

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ



## Рабочая программа дисциплины

**Б1.В.ДВ.03.01** Технические средства для рекуперации теплоты

Учебный план: ФГОС3++m130401-2\_21-12.plx

Кафедра: **24** Промышленной теплоэнергетики

Направление подготовки:  
(специальность) 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки: Теплообменные процессы и установки  
(специализация)

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся		Сам. работа	Контроль, час.	Трудоём- кость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации
	Лекции	Практ. занятия				
4	УП	24	12	35,75	0,25	Зачет
	РПД	24	12	35,75	0,25	
Итого	УП	24	12	35,75	0,25	
	РПД	24	12	35,75	0,25	

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

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:** Сформировать компетенции обучающегося в области разработки тепломассообменных аппаратов различного назначения, улучшения их эксплуатационных характеристик; готовность выбирать серийное оборудование и выполнять технико-экономические расчёты, анализировать эффективность проектных решений, использовать прикладное программное обеспечение

### 1.2 Задачи дисциплины:

- Рассмотреть особенности использования законов и способов передачи теплоты, ;
- Раскрыть принципы расчёта теплообменников и различных теплоиспользующих установок;
- Продемонстрировать использование фактического научно-технического материала курса для использования в практической деятельности.

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

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

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

Теория принятия решений

Энергосберегающие технологии при производстве электрической и тепловой энергии

Тепломассообменные процессы сушки и сушильные установки

Повышение эффективности систем централизованного теплоснабжения

Математическое моделирование рабочих процессов в теплоэнергетических установках

Тепломассообменное оборудование ТЭС и АЭС

Энергетические установки высокой эффективности в производстве электрической и тепловой энергии

Теплотехнологическое оборудование промышленных предприятий

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**ПК-4.1: Готов к обеспечению бесперебойной работы, правильной эксплуатации, ремонта и модернизации тепломассообменных установок**

**Знать:** конструкции и схемы подключения теплообменного оборудования; природу тепломассообменных процессов, протекающих внутри соответствующих установок; методики конструктивного и поверочного расчетов; эксплуатационные и технико-экономические характеристики технических средств для рекуперации теплоты

**Уметь:** формулировать задания на разработку решений по модернизации существующих схем и оборудования; проводить варианты технико-экономические и технические расчеты; проводить анализ эффективных технико-экономических решений; оценивать техническое состояние оборудования, прогнозировать надежность его работы

**Владеть:** навыками проведения расчетов, методиками испытаний, правилами технической эксплуатации и экологической безопасности

### 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. Рекуперативные аппараты и теория рекуперативного теплообмена	4					С
Тема 1. Классификация рекуперативных теплообменных аппаратов Области применения теплообменников. Способы переноса теплоты. Теплоносители и их физико-химические свойства. Способы интенсификации теплообмена.		3	1	5	ИЛ	
Тема 2. Теория рекуперативного теплообмена Коэффициенты теплопроводности, теплоотдачи и теплопередачи. Методы расчёта. Уравнение теплового баланса. Уравнение расхода. Температурный напор. Теория подобия. Основные критериальные уравнения.		5	1	5	ИЛ	
Раздел 2. Рекуперативные аппараты и установки						
Тема 3. Конструкторский расчёт рекуперативных теплообменников Тепловой расчёт теплообменных аппаратов. Уравнение теплового баланса. Конструкционные материалы. Аэродинамический и гидравлический расчёты. Потери напора. Выбор нагнетателя.		4	1	6	ИЛ	С
Тема 4. Поверочный расчёт рекуперативных теплообменников Основы поверочного расчёта. Коэффициент теплопередачи. Вариантные расчёты парожидкостных, жидкостно- жидкостных, газо-газовых, газо-жидкостных теплообменников.		3	1	4,75	ИЛ	

Тема 5. Расчёт на прочность Элементы, узлы и детали теплообменников. Конструкционные материалы, их физические и прочностные характеристики. Основы расчёта на прочность. Методы расчёта на прочность по предельным напряжениям и предельным нагрузкам. Расчёт на прочность отдельных элементов.		1	1	2	ИЛ	
Раздел 3. Повышение эффективности теплообменников						
Тема 6. Методы интенсификации теплообмена Методы оценки энергетической эффективности теплообменного оборудования. Способы повышения эффективности теплообмена. Способы оребрения поверхности теплообмена.		3	1		ИЛ	С
Тема 7. Конструирование теплообменных аппаратов Основы конструирования. Нормы и методы расчёта. Конструирование отдельных деталей, элементов и блоков теплообменного оборудования. Выбор запорно-предохранительной арматуры. Обязка контрольно-измерительными приборами.		1	1	3	ИЛ	
Раздел 4. Изготовление, монтаж, эксплуатация и ремонт теплообменного оборудования						
Тема 8. Монтаж теплообменного оборудования Организация строительно-монтажных работ. Монтажные механизмы, инструменты и приспособления. Привязка оборудования к сетям. Пуско-наладочные испытания.		1	1	2	ИЛ	С
Тема 9. Эксплуатация и ремонт теплообменного оборудования Правила эксплуатации теплообменников. Пуски и остановы. Способы, механизмы и устройства для очистки теплообменников. Системы планово-предупредительных ремонтов. Планирование ремонтных работ. Организация ремонтов и сервисного обслуживания.		3	4	8	ИЛ	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		24	12	35,75		
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25				
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>		36,25		35,75		

