

**Государственное автономное профессиональное образовательное
учреждение Свердловской области
«Краснотурьинский индустриальный колледж»**



**Комплект
контрольно-оценочных средств
государственной итоговой аттестации
в форме защиты ВКР
по специальности СПО**

**13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование
(углубленная подготовка)**

Краснотурьинск 2022

Комплект контрольно-оценочных средств рассмотрен предметно-цикловой комиссией Теплотехнических и механических дисциплин
Председатель предметно-цикловой комиссии Е.В. Малышева

Протокол № 4
от 18.01.2023г

Комплект контрольно-оценочных средств разработан в соответствии с ФГОС СПО по специальности 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование (углубленная подготовка)

УТВЕРЖДАЮ:
Заместитель директора по учебной работе ГАПОУ СО «КИК»
Э.В. Сергеева



Разработчики:

Зверева Валентина Константиновна, ГАПОУ СО «Красноурьинский индустриальный колледж»

Крупина Татьяна Андреевна, ГАПОУ СО «Красноурьинский индустриальный колледж»

Малышева Екатерина Викторовна, ГАПОУ СО «Красноурьинский индустриальный колледж»

Щеглова Алина Игоревна, ГАПОУ СО «Красноурьинский индустриальный колледж»

Экспертиза комплекта контрольно-оценочных средств

Эксперт:

начальник производственно-технического отдела Дирекции по обеспечению производства РУСАЛ УРАЛ РУСАЛ Красноурьинск

В.С. Лёгких



СОДЕРЖАНИЕ

1. Пояснительная записка.....	2
2. Паспорт комплекта оценочных средств для государственной итоговой аттестации.....	5
2.1. Результаты освоения ОПОП (ППССЗ) по специальности 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование (углубленная и базовая подготовка).....	5
3. Оценочные материалы для государственной итоговой аттестации.....	18
3.1. Форма и процедура проведения государственной итоговой аттестации	18
3.2. Тематика выпускных квалификационных работ.....	21
3.3. Требования к структуре и оформлению выпускных квалификационных работ.....	23
3.4. Комплект материалов для оценки результатов освоения ППССЗ	25
4. Алгоритм выполнения расчетной части ВКР на тему «Технический проект ГТУ с расчетом на переменный режим работы»	26
4.1 Алгоритм расчета тепловой схемы и выбор параметров	26
4.2 Алгоритм теплового расчета ГТУ на номинальный режим работы	31
4.3 Алгоритм теплового расчета ГТУ на переменный режим работы	35
5. Алгоритм выполнения расчетной части ВКР на тему «Технический проект модернизации газотурбинной установки путем внедрения регенерации».....	39
5.1 Алгоритм расчета тепловой схемы и выбор параметров цикла без регенерации теплоты уходящих	39
5.2 Алгоритм расчета тепловой схемы и выбор параметров цикла с регенерацией теплоты уходящих газов.....	43
5.3 Алгоритм теплового расчета ГТУ на номинальный режим работы (с регенерацией теплоты).....	45
Приложение 1.....	51
Приложение 2.....	57
Приложение 3.....	61
Приложение 4.....	63
Приложение 5.....	65

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Комплект контрольно-оценочных средств (КОС) государственной итоговой аттестации (далее ГИА) является частью программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование

Комплект контрольно-оценочных средств государственной итоговой аттестации разработан в соответствии с:

- Федеральным законом РФ от 29 декабря 2012 г. №273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»
- Федеральным законом от 28 марта 1998 г. №53-ФЗ «О воинской обязанности и военной службе»;
- Федеральным государственным образовательным стандартом среднего профессионального образования по специальности 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование, утвержденный приказом Министерства образования и науки РФ от 28 июля 2014 года № 823 (зарегистрированного в Минюсте России от 25 августа 2014 г. №33824)
- Федеральным государственным образовательным стандартом среднего (полного) общего образования, утвержденный приказом Минобрнауки России от 17 мая 2014г. №413;
- Приказом Министерства образования и науки РФ от 14 июня 2013 г. №464 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам среднего профессионального образования»;
- Приказом Минобрнауки России от 23 января 2014 г. №36 «Об утверждении Порядка приема на обучение по образовательным программам среднего профессионального образования»;

- Приказом Минобрнауки России от 16 августа 2013 г. №968 "Об утверждении Порядка проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего профессионального образования"

- Приказом Минобрнауки России от 31 января 2014 г. №74 «О внесении изменений в порядок проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего профессионального образования, утвержденный приказом министерства образования и науки РФ от 16 августа 2013 г. №968»;

- Положением о проведении комплексного экзамена по программам среднего профессионального образования в ГАПОУ СО «Краснотурьинский индустриальный колледж».

Целью государственной итоговой аттестации (ГИА) является установление соответствия уровня и качества подготовки выпускников требованиям федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования и программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование.

Проведение итоговой аттестации в форме выпускной квалификационной работы позволяет одновременно решить целый комплекс задач:

ориентирует каждого преподавателя и выпускника на конечный результат;

позволяет в комплексе повысить качество учебного процесса, качество подготовки специалиста и объективность оценки подготовленности выпускников;

систематизирует знания, умения и опыт, полученные выпускниками во время обучения и во время прохождения производственной практики;

расширяет полученные знания за счет изучения новейших практических разработок и проведения исследований в профессиональной сфере;

значительно упрощает практическую работу Государственной аттестационной комиссии при оценивании выпускника (наличие перечня профессиональных компетенций, которые находят отражение в выпускной работе).

Государственная итоговая аттестация специальности 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование предусматривает защиту выпускной квалификационной работы. Этот вид испытаний позволяет наиболее полно проверить освоенность выпускником общих и профессиональных компетенций, готовность выпускника к выполнению видов деятельности, предусмотренных ФГОС СПО.

К государственной итоговой аттестации допускаются обучающиеся, не имеющие академической задолженности и в полном объеме выполнившие учебный план или индивидуальный учебный план, если иное не установлено порядком проведения государственной итоговой аттестации по соответствующим образовательным программам.

2. ПАСПОРТ КОМПЛЕКТА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

2.1. Результаты освоения ОПОП (ППССЗ) по специальности 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование (углубленная и базовая подготовка)

2.1.1. Виды профессиональной деятельности

Обязательное условия допуска к государственной итоговой аттестации является освоение всех видов профессиональной деятельности соответствующих профессиональным модулям:

ПМ 1. Эксплуатация теплотехнического оборудования котельных и систем тепло- и топливоснабжения

ПМ 2. Ремонт теплотехнического оборудования котельных и систем тепло- и топливоснабжения

ПМ 3. Наладка и испытания теплотехнического оборудования котельных и систем тепло - и топливоснабжения

ПМ 4. Организация и управление работой трудового коллектива

ПМ 5. Участие в исследованиях по энергосбережению, техническому переоснащению и повышению эффективности производства, передачи и распределения тепловой энергии (**только для углубленной подготовки**)

ПМ 6. Выполнение работ по одной или нескольким профессиям рабочих, должностям служащих

2.1.2. Профессиональные и общие компетенции

В результате освоения программы подготовки специалистов среднего звена по специальности СПО 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование (углубленная и базовая подготовка), у выпускника должны быть сформированы общие и профессиональные компетенции, предусмотренные ФГОС СПО.

Выпускник, освоивший программу подготовки специалистов среднего звена, должен обладать следующими общими компетенциями:

Таблица 1 – Общие компетенции

Код	Общие компетенции
ОК 1.	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.
ОК 2.	Организовывать собственную деятельность, определять методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.
ОК 3.	Решать проблемы, оценивать риски и принимать решения в нестандартных ситуациях.
ОК 4.	Осуществлять поиск, анализ и оценку информации, необходимой для постановки и решения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.
ОК 5.	Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности.
ОК 6.	Работать в коллективе и команде, обеспечивать ее сплочение, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями
ОК 7.	Ставить цели, мотивировать деятельность подчиненных, организовывать и контролировать их работу с принятием на себя ответственности за результат выполнения заданий.
ОК 8.	Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.
ОК 9.	Быть готовым к смене технологий в профессиональной деятельности.

Выпускник, освоивший программу подготовки специалистов среднего звена, должен обладать следующими профессиональными компетенциями,

соответствующими видам профессиональной деятельности, на которые ориентирована программа:

Таблица 2- Профессиональные компетенции

Модуль	Код	Профессиональные компетенции
ПМ 01. Эксплуатация теплотехнического оборудования котельных и систем тепло- и топливоснабжения	ПК 1.1.	Осуществлять пуск и останов теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения.
	ПК 1.2.	Управлять режимами работы теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения.
	ПК 1.3.	Осуществлять мероприятия по предупреждению, локализации и ликвидации аварий теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения.
ПМ 02. Ремонт теплотехнического оборудования котельных и систем тепло- и топливоснабжения	ПК 2.1	Выполнять дефектацию теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения.
	ПК 2.2	Производить ремонт теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения
	ПК 2.3	Вести техническую документацию ремонтных работ
ПМ 03. Наладка и испытания теплотехнического оборудования котельных и систем тепло - и топливоснабжения	ПК 3.1	Участвовать в наладке и испытаниях теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения
	ПК 3.2	Составлять отчетную документацию по результатам наладки и испытаний теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения.

Продолжение таблицы 2

ПМ 04. Организация и управление работой трудового коллектива	ПК 4.1	Планировать и организовывать работу трудового коллектива
	ПК 4.2	Участвовать в оценке экономической эффективности производственной деятельности трудового коллектива.
	ПК 4.3	Обеспечивать выполнение требований правил охраны труда и промышленной безопасности.
ПМ 05. Участие в исследованиях по энергосбережению техническому переоснащению и повышению эффективности производства, передачи и распределения тепловой энергии (только для углубленной подготовки)	ПК 5.1.	Принимать участие в подготовке и реализации организационно-технических мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности производства, транспорта и распределения тепловой энергии.
	ПК 5.2.	Принимать участие в энергоаудите, паспортизации, модернизации теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения в целях энергосбережения и повышения энергоэффективности производства, транспорта и распределения тепловой энергии.
	ПК 5.3.	Принимать участие во внедрении в процесс производства, транспорта и распределения тепловой энергии автоматизированных систем учета и контроля.

Окончание таблицы 2

	ПК 5.4.	Принимать участие в оценке эффективности мероприятий по энергосбережению, оформлению документов по разработке и внедрению энергосберегающих технологий в процесс производства, транспорта и распределения тепловой энергии.
ПМ 06. Выполнение работ по одной или нескольким профессиям рабочих, должностям служащих	ПК 2.1.	Выполнять дефектацию теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения.
	ПК 2.2.	Производить ремонт теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения.

