

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ

## Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.03** Тепломассообменное оборудование ТЭС и АЭС

Учебный план: ФГОС3++zm130401-2\_20-13.plx

Кафедра: **24** Промышленной теплоэнергетики

Направление подготовки:  
(специальность) 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки: Тепломассообменные процессы и установки  
(специализация)

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: заочная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)		Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоёмкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практ. занятия				
2	УП	6	6	51	9	2	Экзамен
	РПД	6	6	51	9	2	
Итого	УП	6	6	51	9	2	
	РПД	6	6	51	9	2	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.2018 г. № 146

Составитель (и):

Доктор технических наук, профессор

Суслов В.А.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой промышленной  
теплоэнергетики

Сморodin С.Н.

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Сморodin С.Н.

Методический отдел:

Смирнова В.Г.

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** Сформировать компетенции обучающегося в области разработки проектных решений, улучшения эксплуатационных характеристик, повышению промышленной безопасности, условий труда и экономии ресурсов; готовность выбирать серийное и технико-экономические расчёты, анализировать эффективность проектных решений, использовать прикладное программное обеспечение.

### 1.2 Задачи дисциплины:

Рассмотреть:

- принципы эффективного управления технологическими процессами в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологии в соответствии материала дисциплин
- Паротурбинные установки тепловых и атомных электростанций
- Современное тепло и массообменное оборудование ТЭС и АЭС

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

Энергетические установки высокой эффективности в производстве электрической и тепловой энергии

Надежность систем производства электрической и тепловой энергии

Энергосберегающие технологии при производстве электрической и тепловой энергии

Проблемы энерго- и ресурсосбережения в теплоэнергетике и основные направления развития теплоэнергетики

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>ПКп-1.1: Способен к разработке мероприятий по совершенствованию и модернизации технологического оборудования, улучшению его эксплуатационных характеристик при производстве тепловой и электрической энергии</b>
<b>Знать:</b> тепловые и принципиальные схемы тепловых электростанций; конструктивные особенности и эксплуатационные характеристики, территориальное расположение оборудования ТЭС и технологических систем всех цехов (подразделений) ТЭС, особенности их эксплуатации.
<b>Уметь:</b> разрабатывать схемы размещения оборудования тепловых электростанций; проводить расчет и выбор основного и вспомогательного оборудования тепловых электростанций в соответствии с технологией производства, действующими стандартами и нормативными документами; определять технико-экономические показатели работы тепловой электростанции.
<b>Владеть:</b> правилами технологической дисциплины при эксплуатации объектов профессиональной деятельности; требованиями экологической безопасности при ведении режима работы оборудования.
<b>ПКп-3.1: Способен формулировать задания на разработку решений, связанных с модернизацией тепломассообменного оборудования, совершенствованием технологических схем, повышением экологической безопасности тепломассообменных установок</b>
<b>Знать:</b> экологические стандарты и требования при функционировании объектов теплоэнергетики; методологию расчета концентраций вредных выбросов при функционировании объектов теплоэнергетики.
<b>Уметь:</b> рассчитывать концентрации вредных выбросов при функционировании объектов теплоэнергетики; практически контролировать соблюдение экологической безопасности на объектах теплоэнергетики
<b>Владеть:</b> навыками разработки и осуществления экозащитных мероприятий.
<b>ПКп-5.1: Способен к проведению технических расчетов, технико-экономического и стоимостного анализа проектных решений тепломассообменных процессов и установок</b>
<b>Знать:</b> технологические схемы производства электрической и тепловой энергии; показатели тепловой и общей экономичности ТЭС; основные конструктивные характеристики тепломеханического и вспомогательного оборудования и систем ТЭС; методы расчета тепловых схем ТЭС; основные источники научно-технической информации по оборудованию, системам и технологическим решениям тепловых электростанций.
<b>Уметь:</b> выбирать тепломеханическое и вспомогательное оборудование, системы и технологические решения ТЭС; определять показатели тепловой и общей экономичности ТЭС; использовать типовые методики расчетов тепловых схем ТЭС; анализировать информацию о новых разработках оборудования и систем ТЭС; читать и составлять тепловые схемы ТЭС.
<b>Владеть:</b> методами оценки основных технико-экономических показателей теплоэнергетических установок ТЭС; методами расчета тепловых схем ТЭС.

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий
		Лек. (часы)	Пр. (часы)		
Раздел 1. Основные типы реакторов АЭС и парогенераторов (ПГ) АЭС	2				
Тема 1. Принципиальные схемы ТЭС и АЭС. Реакторы на естественном уране с графитовым замедлителем. Реакторы с водой под давлением. Кипящие реакторы. Реакторы на естественном уране с тяжеловодным замедлителем и теплоносителем.		1	1	5	ИЛ
Тема 2. Виды реакторов: на естественном уране с графитовым замедлителем; с водой под давлением; кипящие реакторы; на естественном уране с тяжеловодным замедлителем и теплоносителем; быстрые реакторы-размножители с жидкометаллическим теплоносителем		1	1	5	ИЛ
Тема 3. Общие характеристики и конструкционные схемы ПГ: конструкционные схемы и режимные параметры работы ПГ, обогреваемых водой. Конструкционные схемы. Схемы ПГ с газовыми теплоносителями.		1	1	10	ИЛ
Раздел 2. Теплообменное оборудование ТЭС и АЭС					
Тема 4. Регенеративные аппараты. Поверхностные регенеративные подогреватели. Схемы включения поверхностных подогревателей в систему регенеративного подогрева.		1	1	7	ИЛ
Тема 5. Сетевые подогреватели: горизонтальные и вертикальные. Регенеративные подогреватели смешивающего типа.		1	1	7	ИЛ
Тема 6. Схемы подключения и конструкции испарителей: поверхностные и адиабатные. Сепараторы и паровые промежуточные перегреватели АЭС для работы с турбинами насыщенного пара	0,5	0,5	7	ИЛ	

Тема 7. Конструкции деаэраторов: вакуумные, атмосферные, под давлением. Конструктивные и поверочные расчеты. Вариантные расчеты. Проблемы эксплуатации. Пуско-наладочные и ремонтные работы. Техничко-экономические расчеты. Прикладные программные продукты.		0,5	0,5	10	ИЛ
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		6	6	51	
Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)		2,5		6,5	
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>		14,5		57,5	

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

#### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

##### 5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

##### 5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ПКп-1.1	Имеет представление о тепловых и принципиальных схемах тепловых электростанций; конструктивных характеристиках и особенностях эксплуатации оборудования. Способен проводить расчет и выбор основного и вспомогательного оборудования тепловых электростанций в соответствии с технологией производства, действующими стандартами и нормативными документами; определять технико-экономические показатели работы тепловой электростанции. Демонстрирует знания правил технологической дисциплины при эксплуатации оборудования; основ экологической безопасности.	Вопросы для устного собеседования, практико-ориентированное задание
ПКп-3.1	Имеет представление о экологических стандартах и требованиях при функционировании объектов теплоэнергетики; Способен практически контролировать соблюдение экологической безопасности и рассчитывать концентрации вредных выбросов при функционировании объектов тепло-энергетики. Демонстрирует навыки разработки и осуществления экозащитных мероприятий.	Вопросы для устного собеседования, практико-ориентированное задание
ПКп-5.1	Имеет представление о технологических схемах производства электрической и тепловой энергии; показателях тепловой и общей экономичности ТЭС; основные конструктивные характеристики тепломеханического и вспомогательного оборудования ТЭС. Способен выбирать тепломеханическое и вспомогательное оборудование, использовать типовые методики расчетов тепловых схем ТЭС; анализировать информацию о новых разработках оборудования и систем ТЭС. Демонстрирует знания методов оценки основных технико-экономических показателей тепломеханических установок ТЭС.	Вопросы для устного собеседования, практико-ориентированное задание

##### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	Обучающийся показывает всестороннее и глубокое знание схем производства электрической и тепловой энергии, свободно ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях при ответе; усвоил основную и знаком с	Обучающийся демонстрирует правильное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных схем и формул для ее решения, знание размерностей физических величин. Умеет применять математический аппарат для реализации плана решения задачи и, если

	дополнительной литературой; может объяснить взаимосвязь основных теплофизических законов и их значение для последующей профессиональной деятельности; проявляет творческие способности и широкую эрудицию в использовании учебного материала.	это необходимо, может представить его графически. Получил правильный ответ и может его интерпретировать.
4 (хорошо)	Обучающийся показывает достаточный уровень знаний основных методов расчета тепловых схем, ориентируется в основных понятиях и определениях; усвоил основную литературу; допускает незначительные погрешности при ответах на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы преподавателя.	Обучающийся демонстрирует достаточное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора формул для ее решения, знание размерностей физических величин. Допускает незначительные погрешности при применении математического аппарата для реализации плана решения задачи. Получил правильный ответ, но испытывает затруднения с его интерпретацией.
3 (удовлетворительно)	Обучающийся показывает знания учебного материала в минимальном объеме; может сформулировать отдельные понятия и определения, но при этом, допуская большое количество принципиальных ошибок; знаком с основной литературой; допускает существенные ошибки в ответе на экзамене, но может устранить их под руководством преподавателя.	Обучающийся вникает в смысл условия задачи, понимает план ее решения, однако, не может в полной мере с помощью математического аппарата реализовать ее решение. Знает размерности физических величин, может сделать рисунок или схему, поясняющую решение задачи.
2 (неудовлетворительно)	Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора. Незнание значительной части принципиально важных элементов дисциплины. Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины; не может сформулировать основные теплофизические законы; плохо ориентируется в основных понятиях и определениях; плохо знаком с основной литературой; допускает при ответе на экзамене существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя. Попытка списывания, использования неразрешенных технических устройств или пользование подсказкой другого человека.	Обучающийся не может проанализировать условие задачи, наметить план ее решения, выбрать формулы и плохо ориентируется в физических величинах, не владеет математическим аппаратом. Представление чужой работы, отказ от выполнения задания

## 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Курс 2	
1	Причины работы турбин мощных АЭС с водным теплоносителем на насыщенном паре.
2	Виды конструкционных схем водных парогенераторов.
3	Назначение трубок Фильда.
4	Варианты компоновки водных парогенераторов.
5	Основные принципы выбора конструкционной схемы ПГ, обогреваемых
6	Схема прямоточного ПГ с промежуточным пароперегревателем обогреваемых жидкометаллическими теплоносителями
7	Схема парогенераторов на газовых теплоносителях со змеевиковыми поверхностями теплообмена.
8	Виды циркуляции у парогенераторов на газовых теплоносителях со змеевиковыми поверхностями теплообмена.
9	Компоновки ПГ на АЭС.
10	Схемы включения поверхностных подогревателей в систему регенеративного подогрева.

11	Типы поверхностных регенеративных подогрев
12	Схема подогрева питательной воды в подогревателях с охладителями пара и дренажа.
13	Типы поверхностных регенеративных подогревателей
14	Конструкции Регенеративных подогревателей смешивающего типа.
15	Типы сетевых подогревателей.
16	Назначение испарителей и их типы.
17	Схемы подключения и конструкции испарителей.
18	Схемы включения испарителя в систему регенерации турбины.
19	Установками мгновенного вскипания.
20	Основные элементы конструкции испарителей.
21	Конструкции и назначение паропреобразователей.
22	Назначение и типы сепараторов.
23	Основные конструктивные элементы сепараторов.
24	Назначение деаэраторов.
25	Классификация деаэраторов.
26	Основные схемы включения деаэратора.
27	Виды одноконтурных и многоконтурных схем АЭС.
28	Основное отличие одноконтурной схемы АЭС.
29	Назначение парогенератора в схеме АЭС.
30	Теплоноситель в реакторах на естественном уране с графитовым замедлителем.
31	Замедлитель в реакторах с водой под давлением.
32	Количество контуров в реакторах с водой под давлением.
33	Основное отличие кипящих реакторов от реакторов с водой под давлением.
34	Преимущества применения в качестве замедлителя тяжелой воды.
35	Количество контуров в кипящих реакторах с графитовым замедлителем.
36	Количество контуров в быстрых реакторах-размножителях с жидкометаллическим теплоносителем.
37	Основные характеристики парогенератора АЭС.
38	Виды циркуляции теплоносителя в парогенераторах.

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

Не предусмотрено

### 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

Определить тепловую мощность испарителя сетевой воды при следующих исходных данных:

производительность аппарата по воде –  $D_{и}=20$  т/ч;

Давление вторичного пара  $P_{вт} = 0,12$  МПа;

Давление греющего пара  $P_{гр} = 0,224$  МПа;

Продувка  $P_{пр} = 2$  %;

Энтальпия питательной воды испарителя –  $i_{в}=435$  кДж/кг;

Энтальпия воды при температуре насыщения –  $i_{н}=439$  кДж/кг;

Энтальпия вторичного пара –  $i''_{вт} = 2683,8$  кДж/кг

Найти поверхность теплообмена испарителя сетевой воды при следующих исходных данных:

Тепловая мощность испарителя  $Q = 12492$  кВт;

Температура греющего пара  $t_{гр} = 123,8$  0С;

Температура вторичного пара  $t_{вт} = 104,8$  0С;

### 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

#### 5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

#### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная  Письменная  Компьютерное тестирование  Иная

#### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Время на подготовку устного ответа – 45 минут. В это время входит подготовка ответа на теоретические вопросы и выполнение практико-ориентированного задания. В семестре выполняется контрольная работа.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
В.А. Суслов [и др.]	Тепломассообменное оборудование ТЭС и АЭС [Текст]: учебное пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2015	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/12.pdf">http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/12.pdf</a>
Губарева В. В., Губарев А. В.	Тепломассообменное оборудование предприятий	Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ	2016	<a href="http://www.iprbookshop.ru/80447.html">http://www.iprbookshop.ru/80447.html</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
В.Г. Казаков, П.В. Луканин, О.С. Смирнова	Термодинамические методы анализа в энергоиспользующих процессах [Текст]: учебное пособие	М-во образования и науки РФ, СПбГТУРП. – СПб.: СПбГТУРП	2011	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/thermodynammetry.htm">http://www.nizrp.narod.ru/thermodynammetry.htm</a>

### 6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. URL: <http://www.iprbookshop.ru/>  
Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД [Электронный ресурс]. URL: <http://nizrp.narod.ru>

### 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftWindows 8  
MicrosoftOfficeProfessional 2013  
Microsoft: Office Standard 2016 Russian OLP NL AcademicEdition

### 6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска