

УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.08**

Системы рекуперации теплоты в теплотехнологии

Учебный план: ФГОС3++b130301-23\_21-14.plx

Кафедра: **24** Промышленной теплоэнергетики

Направление подготовки:  
 (специальность) 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки: Энергетика теплотехнологий  
 (специализация)

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоёмкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
	Лекции	Практ. занятия				
7	УП	34	17	56,75	0,25	Зачет
	РПД	34	17	56,75	0,25	
Итого	УП	34	17	56,75	0,25	
	РПД	34	17	56,75	0,25	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.02.2018 г. № 143

Составитель (и):

Доктор технических наук, профессор

Бойков Л. М.

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:** - углубленная подготовка специалистов для разработки, проектирования и эксплуатации разнообразных промышленных теплообменных установок

- подготовка специалистов способных осуществлять непрерывное усовершенствование теплообменных установок на основе современной теории и принципов управления с использованием ЭВМ.

### 1.2 Задачи дисциплины:

- теплофизики процессов теплообмена и массообмена.
- методик расчета теплообменных установок и систем рекуперации теплоты.

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

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

Специальные вопросы тепломассообмена в теплотехнологических процессах

Тепломассообменное оборудование теплоэнергетических предприятий

Теплотехнологические процессы в целлюлозно-бумажном производстве

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>ПК-6.2: Готовность к выполнению работ по организационному и техническому обеспечению полного цикла или отдельных стадий эксплуатации теплотехнологического оборудования различных производств</b>
--

<b>Знать:</b> устройство, назначение и принцип действия рекуператоров теплоты; конструктивные особенности и эксплуатационные характеристики; пути повышения эффективности использования топлива, регенерации тепловых отходов и использования вторичных энергоресурсов в высокотемпературных установках.
--

<b>Уметь:</b> анализировать информацию о достижениях отечественной и зарубежной науки и техники, технические данные, показатели и результаты работы, обобщать и систематизировать их, используя современные технические средства и информационные технологии; анализировать параметры работы систем рекуперации теплоты технологических объектов.
---

<b>Владеть:</b> навыками разработки мероприятий по повышению энергетической эффективности работы высокотемпературных установок путем применения рекуперации тепла.
--

<b>ПК-5.2: Способен выполнять специальные расчеты теплотехнологических процессов по типовым методикам</b>
---

<b>Знать:</b> принципы работы, классификацию и назначение рекуператоров теплоты; определять их характеристики; способы расчета рекуператоров теплоты различных схем высокотемпературных установок по типовым методикам.
---

<b>Уметь:</b> выполнять расчеты рекуператоров высокотемпературных установок.
--

<b>Владеть:</b> методикой построения систем рекуперации теплоты.
--

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа		СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)			
Раздел 1. Основы теплотехники для рекуперации теплоты	7					Т
Тема 1. Свойства влажного воздуха. Основные процессы изменения состояния воздуха в I-d-диаграмме.		1		3	ГД	
Тема 2. Термодинамика сушки. Термодинамический анализ процессов сушки в теоретических сушильных установках. Энтропийно-эксергетический анализ сушильных установок. Способы повышения эффективности сушки.		2	1	3	ГД	
Тема 3. Тепловой баланс сушки. Тепловой баланс теоретической и действительной сушильных установок		2		2	ГД	
Тема 4. Газы, как сушильный агент. Сушка материалов топочными газами		1		2	ГД	
Тема 5. Система вентиляции бумагоделательных машин. Основные процессы изменения состояния воздуха в системе вентиляции в I-d-диаграмме.		1		3	ГД	
Тема 6. Рекуперация теплоты в системе вентиляции БДМ. Степень утилизации теплоты.		2	1	3	ГД	
Тема 7. Газовые циклы. Циклы Отто, Дизеля, Тринклера. Основы расчета.		3	2	2	ГД	
Тема 8. Потери теплоты в паротурбинных, газотурбинных и парогазовых установках. Регенеративный цикл. Циклы Карно, Ренкина, Аллама, атомных станций.		2	2	3	ГД	

Тема 9. Регенеративный подогрев питательной воды в паротурбинных установках.		1		2	ГД	
Тема 10. Теплорекуперационные агрегаты ТРА-1, ТРА-2. Методика расчета.		2	1	3	ГД	
Тема 11. Гладкопластинчатые теплообменники и теплообменник с гофрированными поверхностями для утилизации паровоздушной смеси от ТРА		1	1	2	ГД	
Раздел 2. Рекуперация теплоты в тепломассообменных установках						
Тема 12. Схемы рекуперации теплоты на действующих бумагоделательных машинах.		2	1	2	ГД	
Тема 13. Схема рекуперации теплоты в системе вентиляции БДМ с промежуточным теплоносителем – этиленгликолем		1		2	ГД	
Тема 14. Схема рекуперации теплоты в системе вентиляции БДМ с промежуточным теплоносителем – водой.		2		2	ГД	
Тема 15. Конструкция сушильной части БДМ. Многоцилиндровые контактно- конвективные установки (БДМ/КДМ)		2	2	2	ГД	Т
Тема 16. Система пароснабжения. Пароконденсатные системы БДМ.		2	1	3,75	ГД	
Тема 17. Модернизация пароконденсатных систем сушильных установок БДМ		2	2	5	ГД	
Тема 18. Теплообменные аппараты. Парожидкостные теплообменники, бойлеры, водо-водяные теплообменники, подогреватели низкого давления,		2	1	4	ГД	
Тема 19. Конструкции и особенности расчета ребристых поверхностей нагрева.		1	1	2	ГД	

