

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

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование ГТЭ-160 на нерасчетных режимах работы на примере Новокузнецкая ГТЭС

УДК 621.438.016(571.17)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б2А2	Солнцев Михаил Юрьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры АТЭС	Е.А. Маслов	к.ф.-м.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель кафедры менеджмента	Н.Г. Кузьмина	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	М.В. Василевский	к.т.н., доцент		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель кафедры атомных и тепловых электростанций	М.А. Вагнер	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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

Институт Электронного обучения
Направление подготовки **13.03.01 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
3-5Б2А2	Солнцеву Михаилу Юрьевичу

Тема работы:

Исследование ГТЭ-160 на нерасчетных режимах работы на примере Новокузнецкая ГТЭС	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	03.02.2017 609/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:	5 июня 2017 года
--	-------------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(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.).</i></p>	<p>Целью работы является анализ работы ГТУ на нерасчетные режимы работы</p>
--	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Актуальность исследования 2. Описание Новокузнецкой ГТЭС 3. Расчет ГТУ-160 при минимальной температуре окружающего воздуха 4. Построение графических зависимостей 5. Вывод 6. Вопросы финансового менеджмента 7. Вопросы социальной значимости 8. Заключение
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент</p>	<p>Кузьмина Наталия Геннадьевна ст. преподаватель</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Василевский М.В доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>8 января 2017 года</p>
--	----------------------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Маслов Е.А	К.ф.-м.н. доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б2А2	Солнцев М.Ю		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа _____ 60 _____ с., _____ 12 _____ рис., _____ 7 _____ табл., _____ 22 _____ источников, _____ прил.

Ключевые слова: ГТУ, ГАЗ, ТУРБИНА, ТЕПЛО, КОМПРЕССОР, КАМЕРА СГОРАНИЯ.

Цель работы – Представить расчет ГТУ в нерасчетных режимах работы

В процессе исследования проводились: Расчет схемы ГТУ на различных режимах работы

В результате расчета определено что работа ГТУ на отрицательных температурах гораздо выгоднее чем при положительной.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ГТУ-газовая турбина

К-компрессор

КУ-котел утилизатор

КС-камера сгорания

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>	
P1	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.
P2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе <i>междисциплинарном</i> , с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных</i> инженерных задач.
P3	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.
P4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
P5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
P6	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>	
P7	Применять <i>базовые</i> математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности <i>в широком</i> (в том числе <i>междисциплинарном</i>) контексте в <i>комплексной</i> инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
P8	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.
P9	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.
P10	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.
P11	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.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б2А2	Солнцеву Михаилу Юрьевичу

Институт	Институт электронного обучения (ИнЭО)	Кафедра	Атомных и тепловых электростанций
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	«Теплотехника и теплоэнергетика», 13.03.01

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих.</i>	<i>Оклад для руководителя 26300 руб. Оклад для инженера 17000 руб.</i>
2. <i>Нормы, нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизации основных фондов: 20%</i>
3. <i>Социальные отчисления</i>	<i>Социальные отчисления-30% от ФЗП</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	1. <i>Планирование работ и оценка времени их выполнения.</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	2. <i>Смета затрат на проект.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	3. <i>Анализ полученных результатов</i>
Перечень графического материала: (с точным указанием обязательных чертежей)	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Кузьмина Наталия Геннадьевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б2А2	Солнцев Михаил Юрьевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б2А2	Солнцев Михаил Юрьевич

Институт	Институт электронного обучения (ИнЭо)	Кафедра	Атомных и тепловых электростанций
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Анализ режимов работы ГТЭ-160 Новокузнецкой ГТЭС
--	---

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: 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:	1. Анализ опасных и вредных факторов при эксплуатации ГТЭ-160 2. Техника безопасности при поражении электрическим током и для исключения механических травм 3. Пожароопасность 4. Производственная санитария а) влияние шума б) влияние вибрации в) производственное освещение г) метео условия д) электромагнитное излучение
2. Экологическая безопасность:	Охрана окружающей среды 1. Охрана поверхностных подземных вод от загрязнения выбросов Новокузнецкой ГТЭС 2. Охрана окружающей среды при складировании отходов Новокузнецкой ГТЭС
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: –	1. Прогноз воздействия объекта при возможных авариях

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Василевский М.В.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б2А2	Солнцев М.Ю		

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	11
1 ОПИСАНИЕ НОВОКУЗНЕЦКОЙ ГТЭС	13
1.1 Система водоснабжения Новокузнецкой ГТЭС	13
1.2 Система газоснабжения	14
1.3 Газовая турбина ГТЭ-145	15
2 РАСЧЕТ ГАЗОВОЙ ТУРБИНЫ	18
3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	35
4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	42
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	58
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	59

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в мире широкое распространение получают все более эффективные, экономичные и экологически чистые технологии преобразования энергии органического топлива в электрическую энергию и теплоту. К их числу относится использование на действующих и вновь создаваемых электростанциях газотурбинных установок и парогазовых циклов на их основе [1].

Важным элементом тепловой схемы любой ГТУ является энергетическая газовая турбина. Показатели ее работы определяют режим эксплуатации всей газотурбинной установки [1].

Параметры работы газотурбинного агрегата (такие, как номинальная электрическая мощность, КПД привода, степень повышения давления, расход рабочего тела и др.) приводятся в литературных источниках для, так называемых, стандартных условий окружающей среды, при которых удобно их сопоставлять. По нормам Международной организации стандартов ISO № 2314 «Газотурбинные установки - приемочные испытания» стандартные параметры определены следующими: температура наружного воздуха 288 К (+ 15°C), давление 0,1013 МПа, влажность 60%. ГТУ в стандартных условиях практически никогда не работают: изменяются параметры рабочих сред в трактах турбомашин, электрическая нагрузка установки, сопротивления ходу воздуха и газов, в результате чего меняются основные показатели установки - мощность и КПД. Таким образом, режим эксплуатации ГТУ носит чаще переменный, чем расчетный (основной, базовый), характер.

Для эксплуатации конкретной ГТУ важно знать зависимость основных ее показателей от наружных условий и нагрузки (расхода топлива), т.е. диаграмму режимов газотурбинной установки, представляющую собой графическое отображение взаимосвязи параметров работы и показателей

турбоагрегата. Это набор графических зависимостей и различных поправок для учета отклонений от них. Диаграмму режимов получают расчетным или экспериментальным путем. Преимуществом последнего является учет особенностей условий эксплуатации и фактического уровня экономичности испытанной ГТУ. Действительная диаграмма режимов может отличаться от заводской, относящейся к расчетным условиям эксплуатации и экономичности турбоагрегата [1].

Диаграмму режимов можно описывать аналитическими выражениями. Их использование в расчетах тепловых и материальных балансов удобно, но не наглядно для эксплуатационного персонала, главная задача которого - обеспечение требуемой тепловой и электрической нагрузки при безусловной надежности работы ГТУ [1].

В данной работе рассмотрен расчет Новокузнецкой ГТЭС на нерасчетные режимы работы с построением графических зависимостей режимов [1].

1 Описание Новокузнецкой ГТЭС

На территории промплощадки Кузнецкой ТЭЦ в 2013 г построена электростанция, состоящая из двух энергоблоков электрической мощностью по 149 МВт каждый на базе газотурбинных установок ГТЭ-145 производства ОАО «Силовые машины» [3].

ГТЭС «Новокузнецкая» - газотурбинная электростанция открытого цикла предназначена для работы в пиковом режиме (2000 ч/год). В качестве основного топлива предусматривается природный газ. Аварийное топливо - не предусматривается. Установленная электрическая мощность - 298 МВт. Выпуск тепловой мощности не предусматривается [3].

Выдача электрической мощности предусматривается на напряжение 220 кВ [3].

1.1 Система водоснабжения Новокузнецкой ГТЭС

Суммарные расходы холодной воды на хозяйственные нужды ГТЭС «Новокузнецкая» составляют 13,82 м³/сут.

Расходы воды питьевого качества на технологические нужды ГТЭС «Новокузнецкая» составляют 163,42 м³/сут.

Общая потребность ГТЭС «Новокузнецкая» в воде питьевого качества на хозяйственно-питьевые и технологические нужды составляет 177,24 м³/сут.

Суммарные расходы горячей воды на хозяйственные нужды ГТЭС «Новокузнецкая» составляют 6,45 м³/сут.

Требуемый напор воды в системе хозяйственного водопровода принят 33,95 м.

Для системы хозяйственно-питьевого водопровода предусматривается устройство емкостей для хранения 70%, 8-ми часового расчетного расхода воды на хозяйственные нужды и аварийного объема воды. Для хранения воды в

помещении насосной станции хозяйственно-питьевого водоснабжения предусматривается установка двух резервуаров объемом по 10,0 м³ каждый.

Для хранения запаса воды для подпитки теплосети собственных нужд ГТЭС «Новокузнецкая» в составе технологического оборудования водогрейной котельной предусматривается отдельный резервуар полезным объемом 160 м³.

Установка обессоливания воды для промывки газовой турбины работает периодически (3-4 раза в месяц) и имеет в своем составе собственный резервуар запаса воды на одну промывку, в случае аварии работа установки не предусматривается [1].

1.2 Система газоснабжения

Площадка, выделенная под строительство газотурбинной электростанции (ГТЭС), расположена на территории существующей Кузнецкой ТЭЦ, расположенной в г. Новокузнецке Кемеровской области. расчетная зимняя температура наружного воздуха минус 39°С, продолжительность отопительного периода 227 суток, сейсмичность района -8 баллов, глубина промерзания грунтов 2,2 м. Предусматривается строительство ГТЭС для работы в пиковом режиме на базе двух газотурбинных энергоблоков ГТЭ-145 электрической мощностью по 149 МВт производства ОАО «Силовые машины», выдача тепловой энергии сторонним потребителям не предусматривается. Основными потребителями природного газа Новокузнецкой ГТЭС являются: два энергоблока ГТУ-145, два водогрейных жаротрубных котла номинальной мощностью 12 МВт каждый.

Расчетный объемный часовой расход природного газа, согласно техническим условиям на ГТЭ-145, составляет 56348 нм³/ч. Общий расход газа, на две ГТУ при номинальной нагрузке составляет 112695 нм³/ч. Расчетный объемный часовой расход топлива на один водогрейный котел котельной собственных нужд при работе на номинальной нагрузке

составляет 1300 нм³/ч. Всего устанавливается два водогрейных котла с суммарным часовым расходом газа в номинальном режиме 2600 нм³/ч.

Источник газоснабжения - подземный газопровод высокого давления 2 категории 0,6 МПа от ГРС-2 к ГРП Кузнецкой ТЭЦ. В точке подключения к газопроводу-источнику на выходе газопровода из земли предусматривается установка изолирующего соединения и запорного устройства с электроприводом [1]. Данные по газу представлены в таблице 1.

Таблица 1- Состав газа

СН ₄	91,48
С ₂ Н ₆	3,69
С ₃ Н ₈	1,51
С ₄ Н ₁₀	0,578
С ₅ Н ₁₂	0,142
СО ₂	0,67
Н ₂	1,97
Плотность газа	0,7382 кг/м ³
Теплота сгорания	34,9 МДж/м ³

1.3 Газовая турбина ГТЭ-145

Газотурбинная установка типа ГТУ-145 единичной мощностью 149 МВт производства ОАО «Силловые машины» предназначена для привода турбогенератора типа ТЗФГ-160-2М производства ОАО «Электросила» [3].

ГТУ-145 изготавливается в соответствии со стандартами, нормами и правилами, действующими в Российской Федерации. ГТУ-145 представляет собой одновальную однокорпусную конструкцию.

Вся турбогруппа опирается на фундамент: в передней части – стойками корпуса, а в выхлопной части - подвижными опорами. Вспомогательные системы и части системы управления установлены на отдельных рамах, расположенных рядом с ГТУ: - система

автоматического управления (САУ). -

система охлаждающего и уплотняющего воздуха с клапанами и трубопроводами.

- электрическая система пуска и валоповорота.
- система смазки газовой турбины. -

система воздушной продувки. -

система зажигания. -

система промывки компрессора.

ГТЭ-145 имеет единую систему смазки турбоустановки и электрического генератора. В

состав газотурбинной установки по газовоздушному тракту входят: -

КВОУ с клапаном, перекрывающим подачу воздуха в компрессор ГТУ; -

компрессор; -

выносные камеры сгорания; -

газовая турбина; - переходной

диффузор от газовой турбины до дымовой трубы; - индивидуальная

дымовая труба для каждой ГТУ. КВОУ предназначено для

подачи атмосферного воздуха на вход в компрессор газотурбинной

установки ГТЭ-145 и обеспечивает: - очистку атмосферного

воздуха, поступающего в осевой компрессор ГТУ до требуемых

характеристик; - нагрев воздуха

при угрозе обледенения;

- снижение до санитарных норм уровня звука (шума),

распространяющегося от компрессора ГТУ в окружающую среду при работе

противообледенительной системы (ПОС);

- перекрытие воздухозаборного тракта для предотвращения

ускоренного расхолаживания ГТУ при остановках;

- предотвращение попадания посторонних предметов и атмосферных осадков в воздушный тракт;

-подогрев циклового воздуха при низких температурах наружного воздуха;

-эффективную работу в условиях снегопадов, низких температур наружного воздуха.

