

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Горбунов Алексей Александрович

Должность: Заместитель начальника университета по учебной работе

Дата подписания: 10.07.2024 14:30:01

Уникальный программный ключ:

286e49ee1471d400cc1f45539d51ed7bbf0e8f5c7

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Санкт-петербургский университет  
Государственной противопожарной службы МЧС России»**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«ТЕПЛОТЕХНИКА»**

**Специальность  
21.05.04 «Горное дело»**

**Профиль  
Технологическая безопасность и горноспасательное дело**

**Уровень специалитета**

## 1. Цели и задачи дисциплины «Теплотехника»

### 1.1 Цели освоения дисциплины «Теплотехника»:

- формирование целостного мировоззрения и развитие системно-эволюционного стиля мышления;
- формирование системы теплотехнических знаний как фундаментальной базы инженерной подготовки;
- формирование навыков по грамотному применению положений технической термодинамики и тепломассообмена в процессе научного анализа проблемных ситуаций, которые инженер должен разрешать при создании новой техники и новых технологий.
- ознакомление с историей и логикой основных открытий теплотехники.

В процессе освоения дисциплины «Теплотехника» обучающийся формирует и демонстрирует нормативно заданные универсальные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции (таблица 1).

Таблица 1

Компетенции	Содержание
УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
ОПК-8	Способен работать с программным обеспечением общего, специального назначения и моделирования горных и геологических объектов
ПК-4	Способен выявлять, идентифицировать и прогнозировать опасности, анализировать и оценивать профессиональные риски, риски аварий на опасных производственных объектах и обосновывать методы их управления при эксплуатационной разведке и добыче твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов.

### 1.2 Задачи дисциплины «Теплотехника»:

- изучение термодинамических процессов и основ их анализа; термодинамики потока; элементов химической термодинамики; основных закономерностей теплообмена и массообмена при стационарном и нестационарном режимах; способов управления параметрами теплообмена;

- формирование умений оценивать параметры состояния термодинамических систем и эффективность термодинамических процессов; рассчитывать показатели параметры теплообмена; анализировать термодинамические процессы в теплотехнических устройствах, применяющихся в горном деле;
- овладение методами анализа эффективности термодинамических процессов горного производства и управления интенсивностью обмена энергией в них.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения дисциплины «Теплотехника», соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплины, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представлен в таблице 2.

Таблица 2 - Планируемые задачи и результаты обучения

Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Универсальная компетенция</b>	
УК-1.1 Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации, методики системного подхода для решения профессиональных задач.	<b>Знает</b>
	предметы познания традиционных разделов фундаментальных наук
	методы практической логики
УК-1.2. Умеет анализировать и систематизировать разнородные данные, оценивать эффективность процедур анализа проблем и принятия решений в профессиональной деятельности.	<b>Умеет</b>
	рационально обосновывать свои взгляды
	ставить задачи и находить пути их решения
УК-1.3. Владеет навыками научного поиска и практической работы с информационными источниками; методами принятия решений.	<b>Владеет</b>
	самостоятельного изучения новых разделов фундаментальных наук
	организации самостоятельной работы.
<b>Общепрофессиональная компетенция</b>	
ОПК-8.1. Знает современные программные средства, в том числе отечественного производства, для решения задач профессиональной деятельности.	<b>Знает</b>
	основы современных технологий сбора, обработки, преобразования и представления информации
	возможности аппаратно-программного и математического обеспечения в процессе решения задач профессиональной деятельности
	методики анализа результатов исследований

ОПК-8.2. Умеет выбирать современное программное обеспечение общего, специального назначения для моделирования горных и геологических объектов.	Умеет
	использовать современные информационно-коммуникационные технологии в процессе решения научно-технических и проектных задач
ОПК-8.3. Владеет навыками применения программным обеспечением общего, специального назначения и моделирования горных и геологических объектов, при решении задач профессиональной деятельности.	Владеет
	навыками работы с информационно-поисковыми и справочно-информационными системами
	навыками использования средств и методов обеспечения информационной безопасности
	навыками анализа, систематизации, упорядочивания научно-исследовательских работ