2.1.3. Сводная содержательно-компетентностная матрица выпускной квалификационной работы

Таблица 3 – Показатели оценки сформированности ПК и ОК

Наименование объектов оценки	Основные показатели оценки результата
ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.	результативность проявления познавательного интереса и активной учебной позиции в ходе овладения профессиональными умениями и навыками;

продолжение таблицы 3

<p>ОК 2.Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.</p>	<p>разработка плана выполнения ВКР;</p>
<p>ОК 3.Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.</p>	<p>решение стандартных и нестандартных профессиональных задач применение практического опыта в области эксплуатации, ремонта и наладки ТТО и систем ТТС, а также в области энергосбережения, технического переоснащения и повышения эффективности производства, передачи и распределения тепловой энергии, в области организации и управления работой трудового коллектива.</p>
<p>ОК 4.Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.</p>	<p>выполнение анализа предметной области;</p>
<p>ОК 5.Владеть информационной культурой, анализировать и оценивать информацию с использованием ИКТ</p>	<p>эффективно использовать в работе программы компьютерной графики «Компас», программы Word, Excel и т.д.</p>

продолжение таблицы 3

<p>ОК 6.Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.</p>	<p>эффективность установления позитивного стиля общения в коллективе;</p>
<p>ОК 7.Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.</p>	<p>ответственность за качество, точность и правильность выполнения работы</p>
<p>ОК 8.Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.</p>	<p>своевременно определять необходимость процесса профессионального самосовершенствования и повышения квалификации;</p>
<p>ОК 9.Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.</p>	<p>применение практического опыта в области эксплуатации, ремонта и наладки ТТО и систем ТТС, а также в области энергосбережения, технического переоснащения и повышения эффективности производства, передачи и распределения тепловой энергии, в области организации и управления работой трудового коллектива.</p>
<p>ПК 1.1. Осуществлять пуск и останов теплотехнического</p>	<p>-владение технологией безопасного пуска и останова теплотехнического</p>

оборудования и систем тепло- и топливоснабжения.	оборудование и систем тепло- и топливоснабжения
--	---

продолжение таблицы 3

ПК 1.2. Управлять режимами работы теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения.	-демонстрация навыка безопасной эксплуатации, контроля и управления режимами работы теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения -умение вести техническую документацию в процессе эксплуатации теплотехнического оборудования и тепловых сетей;
ПК 1.3. Осуществлять мероприятия по предупреждению, локализации и ликвидации аварий теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения.	-знание основных положений федерального закона "О промышленной безопасности опасных производственных объектов", требований нормативных документов (СНиП, ГОСТ, СП) к теплотехническому оборудованию, системам тепло- и топливоснабжения; -знание правил ОТ, правил устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов, трубопроводов пара и горячей воды, сосудов, работающих под давлением; технической эксплуатации тепловых энергоустановок; безопасности систем газораспределения и газопотребления;

ПК 2.1. Выполнять дефектацию теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения.	Демонстрация навыка дефектации теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения.
---	---

продолжение таблицы 3

ПК 2.2. Производить ремонт теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения.	Умение выполнять ремонт теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения
ПК 2.3. Вести техническую документацию ремонтных работ.	Ведение технической документации ремонтных работ
ПК 3.1. Участвовать в наладке и испытаниях теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения.	<p>-владение технологией подготовки к испытаниям и наладке теплотехнического оборудование и систем тепло- и топливоснабжения</p> <p>-демонстрация точности и скорости чтения чертежей установки контрольно-измерительных приборов при проведении испытаний и наладки теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения</p> <p>-владение технологией проведения испытаний и наладки теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения</p> <p>- владение технологией контроля над параметрами процесса производства, транспорта и распределения тепловой энергии</p>

продолжение таблицы 3

<p>ПК 3.2. Составлять отчетную документацию по результатам наладки и испытаний теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения.</p>	<p>-владение умением обработки результатов испытаний и наладки теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения</p> <p>-демонстрация навыка составления отчетной документации по результатам испытаний и наладки теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения</p>
<p>ПК 4.1. Планировать и организовывать работу трудового коллектива.</p>	<p>-Владение умением планирования и организации работы трудового коллектива; обеспечения подготовки и выполнения работ производственного подразделения в соответствии с технологическим регламентом.</p> <p>-знание порядка подготовки к работе обслуживающего персонала теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения; функциональных обязанностей должностных лиц энергослужбы организации;</p>

продолжение таблицы 3

<p>ПК 4.2. Участвовать в оценке экономической эффективности производственной деятельности трудового коллектива.</p>	<p>-Владение умением выработать эффективные решения в штатных и нештатных ситуациях.</p> <p>-знание методов организации, нормирования и форм оплаты труда;</p> <p>-знание формы построения взаимоотношений с сотрудниками, мотивации и критерии мотивации труда;</p> <p>-знание основы менеджмента;</p> <p>-знание основы психологии деловых отношений.</p>
<p>ПК 4.3. Обеспечивать выполнение требований правил охраны труда и промышленной безопасности.</p>	<p>-владение умением оформления нарядов-допусков на проведение ремонтных работ;</p> <p>-владение умением проведения инструктажа персонала по правилам эксплуатации теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения во время проведения наладки и испытаний;</p> <p>-владение умением организации и проведения мероприятий по защите</p>

	<p>работающих от негативных воздействий вредных и опасных производственных факторов;</p> <p>-осуществление мероприятий по предупреждению аварийных ситуаций в процессе производства, транспорта и распределения тепловой энергии и энергоресурсов;</p> <p>- осуществление первоочередных действий при возникновении аварийных ситуаций на производственном участке;</p> <p>-проведения анализа причин аварий, травмоопасных и вредных факторов в сфере профессиональной деятельности;</p> <p>-знание видов инструктажей, их содержания и порядка проведения; прав и обязанностей обслуживающего персонала и лиц, ответственных за исправное состояние и безопасную эксплуатацию теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения;</p> <p>-знание видов ответственности за нарушение трудовой дисциплины, норм и правил ОТ и ПБ</p>
<p>ПК 5.1. Принимать участие в подготовке и реализации организационно-технических мероприятий по энергосбережению и</p>	<p>-умение пользоваться терминологией в части энергосбережения</p> <p>-знание современных приемов и средств управления энергоэффективностью и энергосбережением; традиционных и</p>

повышению энергоэффективности производства, транспорта и распределения тепловой энергии (только для углубленной подготовки) .	нетрадиционных энергоисточников; организации контроля и учета использования энергоресурсов
--	--

окончание таблицы 3

ПК 5.2. Принимать участие в энергоаудите, паспортизации, модернизации теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения в целях энергосбережения и повышения энергоэффективности производства, транспорта и распределения тепловой энергии (только для углубленной подготовки) .	-умение пользоваться нормативно-правовыми документами в рамках профессиональной деятельности; работать с технической документацией; -знание общих вопросов энергетического обследования предприятий (энергоаудит), современные энергосберегающие методы, технологии, оборудование.
ПК 5.3. Принимать участие во внедрении в процесс производства, транспорта и распределения тепловой энергии автоматизированных систем учета и контроля (только для углубленной подготовки) .	-умение снимать показания приборов и вести учет расхода энергоресурсов; вести учет расхода энергоресурсов;
ПК 5.4. Принимать участие в оценке эффективности мероприятий по	-умение оценивать последствия неэффективного выполнения политики энергосбережения и

<p>энергосбережению, оформлению документов по разработке и внедрению энергосберегающих технологий в процесс производства, транспорта и распределения тепловой энергии (только для углубленной подготовки).</p>	<p>энергопользования; определять класс энергетической эффективности электрооборудования -знание экологических проблем топливно-энергетического комплекса округа, факторы негативного воздействия энергетики на окружающую среду и человека.</p>
--	---

3. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

3.1. Форма и процедура проведения государственной итоговой аттестации

Государственная итоговая аттестация представляет собой подготовку и защиту выпускной квалификационной работы (далее – ВКР). Обязательное требование – соответствие тематики ВКР содержанию одного или нескольких профессиональных модулей.

Государственная итоговая аттестация регламентируется Программой Государственной итоговой аттестации ППССЗ по специальности 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование (углубленная и базовая подготовка)

Для проведения ГИА создается Государственная экзаменационная комиссия (далее – ГЭК) в порядке, предусмотренном нормативными правовыми актами Министерства образования и науки Российской Федерации и Положением о проведении государственной итоговой аттестации по программам среднего профессионального образования в ГАПОУ СО «Краснотурьинский индустриальный колледж».

Заседания итоговой экзаменационной комиссии протоколируются (Приложение 1). В протоколе записываются: Фамилия, имя и отчество экзаменуемого, тематика ВКР, оценка работы руководителем и рецензентом, итоговая оценка выпускной квалификационной работы,

вопросы членов комиссии, заданные на заседании. Протоколы заседаний итоговой экзаменационной комиссии подписываются председателем, членами комиссии, секретарем итоговой экзаменационной комиссии и хранятся в архиве ГАПОУ СО «Краснотурьинский индустриальный колледж».

К государственной итоговой аттестации допускается обучающийся, не имеющий академической задолженности и в полном объеме выполнивший учебный план или индивидуальный учебный план, если иное не установлено порядком проведения государственной итоговой аттестации. Необходимым условием допуска к государственной итоговой аттестации является предоставление документов, подтверждающих освоение обучающимися компетенций при изучении теоретического материала и прохождения практики по каждому из основных видов деятельности.

Организация выполнения студентами и защиты ВКР включает следующие этапы:

1 этап. Выполнение ВКР:

подготовка (сбор, изучение и систематизация исходной информации, необходимой для разработки темы работы);

разработка (решение комплекса профессиональных задач в соответствии с темой и заданием ВКР, разработка формы и содержания представления работы);

оформление (оформление всех составных частей работы в соответствии с критериями установленными заданием и требованиями, подготовка презентации работы).

2 этап. Контроль за выполнением студентами ВКР и оценка качества их выполнения:

поэтапная проверка в ходе консультаций выполнения обучающимся материалов ВКР в соответствии с заданием;

окончательная проверка наличия всех составных частей ВКР, отзыва руководителя и рецензии на ВКР;

решение о допуске студента к защите ВКР на заседании ГЭК.

3 этап. Защита выпускной квалификационной работы.

Процедура защиты устанавливается председателем итоговой экзаменационной комиссии по согласованию с членами комиссии и, как правило, включает доклад обучающегося (не более 10 минут), чтение отзыва и рецензии, вопросы членов комиссии, ответы обучающегося.

Защита ВКР проводится с целью выявления соответствия результатов освоения выпускниками ППССЗ соответствующим требованиям ФГОС СПО в части требований к результатам освоения компетенций, приобретенному практическому опыту, знаниям и умениям и дополнительным требованиям колледжа и работодателей, что позволяет выявить готовность выпускника к профессиональной деятельности.

Результаты защиты выпускной квалификационной работы объявляются в тот же день после оформления протоколов заседания государственной экзаменационной комиссии.

Студенту, защитившему выпускную квалификационную работу, решением государственной экзаменационной комиссии присваивается квалификация в соответствии с полученной специальностью. Специальность 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование (углубленная подготовка) – квалификация «старший техник-теплотехник», специальность 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование (базовая подготовка) – квалификация «техник-теплотехник».