Характеристики турбины представлены в таблице 2

Таблица 2- характеристики ГТУ-145

Газовая турбина ГТУ-145	
Базовая выходная мощность (МВт)	149,5
Степень повышения давления воздуха	12
КПД брутто (%)	34,7
Степень расширения	16,5
Расход воздуха, кг/с	435
Число оборотов турбины (об/мин)	3000
Температура выхлопных газов (°С)	541

2 Расчет газовой турбины

2.1 Расчет тепловой схемы ГТУ

Целью расчета тепловой схемы ГТУ является определение параметров рабочего тела, расхода топлива и энергетических характеристик установки. Расчет на номинальный режим не производится, так как характеристики работы в номинальном режиме описаны в паспорте ГТУ [1].

2.1.1 Расчет тепловой схемы на параметры, отличные от номинального.

Целью расчета является определение характеристик газовой турбины в условиях отличных от номинального. Расчет ведется по методике [2].

Расчет производим для температуры самой холодной пятидневки г. Новокузнецка работы станции в данном регионе [3]

Температура наружного воздуха расчетная для отопления: -39°C . [3]

Температура расчетная наружного воздуха для вентиляции: -23°C . [3]

Средняя температура отопительного периода: $-8,3^{\circ}\text{C}$. [3]

Средняя температура самого холодного месяца: $-17,8^{\circ}\text{C}$.

Расчетная температура для Новокузнецка $T_{н.в.} = -39^{\circ}\text{C}$. [3]

На рисунке 2.1 приведена расчетная схема

Относительные расходы воздуха на охлаждение узлов газовой турбины составляют

$$g_{\text{охл1}} = 0,0146; g_{\text{охл2}} = 0,0263; g_{\text{охл3}} = 0,0363; g_{\text{охл4}} = 0,0467.$$

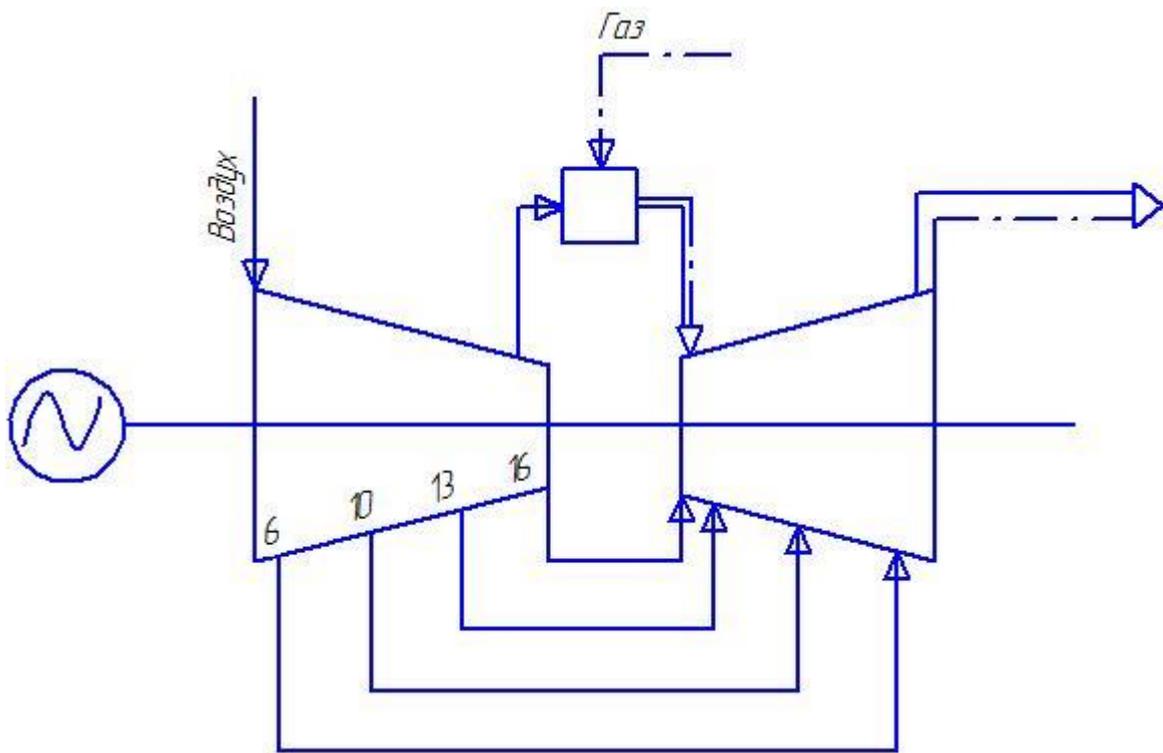


Рисунок 2.1- Схема ГТУ с охлаждением

Допущения

$$G_{yt} = (0,003 - 0,005)G_k = 0,005 \cdot 435 = 2,175 \text{ кг / с ,}$$

Расчет ведется для температуры наружного воздуха -39°C точки нерасчетного режима на рисунке 2.2 Уточняются степень повышения давления воздуха, изоэнтропный КПД компрессора.

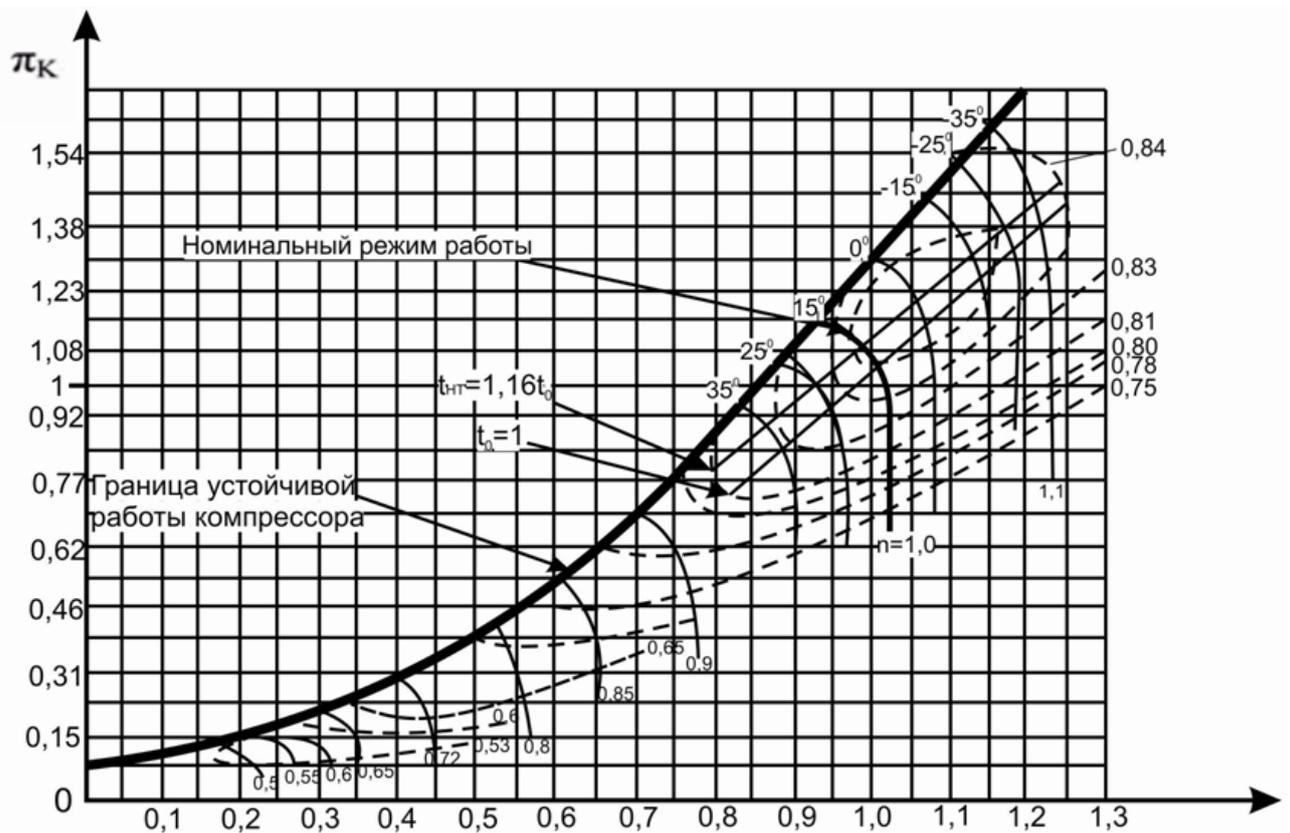


Рисунок 2.1- Совмещенные характеристики компрессора и ГТ одновальной энергетической ГТУ

Определим давление воздуха на входе в компрессор

$$P_{H.K} = P_{H.B} (1 - \xi_{BX}) = 0,1013(1 - 0,15) = 0,086, \quad (2.1)$$

где $\xi_{BX} = 0,12 - 0,15$ – коэффициент гидравлических потерь входного тракта компрессора [3]

Определим расход воздуха через компрессор в нерасчетном режиме

$$G_k = G_0 G_{np} \cdot n_{np} \frac{P_{H.K}}{P_{H.K.0}} = 435 \cdot 1,25 \cdot 1,11 \cdot \frac{0,086}{0,0855} = 609,7 \text{ кг/с}, \quad (2.2)$$

$$\text{где } n_{np} = \sqrt{\frac{288}{T_{H.г.0}}} = \sqrt{\frac{288}{234}} = 1,11; \quad (2.3)$$

$$P_{H.K.0} = P_{H.B.0} \cdot (1 - \xi_{BX}) = 0,1007 \cdot (1 - 0,15) = 0,0855 \text{ МПа}$$

$G_{np} = 1,25$ - приведенный расход воздуха через компрессор на нерасчетном режиме, определяется по характеристике, приведенной на рисунке 2.2;

Относительные расходы воздуха на охлаждение узлов газовой турбины составляют

$$g_{\text{охл1}} = 0,0146; g_{\text{охл2}} = 0,0263; g_{\text{охл3}} = 0,0363; g_{\text{охл4}} = 0,0467.$$

$$G_{\text{охл1}} = G_{\text{к}} g_{\text{охл1}} = 609,7 \cdot 0,0146 = 8,9 \text{ кг / с}, \quad (2.4)$$

$$G_{\text{охл2}} = G_{\text{к}} g_{\text{охл2}} = 609,7 \cdot 0,0263 = 16 \text{ кг / с},$$

$$G_{\text{охл3}} = G_{\text{к}} g_{\text{охл3}} = 609,7 \cdot 0,0347 = 22,13 \text{ кг / с},$$

$$G_{\text{охл4}} = G_{\text{к}} g_{\text{охл4}} = 609,7 \cdot 0,0467 = 28,5 \text{ кг / с}.$$

$$P_{\text{н.в.0}} = r \cdot R_{\text{в}} \cdot T_{\text{н.в.0}} = 1,5 \cdot 287 \cdot 234 = 100,7 \text{ кПа},$$

где $T_{\text{н.в.0}} = -39^{\circ}\text{C}$ – температура наружного воздуха в новом режиме;

$R_{\text{г}}$ – газовая постоянная воздуха.

Определим температуру сжатого воздуха за компрессором, задаваясь

$$m_{\text{г}} = 0,28, \text{ тогда } C_{\text{рм}} = \frac{R_{\text{г}}}{m_{\text{г}}} = 1,025 \text{ кДж / (кг} \cdot \text{K)}$$

$$T_{\text{к.к.0}} = T_{\text{н.в.0}} \left(1 + \frac{\pi_{\text{к0}}^{\text{мб}} - 1}{\eta_{\text{к}}}\right) = 234 \left(1 + \frac{20,4^{0,28} - 1}{0,84}\right) = 600,9 \text{ K} = 327,9^{\circ}\text{C}, \quad (2.5)$$

$$\text{где } \pi_{\text{к0}} = \pi_{\text{к}}^* \cdot \pi_{\text{к}} = 1,7 \cdot 12 = 20,4,$$

$\pi_{\text{к}}^* = 1,7$ – найдена по совмещенной характеристике компрессора и ГТ одновальной энергетической ГТУ;

$\pi_{\text{к}} = 12$ – степень повышения давления в базовом варианте [2];

Температурный перепад воздуха в компрессоре от входа до выхлопа:

$$h_{\text{к.к.}} = h_{\text{г}}'(327,9) - h_{\text{г}}'(-39) = 334,4 + 39,78 = 375,3 \text{ кДж / кг}, \quad (2.6)$$

$h_{\text{а}} = -39,78 \text{ кДж / кг}$ – энтальпия воздуха при температуре наружного воздуха -39°C

Вычисляем среднюю теплоемкость воздуха в процессе сжатия:

$$c_{\text{рм}} = \frac{h_{\text{к.к.}}}{t_{\text{к.к.}} - t_{\text{а}}} = \frac{375,3}{327,9 + 39} = 1,02 \text{ кДж / (кг} \cdot \text{K)}; \quad (2.7)$$

Уточняем значение $m_{\text{г}}$ и температуру за компрессором

$$m_g = \frac{R_B}{c_{pm}} = \frac{0,287}{1,02} = 0,281; \quad (2.8)$$

$$T_{к.к.0} = T_{н.в.0} \left(1 + \frac{\pi_{к0}^{R_d/C_{pr}} - 1}{\eta_k}\right) = 234 \left(1 + \frac{20,4^{0,281} - 1}{0,84}\right) = 600,9\text{K} = 327,9^\circ\text{C} \quad (2.9)$$

$$h_{к.к.} = h'_g(327,9) - h'_g(-39) = 334,4 + 39,78 = 375,3 \text{ кДж / кг}, \quad (2.10)$$