### профессиональные компетенции:

Задача ПД	Объект или область знания	Код и наименование профессиональных компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
Тип задач профессиональной деятельности: производственно-технологический			
Проектирование систем защиты человека от опасных и вредных факторов производственной среды горных предприятий на основе научно-обоснованных методов и нормативных документов обеспечения безопасного ведения горных и взрывных работ при применении различных технологий разработки месторождений и освоении подземного пространства	обеспечение безопасного ведения горных и взрывных работ при применении различных технологий разработки месторождений и освоении подземного пространства	ПК-4. Способен выявлять, идентифицировать и прогнозировать опасности, анализировать и оценивать профессиональные риски, риски аварий на опасных производственных объектах и обосновывать методы их управления при эксплуатационной разведке и добыче твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов.	ПК-4.1. Знать: основные техносферные опасности горного производства, их свойства и методы их идентификации и прогноза; специфику воздействия вредных и опасных факторов применительно к сфере своей профессиональной деятельности; методы защиты от основных опасных факторов при строительстве и эксплуатации подземных объектов.  ПК-4.2. Уметь: выбирать методы защиты от воздействия опасных и вредных производственных факторов; анализировать и оценивать профессиональные риски, в том числе риски аварий на опасных производственных объектах; опе-

			<p>ративно и грамотно решать вопросы минимизации риска, профилактики и ликвидации аварийных ситуаций и их последствий, текущие задачи и планируемые мероприятия по промышленной безопасности и охране труда на производстве.</p> <p>ПК-4.3. Владеть: методами выявления и прогнозирования динамики развития воздействия опасных факторов сферы производства, методами обеспечения безопасных режимов работы оборудования горных предприятий в период строительства и эксплуатации.</p>
--	--	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### **3. Место дисциплины «Теплотехника» в структуре основной профессиональной образовательной программы (далее – ОПОП)**

Дисциплина «Теплотехника» относится к базовой части блока ОПОП по направлению 21.05.04 «Горное дело», направление (профиль) "Технологическая безопасность и горноспасательное дело".

Целями освоения дисциплины являются обеспечить студенту комплекс знаний о законах и закономерностях прикладной термодинамики с целью их использования при изучении последующих дисциплин и в практической деятельности при проектировании и руководстве горными работами

Изучение учебной дисциплины «Теплотехника» опирается на учебные курсы дисциплин базовой части: «Физика», «Математика», «Химия», «Информатика».

Изучение учебной дисциплины «Теплотехника» становится фундаментальной основой изучения дисциплин: «Опасные природные процессы», «Спасательная техника и базовые машины», «Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело», «Надёжность технических систем и техносферные риски», «Аэрология горных предприятий», «Электротехника и электроника».

**4 Структура и содержание учебной дисциплины «Теплотехника»**  
Общая трудоемкость дисциплины 4 зачетные единицы (144 часа).

**4.1 Объем учебной дисциплины «Теплотехника» и виды учебной работы**  
**для очной формы обучения**

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
1	2	4
Общая трудоемкость дисциплины в часах	144	108
Общая трудоемкость дисциплины в зачетных единицах	4	4
<b>Контактная работа (в виде аудиторной работы)</b>	56	56
В том числе:		
Лекции	18	18
Лабораторные занятия (ЛЗ)	10	10
Практические занятия (ПЗ)	26	26
Консультация	2	2
<b>Контроль (форма контроля - Экзамен)</b>	36	36
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	52	52
Вид аттестации		Экзамен

## 4.2 Разделы дисциплины «Теплотехника» и виды занятий

для очной формы обучения

### Тематический план (7 семестр)

№ п.п.	Наименование разделов и тем	Всего часов	Количество часов по видам занятий				Самостоятельная работа	Примечание
			Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Контрольные работы		
1	2	3	4	5	6	7	8	11
1-2	Основные понятия и определения. Смеси рабочих тел. Теплоемкость.	4	2	-	2	-		
3	Законы термодинамики и термодинамические процессы.	4	2	-	2	-		
4	Термодинамика потоков.	8	2	-	2	-	4	
5	Реальные газы и пары. Фазовые переходы.	6	2		4	-		
6	Термодинамический анализ теплотехнических устройств.	6		-		-	6	
7	Теплогенерирующие устройства, холодильная и криогенная техника	4					4	
8	Химическая термодинамика. Топливо и основы горения.	4					4	
Всего по разделу 1		36	8		10	-	18	

## Тематический план (8 семестр)

№ п.п.	Наименование разделов и тем	Всего часов	Количество часов по видам занятий				Самостоятельная работа	Примечания
			Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Контрольные работы		
1	2	3	4	5	6	7	8	
9	Основные понятия и определения теории теплообмена.	14	2	6		-	6	
10	Теплопроводность.	10	2	4		-	4	
11	Конвективный теплообмен. Основы теории теплообмена.	12	2		4	-	6	
12	Излучение.	12	2	-	6	-	4	
13	Теплопередача. Интенсификации теплопередачи.	4	2	-		-	2	
14	Основы массообмена. Тепломассообменные устройства/	12			6		6	
15	Применение теплоты в горно-спасательном деле и охрана окружающей среды. Основы энергосбережения и основные направления экономии энергоресурсов. Вторичные энергетические ресурсы.	6					6	
	<i>Всего по разделу 2</i>	108	10	10	16		34	
	Консультация	2					2	
	Экзамен по курсу	36						
	<i>Всего по курсу</i>	144	18	10	26		52	

## 4.3 Содержание учебной дисциплины «Теплотехника»

### РАЗДЕЛ 1. Термодинамика

#### Тема 1. Основные понятия и определения термодинамики

Предмет, задачи и содержание курса теплотехники. Связь с другими отраслями знаний. Значение теплотехнических знаний для сотрудников пожарной охраны. Место и роль курса в общей системе подготовки специалистов для органов и подразделений пожарной охраны. Структура и методика изучения курса.