#### 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-4.1	Имеет представление о конструкциях и схемах подключения теплообменного оборудования; природе тепломассообменных процессов, протекающих внутри соответствующих установок; методиках конструктивного и поверочного расчетов; эксплуатационных и технико-экономических характеристиках технических средств для рекуперации теплоты Способен формулировать задания на разработку решений по модернизации существующих схем и оборудования; проводить варианты технико-экономические и технические расчеты; проводить анализ эффективных технико-экономических решений; оценивать техническое состояние оборудования, прогнозировать надежность его работы Демонстрирует навыки проведения расчетов, методиками испытаний, правилами технической эксплуатации и экологической безопасности	Вопросы для 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 основных понятиях, плохо знаком с основной литературой.	Правильные ответы на менее 60% вопросов.

##### 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 4	
1	Правила эксплуатации и ремонта теплообменного оборудования. Пуски и остановы. Системы планово-предупредительных ремонтов. Сервисное обслуживание
2	Пуско-наладочные испытания теплообменного оборудования
3	Организация строительно-монтажных работ. Монтажные механизмы, инструменты и приспособления
4	Обязка теплообменников контрольно-измерительными приборами. Выбор запорно-предохранительной аппаратуры
5	Конструирование отдельных деталей, элементов и блоков теплообменного оборудования
6	Основы конструирования и изготовления теплообменного оборудования
7	Способы повышения эффективности теплообмена
8	Методы оценки энергетической эффективности теплообменного оборудования
9	Расчёт на прочность отдельных элементов
10	Методы расчёта на прочность по предельным напряжениям и предельным нагрузкам
11	Основы расчёта на прочность. Элементы, узлы и детали теплообменников. Конструкционные материалы, их физические и прочностные характеристики
12	Вариантные расчёты парожидкостных, жидкостно-жидкостных, газо-газовых, газо-жидкостных теплообменников
13	Основы поверочного расчёта теплообменников.

14	Конструкторский расчёт теплообменных аппаратов. Тепловой, гидравлический и аэродинамический расчёты
15	Теория подобия. Основные критериальные уравнения
16	Уравнение теплового баланса. Уравнение расхода. Температурный напор
17	Методы расчёта теплообменных установок
18	Теория рекуперативного теплообмена. Коэффициенты теплопроводности, теплоотдачи, теплопередачи
19	Область применения рекуперативных теплообменников
20	Теплоносители и их физико-химические свойства
21	Способы переноса теплоты. Классификация теплообменных аппаратов

### 5.2.2 Типовые тестовые задания

По способу передачи теплоты теплообменные аппараты классифицируются следующим образом:

1. подогреватели, испарители, холодильники, калориферы, радиаторы
2. рекуперативные (поверхностные), регенеративные, смешительные (контактные)
3. парожидкостные, газожидкостные, жидкостно-жидкостные, газо-газовые
4. высокотемпературные, среднетемпературные, криогенные, низкотемпературные

Идеальный теплоноситель должен обладать следующими физическими свойствами:

1. низкая плотность, вязкость, теплопроводность, высокая теплоёмкость и теплота фазового перехода
2. высокая плотность, вязкость, теплота фазового перехода, низкая теплопроводность и теплоёмкость
3. низкая вязкость, теплопроводность, высокая теплоёмкость, плотность и теплота фазового перехода
4. высокая плотность,

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

Не предусмотрено

## 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 к зачету 40 мин, в это время входит подготовка ответа на теоретические вопросы и тестирование.

## 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>				
А.Н. Иванов, В.Н. Белоусов, С.Н. Смородин	Теплообменное оборудование предприятий [Текст]: учебное пособие	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД	2016	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/18.pdf">http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/18.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>
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	Тепломассообмен [Текст]. Ч.1.: учебное пособие	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД	2016	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/19.pdf">http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/19.pdf</a>
В.А. Суслов	Тепломассообмен [Текст]. Ч.2.: учебное пособие	М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД	2017	<a href="http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/20.pdf">http://www.nizrp.narod.ru/metod/kpte/20.pdf</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

## **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