Определим работу сжатия воздуха в компрессоре

$$H_k = T_{н.в.0} \cdot C_p \cdot \left(\pi_{к0}^{R_d/C_{pr}} - 1\right) = 234 \cdot 1,02 \cdot \left(20,4^{0,281} - 1\right) = 316,9 \text{ кДж / кг} \quad (2.11)$$

Определим давление воздуха за компрессором

$$P_{к.к.0} = P_{н.к.0} \cdot p_{к0} = 0,0855 \cdot 20,4 = 1,73 \text{ МПа} \quad (2.12)$$

Определим расход воздуха, направляемого в камеру сгорания ГТУ

$$G_{кc} = G_k - \left(G_{yt} + \sum_1^n G_{охлi}\right) = 609,7 - (6,4 + 11,4 + 15,8 + 20,3) = 534,22 \text{ кг / с}, \quad (2.13)$$

Определим внутреннюю мощность, потребляемую компрессором ГТУ с учетом охлаждающего воздуха

$$\begin{aligned} N_{ик} &= \frac{G_{кc} \cdot H_k + \sum_1^n (G_{охлi} \cdot H_i)}{\eta_k} = \\ &= \frac{534,22 \cdot 316,9 + (6,4 \cdot 251,2 + 11,4 \cdot 337,5 + 15,8 \cdot 384,6 + 20,3 \cdot 416,1)}{0,84} = \\ &= 234995 \text{ кВт} = 235 \text{ МВт} \end{aligned} \quad (2.14)$$

где,

$$P_6 = \epsilon_6 \cdot P_{к.к.0} = 0,357 \cdot 1,73 = 0,62 \text{ МПа}, \text{ - давление воздуха за 6-ой ступенью компрессора} \quad (2.15)$$

$$\pi_6 = \frac{P_6}{P_{н.к.0}} = \frac{0,62}{0,085} = 7,28, \text{ - степень сжатия в компрессоре до 6-ой ступени}$$

Температура за 6-той ступенью компрессора:

$$T_6 = T_{н.в.0} \cdot \left(1 + \frac{\pi_6^{m_b} - 1}{\eta_k}\right) = 234 \left(1 + \frac{7,28^{0,282} - 1}{0,84}\right) = 439,3\text{K} = 166,3^\circ\text{C}, \quad (2.16)$$

Темпероперепад до 6 ступени компрессора:

$$h_6 = h_b(166,3) - h_b(-39) = 169,6 + 39,78 = 209,38 \text{ кДж / кг}, \quad (2.17)$$

Теплоемкость воздуха:

$$c_{pb} = \frac{h_6}{t_6 - t_a} = \frac{209,38}{166,3 + 39} = 1,02 \text{ кДж / кг}, \quad (2.18)$$

$$m_b = \frac{R_b}{c_{pb}} = \frac{0,287}{1,02} = 0,285, \quad (2.19)$$

$$T_6 = T_{hb.0} \cdot \left(1 + \frac{\pi_6^{m_b} - 1}{\eta_k} \right) = 234 \left(1 + \frac{7,28^{0,285} - 1}{0,84} \right) = 439,3 \text{ К} = 166,3^\circ \text{C}, \quad (2.20)$$

$$h_6 = h_b(166,3) - h_b(-39) = 169,6 + 39,78 = 209,38 \text{ кДж / кг}, \quad (2.21)$$

Температурный перепад от входа до 6 ступени:

$$H_{6-0} = h_6 - h_a = 209,38 + 39,78 = 251,2 \text{ кДж / кг}. \quad (2.22)$$

$$P_{10} = e_{10} \cdot P_{к.к.0} = 0,643 \cdot 1,73 = 1,12 \text{ МПа} \quad (2.23)$$

$$\pi_{10} = \frac{P_{10}}{P_{н.к.0}} = \frac{1,12}{0,085} = 13,12, \quad (2.24)$$

$$T_{10} = T_{hb.0} \cdot \left(1 + \frac{\pi_{10}^{m_b} - 1}{\eta_k} \right) = 234 \left(1 + \frac{13,12^{0,282} - 1}{0,84} \right) = 525,9 \text{ К} = 252,9^\circ \text{C}, \quad (2.25)$$

$$h_{10} = h_b(252,9) - h_b(-39) = 257,9 + 39,78 = 297,68 \text{ кДж / кг}, \quad (2.26)$$

$$c_{pb} = \frac{h_{10}}{t_{10} - t_a} = \frac{297,68}{257,9 + 39} = 1,02 \text{ кДж / кг}, \quad (2.27)$$

$$m_b = \frac{R_b}{c_{pb}} = \frac{0,287}{1,02} = 0,282 \quad (2.28)$$

Температурный перепад в компрессоре от 6-ой до 10-ой ступени

$$H_{6-10} = h_{10} - h_a = 297,68 + 39,78 = 337,5 \text{ кДж / кг}. \quad (2.29)$$

$$P_{13} = e_{13} \cdot P_{к.к.0} = 0,85 \cdot 1,73 = 1,48 \text{ МПа}$$

$$P_{13} = \frac{P_{13}}{P_{н.к.0}} = \frac{1,48}{0,085} = 17,34, \quad (2.30)$$

Температура воздуха за 13 ступенью компрессора:

$$T_{13} = T_{\text{нв.0}} \cdot \left(1 + \frac{\pi_{13}^{m_b} - 1}{\eta_k}\right) = 234 \left(1 + \frac{17,34^{0,282} - 1}{0,84}\right) = 572,2 \text{ К} = 299,2^\circ \text{С},$$

$$h_{13} = h_b(299,2) - h_b(-39) = 305,18 + 39,78 = 344,9 \text{ кДж / кг},$$

$$c_{\text{пв}} = \frac{h_{13} - h_a}{t_{13} - t_a} = \frac{344,9}{299,2 + 39} = 1,02 \text{ кДж / кг}, \quad (2.31)$$

$$m_b = \frac{R_b}{c_{\text{пв}}} = \frac{0,287}{1,02} = 0,282 \quad (2.32)$$

$$H_{0-13} = h_{13} - h_a = 344,9 + 39,78 = 384,6 \text{ кДж / кг}. \quad (2.33)$$

$$P_{16} = P_{\text{к.к.0}} = 1,53 \text{ МПа},$$

$$\pi_{16} = 20,4,$$

$$T_{16} = T_{\text{к.к.0}} = 600,9 \text{ К} = 327,9^\circ \text{С},$$

$$H_{0-16} = 416,1 \text{ кДж / кг}.$$

На следующем этапе расчета тепловой схемы энергетической ГТУ в нерасчетном режиме выполняется тепловой расчет камеры сгорания установки: рассчитывается расход сжигаемого в ней топлива, параметры газа перед газовой турбиной.

Определим расход топлива в нерасчетном режиме:

$$B_{\text{ГТО}} = \frac{G_{\text{кк}} \cdot (h_{\text{н.т}} - h_{\text{к.к}})}{Q_i^r \cdot h_{\text{кк}} + h_{\text{тп}} - h_{\text{н.т}}} = \frac{534,22 \cdot (1321,1 - 334,4)}{34900 \cdot 0,994 - 1321,1} = 18 \text{ кг / с},$$

Стехиометрический расход воздуха

$$\begin{aligned} V^0 &= 0,0476 \cdot (0,5 \cdot CO + 0,5 \cdot H_2 + 1,5 \cdot H_2S + 2 \cdot CH_4 + 3,5 \cdot C_2H_6 + 5 \cdot C_3H_8 + \\ &+ 6,5 \cdot C_4H_{10} + 8 \cdot C_5H_{12} + 9,5 \cdot C_6H_{14} - O_2) = \\ &= 0,0476 \cdot (2 \cdot 91,48 + 3,5 \cdot 3,69 + 5 \cdot 1,51 + 6,5 \cdot 0,578 + 8 \cdot 0,142) = \\ &= 9,916 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} [2]. \end{aligned}$$

Расход выхлопных газов ГТУ

$$G_z = G_{\text{кк}} + \rho_{\text{м.з.}} \cdot B_{\text{м.з.}} = 534,2 + 0,738 \cdot 18 = 547,5 \frac{\text{кг}}{\text{с}} [2]$$

Коэффициент избытка воздуха:

$$\alpha = \left(\frac{G_{\Gamma}}{\rho_{\text{м.з.}} \cdot B_{\text{м.з.}}}\right) - 1 = \left(\frac{547,5}{0,738 \cdot 18} - 1\right) \cdot \frac{0,738}{1,293 \cdot 9,916} = 2,311 [2]., \quad (2.35)$$

где,

Энтальпия воздуха на входе в ГТУ и энтальпия продуктов сгорания определяются в соответствии [2]

$$h_b = h'_b(1100) - h'_b(-39) = 1321,1 + 39,78 = 1361,5 \text{ кДж / кг}, \quad (2.36)$$

$$h_{nc} = h'_{nc}(1100) - h'_{nc}(-39) = 1510,3 + 53,5 = 1563,8 \text{ кДж / кг},$$

Энтальпия смеси воздуха и продуктов сгорания:

$$h_c = \frac{1+L_0}{1+\alpha \cdot L_0} \cdot h_{nc} + \frac{(\alpha-1) \cdot L_0}{1+\alpha \cdot L_0} \cdot h_b = \frac{1+15}{1+2,311 \cdot 15} \cdot 1563,8 + \frac{(2,311-1) \cdot 15}{1+2,311 \cdot 15} \cdot 1361,5 = 1452,9 \text{ кДж / кг}.$$

Определим относительный расход топлива

$$g_{ГТ} = \frac{B_{ГТО}}{G_k} = \frac{18}{609,7} = 0,0295 \quad (2.37)$$

Определим давление газов на входе в газовую турбину

$$P_{н.т.0} = P_{н.в.0} \cdot p_{к0} \cdot (1 - \xi_{вх}) \cdot (1 - \xi_{к-г}) = P_{к.к.0} \cdot (1 - \xi_{к-г.т}) = 1,73 \cdot (1 - 0,025) = 1,69 \text{ МПа} \quad (2.38)$$

где $\xi_{к-г.т} = \xi_{вых.к} + \xi_{вх.т} = 0,025$ – коэффициент гидравлических потерь на тракте «выход компрессора–КС–вход ГТ», с учетом того, что в КС не происходит потери давления.

Определим давление газов за ГТ

$$P_{к.т.0} = P_{н.в.0} \cdot (1 + \xi_{вых}) = 0,085 \cdot (1 + 0,04) = 0,0884 \text{ МПа} \quad (2.40)$$

где $\xi_{вых} = 0,04$ – коэффициент гидравлических потерь выходного тракта компрессора

Определим степень расширения газов в ГТ

$$\pi_{ГТ} = \frac{P_{н.т.0}}{P_{к.т.0}} = \frac{1,69}{0,0884} = 19,95 \quad (2.41)$$

Определим избыток воздуха в смеси газов за ГТ

$$\alpha_{см} = \frac{G_{кc} + \sum_1^{\Pi} G_{окли}}{B_{ГТО} \cdot L_0} = \frac{534,22 + 6,4 + 11,4 + 15,8 + 20,3}{18 \cdot 15} = 2,25, \quad (2.42)$$

где

$L_0 = 15 \text{ кг / кг}$ – теоретически необходимое количество воздуха для сжигания 1 кг топлива.

Определим объемную концентрацию кислорода в выходных газах ГТУ

$$O_{2\text{см}} = 21 \cdot \frac{(\alpha_{\text{см}} - 1)}{\alpha_{\text{см}}} = 21 \cdot \frac{(2,25 - 1)}{2,25} = 11,66\% \quad (2.43)$$

Определим конечную температуру воздуха в турбине

Примем

Отношение газовой постоянной к изобарной теплоемкости

$$m_2 = 0,26,$$

Определим температуру газа за турбиной без учета охлаждения

$$T_d = T_c \cdot \left[1 - (1 - \pi_{\text{ГТ}}^{-\tau}) \cdot \eta_{\text{oi}}^t \right] = 1373 \cdot \left[1 - (1 - 19,95^{-0,26}) \cdot 0,8 \right] = 779 = 506^\circ\text{C} \quad (2.45)$$

Энтальпия воздуха на выходе из ГТУ и энтальпия продуктов сгорания определяются в соответствии [2]

$$h_b = h'_b(506) - h'_b(-39) = 561,66 + 39,78 = 601,44 \text{ кДж / кг}, \quad (2.46)$$

$$h_{\text{пс}} = h'_{\text{пс}}(506) - h'_{\text{пс}}(-39) = 694,7 \text{ кДж / кг}. \quad (2.47)$$

Определяем энтальпию газа за турбиной:

$$h_{\text{к.т.}} = \frac{1 + L_0}{1 + \alpha \cdot L_0} \cdot h_{\text{пс}} + \frac{(\alpha - 1) \cdot L_0}{1 + \alpha \cdot L_0} \cdot h_b = \frac{1 + 15}{1 + 2,311 \cdot 15} \cdot 694,7 + \frac{(2,67 - 1) \cdot 15}{1 + 2,6 \cdot 15} \cdot 561,6 = 621,35 \text{ кДж / кг}.$$

Определяем объемную долю воздуха в продуктах сгорания, учитывая что

$$r_b = \frac{\frac{\mu_{\text{пс}}}{\mu_b} \cdot \frac{L_0}{1 + L_0} \cdot (\alpha - 1)}{1 + \frac{\mu_{\text{пс}}}{\mu_b} \cdot \frac{L_0}{1 + L_0} \cdot (\alpha - 1)} = \frac{\frac{18}{28,97} \cdot \frac{15}{16} \cdot (2,311 - 1)}{1 + \frac{18}{28,97} \cdot \frac{15}{16} \cdot (2,311 - 1)} = 0,432 \quad (2.49)$$

Где,

$\mu_{\text{пс}}$ = 18-молярная масса продуктов сгорания [2], г/моль

$\mu_g = 28,97$ -молярная масса воздуха, г/моль

Молекулярная масса продуктов сгорания:

$$\mu_r = \mu_b \cdot r_b + \mu_{nc} \cdot (1 - r_b) = 29 \cdot 0,432 + 12 \cdot (1 - 0,432) = 22,76 \quad (2.52)$$

Газовая постоянная продуктов сгорания

$$R_r = \frac{R}{\mu_r} = \frac{8,314}{22,76} = 0,365 \text{кДж} / (\text{кг} \cdot \text{К}). \quad (2.53)$$

Уточняем значение

$$m_r = \frac{R_r}{c_{pr}} = \frac{0,365}{1,373} = 0,266 \quad (2.54)$$

Температура за турбиной

$$T_d = T_c \cdot \left[1 - (1 - \pi_{GT}^{-m_r}) \cdot \eta_{oi}^t \right] = 1373 \cdot \left[1 - (1 - 19,95^{-0,258}) \cdot 0,8 \right] = 779 \text{К} = 506^\circ\text{C} \quad (2.55)$$

Полученная температура является окончательной, так как невязка между соседними значениями меньше 2%

Определим среднюю теплоемкость смеси воздуха и газов на выходе из турбины

$$c_{p,cm} = \left(\frac{1 + g_{GT} - g_{охл}}{1 + g_{GT}} \right) \cdot c_{p,r} + \left(\frac{g_{охл}}{1 + g_{GT}} \right) \cdot c_{p,b} = \left(\frac{1 + 0,0295 - 0,1239}{1 + 0,0295} \right) \cdot 1,373 + \left(\frac{0,1239}{1 + 0,0295} \right) \cdot 1,11 = 1,341 \text{кДж} / (\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$$

Определим температуру смеси воздуха и газов на выходе из турбины

$$T_{cm} = \left(\frac{1 + g_{GT} - g_{охл}}{1 + g_{GT}} \right) \cdot \frac{c_{p,r}}{c_{p,cm}} \cdot T_{к.к.} + \left(\frac{g_{охл}}{1 + g_{GT}} \right) \cdot \frac{c_{p,b}}{c_{p,cm}} \cdot T_{к.в.} = \left(\frac{1 + 0,0295 - 0,1239}{1 + 0,0295} \right) \cdot \frac{1,373}{1,341} \cdot 779 + \left(\frac{0,1239}{1 + 0,0295} \right) \cdot \frac{1,11}{1,341} \cdot 600,9 = 760,5 \text{К} = 487,5^\circ\text{C}. \quad (2.56)$$

Определим энтальпию в конце расширения газа в турбине и энтальпию воздуха на выходе из ГТУ и энтальпия продуктов сгорания в соответствии [2]

$$h_B = h'_B(487,5) - h'_B(-39) = 541,1 \quad h_{nc} = h'_{nc}(487,5) - h'_{nc}(-39) = 669,4 \text{ кДж / кг},$$

$$h_d = \frac{1+L_0}{1+\alpha \cdot L_0} \cdot h_{nc} + \frac{(\alpha-1) \cdot L_0}{1+\alpha \cdot L_0} \cdot h_B = \frac{1+15}{1+2,311 \cdot 15} \cdot 669,4 + \frac{(2,311-1) \cdot 15}{1+2,311 \cdot 15} \cdot 541,1 = 598,7 \text{ кДж / кг}.$$

Определим работу расширения 1 кг газа в турбине

$$H_T = h_c - h_d = 1565,2 - 598,7 = 966,5 \text{ кДж / кг}. \quad (2.58)$$

При работе в автономном режиме:

внутренняя мощность ГТ

$$N_{iGT} = G_{н.г.} \cdot H_T = 534,22 \cdot 966,5 = 516300 \text{ кВт} = 516,3 \text{ МВт} \quad (2.59)$$

электрическая мощность ГТУ на выводах электрогенератора

$$N_{\Gamma}^{\text{э}} = \left(N_{iGT} \eta_{MGT} - \frac{N_{ик}}{\eta_{M.K.}} \right) \cdot \eta_{\text{эГ}} = \left(516,3 \cdot 0,995 - \frac{235}{0,99} \right) \cdot 0,98 = 270,8 \text{ МВт} \quad (2.60)$$

КПД ГТУ производства электроэнергии брутто

$$\eta_{\Gamma}^{\text{э.бр}} = \frac{N_{\Gamma}^{\text{э}}}{B_{GT} \cdot Q_i^{\Gamma}} = \frac{270,8 \cdot 10^3}{18 \cdot 34900} = 0,43 \quad (2.61)$$

Где, $Q_i^{\Gamma} = 34900 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ - низшая теплота сгорания топлива [21]

КПД ГТУ нетто отпуска электроэнергии

$$\eta_{\Gamma}^{\text{э.н.}} = \eta_{\Gamma}^{\text{э.бр}} \cdot (1 - \varepsilon_{с.н.}^{\Gamma}) = 0,43 \cdot (1 - 0,04) = 0,412 \quad (2.62)$$

удельный расход условного топлива нетто отпуска электроэнергии [20]

$$b_y^{\Gamma.н.} = \frac{122,8}{\eta_{\Gamma}^{\text{э.н.}}} = \frac{122,8}{0,412} = 298 \text{ г / (кВт} \cdot \text{ч)}. \quad (2.63)$$

Расчеты для других значений температур приведены в таблице 3

Таблица 3- Сводная расчета газовой турбины на различные значения температур наружного воздуха

На основе полученных результатов построены графические

t _{нв} , С	t _{ух} , С	N _{гт} , МВт	N _{эгт} , МВт	N _{ик} , МВт	G _{нт} , кг/с	G _к , кг/с	V _{гто} ,кг/с	пи, кТ	пи,гТ	КПД брэ	bэ
-40	487,6	516,3	Оши	235,0	534,2	609,8	18,0	20,4	20,0	0,4	297,7
-25	488,0	438,4	215,9	205,1	463,1	528,6	15,3	18,5	19,2	0,4	317,1
-15	492,2	391,6	187	188,4	421,8	481,5	13,7	17,5	19,0	0,4	327,3
0	507,7	346,8	160	172,8	389,8	444,9	12,5	15,7	17,1	0,4	349,0
15	512,2	329,4	150	165,6	381,1	435,0	12,1	13,8	16,7	0,4	359,1
40	554,5	170,4	85,1	78,6	219,6	250,6	7,2	8,8	11,5	0,3	380,0

зависимости

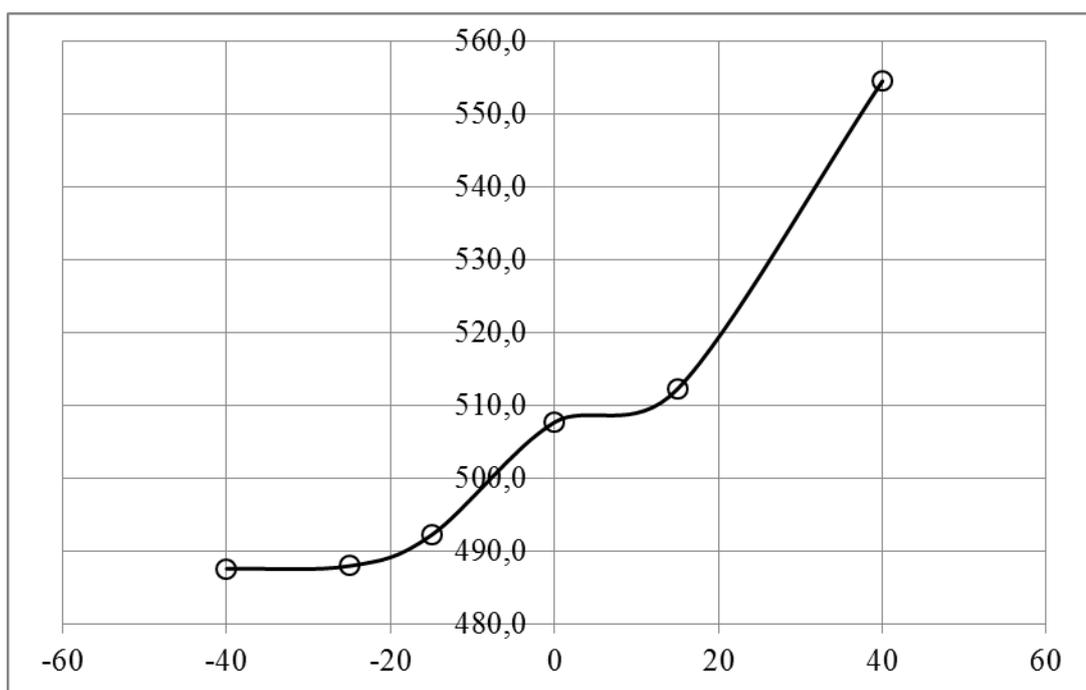


Рисунок 2.3- Зависимость температуры уходящих газов с турбины от температуры наружного воздуха

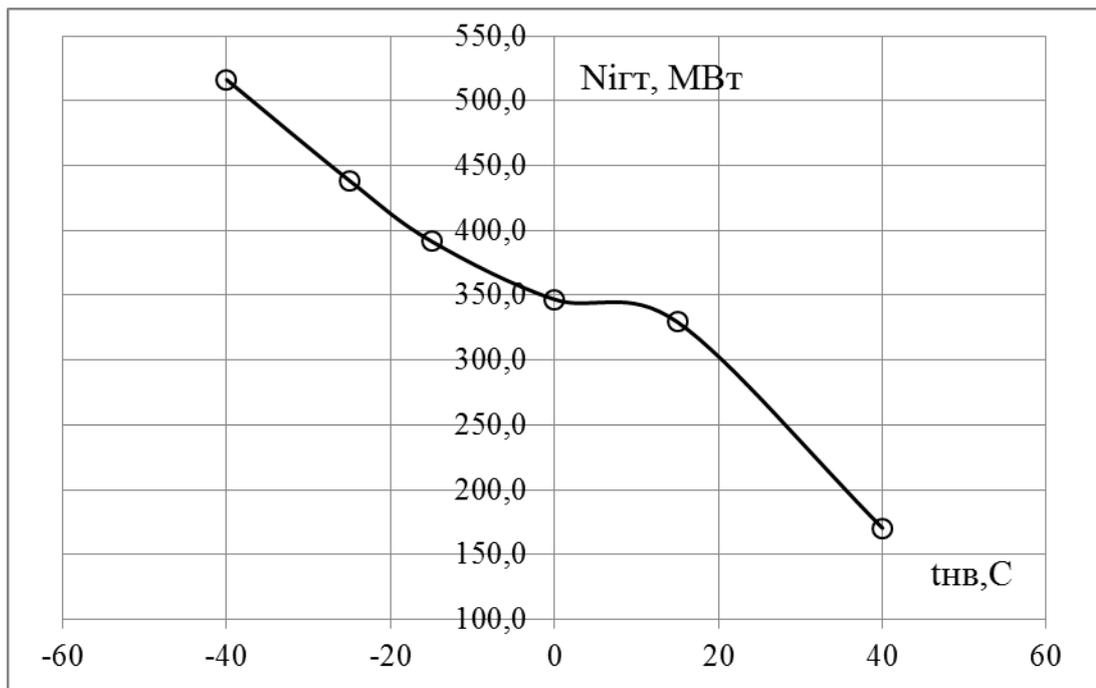


Рисунок 2.4- Зависимость внутренней мощности газовой турбины от температуры наружного воздуха

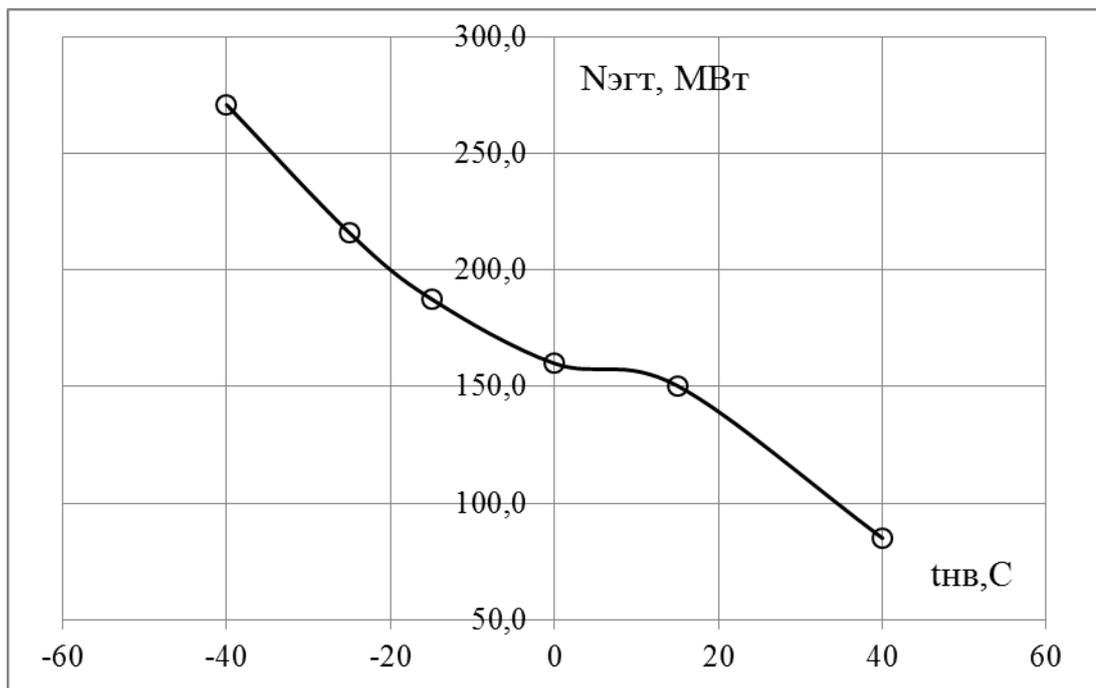


Рисунок 2.5- Зависимость электрической мощности газовой турбины от температуры наружного воздуха

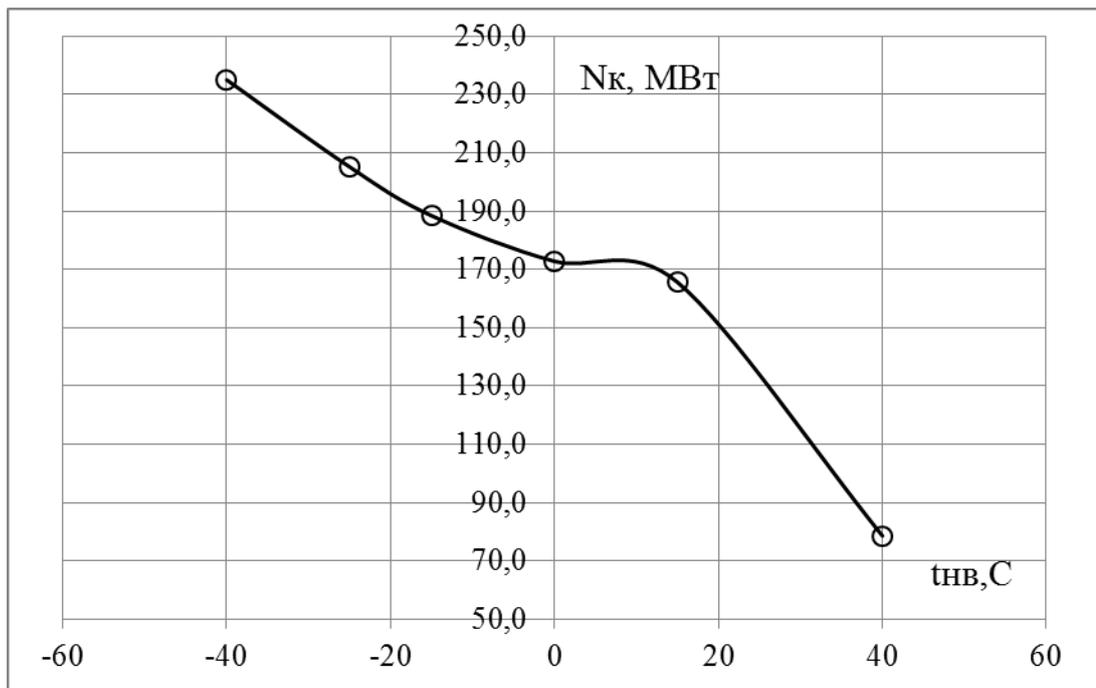


Рисунок 2.6 –Зависимость мощности компрессора от температуры наружного воздуха

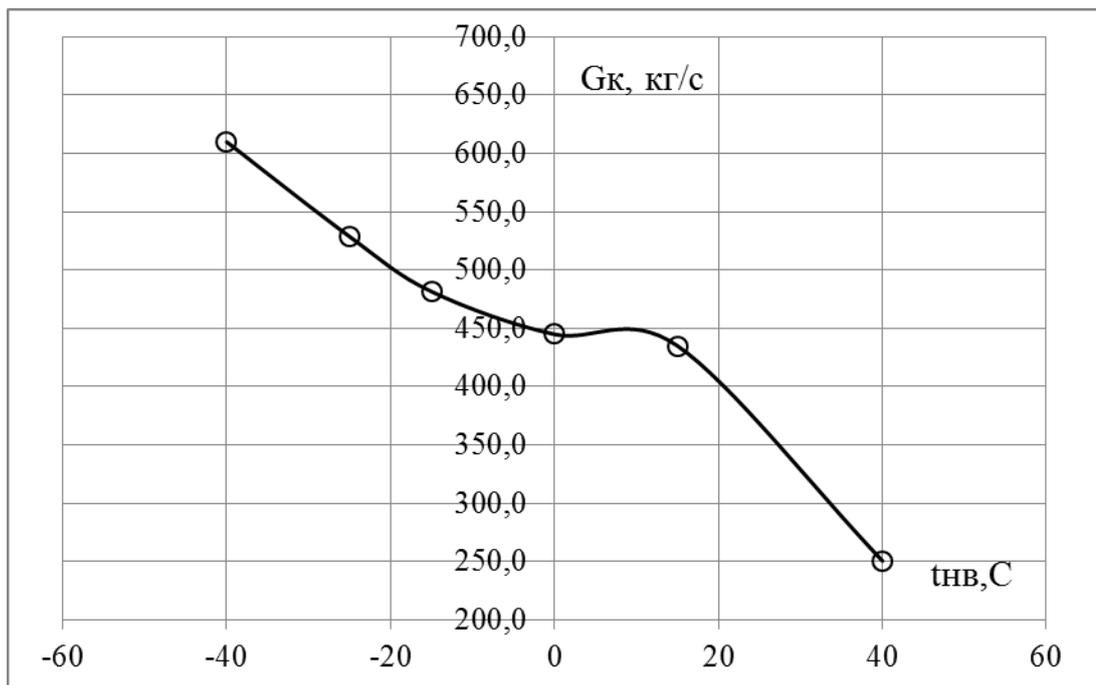


Рисунок 2.7- Зависимость расхода воздуха на компрессор от температуры наружного воздуха

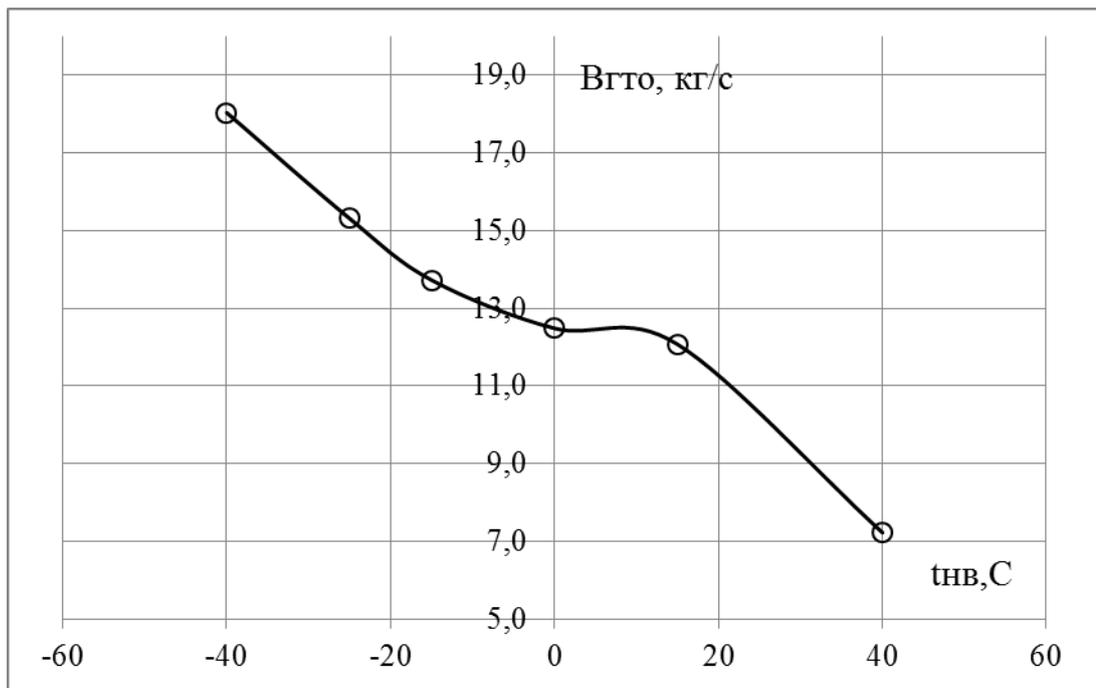


Рисунок 2.8 –Зависимость расхода топлива от температуры наружного воздуха

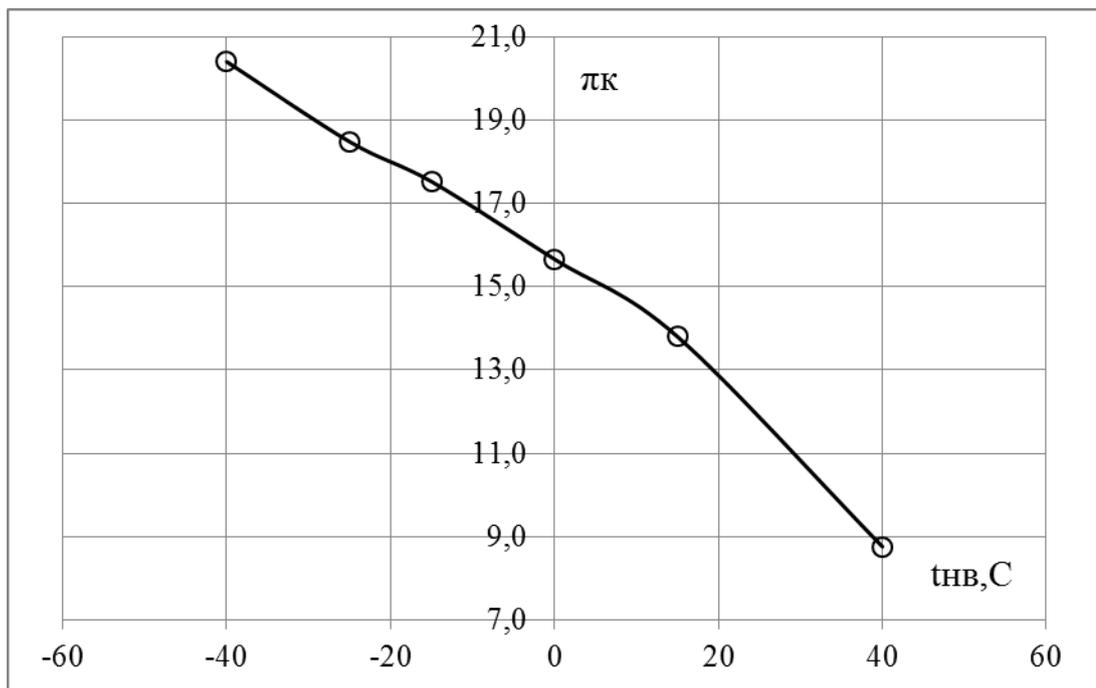


Рисунок 2.9 –Зависимость степени сжатия в компрессоре от температуры наружного воздуха

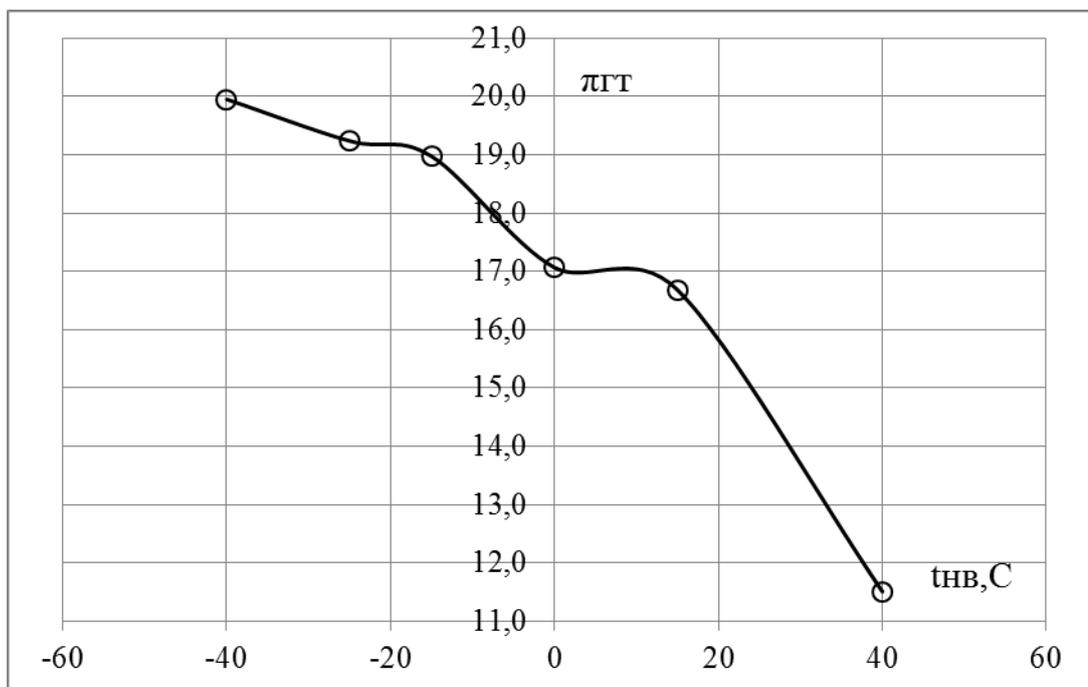


Рисунок 2.10- Зависимость степени расширения в газовой турбине от температуры наружного воздуха