Предмет термодинамики и ее методы. Термодинамическая система. Основные параметры состояния. Равновесное и неравновесное состояние. Уравнения состояния. Равновесные и неравновесные состояния. Термодинамический процесс. Равновесные и неравновесные процессы. Обратимые и необратимые процессы.

#### **Рекомендуемая литература:**

основная [1];

дополнительная [1,2].

#### Тема 2. Смеси рабочих тел. Теплоемкость

Способы задания состава смеси, соотношения между массовыми и объемными долями. Вычисление параметров состояния смеси, определение кажущейся молекулярной массы и газовой постоянной смеси, определение парциальных давлений компонентов.

Массовая, объемная и молярная теплоемкости. Теплоемкость при постоянных объеме и давлении. Зависимость теплоемкости от температуры и давления. Средняя и истинная теплоемкости. Формулы и таблицы для определения теплоемкостей. Теплоемкость смеси рабочих тел.

**Лабораторно-практическое занятие.** Газовые смеси. Теплоемкость. Выполнение расчетно-графической работы «Газовые смеси. Теплоемкость».

**Самостоятельная работа.** Подготовка отчета по результатам выполненной работы.

#### **Рекомендуемая литература:**

основная [1];

дополнительная [1,2].

#### Тема 3. Законы термодинамики и термодинамические процессы

Сущность первого закона термодинамики. Формулировка первого закона термодинамики. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Определение работы и теплоты через термодинамические параметры состояния. Внутренняя энергия. Энтальпия. Энтропия.  $p$ - $v$ - и  $T$ - $s$ - диаграммы. Уравнение первого закона термодинамики для потока.

Сущность второго закона термодинамики. Основные формулировки второго закона термодинамики. Термодинамические циклы тепловых машин. Прямые и обратные циклы. Термодинамический К.П.Д. и холодильный

коэффициент. Циклы Карно и анализ их свойств. Аналитическое выражение второго закона термодинамики. Изменение энтропии в необратимых процессах. Изменение энтропии и работоспособность изолированной термодинамической системы. Эксергия теплоты.

Общие методы исследования процессов изменения состояния рабочих тел. Политропные процессы. Основные характеристики политропных процессов. Изображение процессов в координатах  $Pv$  и  $Ts$ . Основные термодинамические процессы: изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный – частные случаи политропного процесса.

Термодинамический анализ процессов в компрессорах. Классификация компрессоров и принцип их действия. Индикаторная диаграмма. Изотермическое, адиабатное и политропное сжатие, полная работа, затрачиваемая на привод компрессора. Многоступенчатое сжатие. Изображение в  $Pv$ - и  $Ts$ - диаграммах термодинамических процессов, протекающих в компрессорах. Необратимое сжатие. Относительный внутренний К.П.Д. компрессора.

**Лабораторно-практическое занятие.** Законы термодинамики и термодинамические процессы. Выполнение расчетно-графической работы «Многоступенчатый компрессор».

**Рекомендуемая литература:**

основная [1];

дополнительная [1,2].

#### **Тема 4. Термодинамика потоков**

Основные положения. Уравнения истечения. Располагаемая работа и скорость истечения. Секундный расход при истечении. Связь критической скоростью истечения с местной скоростью распространения звука. Критическое отношение давлений. Расчет скорости истечения и секундного массового расхода для критического режима. Условия перехода через критическую скорость. Сопло Лавалья. Расчет процесса истечения водяного пара с помощью  $is$ - диаграммы. Действительный процесс истечения. Термодинамические процессы в газовых установках пожаротушения. Истечение газа из баллона ограниченной вместимости.

Дросселирование газов и паров. Сущность процесса дросселирования и его уравнение. Изменение параметров в процессе дросселирования. Понятие об эффекте Джоуля-Томсона. Особенности дросселирования идеального и реального газов. Понятие о температуре инверсии. Условное изображение процесса дросселирования в  $is$ - диаграмме. Практическое использование процесса дросселирования.

**Самостоятельная работа.** Изучение теоретического материала.

**Рекомендуемая литература:**

основная [1];

дополнительная [1,2].

