

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИнЭО
_____ С.И. Качин

« ____ » _____ 2015 г.

ПАРОТУРБИННЫЕ И ПАРОГАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ

Методические указания и индивидуальные задания
для студентов ИнЭО, обучающихся по направлению
140100 «Теплоэнергетика и теплотехника»,
профиль «Тепловые электрические станции»

Составители

А.С. Матвеев, В.Н. Мартышев, С.А. Шевелев

Семестр	8	9
Кредиты		6
Лекции, часов	2	10
Практические занятия, часов		6
Лабораторные занятия, часов		6
Консультации по выполнению курсовой работы		6
Самостоятельная работа, часов		134
Формы контроля		экзамен, диф. зачет

Издательство
Томского политехнического университета
2015

УДК 621.311.22

Паротурбинные и парогазовые установки: метод. указ. и индивид. задания для студентов ИнЭО, обучающихся по направлению 140100 «Теплоэнергетика и теплотехника», профиль «Тепловые электрические станции» / сост. А.С. Матвеев, В.Н. Мартышев, С.А. Шевелев; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 21 с.

Методические указания и индивидуальные задания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры атомных и тепловых электрических станций энергетического института «___» _____ 2015 г., протокол № __.

Зав. кафедрой АТЭС,
доцент, кандидат техн. наук _____ А.С. Матвеев

Аннотация

Методические указания и индивидуальные задания по дисциплине «Паротурбинные и парогазовые установки» предназначены для студентов ИнЭО, обучающихся по направлению 140100 «Теплоэнергетика и теплотехника», профиль «Тепловые электрические станции». Данная дисциплина изучается в одном семестре.

Приведено содержание основных тем дисциплины, указаны темы практических занятий и лабораторных работ. Указан перечень вопросов, рассматриваемых в курсовой работе.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ	6
3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ	11
3.1. Тематика практических занятий	11
3.2. Перечень лабораторных работ для студентов классической заочной формы обучения.....	11
4. КУРСОВАЯ РАБОТА	12
4.1. Общие методические указания	12
4.2. Задания на курсовую работу	13
5. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ	15
5.1. Темы (вопросы) для подготовки к экзамену.....	15
5.2. Образец экзаменационного билета для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме	16
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	17
6.1. Литература обязательная	17
6.2. Литература обязательная	17
6.3. Internet-ресурсы	17
6.4. Видеоресурсы	18

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения данной дисциплины студент приобретает знания, умения и навыки, обеспечивающие достижение целей основной образовательной программы 140100 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Дисциплина нацелена на подготовку студентов к:

- расчетно-проектной и проектно-конструкторской деятельности в области создания теплоэнергетического оборудования с использованием современных технологий высокоэффективного преобразования тепловой энергии в другие виды;
- производственно-технологической деятельности в области эксплуатации современного высокоэффективного теплоэнергетического оборудования с соблюдением требований защиты окружающей среды и безопасности производства;
- научно-исследовательской деятельности, связанной с выбором, оптимизацией и разработкой высокоэффективных методов и оборудования для преобразования теплоты в другие виды энергии

Дисциплина «Паротурбинные и парогазовые установки» относится к вариативным дисциплинам профессионального цикла в Федеральном государственном образовательном стандарте по направлению 140100 «Теплоэнергетика и теплотехника» профиля «Тепловые электрические станции».

Данная дисциплина основывается на дисциплинах профессионального цикла (*пререквизиты*), таких как:

- «Гидрогазодинамика»
- «Техническая термодинамика»
- «Тепломассообмен»,
- «Котельные установки и парогенераторы»
- «Тепловые и атомные электрические станции».

Кореквизитами для дисциплины «Паротурбинные и парогазовые установки» являются дисциплины «Турбины тепловых и атомных электростанций», «Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций».

