




МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)


---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

  
(подпись) Черненко В.П.  
«01» июня 2018г. (Ф.И.О. рук. ОП)

«УТВЕРЖДАЮ»  
Заведующий кафедрой  
Инженерных систем зданий и сооружений

  
(подпись) Кобзарь А.В.  
«01» июня 2018г. (Ф.И.О. зав. каф.)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Техническая теплотехника

**Направление подготовки 08.03.01 Строительство**

профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»

**Форма подготовки очная**

курс 2 семестр 4  
курс 3 семестр 5  
лекции 72 час.  
практические занятия 36 час.  
лабораторные работы 18 час.  
в том числе с использованием МАО лек.9/пр.18/лаб.0 час.  
всего часов аудиторной нагрузки 126 час.  
в том числе с использованием МАО 27 час.  
самостоятельная работа 90 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 27 час.  
РГР 5 семестр  
зачет 4 семестр  
экзамен 5 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ, утвержденного приказом ректора от 07.07.2015 № 12-13-1282.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Инженерных систем зданий и сооружений, протокол № 10 от «20» июня 2018 г.

Заведующий кафедрой канд.техн.наук, доцент А.В. Кобзарь  
Составители: Н.С. Ткач, А.А. Еськин

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## ABSTRACT

**Bachelor's degree in 08.03.01 Building engineering  
Study profile "Heat and gas supply and ventilation"**

**Course title: Technical heat engineering**

**Basic (variable) part of Block 1, 5 credits**

**Instructor: N.S. Tkach, A.A. Eskin**

**At the beginning of the course a student should be able to:**

GPC-1 - the ability to use the basic laws of natural science disciplines in professional activities, apply methods of mathematical analysis and mathematical (computer) modeling, theoretical and experimental research;

GPC-2 - the ability to identify the natural-science essence of the problems arising in the course of professional activity, to attract for their solution the corresponding physico-mathematical apparatus.

**Learning outcomes:**

GPC-2 - the ability to identify the natural-science essence of the problems arising in the course of professional activity, to attract for their solution the corresponding physico-mathematical apparatus;

PC-4 - possession of theoretical knowledge and applications of the basic laws of mechanics, the theory of elasticity, hydraulics and aerodynamics, thermodynamics and heat and mass transfer in the field of construction, the ability to apply them to substantiate design solutions, apply engineering methods and computational programs for calculating building structures, structures, networks and systems under various loads and impacts.

**Course description:**

- basics of technical thermodynamics;
- thermal conductivity;
- convective heat transfer in a single-phase medium;
- heat exchange by radiation;
- heat exchangers.

**Main course literature:**

Kudinov A.A. Teplomassoobmen: uchebnoe posobie dlya vuzov [Heat and Mass Transfer: A Training Manual for Universities], Moscow: Infra-M, 2015, 374p. (rus)

Bryukhanov O.N, Shevchenko S.N. Teplomassoobmen : uchebnoe posobie dlya vuzov [Heat and Mass exchange: a Textbook for Universities], Moscow: Infra-M, 2013, 464p. (rus)

Kudinov V.A., Kartashov E. M., Stefanyuk E. V. Tekhnicheskaya termodinamika i teploperedacha: uchebnik dlya bakalavrov: uchebnik dlya vuzov

po tekhnicheskim napravleniyam i special'nostyam [Technical thermodynamics and heat transfer: a textbook for bachelors: a textbook for high schools in technical areas and specialties], Moscow: Yurayt, 2013, 566p. (rus)

**Form of final control: pass-fail exam (4 semester), exam (5 semester)**

## Аннотация к рабочей программе дисциплины «Техническая теплотехника»

Дисциплина разработана для студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, по профилю «Теплогазоснабжение и вентиляция» и входит в Вариативную часть Обязательные дисциплины Блока 1 Дисциплины (модули) учебного плана (Б1.В.06).

Общая трудоемкость дисциплины составляет 216 часов (6 зачётных единиц). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (54 часа), лабораторные работы (18 часов) практические занятия (54 часа) и самостоятельная работа студента (54 часа, в том числе 27 часов на экзамен). Дисциплина реализуется на 2 и 3 курсах в 4 и 5 семестрах. Форма контроля по дисциплине – экзамен в 5 семестре, зачет в 4 семестре.

Дисциплина «Техническая теплотехника» опирается на уже изученные дисциплины, такие как «Математика», «Физика», Химия. В свою очередь она является «фундаментом» для изучения дисциплины «Отопление», «Вентиляция», «Газоснабжение» и других.

Содержание дисциплины охватывает следующий круг вопросов:

- законы термодинамики;
- свойства идеальных и реальных рабочих веществ;
- основные термодинамические процессы;
- циклы теплосиловых, холодильных установок;
- свойства и процессы влажного воздуха;
- теплопроводность;
- конвективный теплообмен в однофазной среде;
- теплообмен при фазовых превращениях;
- теплообмен излучением;
- массоотдача;
- теплообменные аппараты.

**Целью дисциплины «Техническая теплотехника» является:** формирование базовых знаний о фундаментальных законах существования тепловых процессов и понятий термодинамики и тепломассообмена, механизмов энергопревращений и реализации их в циклах энергоустановок с оценкой их эффективности, теплообменных процессов в теплообменных аппаратах различного назначения, предназначенных для систем теплогазоснабжения, вентиляции и котельной техники. методах их изучения и путей повышения их эффективности.

**Задачами дисциплины «Техническая теплотехника»** является подготовка бакалавра строительства:

- формирование знаний о различных видах энергии, способах их превращения друг в друга и передаче тепловой энергии;
- формирование навыков оценки энергетической эффективности различных процессов в строительстве и энергетике.
- формирование базовых навыков проектирования теплообменных аппаратов;

Для успешного изучения дисциплины «Техническая теплотехника» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- ОПК-1 – способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования;
- ОПК-2 – способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат.

Вышеуказанные компетенции приобретаются при освоении следующих дисциплин: «Математика», «Физика», «Химия».

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общепрофессиональные и профессиональные компетенции (элементы компетенций):

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<b>ОПК-2</b> – способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Знает	- методы решения естественнонаучных проблем исследований, возникающих в ходе профессиональной деятельности; - энергетический метод термодинамического анализа.
	Умеет	обоснованно выбирать параметры теплоносителя и другие параметры для эффективной работы систем и оборудования;
	Владеет	физико-математическим аппаратом и способами расчета эффективности работы систем и их элементов.
<b>ПК-4</b> владением теоретическими знаниями и приложениями	Знает	- законы технической термодинамики, процессы энергопревращений, газовые законы; - основные положения теории теплообмена и принципы расчета теплообменных аппаратов;
	Умеет	использовать законы технической термодинамики

<p>основных законов механики, теории упругости, гидравлики и аэродинамики, термодинамики и тепломассообмена в области строительства, способность применять их для обоснования проектных решений, применять инженерные методы и вычислительные программы по расчёту строительных конструкций, сооружений, сетей и систем при различных нагрузках и воздействиях</p>		<p>и тепломассобмена, процессы энергопревращений, газовые законы в профессиональной деятельности, формулировать и решать задачи в области теплоснабжения и создания микроклимата в помещениях;</p>
	Владеет	<p>методами расчета тепловой мощности и термодинамического анализа систем теплоснабжения; оптимального выбора типа источника теплоты и системы теплоснабжения.</p>

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Техническая теплотехника» применяются следующие методы активного/интерактивного обучения: анализ конкретных ситуаций, лекция-визуализация, лекция-беседа, проблемная лекция.

## I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

### Лекционные занятия 4 семестр (18 час.)

#### Раздел 1. Техническая термодинамика (18 часов).

##### Тема 1. Основные понятия и законы термодинамики (2 часа)

Предмет дисциплины «Техническая теплотехника». Предмет технической термодинамики. Строение материи. Фазовые состояния веществ. Термодинамическая система. Термодинамический процесс.

##### Тема 2. Основные параметры состояния рабочего тела. (2 часа)

Рабочее тело. Идеальный газ. Температура. Давление. Объем. Количество вещества. Внутренняя энергия.

##### Тема 3. Уравнения состояния (2 часа)

Закон Бойля-Мариотта. Закон Гей-Люссака. Закон Шарля. Уравнение состояния идеального газа Менделеева-Клапейрона. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса.

#### **Тема 4. Теплоемкость (2 часа)**

Истинная и средняя теплоемкость. Массовая, объемная и мольная теплоемкость.

#### **Тема 5. Первый закон термодинамики (2 часа)**

Теплота. Работа. Внутренняя энергия. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Термодинамический цикл. Энтальпия.

#### **Тема 6. Второй закон термодинамики (2 часа)**

Тепловой двигатель. Энтропия. Прямой цикл Карно в P-V диаграмме. Аналитическое выражение второго закона термодинамики.

#### **Тема 7. Цикл Карно (2 часа)**

Термодинамический КПД. КПД цикла Карно. Обратный цикл Карно.

#### **Тема 8. Двигатели внутреннего сгорания. (2 часа)**

Принципиальное устройство поршневых двигателей внутреннего сгорания. Цикл Отто. Цикл Дизеля. Цикл Тринклера. Идеальный цикл газотурбинной установки.

#### **Тема 9. Идеальные циклы паросиловых установок (2 часа)**

Парообразование. Цикл Карно с влажным паром. Цикл Ренкина. Теплофикационный цикл.

### **Лекционные занятия 5 семестр (36 час.)**

#### **Раздел I. Теплопроводность (12 час.)**

##### **Тема 1. Стационарная теплопроводность. Основные положения (2 час.)**

Основные понятия, используемые при описании процессов переноса тепла. Температурное поле. Температурный градиент. Тепловой поток. Плотность теплового потока. Закон Фурье, коэффициент теплопроводности. Математическая формулировка задач теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Краевые условия задач теплопроводности, различные способы задания граничных условий. Закон Ньютона – Рихмана.

##### **Тема 2. Теплопроводность плоской стенки без внутренних источников тепла (2 час.)**

Температурное поле в плоской стенке при граничных условиях первого рода. Приведение уравнений к безразмерному виду. Зависимость коэффициента теплопроводности от температуры. Теплопроводность через многослойную стенку. Эквивалентный коэффициент теплопроводности плоской стенки. Передача тепла при граничных условиях третьего рода (теплопередача). Коэффициент теплопередачи. Термическое сопротивление



теплопроводности, теплоотдачи, теплопередачи. Граничные условия второго и третьего рода.

### **Тема 3. Теплопроводность цилиндрической стенки без внутренних источников тепла (2 час.)**

Линейная плотность теплового потока. Температурное поле в цилиндрической стенке при граничных условиях первого рода. Теплопроводность через многослойную цилиндрическую стенку. Эквивалентный коэффициент теплопроводности цилиндрической стенки. Теплопроводность через цилиндрическую стенку при граничных условиях третьего рода (теплопередача). Линейный коэффициент теплопередачи. Линейное термическое сопротивление теплопроводности, теплоотдачи, теплопередачи. Расчет теплопередачи в тонких цилиндрических стенках. Критический диаметр цилиндрической стенки.

### **Тема 4. Интенсификация теплопередачи (2 час.)**

Интенсификация теплопередачи за счет увеличения коэффициентов теплоотдачи. Интенсификация теплопередачи за счет оребрения поверхности

### **Тема 5. Нестационарная теплопроводность. Аналитическое описание задач теплопроводности. Бесконечная тонкая пластина (2 час.)**

Аналитическое описание процесса. Основные понятия метода нестационарной теплопроводности: безразмерная избыточная температура, критерий Био, критерий Фурье. Нестационарное температурное поле в плоской пластине – решение задачи в безразмерном виде методом разделения переменных. Анализ решения. Зависимость поля температур от числа Фурье. Номограммы. Особенности пересечения касательных к решению на поверхности пластины. Зависимость поля температур бесконечной пластины от числа Био.

### **Тема 6. Регулярный режим охлаждения тел (2 час.)**

Стадии процесса охлаждения (нагревания) тел, их характеристики. Регулярный режим охлаждения тел. Темп охлаждения. Применение метода регулярного режима охлаждения тел для экспериментального определения теплофизических свойств веществ.

## **Раздел II. Конвективный теплообмен в однофазной среде (16 час.)**

### **Тема 1. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена (4 час.)**

Основные понятия и определения процессов конвективного теплообмена. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена для несжимаемой

жидкости. Пример системы дифференциальных уравнений конвективного теплообмена.

## **Тема 2. Подобие и моделирование процессов конвективного теплообмена (2 час.)**

Основы теории подобия. Виды подобия. Критерии подобия. Теоремы подобия. Критериальные уравнения. Осреднение коэффициентов теплоотдачи. Осреднение температуры жидкости по сечению. Осреднение температуры жидкости и температурного напора по длине трубы.

## **Тема 3. Теплообмен при свободной конвекции в большом объеме около вертикальных поверхностей (2 час.)**

Общие сведения о свободной конвекции. Число Релея. Теплоотдача при свободной конвекции жидкости около вертикальной пластины или вертикальной трубы.

## **Тема 4. Свободная конвекция около горизонтальных поверхностей. Свободная конвекция в ограниченном пространстве (2 час.)**

Теплоотдача при свободной конвекции около горизонтальной пластины. Теплоотдача при свободной конвекции на поверхности горизонтального цилиндра. Теплоотдача при малых значениях числа Релея.

## **Тема 5. Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности (2 час.)**

Зависимость теплоотдачи от режима течения жидкости. Ламинарный пограничный слой при обтекании пластины. Тепловой пограничный слой при обтекании пластины. Теплоотдача при турбулентном пограничном слое.

## **Тема 6. Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб, а также при течении жидкости в трубах (4 час.)**

Гидродинамика и теплообмен при поперечном обтекании одиночного цилиндра. Средняя теплоотдача поперечно омываемого цилиндра. Теплообмен при поперечном обтекании коридорных и шахматных пучков труб. Зависимость теплоотдачи от номера ряда, соотношения продольного и поперечного шагов пучка. Средний коэффициент теплоотдачи для пучка. Гидродинамика и теплообмен при течении жидкости в трубах и каналах. Теплоотдача при ламинарном и турбулентном течении в гладких трубах круглого поперечного сечения.

## **Раздел III. Теплообмен излучением (8 час.)**

### **Тема 1. Описание процесса и основные определения (2 час.)**

Описание процесса лучистого теплообмена. Виды лучистых потоков. Спектральная плотность потока излучения. Интегральная плотность потока излучения. Собственное, отраженное, поглощенное, пропущенное,

эффективное, результирующее излучение. Понятие абсолютно черного тела. Излучательные характеристики абсолютно черного тела.

### **Тема 2. Основные законы лучистого теплообмена(2 час.)**

Закон Планка. Правило смещения Вина. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа. Закон Ламберта. Угловые коэффициенты излучения.

### **Тема 3. Теплообмен излучением системы тел в прозрачной среде (2 час.)**

Методы исследования процессов лучистого теплообмена. Теплообмен излучением в системе тел с плоскопараллельными поверхностями. Теплообмен излучением между двумя телами, произвольно расположенными в пространстве.

### **Тема 4. Излучение газов (2 час.)**

Особенности излучения газов и паров. Степень черноты углекислого газа и водяного пара. Основы переноса излучения в поглощающих, излучающих и рассеивающих средах. Закон Бугера. Сложный теплообмен. Коэффициент теплоотдачи излучением.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практические занятия 4 семестр (36 час.)**

#### **Занятие 1. Единицы измерения температуры и давления (2 часа).**

План занятия:

1. Решение задач по определению температуры по шкалам Цельсия, Кельвина, Фаренгейта.
2. Решение задач по определению абсолютного давления при известном избыточном и атмосферном давлении. Решение задач по переводу единиц измерения давления.

#### **Занятие 2-3. Уравнение состояния термодинамического идеального газа. (4 час.)**

План занятия:

1. Решение задач по теме уравнение состояние идеального газа.

#### **Занятие 4-5. Газовые смеси. (4 час.)**

План занятия:

1. Решение задач по определению парциального давления компонента газовой смеси.
2. Решение задач по нахождению массовой и объемной доли компонентов газовой смеси.
3. Определение удельной газовой постоянной смеси.

#### **Занятие 6-7. Теплоемкости газов. (4 час.)**

План занятия:

1. Решение задач по определению массовой, объемной и мольной теплоемкостей при постоянном объеме и постоянном давлении с использованием таблиц и расчетных формул.

**Занятие 8-9. Теплота и работа. (4 час.)**

План занятия:

1. Решение задач с использованием первого закона термодинамики – определение работы, теплоты, внутренней энергии.

**Занятие 10-11. Энтальпия и энтропия. (4 час.)**

План занятия:

1. Определение энтропии и энтальпии в термодинамическом цикле.

**Занятие 12-13. Термодинамические процессы. (4 час.)**

План занятия:

1. Решение задач по термодинамическим процессам – изобарный, изохорный, изотермический, адиабатный, политропный процессы.

**Занятие 14. Парообразование. (2 час.)**

План занятия:

1. Построение P-V и T-V диаграмм водяного пара.

**Занятие 15. Циклы газовых турбин. (2 час.)**

План занятия:

1. Построение цикла газовой турбины. Решение задач по определению параметров цикла.

**Занятие 16-17. Цикл парокомпрессионной холодильной установки. (4 час.)**

План занятия:

1. Построение цикла парокомпрессионной холодильной установки. Решение задач по определению параметров цикла.

2. Решение задач с использованием i-d диаграммы.

**Занятие 18. Решение контрольной работы. (2 час.)**

План занятия:

1. Решение контрольной работы.

**Практические занятия 5 семестр (18 час.)**

**Занятие 1. Теплопроводность (2 час.)**

План занятия:

1. Решение задач по теме «Стационарная теплопроводность».

**Занятие 2. Теплопроводность (2 час.)**

План занятия:

1. Решение задач по теме «Нестационарная теплопроводность».

### **Занятие 3. Обобщенные математические зависимости в процессах конвективного теплообмена (2 час.)**

План занятия:

1. Обобщенное уравнение конвективного теплообмена.
2. Определяющий размер. Определяющая температура.
3. Теплоотдача при обтекании плоской поверхности (пластины).
4. Теплоотдача при движении жидкости в трубе.
5. Теплоотдача при поперечном обтекании труб.
6. Теплоотдача при естественной (свободной) конвекции.

### **Занятие 4. Конвекция (2 час.)**

План занятия:

1. Решение задач по теме «Конвективный теплообмен».

### **Занятие 5. Теплообменные аппараты (ТОА) (2 час.)**

План занятия:

1. Основные понятия, область применения.
2. Классификация теплообменных аппаратов.

### **Занятие 6. Тепловой конструктивный расчет водо-водяного теплообменного аппарата. (2 час.)**

План занятия:

1. Виды расчетов.
2. Основные уравнения теплового расчета.
3. Расчет водоводяного ТОА: определение геометрических параметров конвективного теплообменного аппарата

### **Занятие 7. Расчет водоводяного ТОА. (2 час.)**

План занятия:

1. Определение коэффициента теплоотдачи греющей среды к внутренней поверхности труб трубного пучка.

### **Занятие 8. Расчет водоводяного ТОА. (2 час.)**

План занятия:

1. Расчет площади теплообмена и числа секций аппарата.

### **Занятие 9. Оформление чертежей водоводяного ТОА. (2 час.)**

План занятия:

1. Выполняется чертеж секции теплообменника на листе формата А3 с нанесением габаритных; монтажных, и присоединительных размеров, а также диаметров входного и выходного патрубков.

2. Выполняется рабочий эскиз секционного подогревателя с расчетом количества секций.

## **Лабораторные работы 5 семестр (18 час.)**

**Лабораторная работа № 1.** Уравнение состояния реальных газов (2 часа).

**Лабораторная работа №2.** Определение показателя адиабаты воздуха (2 часа).

**Лабораторная работа №3.** Изучение работы теплового насоса (2 час.)

**Лабораторная работа №4.** Определение теплоемкости жидкости методом нагрева потока жидкости (2 час.)

**Лабораторная работа № 5.** Определение коэффициента теплопередачи при движении жидкости в трубе при различных скоростях течения (2 час.)

**Лабораторная работа № 6.** Определение передаваемой тепловой мощности теплообменника типа «труба в трубе» в зависимости от направления потоков жидкости (2 час.)

**Лабораторная работа № 7.** Определение передаваемой тепловой мощности воздушно-водяного теплообменника с принудительным охлаждением (2 час.)

**Лабораторная работа № 8.** Определение передаваемой тепловой мощности кожухотрубного теплообменника (2 час.)

**Лабораторная работа № 9.** Определение вязкости жидкости при различной температуре по теории ламинарного сечения (2 час.)

## **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Техническая теплотехника» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

## **IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА**

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	4 семестр: Раздел 1. Техническая термодинамика	ОПК-2	Знает	Контрольная работа (ПР-2)	Зачет Вопросы 1-10
			Умеет	Контрольная работа (ПР-2)	Зачет Вопросы 3,5,7
			Владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Зачет Вопросы 8-10
		ПК-4	Знает	Контрольная работа (ПР-2)	Зачет Вопросы 11-19
			Умеет	Контрольная работа (ПР-2)	Зачет Вопросы 12,15
			Владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Зачет Вопросы 16-18
2	5 семестр: Раздел I. Теплопроводность	ПК-4	знает	Контрольная работа (ПР-2)	Экзамен Вопросы №1-8
			умеет	Контрольная работа (ПР-2)	Вопросы №9-12
			владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	Вопросы №13-17
		ОПК-2	знает	Контрольная работа (ПР-2)	Вопросы №18-20,26,27
			умеет	Контрольная работа (ПР-2)	Вопросы №21,23
			владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	Вопросы №22,24
3	5 семестр: Раздел II. Конвективный теплообмен в	ПК-4	знает	Контрольная работа (ПР-2)	Вопросы №28-33

	однофазной среде		умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Вопросы №34-36
			владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	Вопросы №32,36
		ОПК-2	знает	Контрольная работа (ПР-2)	Вопросы №28-33
			умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Вопросы №34-36
			владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	Вопросы №32,36
		4	5 семестр: Раздел III. Теплообмен излучением	ПК-4	знает
умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)				Вопросы №40,41
владеет	Контрольная работа (ПР-2)				Вопросы №42-46
ОПК-2	знает			Контрольная работа (ПР-2)	Вопросы №37-48
	умеет			Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Вопросы №40,41
	владеет			Контрольная работа (ПР-2)	Вопросы №42-46

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования



компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

*(электронные и печатные издания)*

1. Круглов, Г.А. Теплотехника [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г.А. Круглов, Р.И. Булгакова, Е.С. Круглова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2012. — 208 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/3900>
2. Ю.П.Семенов. Теплотехника /Ю.П.Семенов, А.Б.Левин // М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 400 с. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/470503>
3. Тепломассообмен: учебное пособие для вузов / А. А. Кудинов. Москва: Инфра-М, 2015, 374с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:809062&theme=FEFU>
4. Тепломассообмен: учебное пособие для вузов / О. Н. Брюханов, С. Н. Шевченко Москва: Инфра-М, 2013, 464с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:703400&theme=FEFU>
5. Техническая термодинамика и теплопередача: учебник для бакалавров: учебник для вузов по техническим направлениям и специальностям / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. Москва: Юрайт, 2013, 566 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:693700&theme=FEFU>

### **Дополнительная литература**

*(печатные и электронные издания)*

1. Тепломассообмен: методические указания к курсовому проектированию/ Дальневосточный федеральный университет; [сост.: Г. А. Захаров, К. В. Цыганкова, А. А. Еськин]. Владивосток: Изд-во Дальневосточного федерального университета, 2011. 28 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:674119&theme=FEFU>
2. Примеры и задачи по тепломассообмену: учебное пособие / [В. С. Логинов, А. В. Крайнов, В. Е. Юхнов и др.]. Санкт-Петербург: Лань, 2011. 255 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:822464&theme=FEFU>
3. Основы теплопередачи / М. А. Михеев, И. М. Михеева. Москва: Бастет, 2010. 343 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:672872&theme=FEFU>

4. С. Д. Угрюмова. Теплотехника. Владивосток: Изд-во Дальневосточной академии экономики и управления, 1999. 296 с.

5. Синявский, Ю.В. Сборник задач по курсу "Теплотехника" [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : ГИОРД, 2010. — 128 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4907>

### **Нормативно-правовые материалы<sup>1</sup>**

1. ГОСТ 27590-2005. Подогреватели кожухотрубные водо-водяные систем теплоснабжения. Общие технические условия (введен в действие Приказом Ростехрегулирования от 22.02.2007 N 23-ст) из информационного банка "Строительство" <http://docs.cntd.ru/document/1200049452>

2. ГОСТ 12820-80 Фланцы стальные плоские приварные на P(y) от 0,1 до 2,5 МПа (от 1 до 25 кгс/кв. см). Конструкция и размеры (с Изменениями N 1, 2, 3, 4). Дата введения 01.01.83 <http://docs.cntd.ru/document/1200003400>

3. ГОСТ 2.312-72 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Условные изображения и обозначения швов сварных соединений (с Изменением N 1) <http://docs.cntd.ru/document/1200005665>

4. ГОСТ 617-2006 Трубы медные и латунные круглого сечения общего назначения. Технические условия (с Изменением N 1) <http://docs.cntd.ru/document/1200048970/>

5. ГОСТ 17378-2001 (ИСО 3419-81) Детали трубопроводов бесшовные приварные из углеродистой и низколегированной стали. Переходы. Конструкция (с Изменением N 1) <http://docs.cntd.ru/document/1200030179>

6. ГОСТ 8732-78 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент (с Изменениями N 1, 2) <http://docs.cntd.ru/document/1200001512>

7. ГОСТ 16037-80 Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменением N 1) <http://docs.cntd.ru/document/1200001918>

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Температура [https://www.youtube.com/watch?v=tul4yORnt\\_A](https://www.youtube.com/watch?v=tul4yORnt_A)
  2. Вода <https://www.youtube.com/watch?v=eAA3OqaFy0A>
  3. Тепло против холода
-

<https://www.youtube.com/watch?v=mLXIVH5KXZ4>

4. Справочные данные по теплофизическим свойствам веществ в зависимости от температуры и давления. <http://thermalinfo.ru>

5. От света к радиоволнам

<https://www.youtube.com/watch?v=o7rvqxr95Yw>

6. Интерактивные модели по дисциплине «Тепломассообмен»  
[http://mieren.ru/about/intellect\\_sobstvennost/elektronnie-uchebno-metodicheskie-kompleksi/interaktiv\\_tplomassoobmen.html](http://mieren.ru/about/intellect_sobstvennost/elektronnie-uchebno-metodicheskie-kompleksi/interaktiv_tplomassoobmen.html)

7. Работа ТЭЦ изнутри <https://www.youtube.com/watch?v=gIXobdLWfeA>

8. Сила Солнца. Использование солнечной энергии

<https://www.youtube.com/watch?v=QQ-2Mzzwu4o>

9. Как работает самая большая солнечная печь

<https://www.youtube.com/watch?v=SB1oBxuBpwM>

### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

При чтении лекций используется компьютерная техника для демонстрации слайдов с помощью программного приложения:

Microsoft Power Point;

Adobe Reader;

Microsoft Excel;

Microsoft Word;

WinDjView.

Теплотехника жидкости

Для рассылки, переписки и обсуждения возникших учебных проблем используется электронная почта, технология и предоставляемые ею услуги по пересылке и получению электронных сообщений, называемых «письма» или «электронные письма», по распределённой, в том числе глобальной, компьютерной сети, преподавателя и обучающихся

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Успешное усвоение курса «Техническая теплотехника» предполагает активное участие студента на всех этапах ее освоения путем планомерной, повседневной работы.

Общие рекомендации: в начале изучения дисциплины «Техническая теплотехника» студентам предлагается ознакомиться с настоящей рабочей

программой; особое внимание уделяется целям, задачам, структуре и содержанию курса, а также списку литературы и других источников.

**Рекомендации по работе с литературой:** прослушанный материал лекции студент должен проработать. Для этого в процессе освоения теоретического материала дисциплины студенту необходимо вести конспект лекций и добавлять к лекционному материалу информацию, полученную из рекомендуемой литературы или интернет источников.

Конспект лекций рекомендуется начинать с плана излагаемого материала, чтобы для себя структурировать соответствующую тему лекции. Конспект не должен быть дословным. Желательно записывать лекционный материал кратко, только самое существенное. Рекомендовано использовать поля для заметок или вопросов, которые студент не понял во время лекции, для того, чтобы их уточнить у преподавателя, но предварительно попытавшись найти ответ самостоятельно.

К лекциям необходимо готовиться. Для этого студент должен просмотреть материал будущей лекции заранее, отметить для себя наиболее сложные или непонятные материалы лекции, с тем, чтобы задать во время лекции соответствующие вопросы преподавателю. Такой подход позволит легче и более детально усвоить данную дисциплину.

Практические занятия нацелены на закрепление лекционного материала. К ним студент должен готовиться заранее самостоятельно, изучив план занятия, соответствующую тему лекции, рекомендованную преподавателем литературу и вопросы для подготовки. Проведение практического занятия в аудитории начинается с устного опроса, такой подход дает возможность преподавателю оценить готовность студента к выполнению поставленных задач в соответствующей практической работе, а самому студенту подойти ответственно к подготовке к занятию, что способствует лучшему усвоению изучаемого материала.

Внеаудиторная самостоятельная работа нацелена на углубление и закрепление знаний студентов по данной дисциплине. Самостоятельная работа опирается на лекционный материал, материал практических занятий, расчетно-графической работы (РГР), кроме того дополнительно студент должен изучать соответствующую литературу по дисциплине «Техническая теплотехника», рекомендованную преподавателем. Вид самостоятельной работы: подготовка к лекциям, к практическим занятиям и к выполнению лабораторных работ.

**Рекомендации по подготовке к зачету и экзамену:** по данной дисциплине предусмотрен зачет (4 семестр) и экзамен (5 семестр).

На зачётной неделе необходимо иметь полный конспект лекций и проработанные практические занятия. Перечень вопросов к зачёту помещён в фонде оценочных средств (приложение 2). Готовиться к сдаче зачёта лучше систематически: прослушивая очередную лекцию, проработав очередное практическое занятие. Для допуска к зачету необходимо выполнить контрольную работу.

К экзамену допускаются студенты, не имеющие задолженностей по лабораторным работам и защитившие РГР. Перечень вопросов к экзамену помещён в фонде оценочных средств (приложение 2). Готовиться к сдаче экзамена лучше систематически: прослушивая очередную лекцию, проработав очередное практическое занятие, выполнив и защитив лабораторные работы, а также РГР.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В ходе обучения по курсу «Техническая теплотехника» используются следующие средства:

а) мультимедийные аудитории, оснащенные проектором для проведения визуальных презентаций;

б) лабораторный стенд «Теплотехника жидкости».

в) компьютерное оборудование для проведения текущего контроля успеваемости и объективной оценки усвоения дисциплины.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**  
по дисциплине «Техническая теплотехника»  
**Направление подготовки 08.03.01 Строительство**  
профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2018**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	В течение 4-го семестра	Работа с теоретическим материалом	18 час	ПР-2
2	Сессия	Подготовка к зачету	18 час	Зачет
2	В течение 5-го семестра	Работа с теоретическим материалом	7 час	ПР-2, ПР-6
3	В течение 5-го семестра	Выполнение РГР	2 час	ПР-12
3	Сессия	Подготовка к экзамену	27 час	Экзамен

### Рекомендации по самостоятельной работе студентов

#### Методические указания к работе с теоретическим материалом

**Цель:** получить хорошие знания по дисциплине и научиться работать самостоятельно.

**Задачи:**

- приобретение навыков самостоятельной работы с лекционным материалом;
- приобретение навыков самостоятельной работы с основной и дополнительной литературой, пользоваться интернет – ресурсами;
- умение анализировать практические задачи, ставить и решать аналогичные задачи.

Работа с теоретическим материалом должна осуществляться на основе лекционного курса дисциплины. Для этого студент должен вести конспект лекций и уметь работать с ним.

Работа с литературой предполагает самостоятельную работу с учебниками, книгами, учебными пособиями, учебно-методическими пособиями по выполнению курсовой работы и выпускной квалификационной работы, с нормативно-правовыми источниками. Перечень литературы: основной, дополнительной, нормативной и интернет-ресурсов приведен в



разделе V «Учебно-методическое обеспечение дисциплины» настоящей рабочей программы.

Умение самостоятельно работать с литературой является одним из важнейших условий освоения дисциплины. Поиск, изучение и проработка литературных источников формирует у студентов научный способ познания, вырабатывает навыки умения учиться, позволяет в дальнейшем в практической работе после окончания университета продолжать повышать самостоятельно свою квалификацию и приобретать нужные компетенции для дальнейшего роста в профессии.

Самостоятельная работа с литературными источниками требует от студента усидчивости, терпения и сосредоточенности. Чтобы лучше понять существо вопроса, желательно законспектировать изучаемый материал, сделать нужные пометки, отметить вопросы для консультации с преподавателем.

### **Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению**

Студенты в течение 4 семестра на практических занятиях и на консультациях отвечают на вопросы. Студент должен квалифицированно, грамотно ответить на поставленные вопросы.

Кроме этого, студенты пишут контрольные работы по каждому разделу дисциплины. Для подготовки к контрольным работам студент должен самостоятельно решить ряд задач.

Студент должен оформить и защитить все лабораторные работы, выполненные в течение семестра.

### **Методические указания к выполнению РГР**

**Цель:** получить навык выполнения тепловых расчетов теплообменных аппаратов.

#### **Задачи:**

—Определение геометрических параметров водоводяного конвективного теплообменного аппарата (ТОА);

—Определение коэффициента теплоотдачи греющей среды к внутренней поверхности труб трубного пучка;

—Расчет площади теплообмена и числа секций аппарата;

—Оформление чертежей водоводяного ТОА;

Проектирование ведется на основе индивидуального задания, содержащего следующие данные: режим работы, тепловая нагрузка, параметры греющей среды, параметры нагреваемой среды. Возможные варианты представлены в таблице:

№ варианта	Водоводяной ТОА		
	Q <sub>г.в.</sub> , кВт	T <sub>1</sub> '/T <sub>1</sub> " , °C	T <sub>2</sub> '/T <sub>2</sub> " , °C
1	300	95/70	5/55
2	350	115/70	5/60
3	400	130/70	5/65
4	450	150/70	15/55
5	500	95/70	15/60
6	550	115/70	15/65
7	600	130/70	5/55
8	650	150/70	5/60
9	700	95/70	5/65
10	750	115/70	15/55
11	800	130/70	15/60
12	850	150/70	15/65
13	900	95/70	5/55
14	950	115/70	5/60
15	1000	130/70	5/65
16	1050	150/70	15/55
17	1100	95/70	15/60
18	1150	115/70	15/65
19	1200	130/70	5/55
20	1250	150/70	5/60
21	300	95/70	5/65
22	350	115/70	15/55
23	400	130/70	15/60
24	450	150/70	15/65
25	500	95/70	5/55
26	550	115/70	5/60
27	600	130/70	5/65
28	650	150/70	15/55
29	700	95/70	15/60
30	750	115/70	15/65
31	800	130/70	5/55
32	850	150/70	5/60
33	900	95/70	5/65
34	950	115/70	15/55
35	1000	130/70	15/60
36	1050	150/70	15/65

37	1100	95/70	5/55
38	1150	115/70	5/60
39	1200	130/70	5/65
40	1250	150/70	15/55

### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

РГР оформляется на листах А4, рукописно. Чертежи могут быть выполнены от руки или в машинном исполнении: на листах А3: разрез/вид секции водоводяного теплообменного аппарата, разрез трубной доски, узел вальцовки; на листах А4: вид водоводяного теплообменного аппарата, экспликация деталей.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Техническая теплотехника»**  
**Направление подготовки 08.03.01 Строительство**  
**профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»**  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2018**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<b>ОПК-2</b> – способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Знает	Методы решения естественнонаучных проблем исследований, возникающих в ходе профессиональной деятельности;
	Умеет	Обоснованно принимать решения о применении конкретных методов решения естественнонаучных проблем;
	Владеет	Навыками применения физико-математического аппарата для решения для решения теоретических и экспериментальных проблем
<b>ПК-4</b> владением теоретическими знаниями и приложениями основных законов механики, теории упругости, гидравлики и аэродинамики, термодинамики и тепломассообмена в области строительства, способность применять их для обоснования проектных решений, применять инженерные методы и вычислительные программы по расчёту строительных конструкций, сооружений, сетей и систем при различных нагрузках и воздействиях	Знает	Основные положения теории тепломассообмена и принципы расчета теплообменных аппаратов;
	Умеет	Применять методы математического анализа и теоретического и экспериментального исследования;
	Владеет	Навыком использования современного расчетного оборудования и приборов

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	4 семестр: Раздел 1. Техническая термодинамика	ОПК-2	Знает	Контрольная работа (ПР-2)	Зачет Вопросы 1-10
			Умеет	Контрольная работа (ПР-2)	Зачет Вопросы 3,5,7
			Владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Зачет Вопросы 8-10
		ПК-4	Знает	Контрольная работа (ПР-2)	Зачет Вопросы 11-19
			Умеет	Контрольная работа (ПР-2)	Зачет Вопросы 12,15
			Владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Зачет Вопросы 16-18
2	5 семестр: Раздел I. Теплопроводность	ПК-4	знает	Контрольная работа (ПР-2)	Экзамен Вопросы №1-8
			умеет	Контрольная работа (ПР-2)	Вопросы №9-12
			владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	Вопросы №13-17
		ОПК-2	знает	Контрольная работа (ПР-2)	Вопросы №18-20,26,27
			умеет	Контрольная работа (ПР-2)	Вопросы №21,23
			владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	Вопросы №22,24
3	5 семестр: Раздел II. Конвективный теплообмен в однофазной среде	ПК-4	знает	Контрольная работа (ПР-2)	Вопросы №28-33
			умеет	Расчетно-	Вопросы

				графическая работа (ПР-12)	№34-36
			владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	Вопросы №32,36
		ОПК-2	знает	Контрольная работа (ПР-2)	Вопросы №28-33
			умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Вопросы №34-36
			владеет	Лабораторная работа (ПР-6)	Вопросы №32,36
4	5 семестр: Раздел III. Теплообмен излучением	ПК-4	знает	Контрольная работа (ПР-2)	Вопросы №37-47
			умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Вопросы №40,41
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Вопросы №42-46
		ОПК-2	знает	Контрольная работа (ПР-2)	Вопросы №37-48
			умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Вопросы №40,41
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Вопросы №42-46

## Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	Показатели
<p>ОПК-2</p> <p>способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующих физико-математический аппарат</p>	знает (пороговый уровень)	естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности	Знание естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности	Способен объяснить принцип работы теплообменного оборудования на основе естественнонаучных законов
	умеет (продвинутый)	решать проблемы, возникающие в ходе профессиональной деятельности с помощью соответствующего физико-математического аппарата	Умение решать проблемы, возникающие в ходе профессиональной деятельности с помощью соответствующего физико-математического аппарата	Способен решать проблемы, возникающие в в работе теплообменного оборудования с помощью соответствующего физико-математического аппарата
	владеет (высокий)	физико-математическим аппаратом на достаточном уровне для решения проблемы, возникающие в ходе профессиональной деятельности	Владение навыками использования физико-математическим аппаратом на достаточном уровне для решения проблемы, возникающие в ходе профессиональной деятельности	Способность оптимизировать работу теплообменного оборудования, используя основные законы тепломассообмена
<p>ПК-4</p> <p>способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математическо</p>	знает (пороговый уровень)	основные законы тепломассообмена	Знание основных законов тепломассообмена	Способность использовать основных законов тепломассообмена при решении типовых задач
	умеет (продвинутый)	применять основные законы тепломассообмена для решения задач в области профессиональной деятельности	Умение применять основные законы тепломассообмена для решения задач в области профессиональной деятельности	Способность выполнить анализ частных задач профессиональной деятельности, используя



го анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования				основные законы теплообмена
	владеет (высокий)	методами математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Владение методами математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Способен выполнить различные расчеты теплообменного оборудования, применяя методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования

### **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

**Текущая аттестация студентов.** Текущая аттестация студентов по дисциплине «Техническая теплотехника» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Техническая теплотехника» проводится в форме контрольных мероприятий (тестирование (ПР-1), контрольных работ по каждому разделу дисциплины (ПР-2), защита лабораторных работ (ПР-6), выполнение расчетно-графической работы (ПР-12)) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Оценка освоения учебной дисциплины «Техническая теплотехника» является комплексным мероприятием, которое в обязательном порядке

учитывается и фиксируется ведущим преподавателем. Такие показатели этой оценки, как посещаемость всех видов занятий и своевременность выполнения расчётно-графической работы фиксируется в журнале посещения занятий и в графике выполнения РГР

Степень усвоения теоретических знаний оценивается такими контрольными мероприятиями как тестирование, контрольные работы, зачет, экзамен и, частично выполнением расчётно-графической работы.

Уровень овладения практическими навыками и умениями, результаты самостоятельной работы оцениваются решением задач контрольных работ и защитой лабораторных работ, а также работой студента над РГР, ее оформлением, самой защитой.

**Промежуточная аттестация студентов.** Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Техническая теплотехника» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Техническая теплотехника» проводится в форме контрольного мероприятия (4 семестр – зачет, 5 семестр - экзамен) в виде ответов на билеты, содержащие вопросы, приведенные в разделе зачетно-экзаменационные материалы ФОС.

## **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

### **Перечень типовых вопросов к зачету**

1. Что изучает термодинамика? Основные определения – термодинамическая система (открытая, закрытая, изолированная, адиабатная), рабочее тело.
2. Основные газовые законы. Уравнение состояния идеального газа. Газовая постоянная.
3. Работа. Работа перемещения. Работа в P-V диаграмме. Как определить работа совершается над системой или системой?
4. Теплота. Отличие теплоты от температуры.
5. Теплоемкость – определение, виды теплоемкости, теплоемкости смеси.
6. Термодинамический цикл. Термический КПД цикла.
7. Первый закон термодинамики. Формулировка Джоуля. Аналитическая запись. Формулировка через вечный двигатель 1-ого рода.
8. Частные случаи первого закона термодинамики для адиабатного, изохорного, изотермического и изобарного процессов.

9. Второй закон термодинамики. Формулировка через вечный двигатель 2-ого рода. Определение через энтропию.
10. Прямой цикл Карно. Теорема Карно.
11. Двигатель внутреннего сгорания, определение, назначение, схема, виды.
12. Цикл Отто.
13. Цикл Дизеля.
14. Цикл Тринклера.
15. Газотурбинная установка. Цикл ГТУ.
16. Виды парообразования. Парообразование в P-V, P-T диаграмме.
17. Цикл Карно с влажным паром.
18. Цикл Ренкина.
19. Цикл парокompрессионной холодильной установки.

### **Перечень типовых вопросов к экзамену**

1. Элементарные способы переноса теплоты.
2. Температурное поле и градиент температуры.
3. Дайте определение изотермической поверхности и изотермы
4. Дайте определение и назовите единицы измерения следующих физических величин: тепловой поток, плотность теплового потока, коэффициент теплопроводности.
5. Сформулируйте законы Фурье и Ньютона - Рихмана.
6. Дифференциальное уравнение теплопроводности: допущения, какой закон положен в основу вывода, итоговое уравнение.
7. Дайте определение и запишите единицы измерения коэффициентов температуропроводности и теплоотдачи.
8. Условия однозначности: значение, состав. почему необходимо дополнять дифференциальные уравнения краевыми условиями
9. Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решение для однородной тонкой плоской стенки с постоянным коэффициентом теплопроводности.
10. Выражение для плотности теплового потока в случае многослойной плоской стенки, состоящей из  $n$  однородных слоев.
11. Запишите выражение для определения теплового потока через

многослойную плоскую стенку в процессе теплопередачи.

12. Запишите выражение для определения температуры в плоскости соприкосновения произвольных слоев.

13. Плотность теплового потока для граничных условий второго и третьего рода.

14. Запишите дифференциальное уравнение теплопроводности без внутренних источников тепла для цилиндрической стенки и его решение. В каком случае теплопередача в цилиндрической стенке может рассчитываться по формулам для плоской стенки?

15. Запишите выражение и схематически изобразите распределение температуры в однородной и многослойной цилиндрических стенках при заданных температурах поверхностей.

16. Запишите выражение для определения температуры в плоскости соприкосновения произвольных слоев многослойной цилиндрической стенки.

17. Дайте определение и запишите расчетную формулу для вычисления критического диаметра изоляции. Поясните, в каком случае тепловой поток через цилиндрическую стенку будет возрастать при наложении изоляции.

18. Перечислите способы интенсификации теплопередачи. Может ли коэффициент теплопередачи быть больше какого-либо из коэффициентов теплоотдачи? Почему нецелесообразно обрывать стенку со стороны большего коэффициента теплоотдачи?

19. Нестационарная теплопроводность: описание процесса, изменение температуры тела по мере нагрева в среде, дифференциальное уравнение нестационарного процесса теплопроводности без внутренних источников тепла.

20. Приведите примеры периодических нестационарных процессов теплопроводности. Запишите дифференциальное уравнение нестационарного процесса теплопроводности без внутренних источников тепла. Поясните метод решения нестационарного уравнения теплопроводности для пластины.

21. Критерии Био, Фурье и безразмерная избыточная температура: определение и физический смысл.

22. Запишите решение дифференциального уравнения нестационарной теплопроводности в безразмерном виде, поясните его структуру.

23. Охарактеризуйте особенности решения дифференциального уравнения нестационарной теплопроводности в зависимости от числа Фурье.

24. Поясните особенности точки пересечения касательных к решению нестационарного уравнения теплопроводности на поверхности пластины. Как они зависят от числа Био?

25. Как определить время, необходимое для прогрева середины пластины до заданной температуры в случае  $Fo > 0,3$ ?

26. Схематически изобразите распределение избыточной температуры для бесконечной пластины в зависимости от диапазона значений числа Био.

27. Перечислите стадии охлаждения тел, охарактеризуйте их. Дайте определение, расчетную формулу и единицы измерения темпа охлаждения. Поясните особенности этой величины в стадии регулярного режима.

28. Сформулируйте теоремы Кондратьева.

29. Перечислите виды конвекции и дайте их определение.

30. Перечислите режимы течения жидкостей. Какое критериальное число их определяет? Как и почему зависит теплоотдача от режимов течения жидкости?

31. Дайте определение гидродинамического и температурного пограничных слоев.

32. Какие процессы называются подобными, аналогичными? Приведите примеры. Сформулируйте общие условия подобия физических процессов.

33. Теория подобия: практическая польза, виды подобия, теоремы подобия.

34. Что определяют числа подобия  $Nu$ ,  $Re$ ,  $Pr$ ,  $Gr$ ? Как и почему связана теплоотдача с гидродинамическим режимом течения жидкости?

35. Запишите обобщенное уравнение конвективного теплообмена. Какие величины являются определяющими для этого уравнения?
36. Какое расположение труб в пучках применяют в практических условиях, и при каком из них интенсивнее теплоотдача?
37. Что такое теплообменный аппарат? Виды теплообменников. Принцип действия, примеры. Виды тепловых расчетов. Основные уравнения.
38. Лучистый теплообмен: определение, особенности.
39. На какие части делится энергия падающего на тело потока излучения?
40. Какие тела называются абсолютно черным, абсолютно белым и абсолютно прозрачным? Для чего нужны понятия абсолютных тел?
41. Как определяется поверхностная плотность потока интегрального излучения?
42. Как определяется интенсивность излучения?
43. В чем сущность законов Планка и Вина?
44. Каково практическое применение закона Вина?
45. В чем сущность закона Стефана – Больцмана?
46. В чем сущность закона Кирхгофа?
47. Закон Ламберта. Для каких тел он применим?
48. Что такое степень черноты? От каких факторов она зависит?

## Оценочные средства для текущей аттестации

### ПР-2 Контрольная работа

#### Комплект заданий для выполнения контрольной работы №1

##### Вариант 1

1. Баллон, содержащий в себе кислород при давлении 118 ат по манометру и температуре минус 8 °С, перенесен в помещение с температурой +28 °С. Какое давление будет в баллоне по манометру если газ нагреется до этой температуры?

2. В баллоне, вместимостью 50 литров находится ацетилен ( $C_2H_2$ ) при давлении 6 МПа и температуре 25 °С. После того, как из него была выпущена часть газа, показание манометра стало 3 МПа, а температура понизилась до 15 °С. Определить массу выпущенного и плотность оставшегося в баллоне ацетилена, если давление окружающей среды 90 кПа.

3. 0,2 м<sup>3</sup> воздуха с начальной температурой 18 °С подогревают в цилиндре диаметром 0,5 м при постоянном давлении 0,2 МПа до температуры 200 °С. Определить работу расширения, перемещение поршня и количество затраченной теплоты, не учитывая зависимость теплоемкости от температуры.

4. Массовый состав смеси следующий: 18% CO<sub>2</sub>, 12% O<sub>2</sub>, 70% N<sub>2</sub>.

До какого давления нужно сжать эту смесь, находящуюся при нормальных условиях, чтобы при температуре 180 °С 8 кг ее занимали объем, равный 4 м<sup>3</sup>.

##### Вариант 2

1. В баллоне емкостью 40 л находится азот при абсолютном давлении 10 бар; температура его 200 °F. Определить массу азота и его плотность.

2. Предельно допустимое давление газа в баллоне во избежание взрыва равно 150 бар. В этом баллоне находится газ с давлением 13,5 МПа и температурой +65 °F. До какой температуры в градусах Цельсия допустим нагрев газа?

3. 0,5 м<sup>3</sup> кислорода при давлении 1 МПа и температуре 30 °С сжимаются изотермически до объема в 5 раз меньше начального.

Определить объем и давление кислорода после сжатия, работу, затраченную на сжатие, и количество отведенной от газа теплоты.

4. Смесь азота и водорода в массовом отношении 4:1 нагреется при  $p = \text{const}$  от 200 °С до 1200 °С. Найти среднюю теплоемкость в пределе этих температур и расход теплоты для нагрева 100 кг смеси.

#### Комплект заданий для выполнения контрольной работы №2

##### Вариант 1

1. Определить излучательную способность поверхности Солнца, если известно, что ее температура равна 5900 °С и условия излучения близки к излучению абсолютно черного тела. Вычислить также длину волны, при

которой будет наблюдаться максимум спектральной интенсивности излучения и общее количество лучистой энергии, испускаемой Солнцем в единицу времени, если диаметр Солнца можно принять равным  $1,246 \cdot 10^9$  м.

2. Определить, какую долю излучения, падающего от абсолютно черного источника, будет отражать поверхность полированного алюминия при температуре  $t = 265$  °С, если известно, что при этой температуре излучательная способность поверхности  $E = 183$  Вт/м<sup>2</sup>. Температура источника черного излучения равна температуре поверхности алюминия.

#### Вариант 2

1. Определить излучательную способность поверхности Солнца, если известно, что ее температура равна  $5560$  °С и условия излучения близки к излучению абсолютно черного тела. Вычислить также длину волны, при которой будет наблюдаться максимум спектральной интенсивности излучения и общее количество лучистой энергии, испускаемой Солнцем в единицу времени, если диаметр Солнца можно принять равным  $1,732 \cdot 10^9$  м.

2. Определить, какую долю излучения, падающего от абсолютно черного источника, будет отражать поверхность полированного алюминия при температуре  $t = 283$  °С, если известно, что при этой температуре излучательная способность поверхности  $E = 170$  Вт/м<sup>2</sup>. Температура источника черного излучения равна температуре поверхности алюминия.

### Комплект заданий для выполнения контрольной работы №3

#### Вариант 1

1. На вертикальной трубе водоподогревателя конденсируется сухой насыщенный пар. Давление пара  $p = 9$  МПа. Температура наружной поверхности трубы  $t_c = 264$  °С. Высота трубы  $H = 2,2$  м. Определить средний коэффициент теплоотдачи от пара к стенке трубы.

2. На наружной поверхности горизонтальной трубы  $d = 25$  мм и длиной  $l = 1,7$  м конденсируется сухой насыщенный пар при давлении  $p = 100$  кПа. Температура поверхности трубы  $t_c = 91,6$  °С. Определить средний коэффициент теплоотдачи от пара к трубе и количество пара  $G$ , которое конденсируется на поверхности трубы. Сравнить результаты расчета с ответом к предыдущей задаче.

#### Вариант 2

1. На вертикальной трубе водоподогревателя конденсируется сухой насыщенный пар. Давление пара  $p = 7,9$  МПа. Температура наружной поверхности трубы  $t_c = 314$  °С. Высота трубы  $H = 1,8$  м. Определить средний коэффициент теплоотдачи от пара к стенке трубы.

2. На наружной поверхности горизонтальной трубы  $d = 32$  мм и длиной  $l = 2,3$  м конденсируется сухой насыщенный пар при давлении  $p = 100$  кПа. Температура поверхности трубы  $t_c = 86$  °С. Определить средний



коэффициент теплоотдачи от пара к трубе и количество пара  $G$ , которое конденсируется на поверхности трубы. Сравнить результаты расчета с ответом к предыдущей задаче.

#### Комплект заданий для выполнения контрольной работы №4

##### Вариант 1

1. Плоское влажное изделие длиной  $l=0,5$  м продольно омывается потоком сухого воздуха, для которого температура  $t_{\infty}=20$  °С, давление  $p=0,202$  МПа, скорость  $w_{\infty}=1$  м/с. Температура изделия постоянна по всей длине ( $t_c=20$  °С). Найти коэффициент массоотдачи  $\beta$ .

2. Тонкая пластина длиной  $l_0 = 2$  м и шириной  $a = 1,5$  м обтекается продольным потоком воздуха. Скорость и температура набегающего потока, соответственно,  $w_0 = 5$  м/с;  $t_0 = 20$  °С. Определить средний по длине пластины коэффициент массоотдачи.

##### Вариант 2

1. Плоское влажное изделие длиной  $l=0,9$  м продольно омывается потоком сухого воздуха, для которого температура  $t_{\infty}=35$  °С, давление  $p=0,195$  МПа, скорость  $w_{\infty}=0,9$  м/с. Температура изделия постоянна по всей длине. Найти коэффициент массоотдачи  $\beta$ .

2. Тонкая пластина длиной  $l_0 = 1,3$  м и шириной  $a = 1,1$  м обтекается продольным потоком воздуха. Скорость и температура набегающего потока, соответственно,  $w_0 = 6$  м/с;  $t_0 = 16$  °С. Определить средний по длине пластины коэффициент массоотдачи.

#### ПР-12 Расчетно-графическая работа

В 5 семестре в соответствии с учебным планом студентами выполняется РГР на тему «Конструктивный тепловой расчет конвективного водо-водяного теплообменного аппарата». Проектирование ведется на основе индивидуальных исходных данных: режима работы, тепловой нагрузки, параметров греющей среды, параметров нагреваемой среды. Возможные варианты представлены в таблице:

№ варианта	Водоводяной		
	$Q_{г.в.}, \text{кВт}$	$T_1'/T_1'', \text{ } ^\circ\text{C}$	$T_2'/T_2'', \text{ } ^\circ\text{C}$
1	300	95/70	5/55
2	350	115/70	5/60
3	400	130/70	5/65

4	450	150/70	15/55
5	500	95/70	15/60
6	550	115/70	15/65
7	600	130/70	5/55
8	650	150/70	5/60
9	700	95/70	5/65
10	750	115/70	15/55
11	800	130/70	15/60
12	850	150/70	15/65
13	900	95/70	5/55
14	950	115/70	5/60
15	1000	130/70	5/65
16	1050	150/70	15/55
17	1100	95/70	15/60
18	1150	115/70	15/65
19	1200	130/70	5/55
20	1250	150/70	5/60
21	300	95/70	5/65
22	350	115/70	15/55
23	400	130/70	15/60
24	450	150/70	15/65
25	500	95/70	5/55
26	550	115/70	5/60
27	600	130/70	5/65
28	650	150/70	15/55
29	700	95/70	15/60
30	750	115/70	15/65

31	800	130/70	5/55
32	850	150/70	5/60
33	900	95/70	5/65
34	950	115/70	15/55
35	1000	130/70	15/60
36	1050	150/70	15/65
37	1100	95/70	5/55
38	1150	115/70	5/60
39	1200	130/70	5/65
40	1250	150/70	15/55

### ПР-6 Лабораторные работы

#### Лабораторная работа №1. Уравнение состояния реальных газов.

Порядок выполнения работы:

1. Включить электронагреватель с термостатом 1, с помощью регулятора 2 установить нужную температуру. Опыт начинаем тогда, когда температура достигла нужного значения на термометре 5 и стабилизировалась. Значения температур для опытов должны находиться в пределах от 10 до 35 градусов и задаются преподавателем.

49. С помощью вентиля 3 необходимо выставить нужный объём (шкала 4) и снять показания манометра 6.

50. Результаты занести в протокол.

51. Опыт необходимо провести 3 раза при разных температурах.

52. В масштабе построить в PV-диаграмме три изотермы.

#### Лабораторная работа №2. Определение показателя адиабаты воздуха

Порядок выполнения работы:

1. Поочередным включением каждого из выключателей по показанию вольтметра проверить напряжение каждой фазы. Опыт запрещается проводить, если отсутствует напряжение хотя бы одной фазы.

2. Убедиться по показанию манометра, что в ресивере нет избыточного давления. В противном случае выпустить из ресивера воздух через кран 11.

3. Перекрыть кран 11. Кран 7 поставить в положение, при котором сжатый воздух из компрессора будет поступать в ресивер.

4. Включить одновременно тремя выключателями электродвигатель и, наблюдая за показанием бачкового манометра, закачать воздух в ресивер до давления, требуемого в опыте (Ризб.1).

5. По достижении заданного давления поворотом крана 7 направить воздушный поток от компрессора в атмосферу. Отключить электродвигатель.

6. Выждав 5-7 минут, необходимых для охлаждения сжатого воздуха до температуры окружающей среды (о наступлении этого момента будет свидетельствовать установившееся показание манометра), записать значение давления Ризб.2 в протокол.

7. Открыть кран 11 на время не более 2 секунд и выпустить сжатый воздух из ресивера в атмосферу. При этом Ризб..3. станет равным нулю. Закрыть кран.

8. После 5-7 минут, пока прогреется охладившийся при адиабатном расширении воздух до температуры окружающей среды, занести в протокол значение давления Ризб.4.

9. Каждая серия опытов производится 4 раза для различных начальных давлений (согласно пп. 2-8), численные значения которых или задаются преподавателем, или принимаются равными 800, 700 и 600 мм вод.ст. (около 8, 7 и 6 кПа соответственно). Общее количество опытов равно 12.

1. Определить абсолютное давление воздуха в начале изохорного процесса снижения давления с отводом теплоты (P1), в начале адиабатного расширения (P2), в начале и в конце изохорного повышения давления с подводом теплоты (P3 и P4) по следующей формуле:

$$P_i = P_{\text{изб } i} \times g + P_{\text{бар}}, \text{ Па} \quad (22)$$

где  $P_{\text{бар}}$  - барометрическое давление, Па, измеренное по лабораторному барометру;

$$g = 9,81 - \text{ускорение свободного падения, м/с}^2;$$

$$P_{\text{изб } i} - \text{избыточное давление, мм вод. ст.}$$

2. Вычислить значение показателя адиабаты  $k$  по (21). Причем, принимая  $P_3 = P_{\text{бар}}$ , и используя выражение (22), значение  $k$  можно определить по следующей формуле:

3. Определить среднее значение показателя адиабаты воздуха для серии проводимых опытов:

$$\text{где } n - \text{количество опытов}$$

4. Определить отклонение каждого опыта:

5. Рассчитать действительную ошибку эксперимента:

где  $k_0 = 1,4$  - известное общепринятое значение показателя адиабаты воздуха.

6. Рассчитать среднеквадратичную ошибку эксперимента при  $m = 10$ :

Отчет оформляется один на бригаду и должен содержать следующее: основные положения теории; краткое описание экспериментальной установки и схему; результаты замеров и расчетов в виде протокола (приложение 1). Расчеты прилагаются на отдельном листе.

### **Лабораторная работа №3.** Изучение работы теплового насоса

Порядок выполнения работы:

1. Включить установку в сеть.
2. руководствуясь гидropневматической схемой перевести установку в первый вариант с помощью вентилей 13.
3. Занести в протокол массы и начальные значения температур воды в обоих резервуарах.
4. Кнопкой «ВКЛ» запустить компрессор.
5. Записать значения силы тока и напряжения.
6. Через 10-15 минут повторно занести значения температур в протокол.
7. Кнопкой «ВЫКЛ» выключить компрессор и перевести установку во второй вариант.
8. Повторить пункты с 3 по 6
9. Кнопкой «ВЫКЛ» выключить компрессор и перевести установку в первый вариант.
10. Повторить пункты с 3 по 6
11. Кнопкой «ВЫКЛ» выключить компрессор, выключатель «СЕТЬ» и выключить установку из сети

**Лабораторная работа №4.** Определение теплоемкости жидкости методом нагрева потока жидкости

Порядок выполнения работы:

Для выполнения работы используется электрический теплообменник. Нагрев воды производится трубчатым электронагревателем, питающимся от электрической сети. Количество потребленной электроэнергии измеряется счетчиком электроэнергии, расположенном в субблоке «Нагреватель». Расположенный справа от счетчика выключатель позволяет подключать два или четыре ТЭНа одновременно. Расход воды измеряется расходомером холодного контура. Входная и выходная температура определяется термопарами, установленными на входе и выходе теплообменника.

Полученные данные фиксируются и отображаются на экране компьютера. Данные можно вывести в виде таблиц.

1. Изучить теоретические основы по данной теме.
2. Изучить главу «Описание оборудования», расположение и назначение отдельных частей установки.
3. Включить учебное оборудование, используя автомат (ВКЛ.) субблока «СЕТЬ».
4. Перекрыть все вентили.
5. Подключить ноутбук к стенду, используя USB кабель и блок согласования. Включить ноутбук.
6. Запустить программу «Теплотехника жидкости».
7. Установить трехходовой кран в направлении потока через электрический теплообменник. Открыть вентиль К5.
8. Выставить режим циркуляции насоса переключением флажка на корпусе насоса (выполняется преподавателем). Включить насос тумблером, расположенным справа на модуле питания стенда.
9. Установить проток жидкости приоткрыв задвижку, двигая курсор задвижки на экране монитора.
10. Установить режим работы расходомера. Обнулить показания счетчиков.
11. Открыть клапан, нажав кнопку «Клапан холодный» на экране монитора.
12. Снимая показания с приборов или с экрана монитора, оформить результаты работы в таблицу.

**Лабораторная работа № 5.** Определение коэффициента теплопередачи при движении жидкости в трубе при различных скоростях течения

Порядок выполнения работы:

Для выполнения работы используется теплообменник труба в трубе. Нагрев воды производится трубчатым теплообменником, содержащим камеру горячего и холодного контура. Расход воды измеряется расходомерами горячего и холодного контура. Входная и выходная температура определяется термомпарами, установленными на входе и выходе контуров теплообменника. Количество потребленной и полученной энергии рассчитывается из показаний приборов. Полученные данные фиксируются и отображаются на экране компьютера. Данные можно вывести в виде таблиц.

1. Изучить теоретические основы по данной теме.

2. Изучить главу «Описание оборудования», расположение и назначение отдельных частей установки.
3. Включить учебное оборудование, используя автомат (ВКЛ.) субблока «СЕТЬ».
4. Перекрыть все вентили.
5. Подключить ноутбук к стенду, используя USB кабель и блок согласования. Включить ноутбук.
6. Запустить программу «Теплотехника жидкости».
7. Установить трехходовой кран в направлении потока через теплообменник труба в трубе. Кранами К11, К12, К13, К14 установить направление потока жидкости.
8. Выставить режим циркуляции насосов горячего и холодного контуров переключением флажков на корпусе насосов (выполняется преподавателем). Включить насосы тумблерами, расположенными справа на модуле питания стенда.
9. Установить проток жидкости, приоткрыв задвижки, двигая курсоры задвижек на экране монитора.
10. Выставить температуру горячего теплоносителя с помощью кнопок на панели ТРМ субблока «Регулятор температуры». Включить нагреватель выключателем, находящимся справа от ТРМ.
11. Открыть задвижку горячего контура на 60%.
12. Открыть клапан, нажав кнопку «Клапан горячий» на экране монитора.
13. Установить режим работы расходомеров «Расход».
14. Дождаться установления стационарного потока жидкости и стабильной температуры.
15. Открыть задвижку холодного контура на 10-12 %.
16. Открыть клапан, нажав кнопку «Клапан холодный» на экране монитора.
17. Снимая показания с приборов или с экрана монитора. Заполнить таблицу 4.2.
18. Рассчитать коэффициент теплопередачи  $k = \frac{Q}{t}$ .
19. После окончания работы рассчитать и заполнить 6 и 7 столбцы таблиц.
20. Повторить пункты 7...19, но необходимо больше приоткрыть задвижки.
21. Провести 5 опытов при разной скорости течения жидкости.
22. Выключить стенд, предварительно сохранив результаты на ноутбуке.

23. Подготовить отчет о проделанной работе, сделать выводы.

**Лабораторная работа № 6.** Определение передаваемой тепловой мощности теплообменника типа «труба в трубе» в зависимости от направления потоков жидкости

Порядок выполнения работы:

Для выполнения работы используется теплообменник типа «труба в трубе». Нагрев воды производится трубчатым теплообменником, содержащим камеру горячего и холодного контура. Расход воды измеряется расходомерами горячего и холодного контура. Входная и выходная температура определяется термомпарами, установленными на входе и выходе контуров теплообменника. Количество потребленной и полученной энергии рассчитывается из показаний приборов. Полученные данные фиксируются и отображаются на экране компьютера. Данные можно вывести в виде таблиц.

1. Изучить теоретические основы по данной теме.
2. Изучить главу «Описание оборудования», расположение и назначение отдельных частей установки.
3. Включить учебное оборудование, используя автомат (ВКЛ.) субблока «СЕТЬ».
4. Перекрыть все вентили.
5. Подключить ноутбук к стенду, используя USB кабель и блок согласования. Включить ноутбук.
6. Запустить программу «Теплотехника жидкости».
7. Установить трехходовой кран в направлении потока через теплообменник типа «труба в трубе». Кранами К11, К12, К13, К14 установить направление потока жидкости.
8. Выставить режим циркуляции насосов горячего и холодного контуров переключением флажков на корпусе насосов (выполняется преподавателем). Включить насосы тумблерами, расположенными справа на модуле питания стенда.
9. Установить проток жидкости, приоткрыв задвижки, двигая курсоры задвижек на экране монитора.
10. Выставить температуру горячего теплоносителя с помощью кнопок на панели ТРМ субблока «РЕГУЛЯТОР ТЕМПЕРАТУРЫ». Включить нагреватель выключателем, находящимся справа от ТРМ.
11. Открыть задвижку горячего контура на 60%.
12. Открыть клапан, нажав кнопку «КЛАПАН ГОРЯЧИЙ» на экране монитора.
13. Установить режим работы расходомеров «РАСХОД».



15. Дождаться установления стационарного потока жидкости и стабильной температуры.

16. Открыть задвижку горячего контура на 10-12 %.

17. Открыть клапан, нажав кнопку «КЛАПАН ХОЛОДНЫЙ» на экране монитора.

18. Снимая показания с приборов или с экрана монитора, заполнить таблицу 4.5.

19. Изменить направление движения жидкости в теплообменнике и повторить эксперимент.

**Лабораторная работа № 7.** Определение передаваемой тепловой мощности воздушно-водяного теплообменника с принудительным охлаждением

Порядок выполнения работы:

Для выполнения работы используется воздушно-водяной теплообменник. Нагрев воды производится нагревателем горячего контура. Расход воды измеряется расходомером горячего контура. Входная и выходная температура определяется термомпарами, установленными на входе и выходе теплообменника. Полученные данные фиксируются и отображаются на экране компьютера. Данные можно вывести в виде таблиц.

1. Изучить теоретические основы по данной теме.

2. Изучить главу «Описание оборудования», расположение и назначение отдельных частей установки.

3. Включить учебное оборудование, используя автомат (ВКЛ.) субблока «СЕТЬ».

4. Перекрыть все вентили.

5. Подключить ноутбук к стенду, используя USB кабель и блок согласования. Включить ноутбук.

6. Запустить программу «Теплотехника жидкости».

7. Установить трехходовой кран в направлении потока через воздушный теплообменник. Открыть вентиль K12.

8. Преподавателю выставить режим циркуляции насоса переключением флажка на корпусе насоса. Включить насос тумблером, расположенным справа на модуле питания стенда.

9. Установить проток жидкости приоткрыв задвижку двигая курсор задвижки на экране монитора.

10. Установить режим работы расходомера. Обнулить показания счетчиков.

11. Снимая показания с приборов или с экрана монитора, заполнить таблицу.

**Лабораторная работа № 8.** Определение передаваемой тепловой мощности кожухотрубного теплообменника

Порядок выполнения работы:

Для выполнения работы используется кожухотрубный теплообменник. Нагрев воды производится трубчатым теплообменником, содержащим контур горячего и несколько камер холодного контура. Расход воды измеряется расходомерами горячего и холодного контура. Входная и выходная температура определяется термомпарами, установленными на входе и выходе контуров теплообменника. Количество потребленной и полученной энергии рассчитывается из показаний приборов. Полученные данные фиксируются и отображаются на экране компьютера. Данные можно вывести в виде таблиц.

1. Изучить теоретические основы по данной теме.
2. Изучить главу «Описание оборудования», расположение и назначение отдельных частей установки.
3. Включить учебное оборудование, используя автомат (ВКЛ.) субблока «СЕТЬ».
4. Перекрыть все вентили.
5. Подключить ноутбук к стенду, используя USB кабель и блок согласования. Включить ноутбук.
6. Запустить программу «Теплотехника жидкости».
7. Установить трехходовой кран в направлении потока через кожухотрубный теплообменник. Открыть кран прохода жидкости через теплообменник.
8. Выставить режим циркуляции насосов горячего и холодного контуров переключением флажков на корпусе насосов (выполняется преподавателем). Включить насосы тумблерами, расположенными справа на модуле питания стенда.
9. Установить поток жидкости, приоткрыв задвижки, двигая курсоры задвижек на экране монитора.
10. Выставить температуру горячего теплоносителя с помощью кнопок на панели ТРМ субблока «РЕГУЛЯТОР ТЕМПЕРАТУРЫ». Включить нагреватель выключателем, находящимся справа от ТРМ.
11. Открыть задвижку горячего контура на 60%.
12. Открыть клапан, нажав кнопку «КЛАПАН ГОРЯЧИЙ» на экране монитора.

13. Установить режим работы расходомеров «РАСХОД».
15. Дождаться установления стационарного потока жидкости и стабильной температуры.
16. Открыть задвижку холодного контура на 10-12 %.
17. Открыть клапан, нажав кнопку «Клапан холодный» на экране монитора.
18. Снимая показания с приборов или с экрана монитора, заполнить таблицу.

**Лабораторная работа № 9.** Определение вязкости жидкости при различной температуре по теории ламинарного сечения

Порядок выполнения работы:

Для выполнения работы используется капилляр на входе и выходе которого установлены датчики давления и температуры. Нагрев воды производится теплообменником горячего контура. Температура носителя которого выставляется на ТРМ субблока «Регулятор температуры». Расход воды измеряется расходомером горячего контура. Входная и выходная температура определяется термодатчиками, установленными на входе и выходе капилляра. Количество воды, прошедшей через капилляр рассчитывается из показаний прибора. Полученные данные фиксируются и отображаются на экране компьютера. Данные можно вывести в виде таблиц.

1. Изучить теоретические основы по данной теме.
2. Изучить главу «Описание оборудования», расположение и назначение отдельных частей установки.
3. Включить учебное оборудование, используя автомат (ВКЛ.) субблока «СЕТЬ».
4. Перекрыть все вентили.
5. Подключить ноутбук к стенду, используя USB кабель и блок согласования. Включить ноутбук.
6. Запустить программу «Теплотехника жидкости».
7. Установить трехходовой кран в направлении потока через капилляр. Кранами К3, К4, установить поток жидкости.
8. Выставить режим циркуляции насосов горячего контура переключением флажков на корпусе насосов (выполняется преподавателем). Включить насосы тумблерами, расположенными справа на модуле питания стенда.
9. Установить поток жидкости, приоткрыв задвижку, перемещая курсор задвижки на экране монитора.

10. Выставить температуру горячего теплоносителя с помощью кнопок на панели ТРМ субблока «РЕГУЛЯТОР ТЕМПЕРАТУРЫ». Включить нагреватель выключателем, находящимся справа от ТРМ.

11. Открыть задвижку горячего контура на 60%.

12. Открыть клапан, нажав кнопку «КЛАПАН ГОРЯЧИЙ» на экране монитора.

13. Установить режим работы расходомеров «РАСХОД».

15. Открыть задвижку горячего контура на 10-12 %.

16. Дождаться установления стационарного потока жидкости и стабильной температуры. Закрыть клапан.

17. Открыть клапан, нажав зеленую кнопку на пульте секундомера. Измерить показания дифференциального манометра. Через некоторое время нажать кнопку «СТОП». Снять показания с расходомера и секундомера.

Повторить опыт несколько раз.

18. Снять показания с приборов или с экрана монитора, заполнить таблицу