



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник учебно-методического управления

«29» июня 2023 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Тепломассообменное оборудование предприятий

направление подготовки/специальность 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Энергообеспечение  
предприятий

Форма обучения очная

Санкт-Петербург, 2023

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

формирование у обучающихся углубленного понимания физической сущности процессов теплообмена, протекающих в теплообменных аппаратах и установках; и освоение обучающимися теоретических и расчетных методов, используемых при изучении этих процессов

овладение современными инженерными методами расчета теплообменных процессов, протекающих в теплообменных аппаратах и установках

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП
ПК-2 Способен к разработке схем размещения ОПД в соответствии с технологией производства, обеспечению экологической безопасности ОПД и разработке экозащитных мероприятий, мероприятий по энерго- и ресурсосбережению на ОПД	ПК-2.3 Разрабатывает мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на ОПД	<b>знает</b> нормативы по энерго- и ресурсосбережению на ОПД, источники научно-технической информации по методикам расчета, нормативным документам, справочным данным по теплообменным процессам и оборудованию <b>умеет</b> осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию и выбирать необходимые материалы для проектирования <b>владеет</b> применения знаний нормативов по энерго- и ресурсосбережению на ОПД, терминологией в области проектирования теплообменного оборудования; навыками поиска информации об основном и вспомогательном оборудовании
ПК-3 Способен к проверке технического состояния и остаточного ресурса ОПД, организации профилактических осмотров и текущего ремонта ОПД	ПК-3.1 Соблюдает правила технологической дисциплины при эксплуатации ОПД	<b>знает</b> основные статьи капитальных и эксплуатационных затрат теплообменного оборудования <b>умеет</b> производить оценочные расчёты капитальных и эксплуатационных затрат теплообменного оборудования <b>владеет</b> методиками технико-экономического обоснования проектных разработок

ПК-3 Способен к проверке технического состояния и остаточного ресурса ОПД, организации профилактических осмотров и текущего ремонта ОПД	ПК-3.2 Принимает участие в проверке технического состояния и остаточного ресурса ОПД	<p><b>знает</b> методы организации профилактических осмотров и текущего ремонта, теорию и методики теплотехнических испытаний ТМО</p> <p><b>умеет</b> организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт, производить экспериментов по заданной методике ТМО</p> <p><b>владеет</b> участия в организации профилактических осмотров и текущего ремонта, математическим инструментом обработки и анализа результатов экспериментальных данных</p>
ПК-3 Способен к проверке технического состояния и остаточного ресурса ОПД, организации профилактических осмотров и текущего ремонта ОПД	ПК-3.3 Принимает участие в организации профилактических осмотров и текущего ремонта ОПД	<p><b>знает</b> основные способы преобразования энергии в ряде теплообменных устройств, основные расчётные соотношения применительно к конкретному узлу и детали теплотехнического устройства</p> <p><b>умеет</b> продемонстрировать на реальном объекте метод получения объективных данных о состоянии установки, анализировать расчетные нагрузки потребителей теплоты (холода) и оценивать отпуск (закупку) теплоты (холода) с учетом потерь</p> <p><b>владеет</b> стандартными средствами автоматизации проектирования в соответствии с поставленными техническими заданиями заказчика, знаниями по работе с измерительной аппаратурой на исследуемом теплотехническом устройстве</p>

### 3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.В.08 основной профессиональной образовательной программы 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Тепломассообмен	ОПК-3.1, ОПК-3.3, ОПК-3.6, ОПК-3.7
2	Техническая термодинамика	ОПК-2.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4, ОПК-3.5
3	Гидрогазодинамика	ОПК-3.1, ОПК-3.2
4	Теплофизика и энергосбережение	ПК-1.2, ПК-1.3
5	Физика	ОПК-2.2, УК-1.1, УК-1.2, УК-2.4
6	Основы теплоэнергетики	ПК-1.1

Котельные установки и парогенераторы:  
 утилизация тепла уходящих газов;  
 энергосбережение котельных установок и парогенераторов

Тепломассообмен:  
 теплопроводность;  
 конвективный теплообмен;  
 тепловое излучение;  
 теплообмен при кипении и конденсации