При изучении дисциплины студенты должны научиться самостоятельно принимать решения в области производственных задач основного технологического процесса ТЭС и АЭС, применять методики расчета показателей тепловых схем паротурбинных и парогазовых установок (ПТУ и ПГУ) ТЭС и конструктивных характеристик оборудования ПТУ и ПГУ.

После изучения данной дисциплины бакалавры приобретают знания, умения и опыт, соответствующие результатам основной образовательной программы: **P7, P8, P9, P10, P12, P15, P16¹**.

Соответствие результатов освоения дисциплины «Паротурбинные и парогазовые установки» формируемым компетенциям ООП представлено в табл. 1.

Таблица 1

Формируемые компетенции в соответствии с ООП	Результаты освоения дисциплины
З 7.1, З 8.1, З 8.2, З 8.3, З 9.1, З 9.2, З 9.4 З 10.1, З 10.2, З 10.3 З 12.1, З 15.1 З 16.1, З 16.2	<i>В результате освоения дисциплины бакалавр должен знать:</i> <ul style="list-style-type: none"> – современные и перспективные технологии, применяемые для производства электрической и тепловой энергии; – современные методы анализа эффективности ТЭС и АЭС; – основные технологические процессы в газотурбинном и парогазовом оборудовании ТЭС, область их применения, преимущества и недостатки технических решений; – способы снижения выбросов вредных веществ в атмосферу при эксплуатации ГТУ и ПГУ.
У.7.1, У.8.1, У.8.2, У.9.2, У.10.1	<i>В результате освоения дисциплины бакалавр должен уметь:</i> <ul style="list-style-type: none"> – использовать современные методики определения технологических термогазодинамических параметров; – применять математические и графоаналитические методы для определения характеристик ГТУ и ПГУ; – использовать в профессиональной деятельности действующие стандарты, требования и правила, – выбирать серийное энергетическое газо- и паротурбинное оборудование; – использовать современные достижения науки и передовой технологии в научно-исследовательских работах.
В.7.1, В.8.1, В.8.2, В.8.3, В.9.2, В.10.1, В.11.2. В.12.1.	<i>В результате освоения дисциплины бакалавр должен владеть:</i> <ul style="list-style-type: none"> – методами анализа эффективности энергетических установок; – методами расчета тепловых схем ГТУ и ПГУ; – методами проектирования парогазовых установок; – инженерными методами защиты окружающей среды при работе ТЭС и АЭС.

¹ Расшифровка кодов результатов обучения и формируемых компетенций представлена в Основной образовательной программе подготовки бакалавров по направлению 140100 «Теплоэнергетика и теплотехника».

2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Паротурбинные установки

Паровая турбина как элемент паротурбинной установки (ПТУ). Типы паротурбинных установок, состав, назначение основных ее элементов. Принципиальные схемы ПТУ и их классификация. Преимущества и недостатки ПТУ.

Экономичность паротурбинных установок.

Способы повышения тепловой экономичности ПТУ (промежуточный перегрев пара, комбинированная выработка электроэнергии и теплоты, регенеративный подогрев питательной воды).

Рекомендуемая литература: [1, 2, 3].

Методические указания

Найти и прочитать в литературе указанные темы. Написать конспект по теме. Знать основные термины и определения. Уметь определять эффективность работы установок. Ответить на вопросы и задания для самоконтроля, приведенные ниже.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Чем отличается энергетический блок от ТЭС с поперечными связями?
2. Как классифицируются ТЭС по уровню начального давления?
3. На ТЭС сожгли 700 кг топлива, имеющего теплоту сгорания 4 000 ккал/кг, отпустив 1 200 кВт·ч электроэнергии. Чему равен удельный расход условного топлива на производство 1 кВт·ч электроэнергии?
4. Назовите назначение основных элементов паротурбинного энергоблока: энергетического котла, паровой турбины, конденсатора и питательного насоса.
5. С какой целью в мощных турбоустановках применяют промежуточный перегрев пара?
6. Какие функции на ТЭС выполняют электрогенератор и трансформатор?
7. Для чего в паротурбинной установке используется регенеративный подогрев питательной воды?
8. В каких аппаратах осуществляется регенеративный подогрев питательной воды?
9. Какой энергоблок более экономичный: пылеугольный или газомазутный?