Лицам, не проходившим государственной итоговой аттестации по уважительной причине, предоставляется возможность пройти государственную итоговую аттестацию без отчисления из ГАПОУ СО «КИК».

Дополнительные заседания государственных экзаменационных комиссий организуются ГАПОУ СО «КИК» не позднее четырех месяцев после подачи заявления лицом, не проходившим государственной итоговой аттестации по уважительной причине.

Обучающиеся, не прошедшие государственную итоговую аттестацию по неуважительной причине или получившие на государственной итоговой

аттестации неудовлетворительную оценку, допускаются к ней повторно не ранее следующего периода работы ГЭК по данной специальности, т.е. через год.

Лицам, не прошедшим итоговой аттестации или получившим на итоговой аттестации неудовлетворительные результаты, а также лицам, освоившим часть образовательной программы среднего профессионального образования по специальности 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование (углубленная и базовая подготовка) и (или) отчисленным из ГАПОУ СО «КИК» выдается справка об обучении или периоде обучения установленного образца.

3.2. Тематика выпускных квалификационных работ

Темы ВКР имеют практико-ориентированный характер и соответствуют содержанию одного или нескольких профессиональных модулей. Перечень тем по ВКР разработан преподавателями МДК в рамках профессиональных модулей, рассмотрен на заседании ЦК после предварительного положительного заключения работодателей и утвержден приказом ГАПОУ СО «КИК».

Примерная тематика выпускных квалификационных работ:

Технический проект парового котла ДКВР-10-13, работающего на газообразном топливе.

Технический проект парового котла ДКВР-10-13, работающего на твердом топливе.

Технический проект парового котла ДКВР-10-13, работающего на мазуте.

Технический проект парового котла ДКВР-6-13, работающего на газообразном топливе.

Технический проект парового котла ДКВР-6-13, работающего на мазуте.

Технический проект химводоочистки для питания паровых котлов Богословской ТЭЦ.

Технический проект химводоочистки для подпитки тепловых сетей

Богословской ТЭЦ.

Технический проект химводоочистки для котельной шахты «Северопесчанская».

Технический проект химводоочистки для Серовской ГРЭС.

Технический проект химводоочистки для котельной птицефабрики г. Краснотурьинска.

Технический проект теплоснабжения промышленного предприятия.

Технический проект теплоснабжения жилого района.

Технический проект отопления жилого здания.

Технический проект отопления промышленного здания.

Технический проект вентиляции промышленного здания.

Технический проект газоснабжения промышленного предприятия.

Технический проект газоснабжения ГРС собственных нужд ГКС.

Технический проект подогревателей сырой пульпы отделения автоклавного выщелачивания боксита глиноземного цеха.

Технический проект газотурбинной установки для привода ЦБН с расчетом на переменный режим работы.

Технический проект газотурбинной установки для привода ЦБН с газодинамическим расчетом ступени турбины.

Технический проект модернизации газотурбинной установки путем повышения мощности.

Технический проект модернизации газотурбинной установки путем внедрения регенерации.

Технический проект газотурбинной установки для привода электрогенератора на передвижной автоматизированной электростанции.

Технический проект паротурбинной установки.

Технический проект бойлерной установки БТЭЦ.

3.3. Требования к структуре и оформлению выпускных квалификационных работ

Выпускная квалификационная работа (ВКР) – это самостоятельная работа обучающегося, в основу которой должны быть положены знания, умения, опыт и навыки, приобретенные обучающимся в период обучения.

Обучающийся должен показать умение работать с нормативными документами, инструктивным материалом, литературой и другими информационными источниками.

Выпускная квалифицированная работа разрабатывается по материалам предприятий и должна содержать решение актуальных производственных задач.

Содержание выпускной квалификационной работы включает в себя:

введение, в котором раскрывается актуальность и значение темы, формулируется цель и задачи проекта;

описательную часть, в которой содержится:

- описание технологии производства, конструкции, технической эксплуатации (ПМ1. Эксплуатация теплотехнического оборудования котельных и систем тепло- и топливоснабжения)

- описание технологии ремонта (ПМ2. Ремонт теплотехнического оборудования котельных и систем тепло- и топливоснабжения)

- описание процесса наладки и испытаний технологического оборудования (ПМ3. Наладка и испытания теплотехнического оборудования котельных и систем тепло - и топливоснабжения)

- описание технологии энергосбережения (**только для углублённой подготовки**) (ПМ5. Участие в исследованиях по энергосбережению техническому переоснащению и повышению эффективности производства, передачи и распределения тепловой энергии)

технологическую часть, в которой приводятся расчеты технологических процессов, выбор стандартного оборудования (ПМ1. Эксплуатация

теплотехнического оборудования котельных и систем тепло- и топливоснабжения)

экономическую часть, которая содержит расчеты по организации и планированию производства, по определению себестоимости, сметно-финансовый расчет (ПМ4. Организация и управление работой трудового коллектива)

требования правил охраны труда и промышленной безопасности производственного процесса (ПМ4. Организация и управление работой трудового коллектива);

заключение, в котором содержатся выводы по выполненной квалификационной работе;

список использованных источников;

приложения (технологические карты, спецификации, экспликации);

графическую часть (чертежи технологических коммуникаций, оборудования, их узлов и деталей).

Выпускная квалификационная работа должна быть по объему 50-70 страниц печатного текста, а графическая часть – 4-5 листов формата А1. Оформление выпускной квалификационной работы осуществляется в соответствии с Положением колледжа о порядке подготовки, оформления и защиты курсовых и дипломных проектов.

В выпускную квалификационную работу (ВКР) не подшиваясь, после титульного листа вкладываются:

- отзыв руководителя;
- рецензия.

В приложениях к ВКР помещаются иллюстрационные материалы: таблицы, графики, диаграммы, схемы, и т.п.

Требования к содержанию и оформлению ВКР подробно представлены в методических указаниях по выполнению ВКР для 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование.

Выполненные квалификационные работы рецензируются специалистами из числа работников предприятий, организаций, владеющими вопросами, связанными с тематикой выпускных квалификационных работ.

3.4. Комплект материалов для оценки результатов освоения ПШССЗ

3.4.1. Теоретическая часть ВКР

Описательная часть ВКР посвящается теоретическим аспектам изучаемого объекта и предмета ВКР. Здесь излагается изученная теоретическая, методологическая и нормативная база.

Проводится анализ по теоретическим аспектам темы исследования с обязательной ссылкой на литературные источники. Обучающийся излагает и обосновывает своё мнение по рассматриваемым вопросам.

В зависимости от специфики объекта первый раздел может также содержать обзор наиболее важных нормативных документов, регулирующих функционирование того или иного объекта.

Здесь могут быть использованы статистические данные, оформленные в таблицы и рисунки. К рисункам относятся все необходимые иллюстрации – графики, схемы, фотографии и т.п.

3.4.2. Практическая часть ВКР

Технологическая часть ВКР должна содержать расчет согласно методике. Изложение материала должно быть конкретным и основываться на материалах практической деятельности предприятий. При этом важно проанализировать полученные данные.

Расчетами сопровождаются пояснениями к ним с приведением необходимых формул расчета и заполнением аналитических таблиц, составление графиков, схем и диаграмм, отражающих результаты анализа.

Прежде чем приступить к аналитическим расчетам, необходимо изучить методические рекомендации, учебники и учебные пособия. Литература должна быть преимущественно последних лет издания.

3.4.3. Графическая часть ВКР

Графическая часть ВКР должна быть выполнена в соответствии с требованиями технического черчения, тематикой ВКР и преимущественно с применением компьютерной графики. Важен поэтапный контроль выполнения графической части ВКР в соответствии с таблицей 4.

Таблица 4 - Лист проверки поэтапного выполнения графической части

Обучающийся <hr/> Фамилия имя отчество	Этап выполнения графической части ВКР					
	%	подпись	%	подпись	%	подпись
Руководитель ВКР <hr/> Фамилия имя отчество						
Нормоконтроль <hr/> Фамилия имя отчество						

4. Алгоритм выполнения расчетной части ВКР на тему «Технический проект ГТУ с расчетом на переменный режим работы»

4.1 Алгоритм расчета тепловой схемы и выбор параметров

Исходные данные для расчета: давление воздуха перед осевым компрессором P_6 , температура воздуха перед осевым компрессором T_6 , эффективная мощность ГТУ N_e , температура газа перед турбиной высокого давления T_2 , тип схемы, степень регенерации r .

Расчет тепловой схемы выполняется на 1 кг рабочего тела (воздуха) в компрессоре. Потерями теплоты вследствие теплообмена через стенки корпусов турбомашин пренебречь.

Предварительно выбираем шесть значений степени сжатия воздуха в компрессоре π_k . Для регенеративных ГТУ рекомендуется задавать $\pi_k = 3 \div 12$, для ГТУ простого цикла $\pi_k = 10 \div 30$. Расчет сначала проводим для одного выбранного значения степени сжатия π_k .

Комплекс работы сжатия компрессора

$$\bar{H}_\kappa = \pi_\kappa^{\frac{\kappa_\kappa - 1}{\kappa_\kappa}} - 1,$$

где π_κ - степень сжатия воздуха в компрессоре; κ - показатель адиабаты воздуха в компрессоре.

При предварительном расчете принимаем $\kappa = 1,4$.

Удельная работа сжатия в компрессоре

$$H_\kappa = c_{p\kappa} T_g \bar{H}_\kappa \eta_\kappa^{-1}, \text{ кДж/кг.}$$

где $c_{p\kappa}$ - удельная изобарическая теплоемкость при средней температуре процесса сжатия, кДж/(кгК); T_g - температура воздуха перед осевым компрессором, К; \bar{H}_κ - комплекс работы сжатия компрессора; η_κ - коэффициент полезного действия компрессора (выбираем при проектировании).

Принимаем $c_{p\kappa} = 1,005$ кДж/(кгК), $\eta_\kappa = 0,86 \div 0,9$.

Температура воздуха за компрессором

$$T_\kappa = T_g + H_\kappa / c_{p\kappa}, \text{ К.}$$

Суммарная степень расширения в турбинах

$$\pi_{m\Sigma} = \pi_\kappa (1 - \zeta_{mp}),$$

где ζ_{mp} - потери на трение по тракту ГТУ. Для ГТУ простого цикла $\zeta_{mp} \leq 0,05$, для ГТУ с регенерацией теплоты $\zeta_{mp} \leq 0,11$.

Удельная работа расширения продуктов сгорания турбины высокого давления

$$H_{ТВД} = H_\kappa / (v_{ТВД} \eta_{mex}), \text{ кДж/кг.}$$

где $v_{ТВД}$ - коэффициент, учитывающий разницу в расходах турбины и компрессора; η_{mex} - механический коэффициент полезного действия. Для двух и трехвальных ГТУ принимается в пределах 0,96-0,98.

$$v_{ТВД} = (1 - g_{охл} - g_{yt} - g_{мон}),$$

где $g_{охл}$ - расход охлаждающего воздуха, отнесенный к расходу воздуха; $g_{ум}$ - расход воздуха через лабиринтовые уплотнения, отнесенный к расходу воздуха; $g_{мон}$ - расход топлива, отнесенный к расходу воздуха.

