительно высокая стоимость рабочей жидкости

### 3.3 Планирование научно-исследовательских работ

#### 3.3.1 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного проекта определяется в человеко-днях и зависит многих факторов. Чтобы найти значение ожидаемой трудоемкости воспользуемся формулой:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{мин}i} + 2t_{\text{макс}i}}{5},$$

где  $t_{\text{ож}i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\text{мин}i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

По ожидаемой трудоемкости работ находится продолжительность каждой работы в рабочих днях, которая предусматривает параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i},$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

### 3.3.2 Разработка графика выполнения технического проекта

Построение ленточного графика проведения научных работ очень наглядно в форме диаграммы Ганта.

*Диаграмма Ганта* – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Формула перевода длительности каждого этапа работы из рабочих в календарные дни представлена ниже:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.



$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Занесем все рассчитанные значения в таблицу 3.

Таблица 3 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{\min}$ , чел-дни	$t_{\max}$ , чел-дни	$t_{\text{ожс}}$ , чел-дни			
1. Составление задания на выполнения ВКР	1	3	1,4	Руководитель	1,4	2
2. Обзор литературы по теме	12	18	14,4	Студент	14,4	21
3. Математические расчеты	14	21	16,8	Руководитель Студент	16,8	27
4. Создание пояснительной записки	21	28	23,8	Студент	23,8	34
5. Разработка раздела финансовый менеджмент	14	20	16,4	Студент	16,4	26
6. Разработка раздела социальная ответственность	12	19	14,8	Студент	14,8	22
7. Проверка составленной документации	4	6	4,8	Руководитель	4,8	7
8. Защита проекта	1	2	1	Студент	1	2
9. Реализация проекта на объекте	1080	1440	1224	Специалисты	136	218
Итого:						359

Построим календарный план-график на основе таблицы 3 для максимального по длительности исполнения работ с разбивкой по декадам и месяцам.

Таблица 4 – Календарный план-график проведения ОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ																	
				январь		февраль			март			апрель			май			июнь			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель																			
2	Обзор литературы по теме	Студент																			
3	Математические расчеты	Руководитель																			
		Студент																			
4	Создание пояснительной записки	Студент																			
5	Разработка раздела финансовый менеджмент	Студент																			
6	Разработка раздела социальная ответственность	Студент																			
7	Проверка составленной документации и разработанных схем	Руководитель																			
8	Защита проекта	Студент																			

Обозначения:



- Руководитель



- Студент