10. Назовите преимущества и недостатки ТЭС по сравнению с ГЭС и АЭС.

11. Абсолютное давление перед турбиной составляет 240 ата. Выразите его в мегапаскалях и в барах.

12. Турбина отпускает теплоту в количестве 330 МВт. Переведите это значение в Гкал/ч.

13. В чем преимущество комбинированной выработки электрической и тепловой энергии перед отдельной?

14. Назовите показатели, которыми характеризуется экономичность работы ТЭЦ.

15. Приведите принципиальную схему ТЭЦ с противодавленческой турбиной.

16. Что такое *выработка электроэнергии на тепловом потреблении* и в чем его физический смысл?

17. Запишите формулу для КПД нетто ТЭС и назовите примерные значения всех величин, входящих в нее.

18. Назовите методы охраны окружающей среды от вредного воздействия ТЭС.

Тема 2. Энергетические газотурбинные установки

Схемы и циклы энергетических газотурбинных установок (ГТУ). Характеристики тепловых схем энергетических ГТУ: принцип работы, показатели. Факторы, определяющие экономичность ГТУ и способы ее повышения. Преимущества и недостатки энергетических ГТУ.

Устройство основных элементов газотурбинных установок (камеры сгорания, компрессоры, газовые турбины).

Топливо и рациональное его сжигание в камерах сгорания ГТУ.

Коэффициент избытка воздуха, теоретически необходимый расход сухого воздуха.

Газовые турбины: устройство и принцип действия, особенности эксплуатации. Высокотемпературные газотурбинные установки, их использование в бинарных установках.

Рекомендуемая литература: [1, 3, 4, 5].

Методические указания

Найти и прочитать в литературе указанные темы. Написать конспект по теме. Знать основные термины и определения. Уметь определять эффективность работы установок. Ответить на вопросы и задания для самоконтроля, приведенные ниже.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что входит в состав основного оборудования ГТУ?
2. Изобразите простейшую схему открытой ГТУ со сжиганием топлива при постоянном давлении и опишите ее работу.
3. Назовите преимущества и недостатки ГТУ по сравнению с паротурбинной установкой и предпочтительные области их использования.
4. Как осуществляется привод компрессора ГТУ и какую примерную мощность от мощности газовой турбины он потребляет?
5. Как и по какой зависимости изменяется температура газов при расширении их в газовой турбине?
6. Назовите основные способы повышения КПД ГТУ.
7. С какой целью необходимо охлаждать элементы высокотемпературной газовой турбины?
8. До каких значений температуры необходимо охлаждать направляющие и рабочие лопатки газовой турбины?
9. Перечислите основные способы охлаждения сопловых и рабочих лопаток газовых турбин.
10. Для каких целей предназначены камеры сгорания ГТУ?
11. Назовите основные отличия встроенных камер сгорания от выносных.
12. Определите назначение входного направляющего аппарата (ВНА).
13. Укажите диапазон регулирования нагрузки ВНА и принцип его работы.

Тема 3. Парогазовые установки

Особенности паротурбинных установок, работающих в составе ПГУ. Конструктивные решения по вводу пара среднего и низкого давления. Промежуточная сепарация. Устройство элементов паровой турбины в составе ПГУ.

Парогазовые ТЭС с котлами-утилизаторами (КУ). Технологические решения и тепловые схемы ПГУ ТЭС. Выбор характеристик и параметров тепловых схем. Режимы работы. Показатели экономичности. Методика конструкторского расчета тепловых схем ПГУ с КУ.

Газотурбинные и парогазовые теплофикационные установки. Типы тепловых схем ГТУ и ПГУ ТЭЦ. Выбор технических решений по регулированию отпуска теплоты. Показатели экономичности ПГУ и ГТУ ТЭЦ.