Техническая термодинамика:  
 термодинамические свойства газов;  
 законы термодинамики

Гидрогазодинамика:  
 гидродинамические свойства жидкостей и газов

Теплофизика и энергосбережение:  
 теплофизический расчет ограждающих конструкций

Физика:  
 термодинамические явления переноса

Основы теплоэнергетики:  
 теплоэнергетические установки и оборудование

№ п/п	Последующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-1.4, УК-1.5, УК-1.6, УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4, УК-3.1, УК-3.2, УК-3.3, УК-3.4, УК-3.5, УК-3.6, УК-4.1, УК-4.2, УК-4.3, УК-4.4, УК-5.1, УК-5.2, УК-5.3, УК-6.1, УК-6.2, УК-6.3, УК-6.4, УК-6.5, УК-7.1, УК-7.2, УК-7.3, УК-7.4, УК-8.1, УК-8.2, УК-8.3, УК-8.4, УК-9.1, УК-9.2, УК-9.3, УК-9.4, УК-9.5, УК-10.1, УК-10.2, УК-10.3, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-2.5, ОПК-2.6, ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4, ОПК-3.5, ОПК-3.6, ОПК-3.7, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5, ПК(Ц)-1.6
2	Энергосбережение в теплотехнике и теплотехнологии	ПК-1.1, ПК-1.4, ПК-2.3

**4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Вид учебной работы	Всего часов	Из них часы на практическую подготовку	Семестр
			7
<b>Контактная работа</b>	96		96
Лекционные занятия (Лек)	48	0	48
Практические занятия (Пр)	48	48	48
<b>Иная контактная работа, в том числе:</b>	1,5		1,5
консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР)	1		1
контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР))	0,25		0,25
контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача	0,25		0,25
<b>Часы на контроль</b>	26,75		26,75
<b>Самостоятельная работа (СР)</b>	127,75		127,75
<b>Общая трудоемкость дисциплины (модуля)</b>			
<b>часы:</b>	252		252
<b>зачетные единицы:</b>	7		7

**5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по разделам (темам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**5.1. Тематический план дисциплины (модуля)**

№	Разделы дисциплины	Семестр	Контактная работа (по учебным занятиям), час.						СР	Всего, час.	Код индикатора достижения компетенции
			лекции		ПЗ		ЛР				
			всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку			
1.	1 раздел. Тепломассообменное оборудование предприятий										
1.1.	Тепломассообменное оборудование предприятий	7	10		4	4			26	40	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-2.3
2.	2 раздел. Теплообменные аппараты										
2.1.	Теплообменные аппараты	7	12		4	4			25	41	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-2.3
3.	3 раздел. Смесительные теплообменные аппараты										
3.1.	Смесительные теплообменные аппараты	7	26		40	40			76,75	142,75	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-2.3
4.	4 раздел. Иная контактная работа										
4.1.	Курсовая работа	7								1,25	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-2.3
5.	5 раздел. Контроль										
5.1.	Экзамен	7								27	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-2.3

**5.1. Лекции**

№ разд	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций
1	Тепломассообменное оборудование предприятий	Тепломассообменное оборудование предприятий Основные виды и классификация теплообменного оборудования промышленных предприятий. Натуральные теплотехнические, экономические критерии эффективности использования энергии. Индикаторы и частные критерии энергетической оптимизации промышленных предприятий и объектов жилищно-коммунального хозяйства.