При $t_T = 800 \div 900^\circ C$ $q_{ОХ} = 0,035 \div 0,045$, при $t_T = 900 \div 1050^\circ C$ $q_{ОХ} = 0,04 \div 0,06$.
 $g_{ум}$ и $g_{мон}$ находятся в пределах $0,01 \div 0,02$ и в предварительном расчете могут быть приняты равными друг другу.

Температура продуктов сгорания за турбиной высокого давления

$$T_{ТВД} = T_{ГСТ} = T_{ГВД} - H_{ТВД} / c_{pT}, K,$$

где $T_{ГВД}$ - температура продуктов сгорания на входе в ТВД, К; c_{pT} - удельная изобарическая теплоемкость при средней температуре процесса расширения в турбине, кДж/(кгК);

В предварительном расчете принимаем $c_{pT} = 1,15$ кДж/(кгК).

Степень расширения продуктов сгорания в ТВД

$$\pi_{ТВД} = \left[1 - H_{ТВД} / (c_{pТВД} \eta_{ТВД} T_{ГТВД}) \right]^{1/\kappa_T},$$

где κ_T - показатель адиабаты продуктов сгорания в турбине, $\kappa_T = 1,333$; $\eta_{ТВД}$ - коэффициент полезного действия ТВД, $\eta_{ТВД} = 0,89 - 0,92$.

Степень расширения продуктов сгорания в силовой турбине

$$\pi_{СТ} = \pi_{ТГ} / \pi_{ТВД}$$

Удельная работа расширения силовой турбины

$$H_{СТ} = c_{pT} T_{ГСТ} \left(1 - \pi_{СТ}^{1/\kappa_T} \right) \eta_{СТ}, \text{ кДж/кг.}$$

где $T_{ГСТ}$ - температура продуктов сгорания перед силовой турбиной, К; $\eta_{СТ}$ - коэффициент полезного действия СТ, $\eta_{СТ} = 0,89 - 0,92$.

Удельная эффективная работа

$$H_e = H_{СТ} \nu_{СТ} \eta_{мех}, \text{ кДж/кг.}$$

где $\nu_{СТ}$ - коэффициент, учитывающий разницу в расходах.

$$\nu_{СТ} = (1 - g_{охл} - g_{ум} - g_{мон}).$$

Температура продуктов сгорания за СТ

$$T_{CT} = T_{zCT} - H_e / c_{pT}, K.$$

В предварительном расчете $C_{pT} = 1,13 \div 1,17$ кДж/(кгК);

Нагрев воздуха в регенераторе (только для ГТУ с регенерацией)

$$\Delta T_P = (T_{CT} - T_K)r, K.$$

Температура воздуха за регенератором (только для ГТУ с регенерацией)

$$T_P = T_K + (T_T - T_K)r, K.$$

Количество теплоты воздуха, поступающего в камеру сгорания из компрессора (для ГТУ с регенерацией)

$$Q_s = c_{pс} T_P (1 - q_{охл} - q_{ym}), \text{ кДж/кг},$$

где $c_{pс}$ – средняя удельная изобарическая теплоемкость воздуха, определяемая по температуре воздуха за компрессором, кДж/(кгК);

В предварительном расчете $c_{pс} = 1,02 \div 1,04$ кДж/(кгК).

Количество теплоты воздуха, поступающего в камеру сгорания из компрессора (для ГТУ без регенерации)

$$Q_s = c_{pс} T_K (1 - q_{охл} - q_{ym}), \text{ кДж/кг},$$

где $c_{pс}$ – средняя удельная изобарическая теплоемкость воздуха, определяемая по температуре воздуха за компрессором, кДж/(кгК);

В предварительном расчете $c_{pс} = 1,02 \div 1,04$ кДж/(кгК).

Количество теплоты, подведенное к продуктам сгорания в камере сгорания

$$Q_{kc} = c_{pkc} T_T (1 - q_{охл}) / \eta_{kc} - Q_s, \text{ кДж/кг},$$

где c_{pkc} – средняя удельная теплоемкость продуктов сгорания, определяемая по температуре за компрессором, кДж/(кгК); η_{kc} – коэффициент полезного действия камеры сгорания, учитывающий химический недожог топлива;

В предварительном расчете $c_{pkc} = 1,08 \div 1,12$ кДж/(кгК) и $\eta_{kc} = 0,98 \div 0,995$.

Эффективный КПД

$$\eta_e = H_e / Q_{kc}$$

Аналогично производится расчет для всех выбранных степеней сжатия. Результаты расчета сводятся в таблицу (см. табл.5.)

Таблица 5-Расчет тепловой схемы и выбор параметров

№ n/n	Обоз- начение	Размер- ность	π_K					
			6	7	8	9	10	11
1	\bar{H}_K	-						
2	H_K	кДж/кг						
3	T_K	К						
4	$\pi_{T\Sigma}$	-						
5	$H_{TВД}$	кДж/кг						
6	$T_{ВД}$	К						
7	$\pi_{TВД}$	-						
8	$\pi_{СТ}$	-						
9	$H_{СТ}$	кДж/кг						
10	H_e	кДж/кг						
11	$T_{СТ}$	К						
12	Q_e	кДж/кг						
13	$Q_{КС}$	кДж/кг						
14	η	-						

По данным, полученным при расчете, строим зависимости $H_e = f(\pi_K)$,
 $\eta_e = f(\pi_K)$

На основе полученных данных выбираем оптимальную степень сжатия π_{K_0} .

Для ГТУ с регенератором это значение находится в области максимальных значений H_e и η_e , потому что это обеспечивает экономичную работу ГТУ при наименьших размерах. Для ГТУ простого цикла оптимальную степень сжатия рекомендуется выбрать между максимумами $H_e = f(\pi_K)$ и $\eta_e = f(\pi_K)$.

4.2 Алгоритм теплового расчета ГТУ на номинальный режим работы

Исходные данные: давление воздуха перед осевым компрессором P_6 , температура воздуха перед осевым компрессором T_6 , эффективная мощность ГТУ N_e , температура газа перед турбиной высокого давления T_2 , тип схемы, степень регенерации r , оптимальная степень сжатия в компрессоре.

Расчет производим для оптимальной степени сжатия π_{K_0} , выбранной при проектировании.

Удельная работа сжатия воздуха в компрессоре

$$H_K = c_{pK} T_6 \left(\pi_{K_0}^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right) \eta_K^{-1}, \text{ кДж/кг.}$$

Температура воздуха за компрессором

$$T_K = T_6 + \frac{H_K}{c_{pK}}, \text{ К.}$$

Средняя температура процесса сжатия воздуха в компрессоре

$$T_{cp} = \frac{T_6 + T_K}{2}, \text{ К.}$$

Уточняем теплофизические свойства воздуха при средней температуре процесса сжатия по графику «Истинная удельная теплоемкость для продуктов сгорания углеводородного топлива» и «Истинный показатель адиабаты» (см. рис.П.1 и рис.П.2). Уточненным величинам присваиваем индекс «'». При T_{cp} и $\alpha = \infty$ находим значение c'_{pK} κ' .

Уточненное значение удельной работы сжатия компрессора

$$H_K = c'_{pK} T_6 \left(\pi_{K_0}^{\frac{\kappa'-1}{\kappa'}} - 1 \right) \eta_K^{-1}, \text{ кДж/кг.}$$

Уточненное значение температуры воздуха за компрессором

$$T_K' = T_6 + \frac{H_K'}{c'_{pK}}, \text{ К.}$$

Уточненное значение средней температуры процесса сжатия воздуха в компрессоре

$$T_{cp}' = \frac{T_{\epsilon} + T_{K}'}{2}, K.$$

Если уточненная средняя температура отличается от рассчитанной ранее не более, чем на 3 %, дальнейшее уточнение теплофизических параметров воздуха не требуется. Если разница между T_{cp}' и T_{cp} составляет более 3 %, то уточняем теплофизические свойства воздуха при T_{cp}' и повторяем расчет.

Коэффициент избытка воздуха для продуктов сгорания

$$\alpha = \frac{3000 - 0,367T_{\zeta}}{T_{\zeta} - T_{\epsilon}}$$

Суммарная степень расширения продуктов сгорания в турбинах

$$\pi_{T\zeta} = \pi_{Ko} (1 - \zeta_{mp})$$

Удельная работа расширения продуктов сгорания ТВД

$$H_{ТВД} = \frac{H_{K}'}{v_{ТВД} \eta_{мех}}, \text{кДж/кг}.$$

Температура продуктов сгорания за турбиной высокого давления

$$T_{ТВД} = T_{ГВД} - \frac{H_{ТВД}}{c_{pТВД}}, K.$$

Средняя температура процесса расширения в ТВД

$$T_{cpT} = \frac{T_{ГВД} + T_{ТВД}}{2}, K.$$

Уточняем теплофизические свойства продуктов сгорания $c'_{pT_{вд}}$ и $\kappa_{ТВД}'$ при средней температуре процесса расширения T_{cpT} и коэффициенте избытка воздуха α (см. рис.П.1 и рис. П.2)

Уточненная температура продуктов сгорания за турбиной высокого давления

$$T_{ТВД}' = T_{ГВД} - H_{ТВД} / c_{pT_{вд}}', K.$$

Уточненное значение средней температуры процесса расширения в турбине высокого давления

$$T_{срГ} = \frac{T_{ГВД} + T_{ТВД}'}{2}, \text{ К.}$$

Если уточненная средняя температура отличается от рассчитанной ранее не более, чем на 3 %, дальнейшее уточнение теплофизических параметров воздуха не требуется. Если разница между $T_{срГ}'$ и $T_{срГ}$ составляет более 3 %, то уточняем теплофизические свойства продуктов сгорания при $T_{срГ}'$ и повторяем расчет.

Степень расширения продуктов сгорания в турбине высокого давления

$$\pi_{ТВД}' = \left(1 - \frac{H_{ТВД}}{c_{рТВД}' T_{ГВД} \eta_{ТВД}} \right)^{\frac{\kappa_{ТВД}'}{1-\kappa_{ТВД}'}}$$

Степень расширения продуктов сгорания в силовой турбине

$$\pi_{СТ} = \pi_{ТС}' / \pi_{ТВД}'$$

Определяем теплофизические свойства $c_{рСТ}$ и $\kappa_{СТ}$ при начальной температуре продуктов сгорания в силовой турбине. Изменением величины коэффициента избытка воздуха вследствие подмешивания в проточную часть охлаждающего воздуха пренебрегаем (см. рис.П.1 и рис.П.2)

Определяем работу расширения силовой турбины

$$H_{СТ} = c_{рСТ} T_{ГСТ} (1 - \pi_{СТ}^{\frac{1-\kappa_{СТ}}{\kappa_{СТ}}}) \eta_{СТ}, \text{ кДж/кг.}$$

Температура продуктов сгорания за СТ

$$T_{СТ} = T_{ГСТ} - H_{СТ} / c_{рСТ}, \text{ К.}$$

Средняя температура процесса расширения продуктов сгорания в силовой турбине

$$T_{срСТ} = \frac{T_{ГСТ} + T_{СТ}}{2}, \text{ К.}$$

Определяем теплофизические свойства продуктов сгорания при средней температуре расширения в силовой турбине $T_{срСТ}$ и α . Получаю $c_{рСТ}'$ $\kappa_{СТ}'$.