Рекомендуемая литература: [1, 3, 4, 5].

Методические указания

Найти и прочитать в литературе указанные темы. Написать конспект по теме. Знать основные термины и определения. Уметь определять эффективность работы установок. Ответить на вопросы и задания для самоконтроля, приведенные ниже.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Что входит в состав основного оборудования ПГУ утилизационного типа и как осуществляется работа ПГУ?
2. Изобразите простейшую схему ПГУ утилизационного типа и опишите ее работу.
3. Изобразите в Т-, s-диаграмме термодинамические циклы ГТУ и ПТУ. Как оценить термический КПД ПГУ?
4. Какие основные типы ПГУ в настоящее время существуют?
5. Какой тип ПГУ и при каких условиях может обеспечить наивысшее значение КПД?
6. Почему ПГУ с котлом-утилизатором не имеют в паротурбинной части системы регенеративного подогрева воды или он производится только в одном подогревателе до невысокой температуры питательной воды?
7. В чем преимущество ПГУ с двухконтурным котлом-утилизатором в сравнении с одноконтурной ПГУ?
9. Какие типы котлов-утилизаторов вы знаете?
11. В чем отличие котла-утилизатора от энергетического котла?
12. Какие основные отличия в тепловой схеме паротурбинных установок для утилизационных ПГУ в сравнении с традиционными ПТУ?
13. Какие основные конструкционные отличия имеют паровые турбины для утилизационных ПГУ в сравнении с паровыми турбинами традиционных ПТУ?
14. Почему экономичность паротурбинной установки ПГУ утилизационного типа выше, чем экономичность традиционной ПТУ с энергетическим котлом?

Тема 4. Вспомогательные системы и оборудование газо- и паротурбинных установок

Регенеративные и сетевые подогреватели, конденсационная установка, деаэрационно-питательная установка. Снижение выбросов вредных веществ в атмосферу при эксплуатации ГТУ и ПГУ.

Рекомендуемая литература: [1, 3, 4, 5].

Методические указания

Найти и прочитать в литературе указанные темы. Написать конспект по теме. Знать основные термины и определения. Уметь определять эффективность работы установок. Ответить на вопросы и задания для самоконтроля, приведенные ниже.

Вопросы и задания для самоконтроля

1. Дайте классификацию вспомогательного оборудования по назначению, принципу действия.
2. Перечислите типы регенеративных подогревателей их конструкции.
3. Приведите схему движения сред в подогревателях высокого давления (ПВД), укажите отсеки конденсации, охлаждения пара и дренажа.
4. Перечислите защиты ПВД, устройство принцип работы, применяемая арматура.
5. Приведите основы теплового расчета регенеративных подогревателей.
6. Каковы конструкция и устройство подогревателей низкого давления (ПНД)? Каковы меры защиты турбины от заброса воды в нее?
7. Каковы сетевые подогреватели их типы, обозначение, устройство?
8. Перечислите типы деаэраторов их назначение.
9. Приведите конструкции струйно-барботажных деаэраторов. Укажите основные требования к ним.
10. Приведите классификацию испарителей. Опишите назначение, принцип работы.
11. Приведите основы золоудаления. Какова степень улавливания?
12. Перечислите типы золоуловителей механических, мокрых и электрофильтров.
13. Приведите устройство батарейного циклона.

3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Тематика практических занятий

1. Расчет показателей тепловой экономичности ГТУ (2 часа).
2. Расчет показателей тепловой экономичности ПГУ (4 часа).

В тематике практических занятий возможны изменения. Окончательный список тем приведен в Календаре обучения студента на сайте ИнЭО.

Рекомендуемая литература: [2–5].

3.2. Перечень лабораторных работ для студентов классической заочной формы обучения

1. Изучение тепловой схемы ПТУ на тренажере блока К-210-130 (6 часов).