		<p>Балансовые соотношения для анализа энергопотребления. Тепловые и материальные балансы. Эксергетический баланс. Энергобалансы. Принципиальные схемы технологий и структуры энергообеспечения предприятий</p> <p>Рациональное энергоиспользование в системах производства и распределения энергоносителей. Особенности энергосбережения в высокотемпературных теплотехнологиях Энергосбережение в системах отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, сушильных, вы-парных, ректификационных установках; использование тепла конденсата, выбор оптимального диаметра и теплоизоляция трубопроводов, применение теплообменников-утилизаторов, рециркуляция, перемешивание промышленных предприятий Оценка эффективности использования энергии на региональном, отраслевом уровнях, в теплотехнических установках. Интенсивное энергосбережение.</p>
2	Теплообменные аппараты	<p>Теплообменные аппараты</p> <p>Рекуперативные теплообменные аппараты. Распределение температур в трубах и каналах теплообменников.</p> <p>Теплообменные аппараты с оребрением поверхности.</p> <p>Регенеративные теплообменные аппараты. Виды теплообмена в регенераторе.</p> <p>Изучение работы секционного теплообменника.</p>
3	Смесительные теплообменные аппараты	<p>Смесительные теплообменные аппараты</p> <p>Основные процессы обработки воздуха в I-d диаграмме. Выпарные, опреснительные, кристаллизационные и испарительные установки, их назначение, виды и принцип действия. Материальный и тепловой балансы выпарных установок.</p> <p>Сушильные установки. Основы кинетики и динамики сушки.</p> <p>Тепловой и материальный баланс конвективной сушильной установки.</p>

## 5.2. Практические занятия

№ разд	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
1	Тепломассообменное оборудование предприятий	<p>Тепломассообменное оборудование предприятий</p> <p>Виды и методы расчета теплообменного оборудования).</p> <p>Оптимизация конструктивных и режимных параметров при расчете тепломассообменного оборудования.</p> <p>Нормирование потребления энергоресурсов в зданиях и сооружениях</p> <p>Методика разработки баланса котельно-печного топлива на основе расчетных и расчетно-опытных методов. Анализ расходной части баланса.</p>
2	Теплообменные аппараты	<p>Теплообменные аппараты</p> <p>Анализ эффективности работы пластинчатых теплообменных аппаратов на основе показателей теплоэнергетической эффективности.</p> <p>Основные расчетные соотношения для расчета процессов теплообмена и гидродинамики в теплообменных аппаратах.</p> <p>Уравнения теплового баланса и теплопередачи.</p> <p>Тепловой конструктивный расчет рекуперативных теплообменников.</p> <p>Компоновочный расчет трубчатых теплообменников.</p>
3	Смесительные теплообменные аппараты	<p>Смесительные теплообменные аппараты</p> <p>Поверочный расчет тепломассообменного оборудования. Основные виды и назначение вспомогательного оборудования.</p>

		Принципиальные схемы. Тепловой расчет смесительных теплообменников. Диаграмма «энтальпия-влажность» для влажных газов. Тепловой и материальный баланс конвективной сушильной установки.
--	--	---

### 5.3. Самостоятельная работа обучающихся

№ разд	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Тепломассообменное оборудование предприятий	Тепломассообменное оборудование предприятий Повторение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям. Тестирование.
2	Теплообменные аппараты	Теплообменные аппараты Повторение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям. Тестирование.
3	Смесительные теплообменные аппараты	Смесительные теплообменные аппараты Повторение теоретического материала. Подготовка к практическим занятиям. Выполнение курсовой работы. Тестирование.



## 6. Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Программой дисциплины предусмотрено проведение лекционных и практических занятий, на которых дается основной систематизированный материал, а также предполагается закрепление изученного материала и формирование у обучающихся необходимых знаний, умений и навыков. Кроме того, важнейшим этапом изучения дисциплины является самостоятельная работа обучающихся с использованием всех средств и возможностей современных образовательных технологий.

В объем самостоятельной работы по дисциплине включается следующее:

- изучение теоретических вопросов по всем темам дисциплины;
- подготовка к практическим занятиям;
- выполнение курсовой работы;
- подготовка к экзамену.

Залогом успешного освоения этой дисциплины является обязательное посещение практических занятий, так как пропуск одного (тем более, нескольких) занятий может осложнить освоение разделов курса. На практических занятиях материал, изученный самостоятельно, закрепляется в рамках выполнения практических заданий, решения прикладных задач, реализации индивидуальных заданий и других форм, предусмотренных РПД.

Приступая к изучению дисциплины, необходимо в первую очередь ознакомиться содержанием РПД для студентов очной обучения, а также методическими указаниями по организации самостоятельной работы и подготовки к практическим занятиям.

При подготовке к практическим занятиям и в рамках самостоятельной работы по изучению дисциплины обучающимся необходимо:

- повторить законспектированный на предыдущем занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники;
- выполнить практические задания в рамках изучаемой темы;
- ответить на контрольные вопросы по теме, используя материалы ФОС, либо групповые индивидуальные задания, подготовленные преподавателем;
- подготовиться к проверочной работе, предусмотренной в контрольных точках;
- подготовиться к промежуточной аттестации.

Итогом изучения дисциплины является экзамен. Экзамен проводится по расписанию сессии. Форма проведения экзамена – компьютерное тестирование (теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся). Студенты, не прошедшие аттестацию по графику сессии, должны ликвидировать задолженность в установленном порядке.

## 7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

### 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (модуля)	Код и наименование индикатора контролируемой компетенции	Вид оценочного средства
1	Тепломассообменное оборудование предприятий	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-2.3	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тесты.
2	Теплообменные аппараты	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК	Теоретические

		-2.3	вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тесты.
3	Смесительные теплообменные аппараты	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-2.3	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тесты.
4	Курсовая работа	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-2.3	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тесты. Задание на курсовую работу.
5	Экзамен	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-2.3	Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации. Практические задания для проведения промежуточной аттестации. Тесты.

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля успеваемости, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Тестовые задания

(для проверки сформированности индикаторов достижения компетенции (ПК-2.3, ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3)

Тестовые задания размещены по адресу: ЭИОС Moodle

(<https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=2327> // кафедра ТГВ /дисциплина Теплообменные аппараты и установки)

Комплект задач

(для проверки сформированности индикаторов достижения компетенции (ПК-2.3, ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3)

Комплект задач размещены по адресу: ЭИОС Moodle

(<https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=2327> // кафедра ТГВ /дисциплина Теплообменные аппараты и установки)

7.3. Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении текущего контроля успеваемости

<p>Оценка «отлично» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы;</li><li>- точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы;</li><li>- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</li></ul> <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин</li></ul> <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;</li><li>- владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации;</li><li>- применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий;</li><li>- грамотно обосновывает ход решения задач;</li><li>- безупречно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач;</li><li>- творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий</li></ul>
---------------------------------------	--

<p>Оценка «хорошо» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине;</li> <li>- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</li> </ul> <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку;</li> <li>- использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы;</li> <li>- владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач</li> </ul> <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;</li> <li>- средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;</li> <li>- без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий;</li> <li>- обосновывает ход решения задач без затруднений</li> </ul>
<p>Оценка «удовлетворительно» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- достаточный минимальный объем знаний по дисциплине;</li> <li>- усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой;</li> <li>- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок</li> </ul> <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку;</li> <li>- владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач;</li> <li>- умеет под руководством преподавателя решать стандартные задачи</li> </ul> <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий;</li> <li>- достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;</li> <li>- испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий</li> </ul>
<p>Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- фрагментарные знания по дисциплине;</li> <li>- отказ от ответа (выполнения письменной работы);</li> <li>- знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине;</li> </ul> <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- не умеет использовать научную терминологию;</li> <li>- наличие грубых ошибок</li> </ul> <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- низкий уровень культуры исполнения заданий;</li> <li>- низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;</li> <li>- отсутствие навыков самостоятельной работы;</li> <li>- не может обосновать алгоритм выполнения заданий</li> </ul>

7.4. Теоретические вопросы и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

#### 7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Вопросы к практическим занятиям

1. Что такое теплообменный аппарат, тепломассообменный аппарат?
  2. Чем отличаются процессы теплопроводности, конвекции, лучеиспускания?
  3. Что такое регенеративные теплообменные аппараты?
  4. Что такое рекуперативные теплообменные аппараты?
  5. Что относится к высокотемпературным теплоносителям?
  6. Что относится к среднетемпературным теплоносителям?
  7. Какие теплоносители применяют в криогенных аппаратах?
  8. Какие требования предъявляют к теплоносителям.
  9. В каких пределах находятся температура, давление и скорость движения теплоносителей в теплообменных аппаратах?
  10. В каких пределах находится коэффициент теплоотдачи различных теплоносителей?
  11. От чего зависят затраты на транспортировку различных теплоносителей?
  12. Чем ограничивается скорость движения запыленных газов по трубопроводам?
  13. Чем ограничивается температура движения дымовых газов в тепловых аппаратах?
  14. Как изменяется температура теплоносителя в процессах кипения или конденсации?
  15. Как изменяется температура фазовых превращений смеси по отношению к ее составляющим?
  16. Чем определяются диаметр труб в кожухотрубных теплообменниках?
  17. Где используют кожухотрубные теплообменники?
  18. Что такое линзовые компенсаторы и где их применяют?
  19. Что такое пластинчатые теплообменники и где их применяют?
  20. Что такое теплообменники с пленочным движением жидкости, их область применения, достоинства?
  21. Что такое калорифер, или воздухоподогреватель?
  22. Что такое экономайзер, его конструкция и область использования?
  23. Что такое радиационные рекуператоры их особенности и область использования?
  24. Что включает конструктивный расчет теплообменника?
  25. Что включает поверочный расчет теплообменника?
  26. Какие виды расчетов приняты при проектировании теплообменников?
  27. Что называется регенеративным теплообменником?
  28. Назначение и краткая характеристика насадки регенеративного теплообменника.
  29. Основная область применения регенеративных теплообменников.
  30. Какие подогреватели используют в качестве воздухоподогревателей для использования теплоты дымовых газов?
  31. Что является достоинством регенеративной насадки?
  32. Что является недостатком регенеративной насадки?
  33. Что такое смесительные теплообменники?
  34. Достоинства смесительных теплообменников.
  35. Недостатки смесительных теплообменников.
  36. Что такое влагосодержание воздуха?
  37. Что такое абсолютная влажность воздуха?
  38. Как изменяется температура теплоносителя в процессах кипения или конденсации?
  39. Какой параметр влажного воздуха изменяется в рекуперативном теплообменнике при повышении температуры?
  40. Что такое коэффициент рециркуляции воздуха?
- Вопросы по лекционному материалу дисциплины
1. Тепло- и массообменные процессы и установки (классификация, понятия и определения);
  2. Теплообменные и тепломассообменные аппараты;
  3. Теплоносители (назначение, агрегатное состояние рабочие температуры и давление);
  4. Конструкции рекуперативных теплообменников;
  5. Расчет и последовательность проектирования теплообменных аппаратов рекуперативного типа;
  6. Тепловой конструктивный расчет рекуперативного теплообменного аппарата;
  7. Поверочный и компоновочный расчет рекуперативного теплообменного аппарата;

8. Гидравлический расчет теплообменного аппарата рекуперативного типа;
9. Тепловые трубы (устройство, принцип действия);
10. Тепловые трубы с капиллярно-пористым материалом;
11. Термосифоны (трубы Перкинса);
12. Конструкции регенеративных теплообменных аппаратов;
13. Тепловой расчет регенераторов;
14. Регенеративные аппараты с кипящим слоем;
15. Смесительные теплообменные аппараты;
16. Аппараты с непосредственным контактом газов и жидкости (скрубберы);
17. Процесс сушки;
18. Основные уравнения теплообмена;
19. Теплообменные и тепломассообменные аппараты;
20. Термодинамические процессы и обратный цикл;
21. Фазовый переход вещества;
22. Свойства влажных материалов, как объектов сушки;
23. Процесс сушки;
24. Динамика сушки;
25. Вихревой и термоэлектрический эффекты;
26. Кинетика сушки (кривые сушки и скорости сушки);
27. Конвективная сушка (сушильные установки, сушильные агенты);
28. Материальный и тепловой балансы процесса сушки;
29. Сушка твердых дисперсионных материалов;
30. Сушка жидкотекучих материалов;
31. Объемные потери в компрессоре;
32. Перегонка и ректификация (процессы тепло- и массообмена);
33. Анализ теоретических и действительных рабочих процессов в цилиндре компрессора;
34. Ректификационные установки;
35. Индикаторная диаграмма рабочих процессов в цилиндре компрессора;
36. Конструкции ректификационных колонн.