Уточняем значение работы расширения силовой турбины

$$H_{СТ}' = c_{рСТ}' T_{ГСТ} (1 - \pi_{СТ}^{\frac{1-\kappa_{СТ}'}{\kappa_{СТ}'}}) \eta_{СТ}, \text{ кДж/кг.}$$

Уточняю значение температуры продуктов сгорания за силовой турбиной

$$T_{CT}' = T_{ГСТ} - H_{CT}' / c_{pCT}', \text{ К.}$$

Уточненное значение средней температуры процесса расширения продуктов сгорания в СТ

$$T_{CTcp} = \frac{T_{ГСТ} + T_{CT}'}{2}, \text{ К.}$$

Если уточненная средняя температура отличается от рассчитанной ранее не более, чем на 3 %, дальнейшее уточнение теплофизических параметров воздуха не требуется. Если разница между T_{CTcp}' и T_{CTcp} составляет более 3 %, то уточняем теплофизические свойства продуктов сгорания при T_{CTcp}' и повторяем расчет.

Удельная полезная работа газотурбинной установки

$$H_e' = H_{CT}' v_{CT} \eta_{мех}, \text{ кДж / кг.}$$

Определяем нагрев воздуха в регенераторе (только для ГТУ с регенерацией)

$$\Delta T_p = r(T_{CT}' - T_K'), \text{ К.}$$

Температура воздуха на выходе из регенератора или на входе в камеру сгорания для ГТУ с регенерацией

$$T_p = T_K' + \Delta T_p, \text{ К.}$$

Температура воздуха на выходе из регенератора или на входе в камеру сгорания для ГТУ без регенерации

$$T_p = T_K' \text{ К.}$$

Уточняем теплофизические свойства воздуха за компрессором c_{pm} при температуре T_k' и $\alpha = \infty$ по диаграмме средней удельной теплоемкости для продуктов сгорания углеводородного топлива (см.рис.П.3).

Уточненное количество теплоты воздуха, поступающего в камеру сгорания

$$Q'_e = c_{pm} T_p (1 - q_{охл} - q_{ym}) \text{ кДж/кг}$$

Уточняем теплофизические свойства продуктов сгорания $c_{p_{кс}}$ в процессе подвода теплоты в камеру сгорания при $T_{ГВД}$ и α (см. рис.П.3)

Уточненное количество теплоты, подведенное в камеру сгорания

$$Q'_{кс} = c_{p_{кс}} T_{ГВД} (1 - q_{охл}) / \eta_{кс} - Q'_e, \text{ кДж.}$$

Уточненный эффективный КПД газотурбинной установки

$$\eta'_e = H'_e / Q'_{кс}.$$

Расход воздуха в цикле, обеспечивающий номинальную мощность

$$G'_e = \frac{N_e}{H'_e}, \text{ кг/с.}$$

Расход рабочего тела для турбины высокого давления

$$G_{ГВД} = G'_e / v_{ГВД}, \text{ кг/с.}$$

Расход рабочего тела для силовой турбины

$$G_{СТ} = G'_e / v_{СТ}, \text{ кг/с.}$$

4.3 Алгоритм теплового расчета ГТУ на переменный режим работы

Исходные данные: параметры, полученные в результате расчета ГТУ на номинальный режим работы.

Расчет производим для шести значений степени расширения в турбине: номинального, на 20% и 40% больше номинального, на 20% и 40% меньше номинального. Параметрам номинального режима присваиваем индекс «0».

Расчет производим, используя уравнения Стодолы-Флюгеля

$$\bar{G} \sqrt{\bar{T}_T} = \sqrt{\frac{\pi_T^2 - 1}{\pi_{T0}^2 - 1}}.$$

Найдем постоянную величину А с точностью до пяти знаков

$$A = \frac{1 - \pi_{ТВД0}^{-2}}{1 - \pi_{T0}^{-2}}.$$

Определяем комплекс

$$\bar{G}\sqrt{T_\Gamma} = \sqrt{\frac{\pi_T^2 - 1}{\pi_{T0}^2 - 1}}.$$

Степень расширения продуктов сгорания в турбине высокого давления

$$\pi_{ТВД} = \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{A(\pi_T^2 - 1)}{\pi_T^2}}}.$$

Степень расширения продуктов сгорания в силовой турбине

$$\pi_{СТ} = \frac{\pi_T}{\pi_{ТВД}}.$$

Степень повышения давления в компрессоре

$$\pi_K = \frac{\pi_T}{(1 - \zeta_{mp})}.$$

Относительная степень повышения давления

$$\bar{\pi}_K = \pi_K / \pi_{K0}.$$

Удельная работа, затрачиваемая на сжатие воздуха в компрессоре

$$H_K = c_{pK} T_B \left(\pi_K^{\frac{K-1}{K}} - 1 \right) \eta_K^{-1}, \text{ кДж/кг.}$$

Температура воздуха за компрессором

$$T_K = T_6 + \frac{H_K}{c_{pK}}, \text{ К.}$$

Удельная работа расширения турбины высокого давления

$$H_{ТВД} = \frac{H_K}{\nu_{ВД} \eta_{Mex}}, \text{ кДж/кг.}$$

Температура продуктов сгорания перед турбиной высокого давления

$$T_{\GammaВД} = \frac{H_{ТВД}}{c_{pTВД} \eta_{ТВД} \left(1 - \pi_{ТВД}^{\frac{1-K}{K}} \right)}, \text{ К.}$$

Относительная температура продуктов сгорания перед турбиной высокого давления

$$\bar{T}_{\Gamma_{ВД}} = T_{\Gamma_{ВД}} / T_{\Gamma_{ВД0}} .$$

Относительный расход воздуха через компрессор

$$\bar{G} = \frac{\sqrt{\frac{\pi_T^2 - 1}{\pi_{T0}^2 - 1}}}{\sqrt{T_{\Gamma_{ВД}}}} .$$

Температура продуктов сгорания перед силовой турбиной

$$T_{\Gamma_{СТ}} = T_{\Gamma_{ВД}} - \frac{H_{ТВД}}{c_{P\Gamma_{ВД}}}, \text{ К.}$$

Удельная работа расширения продуктов сгорания в силовой турбине

$$H_{СТ} = c_{pCT} T_{\Gamma_{СТ}} \left(1 - \pi_{СТ}^{\frac{K-1}{K}} \right) \eta_{СТ}, \text{ кДж/кг.}$$

Удельная эффективная работа газотурбинной установки

$$H_e = H_{СТ} \nu_{СТ} \eta_{мех}, \text{ кДж/кг.}$$

Относительная удельная эффективная работа ГТУ

$$\bar{H}_e = H_e / H_{e0} .$$

Относительная эффективная мощность ГТУ

$$\bar{N}_e = \bar{G} \bar{H}_e .$$

Температура продуктов сгорания за турбиной

$$T_{СТ} = T_{\Gamma_{СТ}} - H_{СТ} / c_{P_{СТ}}, \text{ К.}$$

Нагрев воздуха в регенераторе

$$\Delta T_P = (T_{СТ} - T_K) r, \text{ К.}$$

Температура воздуха за регенератором

$$T_P = T_K + \Delta T_P, \text{ К.}$$

Количество теплоты, подведенное к воздуху в регенераторе

$$Q_s = c_{pm} T_P (1 - q_{охл} - q_{ум}), \text{ кДж/кг}$$

Количество теплоты, подведенное в камере сгорания к продуктам сгорания

$$Q_{кс} = c_{P_{КС}} T_{\Gamma_{ВД}} (1 - q_{охл}) / \eta_{кс} - Q_s, \text{ кДж.}$$

Уточненный эффективный КПД газотурбинной установки

$$\eta_e = H_e / Q_{КС}$$

Аналогично производится расчет для остальных режимов. Расчет сводится в таблицу (см. табл.6)

Таблица 6-Расчет ГТД на режим переменной мощности при постоянной температуре воздуха перед компрессором ($\bar{N}_e = \text{var}$, $\bar{T}_s = 1,0$)

№ п/п	Обоз- начение	Размер- ность	Режим				
			1	2	3	4	5
1	π_T	-					
2	$\bar{G}\sqrt{\bar{T}_T}$	-					
3	$\pi_{ТВД}$	-					
4	$\pi_{СТ}$	-					
5	π_K	-					
6	$\bar{\pi}_K$	-					
7	H_K	кДж/кг					
8	T_K	К					
9	$H_{ТВД}$	кДж/кг					
10	$T_{ГВД}$	К					
11	$\bar{T}_{ГВД}$	-					
12	\bar{G}	-					
13	$T_{ГСТ}$	К					
14	$H_{СТ}$	кДж/кг					
15	H_e	кДж/кг					
16	\bar{H}_e	-					
17	\bar{N}_e	-					
18	$T_{СТ}$	К					
19	ΔT_p	К					
20	T_p	К					

21	Q_e	кДж/кг					
22	$Q_{кс}$	кДж/кг					
23	η_e						

После выполнения расчета по данным таблицы строим зависимость определяющих параметров ГТУ от относительной эффективной мощности $\bar{G}, \pi_{к}, \bar{T}_Г, \eta_e = f(\bar{N}_e)$ и зависимость степени расширения турбины высокого давления и силовой турбины от общей степени расширения турбин $\pi_{ТВД}, \pi_{СТ} = f(\pi_T)$.

5. Алгоритм выполнения расчетной части ВКР на тему «Технический проект модернизации газотурбинной установки путем внедрения регенерации»

5.1 Алгоритм расчета тепловой схемы и выбор параметров цикла без регенерации теплоты уходящих газов

Исходные данные для расчета: давление воздуха перед осевым компрессором P_e , температура воздуха перед осевым компрессором T_e , эффективная мощность ГТУ N_e , температура газа перед турбиной высокого давления T_2 , тип схемы.

Расчет тепловой схемы выполняется на 1 кг рабочего тела (воздуха) в компрессоре. Потерями теплоты вследствие теплообмена через стенки корпусов турбомашин пренебречь.

Предварительно выбираем шесть значений степени сжатия воздуха в компрессоре π_k . Для ГТУ простого цикла $\pi_k = 10 \div 30$. Расчет сначала проводим для одного выбранного значения степени сжатия π_k .

Комплекс работы сжатия компрессора

$$\bar{H}_k = \pi_k^{\frac{\kappa_k - 1}{\kappa_k}} - 1,$$

где π_κ - степень сжатия воздуха в компрессоре; κ - показатель адиабаты воздуха в компрессоре.