Лабораторный практикум является составной частью учебного процесса по данной дисциплине. Лабораторные работы призваны закрепить теоретические знания по изучаемому курсу.

В данном разделе приведен перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме (КЗФ).

Студенты классической формы обучения выполняют лабораторные работы во время сессии.

В тематике лабораторных работ возможны изменения. Окончательный список тем приведен в Календаре обучения на сайте ИнЭО.

4. КУРСОВАЯ РАБОТА

4.1. Общие методические указания

Учебным планом предусмотрено выполнение курсовой работы в 9-м семестре.

Суть курсовой работы состоит в проектировании тепловой схемы паротурбинной или парогазовой установки и расчете показателей тепловой экономичности.

При выполнении курсовой работы необходимо использовать методики, изложенные в [2–5].

Объем курсовой работы планируется из расчета затрат на нее студентами 60 часов. Ориентировочный объем расчетно-пояснительной записки – 30–40 страниц формата А4.

Законченная курсовая работа оформляется в виде пояснительной записки. Пояснительная записка должна соответствовать стандарту СТО ТПУ 2.5.01-2011 «Система образовательных стандартов. Работы выпускные квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления».

Пояснительная записка должна включать в указанной ниже последовательности: титульный лист, задание, содержание, введение, основную часть, заключение, список использованных источников, приложения.

Основная часть пояснительной записки должна подробно отражать ход и результаты расчетов по всем пунктам задания. В ней, однако, не должно быть переписанных текстов из учебников, учебных пособий, монографий или других изданий. Терминология, обозначения и определения должны быть едиными по всей записке и соответствовать общепринятым в научно-технической литературе. Сокращения слов в тексте и подписях под иллюстрациями не допускаются. Все обозначения электрических, механических и других физических величин должны быть приведены в СИ.

Графическая часть курсовой работы (полную тепловую схему паротурбинной или парогазовой установки) выполняется на листе формата А1. Требования к составу и оформлению полной тепловой схемы установок приведены в [5, 6]. Доступ к [5] осуществляется на основании логина и пароля студента в домене tpu. В случае проблем с подключением необходимо связаться с Александром Сергеевичем Матвеевым по электронной почте: matveev@tpu.ru

Все варианты курсовой работы имеют один и тот же перечень заданий, которые необходимо выполнить. Варианты отличаются объектами проектирования и параметрами этих объектов.

4.2. Задания на курсовую работу

В процессе выполнения курсовой работы необходимо выполнить следующие задания:

1. Рассчитать сетевую подогревательную установку на заданную температуру наружного воздуха.
2. Спроектировать тепловую схему на заданные параметры:
 - уточнить состав и параметры расчетной принципиальной тепловой схемы;
 - разбить нагрев воды по ступеням регенеративного подогрева воды и уточнить состав тепловой схемы.
3. Определить параметры пара, конденсата и воды во всех характерных точках схемы.
4. Рассчитать принципиальную тепловую схему энергоблока и определить показатели тепловой экономичности энергоблока.
5. Выбрать основное и вспомогательное оборудование паротурбинной установки.
6. Спроектировать и нарисовать полную тепловую схему паротурбинной установки на листе формата А1.

Исходные данные к выполнению курсовой работы представлены в индивидуальных заданиях, которые студенты получают от преподавателя.

Индивидуальное задание на курсовую работу каждому студенту выдается преподавателем на установочной лекции. В случае отсутствия студента на установочной лекции для получения задания ему необходимо связаться с Александром Сергеевичем Матвеевым по электронной почте: matveev@tpu.ru.

Пример индивидуального задания на курсовую работу приведен в приложении.

Студенты всех форм обучения отправляют свои работы через сайт ИнЭО.

Технология передачи выполненных курсовых работ на проверку представлена на сайте ИнЭО (раздел «Студенту →Текущий контроль (проверка заданий и работ»)).