Тема 20. Изоляция трубопроводов и оборудования.		1	2	ГД	
Тема 21. Назначение и конструкции холодильных установок.		1	2	ГД	
Тема 22. Тепловые схемы, конструкции и основные энергетические показатели теплонасосных установок.		1	2	ГД	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		34	17	56,75	
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25			
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>		51,25	56,75		

#### 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-5.2	Имеет представление о принципах работы, классификации и назначении рекуператоров теплоты; определении их характеристик; способах расчета рекуператоров теплоты различных схем высокотемпературных установок по типовым методикам. Способен выполнять расчеты рекуператоров высокотемпературных установок. Демонстрирует навыки построения систем рекуперации теплоты.	Вопросы устного собеседования Тестовые задания
ПК-6.2	Имеет представление об устройстве, назначении и принципах действия рекуператоров теплоты; конструктивных особенностях и эксплуатационных характеристиках; путях повышения эффективности использования топлива, регенерации тепловых отходов и использования вторичных энергоресурсов в высокотемпературных установках. Способен анализировать информацию о достижениях отечественной и зарубежной науки и техники, технические данные, показатели и результаты работы, обобщать и систематизировать их, используя современные технические средства и информационные технологии; анализировать параметры работы систем рекуперации теплоты технологических объектов. Демонстрирует навыки разработки мероприятий по повышению энергетической эффективности работы высокотемпературных установок путем применения рекуперации тепла	Вопросы устного собеседования Тестовые задания

##### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
Зачтено	Полный, исчерпывающий ответ, явно демонстрирующий глубокое понимание предмета и глубокую эрудицию в оцениваемой области. Критический оригинальный подход к материалу.	Правильные ответы на 60% вопросов.
Не зачтено	Обучающийся не имеет достаточного уровня знаний, плохо ориентируется в	Правильны ответы на менее 60% вопросов.

	основных понятиях, плохо знаком с основной литературой.	
--	---	--

## 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
Семестр 7	
1	Теплообменники с пластинами с овалообразными выступами
2	Схемы утилизации теплоты с промежуточным теплоносителем
3	Способы совершенствования системы вентиляции
4	Технологическая вентиляция для ускорения сушки.
5	Схемы сушильных установок
6	Многоцилиндровые контактно-конвективные сушильные установки
7	Сушка материалов топочными газами
8	Показатели работы сушильных установок
9	Недостатки в работе сушильных установок
10	Степень регенерации теплоты
11	Теплорекуперационные агрегаты
12	Трехступенчатая степень регенерации теплоты
13	Утилизация низкопотенциальной теплоты
14	К.П.Д. двигателя постепенного сгорания топлива в цикле Дизеля
15	К.П.Д. двигателя быстрого сгорания топлива в цикле Отто
16	Внутренний относительный К.П.Д паровой турбины
17	Подогреватели низкого и высокого давления
18	Сетевые подогреватели
19	Теплонасосная установка
20	Холодильная установка
21	Схемы рекуперации теплоты в системе вентиляции БДМ
22	Теплообменные аппараты
23	Гладкопластинчатые аппараты для утилизации теплоты

## 5.2.2 Типовые тестовые задания

Направление движения теплоносителей в пароводяном теплообменнике не влияет на величину температурного напора, потому что: ...

1. водяной эквивалент одного из теплоносителей значительно больше другого
2. скорость воды значительно ниже скорости пара
3. температура пара при конденсации не изменятся
4. коэффициенты теплоотдачи с обеих сторон – величины одного порядка

В каких теплообменниках коэффициент теплопередачи практически равен коэффициенту теплоотдачи с одной из сторон  $k=\alpha\gamma$  ?

1. в газо-газовых
2. в газожидкостных
3. в парожидкостных
4. в жидкостно-жидкостных

В каком процессе теплота равна нулю?

1. Изохорный
2. Изобарный
3. Изотермический
4. Адиабатный
5. Политропный

В каком цикле можно получить максимальную работу?

1. Компрессора
2. Дизеля
3. Ренкина
4. Регенеративный
5. Карно

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

Не предусмотрены

## 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

## 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.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/termodynammetody.htm">http://www.nizrp.narod.ru/termodynammetody.htm</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.А. Суслов [и др.]	Исследование тепловых характеристик жидкостно-жидкостного аппарата типа «труба в трубе» [Текст]: учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных работ	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД	2017	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/2017_12_27_3.PDF">http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/2017_12_27_3.PDF</a>
---------------------	--	---	------	---

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

Электронно-библиотечная система IPRbook [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

MicrosoftOfficeProfessional 2013  
 MicrosoftWindows 8

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

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