

**ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ОСНОВЫ ТЕПЛОТЕХНИКИ**

**Бакалавриат по направлению подготовки**

**20.03.01 Техносферная безопасность**

**Направленность (профиль) «Безопасность технологических процессов и  
производств»**

Санкт-Петербург

## 1. Цели и задачи дисциплины

### Цель освоения дисциплины:

- 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.

### Перечень компетенций, формируемых в процессе изучения дисциплины

Компетенции	Содержание
УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач;
ОПК -1	Способен учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий при решении типовых задач в области профессиональной деятельности, связанной с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека;

### Задачи дисциплины:

- изучение основных понятий и моделей термодинамики, основных законов термодинамики и теплообмена, методов тепломассообменных и термодинамических;
- формирование умений применять основные законы и закономерности термодинамики и тепломассообмена при решении вопросов обеспечения пожарной безопасности;
- овладение навыками по применению закономерностей термодинамики и тепломассообмена при решении вопросов противопожарной защиты.

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

Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Тип задачи профессиональной деятельности: организационно-управленческий</b>	
Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации, методики системного подхода для решения профессиональных задач УК-1.1.	Знает Понятийный аппарат дисциплины; международную систему единиц измерений (СИ); алгоритм анализа размерностей физических величин; правила анализа

	<p>постановки учебных задач</p> <p>Умеет</p> <p>Обобщать учебную информацию; осмысливать учебную информации, воспринимать информацию в различных формах представления (семантическая, знако-символьная и графическая), проводить синтез тематического материала раздела при выполнении учебных заданий</p>
<p>Умеет анализировать и систематизировать разнородные данные, оценивать эффективность процедур анализа проблем и принятия решений в профессиональной деятельности УК-1.2.</p>	<p>Знает</p> <p>Порядок представления отчетов о результатах научной работы, принципы построения уравнений на основе закона сохранения энергии, массы и импульса, уравнения неразрывности, включающие в себя разнородные процессы.</p> <p>Умеет</p> <p>Использовать в практических расчетах методики вычисления тепловых сопротивлений на примере последовательного и параллельного включений, анализировать факторы, влияющие на теплофизические процессы в наибольшей и наименьшей степени.</p>
<p>Владеет навыками научного поиска и практической работы с информационными источниками; методами принятия решений УК-1.3</p>	<p>Знает</p> <p>Источники достоверной научной информации, структуру организации справочных изданий, учебной литературы и нормативных документов Основные понятия и определения, способы организации поиска необходимой информации</p> <p>Умеет</p> <p>Использовать в практических задачах опубликованные результаты научной деятельности, проводить критический анализ полученной информации, вырабатывать порядок самостоятельного решения теплотехнических задач.</p>
<p>Знает современные информационные технологии и программные средства, в том числе отечественного производства, для решения задач профессиональной деятельности ОПК-1.1.</p>	<p>Знает</p> <p>Способы выполнения вычислений с помощью электронных таблиц, инструменты для сортировки данных, представления графической информации</p> <p>Умеет</p> <p>Представлять результаты вычислений с помощью электронных средств в требуемом формате, масштабировать, приводить к нужному порядку рассчитанные величины, владеть современными средствами вычислений инженерных калькуляторов.</p>

Умеет выбирать современные средства обеспечения пожарной безопасности объектов и оповещения людей, в том числе отечественного производства, для решения задач профессиональной деятельности ОПК-1.2.	Знает
	основы теории погрешностей, физические принципы работы контрольно-измерительных приборов, значение организации и планирования учебных действий в процессе обучения
	Умеет
	использовать речевые средства и средства информационно-коммуникационных технологий для решения учебных задач, использовать современные пакеты программ для проведения расчетов и обработки данных
Владеет навыками применения современных средств индивидуальной и коллективной защиты, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности ОПК-1.3	Знает
	Основные достоинства и недостатки численного моделирования тепловых процессов по отношению к аналитическим и натурным вариантам решения задач, различные способы проведения вычислений, основные допущения и ограничения
	Умеет
	Использовать метод конечных разностей на примере решения задач теплопроводности, использовать аналитические решения, определять границы применимости тепловых моделей.