При предварительном расчете принимаем $\kappa = 1,4$.

Удельная работа сжатия в компрессоре

$$H_\kappa = c_{p\kappa} T_\theta \bar{N}_\kappa \eta_\kappa^{-1}, \text{ кДж/кг.}$$

где $c_{p\kappa}$ - удельная изобарическая теплоемкость при средней температуре процесса сжатия, кДж/(кгК); T_θ - температура воздуха перед осевым компрессором, К; \bar{N}_κ - комплекс работы сжатия компрессора; η_κ - коэффициент полезного действия компрессора (выбираем при проектировании).

Принимаем $c_{p\kappa} = 1,005$ кДж/(кгК), $\eta_\kappa = 0,86 \div 0,9$.

Температура воздуха за компрессором

$$T_\kappa = T_\theta + H_\kappa / c_{p\kappa}, \text{ К.}$$

Суммарная степень расширения в турбинах

$$\pi_{m\Sigma} = \pi_\kappa (1 - \zeta_{mp}),$$

где ζ_{mp} - потери на трение по тракту ГТУ. Для ГТУ простого цикла $\zeta_{mp} \leq 0,05$.

Удельная работа расширения продуктов сгорания турбины высокого давления

$$H_{ТВД} = H_\kappa / (v_{ТВД} \eta_{мех}), \text{ кДж/кг.}$$

где $v_{ТВД}$ - коэффициент, учитывающий разницу в расходах турбины и компрессора; $\eta_{мех}$ - механический коэффициент полезного действия. Для двух и трехвальных ГТУ принимается в пределах 0,96-0,98.

$$v_{ТВД} = 1 - q_{охл} - q_{ут} + q_{топ},$$

где $q_{охл}$ - расход охлаждающего воздуха, отнесенный к расходу воздуха; $q_{ут}$ - расход воздуха через лабиринтовые уплотнения, отнесенный к расходу воздуха; $q_{топ}$ - расход топлива, отнесенный к расходу воздуха.

При $t_T = 800 \div 900^\circ\text{C}$ $q_{OX} = 0,035 \div 0,045$, при $t_T = 900 \div 1050^\circ\text{C}$ $q_{OX} = 0,04 \div 0,06$.
 g_{ym} и g_{mon} находятся в пределах $0,01 \div 0,02$ и в предварительном расчете могут быть приняты равными друг другу.

Температура продуктов сгорания за турбиной высокого давления

$$T_{ТВД} = T_{ГСТ} = T_{ГВД} - H_{ТВД} / c_{pT}, \text{ К},$$

где $T_{ГВД}$ - температура продуктов сгорания на входе в ТВД, К; c_{pT} - удельная изобарическая теплоемкость при средней температуре процесса расширения в турбине, кДж/(кгК);

В предварительном расчете принимаем $c_{pT} = 1,15$ кДж/(кгК).

Степень расширения продуктов сгорания в ТВД

$$\pi_{ТВД} = \left[1 - H_{ТВД} / (c_{pТВД} \eta_{ТВД} T_{ГТВД}) \right]^{\frac{\kappa_T}{1-\kappa_T}},$$

где κ_T - показатель адиабаты продуктов сгорания в турбине, $\kappa_T = 1,333$;
 $\eta_{ТВД}$ - коэффициент полезного действия ТВД, $\eta_{ТВД} = 0,89 - 0,92$.

Степень расширения продуктов сгорания в силовой турбине

$$\pi_{СТ} = \pi_{ГТ} / \pi_{ТВД}$$

Удельная работа расширения силовой турбины

$$H_{СТ} = c_{pT} T_{ГСТ} \left(1 - \pi_{СТ}^{\frac{1-\kappa_T}{\kappa_T}} \right) \eta_{СТ}, \text{ кДж/кг}.$$

где $T_{ГСТ}$ - температура продуктов сгорания перед силовой турбиной, К;
 $\eta_{СТ}$ - коэффициент полезного действия СТ, $\eta_{СТ} = 0,89 - 0,92$.

Удельная эффективная работа

$$H_e = H_{СТ} \nu_{СТ} \eta_{мех}, \text{ кДж/кг}.$$

где $\nu_{СТ}$ - коэффициент, учитывающий разницу в расходах.

$$\nu_{ТВД} = 1 - q_{охл} - q_{ут} + q_{топ}$$

Температура продуктов сгорания за СТ

$$T_{СТ} = T_{z_{СТ}} - H_e / c_{pT}, \text{ К}.$$

В предварительном расчете $c_{pT} = 1,13 \div 1,17$ кДж/(кгК);

Количество теплоты воздуха, поступающего в камеру сгорания из компрессора

$$Q_6 = c_{p6} T_K (1 - q_{охл} - q_{ym}), \text{ кДж/кг},$$

где c_{p6} – средняя удельная изобарическая теплоемкость воздуха, определяемая по температуре воздуха за компрессором, кДж/(кгК);

В предварительном расчете $c_{p6} = 1,02 \div 1,04 \text{ кДж/(кгК)}$.

Количество теплоты воздуха, поступающего в камеру сгорания из компрессора

$$Q_6 = c_{p6} T_K (1 - q_{охл} - q_{ym}), \text{ кДж/кг},$$

где c_{p6} – средняя удельная изобарическая теплоемкость воздуха, определяемая по температуре воздуха за компрессором, кДж/(кгК);

В предварительном расчете $c_{p6} = 1,02 \div 1,04 \text{ кДж/(кгК)}$.

Количество теплоты, подведенное к продуктам сгорания в камере сгорания

$$Q_{кc} = c_{pкc} T_{Г} (1 - q_{охл}) / \eta_{кc} - Q_6, \text{ кДж/кг},$$

где $c_{pкc}$ – средняя удельная теплоемкость продуктов сгорания, определяемая по температуре за компрессором, кДж/(кгК); $\eta_{кc}$ – коэффициент полезного действия камеры сгорания, учитывающий химический недожог топлива;

В предварительном расчете $c_{pкc} = 1,08 \div 1,12 \text{ кДж/(кгК)}$ и $\eta_{кc} = 0,98 \div 0,995$.

Эффективный КПД

$$\eta_e = H_e / Q_{кc}$$

Аналогично производится расчет для всех выбранных степеней сжатия. Результаты расчета сводятся в таблицу (см. табл.7.)

Таблица 7-*Расчет тепловой схемы и выбор параметров цикла без регенерации теплоты уходящих газов*

№ n/n	Обоз- ачение	Размер- ность	π_K					
1	\bar{H}_K	-						
2	H_K	кДж/кг						
3	T_K	К						
4	$\pi_{T\Sigma}$	-						
5	$H_{TВД}$	кДж/кг						
6	$T_{ВД}$	К						
7	$\pi_{TВД}$	-						
8	$\pi_{СТ}$	-						
9	$H_{СТ}$	кДж/кг						
10	H_e	кДж/кг						
11	$T_{СТ}$	К						
12	Q_v	кДж/кг						
13	$Q_{КС}$	кДж/кг						
14	η	-						

По данным, полученным при расчете, строим зависимости $H_e = f(\pi_K)$, $\eta_e = f(\pi_K)$

На основе полученных данных выбираем оптимальную степень сжатия π_{K_0} . Для ГТУ простого цикла оптимальную степень сжатия рекомендуется выбирать между максимумами $H_e = f(\pi_K)$ и $\eta_e = f(\pi_K)$.

5.2 Алгоритм расчета тепловой схемы и выбор параметров цикла с регенерацией теплоты уходящих газов

В цикле с регенерацией определим нагрев воздуха в регенераторе

$$\Delta T_P = (T_{CT} - T_K)r, K.$$

Температура воздуха за регенератором

$$T_P = T_K + (T_T - T_K)r, K.$$

Количество теплоты воздуха, поступающего в камеру сгорания из компрессора (для ГТУ с регенерацией)

$$Q_v = c_{p6} T_P (1 - q_{охл} - q_{ym}), \text{ кДж/кг},$$

где $c_{p\phi}$ – средняя удельная изобарическая теплоемкость воздуха, определяемая по температуре воздуха за компрессором, кДж/(кгК);

В предварительном расчете $c_{p\phi} = 1,02 \div 1,04 \text{ кДж / (кгК)}$.

Количество теплоты воздуха, поступающего в камеру сгорания из компрессора (для ГТУ без регенерации)

$$Q_{\phi} = c_{p\phi} T_K (1 - q_{охл} - q_{ym}), \text{ кДж / кг},$$

где $c_{p\phi}$ – средняя удельная изобарическая теплоемкость воздуха, определяемая по температуре воздуха за компрессором, кДж/(кгК);

В предварительном расчете $c_{p\phi} = 1,02 \div 1,04 \text{ кДж / (кгК)}$.

Количество теплоты, подведенное к продуктам сгорания в камере сгорания

$$Q_{\kappa} = c_{p\kappa} T_{\Gamma} (1 - q_{охл}) / \eta_{\kappa} - Q_{\phi}, \text{ кДж / кг},$$

где $c_{p\kappa}$ – средняя удельная теплоемкость продуктов сгорания, определяемая по температуре за компрессором, кДж/(кгК); η_{κ} – коэффициент полезного действия камеры сгорания, учитывающий химический недожог топлива;

В предварительном расчете $c_{p\kappa} = 1,08 \div 1,12 \text{ кДж / (кгК)}$ и $\eta_{\kappa} = 0,98 \div 0,995$.

Эффективный КПД

$$\eta_e = H_e / Q_{\kappa}$$

Аналогично производится расчет для всех выбранных степеней сжатия. Результаты расчета сводятся в таблицу (см. табл.8.)

Таблица 8-Расчет тепловой схемы и выбор параметров цикла с регенерацией теплоты уходящих газов

№ п/п	Обоз- начение	Размер- ность	π_{κ}					
	Q_{ϕ}	кДж/кг						
	Q_{κ}	кДж/кг						
	η	-						

По данным, полученным при расчете, строим зависимости $H_e = f(\pi_K)$, $\eta_e = f(\pi_K)$

На основе полученных данных выбираем оптимальную степень сжатия π_{K_0} . Для ГТУ с регенератором это значение находится в области максимальных значений H_e и η_e , потому что это обеспечивает экономичную работу ГТУ при наименьших размерах.

По результатам расчета цикла с регенерацией теплоты уходящих газов и без регенерации теплоты необходимо провести сравнительный анализ полученных параметров.

5.3 Алгоритм теплового расчета ГТУ на номинальный режим работы (с регенерацией теплоты)

Исходные данные: давление воздуха перед осевым компрессором P_6 , температура воздуха перед осевым компрессором T_6 , эффективная мощность ГТУ N_e , температура газа перед турбиной высокого давления T_2 , тип схемы, степень регенерации r , оптимальная степень сжатия в компрессоре.

Расчет производим для оптимальной степени сжатия π_{K_0} , выбранной при проектировании.