## **Тема 5. Реальные газы и пары. Фазовые переходы**

Свойства реальных газов. Пары. Процессы парообразования в  $p$ - $v$ - и  $T$ - $s$ -диаграммах. Фазовая диаграмма веществ. Термодинамические свойства поверхности раздел фаз. Понятие об уравнении Вукаловича-Новикова. Уравнение Боголюбова-Майера. Термодинамические таблицы воды и водяного пара. Термодинамические диаграммы  $p$ - $v$ -,  $T$ - $s$ - и  $i$ - $s$ - водяного пара, двуокиси углерода, фреонов. Расчет термодинамических процессов изменения состояния пара. Жидкости и пары, используемые в установках пожаротушения. Жидкости и пары, обращающиеся в технологических установках с повышенной пожарной опасностью.

Гомогенные и гетерогенные термодинамические системы. Термодинамическое равновесие. Условие фазового равновесия. Фазовые переходы. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Устойчивость фаз. Фазовые переходы при одинаковых давлениях фаз. Фазовые переходы при искривленных поверхностях раздела.

**Лабораторно-практическое занятие.** Исследование термодинамических параметров при фазовых переходах на линии насыщения жидкость—пар.

### **Рекомендуемая литература:**

основная [1];

дополнительная [1,2].

## **Тема 6. Термодинамический анализ циклов теплотехнических устройств. Общие методы анализа эффективности циклов теплосиловых установок**

Циклы паросиловых установок. Принципиальная схема паросиловой установки. Цикл Ренкина и его использование. Влияние начальных и конечных параметров на термический К.П.Д. цикла Ренкина. Изображение цикла  $p$ - $v$ -,  $T$ - $s$ - и  $i$ - $s$ - диаграммах. Пути повышения экономичности паросиловых установок. Теплофикационный цикл. Понятие о циклах атомных силовых установок.

Циклы двигателей внутреннего сгорания (Д.В.С.). Принцип действия поршневых Д.В.С. Циклы с изохорным и изобарным подводом тепла. Цикл со смешанным подводом теплоты. Изображение циклов в  $p$ - $v$ - и  $T$ - $s$ - диаграммах. Термические и эксергические К.П.Д. циклов Д.В.С. Сравнительный анализ термодинамических циклов Д.В.С.

Циклы установок для газовой водяной тушения пожаров.

Циклы холодильных установок. Холодильный коэффициент и холодопроизводительность. Цикл паровой и воздушной компрессорной холодильной установки. Понятие об абсорбционных и парожеторных холодильных установках. Термотрансформаторы.

**Лабораторно-практическое занятие.** Циклы двигателей внутреннего сгорания. Выполнение расчетно-графической работы «Термодинамический расчет цикла двигателя внутреннего сгорания».

### **Рекомендуемая литература:**

основная [1];

дополнительная [1,2].

## **Тема 7. Теплогенерирующие устройства, холодильная и криогенная техника**

Общая характеристика теплосиловых установок. Технологические промышленные печи. Промышленные котельные установки. Паровые и газовые турбины. Двигатели внутреннего сгорания. Тепловые электростанции. Основные положения расчета теплосиловых устройств. Физическая сущность процессов охлаждения. Основы получения искусственного холода. Классификация холодильных машин и установок. Холодильные агрегаты и их основные характеристики. Холодопроизводительность установки. Основы криогенной техники. Воздухоразделительные установки. Гелиевые и водородные системы. Системы хранения и транспортировки криогенных веществ.

**Самостоятельная работа.** Работа с виртуальным УМК в режиме самоконтроля.

### **Рекомендуемая литература:**

основная [1];

дополнительная [1,2].

## **Тема 8. Химическая термодинамика. Топливо и основы горения**

Термохимия. Закон Гесса. Уравнения Кирхгофа. Химическое равновесие и второй закон термодинамики. Константа равновесия и степень диссоциации. Тепловой закон Нернста. Виды топлива и их характеристики. Классификация топлив. Твердое, жидкое и газообразное топливо и их характеристики. Элементарный состав топлива. Теплота сгорания. Основные положения теории горения. Особенности сжигания твердого, жидкого и газообразных топлив и расчет теоретически необходимого количества воздуха для их сжигания. Коэффициент избытка воздуха. Состав объем продуктов сгорания. Теоретическая температура горения.

**Самостоятельная работа.** Изучение теоретического материала.

### **Рекомендуемая литература:**

основная [1];

дополнительная [1,2].

## **РАЗДЕЛ 2. Теория тепломассообмена и промышленная теплотехника**

### **Тема 9. Основные понятия и определения теории теплообмена**

Предмет и задачи теории теплообмена. Значение теплообмена в промышленных процессах. Основные понятия и определения. Виды переноса теплоты: теплопроводность, конвекция и излучение. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности.