### **3. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы**

Дисциплина относится к обязательной части основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» направленность (профиль) «Безопасность технологических процессов и производств».

### **4. Структура и содержание дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

**4.1 Распределение трудоемкости учебной дисциплины по видам работ по курсам и формам обучения для заочной формы обучения**

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	з.е.	час	по курсам	
			1	2
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>36</b>	<b>108</b>
Контактная работа, в том числе:		<b>10</b>	<b>2</b>	<b>8</b>
<b>Аудиторные занятия</b>		<b>10</b>	<b>2</b>	<b>8</b>
Лекции (Л)		2	2	
Практические занятия (ПЗ)		6		6
Лабораторные работы (ЛР)		2		2
Консультации перед экзаменом				
<b>Самостоятельная работа (СРС)</b>		<b>123</b>	<b>34</b>	<b>89</b>
в том числе:				
курсовая работа (проект)				
<b>Зачет с оценкой</b>		+		+
<b>Экзамен</b>				

**4.2. Тематический план, структурированный по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.**

**для заочной формы обучения**

№ п/п	Наименование Тем	Всего часов	Количество часов по видам занятий			Консультация	Контроль	Самостоятельная работа, в том числе консультация
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Тема №1 Основные понятия и определения	12	2					10
2	Тема №2 Смеси рабочих тел. Теплоемкость	14		2				10
3	Тема №3 Законы термодинамики и термодинамические процессы	10						10

<b>Итого за 1 курс</b>		<b>36</b>	<b>2</b>	<b>4</b>			<b>30</b>
4	Тема №4 Термодинамика потоков	8					8
5	Тема №5 Реальные газы и пары. Фазовые переходы	8					8
6	Тема №6 Термодинамический анализ теплотехнических устройств	8					8
7	Тема №7 Теплогенерирующие устройства, холодильная и криогенная техника	8					8
8	Тема №8 Химическая термодинамика. Топливо и основы горения	8					8
9	Тема №9 Основные понятия и определения теории теплообмена	12		2			8
10	Тема №10 Теплопроводность	10					10
11	Тема №11 Конвективный теплообмен. Основы теории теплообмена	12			2		8
12	Тема №12 Излучение.	8					8
13	Тема №13 Теплопередача. Интенсификации теплопередачи	8					8
14	Тема №14 Основы массообмена. Тепломассообменные устройства.	8					8
15	Тема №15 Применение теплоты в пожарной охране и охрана окружающей среды. Основы энергосбережения и основные направления экономии энергоресурсов. Вторичные энергетические ресурсы.	12		2			8
	<b>Зачет с оценкой</b>						+
	<b>Итого</b>	<b>144</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>2</b>		<b>126</b>

### **4.3 Содержание дисциплины для обучающихся: заочной формы обучения**

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

**Лекция.** 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.

**Самостоятельная работа.** 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].

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

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

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

**Рекомендуемая литература**  
основная [1];  
дополнительная [1]

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

**Самостоятельная работа.** 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.  $Pv$ - и  $Ts$ - 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.

Законы термодинамики и термодинамические процессы. Выполнение расчетно-графической работы «Многоступенчатый компрессор».

Подготовка отчета по результатам выполненной работы.

**Рекомендуемая литература:**

основная [1];

дополнительная [3].

**Тема 4. Термодинамика потоков**

**Самостоятельная работа.** 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.

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.

**Рекомендуемая литература:**

основная [1, 2];

дополнительная [1-3].

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

**Самостоятельная работа.** Свойства реальных газов. Пары. Процессы парообразования в  $pv$ - и  $Ts$ -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  $Pv$ -,  $Ts$ - и  $is$ -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.

Исследование термодинамических параметров при фазовых переходах на линии насыщения жидкость—пар.

Работа с виртуальным УМК в режиме самоконтроля по теме лекции и подготовка отчета по выполненной работе.

**Рекомендуемая литература:**

основная [1];

дополнительная [1,2].

## **Тема 6. Термодинамический анализ теплотехнических устройств**

**Самостоятельная работа.** 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  $Pv$ -,  $Ts$ - и  $is$ - 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  $Pv$ - и  $Ts$ - диаграммах. Термические и эксергические К.П.Д. циклов Д.В.С. Сравнительный анализ термодинамических циклов Д.В.С.

Циклы установок для газодляного тушения пожаров.

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

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

Подготовка отчета по результатам выполненной работы.

**Рекомендуемая литература:**

основная [1];

дополнительная [3].

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

**Самостоятельная работа.** Двигатели внутреннего сгорания. Тепловые электростанции. Основные положения расчета теплосиловых устройств. Физическая сущность процессов охлаждения.

Общая характеристика теплосиловых установок. Технологические промышленные печи. Промышленные котельные установки. Паровые и газовые турбины. 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.

### **Рекомендуемая литература:**

основная [1, 2];  
дополнительная [3].

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

**Самостоятельная работа.** 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.

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.

### **Рекомендуемая литература:**

основная [1];  
дополнительная [1-3].

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

**Практическое занятие.** 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.

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];

дополнительная [1-3].

**Тема 10. Теплопроводность**

**Самостоятельная работа.** 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.

Подготовка отчета по результатам выполненной работы.

**Рекомендуемая литература:**

основная [1];

дополнительная [1-3].

**Тема 11. Конвективный теплообмен. Основы теории теплообмена.**

**Лабораторная работа.** Теплообмен при естественной конвекции. Теплообмен при вынужденной конвекции. Выполнение расчетно-графической работы «Конвективный теплообмен».

Основные понятия и определения. Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Дифференциальные уравнения теплообмена: уравнение движения вязкой жидкости (Навье-Стокса), уравнение теплопроводности для потока 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 объеме: ламинарная и турбулентная конвекция у вертикальных поверхностей. Теплоотдача на горизонтальной плоской поверхности в неограниченном пространстве. Теплоотдача горизонтально расположенного цилиндра в неограниченном объеме. Критериальные уравнения. Теплообмен при свободной конвекции в замкнутых объемах. 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.

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

**Рекомендуемая литература:**

основная [1];

дополнительная [1-3].

## **Тема 12. Излучение**

**Самостоятельная работа.** 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.

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

Подготовка отчета по выполненной работе.

**Рекомендуемая литература:**

основная [1];

дополнительная [1-3].

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

**Самостоятельная работа.** Назначение, классификация и схемы

теплообменных аппаратов. Основные положения теплового расчета теплообменных аппаратов. Уравнение теплопередачи.

Теплопередача через плоскую, цилиндрическую, сферическую и ребренную стенки. Пути интенсификации процесса теплопередачи. Тепловая изоляция. Выбор материала тепловой изоляции. Дифференциальные уравнения тепломассообмена.

Работа с виртуальным УМК в режиме самоконтроля по теме лекции.

**Рекомендуемая литература:**

основная [1];

дополнительная [1-3].

#### **Тема 14. Основы массообмена. Тепломассообменные устройства.**

**Самостоятельная работа.** Теплопередача. Выполнение расчетно-графической работы «Теплообменный аппарат».

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. Подготовка отчета по выполненной работе.

**Рекомендуемая литература:**

основная [1];

дополнительная [1-3].

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

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

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

**Рекомендуемая литература:**

основная [1];

дополнительная [1-3].

## **5. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

При реализации программы дисциплины используются лекционные, практические занятия, лабораторные работы.

Общими целями занятий являются:

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление теоретических знаний по конкретным темам дисциплины;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализация единства интеллектуальной и практической деятельности;
- выработка при решении поставленных задач профессионально значимых качеств: самостоятельности, ответственности, точности, творческой инициативы.

Целями лекции являются:

- дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировав внимание на наиболее сложных вопросах;
- стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

В ходе практического занятия обеспечивается процесс активного взаимодействия обучающихся с преподавателем; приобретаются практические навыки и умения. Цель практического занятия: углубить и закрепить знания, полученные на лекции, формирование навыков использования знаний для решения практических задач; выполнение тестовых заданий по проверке полученных знаний и умений.

Целью лабораторного занятия является усвоение теоретических основ дисциплины и получение практических навыков исследования путем постановки, проведения, обработки и представления результатов эксперимента на основе практического использования различных методов (наблюдения, измерения, сравнения и др.), приобретения навыков опыта творческой деятельности. В заключительной части лабораторного занятия обучающиеся оформляют результаты экспериментов в форме отчета.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим занятиям. Промежуточная аттестация обеспечивает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине, проводится в форме зачета с оценкой.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с оценкой.

## **6. Оценочные материалы по дисциплине**

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины, проводится в соответствии с содержанием дисциплины по видам занятий в форме тестирования, защиты отчетов по лабораторным работам, решения задач.

Промежуточная аттестация обеспечивает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине, проводится в форме зачета с оценкой.

### **6.1. Примерные оценочные материалы:**

#### **6.1.1. Текущего контроля**

##### **Типовые задания для тестирования:**

1. Чем отличаются излучение от тел с разной температурой:
  - длиной волны;
  - скоростью распространения;
  - направлением.
2. Основной закон, связывающий мощность излучения с температурой:
  - Кирхгофа;
  - Планка;
  - Стефана-Больцмана;
3. Если тело абсолютно черное, то чему равна его излучательная способность:
  - 0;
  - 1;
  - 0,5.
4. Какое из тел называется абсолютно белым:
  - тело с поглотительной способностью, равной 0;
  - тело с отражательной способностью, равной 0;
  - тело с коэффициентом пропускания, равным 1;
5. Какой закон устанавливает связь потока излучения с направлением:
  - Планка;
  - Ламбера;

- Вина;

### **Форма отчета по лабораторной работе:**

Отчет о лабораторной работе № \_\_\_\_

Название работы:

Цель работы:

Теоретическая часть:

Экспериментальная часть:

Обработка результатов:

Выводы о соответствии установленным нормам и правилам оценки:

#### **Типовые задачи:**

1. Газовая смесь имеет следующий массовый состав:  $CO_2$  12%;  $O_2$  8% и  $N_2$  80%. Определить удельную теплоемкость смеси при постоянном давлении.

2. Газ при давлении 1,4 МПа и температуре 55°C имеет объем 4 л. Чему равен объем этой массы газа при нормальных условиях?

3. Как и на сколько изменяется температура 0,5 кг кислорода, совершающего при адиабатном расширении работу  $L=1,5$  кДж? Определить изменение внутренней энергии кислорода при данных условиях.

4. Определить скорость истечения воздуха из воздуховода с избыточным давлением 2,3 кПа в помещение с нормальными условиями.

#### **6.1.2. Промежуточной аттестации**

##### **Примерный перечень вопросов, выносимых на зачет с оценкой**

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 Лавалья.

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 пожарном деле. Изменение физических параметров тел при нагревании в

условиях пожара. Влияние влажности строительных материалов. Стандартный температурный режим и предел огнестойкости.

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

Система оценивания включает:

Форма контроля	Показатели оценивания	Критерии выставления оценок	Шкала оценивания
зачет с оценкой	правильность и полнота ответа	дан правильный, полный ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний по дисциплине, доказательно раскрыты основные положения вопросов; могут быть допущены недочеты, исправленные самостоятельно в процессе ответа.	отлично
		дан правильный, недостаточно полный ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи; могут быть допущены недочеты, исправленные с помощью преподавателя.	хорошо
		дан недостаточно правильный и полный ответ; логика и последовательность изложения имеют нарушения; в ответе отсутствуют выводы.	удовлетворительно
		ответ представляет собой разрозненные знания с существенными ошибками по вопросу; присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения; дополнительные и уточняющие вопросы не приводят к коррекции ответа на вопрос.	неудовлетворительно

## 7. Ресурсное обеспечение дисциплины

### 7.1. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства:

- Microsoft Windows Professional, Russian – Системное программное обеспечение. Операционная система. [Коммерческая (Volume Licensing)]; ПО-ВЕ8-834;
- Microsoft Office Standard (Word, Excel, Access, PowerPoint, Outlook, OneNote, Publisher) – Пакет офисных приложений [Коммерческая (Volume Licensing)]; ПО-D86-664;
- Adobe Acrobat Reader DC – Приложение для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF [Бесплатная]; ПО-F63-948;
- 7-Zip – Файловый архиватор [Бесплатная]; ПО-F33-948;
- Google Chrome – Браузер [Открытая]; ПО-F2С-926.
- Теплотехника – Программный лабораторный комплекс [Коммерческая (Full Package Product)]; ПО-389-402;
- Виртуальный учебно-методический комплекс «Теоретические основы теплотехники» – Экспериментальные исследования процессов теплообмена и теплофизических свойств материалов [Бесплатная]; ПО-EAD-643;
- Учебно-методический комплекс «Теплотехника-контроль» – Самоконтроль знаний при выполнении индивидуальных расчетных заданий [Бесплатная]; ПО-5С3-654.

## **7.2. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Информационная справочная система — Сервер органов государственной власти Российской Федерации <http://россия.рф/> (свободный доступ); профессиональные базы данных — Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru/> (свободный доступ); федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru> (свободный доступ); система официального опубликования правовых актов в электронном виде <http://publication.pravo.gov.ru/> (свободный доступ); федеральный портал «Совершенствование государственного управления» <https://ar.gov.ru> (свободный доступ); электронная библиотека университета <http://elib.igps.ru> (авторизованный доступ); электронно-библиотечная система «ЭБС IPR BOOKS» <http://www.iprbookshop.ru> (авторизованный доступ).

## **7.3. Литература**

### **Основная 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. 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. Акимов М.Н., Кузьмин А.А., Романов Н.Н. Газовые смеси и теплоемкость: Задания и методические указания по выполнению расчетной работы. / Под общей ред. В.С. Артамонова. — СПб.: Санкт-Петербургский институт Государственной противопожарной службы МЧС России, 2004. — 19 с. *Режим доступа:* <http://elib.igps.ru/?129&type=card&cid=ALSFR-245c28a8-7e69-4392-8b38-274911be1bc8>

2. Акимов М.Н., Кузьмин А.А., Романов Н.Н. Термодинамический расчет цикла двигателя внутреннего сгорания: Задания и методические указания по выполнению расчетной работы. — СПб.: Санкт-Петербургский институт Государственной противопожарной службы МЧС России, 2004. — 10 с. *Режим доступа:* <http://elib.igps.ru/?137&type=card&cid=ALSFR-7b8dd6a1-af70-4b34-93f4-4b2e8354bc96>

3. Акимов М.Н., Кузьмин А.А., Романов Н.Н. Конвективный теплообмен: Задания и методические указания по выполнению расчетной работы. — СПб.: Санкт-Петербургский институт Государственной противопожарной службы МЧС России, 2004. — 27 с. *Режим доступа:* <http://elib.igps.ru/?142&type=card&cid=ALSFR-1f0f2be6-e37f-403f-bbdf-2ee6ddcffd44>

#### **7.4. Материально-техническое обеспечение**

Для проведения и обеспечения занятий используются помещения, которые представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой бакалавриата, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: автоматизированное рабочее место преподавателя, маркерная доска, мультимедийный проектор, документ-камера, посадочные места обучающихся.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде университета.

Для проведения лабораторных работ используется лаборатория «Лаборатория теплотехники».

**Авторы:** кандидат педагогических наук, доцент Кузьмин А.А.; кандидат технических наук, доцент Минкин Д.А.; кандидат технических наук, доцент Романов Н.Н., кандидат педагогических наук Пермяков А.А.