Удельная работа сжатия воздуха в компрессоре

$$H_K = c_{pK} T_6 \left(\pi_{K_0}^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right) \eta_K^{-1}, \text{ кДж/кг.}$$

Температура воздуха за компрессором

$$T_K = T_6 + \frac{H_K}{c_{pK}}, \text{ K.}$$

Средняя температура процесса сжатия воздуха в компрессоре

$$T_{cp} = \frac{T_6 + T_K}{2}, \text{ K.}$$

Уточняем теплофизические свойства воздуха при средней температуре процесса сжатия по графику «Истинная удельная теплоемкость для продуктов сгорания углеводородного топлива» и «Истинный показатель

адиабаты» (см. рис.П.1 и рис.П.2). Уточненным величинам присваиваем индекс «'». При T_{cp} и $\alpha = \infty$ находим значение c'_{pK} κ' .

Уточненное значение удельной работы сжатия компрессора

$$H_K = c_{pK}' T_6 \left(\pi_{K_0}^{\frac{\kappa'-1}{\kappa'}} - 1 \right) \eta_K^{-1}, \text{ кДж / кг.}$$

Уточненное значение температуры воздуха за компрессором

$$T_K' = T_6 + \frac{H_K'}{c_{pK}'}, \text{ К.}$$

Уточненное значение средней температуры процесса сжатия воздуха в компрессоре

$$T_{cp}' = \frac{T_6 + T_K'}{2}, \text{ К.}$$

Если уточненная средняя температура отличается от рассчитанной ранее не более, чем на 3 %, дальнейшее уточнение теплофизических параметров воздуха не требуется. Если разница между T_{cp}' и T_{cp} составляет более 3 %, то уточняем теплофизические свойства воздуха при T_{cp}' и повторяем расчет.

Коэффициент избытка воздуха для продуктов сгорания

$$\alpha = \frac{3000 - 0,367T_2}{T_2 - T_6}$$

Суммарная степень расширения продуктов сгорания в турбинах

$$\pi_{T\Sigma} = \pi_{K_0} (1 - \zeta_{mp})$$

Удельная работа расширения продуктов сгорания ТВД

$$H_{ТВД} = \frac{H_K'}{v_{ТВД} \eta_{Mex}}, \text{ кДж / кг.}$$

Температура продуктов сгорания за турбиной высокого давления

$$T_{ТВД} = T_{ГВД} - \frac{H_{ТВД}}{c_{pТВД}}, \text{ К.}$$

Средняя температура процесса расширения в ТВД

$$T_{cpT} = \frac{T_{ГВД} + T_{ТВД}}{2}, K.$$

Уточняем теплофизические свойства продуктов сгорания $c'_{pT_{ВД}}$ и $\kappa_{ТВД}'$ при средней температуре процесса расширения T_{cpT} и коэффициенте избытка воздуха α (см. рис.П.1 и рис. П.2)

Уточненная температура продуктов сгорания за турбиной высокого давления

$$T_{ТВД}' = T_{ГВД} - H_{ТВД} / c_{pT_{ВД}}', K.$$

Уточненное значение средней температуры процесса расширения в турбине высокого давления

$$T_{cpT}' = \frac{T_{ГВД} + T_{ТВД}'}{2}, K.$$

Если уточненная средняя температура отличается от рассчитанной ранее не более, чем на 3 %, дальнейшее уточнение теплофизических параметров воздуха не требуется. Если разница между T_{cpT}' и T_{cpT} составляет более 3 %, то уточняем теплофизические свойства продуктов сгорания при T_{cpT}' и повторяем расчет.

Степень расширения продуктов сгорания в турбине высокого давления

$$\pi_{ТВД}' = \left(1 - \frac{H_{ТВД}}{c_{pT_{ВД}}' T_{ГВД} \eta_{ТВД}} \right)^{\frac{\kappa_{ТВД}'}{1 - \kappa_{ТВД}'}}$$

Степень расширения продуктов сгорания в силовой турбине

$$\pi_{СТ} = \pi_{ГТ}' / \pi_{ТВД}'$$

Определяем теплофизические свойства $c_{pT_{СТ}}$ и $\kappa_{СТ}$ при начальной температуре продуктов сгорания в силовой турбине. Изменением величины коэффициента избытка воздуха вследствие подмешивания в проточную часть охлаждающего воздуха пренебрегаем (см. рис.П.1 и рис.П.2)

Определяем работу расширения силовой турбины

$$H_{CT} = c_{pCT} T_{ГСТ} \left(1 - \pi_{CT}^{\frac{1-\kappa_{CT}}{\kappa_{CT}}}\right) \eta_{CT}, \text{ кДж / кг.}$$

Температура продуктов сгорания за СТ

$$T_{CT} = T_{ГСТ} - H_{CT} / c_{pCT}, \text{ К.}$$

Средняя температура процесса расширения продуктов сгорания в силовой турбине

$$T_{CTcp} = \frac{T_{ГСТ} + T_{CT}}{2}, \text{ К.}$$

Определяем теплофизические свойства продуктов сгорания при средней температуре расширения в силовой турбине T_{CTcp} и α . Получаю c_{pCT}' , κ_{CT}' .

Уточняем значение работы расширения силовой турбины

$$H_{CT}' = c_{pCT}' T_{ГСТ} \left(1 - \pi_{CT}^{\frac{1-\kappa_{CT}'}{\kappa_{CT}'}}\right) \eta_{CT}, \text{ кДж / кг.}$$

Уточняю значение температуры продуктов сгорания за силовой турбиной

$$T_{CT}' = T_{ГСТ} - H_{CT}' / c_{pCT}', \text{ К.}$$

Уточненное значение средней температуры процесса расширения продуктов сгорания в СТ

$$T_{CTcp}' = \frac{T_{ГСТ} + T_{CT}'}{2}, \text{ К.}$$

Если уточненная средняя температура отличается от рассчитанной ранее не более, чем на 3 %, дальнейшее уточнение теплофизических параметров воздуха не требуется. Если разница между T_{CTcp}' и T_{CTcp} составляет более 3 %, то уточняем теплофизические свойства продуктов сгорания при T_{CTcp}' и повторяем расчет.

Удельная полезная работа газотурбинной установки

$$H_e' = H_{CT}' v_{CT} \eta_{мех}, \text{ кДж / кг.}$$

Определяем нагрев воздуха в регенераторе (только для ГТУ с регенерацией)

$$\Delta T_P = r(T'_{CT} - T'_K), \text{ К.}$$

Температура воздуха на выходе из регенератора или на входе в камеру сгорания для ГТУ с регенерацией

$$T_P = T'_K + \Delta T_P, \text{ К.}$$

Температура воздуха на выходе из регенератора или на входе в камеру сгорания для ГТУ без регенерации

$$T_P = T'_K \text{ К.}$$

Уточняем теплофизические свойства воздуха за компрессором c_{pm} при температуре T'_k и $\alpha = \infty$ по диаграмме средней удельной теплоемкости для продуктов сгорания углеводородного топлива (см.рис.П.3).

Уточненное количество теплоты воздуха, поступающего в камеру сгорания

$$Q'_s = c_{pm} T_P (1 - q_{охл} - q_{ym}) \text{ кДж/кг}$$

Уточняем теплофизические свойства продуктов сгорания $c_{p_{кс}}$ в процессе подвода теплоты в камеру сгорания при $T_{ГВД}$ и α (см. рис.П.3)

Уточненное количество теплоты, подведенное в камеру сгорания

$$Q'_{кс} = c_{p_{кс}} T_{ГВД} (1 - q_{охл}) / \eta_{кс} - Q'_s, \text{ кДж.}$$

Уточненный эффективный КПД газотурбинной установки

$$\eta'_e = H'_e / Q'_{кс}.$$

Расход воздуха в цикле, обеспечивающий номинальную мощность

$$G_g = \frac{N_e}{H_e}, \text{ кг/с.}$$

Расход рабочего тела для турбины высокого давления

$$G_{ТВД} = G_g / \nu_{ТВД}, \text{ кг/с.}$$

Расход рабочего тела для силовой турбины

$$G_{СТ} = G_g / \nu_{СТ}, \text{ кг/с.}$$

Министерство образования и молодежной политики Свердловской области

ГАПОУ СО «Краснотурьинский индустриальный колледж»

ПРОТОКОЛ №__

заседания государственной экзаменационной комиссии

государственной итоговой аттестации в виде выпускной квалификационной работы

« ____ » _____ 20__ г.

Специальность 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование (углубленная подготовка)

Курс 5

группа _____

Присутствуют:
Председатель ГЭК (ФИО)

Члены ГЭК (ФИО)

(ФИО)

(ФИО)

Секретарь ГЭК (ФИО)

1. ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА _____ (ФИО)

СЛУШАЛИ:

а) сообщение о выполнении выпускной квалификационной работы на тему: _____

б) рецензию на выпускную квалификационную работу рецензента _____ с оценкой _____ (ФИО)

в) отзыв руководителя выпускной квалификационной работы _____ с оценкой _____
(ФИО)

Вопросы, заданные на заседании

1. _____
2. _____

ПОСТАНОВИЛИ:

На основании результатов защиты, рецензии и отзыва руководителя выпускной квалификационной работы считать работу выполненной с оценкой

Председатель государственной
экзаменационной комиссии

_____/_____
подпись (ФИО)

Члены государственной
экзаменационной комиссии

_____/_____
подпись (ФИО)

_____/_____
подпись (ФИО)

_____/_____
подпись (ФИО)

Секретарь государственной
экзаменационной комиссии

_____/_____
подпись (ФИО)

Министерство образования и молодежной политики Свердловской области

ГАПОУ СО «Краснотурьинский индустриальный колледж»

ПРОТОКОЛ №__

заседания государственной экзаменационной комиссии

государственной итоговой аттестации в виде выпускной квалификационной работы

« ____ » _____ 20__ г.

Специальность 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование (базовая подготовка)

Курс 4

группа _____

Присутствуют:
Председатель ГЭК (ФИО)

Члены ГЭК (ФИО)

(ФИО)

(ФИО)

Секретарь ГЭК (ФИО)

1. ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА _____
(ФИО)

СЛУШАЛИ:

а) сообщение о выполнении выпускной квалификационной работы на тему: _____

б) рецензию на выпускную квалификационную работу рецензента _____ с оценкой _____
(ФИО)

в) отзыв руководителя выпускной квалификационной работы _____ с оценкой _____
(ФИО)

Вопросы, заданные на заседании

1. _____
2. _____

ПОСТАНОВИЛИ:

На основании результатов защиты, рецензии и отзыва руководителя выпускной квалификационной работы считать работу выполненной с оценкой

Председатель государственной
экзаменационной комиссии

_____/_____
подпись (ФИО)

Члены государственной
экзаменационной комиссии

_____/_____
подпись (ФИО)

_____/_____
подпись (ФИО)

_____/_____
подпись (ФИО)

Секретарь государственной

_____/_____

экзаменационной комиссии

подпись

(ФИО)

ЛИСТ ОЦЕНКИ

сформированности общих и профессиональных компетенций при выполнении и защите ВКР

выпускников по специальности 13.02.02 Теплоснабжение и теплотехническое оборудование

Форма государственной итоговой аттестации защита выпускной квалификационной работы в виде дипломного проекта

Тема: _____

ФИО _____ **,учебная группа** _____ **, дата защиты** _____.