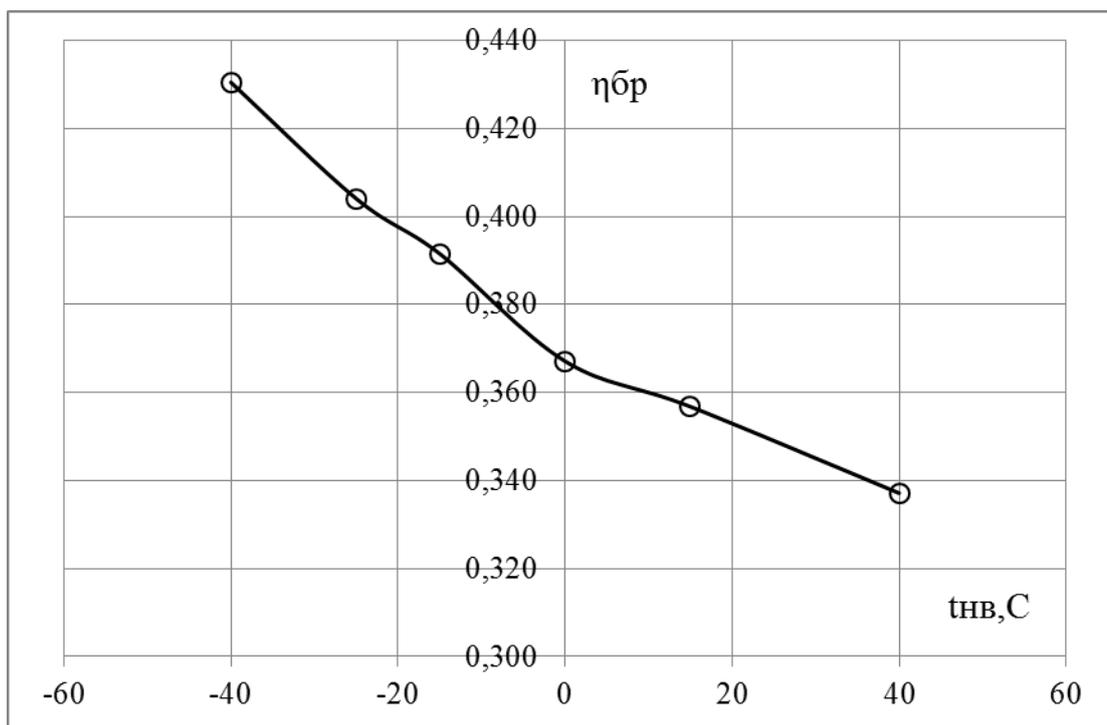


Рисунок 2.11- Зависимость КПД ГТУ на выработку электроэнергии от температуры наружного воздуха

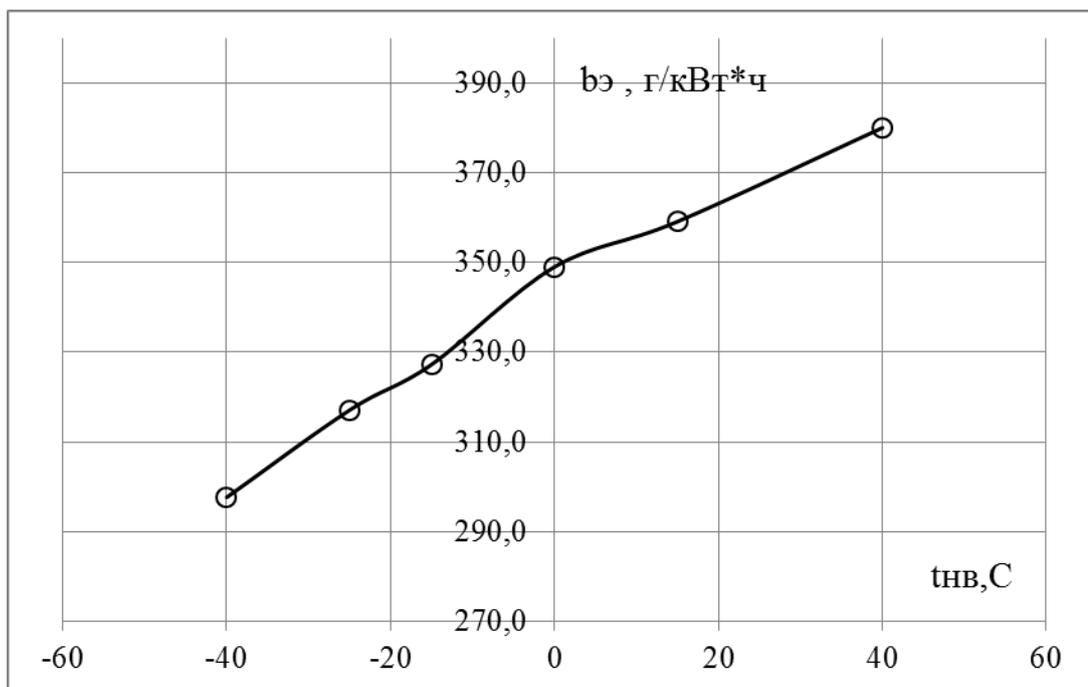


Рисунок 2.12- Зависимость удельного расхода топлива от температуры наружного воздуха

3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Новокузнецкая ГТЭС работает уже порядка трех лет. За это время не было проведено тепловых испытаний. Поэтому у сотрудников ИТР во время пуска турбины возникает проблема- какое необходимо создать давление в компрессоре при определенной температуре воздуха для получения максимальной эффективности работы газовой турбины.

3.1.Расчет затрат на планирование

Для выполнения работы, составляется план, в нем подсчитывается по пунктам трудоемкость работ, количество исполнителей участвующих в проекте, расходы и текущие затраты: заработная плата, социальные отчисления.

Поэтапный список работ, работающие исполнители, оценка объема трудоемкости отдельных видов работ сведена в таблице № 3.1

Таблица 3.1 - Перечень работ и оценки времени их выполнения

	Наименование работ	Время для выполнения задания в днях	
		Инженер	Руководитель
1	Составление задания	1	1
2	Краткая характеристика Новокузнецкой ГТЭС	9	
3	Анализ работы газовой турбины	9	
4	Расчет газовой турбины на различные режимы	17	1
5	Проверка руководителем проделанной работы	1	1
6	Построение графических зависимостей	17	1
7	Проверка исправлений и замечаний	6	
8	Утверждение ВКР руководителем		1
9	Итого	60	5

3.2 Расчет сметы затрат на разработку проекта.

$$K_{np} = K_{mat} + K_{am} + K_{zn} + K_{co} + K_{np} + K_{nr} \quad (3.1)$$

Где :

K_{mat} – материальные затраты, руб.;

K_{am} – затраты на амортизацию, руб.;

K_{zn} – затраты на заработанную плату, руб.;

K_{co} – затраты на социальные отчисления, руб.;

K_{np} – прочие затраты, руб.;

K_{nr} – накладные расходы, руб.

3.2.1. Материальные затраты при проведении работы

В данной работе материальные затраты принимаем 1000руб.

3.2.2. Амортизация основных фондов и нематериальных актив.

К основным фондам при выполнении проекта относятся электронная вычислительная техника (компьютер, ноутбук) и печатающее устройство (принтер), данные приведены в таблице № 3.2

Таблица 3.2

Вид техники	Количество	Стоимость техники, Цк.т.	Норма амортизации, Там.	Иам.
Компьютер	1	25000руб.	20%	822руб.
Принтер	1	8000руб.	20%	21,9 руб.

$$K_{ам. Комп} = \frac{T_{исп.к.т}}{T_{кал.дней}} \cdot Ц_{к.т} \cdot \frac{1}{T_{ам.}} \quad (3.2)$$

Где,

$T_{исп.к.т}$ - время использования компьютера (дней);

$T_{кал.дней}$ - количество календарных дней;

$Ц_{к.т}$ - стоимость техники;

$T_{ам.} = 5$ лет - норма амортизации.

$$K_{ам. Комп} = \frac{60}{365} \cdot 25000 \cdot \frac{1}{5} = 822 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ам. Прин.}} = \frac{5}{365} \cdot 8000 \cdot \frac{1}{5} = 21,9 \text{ руб.}$$

Сумма амортизационных отчислений по основным фондам:

$$K_{\text{ам.осн}}^{\Sigma} = K_{\text{ам.комп}} + K_{\text{ам.прин.}} = 822 + 21,9 = 843,9 \text{ руб.}$$

3.2.3 Затраты на зарплату

В состав затрат на оплату труда включаются:

- выплаты заработной платы за фактически выполненную работу, исходя из должностных окладов в соответствии с принятыми на предприятии нормами и системами оплаты труда;
- выплаты, обусловленные районным регулированием оплаты труда (выплаты по районным коэффициентам);
- оплата в соответствии с действующим законодательством очередных ежегодных и дополнительных отпусков (компенсация за неиспользованный отпуск);

Фактическая заработная плата рассчитывается по формуле

$$K_{\text{факт.зн}} = \frac{ЗП_{\text{мес.пл}}}{21} \cdot n \quad (3.3)$$

Где:

21 – число рабочих дней в месяце = 21 день;

n – количество фактически затраченных дней,

для инженера n = 60 дней, а для руководителя n = 5 дней. Данные берем

согласно таблицы № 4

Зарплата инженера

$$ЗП_{\text{мес.з.п.ин}} = ЗПо \cdot K1 \cdot K2 \quad (3.4)$$

$$ЗП_{\text{мес.з.п.ин}} = ЗПо \cdot K1 \cdot K2 = 17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 24310 \text{ руб}$$

Зарплата руководителя

$$ЗП_{\text{мес.з.п.ин}} = ЗПо \cdot K1 \cdot K2 = 26300 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 37609 \text{ руб.}$$

Где:

Зпо – заработная плата в месяц;

$K_1=1,1(10\%)$ – коэффициент, учитывающий отпуск;

$K_2=1,3(30\%)$ – районный коэффициент;

Оклад инженера – ЗПо = 17000руб.;

Оклад руководителя- ЗПо =26300руб.

Расчет зарплаты инженера и руководителя:

$$K_{\text{мес.зп.ин}} = 17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 24310 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{мес.зп.рук}} = 26300 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 37609 \text{ руб.}$$

Расчет фактической заработной платы

$$K_{\text{факт.зп.ин}} = \frac{K_{\text{мес.зп.ин}}}{T} \cdot n \quad (3.5)$$

$$K_{\text{факт.зп.ин}} = \frac{24310}{21} \cdot 60 = 69457 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{факт.зп.рук}} = \frac{37609}{21} \cdot 5 = 8954 \text{ руб.}$$

Где:

21 – число рабочих дней в месяце;

n – количество фактически затраченных дней,

для инженера n = 55 дней, а для руководителя n = 5 дней.

Затраты на заработную плату составят:

$$K_{\text{ЗП}} = K_{\text{факт.зп.ин}} + K_{\text{факт.зп.рук}} \quad (3.6)$$

$$K_{\text{ЗП}} = 69457 + 8954 = 78411 \text{ руб.}$$

3.2.4. Социальные отчисления

Отчисления на социальные нужды» отражаются обязательные отчисления по установленным законодательным нормам органам

государственного социального страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования от элемента «затраты на оплату труда» (30% с 2012 г)

$$K_{соц.} = 30\% \cdot K_{зпл} \quad (3.7)$$

$$K_{соц} = 0,3 \cdot 78411 = 23523 \text{ руб.}$$

3.2.5 Прочие затраты

К элементу «Прочие затраты» себестоимости продукции (работы, услуг) относятся налоги, сборы, отчисления в специальные внебюджетные фонды, платежи по обязательному страхованию имущества, платежи за предельно допустимые выбросы загрязняющих веществ; вознаграждения за изобретения и рационализаторские предложения; затраты на командировки; плата сторонним организациям за пожарную и сторожевую охрану; за подготовку кадров; оплата услуг связи, вычислительных центров, банков; плата за аренду; представительские расходы; затраты на ремонт.

Прочие затраты это $10\% \cdot \sum$ всех предыдущих затрат.

$$K_{пр} = 10\% \cdot (K_{mat} + K_{ам} + K_{зп} + K_{соц}) ; \quad (3.8)$$

$$K_{пр} = 0,1 \cdot (1000 + 843,9 + 78411 + 23523) = 10377 \text{ руб.}$$

3.2.6 Накладные расходы

При выполнении проекта на базе НИТПУ, в стоимости проекта учитываются накладные расходы, включающие в себя затраты на аренду помещений, оплату тепловой и электрической энергии, затраты на ремонт зданий и сооружений, заработную плату административных сотрудников и т.д. Накладные расходы рассчитываются как 200% от затрат на оплату труда.

$$K_{НР} = 2 \cdot K_{зпл} \quad (3.9)$$

$$K_{НР} = 2 \cdot 78411 = 156822 \text{ руб}$$

Таким образом суммарное количество вложений составили:

$$K_{np} = 1000+843,9+78411+23523+10377+156822=270976,9 \text{ руб.}$$

Таблица 3.3- Смета затрат на проект

Затраты	Сумма, руб
Накладные расходы	156822
Прочие затраты	10377
Социальные отчисления:	23523
Фактическая заработная плата	78411
Амортизационные отчислений по основным фондам	843,9
Материальные затраты	1000
Затраты на расчет проекта	270976,9

В следствии построения графических зависимостей режимов работы ГТЭ-160, можно выявить очень много зависимостей, которые помогут машинистам турбин в эксплуатации, а составу ИТР в определении эффективной работы турбоагрегата, а экономистам просчитать с легкостью расход топлива не заглядывая в оперативные журналы.

В связи с ростом в г. Новокузнецке потребления электроэнергии ГТЭС перейдет с пиковых режимов работы на базовый режим, что позволит увеличить КПД установки.

4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В последние годы российские компании направляют значительные средства на социальные нужды, региональное развитие и иные благотворительные цели. Оценка масштабов этого явления затруднена неполнотой статистических данных, отсутствием общепринятой методики измерения социальных инвестиций и общей непрозрачностью российского бизнеса, однако имеющиеся оценки указывают на бурный рост корпоративной благотворительности в стране. Предприятия производят масштабные инвестиции в человеческий капитал, реализуют инфраструктурные проекты, вкладывают средства в здравоохранение и образование, оказывают материальную помощь, осуществляют природоохранные мероприятия, и пр. Пожертвования на подобные нужды становятся правилом и императивом, в основе которого лежит укоренившееся в бизнес-сообществе и политических кругах требование «корпоративной социальной ответственности». Корпоративная благотворительность в России стала таким образом значимым и устойчивым социально-экономическим институтом, который нуждается в анализе и оценке.

В условиях насыщенных рынков, под влиянием жесткой конкурентной среды, в которой помимо управленческой и экономической эффективности немаловажным становится реализация компанией своих интересов с учетом интересов государства и общества, следование концепции корпоративной социальной ответственности (КСО) бизнеса является самым верным путем устойчивого удержания конкурентного преимущества.

Социальная ответственность бизнеса – модель стратегического поведения предприятия, направленная на обеспечение и поддержание устойчивого развития компании, государства и общества в экономической, природоохранной и социальных сферах.

Так как компания вкладывает много времени, сил и денежных средств

в развитие человеческого ресурса, то и человек должен приносить возврат этих инвестиций. Поэтому на данный момент, любое исследование должно придерживаться принципов социальной ответственности, а с точки зрения человеческого ресурса это в первую очередь экологичность, безопасность и эффективность.

Большой минус использования ГТУ на Новокузнецкой ГТЭС является сброс высокопотенциального тепла, когда это тепло можно использовать на выработку пара. Возможно в будущем произойдет пристройка к циклу ГТУ цикла ПТУ.

Поэтому в рамках этой работы рассматривается исследование ГТУ при работе на нерасчетных режимах работы.

Циклы ГТУ, работающие на природном газе считаются одни из самых экологичных, а для такого грязного города как Новокузнецк, работа на Базе ГТЭС позволит вдохнуть чуть больше менее загрязненного воздуха.

На мой взгляд, сейчас все энергетические предприятия должны переходить от сжигания угольного топлива к сжиганию природного газа. Ведь напрямую здоровье человека зависит от чистоты окружающей среды. А ГТУ особенно совместно с циклом ПТУ могут это обеспечить

В связи с эксплуатации парогазовой установки (ГТУ) рекомендуется рассмотреть нижеприведенные разделы по охране труда и технике безопасности, пожарной безопасности, а также влияние на оперативный персонал.

Охрана труда на Новокузнецкой ГТЭС, в основном, направлена на предотвращение производственного травматизма и создание оптимальных условий труда. Все работы должны производиться в строгом соответствии с правилами безопасности, этими вопросами на предприятии занимается служба охраны труда.

4.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.

На оперативный персонал ПГУ находящиеся в объединенном главном корпусе (ОГК) могут воздействовать следующие потенциально возможные опасные и вредные факторы.

Из опасных производственных факторов можно выделить:

1. Поражение электрическим током, замыкание которой может произойти через тело человека;
2. Механические травмы;
3. Пожароопасность;

Вредные производственные факторы согласно (ГОСТ 12.0.003-74)

1. повышенная температура поверхностей оборудования;
2. повышенная напряженность электромагнитного поля;
3. недостаточная освещенность рабочей зоны.
4. повышенный уровень общей вибрации;
5. метеорологические условия;

Техника безопасности

4.1.1 Поражение электрическим током

На сопротивление организма воздействию электрического тока оказывает влияние физическое и психическое состояние человека. Нездоровье, утомление, голод, опьянение, эмоциональное возбуждение приводят к снижению сопротивления. Допустимым считается ток, при котором человек может самостоятельно освободиться от электрической цепи.

При гигиеническом нормировании ГОСТ 12.1.038—82 устанавливает предельно допустимые напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека (рука — рука, рука — нога) при аварийном режиме работы электроустановок производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400Гц.

Для предотвращения поражения персонала электрическим током предусматриваем ограждение токоведущих частей, обесточивание оборудования, защитное заземление для электроустановок.

4.1.2 Механические травмы:

Производственная травма – травма, полученная работающим на производстве и вызванная нарушением требований безопасности труда (например, поражение электрическим током в результате неприменения механизмов, приспособлений, инструментов, нарушения технологических процессов и правил по технике безопасности и т.п.).

Распространенными травмами на производстве являются ранения рук режущими инструментами. Причинами этого вида травм являются неисправность инструментов, неумение пользоваться ими или отсутствие защитных приспособлений (таких как защитные рукавицы). При работе в турбинном цехе ГОСТ 12.4. 125 – 83 обговаривает средства защиты на предприятии.

Один из способов борьбы с производственным травматизмом является систематический анализ причин его возникновения. Технические причины проявляются в результате конструктивных недостатков оборудования, недостаточности освещения, неисправности защитных средств и т.п. К организационным причинам относятся, несоблюдение правил техники безопасности, из-за неподготовленности работников, нарушение трудовой дисциплины, неприменение средств индивидуальной защиты и др. Под личностными причинами понимают неосторожность или невнимательность (из-за утомленности организма работника, воздействия внешних факторов и т.д.).

4.1.3 Пожароопасность

Пожар – это неконтролируемое горение вне специального очага.

Статистика показывает, что примерно 80 % аварий сопровождается пожаром. Обычное горение может трансформироваться во взрыв за счет самоускорения пламени при его распространении по рельефу.

Пожары в ОГК представляют большую опасность для оперативного персонала (эксплуатационников и др. работников) и могут причинить огромный материальный ущерб а также может привести к взрыву из-за применения природного газа.

Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты. Понятия пожарной профилактики включает комплекс мероприятий, необходимых для предупреждения возникновения пожара или уменьшения его последствий. Под активной пожарной защитой понимаются меры, обеспечивающие успешную борьбу с возникающими пожарами.

Средства локализации и тушения пожаров. К основным видам техники, предназначенной для защиты различных объектов от пожаров, вносятся средства сигнализации и пожаротушения.

Требования к системам противопожарного водоснабжения изложены в СНиП 2.04.01—85 «Внутренний водопровод и канализация зданий».

На электростанциях, подстанциях и других предприятиях применяются ручные огнетушители. С их помощью можно быстро ликвидировать очаг загорания или локализовать огонь до прибытия пожарной команды. Широко распространен огнетушитель типа ОХП-10, огнетушащее вещество которого образуется в виде химической пены.

При возникновении пожара для обеспечения безопасной эвакуации персонала ОГК в соответствии со СНиП 21–01–97 и ПУЭ проектом должно предусматривается достаточное количество лестничных клеток, эвакуационных коридоров и выходов из здания.

ОГК имеет категорию «Г» по пожарной опасности по НПБ 105-03 и четвертая степень огнестойкости по СНиП 21-01-97.

4.2 Производственная санитария

4.2.1 Влияние шума на организм человека и средства защиты

Шум определяют как совокупность аperiodических звуков различной интенсивности и частоты.

Интенсивный шум на производстве способствует снижению внимания и увеличению числа ошибок при выполнении работы, исключительно сильное влияние оказывает шум на быстроту реакций, сбор информации и аналитические процессы, из-за шума снижается производительность труда и ухудшается качество работы. Шум затрудняет своевременную реакцию работающих на предупредительные сигналы внутрицехового транспорта (автопогрузчиков, мостовых кранов и т. п.), что способствует возникновению несчастных случаев на производстве.

Шум оказывает влияние на весь организм человека: угнетает ЦНС, вызывает изменение скорости дыхания и пульса, способствует нарушению обмена веществ, возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, гипертонической болезни, может приводить к профессиональным заболеваниям.

Воздействие шума уровнем свыше 75 дБА может привести к потере слуха — профессиональной тугоухости.

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562—96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». Уровень шума на рабочем месте (ОГК) не должен превышать 85 дБА .

4.2.2 Влияние вибрации на организм человека и средства защиты

Малые механические колебания, возникающие в упругих телах или телах, находящихся под воздействием переменного физического поля, называются

вибрацией. Воздействие вибрации на человека классифицируют: по способу передачи колебаний; по направлению действия вибрации; по временной характеристике вибрации.

Выделяют три вида вибрационной патологии от воздействия общей, локальной и толчкообразной вибраций.

При действии на организм общей вибрации страдает в первую очередь нервная система и анализаторы: вестибулярный, зрительный.

У рабочих вибрационных профессий отмечены головокружения, расстройство координации движений, симптомы укачивания. Локальная вибрация вызывает спазмы сосудов кисти, предплечий, нарушая снабжение конечностей кровью. Одновременно колебания действуют на нервные окончания, мышечные и костные ткани, вызывают снижение кожной чувствительности, отложение солей в суставах пальцев, деформируя и уменьшая подвижность суставов.

Колебания низких частот вызывают резкое снижение тонуса капилляров, а высоких частот — спазм сосудов.

Длительное систематическое воздействие вибрации приводит к развитию вибрационной болезни (ВБ), которая включена в список профессиональных заболеваний.

4.2.3 Производственное освещение

Правильно спроектированное и выполненное освещение на предприятии обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности. Сохранность зрения человека, состояние его центральной нервной системы и безопасность на производстве в значительной мере зависят от условий освещения. От освещения зависят также производительность труда.

При освещении производственных помещений используют

естественное освещение, создаваемое светом неба (прямым и отраженным), искусственное, осуществляемое электрическими лампами, и совмещенное, при котором в светлое время суток недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению приведены в СНиП 23-05-95. Требования к освещению для оперативного персонала составляет 700 лк.

4.2.4 Метеорологические условия

Метеорологические условия, или микроклимат, в производственных условиях определяются следующими параметрами:

- Температурами воздуха;
- Относительной влажностью;
- Скоростью движения воздуха на рабочем месте;
- Тепловое излучение

При высокой температуре воздуха в помещении кровеносные сосуды кожи расширяются, при этом происходит повышенный приток крови к поверхности тела, и теплоотдача в окружающую среду значительно увеличивается. При высокой температуре воздуха большая часть теплоты отдается путем испарения с поверхности кожи. В этих условиях организм теряет определенное количество влаги, а вместе с ней и соли, играющие важную роль в жизнедеятельности организма. Поэтому в горячих цехах рабочим дают подсоленную воду.

Движение воздуха в помещениях является важным фактором, влияющим на тепловое самочувствие человека. В жарком помещении движение воздуха способствует увеличению отдачи теплоты организмом и улучшает его состояние, но оказывает неблагоприятное воздействие при низкой температуре воздуха в холодный период года.

При воздействии высокой температуры воздуха, интенсивного теплового излучения возможен перегрев организма, который характеризуется повышением температуры тела, обильным потоотделением, ухудшением пульса и дыхания, резкой слабостью, головокружением а в тяжелых случаях – появлением судорог и возникновением теплового удара.

Нормы на температуру, влажность, скорость движения воздуха

СанПиН 2.2.4.548-96 и приведена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 Нормы на температуру, влажность, скорость движения воздуха

Период года	Ошибк работ	Температура воздуха, °С		Температура поверхнос- тей, t°С	Ошибка! влаж-ность возду-ха, φ%	Скорость движе-ния воздуха, м/с	
		Диапазон ниже опти- мальных ве- личин t° _{опт}	Диапазон выше Ошибка! ве-личин t° _{опт}			Если t° < t° _{опт}	Если t° > t° _{опт} "***"
Холодный	Пб	17,0 - 18,9	21,1 - 23,0	16,0 - 24,0	15 – 75	0,2	0,4
Теплый	Пб	16,0 - 18,9	21,1 - 27,0	15,0 - 28,0	15 - 75 "*" "	0,2	0,5

Интенсивность облучения рабочих в ряде случаев составляет значительную величину (до 3000—6000 Вт/м² и более}, и в этих случаях лучистый поток теплоты становится основным вредным производственным фактором. Действие лучистого потока теплоты не ограничивается изменениями, происходящими на облучаемом участке тела, — на облучение реагирует весь организм. Под влиянием облучения в организме происходят биохимические сдвиги, наступают нарушения деятельности сердечно-сосудистой и нервной систем. Длительное воздействие инфракрасных лучей с длиной волны 0,72— 1,5 мкм вызывает катаракту глаз (помутнение хрусталика).