Курсовая работа должна быть представлена в электронном виде. Полная тепловая схема должна быть представлена на проверку в электронном виде.

Студенты, обучающиеся по классической заочной форме (КЗФ): отправляют курсовую работу на проверку и получают рецензию; защита курсовой работы, оформленной в виде твердой копии, проходит во время сессии; к этому времени нужно исправить все замечания, указанные

в рецензии; при отсутствии положительной оценки на защите курсовой работы студенты к экзамену не допускаются.

5. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ

После завершения изучения дисциплины студенты сдают экзамен. При определении результата экзамена учитываются результаты выполненной курсовой работы.

5.1. Темы (вопросы) для подготовки к экзамену

1. Схема и цикл простейшей газотурбинной установки открытого типа.
2. Работа турбины, работа цикла в ГТУ простого цикла.
3. Расход воздуха, газа и расход топлива в ГТУ простого цикла.
4. Мощность ГТУ простого цикла, термический КПД, абсолютный электрический КПД.
5. Способы повышения тепловой экономичности ГТУ.
6. Достоинства и недостатки ГТУ.
7. Схема и цикл ГТУ со ступенчатым сжатием воздуха.
8. Работа турбины, работа цикла в ГТУ со ступенчатым сжатием воздуха.
9. Расход воздуха, газа и расход топлива в ГТУ со ступенчатым сжатием воздуха.
10. Мощность ГТУ, термический КПД, абсолютный электрический КПД ГТУ со ступенчатым сжатием воздуха.
11. Физический выигрыш от промежуточного охлаждения рабочего тела при сжатии в компрессоре.
12. Баланс энергии энергетической ГТУ разомкнутого цикла.
13. Полезная удельная работа энергетической ГТУ в зависимости от степени сжатия и температуры.
14. Внутренний КПД реального цикла ГТУ в зависимости от степени сжатия и степени повышения температуры.
15. Факторы, определяющие температуру выходных газов ГТ.
16. Показатели эффективности ГТУ.
17. Пути повышения тепловой экономичности ГТУ.
18. ГТУ с регенерацией теплоты
19. Технико-экономически оптимальное значение π_k .
20. Переменный режим энергетической ГТУ характеристики компрессора и ГТ одновальной энергетической ГТУ
21. Расчет тепловой схемы ГТУ в нерасчетном режиме.
22. Регулирование мощности энергетической ГТУ.
23. Программы снижения электрической нагрузки ГТУ.
24. Влияние параметров наружного воздуха на основные характеристики энергетической ГТУ.
25. Стабилизация температуры выходных газов ГТУ.
26. Особенности и схема высокотемпературной ГТУ.
27. Устройство ПГУ.
28. Схемы парогазовых установок электростанций.

29. Парогазовые установки утилизационного типа, тепловые схемы.
30. Назначение многоконтурной тепловой схемы ПГУ.
31. Назначение промежуточного перегрева пара в ПГУ.
32. Устройство одно- и многоконтурного котла-утилизатора.
33. Газотурбинные и парогазовые теплофикационные установки.
34. Типы тепловых схем ГТУ и ПГУ ТЭЦ.
35. Выбор технических решений по регулированию отпуска теплоты.
36. Показатели экономичности ПГУ и ГТУ ТЭЦ.
37. Состав конденсационной установки.
38. Назначение эжекторов на ТЭС и АЭС.
39. Типы привода питательного насоса. Достоинства и недостатки.
40. Назначение, устройство и принцип действия регенеративных подогревателей высокого давления
41. Назначение, устройство и принцип действия регенеративных подогревателей низкого давления
42. Какими преимуществами и недостатками обладает схема включения регенеративных подогревателей с каскадным сливом дренажа?
43. Назначение, устройство и принцип действия деаэраторов повышенного давления на ТЭС.
44. Типы деаэраторов.
45. Струйный деаэратор. Устройство. Преимущества, недостатки.
46. Назначение, устройство и принцип действия испарительной установки на ТЭС и АЭС
47. Назначение, устройство и принцип действия расширителей непрерывной продувки
48. Паропреобразователи на тепловых электростанциях.
49. Виды систем технического водоснабжения ТЭС и АЭС. Краткая характеристика этих систем.
50. Вредное воздействие ТЭС и АЭС на окружающую среду. Мероприятия по защите окружающей среды от влияния ТЭС и АЭС.

5.2. Образец экзаменационного билета для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме

В данном разделе приведен образец билета для студентов, сдающих экзамен очно во время сессии в Томске. Экзаменационный билет включает 4 вопроса.

Билет № X

1. Показатели эффективности ГТУ (10 баллов).
2. Назначение эжекторов на ТЭС и АЭС (10 баллов).
3. Показатели экономичности ПГУ и ГТУ ТЭЦ (10 баллов).
4. Струйный деаэратор. Устройство. Преимущества, недостатки (10 баллов).

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Литература обязательная

1. Комплект презентаций по курсу «Паротурбинные и парогазовые установки» на сайте ИнЭО ТПУ / сост. А.С. Матвеев. – Томск, 2015.
2. Паровые и газовые турбины для электростанций : учеб. для вузов / под ред. А.Г. Костюка. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 556 с.
3. Цанев С.В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.Н. Ремезов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 584 с.
4. Газотурбинные энергетические установки: учеб. пособие / С.В. Цанев и др. – М.: Изд-во МЭИ, 2011. – 427 с.
5. Газотурбинные и парогазовые ТЭС [Электронный ресурс]: сетевой электронный УМК / А.М. Антонова; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Доступ из корпоративной сети ТПУ: <http://mdl.lcg.tpu.ru:82/course/view.php?id=672>, защищен. (Доступ к ресурсу осуществляется на основании логина и пароля студента в домене tpu. В случае проблем с подключением необходимо связаться с Александром Сергеевичем Матвеевым по электронной почте: matveev@tpu.ru).

6.2. Литература обязательная

6. Теплоэнергетика и теплотехника. Справочная серия в 4-х кн. / под общей ред. А.В. Клименко, В.М. Зорина. Кн. 3. Тепловые и атомные электростанции. Справочник. – М.: Изд-во МЭИ, 2007.
7. Журналы «Электрические станции», «Теплоэнергетика», «Газотурбинные технологии».

6.3. Internet-ресурсы

8. Сайт специальности «Тепловые электрические станции» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.03-ts.ru/>, свободный. (На сайте в разделе «Библиотека» размещены отсканированные варианты книг по специальным дисциплинам, в т.ч. [2, 3, 4, 6]).
9. WebCT – Тепловые электрические станции [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://e-le.lcg.tpu.ru/webct/public/home.pl>, свободный.

10. Крупнейшая бесплатная электронная интернет библиотека для «технически умных» людей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tehlit.ru/>, свободный.

11. Электронная энциклопедия энергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/trenager/trenager.htm>, свободный.

12. Сайт кафедры ТЭС Новосибирского государственного технического университета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tes.power.nstu.ru/>, свободный.

6.4. Видеоресурсы

13. Устройство ПГУ 800 Киришской ГРЭСУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=uCqo0q9Sw74>, свободный.

14. Строительство ПГУ 240 на Череповецкой ГРЭС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=64IjzqX894>, свободный.

15. Презентация строительства ПГУ-450 на Ярославской ТЭЦ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=6tQGEmsO4v0>, свободный.

16. Газовые турбины производства Siemens [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=YKHqHvHSEoI>, свободный.

17. Производство газовых турбин (г. Берлин) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=2S0zTzviils>, свободный.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Пример индивидуального задания на курсовую работу

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

«У Т В Е Р Ж Д А Ю»

Зав. кафедрой АТЭС

_____ А.С. Матвеев

«___» _____ 201__ г.