Решение уравнения теплопроводности для однослойной и многослойной плоской и цилиндрической стенок.

Расчет температурного поля стенки с учетом зависимости коэффициента теплопроводности от температуры.

**Лабораторно-практическое занятие.** Теплопроводность одно- и многослойных плоских и цилиндрических стенок. Выполнение расчетно-графической работы «Стационарная теплопроводность».

**Самостоятельная работа.** Подготовка отчета по результатам выполненной работы.

#### **Рекомендуемая литература:**

основная [1,2];

дополнительная [1].

### **Тема 10. Теплопроводность**

Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условие однозначности. Коэффициент температуропроводности.

Теплопроводность при нестационарном режиме. Нестационарный процесс теплопроводности. Методы решения задач нестационарной теплопроводности: метод разделения переменных, метод интегрального преобразования Фурье, метод Лапласа. Метод конечных разностей.

Охлаждение (нагревание) неограниченной пластины, цилиндра и шара при граничных условиях первого, второго, третьего рода. Нестационарный процесс теплопроводности в телах конечных размеров. Регулярные режимы. Физические особенности процессов нагревания строительных конструкций и технологического оборудования на пожаре. Испытания строительных конструкций в печах.

**Практическое занятие.** Нестационарная теплопроводность. Выполнение расчетно-графической работы «Нестационарная теплопроводность».

**Самостоятельная работа.** Подготовка отчета по результатам выполненной работы.

#### **Рекомендуемая литература:**

основная [1,2];

дополнительная [1].

### **Тема 11. Конвективный теплообмен**

Основные понятия и определения. Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Дифференциальные уравнения теплообмена: уравнение движения вязкой жидкости (Навье-Стокса), уравнение теплопроводности для по-

тока движущейся жидкости, уравнение теплоотдачи на границе потока и стенки (Био-Фурье), уравнение неразрывности. Условие однозначности к дифференциальным уравнениям конвективного теплообмена. Основные положения теории пограничного слоя. Исследование теплоотдачи методами пограничного слоя.

Основы теории подобия. Основные определения. Условия подобия физических явлений. Преобразования подобия. Числа подобия. Критериальные уравнения. Физический смысл основных чисел подобия. Методы моделирования. Понятия о математическом моделировании.

Теплоотдача при свободном движении жидкости. Теплоотдача в неограниченном объёме: ламинарная и турбулентная конвекция у вертикальных поверхностей. Теплоотдача на горизонтальной плоской поверхности в неограниченном пространстве. Теплоотдача горизонтально расположенного цилиндра в неограниченном объёме. Критериальные уравнения. Теплообмен при свободной конвекции в замкнутых объёмах. Расчет теплоотдачи через тонкие прослойки жидкости и газа.

Теплоотдача при вынужденном течении жидкости в трубах; теплоотдача при ламинарном и турбулентном течении жидкостей в трубах; расчетные уравнения подобия.

Теплоотдача при вынужденном движении среды. Теплообмен при движении жидкостей вдоль плоской поверхности; теплоотдача при ламинарном и турбулентном пограничном слое; решение задач методом теории подобия; критериальные уравнения.

**Лабораторно-практическое занятие.** Теплообмен при естественной конвекции. Теплообмен при вынужденной конвекции. Выполнение расчетно-графической работы «Конвективный теплообмен».

**Самостоятельная работа.** Подготовка отчетов по выполненным работам.

**Рекомендуемая литература:**

основная [1,2];

дополнительная [1].

## **Тема 12. Излучение**

Общие понятия и определения; тепловой баланс лучистого теплообмена. Законы теплового излучения. Теплообмен излучением между телами, разделенными прозрачной средой; коэффициент облученности; теплообмен излучением между телами, произвольно расположенными в пространстве. Защита от излучения. Излучение газов. Излучение факела пламени при пожаре. Расчет безопасных в пожарном отношении расстояний и экранной защиты от теплового излучения. Расчет теплообмена излучением в поглощающей и излучающей среде. Лучистый теплообмен между ограждением и находящейся внутри него высокотемпературной газовой средой.

Радиационно-конвективный и радиационно-кондуктивный теплообмен при большой оптической толщине среды. Критерии радиационного подобия. Теплообмен ограждающих конструкций при пожаре в помещении.

**Лабораторно-практическое занятие.** Расчет безопасных в пожарном отношении расстояний и экранной защиты от теплового излучения. Выполнение расчетно-графической работы «Лучистый теплообмен».

**Самостоятельная работа.** Подготовка отчета по выполненной работе.

**Рекомендуемая литература:**

основная [1,2];

дополнительная [1].

### **Тема 13. Теплопередача. Интенсификации теплопередачи.**

Назначение, классификация и схемы теплообменных аппаратов. Основные положения теплового расчета теплообменных аппаратов. Уравнение теплопередачи.

Теплопередача через плоскую, цилиндрическую, сферическую и оребренную стенки. Пути интенсификации процесса теплопередачи. Тепловая изоляция. Выбор материала тепловой изоляции.

Дифференциальные уравнения тепломассообмена.

**Самостоятельная работа.** Работа с виртуальным УМК в режиме самоконтроля по теме лекции.

**Рекомендуемая литература:**

основная [1,2];

дополнительная [1].

### **Тема 14. Основы массообмена. Тепло-массообменные устройства**

Основные понятия и определения. Концентрационная диффузия. Термо- и бародиффузия. Конвективная диффузия. Дифференциальные уравнения тепломассообмена. Диффузионные критерии подобия. Критериальные уравнения. Расчет тепломассообмена в воздухе при его вынужденном и свободном движении. Тепломассообмен при испарении легковоспламеняющихся и горючих жидкостей. Оценка пожарной опасности образующихся паровоздушных смесей в помещениях.

Назначение, классификация и схемы теплообменных аппаратов. Принцип расчета теплообменных аппаратов. Конструктивный и поверочный тепловые расчеты теплообменных аппаратов. Средний температурный напор. Основы гидродинамического расчета теплообменных аппаратов. Расчет температур теплоносителей на выходе из аппарата при оценке безопасных условий работы.

**Лабораторно-практическое занятие.** Теплопередача. Выполнение расчетно-графической работы «Теплообменный аппарат».

**Самостоятельная работа.** Подготовка отчета по выполненной работе.

**Рекомендуемая литература:**

основная [1,2];

дополнительная [1].

## **Тема 15. Применение теплоты в пожарной охране и охрана окружающей среды. Основы энергосбережения и основные направления экономии энергоресурсов. Вторичные энергетические ресурсы**

Основные потребители теплоты. Элементы сушильной установки. Типы сушильных установок. Тепловой баланс сушильной установки и определение ее размеров. Техничко-экономические показатели сушилок.

Проблема защиты окружающей среды от выброса продуктов горения. Характеристики основных загрязняющих веществ. Основные методы очистки продуктов горения от вредных выбросов.

Основные направления экономии энергоресурсов. Повышение эффективности энергетического и энергоиспользующего оборудования. Снижение энергопотерь, совершенствование учета и нормирование расхода энергоресурсов.

Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР). Общие положения и классификация ВЭР. Роль ВЭР в топливо и теплотреблении. Источники ВЭР и их использование.

**Самостоятельная работа.** Работа с виртуальным УМК в режиме самоконтроля.

### **Рекомендуемая литература:**

основная [1,2];

дополнительная [1].

## **5. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины «Теплотехника»**

При реализации программы учебной дисциплины «Теплотехника» используется инновационная образовательная технология информационной поддержки работы обучающихся на практических занятиях, а также самостоятельной работы во внеаудиторный период, основой которой является виртуальный учебно-методический комплекс «Теплотехника», включающий:

- оригинальный электронный учебник «Теплотехника», структура которого адаптирована к структуре изучаемого курса;
- методические указания по самостоятельному изучению курса;
- задания и методические указания по выполнению курсового проекта;
- расчетно-графические работы с методическими рекомендациями по их выполнению;
- тесты самоконтроля;
- сборник задач для самостоятельного решения;
- теплофизический справочник.

Общими дидактическими целями практического занятия являются:

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление теоретических знаний по конкретным темам учебного курса «Теплотехника»;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;

- выработка при решении поставленных задач профессионально значимых качеств: самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Регулятивными нормами способов достижения указанных дидактических целей являются принципы верификации, междисциплинарной интегративности, единства и многообразия внутрипредметных связей.

Практическое занятие проводится двумя преподавателями в течение 6 часов и как интегративный вид учебного занятия включает в себя два взаимосвязанных блока.

**1. Контрольно-практический блок:** самостоятельное выполнение каждым обучающимся учебной группы в течение 4 часов в процессе активного взаимодействия с преподавателями индивидуального тестового практического задания по теме предстоящего расчетно-графического задания.

Образовательными задачами контрольно-практического блока являются:

- глубокое изучение лекционного материала, изучение методов работы с учебной литературой, получение персональных консультаций у преподавателя;
- решение спектра практических задач, в том числе профессиональных (анализ производственных ситуаций, решение ситуационных задач и т. п.);
- выполнение вычислений, расчетов;
- работа с нормативными документами, инструктивными материалами, справочниками.

**2. Аналитико-обобщающий блок:** в процессе активного взаимодействия с преподавателями в течение 2 часов самостоятельная обработка и представление результатов выполнения расчетно-графического задания.

Цель обучения аналитико-обобщающего блока: формирование профессиональной компетенции развитие способности самостоятельно выбирать и использовать современные прикладные программные средства при выполнении технических расчетов; формирование общекультурной компетенции проводить доказательства утверждений как составляющей когнитивной и коммуникативной функции; формирование профессиональных компетенций: представлять утверждения, доказательства, проблемы, результаты исследований ясно и точно в терминах, понятных для профессиональной аудитории, как в письменной, так и в устной форме; понимать и излагать учебную информацию и представлять результаты исследований в рамках учебного процесса.

На лекционных занятиях используется мультимедийный проектор с комплектом презентаций.

## **6. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций обучающихся по дисциплине «Теплотехника»**

### **6.1. Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену**

1. Предмет термодинамики.
2. Основные параметры состояния. Законы идеальных газов.
3. Работа, совершаемая телом при изменении объема.
4. Внутренняя энергия, количество теплоты. Первый закон термодинамики.
5. Способы задания газовой смеси.
6. Соотношения между массовыми и объемными долями. Определение кажущейся молярной массы смеси и парциальных давлений компонентов.
7. Теплоемкости смеси рабочих тел.
8. Теплоемкость тела, удельная, объемная и молярная теплоемкости. Соотношения между ними.
9. Теплоемкости при постоянном объеме и давлении. Уравнение Майера.
10. Теплоемкости идеального газа. Зависимость теплоемкости от температуры.
11. Порядок исследования термодинамических процессов.
12. Исследование изохорного процесса.
13. Исследование изобарного процесса.
14. Исследование изотермического процесса.
15. Исследование адиабатного процесса.
16. Исследование политропного процесса. Основные термодинамические процессы — частные случаи политропного процесса.
17. Классификация компрессоров и принцип их действия.
18. Анализ работы одноступенчатого компрессора. Индикаторная диаграмма. Изотермическое, адиабатное и политропное сжатие, полная работа, затрачиваемая на привод компрессора. Недостатки одноступенчатого компрессора.
19. Многоступенчатый компрессор. Индикаторная диаграмма. Преимущества многоступенчатых компрессоров.
20. Истечение газов. Стационарное истечение. Использование в технике.
21. Уравнение неразрывности. Первый закон термодинамики для потока. Уравнение Бернулли.
22. Свойства дозвуковых и сверхзвуковых потоков. Сопла и диффузоры. Сопло Лаваля.
23. Истечение из суживающегося сопла. Расчет температуры, скорости истечения и расхода.
24. Критическое истечение. Расчет температуры, скорости истечения и расхода.
25. Дросселирование газов и паров. Особенности дросселирования идеального и реального газов. Понятие об эффекте Джоуля-Томсона. Практическое использование процесса дросселирования.
26. Круговой процесс. Прямые и обратные циклы. Второй закон термодинамики.
27. Цикл Карно и его свойства. К.П.Д. Цикла Карно.
28. Понятие о двигателях внутреннего сгорания. Индикаторная диаграмма четырехтактного карбюраторного Д.В.С. Метод термодинамического рассмотрения циклов.
29. Цикл двигателя внутреннего сгорания с изохорным подводом теплоты.
30. Цикл двигателя внутреннего сгорания с изобарным подводом теплоты.

31. Цикл двигателя внутреннего сгорания со смешанным подводом теплоты. Сравнение циклов двигателей внутреннего сгорания.
32. Диаграмма состояния. Тройная точка и критическая точка. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
33. P-v диаграмма для водяного пара. Влажный, сухой и перегретый пар. Степень сухости пара.
34. Уравнения Ван-дер-Ваальса и Вукаловича-Новикова.
35. T-s диаграмма для водяного пара.
36. Цикл Карно для водяного пара. Цикл Ренкина.
37. Теплофикационный цикл. Понятие о циклах атомных силовых установок.
38. Основные понятия и определения теории теплообмена. Виды переноса теплоты: теплопроводность, конвекция и излучение.
39. Теплопроводность. Понятие о температурном поле, градиенте температуры. Закон Фурье. Зависимость коэффициента теплопроводности от температуры.
40. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Граничные условия.
41. Решение уравнения теплопроводности для однослойной плоской стенки.
42. Решение уравнения теплопроводности для многослойной плоской стенки.
43. Решение уравнения теплопроводности для цилиндрической стенки.
44. Использование метода последовательных приближений для решения задач стационарной теплопроводности.
45. Конвективный теплообмен. Основные понятия и определения. Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи.
46. Система дифференциальных уравнений для конвективного теплообмена. Условие однозначности.
47. Понятие о теории подобия. Числа подобия. Критериальные уравнения. Физический смысл основных чисел подобия.
48. Конвективный теплообмен при свободной конвекции в большом объеме.
49. Конвективный теплообмен при свободной конвекции в прослойках.
50. Конвективный теплообмен при вынужденном течении жидкостей.
51. Теплообмен при кипении. Экспериментальные данные. Пузырьковое и пленочное кипение. Вопросы пожарной безопасности устройств и аппаратов, в которых реализуются процессы кипения жидкостей.
52. Теплообмен при конденсации пара. Пленочная и капельная конденсация.
53. Лучистый теплообмен. Основные понятия и определения. Баланс лучистого теплообмена.
54. Законы теплового излучения.
55. Лучистый теплообмен между телами, произвольно ориентированными в пространстве. Расчет безопасных в пожарном отношении расстояний.
56. Использование экранов для обеспечения безопасных расстояний.
57. Назначение, классификация и схемы теплообменных аппаратов.