Структурные элементы проекта	Код компетенций	Критерии оценивания компетенций	Значимость в баллах	
			Макс.	Реал.
Теоретические положения по разделам ВКР	ОК 1, ОК 2, ОК 4, ОК 5. ПК 1.1-1.4 ПК 2.1-2.3 ПК 3.1-3.2 ПК 5.1-5.4 (только для	Формулирует актуальность выпускной квалификационной работы, ставит цели и задачи проектирования	1	
		Анализирует и представляет теоретические основы выбранной темы, проявляет знания в выборе и применении методов и способов решения профессиональных задач в области организации теплотехнического процесса	1	
		Использует современные источники информации, в том числе ресурсы сети Интернет	1	

	углубленной подготовки)	Демонстрация практических навыков в определении неисправности в работе теплотехнического оборудования и систем тепло- и топливоснабжения; их причин и способов предупреждения, определении технологии проведения наладочных работ	2	
		Отражает готовность к решению задач основных видов профессиональной деятельности, указанных для специалиста в ФГОС СПО	2	
		Итого	7	
Технологическая часть	ОК 2. ОК 4. ОК 5. ОК 8 ОК 9. ПК 1.1-1.3 ПК 2.1-2.3 ПК 3.1-3.2	Уметь проводить тепловой и расчет котельных агрегатов	3	
		Уметь проводить расчет и выбор оборудования пылесистемы	3	
		Уметь проводить аэродинамический расчет системы пылеприготовления	3	
		Уметь проводить расчет мельниц, циклонов, сепараторов, конвейеров, дробилок	3	
		Выбирать по данным расчета основное и вспомогательное оборудование	3	
		Итого	15	
Охрана труда и охрана окружающей среды	ОК 3. ОК 9. ПК 1.3 ПК 4.3	Планирует мероприятия по охране труда и охране окружающей среды в соответствии с правовыми актами Российской Федерации	1	
		Разрабатывает и представляет мероприятия по охране труда в соответствии с производственно-отраслевыми нормативными документами теплотехнических организаций (стандарты предприятия по безопасности труда, инструкции по охране труда)	2	
		Разрабатывает и представляет мероприятия по охране окружающей среды в соответствии со СНиП и системой стандартов «Охрана природы»	2	
		Итого	5	
Экономическая часть	ОК 2. ОК 4. ОК 5.	Уметь рассчитывать по принятой методологии основные технико-экономические показатели деятельности организации.	3	
		Знать организацию производственного и технологического процессов	2	

	ОК 9. ПК 4.1 ПК 4.2	Знать материально-технические, трудовые и финансовые ресурсы отрасли и организации (предприятия), показатели их эффективного использования	2	
		Знать механизмы ценообразования на продукцию (тепловую энергию), формы оплаты труда в современных условиях	3	
		Итого	10	
Графическая часть	ОК 5. ПК 1.2-1.3 ПК 2.3 ПК 3.2	Графическая часть (чертежи/схемы) дипломного проекта полностью отвечает требованиям нормативно-технической документации при оформлении чертежей	5	
		Чертежи/схемы выполнены и оформлены с помощью графических редакторов (САПР AutoCAD, КОМПАС и др.)	5	
		Технологическая документация выполнена согласно требованиям нормативной документации (СНиП, ГОСТ и др.)	5	
		Итого	15	
Защита дипломного проекта	ОК 1. ОК 2. ОК 3. ОК 4. ОК 5. ОК 6. ОК 7. ОК 8. ПК 1.1-1.3, ПК 2.1-2.3, ПК 3.1-3.2, ПК 4.3, ПК 5.1-5.4	Делает выводы по достижению цели и задач дипломного проектирования	5	
		Представляет наглядные материалы к выступлению: электронная презентация, чертежи, приложения к дипломному проекту	5	
		Демонстрирует знание и владения профессиональной терминологией	5	
		Демонстрирует позитивный стиль общения. Устанавливает адекватные взаимоотношения с членами экзаменационной комиссии в процессе защиты дипломного проекта	5	
		Оценивает опыт и результат выполнения дипломного проекта, предъявляемая самооценка соответствует оценке экзаменационной комиссии	5	
		Выявляет проблемы и предлагает пути их решения, несет ответственность за результаты своей работы	8	
		Владеет навыками самопрезентации	5	
		Четкость и аргументированность позиции студента при ответе на вопросы членов ГЭК, на замечания руководителя и рецензента	10	
		Итого	48	
ВСЕГО:			100	

Защита дипломного проекта будет зачтена при количестве баллов от 60 до 100, если обучающийся набирает менее 60 баллов, защита проекта не засчитывается (60% от общего количества баллов):

от 88 до 100 баллов – оценка «5»;

от 74 до 87 баллов – оценка «4»;

от 60 до 73 баллов – оценка «3»

менее 60 баллов – оценка «2»

В данном дипломном проекте студент продемонстрировал сформированность компетенций по ПМ _____
и ОК _____

Председатель государственной
экзаменационной комиссии

_____/_____
подпись (ФИО)

Зам. председателя государственной
экзаменационной комиссии

_____/_____
подпись (ФИО)

Члены государственной
экзаменационной комиссии

_____/_____
подпись (ФИО)

_____/_____
подпись (ФИО)

_____/_____
подпись (ФИО)

Секретарь государственной
экзаменационной комиссии

_____/_____
подпись (ФИО)

ОТЗЫВ

**руководителя проекта о качестве выпускной квалификационной работы
и о работе выпускника ГАПОУ СО «Краснотурьинский индустриальный колледж»**

(фамилия, имя, отчество)

Группа _____ Отделение _____

Специальность _____

Тема выпускной квалификационной работы

Объём выпускной квалификационной работы:

количество листов чертежей _____,

количество листов объяснительной записки _____

количество листов технологических карт _____.

Заключение о степени соответствия заданию Выпускная квалификационная работа выполнена в соответствии/не в соответствии с выданным заданием

Проявленная выпускником самостоятельность при выполнении работы. Плановость, дисциплинированность в работе. Умение пользоваться литературным материалом. Способность решать конкретные производственные и конструкторские задачи на базе достижений науки, техники и новаторов производства.

При работе над выпускной квалификационной работой студент

Положительные стороны выпускной квалификационной работы, полнота раскрытия темы: _____

Недостатки выпускной квалификационной
работы: _____

Характеристика общетехнической и специальной подготовки выпускника:

Заключение: _____

Работа заслуживает оценки: _____

Место работы и должность руководителя выпускной квалификационной
работы: _____

Руководитель _____

(Ф.И.О. – полностью, подпись)

« _____ » _____ 201 ____ г.

М.П.

РЕЦЕНЗИЯ

на выпускную квалификационную работу студента(ки)

(фамилия, имя, отчество)

Государственного автономного профессионального образовательного учреждения Свердловской области
«Краснотурьинский индустриальный колледж» (ГАПОУ СО «КИК»)

Тема выпускной квалификационной работы

Выпускная квалификационная работа объемом _____ страниц, содержит: таблиц _____,
иллюстраций _____, источников _____, приложений _____, листов графической части _____.

1. Актуальность темы _____

2. Соответствие содержания теме выпускной квалификационной работы, полнота раскрытия темы

3. Отличительные положительные стороны _____

4. Практическое значение и рекомендации _____

5. Недостатки и замечания _____

6. Качество оформления работы

Изложенное позволяет считать, что рецензируемый дипломный проект студента

Рецензент¹ _____

(Ф.И.О. – полностью, место работы, занимаемая должность)

« _____ » _____ 201 _____ г. _____ (личная подпись)

М.П.

¹ Подпись рецензента заверяется руководителем и печатью организации

Памятка для рецензента

Рецензия на выпускную квалификационную работу (далее ВКР) должна содержать ответы на следующие вопросы:

актуальность темы, реальность и значимость ее разработки для объекта исследования;

соответствие содержания заданию и теме ВКР, уровень теоретического и практического анализа основных вопросов темы;

качество и достоверность исходного материала, умение его анализировать и использовать для последующих выводов;

обоснованность и реальность сформулированных в работе выводов и предложений, их практическая ценность;

наличие в работе самостоятельных и оригинальных решений;

самостоятельность выполнения работы;

практическая значимость ВКР;

замечания и недостатки;

качество оформления работы;

детальность разработки отдельных вопросов;

положительные моменты в работе;

наличие у дипломника необходимой теоретической подготовки и умения использовать полученные знания при решении практических задач;

оценка дипломного проекта (отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно).

ГАПОУ СО «Краснотурьинский
индустриальный колледж»

УТВЕРЖДАЮ:

Зам. директора по учебной работе

_____Сергеева Э.В.

Заведующий отделением

«___» _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ

для выпускной квалификационной работы

студенту специальности 13.02.02 «Теплоснабжение и теплотехническое оборудование»

Тема выпускной квалификационной работы _____

Исходные данные работы

Содержание выпускной квалификационной работы

I. Пояснительная записка

Введение

1. Описательная часть

1.1 Описание конструкции ГТУ

1.2 Принцип работы ГТУ

1.3 Технология эксплуатации ГПА

1.4 Технология ремонта ГТУ

1.5 Выполнения наладочных работ и испытаний

1.6 Технология энергосбережения

2. Технологическая часть

2.1 Расчет тепловой схемы и выбор параметров

2.2 Тепловой расчет ГТУ на номинальный режим работы

2.3 Тепловой расчет ГТУ на переменный режим работы

3. Требования правил охраны труда и промышленной безопасности производственного процесса

3.1 Общие положения по охране труда

3.2 Требования безопасности, производственной санитарии и промышленной гигиены при обслуживании ГТУ

3.3 Меры пожарной безопасности на газокompрессорных станциях

4. Экономическая часть

4.1 Калькуляция себестоимости услуг по транспортировке газа по магистральным газопроводам (за исключением сетей газораспределения) ПАО «Газпром»

II. Содержание и объем графической части

Лист 1 Поперечный разрез цеха	формат А1
Лист 2 Продольный разрез цеха	формат А1
Лист 3 Тепловая схема ГТУ	формат А1
Лист 4 (По выбору)	формат А1

Указания по преддипломной практике

Изучить устройство и принцип действия газотурбинной установки мощностью _____

III. Источники информации

1. Газотурбинные установки для транспорта природного газа: учебное пособие второе издание переработанное: учебное пособие / А.В. Рудаченко, Н.В. Чухарева;

Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 217с

2. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы.

Государственные стандарты СССР ССБТ. Официальное издание. - М.: Издательство стандартов , 1984г.

3. Ревзин Б.С., Ларионов И.Д. Газотурбинные установки с нагнетателем для транспорта газа. Справочное пособие. М.: Недра, 1991 г.

Преподаватель _____

Председатель предметной комиссии
теплотехнических и механических дисциплин _____