Способы защиты от лучистого потока теплоты следующие: теплоизоляция нагретых поверхностей, экранирование тепловых излучений, применение воздушного душирования, защитной одежды, организация рационального отдыха в период работы.

Теплоизоляция является эффективным мероприятием не только по уменьшению интенсивности теплового излучения от нагретых поверхностей, но также для предотвращения ожогов при прикосновении к этим поверхностям. По действующим санитарным нормам температура нагретых поверхностей оборудования и ограждений на рабочих местах не должна превышать 45° С. Для теплоизоляции применяют самые разнообразные материалы и конструкции (специальные бетоны и кирпич, минеральную и стеклянную вату, асбест, войлок и т. д.).

Наиболее распространенным и эффективным способом защиты от теплового излучения является экранирование. Экраны применяют как для экранирования источников излучения, так и для защиты рабочих мест от воздействия лучистого потока теплоты.

4.2.5 Электромагнитное излучение

В зависимости от места и условий воздействия ЭМИ различают четыре вида облучения: профессиональное, непрофессиональное, облучение в быту и облучение, осуществляемое в лечебных целях, а по характеру облучения – общее и местное.

Биологические эффекты от воздействия ЭМИ могут проявляться в различной форме: от незначительных функциональных сдвигов до нарушений, свидетельствующих о развитии явной патологии. Следствием поглощения энергии ЭМИ является тепловой эффект. Избыточная теплота, выделяющаяся в организме человека, отводится путем увеличения нагрузки на механизм терморегуляции; начиная с определенного предела организм не

справляется с отводом теплоты от отдельных органов и температура их может повышаться.

Для длительного действия ЭМИ различных диапазонов длин волн при умеренной интенсивности (выше ПДУ) характерным считают развитие функциональных расстройств в ЦНС с нерезко выраженными сдвигами эндокринно-обменных процессов и состава крови. В связи с этим могут появиться головные боли, повышение или понижение давления, урежение пульса, изменение проводимости в сердечной мышце, нервно-психические расстройства, быстрое развитие утомления. Возможны трофические нарушения: выпадение волос, ломкость ногтей, снижение массы тела. Наблюдаются изменения возбудимости обонятельного, зрительного и вестибулярного анализаторов. На ранней стадии изменения носят обратимый характер, при продолжающемся воздействии ЭМИ происходит стойкое снижение работоспособности.

Нормирование ЭМИ радиочастотного диапазона проводится по ГОСТ 12.1.006—84 СанПиН 2.2.4.1191—03 для производственной среды и Санитарным правилам и нормам СанПиН 2.2.4/2.1.8.055—96 для условий окружающей среды. В основу гигиенического нормирования положен принцип действующей дозы, учитывающей энергетическую экспозицию.

4.3 Охрана окружающей среды

Работа любого производства сопровождается образованием отходов. Они поступают в окружающую среду в виде выбросов в атмосферу, сбросов в водоемы, твердых промышленных и бытовых отходов и мусора на поверхность земли. Отходы загрязняют окружающую среду и образуют в ней опасные зоны, для которых характерны высокие концентрации токсичных веществ.

На электростанции загрязнение среды происходит путем вредных выбросов.

4.3.1 Охрана поверхностных подземных вод от загрязнения

Проектом строительства ПГУ предусматривается система централизованного водопровода и канализации для хозяйственно-питьевы и производственных.

Производственные стоки сливаются непосредственно в реку. В связи с тем, что специфика технологических процессов, производственных сооружений, состояние благоустройства территории ПГУ не влечет за собой формирование сильно загрязненных ливневых стоков, поверхностные сточные воды с территории ПГУ отводятся на рельеф местности.

Отвод дождевых и талых вод с кровли главного корпуса осуществляется по внутренним водостокам с последующим открытым выпуском на специальные отмостки, исключаящие размыв земли вокруг здания и дальнейшим сбросом на рельеф.

4.3.2 Охрана окружающей среды при складировании отходов промышленного производства

В период эксплуатации ПГУ образуются следующие виды отходов: загрязненный фильтровальный материал, отработанные лампы, минеральные, отработанные лампы накаливания, ветошь промасленная, отходы хозяйственно-бытовые, смет с территории.

При строительстве и эксплуатации ПГУ, в основном, будут образовываться отходы 4-5 класса опасности (токсичности): строительные отходы, загрязненный фильтровальный материал, ветошь промасленная, твердые бытовые отходы, смет с территории, лампы накаливания, жидкие бытовые отходы и отход 1 класса опасности — лампы люминесцентные.

Складирование (утилизация) промышленных отходов, как загрязненный фильтровальный материал, ветошь промасленная, твердые бытовые отходы,

смет с территории, отработанные лампы накаливания хранятся в стандартном металлическом контейнере с крышкой, объемом 0,5 м³, который защищает отходы от попадания атмосферной влаги и препятствует разлетанию в ветреную погоду отходов по территории. Отработанные люминесцентные лампы планируется складировать в специальном контейнере, откуда по мере накопления вывозить на специализированное предприятие по утилизации отходов данного вида.

При соблюдении условий хранения и периодичности вывоза отходов, негативное влияние на почву будет не значительно.

4.3.3 Охрана растительного и животного мира

Прямое уничтожение растительности не относится к значимым воздействиям, вследствие ее деградированного состояния и малой площади участка.

Воздействие на растительность выбросов в атмосферу при эксплуатации ПГУ пренебрежимо мало по сравнению с воздействием имеющихся промышленных предприятий и автотранспорта. Таким образом, при строительстве и эксплуатации ПГУ не будет происходить изменений флористического разнообразия и прочих значимых воздействий.

При строительстве и эксплуатации объекта не будет происходить нарушений путей естественной миграции животных, прямого изъятия и ухудшения кормовой базы зверей и птиц, уменьшения популяций животных.

4.3.4 Прогноз изменения состояния окружающей среды под воздействием проектируемого объекта

Ввод в эксплуатацию современной ПГУ позволит не только удовлетворить имеющиеся потребности в тепловой и электрической энергии, но и вывести из эксплуатации существующую неэффективную

котельную района, что позволит улучшить состояние окружающей среды города.

Воздействие ПГУ на поверхностные и подземные воды будет не значительным, в связи с использованием на предприятии привозной воды и отсутствием сбросов хозяйственно-бытовых и производственных стоков в водные объекты.

Ожидаемые уровни звукового давления, создаваемые оборудованием ПГУ в районе жилой застройки и на рабочем месте оператора ТЭЦ не превышают значений, регламентируемых санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96.

Строительство и эксплуатация ПГУ не окажет заметного воздействия на существующие условия землепользования вследствие небольших размеров сооружения и краткосрочности строительства. Нарушения земель при строительстве, эксплуатации ПГУ и при аварийных ситуациях ограничены площадкой строительства площадью 1,12 га, за исключением незначительного закисления почв в результате выбросов ПГУ в атмосферу.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Под источником чрезвычайной ситуации понимается опасное природное явление, авария или опасное происшествие техногенного характера. Широко распространенная инфекционная болезнь людей, животных и растений сельского хозяйства. А так же применение современных средств поражения которые могут привести к возникновению чрезвычайной ситуации (ГОСТ Р 22.0.01-94).

1. Прогноз воздействия объекта при возможных авариях

К особо опасным производствам на ПГУ относятся трубопроводы, технологическое оборудование и устройства, в которых обращается

природный газ высокого давления представляющий собой воспламеняющийся газ, который при контакте с воздухом легко формирует горючие и взрывоопасные смеси.

Вероятными источниками возникновения опасности являются технические, технологические и другие неполадки на газотурбинном агрегате, подводящих газопроводах, элементах основного и вспомогательного оборудования.

С целью обеспечения безопасного процесса работы всего газового оборудования на ПГУ установлены запорные, измерительные и регулирующие устройства, отключающие подачу газа при малейших нарушениях технологического процесса.

Возможные аварии на ПГУ будут иметь локальный характер не выходящий за пределы территории промплощадки, поэтому не окажут воздействия на растительный и животный мир прилегающей территории. При наихудшем варианте развития аварии вред может быть нанесен только газонным травам и кустарникам, посаженным при благоустройстве территории. В зону влияния поражающих факторов в случае аварии население прилегающей территории не попадет. Таким образом, изменение состояния окружающей среды под воздействием заданного объекта будет незначительным.

Вывод: исследование темы «Расчет работы ГТУ на нерасчетные режимы работы» позволит персоналу реально, увидеть такие параметры как расход газа в камеру сгорания, мощность турбоустановки, степень сжатия во время пуска и изменения температурного режима воздуха окружающей среды. Также на мой взгляд будет целесообразно надстроить цикл ПТУ к Газовому циклу. Увеличить мощность установки и экологическую ситуацию в городе. Но это при условии, что какой-нибудь поставщик электроэнергии полностью демонтирует «старую» неэффективную станцию. Такого конечно никогда не случится, потому что «энергия-это деньги», а Новокузнецкая ГТЭС перейдя в базовый режим работы, могла бы восполнить потерянную электроэнергию

при таком условии. Конечно это нереально, демонтировать «старую» станцию и восполнить энергию работой ГТЭС. Тогда нужно научиться давать другие энергоресурсы, как тепло и паровую нагрузку, а это можно сделать более экологичным образом перейдя на цикл ПГУ или обновив «старую» станцию перейдя на газ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной работы проводился расчет работы ГТУ на нерасчетные температуры воздуха. Расчет проводился от -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$, наилучшую эффективность ГТУ показывает при отрицательных температурах это связано с изменением плотности воздуха. Рассмотренные в статье характеристики позволяют получить полное представление о режимах работы газотурбинных установок, регулирование которых осуществляется с использованием поворотного входного направляющего аппарата компрессора. Основываясь на них, можно с привлечением данных о работе котла-утилизатора и паротурбинной части блока со вспомогательным оборудованием составить энергетическую характеристику энергоблока ПГУ с газовыми турбинами.

Список используемых источников

1. Программа модернизации электроэнергетики России на период до 2020 года
2. Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций М.: МЭИ, 2002. - 584 с.
3. Парогазовые установки электростанций: учебное пособие для вузов / А.Д. Трухний. – М.: Издательский дом МЭИ, 2013. –648 с.: ил.
4. СНиП 41-01-2003 СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ
5. Вукалович, М.П. Теплофизические свойства воды и водяного пара. – М. : Машиностроение, 1967.
6. Каталог паровых турбин УТМЗ
7. Григорьев В.А., Зорин В.М. Тепловые и атомные электрические станции Справочник / Под общ. ред. чл.-корр. АН СССР В. А. Григорьева, В. М. Зорина. Справочная серия. Учебное пособие для ВУЗов. 2-е изд., перераб. - (Теплоэнергетика и теплотехника; Кн. 3). - М.: Изд-во: Энергоатомиздат, 1989.
8. Коршунова Л.А., Кузьмина Н.Г. Менеджмент в энергетике (Экономика и управление энергетическими предприятиями) Учебное пособие. - Томск: Изд-во ТПУ, 2007. - 188 с.
9. МЕНЕДЖМЕНТ .Планирование производственной программы ТЭС Методические указания по выполнению курсовой работы для студентов энергетических специальностей Института дистанционного образования Издание второе, стереотипное Томск 2003г.
- 10.Юрий Учитель, Михаил Учитель. SWOT-анализ и синтез - основа формирования стратегии организации, 2010г.

11. Производственный календарь на 2016 год
12. Данные отдела учета расчетов по заработной плате, стипендиям и социальным выплатам
13. СНиП 31-03-2001 «Производственные здания»
14. ППБ-01-03 « Правила пожарной безопасности в РФ»
15. САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРАВИЛА И НОРМАТИВЫ СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО, РЕКОНСТРУКЦИЯ, И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ, ПЛАНИРОВКА И ЗАСТРОЙКА НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ
16. ГОСТ 12.1.003–83 МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ Система стандартов безопасности труда ШУМ Общие требования безопасности
17. СанПиН 2.2.4./2.1.8.582—96 Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения.
18. Тепломеханическое и вспомогательное оборудование тепловых электростанций / сост Н.Н Галашов; Томский политехнический университет.-Томск- 2010-245 с.
19. КОМПЛЕКСНАЯ ПРОГРАММА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДА НОВОКУЗНЕЦКА ДО 2025 ГОДА
20. Стратегия социально-экономического развития Кемеровской области на долгосрочную перспективу. Санкт-Петербург, 2007г Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад»
21. Федеральное автономное учреждение «Главное управление государственной экспертизы» ФАУ «ГЛАВГОСЭКСПЕРТИЗА РОССИИ» Экспертное заключение, Москва 2012, 120 страниц
22. Тепловой расчет котла нормативный метод, Санкт-Петербург, 1998 г, 257 с.