З А Д А Н И Е № _____

на выполнение курсовой работы по дисциплине
«Паротурбинные и парогазовые установки»

Выдано студенту(ке) группы _____ на тему:

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭНЕРГОБЛОКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТЬЮ 55 МВт

1. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

- 1.1. Выбор и формирование исходной структуры принципиальной тепловой схемы (ПТС) турбоустановки по литературным источникам.
- 1.2. Расчет тепловой схемы ПТУ и определение показателей тепловой экономичности энергоблока.
- 1.3. Выбор основного и вспомогательного оборудования.
- 1.4. Представление полной тепловой схемы ПТУ выбранного варианта в виде чертежа.

2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

- 2.1. Прототип, на который надо ориентироваться при разработке тепловой схемы: ПТ-50/60-12,8/0,7.
- 2.2. Электрическая мощность $N_э - 55$ МВт.
- 2.3. Тепловая мощность сетевых подогревателей $Q_{от} - 45$ МВт, (температурный график теплосети $t_{пс}/ t_{ос} 150/70$ °С).
- 2.4. Начальные параметры: давление $P_0 - 13,5$ МПа;
температура $t_0 - 540$ °С.
- 2.5. Конечное давление $P_к - 0,0035$ МПа.
- 2.6. Давления в нерегулируемых отборах турбины рассчитать, исходя из равномерного подогрева питательной воды и основного конденсата в подогревателях.
- 2.7. Давление в деаэраторе $P_д - 0,65$ МПа.
- 2.8. Температура питательной воды $t_{пв} - 225$ °С.
- 2.9. Отпуск технологического пара $D_т - 50$ т/ч (возврат конденсата 90%).

2.10. Особенности тепловой схемы:	
2.10.1. Наличие смешивающих подогревателей:	<u>нет</u>
2.10.2. Наличие испарителя:	<u>есть</u>
2.10.3. Наличие атмосферного деаэрата:	<u>подключен к 4 отбору</u>
2.10.4. Схема установки нагрева сетевой воды:	<u>ОСП+ПСП</u>
2.10.5. Наличие расширителя непрерывной продувки (Р) и охладителя продувки (ОП):	<u>Р+ОП</u>
2.10.6. Особенности схемы слива дренажей:	<u>по прототипу</u>

Объем пояснительной записки: 30–40 с. с включением в нее графического материала:

- принципиальные тепловые схемы вариантов ПТУ;
- процессы расширения пара в турбине и турбоприводе в *hs*-диаграмме.

Объем графической части: полная тепловая схема ПТУ – 1 лист ф. А1.

3. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

- 3.1. Спроектировать тепловую схему на заданные параметры:
 - уточнить состав и параметры расчетной принципиальной тепловой схемы;
 - разбить регенеративный подогрев воды по ступеням и уточнить состав тепловой схемы.
- 3.2. Определить параметры пара, конденсата и воды во всех характерных точках схемы.
- 3.3. Рассчитать сетевую подогревательную установку на расчетную температуру наружного воздуха.
- 3.4. Рассчитать принципиальную тепловую схему энергоблока и определить показатели тепловой экономичности энергоблока.
- 3.5. Выбрать основное и вспомогательное оборудование паротурбинной установки.

4. ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

- 4.1. Полная тепловая схема энергоблока, представленная на листе формата А1.

Срок сдачи законченной курсовой работы на проверку _____
 Задание принял к исполнению студент _____
 Руководитель дисциплины _____

Учебное издание

ПАРОТУРБИННЫЕ И ПАРОГАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ

Методические указания и индивидуальные задания

Составители

МАТВЕЕВ Александр Сергеевич
МАРТЫШЕВ Владимир Николаевич
ШЕВЕЛЕВ Сергей Анатольевич

Рецензент

*канд. техн. наук,
доцент кафедры АТЭС ЭНИН*

А.В. Воробьев

Компьютерная верстка *Е.А. Руденко*



Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  **ТПУ.** 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru