

**Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России»  
Дальневосточная пожарно-спасательная академия**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«ОСНОВЫ ТЕПЛОТЕХНИКИ»**

**Направление подготовки  
20.03.01 Техносферная безопасность  
профиль «Пожарная безопасность»**

**уровень бакалавриата**

**Владивосток**

## 1. Цели и задачи дисциплины «Теплотехника»

Целями освоения дисциплины «Теплотехника» является:

- 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 общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции (таблица 1).

Таблица 1.

| Компетенции | Содержание   |
|-------------|--|
| УК-1        | способностью осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач   |
| ОПК-1       | способностью 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;  |
| ПК-2        | способностью на основе законов теплофизики и термодинамики прогнозировать характер и размеры зон воздействия опасных факторов и их сопутствующих проявлений, применять действующие расчетные и экспериментальные методики, проводить анализ пожарной опасности и обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и окружающей среды от негативных воздействий опасных факторов пожаров |

### 1.2 Основные 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  
«Теплотехника», соотнесённых с планируемыми результатами  
освоения образовательной программы**

| Планируемые результаты обучения по дисциплине «Теплотехника»   | Планируемые результаты освоения образовательной программы                                       |
|--|---|
| В результате освоения дисциплины «Теплотехника» обучающийся должен <b>демонстрировать способность и готовность</b>   | В результате освоения образовательной программы обучающийся должен <b>владеть компетенциями</b> |
| умение использовать принципы сбора, отбора и обобщения информации, методики системного подхода для решения профессиональных задач  | УК-1  |
| умение анализировать и систематизировать разнородные данные, оценивать эффективность процедур анализа проблем и принятия решений в профессиональной деятельности.                            |   |
| обладать навыками научного поиска и практической работы с информационными источниками; методами принятия решений.  |   |
| использовать знания современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства для решения задач профессиональной деятельности.                    | ОПК-1   |
| умение выбирать современные средства обеспечения пожарной безопасности объектов и оповещения людей, в том числе отечественного производства для решения задач профессиональной деятельности. |   |
| обладать навыками применения современных средств индивидуальной и коллективной защиты, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности.             |   |
| <b>В проектно-конструкторской деятельности:</b>  | ПК-2  |
| умение использовать действующие расчетные и экспериментальные методики.  |   |
| проводить анализ пожарной опасности.   |   |
| обладать навыками выбора известных устройств, систем и методов защиты человека и окружающей среды от негативных воздействий опасных факторов пожаров.  |   |

**3 Место дисциплины «Теплотехника» в структуре основной профессиональной образовательной программы (ОПОП ВО)**

Дисциплина «Теплотехника» относится к базовой части ОПОП ВО по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность», профиль «Пожарная безопасность», уровень бакалавриата.

#### 4 Структура и содержание дисциплины «Теплотехника»

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачётных единицы 144 часа.

##### 4.1 Объём дисциплины «Теплотехника» и виды учебной работы

| Вид учебной работы                                  | Всего часов | Семестр   |
|---|-------------|-----------|
|   |             | 5         |
| 1   | 2           | 3         |
| Общая трудоёмкость дисциплины в часах               | 144         | 144       |
| Общая трудоёмкость дисциплины в зачетных единицах   | 4           | 4         |
| <b>Контактная работа (в виде аудиторной работы)</b> | <b>74</b>   | <b>74</b> |
| В том числе:  |             |           |
| Лекции  | 16          | 16        |
| Лабораторные работы                                 | 10          | 10        |
| Практические занятия                                | 46          | 46        |
| Консультация  | 2           | 2         |
| <b>Форма контроля - экзамен</b>                     | <b>36</b>   | <b>36</b> |
| <b>Самостоятельная работа</b>                       | <b>34</b>   | <b>34</b> |

##### для заочной формы обучения

| Вид учебной работы                                  | Всего часов | Курс      | Курс       |
|---|-------------|-----------|------------|
| 1   | 2           | 1         | 2          |
| Общая трудоёмкость дисциплины в часах               | <b>144</b>  | <b>36</b> | <b>108</b> |
| Общая трудоёмкость дисциплины в зачетных единицах   | 4           | 1         | 3          |
| <b>Контактная работа (в виде аудиторной работы)</b> | <b>14</b>   | <b>4</b>  | <b>10</b>  |
| В том числе:  |             |           |            |
| Лекции  | 2           | 2         |            |
| Лабораторные работы                                 | 2           |           | 2          |
| Практические занятия                                | 10          | 2         | 8          |
| <b>Форма контроля – зачет с оценкой</b>             |             |           | *          |
| <b>Самостоятельная работа</b>                       | <b>130</b>  | <b>32</b> | <b>98</b>  |

## 4.2 Разделы дисциплины «Теплотехника» и виды занятий

для очной формы обучения

| № п./п.  | Наименование разделов и тем  | Всего часов | Количество часов по видам занятий |                      |                     |              | Контроль | Самостоятельная работа | Примечание |
|--|--|-------------|-----------------------------------|----------------------|---------------------|--------------|----------|------------------------|------------|
|  |  |             | Лекции                            | Практические занятия | Лабораторные работы | Консультация |          |                        |            |
| <b>1</b>   | <b>2</b>   | <b>3</b>    | <b>4</b>                          | <b>5</b>             | <b>6</b>            | <b>7</b>     | <b>8</b> | <b>9</b>               | <b>10</b>  |
| <b>Раздел № 1 Термодинамика</b>                                  |  |             |                                   |                      |                     |              |          |                        |            |
| 1  | Основные понятия и определения   | 2           | 2                                 |                      |                     |              |          |                        |            |
| 2  | Смеси рабочих тел. Теплоёмкость  | 8           |                                   | 6                    |                     |              |          | 2                      |            |
| 3  | Законы термодинамики и термодинамические процессы                      | 8           | 2                                 | 4                    |                     |              |          | 2                      |            |
| 4  | Термодинамика потоков  | 6           |                                   | 4                    |                     |              |          | 2                      |            |
| 5  | Реальные газы и пары. Фазовые переходы                                 | 6           | 2                                 | 2                    |                     |              |          | 2                      |            |
| 6  | Термодинамический анализ теплотехнических устройств                    | 6           | 2                                 | 4                    |                     |              |          |                        |            |
| 7  | Теплогенерирующие устройства, холодильная и криогенная техника         | 4           |                                   | 2                    |                     |              |          | 2                      |            |
| 8  | Химическая термодинамика. Топливо и основы горения                     | 4           |                                   | 2                    |                     |              |          | 2                      |            |
| <b>Раздел № 2 Теория теплообмена и промышленная теплотехника</b> |  |             |                                   |                      |                     |              |          |                        |            |
| 9  | Основные понятия и определения теории теплообмена                      | 8           | 2                                 | 2                    |                     |              |          | 4                      |            |
| 10   | Теплопроводность   | 10          |                                   | 6                    |                     |              |          | 4                      |            |
| 11   | Конвективный теплообмен. Основы теории теплообмена                     | 10          | 2                                 | 4                    |                     |              |          | 4                      |            |
| 12   | Излучение  | 12          | 2                                 | 2                    | 4                   |              |          | 4                      |            |
| 13   | Теплопередача. Интенсификации теплопередачи.                           | 14          | 2                                 | 4                    | 6                   |              |          | 2                      |            |
| 14   | Основы массообмена. Тепломассообменные устройства                      | 4           |                                   | 2                    |                     |              |          | 2                      |            |
| 15   | Применение теплоты в пожарной охране и охрана окружающей среды. Основы | 4           |                                   | 2                    |                     |              |          | 2                      |            |

| 1                          | 2   | 3          | 4         | 5         | 6         | 7        | 8         | 9         | 10 |
|----------------------------|---|------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|----|
|                            | энергосбережения и основные направления<br>экономии энергоресурсов. Вторичные<br>энергетические ресурсы |            |           |           |           |          |           |           |    |
| <b>Консультация</b>        |   | 2          |           |           |           | 2        |           |           |    |
| <b>Экзамен</b>             |   | 36         |           |           |           |          | 36        |           |    |
| <b>Итого по дисциплине</b> |   | <b>144</b> | <b>16</b> | <b>46</b> | <b>10</b> | <b>2</b> | <b>36</b> | <b>34</b> |    |

**для заочной формы обучения**

| №<br>п./п.   | Наименование разделов и тем                                    | Всего часов | Количество часов по видам занятий |                      |                     |              | Контроль | Самостоятельная работа | Примечание |
|--|--|-------------|-----------------------------------|----------------------|---------------------|--------------|----------|------------------------|------------|
|  |  |             | Лекции                            | Практические занятия | Лабораторные работы | Консультация |          |                        |            |
| <b>1</b>   | <b>2</b>   | <b>3</b>    | <b>4</b>                          | <b>5</b>             | <b>6</b>            |              |          |                        |            |
| <b>Раздел № 1 Термодинамика</b>                                  |  |             |                                   |                      |                     |              |          |                        |            |
| 1  | Основные понятия и определения                                 | 6           | 2                                 |                      |                     |              |          | 4                      |            |
| 2  | Смеси рабочих тел. Теплоёмкость                                | 6           |                                   | 2                    | 2                   |              |          | 4                      |            |
| 3  | Законы термодинамики и термодинамические процессы              | 14          | 2                                 | 4                    |                     |              |          | 8                      |            |
| 4  | Термодинамика потоков  | 10          |                                   |                      |                     |              |          | 10                     |            |
| 5  | Реальные газы и пары. Фазовые переходы                         | 16          |                                   | 2                    |                     |              |          | 8                      |            |
| 6  | Термодинамический анализ теплотехнических устройств            | 4           |                                   | 2                    |                     |              |          | 4                      |            |
| 7  | Теплогенерирующие устройства, холодильная и криогенная техника | 6           |                                   |                      |                     |              |          | 6                      |            |
| 8  | Химическая термодинамика. Топливо и основы горения             | 10          |                                   |                      |                     |              |          | 10                     |            |
| <b>Раздел № 2 Теория теплообмена и промышленная теплотехника</b> |  |             |                                   |                      |                     |              |          |                        |            |
| 9  | Основные понятия и определения теории теплообмена              | 10          |                                   |                      |                     |              |          | 15                     |            |
| 10   | Теплопроводность   | 10          |                                   |                      |                     |              |          | 15                     |            |
| 11   | Конвективный теплообмен. Основы теории теплообмена             | 10          |                                   |                      |                     |              |          | 10                     |            |

| <b>1</b>                   | <b>2</b>   | <b>3</b>   | <b>4</b> | <b>5</b>  | <b>6</b> |          |          |            |    |
|----------------------------|--|------------|----------|-----------|----------|----------|----------|------------|----|
| 12                         | Излучение  | 10         |          |           |          |          |          |            | 15 |
| 13                         | Теплопередача. Интенсификации теплопередачи.   | 6          |          |           |          |          |          |            | 6  |
| 14                         | Основы массообмена. Теплообменные устройства   | 5          |          |           |          |          |          |            | 5  |
| 15                         | Применение теплоты в пожарной охране и охрана окружающей среды. Основы энергосбережения и основные направления экономии энергоресурсов. Вторичные энергетические ресурсы | 10         |          |           |          |          |          |            | 10 |
| <b>Консультация</b>        |  | <b>2</b>   |          |           |          |          | <b>2</b> |            |    |
| <b>Экзамен</b>             |  | <b>9</b>   |          |           |          |          |          | <b>9</b>   |    |
| <b>Итого по дисциплине</b> |  | <b>144</b> | <b>2</b> | <b>10</b> | <b>2</b> | <b>2</b> | <b>9</b> | <b>130</b> |    |

## 4.3 Содержание дисциплины «Теплотехника»

### Раздел № 1 Термодинамика

#### 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

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.

**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].

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

**Лекция:** 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.

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

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

**Рекомендуемая литература:**

основная [1];

дополнительная [3].

#### **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 Лавала. Расчет процесса истечения водяного пара с помощью  $is$ - диаграммы. Действительный процесс истечения. Термодинамические процессы в газовых установках пожаротушения. Истечение газа из баллона ограниченной вместимости.

**Практическое занятие:** 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, 2];

дополнительная [1-3].

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

**Лекция:** 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.

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

**Самостоятельная работа.** 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 циклов теплотехнических устройств.

**Лекция:** 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 тушения пожаров.

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

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

### Рекомендуемая литература:

основная [1];  
дополнительная [3].

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

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

**Практическое занятие:** Двигатели внутреннего сгорания. Тепловые электростанции. Основные положения расчета теплосиловых устройств. Физическая сущность процессов охлаждения.

**Самостоятельная работа.** 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**

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.

**Практическое занятие:** 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 [1-3].

## **Раздел № 2 Теория теплообмена и промышленная теплотехника**

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

**Лекция:** 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.

**Самостоятельная работа.** Теплопроводность одно- и многослойных плоских и цилиндрических стенок.

**Рекомендуемая литература:**

основная [1];

дополнительная [1-3].

### **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.

**Практическое занятие:** 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.

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

**Рекомендуемая литература:**

основная [1];

дополнительная [1-3].

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

**Лекция:** 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 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.

**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];

дополнительная [1-3].

## **Тема 12. Излучение**

**Лекция:** 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.

**Лабораторная работа.** 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];

дополнительная [1-3].

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

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

**Лабораторная работа:** Теплопередача через плоскую, цилиндрическую, сферическую и ребренную 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];

дополнительная [1-3].

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

**Практическое занятие.** Расчет температур теплоносителей на выходе из аппарата при оценке безопасных условий работы.

**Самостоятельная работа.** 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**

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 теплоснабжении. Источники ВЭР и их использование.

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

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

**Рекомендуемая литература:**

основная [1];

дополнительная [1-3].

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

При реализации программы дисциплины используются лекционное, практическое занятие и лабораторная работа.

Общими целями занятий являются:

– обобщение, систематизация, углубление, закрепление теоретических знаний по конкретным темам дисциплины;

**Целями лекции являются:**

– дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентируя внимание на наиболее сложных вопросах темы курса;

– стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

В ходе практического занятия обеспечиваются 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 лабораторной работы 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, расчётов;

- работа с нормативными документами, инструктивными материалами, справочниками.

- **Консультации** проводятся перед экзаменом с целью обобщения пройденного материала и разъяснения наиболее трудных вопросов, возникающих у обучающихся при изучении дисциплины.

- **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.

## **6 Оценочные средства для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Теплотехника»**

Оценочные средства дисциплины «Теплотехника» включают в себя следующие разделы:

1. Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих формирование компетенций в процессе освоения дисциплины.
2. Методика оценивания персональных образовательных достижений обучающихся.

### **6.1 Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих формирование компетенций в процессе освоения дисциплины**

#### **Примерный перечень вопросов для экзамена**

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 Методика оценивания персональных образовательных достижений обучающихся

### Промежуточная аттестация: экзамен

| Достигнутые результаты освоения дисциплины   | Критерии оценивания   | Шкала оценив.                                    |
|--|---|--|
| Обучающийся имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала по дисциплине; не способен аргументированно и последовательно его излагать, допускает грубые ошибки в ответах, неправильно отвечает на задаваемые вопросы или затрудняется с ответом.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– не раскрыто основное содержание учебного материала;</li> <li>– обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала;</li> <li>– допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов.</li> </ul>   | <p><i>Оценка «2»</i><br/>неудовлетворительно</p> |
| Обучающийся показывает знание основного материала в объеме, необходимом для предстоящей профессиональной деятельности; при ответе на вопросы билета и дополнительные вопросы не допускает грубых ошибок, но испытывает затруднения в последовательности их изложения; не в полной мере демонстрирует способность применять теоретические знания для анализа практических ситуаций. | <ul style="list-style-type: none"> <li>– неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала;</li> <li>– усвоены основные категории по рассматриваемому и дополнительным вопросам;</li> <li>– имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, формулировках законов, исправленные после нескольких наводящих вопросов.</li> </ul> | <p><i>Оценка «3»</i><br/>Удовлетворительно</p>   |
| Обучающийся показывает полное знание программного материала, основной и дополнительной литературы; дает полные ответы на теоретические вопросы билета и дополнительные вопросы,  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- продемонстрировано умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер;</li> <li>– в изложении допущены небольшие пробелы, не исказившие содержание ответа; допущены один – два недочета</li> </ul>   | <p><i>Оценка «4»</i> Хорошо</p>                  |

| Достиженные результаты освоения дисциплины   | Критерии оценивания   | Шкала оценив.             |
|--|---|---------------------------|
| допуская некоторые неточности; правильно применяет теоретические положения к оценке практических ситуаций; демонстрирует хороший уровень освоения материала.   | при освещении основного содержания ответа, исправленные по замечанию преподавателя; допущены ошибка или более двух недочетов при освещении второстепенных вопросов, которые легко исправляются по замечанию преподавателя.  |                           |
| Обучающийся показывает всесторонние и глубокие знания программного материала, знание основной и дополнительной литературы; последовательно и четко отвечает на вопросы билета и дополнительные вопросы; уверенно ориентируется в проблемных ситуациях; демонстрирует способность применять теоретические знания для анализа практических ситуаций, делать правильные выводы, проявляет творческие способности в понимании, изложении и использовании программного материала. | <ul style="list-style-type: none"> <li>– полно раскрыто содержание материала;</li> <li>– материал изложен грамотно, в определенной логической последовательности;</li> <li>– продемонстрировано системное и глубокое знание программного материала;</li> <li>– точно используется терминология;</li> <li>– показано умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами, применять их в новой ситуации;</li> <li>– продемонстрировано усвоение ранее изученных сопутствующих вопросов, сформированность и устойчивость компетенций, умений и навыков;</li> <li>– ответ прозвучал самостоятельно, без наводящих вопросов;</li> <li>– продемонстрирована способность творчески применять знание теории к решению профессиональных задач;</li> <li>– продемонстрировано знание современной учебной и научной литературы;</li> <li>– допущены одна – две неточности.</li> </ul> | <i>Оценка «5» Отлично</i> |

## 7 Требования к условиям реализации. Ресурсное обеспечение дисциплины «Теплотехника»

### *Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины*

#### 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. М.Н.Акимов, А.А.Кузьмин, Н.Н.Романов. Теплотехника. Индивидуальные расчетные задания и рекомендации по их выполнению. — СПб.: СПб университет ГПС МЧС России, 2014. **Режим доступа:** <http://elib.igps.ru/?16&type=card&cid=ALSFR-0f99efb7-cbe6-4207-a193-682094c345a1>

#### 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>

#### ***Программное обеспечение, в том числе лицензионное:***

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

***Современные профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:***

1. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/>, доступ только после самостоятельной регистрации;
2. Справочная правовая система «КонсультантПлюс: Студент» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://student.consultant.ru/>, свободный доступ;
3. Информационно-правовой портал «Гарант» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/>, свободный доступ.

***Материально-техническое обеспечение дисциплины***

Для материально-технического обеспечения дисциплины используются:

- лекционные учебные аудитории, оснащённые компьютером, проектором и экраном;
- учебные аудитории для проведения практических занятий и промежуточной аттестации;
- для проведения лабораторных работ используется лаборатория Теплотехники;
- аудитории для самостоятельной работы, оснащённые компьютерной техникой с подключением к сети «Интернет».