

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.03**

Тепломассообменное оборудование ТЭС и АЭС

Учебный план: ФГОС3++zm130401-2\_21-13.plx

Кафедра: **24** Промышленной теплоэнергетики

Направление подготовки:  
(специальность) 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки: Теплоемкообменные процессы и установки  
(специализация)

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: заочная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоём- кость, 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

Энергосберегающие технологии при производстве электрической и тепловой энергии

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### ПК-1.1: Способен к разработке мероприятий по совершенствованию и модернизации технологического оборудования, улучшению его эксплуатационных характеристик при производстве тепловой и электрической энергии

**Знать:** методы сбора и анализа исходных данных для разработки мероприятий по совершенствованию и модернизации технологического оборудования, технологических процессов, техническую и нормативную документацию предприятий; типовые методики расчета тепло- массообменных процессов и установок

**Уметь:** составлять структурные схемы элементов тепломассообменного оборудования; анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт, анализировать информацию о новых типах и конструкциях тепломассообменного оборудования, принципах их действия, методах их расчета и проектирования; проводить гидравлические и тепло- массообменные расчеты применительно к тепломассообменному оборудованию по типовым методикам с использованием нормативной документации и современных методов поиска и обработки информации

**Владеть:** методами проведения тепловых и гидравлических расчетов тепломассообменного оборудования с использованием нормативной документации.

### ПК-3.1: Способен формулировать задания на разработку решений, связанных с модернизацией тепломассообменного оборудования, совершенствованием технологических схем, повышением экологической безопасности тепломассообменных установок

**Знать:** методы сбора и анализа исходных данных для разработки мероприятий по совершенствованию и модернизации технологического оборудования, технологических процессов, техническую и нормативную документацию предприятий; типовые методики расчета тепло- массообменных процессов и установок

**Уметь:** составлять структурные схемы элементов тепломассообменного оборудования; анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт, анализировать информацию о новых типах и конструкциях тепломассообменного оборудования, принципах их действия, методах их расчета и проектирования

**Владеть:** навыками разработки мероприятий по модернизации тепломассообменного оборудования с учетом их экологической безопасности

### ПК-5.1: Способен к проведению технических расчетов, технико-экономического и стоимостного анализа проектных решений тепломассообменных процессов и установок

**Знать:** типовые методики гидравлических и тепло- массообменных расчетов тепломассообменного оборудования, конструкции и основные технические показатели оборудования.

**Уметь:** анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт, анализировать информацию о новых типах и конструкциях тепломассообменного оборудования, принципах их действия, методах их расчета и проектирования; проводить технико-экономический анализ мероприятий по совершенствованию тепломассообменного оборудования

**Владеть:** методами проведения тепловых и гидравлических расчетов тепломассообменного оборудования с использованием нормативной документации.

### 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
ПК-1.1	Имеет представление о методах сбора и анализа исходных данных для разработки мероприятий по совершенствованию и модернизации технологического оборудования, технологических процессов, технической и нормативной документации предприятий; типовых методиках расчета тепло- массообменных процессов и установок Способен составлять структурные схемы элементов тепломассообменного оборудования; анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт, анализировать информацию о новых типах и конструкциях тепломассообменного оборудования, принципах их действия, методах их расчета и проектирования; проводить гидравлические и тепло- массообменные расчеты применительно к тепломассо-обменному оборудованию по типовым методикам с использованием нормативной документации и современных методов поиска и обработки информации Демонстрирует навыки проведения тепловых и гидравлических расчетов тепломассообменного оборудования с использованием нормативной документации.	Вопросы для устного собеседования, практико-ориентированное задание
ПК-3.1	Имеет представление о методах сбора и анализа исходных данных для разработки мероприятий по совершенствованию и модернизации технологического оборудования, технологических процессов, технической и нормативной документации предприятий; типовых методиках расчета тепло- массообменных процессов и установок. Способен составлять структурные схемы элементов тепломассообменного оборудования; анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт, анализировать информацию о новых типах и конструкциях тепломассообменного оборудования, принципах их действия, методах их расчета и проектирования Демонстрирует навыки разработки мероприятий по модернизации тепломассообменного оборудования с учетом их экологической безопасности	Вопросы для устного собеседования, практико-ориентированное задание
ПК-5.1	Имеет представление о типовых методиках гидравлических и тепло- массообменных расчетов тепломассообменного оборудования, конструкциях и основных технических показателях оборудования. Способен анализировать научно-техническую информацию, изучать отечественный и зарубежный опыт, анализировать	Вопросы для устного собеседования, практико-ориентированное задание

	<p>информацию о новых типах и конструкциях теплообменного оборудования, принципах их действия, методах их расчета и проектирования; проводить технико-экономический анализ мероприятий по совершенствованию теплообменного оборудования</p> <p>Демонстрирует навыки проведения тепловых и гидравлических расчетов теплообменного оборудования с использованием нормативной документации.</p>	
--	--	--

### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
5 (отлично)	<p>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 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.</p>	<p>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 это необходимо, может представить его графически. Получил правильный ответ и может его интерпретировать.</p>
4 (хорошо)	<p>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.</p>	<p>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.</p>
3 (удовлетворительно)	<p>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.</p>	<p>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.</p>
2 (неудовлетворительно)	<p>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.</p>	<p>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</p>

## 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 конструктивных схем водных парогенераторов.
3	Назначение трубок Фильда.
4	Варианты компоновки водных парогенераторов.
5	Основные принципы выбора конструктивной 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.
39	Причины работы турбин мощных АЭС с водным теплоносителем на насыщенном паре.
40	Виды конструктивных схем водных парогенераторов.
41	Назначение трубок Фильда.
42	Варианты компоновки водных парогенераторов.
43	Основные принципы выбора конструктивной схемы ПГ, обогреваемых
44	Схема прямоточного ПГ с промежуточным пароперегревателем обогреваемых жидкометаллическими теплоносителями
45	Схема парогенераторов на газовых теплоносителях со змеевиковыми поверхностями теплообмена.

46	Виды циркуляции у парогенераторов на газовых теплоносителях со змеевиковыми поверхностями теплообмена.
47	Компоновки ПГ на АЭС.
48	Схемы включения поверхностных подогревателей в систему регенеративного подогрева.
49	Типы поверхностных регенеративных подогревателей
50	Схема подогрева питательной воды в подогревателях с охладителями пара и дренажа.
51	Типы поверхностных регенеративных подогревателей
52	Конструкции Регенеративных подогревателей смешивающего типа.
53	Типы сетевых подогревателей.
54	Назначение испарителей и их типы.
55	Схемы подключения и конструкции испарителей.
56	Схемы включения испарителя в систему регенерации турбины.
57	Установками мгновенного вскипания.
58	Основные элементы конструкции испарителей.
59	Конструкции и назначение паропреобразователей.
60	Назначение и типы сепараторов.
61	Основные конструктивные элементы сепараторов.
62	Назначение деаэраторов.
63	Классификация деаэраторов.
64	Основные схемы включения деаэратора.
65	Виды одноконтурных и многоконтурных схем АЭС.
66	Основное отличие одноконтурной схемы АЭС.
67	Назначение парогенератора в схеме АЭС.
68	Теплоноситель в реакторах на естественном уране с графитовым замедлителем.
69	Замедлитель в реакторах с водой под давлением.
70	Количество контуров в реакторах с водой под давлением.
71	Основное отличие кипящих реакторов от реакторов с водой под давлением.
72	Преимущества применения в качестве замедлителя тяжелой воды.
73	Количество контуров в кипящих реакторах с графитовым замедлителем.
74	Количество контуров в быстрых реакторах-размножителях с жидкометаллическим теплоносителем.
75	Основные характеристики парогенератора АЭС.
76	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  $t_{гр} = 123,8$  °С;  
Температура вторичного пара  $t_{вт} = 104,8$  °С;



### 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 течение семестра 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>				
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>
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>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
В.Г. Казаков, П.В. Луканин, Смирнова О.С.	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/thermodynamometry.htm">http://www.nizrp.narod.ru/thermodynamometry.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

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