58. Основные положения теплового расчета теплообменных аппаратов. Средний температурный напор.

59. Теплопередача через плоскую однослойную стенку.

60. Теплопередача через плоскую многослойную стенку.

61. Теплопередача через цилиндрическую стенку. Критический диаметр тепловой изоляции.

62. Изменение температуры при нестационарном режиме. Регулярный тепловой режим.

63. Уравнение нестационарной теплопроводности и методы его решения. Обобщенные переменные.

64. Двухсторонний прогрев стенки при граничных условиях 3-го рода.

65. Нестационарная теплопроводность полуограниченного тела при стационарных граничных условиях.

66. Особенности решения задач нестационарной теплопроводности в горном деле. Изменение физических параметров тел при нагревании в условиях закрытого пожара. Влияние влажности строительных материалов. Стандартный температурный режим и предел огнестойкости.

## 6.2. Шкала оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок.

На экзамене используется традиционная система контроля и оценки успеваемости обучающихся

Критерии выставления оценок по четырехбалльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» представлены в таблице 3.

Таблица 3

Форма контроля	Показатели оценивания	Критерии выставления оценок	Шкала оценивания
экзамен	правильность и полнота ответа	оценку <b>«отлично»</b> заслуживает обучающийся, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.	Высокий уровень «5» (отлично)
		оценку <b>«хорошо»</b> заслуживает обучающийся, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.	Средний уровень «4» (хорошо)

		оценку «удовлетворительно» заслуживает обучающийся, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.	Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)
		оценку «неудовлетворительно» заслуживает обучающийся, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.	Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)

## 7. Ресурсное обеспечение учебной дисциплины

**7.1. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение «Теплотехника»** — виртуальный учебно-методический комплекс.

### 7.2. Литература

#### Основная литература:

1. Основы теплотехники в пожарном деле: учебник для пожарнотехнических вузов. / Кузьмин А.А., Минкин Д.А., Пермяков А.А., Романов Н.Н. / Под общей ред. Б.В. Гавкалюка. — СПб.: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, 2022. — 376 с. **Режим доступа:** <http://elib.igps.ru/?5&type=card&cid=ALSFR-44a22728-dfbe-43b1-b328-63735aa1adff&remote=false>

2. А.А. Кузьмин, Н.Н. Романов, А.А. Пермяков / Процессы теплопроводности в практике пожарного дела: учебное пособие. / Под общей ред. Б.В. Гавкалюка. — СПб.: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, 2020. — 132 с. **Режим доступа:** <http://elib.igps.ru/?4&type=card&cid=ALSFR-ef333fc7-e7aa-4e67-bc84-52f1a46733b5>

#### Дополнительная литература:

1. Теплотехника: Учеб. для вузов. / В.Н. Луканин, М.Г. Шатров, Г.М. Камфер и др.; под ред. В.Н. Луканина. — М.: Высш. шк., 2009. Режим доступа: <http://elib.igps.ru/?122&type=card&cid=ALSFR-f9e61df9-06a4-49e4-9098-4c254500d14d>

2. Техническая термодинамика : курс лекций : [гриф МЧС] / А. А. Кузьмин, Н. Н. Романов, Е. Ф. Харитоновна ; ред. Э. Н. Чижиков ; МЧС России. - СПб. : СПбУ ГПС МЧС России, 2016. - 200 с. - URL: <http://elib.igps.ru/?32&type=card&cid=ALSFR-4ebc2c09-d9da-4cfc-96fe-1274e056cd52&remote=false>

### **7.3. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

1. Технические средства обучения: мультимедийный проектор, доска, экран, ПЭВМ и программные средства.
2. Наглядные пособия, стенды.
3. Бланки унифицированных форм служебных документов.
4. Тесты контроля знаний.

**Авторы:** Кузьмин А.А., Романов Н.Н.