#### 7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся размещены по адресу ЭИОС Moodle (<https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=2327>)

#### 7.4.3. Примерные темы курсовой работы (проекта) (при наличии)

1. Конструктивный и гидравлический расчет рекуперативного теплообменного аппарата
2. Тепловой расчет горизонтального секционного кожухотрубного водоводяного подогревателя.
3. Расчет вертикального кожухотрубчатого теплообменного аппарата.
4. Расчет сушильной установки

#### 7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.2.

Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п. 7.3.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

Экзамен проводится в форме компьютерного тестирования в moodle. В экзаменационный тест включены теоретические вопросы и практические задания, соответствующие содержанию формируемых компетенций. Продолжительность экзаменационного тестирования 90 минут.

#### 7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

Критерии оценивания	Оценка «неудовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно»	Оценка «хорошо»	Оценка «отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
	<p>Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы</p>	<p>Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.</p>	<p>Уровень освоения компетенции «продвинутой». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.</p>	<p>Уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка</p>

<p>знания</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -существенные пробелы в знаниях учебного материала; -допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; -непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -знания теоретического материала; -неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; -неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала; - знания теоретического материала -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; -правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала; -полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий; -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, -логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.</p>
<p>умения</p>	<p>При выполнении практического задания билета обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень умений. Практические задания не выполнены Обучающийся не отвечает на вопросы билета при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Допускаются ошибки в содержании ответа и решении практических заданий. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Предложенные практические задания решены с небольшими неточностями. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p>	<p>Обучающийся правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Решает предложенные практические задания без ошибок Ответил на все дополнительные вопросы.</p>



владение навыками	Не может выбрать методику выполнения заданий. Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач. Делает некорректные выводы. Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.	Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач. Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов. Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.	Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач Делает корректные выводы по результатам решения задачи. Обосновывает ход решения задач без затруднений.	Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий. Не допускает ошибок при выполнении заданий. Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий. Грамотно обосновывает ход решения задач.
-------------------	--	---	--	--

Оценка по дисциплине зависит от уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной, и представляет собой среднее арифметическое от выставленных оценок по отдельным результатам обучения (знания, умения, владение навыками).

Оценка «отлично»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 4,5 до 5,0.

Оценка «хорошо»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 3,5 до 4,4.

Оценка «удовлетворительно»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 2,5 до 3,4.

Оценка «неудовлетворительно»/«не зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 0 до 2,4.

## 8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

### 8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС
<b>Основная литература</b>		
1	Губарева В. В., Губарев А. В., Тепломассообменное оборудование предприятий, Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2016	<a href="https://www.iprbookshop.ru/80447.html">https://www.iprbookshop.ru/80447.html</a>
2	Ларкин Д. К., Тепломассообменное оборудование предприятий, Москва: Юрайт, 2023	<a href="https://urait.ru/bcode/517756">https://urait.ru/bcode/517756</a>
3	Дерюгин В. В., Васильев В. Ф., Уляшева В. М., Тепломассообмен, Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016	<a href="http://www.iprbookshop.ru/74378.html">http://www.iprbookshop.ru/74378.html</a>
4	Цирельман Н. М., Теория и прикладные задачи тепломассопереноса, Санкт-Петербург: Лань, 2022	<a href="https://e.lanbook.com/book/206651">https://e.lanbook.com/book/206651</a>
5	Цирельман Н. М., Конвективный тепломассоперенос: моделирование, идентификация, интенсификация, Санкт-Петербург: Лань, 2022	<a href="https://e.lanbook.com/book/212909">https://e.lanbook.com/book/212909</a>

6	Логинов В. С., Крайнов А. В., Юхнов В. Е., Феоктистов Д. В., Шабунина О. С., Примеры и задачи по тепломассообмену, Санкт-Петербург: Лань, 2022	<a href="https://e.lanbook.com/book/206057">https://e.lanbook.com/book/206057</a>
7	Остриков А. Н., Василенко В. Н., Фролова Л. Н., Терехина А. В., Процессы и аппараты. Расчет и проектирование аппаратов для тепловых и тепломассообменных процессов, Санкт-Петербург: Лань, 2022	<a href="https://e.lanbook.com/book/264221">https://e.lanbook.com/book/264221</a>
8	Левицкий И. А., Применение современных программно-вычислительных комплексов для решения задач тепломассообмена в промышленных агрегатах. Модели физических процессов в Ansys Fluent, Москва: МИСИС, 2022	<a href="https://e.lanbook.com/book/263504">https://e.lanbook.com/book/263504</a>
9	Кузеванов В. С., Закожурникова Г. С., Закожурников С. С., Тепломассообмен, Москва: Юрайт, 2023	<a href="https://urait.ru/bcode/520195">https://urait.ru/bcode/520195</a>
10	Карташов Э. М., Кудинов В. А., Калашников В. В., Теория тепломассопереноса: решение задач для многослойных конструкций, Москва: Юрайт, 2023	<a href="https://urait.ru/bcode/516154">https://urait.ru/bcode/516154</a>
<b><u>Дополнительная литература</u></b>		
1	Васильев А. В., Бахрачева Ю. С., Теплотехника, Волгоград: Волгоградский институт бизнеса, Вузовское образование, 2013	<a href="http://www.iprbookshop.ru/11352.html">http://www.iprbookshop.ru/11352.html</a>
2	Мракин А. Н., Расчет тепломассообменного оборудования, Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2015	<a href="http://www.iprbookshop.ru/76509.html">http://www.iprbookshop.ru/76509.html</a>
1	Дерюгин В. В., Васильев В. Ф., Уляшева В. М., Тепломассообмен: задания к контрольным работам, СПб., 2015	<a href="http://ntb.spbgasu.ru/elib/00689/">http://ntb.spbgasu.ru/elib/00689/</a>

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Тепломассообменные аппараты и установки	<a href="https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=2327">https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=2327</a>

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	<a href="https://moodle.spbgasu.ru/">https://moodle.spbgasu.ru/</a>
Электронная библиотека Ирбис 64	<a href="http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/">http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "Лань"	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "ЮРАЙТ"	<a href="https://www.biblio-online.ru/">https://www.biblio-online.ru/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "IPRsmart"	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "Консультант студента"	<a href="https://www.studentlibrary.ru/">https://www.studentlibrary.ru/</a>
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU
Федеральный образовательный портал "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>
Российская государственная библиотека	<a href="http://www.rsl.ru">www.rsl.ru</a>
Единый электронный ресурс учебно-методической литературы СПбГАСУ	<a href="http://www.spbgasu.ru">www.spbgasu.ru</a>

Библиотека статей журнала НП «АВОК»	<a href="http://www.abok.ru/articleLibrary/">http://www.abok.ru/articleLibrary/</a>
Образовательные интернет-ресурсы СПбГАСУ	<a href="https://www.spbgasu.ru/Universitet/Biblioteka/Obrazovatelnye_internet-resursy/">https://www.spbgasu.ru/Universitet/Biblioteka/Obrazovatelnye_internet-resursy/</a>
Периодические издания СПбГАСУ	<a href="https://www.spbgasu.ru/Universitet/Biblioteka/Periodicheskie_izdaniya/">https://www.spbgasu.ru/Universitet/Biblioteka/Periodicheskie_izdaniya/</a>

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Наименование	Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)
Ansys	Сублицензионный договор №1976-ПО/2017-СЗФО от 16.10.2017 г. с ЗАО "КАДФЕМ Си-Ай-Эс". Лицензия бессрочная
LibreOffice	Свободно распространяемое

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость оборудованием и техническими средствами обучения
25. Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудиосистема), доска, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.
25. Помещения для самостоятельной работы	Помещение для самостоятельной работы (читальный зал библиотеки, ауд. 217): ПК-23 шт., в т.ч. 1 шт.- ПК для лиц с ОВЗ (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СПбГАСУ.
25. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий	Комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудиосистема), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.

Для инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются специальные условия для получения образования в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов.