




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

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА ДВФУ

«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП
Теплогазоснабжение и вентиляция


(подпись) Черников В.П.
(Ф.И.О. рук. ОП)
«01» июня 2015 г.

«УТВЕРЖДАЮ»
Заведующий (ая) кафедрой
Инженерных систем зданий и сооружений
(название кафедры)


(подпись) Кобзарь А.В.
(Ф.И.О. зав. каф.)
«01» июня 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Техническая термодинамика

Направление подготовки – 08.03.01 «Строительство»

Профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Форма подготовки – очная

курс 2 семестр 4
лекции 18 (час.)
практические занятия 36 час.
лабораторные работы _____ час.
в том числе с использованием МАО лек.18 / пр. - /лаб. - _____ час.
всего часов аудиторной нагрузки 54 (час.)
самостоятельная работа 90 (час.)
контрольные работы (количество) _____
курсовая работа / курсовой проект _____ семестр
зачет _____ семестр
экзамен 4 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 12.03.2015 № 201

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Инженерных систем зданий и сооружений, протокол № 10 от «20» июня 2015 г.

Заведующая (ий) кафедрой к.т.н., доцент Кобзарь А.В.

Составители: к.т.н., профессор Штым А.С., ст.преподаватель Журмилова И. А.

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)

Аннотация к рабочей программе дисциплины «Техническая термодинамика»

Рабочая программа учебной дисциплины «Техническая термодинамика» разработана для студентов второго курса по направлению 08.03.01 «Строительство», профилю «Теплогазоснабжение и вентиляция».

Предмет относится к блоку базовой части математического и естественнонаучного цикла. Теоретические дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: физика, высшая математика, аналитическая геометрия и алгебра.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 часа (4 зачетных единиц). Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (18 часов в 4-ом семестре), практические занятия (36 часов в 4-ом семестре), самостоятельная работа студента (90 часов, включая на подготовку к экзамену 27 часов). Дисциплина реализуется на 2 курсе в 4-ом семестре. Теоретические дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: физика, раздел: «Физические основы молекулярной физики и термодинамики», высшая математика, раздел: «Дифференциальное и интегральное исчисления».

Дисциплина «Техническая термодинамика» служит основой для изучения дисциплин профильной направленности, таких как: «Отопление», «Вентиляция», «Газоснабжение», «Кондиционирование воздуха и холодоснабжение», «Генераторы теплоты и автономное теплоснабжение», «Централизованное теплоснабжение».

Цель изучения дисциплины «Техническая термодинамика» является формирование базовых знаний о фундаментальных законах тепловых процессов и понятий термодинамики, механизмов энергопревращений и реализации их в циклах энергоустановок с оценкой их эффективности, методах их изучения и путей повышения их эффективности в системах теплогазоснабжения и вентиляции.

Задачи.

- Усвоить основные законы технической термодинамики;
- Разобраться и усвоить основные уравнения, описывающие процесс преобразования энергии;
- Научиться оптимизации механизмов энергопревращений в циклах энергоустановок;

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

общепрофессиональные компетенции

ОПК-1, способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОПК-1).

ОПК-2, способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2).

Выше указанные компетенции приобретаются при освоении следующих дисциплин бакалавриата: Философия – ОК-2, ОК-8, ОК-9; Математика – ОК-5, ОПК-1; ОПК-2; Физика – ОПК-1, ОПК-2.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общекультурные и общепрофессиональные компетенции.

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1, способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Знает	Основные законы термодинамики, свойства реальных рабочих веществ, основные термодинамические процессы.
	Умеет	Записывать уравнения для термодинамических величин в системе СИ, объяснять их смысл. Вычислять термодинамические параметры.
	Владеет	Математическими и теоретическими методами исследования термодинамических процессов. Приемами правильной эксплуатации измерительных приборов и лабораторного оборудования.
ОПК-2, способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Знает	Основные термодинамические параметры, процессы и циклы тепловых двигателей. Законы термодинамики и их приложения.
	Умеет	Находить связь между термодинамическими величинами. Объяснять смысл термодинамических величин, понятий, природных и техногенных явлений с термодинамической точки зрения.
	Владеет	Навыками использования основных термодинамических законов и принципов в важнейших практических приложениях.
ПК-1, знанием нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест	Знает	Нормативную базу в области проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест.
	Умеет	С точностью определить требования, которые предъявляются к ограждающим конструкциям

		конкретного объекта строительства или реконструкции, учитывая район застройки, климатологические факторы и показатели, ориентацию, тип, вид и назначение объекта.
	Владеет	Методиками расчета основных теплофизических показателей ограждающих конструкций в соответствии с действующими нормативными документами.

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Техническая термодинамика» применяются следующие методы активного/интерактивного обучения:

Метод интерактивного обучения **"Лекция-визуализация"** при **проведении всех лекционных занятий (18 час.)**.

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел I. Функции процесса и функции состояния. (8 час.)

Тема 1. Термодинамическое рабочее тело и параметры его характеризующие (1 час.)

Введение. Термодинамическое рабочее тело. Рабочее тело и параметры его характеризующие. Давление. Термодинамические параметры состояния: абсолютное давление; температура, удельный объем. Нулевое начало термодинамики. Абсолютная температура тела - средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул. Международная Практическая Температурная Шкала (МПТШ). Удельный объем – осреднённая макроскопическая величина.

Тема 2. Уравнение состояния термодинамического рабочего тела (2 час.)

Уравнение состояния идеального газа. Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа Клапейрона. Уравнение состояния идеального газа Менделеева. Универсальная газовая постоянная. Уравнение состояния идеального газа Клапейрона-Менделеева. Смеси газов. Уравнение состояния смеси газов. Массовый или объемный состав смеси газов. Закон Дальтона. Реальные газы. Уравнение Дюпре. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Уравнения Майера и Боголюбова. Уравнение Коммерлинга-Оннеса.

Тема 3. Теплота и теплоемкость (1 час.)

Теплоемкость. Теплоемкость массовая. Теплоемкость мольная. Теплоемкость объёмная. Вычисление теплоты и теплоемкости.

Тема 4. Работа в термодинамических процессах и внутренняя энергия (1 час.)

Понятие работы в термодинамических процессах. Диаграмма Уатта. Подынтегральная функция криволинейного интеграла для работы. Вычисление работы. Внутренняя энергия физического тела. Внутренняя энергия идеального газа. Вычисление dU в любом элементарном процессе. Определение внутренней энергии газа в конечном процессе 1-2.

Тема 5. Первый закон термодинамики (1 час.)

Частность первого закона термодинамики. Формулировки первого закона термодинамики. Аналитическое выражение первого закона термодинамики в дифференцированном виде. Связь между теплоемкостями C_p и C_v . Уравнение Майера. О двух классах термодинамических функций. Дифференциал функции состояния. Дифференциал функции процесса. Функция состояния – энтальпия.

Тема 6. Термодинамические процессы (2 час.)

Методология исследования термодинамических процессов. Изохорный процесс. $V=\text{const}$ – уравнение процесса. Графическая интерпретация. Взаимосвязь термодинамических параметров. Работа в изохорном процессе. Изменение внутренней энергии. Первый закон термодинамики в изохорном процессе. Изобарный процесс. $P=\text{const}$ – уравнение процесса.

Графическая интерпретация. Взаимосвязь термодинамических параметров. Работа в изобарном процессе. Изменение внутренней энергии. Первый закон термодинамики в изобарном процессе. Изотермический процесс. $T = \text{const}$ – уравнение процесса. Графическая интерпретация. Взаимосвязь термодинамических параметров. Работа в изотермическом процессе. Изменение внутренней энергии. Первый закон термодинамики в изотермическом процессе. Адиабатный процесс. $VP_k = \text{const}$ – уравнение процесса. Графическая интерпретация. Взаимосвязь термодинамических параметров. Работа в адиабатном процессе. Изменение внутренней энергии. Первый закон термодинамики в адиабатном процессе. Политропный процесс. $VP_n = \text{const}$ – уравнение процесса. Графическая интерпретация. Взаимосвязь термодинамических параметров. Работа в адиабатном процессе. Изменение внутренней энергии. Первый закон термодинамики в адиабатном процессе. Качественные особенности энергопревращений - в зависимости теплоемкости C от величины n .

Раздел 2. Второй закон термодинамики. Круговые процессы или циклы (10 час.)

Тема 1. Замкнутые термодинамические процессы (2час.)

Прямой цикл и термический К.П.Д. Обратный цикл, холодильный коэффициент и коэффициент термотрансформации. Прямой цикл Карно. Обратный цикл Карно. Суть второго закона термодинамики. Формулировка Оствальда – вечный двигатель II рода. Формулировка Клаузиуса. Теорема Карно. Термический К.П.Д. цикла Карно. Энтропия. Уравнение Клаузиуса.

Тема 2. Аналитическое выражение второго закона термодинамики (2час.)

Аналитическое выражение второго законов термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Энтропия замкнутой термодинамической системы. Физический смысл энтропии. Термодинамические процессы в системе координат TS . Изохорный процесс. Изобарный процесс. Изотермический процесс. Адиабатный процесс. Политропный процесс. Эксергия и анергия. Эксергия идеального газа. Эксергия потока. Потери эксергии вследствие необратимости. Уравнение Гюи-Стодолы.

Тема 3. О применении начал термодинамики в термодинамических исследованиях. (1час.)

Методы термодинамических исследований. Дифференциальные уравнения термодинамики. О балансах и К.П.Д. в технической термодинамике.

Тема 4. Термодинамические основы анализа работы компрессоров. (1час.)

Принципы действия поршневого, центробежного, струйного и осевого компрессоров. Циклы ДВС. Циклы ГТУ.

Тема 5. T-S и h-s диаграммы для водяного пара. (1час.)

Графический расчет процессов с водяным паром. Процесс дросселирования водяного пара, его анализ на диаграмме и его практическое значение, применение. Циклы паросиловых установок.

Тема 6. Циклы холодильных установок. (1 час.)

Схемы и циклы воздушной, парокомпрессионной, пароэжекторной и абсорбционной холодильной установок. Цикл теплового насоса. Оценка эффективности термотрансформаторов.

Тема 7. Диаграмма I-D влажного воздуха. (1 час.)

Изображение на I-D диаграмме процессов происходящих с влажным воздухом. Угловой масштаб. Определение влажности воздуха. Психометрическая диаграмма.

Тема 8. Особенности термодинамической обработки воздуха в зимний и летний периоды года. (1 час.)

Использование адиабатического процесса испарения для снижения температуры приточного воздуха в зимний период. Охлаждение и осушение воздуха в летний период.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ДИСЦИПЛИНЫ

Практические занятия (36 час.)

Занятие 1. Термодинамическое рабочее тело и параметры, его характеризующие (2 час.).

1. Термодинамические параметры состояния. Давление. Температура. Удельный объем.

Занятие 2. Уравнение состояния термодинамического рабочего тела (4 час.).

1. Уравнение состояния идеального газа и его законы.
2. Универсальная газовая постоянная.

Занятие 3. Смеси газов (4 час.).

1. Уравнение состояния смеси газов.
2. Массовый или объемный состав смеси газов.
3. Закон Дальтона.
4. Реальные газы.

Занятие 4. Теплота и теплоемкость (4 час.).

1. Теплота и теплоемкость.
2. Определение и различные способы вычисления теплоемкостей идеального газа.
3. Вычисление количества тепла с помощью различных зависимостей для теплоемкости.

Занятие 5. Внутренняя энергия в термодинамических процессах (3 час.).

1. Вычисление изменения внутренней энергии в любом элементарном процессе.

2. Определение внутренней энергии газа в конечном процессе.

Занятие 6. Работа в термодинамических процессах (3 час.).

1. Работа и ее свойства как термодинамической функции процесса.

2. Система координат $P - V$ и ее свойства.

3. Вычисление работы.

Занятие 7. Термодинамические газовые процессы (4 час.).

1. Изохорный процесс.

2. Изобарный процесс.

3. Изотермический процесс.

4. Адиабатный процесс.

5. Политропный процесс.

Занятие 8. Аналитическое выражение второго закона термодинамики (4 час.).

1. Приложение второго закона термодинамики - (TS- диаграмма).

2. Энтропия.

3. Вычисление энтропии.

4. Эксергия и анергия.

5. Эксергия идеального газа. Эксергия потока. Потери эксергии вследствие необратимости.

Занятие 9. Циклы холодильных установок. (4 час.).

1. Циклы холодильных машин.

2. Циклы тепловых насосов.

3. Оценка эффективности термотрансформаторов.

Занятие 10. Расчет параметров влажного воздуха. (4 час.).

1. Диаграмма I-D влажного воздуха.

2. Изображение на I-D диаграмме процессов происходящих с влажным воздухом.

3. Определение параметров воздуха.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Техническая термодинамика» 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 модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Параметры состояния рабочего тела. Идеальные газы и основные газовые законы.	ОПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 1.1-1.5
			умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Расчетно-графическая работа № 1
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 1
		ОПК-2	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 1.2-1.6
			умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Расчетно-графическая работа № 2
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 1
		ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 1.6, 1.7
			умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Расчетно-графическая работа № 2
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 1
2	Газовые смеси	ОПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 1.9, 1.10
			умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Расчетно-графическая работа № 3
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 2
		ОПК-2	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 1.8
			умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Расчетно-графическая работа № 3
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 2
		ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 1.11, 1.12
			умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Расчетно-графическая работа № 3

			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 2
3	Теплота и теплоемкость	ОПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 1.13, 1.14
			умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Расчетно-графическая работа № 4
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 3
		ОПК-2	знает	Собеседование (УО-1)	Вопрос № 1.15
			умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Расчетно-графическая работа № 4
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 3
		ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопрос № 1.16
			умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Расчетно-графическая работа № 4
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 3
4	Термодинамические процессы	ОПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 1.17-1.22
			умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Расчетно-графическая работа № 5
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 4
		ОПК-2	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 1.23-1.30
			умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Расчетно-графическая работа № 6
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 4
		ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 1.23-1.30
			умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Расчетно-графическая работа № 6
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 4

5	Второй закон термодинамики	ОПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 2.1, 2.2, 2.4, 2.5, 2.6, 2.17, 2.18, 2.24, 2.25, 2.26
			умеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 2.3, 2.10, 2.11, 2.22, 2.23, 2.31, 2.32
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 5
		ОПК-2	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 2.7, 2.8, 2.9, 2.13, 2.15, 2.19, 2.21, 2.27, 2.28
			умеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 2.12, 2.14, 2.16
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 5
		ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 2.7, 2.8, 2.9, 2.13, 2.15, 2.19, 2.21, 2.27, 2.28
			умеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 2.20, 2.29, 2.30
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 5

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. Зеленцов, Д. В. Техническая термодинамика: учебное пособие / Д. В. Зеленцов. — Электрон. текстовые данные. — Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. — 140 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20525.html>

2. Малая, Э. М. Техническая теплотехника: учебное пособие / Э. М. Малая, Д. В. Голиков. — Электрон. текстовые данные. — Саратов : Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2014. — 90 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/80120.html>

3. Техническая термодинамика [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям/ — Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014.— 17 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55163.html>

4. Амирханов Д.Г. Техническая термодинамика [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Амирханов Д.Г., Амирханов Р.Д.— Электрон. текстовые данные.— Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014.— 264 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63486.html>

Дополнительная литература

1. Стоянов, Н. И. Теоретические основы теплотехники (техническая термодинамика и тепломассообмен): учебное пособие / Н. И. Стоянов, С. С. Смирнов, А. В. Смирнова. - Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2014. - 226 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63139.html>

2. Техническая термодинамика: Учебное пособие / Петрущенко В.А. - Спб.:Страта, 2015. - 160 с.: ISBN 978-5-906150-48-6 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/968729>

3. Основы технической термодинамики и теории тепло- и массообмена: Учебное пособие / В.А. Барилевич, Ю.А. Смирнов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 432 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/356818>

4. Основы технической термодинамики/ОвчинниковЮ.В. - Новосиб.: НГТУ, 2010. - 292 с.: - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/549343>

5. А.С. Штым Учебное пособие «Техническая термодинамика» - Изд. Дом ДВФУ, 2010 – 122с.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Научная электронная библиотека НЭБ <http://elibrary.ru/querybox.asp?scope=newquery>
2. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» <http://e.lanbook.com/>
3. ЭБС «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/>
4. ЭБС znanium.com НИЦ «ИНФРА-М» <http://znanium.com/>
5. Научная библиотека ДВФУ публичный онлайн каталог <http://lib.dvfu.ru:8080/search/query?theme=FEFU>

6. Информационная система ЕДИНОЕ ОКНО доступа к образовательным ресурсам <http://window.edu.ru/resource>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

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

1. Microsoft Power Point;
2. Adobe Reader;
3. VLC media player, — бесплатный и свободный кросс-платформенный медиаплеер и медиаплатформа с открытым исходным кодом;
4. Microsoft Excel;
5. Microsoft Word;
6. WinDjView.

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 термодинамика» предполагает активное, творческое участие студента на всех этапах ее освоения путем планомерной, повседневной работы. *Общие рекомендации:* изучение дисциплины «Техническая термодинамика» следует начинать с проработки настоящей рабочей программы и разработок, указанных в программе, особое внимание уделяется целям, задачам, структуре и содержанию курса. *Работа с конспектом лекций.* Просмотрите конспект сразу после занятий. Пометьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя предлагаемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на текущей консультации или на ближайшей лекции за помощью к преподавателю. Каждую неделю рекомендуется отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

Важно проводить дополнительную работу с текстом конспекта: внимательно прочитать его; дополнить записи материалами из других источников, рекомендованных преподавателем; выделить все незнакомые понятия и термины, и в дальнейшем поместить их в словарь. Наличие словаря определяет степень готовности студента к экзамену и работает как

допуск к заключительному этапу аттестации. Необходимо систематически готовиться к практическим занятиям, изучать рекомендованные к прочтению статьи и другие материалы. Методический материал, обеспечивает рациональную организацию самостоятельной работы студентов на основе систематизированной информации по темам занятий курса. Практика – один из наиболее сложных и в то же время плодотворных видов (форм) вузовского обучения и воспитания. В условиях высшей школы практика – один из видов практических занятий, проводимых под руководством преподавателя, ведущего научные исследования по тематике практики и являющегося знатоком данной проблемы или отрасли научного знания. Практика предназначается для углубленного изучения той или иной дисциплины и овладения методологией применительно к особенностям изучаемой отрасли науки. Можно отметить, однако, что при изучении дисциплины в вузе практика является не просто видом практических занятий, а, наряду с лекцией, основной формой учебного процесса. Ведущей дидактической целью практических занятий является систематизация и обобщение знаний по изучаемой теме, разделу, формирование умений работать с дополнительными источниками информации, сопоставлять и сравнивать точки зрения, конспектировать прочитанное, высказывать свою точку зрения и т.п. В соответствии с ведущей дидактической целью содержанием практических занятий являются узловые, наиболее трудные для понимания и усвоения темы, разделы дисциплины. Спецификой данной формы ведения занятия является совместная работа преподавателя и студентов над решением практических задач, а сам поиск верного ответа строится на основе чередования индивидуальной и коллективной деятельности. Оценка производится через механизм совместного обсуждения, сопоставления предложенных вариантов ответов с теоретическими и эмпирическими научными знаниями, относящимися к данной предметной области. Это ведет к возрастанию возможностей осуществления самооценки собственных знаний, умений и навыков, выявлению студентами «белых пятен» в системе своих знаний, повышению познавательной активности.

Университет обеспечивает учебно-методическую и материально-техническую базу для организации самостоятельной работы студентов.

Библиотека университета обеспечивает:

- учебный процесс необходимой литературой и информацией (комплекует библиотечный фонд учебной, методической, научной, периодической, справочной и художественной литературой в соответствии с учебными планами и программами, в том числе на электронных носителях);
- доступ к основным информационным образовательным ресурсам, информационной базе данных, в том числе библиографической, возможность выхода в Интернет.

Кафедра:

- обеспечивает доступность всего необходимого учебно-методического и справочного материала;

- разрабатывает: учебно-методические комплексы, программы, пособия, материалы по учебным дисциплинам в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами;

Учебное пособие: А.С. Штым Учебное пособие «Техническая термодинамика» - Изд. Дом ДВФУ, 2010 – 122с.

- методические рекомендации, пособия по организации самостоятельной работы студентов;
- задания для самостоятельной работы;
- темы рефератов и докладов;
- вопросы к экзаменам и зачетам.

Изучение дисциплины «Техническая термодинамика» заканчивается определенными методами контроля, к которым относятся: текущая аттестация и экзамен. Требования к организации подготовки к экзаменам те же, что и при занятиях в течение семестра, но соблюдаться они должны более строго. При подготовке к экзаменам у студента должен быть хороший учебник или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра. Первоначально следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения, используя при этом опорные конспекты лекций. Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний. Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала или при решении задач у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

- а) мультимедийные аудитории, оснащенные проектором для проведения визуальных презентаций;
- б) компьютерное оборудование для проведения текущего контроля успеваемости и объективной оценки усвоения дисциплины.

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.



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 термодинамика»
Направление подготовки 08.03.01 Строительство
профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»
Форма подготовки очная

**Владивосток
2015**

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	4 семестр	Изучение учебного пособия, тема «Параметры состояния рабочего тела»	8	Расчетно-графическая работа по теме «Параметры состояния рабочего тела» (ПР-12)
2	4 семестр	Изучение учебного пособия, тема «Идеальные газы и основные газовые законы»	10	Расчетно-графическая работа по теме «Идеальные газы и основные газовые законы» (ПР-12)
3	4 семестр	Изучение учебного пособия, тема «Газовые смеси»	10	Расчетно-графическая работа по теме «Газовые смеси» (ПР-12)
4	4 семестр	Изучение учебного пособия, тема «Теплоемкость газов»	11	Расчетно-графическая работа по теме «Теплоемкость газов» (ПР-12)
5	4 семестр	Изучение учебного пособия, тема «Первый закон термодинамики»	12	Расчетно-графическая работа по теме «Первый закон термодинамики» (ПР-12)
6	4 семестр	Изучение учебного пособия, тема «Основные газовые процессы»	12	Расчетно-графическая работа по теме «Основные газовые процессы» (ПР-12)
7	4 семестр	Подготовка к экзамену	27	Экзамен - тест (ПР-1). Вопросы 1-63.

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

Задание №1-6 (п. 1-6). Изучение учебного пособия [4, основная литература] на тему «Техническая термодинамика».

Студенты самостоятельно изучают электронное учебное пособие по заданным тематикам. В ходе организации самостоятельного изучения учебного пособия студентами решаются следующие задачи:

- углублять и расширять профессиональные знания студентов;
- сформировать интерес к учебно-познавательной деятельности;
- научить студентов овладевать приемами процесса познания;
- развивать у них самостоятельность, активность, ответственность;
- развивать познавательные способности будущих специалистов.

Задание №7. Подготовка к экзамену. Студенты самостоятельно готовятся к экзамену по приведенным вопросам (приложение 2).

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Задания №1-6. Задания готовятся письменно и представляются в виде решенных задач при проверке расчетно-графических работ. Для контроля используются оценочные средства текущего контроля ПР-12 приведенные в ФОС (приложение 2).

Задание №7. Выполняется тестирование на компьютере в виде ответов на вопросы при проведении экзамена. Для контроля используются оценочные средства промежуточной аттестации в виде вопросов, приведенных в ФОС (приложение 2).

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы Критерии оценки (письменный ответ) расчетно-графической работы

✓ 100-86 баллов (отлично) - если задания имеют глубокую и систематическую проработку, получено верное решение с подробной выкладкой хода решения, что показывает знание всего программного материала и структуры конкретного вопроса, а также основного содержания и новаций лекционного курса по сравнению с учебной литературой. Студент демонстрирует отчетливое и свободное владение концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией соответствующей научной области. Знание основной литературы и знакомство с дополнительно рекомендованной литературой.

✓ 85-76 - баллов (хорошо) - если задания решены правильно без подробной выкладки хода решения, при этом студент демонстрирует знание узловых проблем программы и основного содержания лекционного курса; умение пользоваться концептуально-понятийным аппаратом в процессе анализа основных проблем в рамках данной темы; знание важнейших работ из списка рекомендованной литературы.

✓ 75-61 - балл (удовлетворительно) – если студент допустил незначительные ошибки при выполнении заданий, показал фрагментарные, поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания

лекционного курса; затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии учебной дисциплины; неполное знакомство с рекомендованной литературой; частичные затруднения с выполнением предусмотренных программой заданий.

✓ 60-50 баллов (неудовлетворительно) – если студент допустил серьезные ошибки при выполнении заданий, показал незнание, либо отрывочное представление о данной проблеме в рамках учебно-программного материала; неумение использовать понятийный аппарат.

Критерии оценки при ответе (тестирование) на экзаменационные вопросы

✓ 100-86 баллов (отлично) - если из 10 вопросов в тесте правильных ответов 9-10, что показывает глубокое и систематическое знание всего программного материала. Студент демонстрирует понимание терминологии соответствующей научной области; знание основной литературы и знакомство с дополнительно рекомендованной литературой.

✓ 85-76 - баллов (хорошо) - если из 10 вопросов в тесте правильных ответов 7-8, что соответствует знанию узловых проблем программы и основного содержания лекционного курса; умению пользоваться терминологией соответствующей научной области; знанию важнейших работ из списка рекомендованной литературы.

✓ 75-61 - балл (удовлетворительно) – если из 10 вопросов в тесте правильных ответов 5-6, соответственно студент обладает фрагментарными, поверхностными знаниями важнейших разделов программы и содержания лекционного курса; затруднено понимание терминологии учебной дисциплины; неполное знакомство с рекомендованной литературой; частичные затруднения с выполнением предусмотренных программой заданий.

✓ 60-50 баллов (неудовлетворительно) – если из 10 вопросов в тесте правильных ответов менее 5, то студент демонстрирует незнание, либо отрывочное представление о данной проблеме в рамках учебно-программного материала; неумение использовать понятийный аппарат.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)**

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

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

**Владивосток
2015**

Паспорт фонда оценочных средств

по дисциплине Техническая термодинамика

(наименование дисциплины)

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1, способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Знает	Основные законы термодинамики, свойства реальных рабочих веществ, основные термодинамические процессы.
	Умеет	Записывать уравнения для термодинамических величин в системе СИ, объяснять их смысл. Вычислять термодинамические параметры.
	Владеет	Математическими и теоретическими методами исследования термодинамических процессов. Приемами правильной эксплуатации измерительных приборов и лабораторного оборудования.
ОПК-2, способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Знает	Основные термодинамические параметры, процессы и циклы тепловых двигателей. Законы термодинамики и их приложения.
	Умеет	Находить связь между термодинамическими величинами. Объяснять смысл термодинамических величин, понятий, природных и техногенных явлений с термодинамической точки зрения.
	Владеет	Навыками использования основных термодинамических законов и принципов в важнейших практических приложениях.
ПК-1, знанием нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест	Знает	Нормативную базу в области проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест.
	Умеет	С точностью определить требования, которые предъявляются к ограждающим конструкциям конкретного объекта строительства или реконструкции, учитывая район застройки, климатологические факторы и показатели, ориентацию, тип, вид и назначение объекта.
	Владеет	Методиками расчета основных

		теплофизических показателей ограждающих конструкций в соответствии с действующими нормативными документами.
--	--	---

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Параметры состояния рабочего тела. Идеальные газы и основные газовые законы.	ОПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 1.1-1.5
			умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Расчетно-графическая работа № 1
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 1
		ОПК-2	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 1.2-1.6
			умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Расчетно-графическая работа № 2
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 1
		ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 1.6, 1.7
			умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Расчетно-графическая работа № 2
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 1
2	Газовые смеси	ОПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 1.9, 1.10
			умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Расчетно-графическая работа № 3
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 2
		ОПК-2	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 1.8
			умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Расчетно-графическая работа № 3
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 2

		ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 1.11, 1.12
			умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Расчетно-графическая работа № 3
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 2
3	Теплота и теплоемкость	ОПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 1.13, 1.14
			умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Расчетно-графическая работа № 4
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 3
		ОПК-2	знает	Собеседование (УО-1)	Вопрос № 1.15
			умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Расчетно-графическая работа № 4
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 3
		ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопрос № 1.16
			умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Расчетно-графическая работа № 4
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 3
4	Термодинамические процессы	ОПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 1.17-1.22
			умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Расчетно-графическая работа № 5
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 4
		ОПК-2	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 1.23-1.30
			умеет	Расчетно-графическая работа (ПР-12)	Расчетно-графическая работа № 6
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 4
		ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 1.23-1.30
			умеет	Расчетно-	Расчетно-

				графическая работа (ПР-12)	графическая работа № 6
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 4
5	Второй закон термодинамики	ОПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 2.1, 2.2, 2.4, 2.5, 2.6, 2.17, 2.18, 2.24, 2.25, 2.26
			умеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 2.3, 2.10, 2.11, 2.22, 2.23, 2.31, 2.32
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 5
		ОПК-2	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 2.7, 2.8, 2.9, 2.13, 2.15, 2.19, 2.21, 2.27, 2.28
			умеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 2.12, 2.14, 2.16
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 5
		ПК-1	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 2.7, 2.8, 2.9, 2.13, 2.15, 2.19, 2.21, 2.27, 2.28
			умеет	Собеседование (УО-1)	Вопросы № 2.20, 2.29, 2.30
			владеет	Контрольная работа (ПР-2)	Контрольное задание № 5

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	Показатели
ОПК-1, способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа	знает (пороговый уровень)	Основные законы термодинамики, свойства реальных рабочих веществ, основные термодинамические процессы.	Знание законов термодинамики, свойств реальных рабочих веществ, основных термодинамических процессов.	Способность использовать основные параметры состояния и законы термодинамики при решении практических задач.
	умеет (продвину-	Записывать уравнения для термодинамических	Умение записать уравнения для термодинамических	Способность построить газовые процессы в

математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования	тый)	величин в системе СИ, объяснять их смысл. Вычислять термодинамические параметры.	величин в системе СИ, вычислить термодинамические параметры.	термодинамических диаграммах, рассчитать их параметры. Способность выполнить анализ частных задач, используя основные законы технической термодинамики.
	владеет (высокий)	Математическими и теоретическими методами исследования термодинамических процессов. Приемами правильной эксплуатации измерительных приборов и лабораторного оборудования.	Владение математическими и теоретическими методами исследования термодинамических процессов, приемами экспериментального исследования.	Способен выполнить термодинамический анализ различных технических процессов, применяя математические и экспериментальные методы исследования.
ОПК-2 способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат	знает (пороговый уровень)	Основные термодинамические параметры, процессы и циклы тепловых двигателей. Законы термодинамики и их приложения.	Знание термодинамических параметров, процессов, циклов тепловых двигателей. Знает законы термодинамики и их приложения.	Способен изобразить циклы тепловых двигателей и объяснить принцип их работы на основе законов термодинамики и их приложений.
	умеет (продвинутый)	Находить связь между термодинамическими величинами. Объяснять смысл термодинамических величин, понятий, природных и техногенных явлений с термодинамической точки зрения.	Умение находить связь между термодинамическими величинами, объяснять их смысл. Проводить анализ размерностей	Способен решать технические задачи с помощью уравнений технической термодинамики. Способность определить изменение энтропии, потери эксергии, и выполнить анализ эффективности энергетических процессов.
	владеет (высокий)	Навыками использования основных термодинамических законов и принципов в важнейших практических приложениях.	Владение навыками использования основных термодинамических законов и принципов в важнейших практических приложениях.	Способность оптимизировать механизмы энергопревращений в циклах энергоустановок, используя термодинамический анализ.
ПК-1, знанием нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов	знает (пороговый уровень)	Нормативную базу в области проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования,	Знает нормативную базу в области проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования,	Способен быстро ориентироваться в нормативной базе, знает соответствующую терминологию и

проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест		планировки и застройки населенных мест.	планировки и застройки населенных мест.	грамотно применяет нормы.
	умеет (продвинутый)	С точностью определить требования, которые предъявляются к ограждающим конструкциям конкретного объекта строительства или реконструкции, учитывая район застройки, климатологические факторы и показатели, ориентацию, тип, вид и назначение объекта.	Умеет определить требования, которые предъявляются к ограждающим конструкциям конкретного объекта строительства или реконструкции, учитывая район застройки, климатологические факторы и показатели, ориентацию, тип, вид и назначение объекта.	Способен анализировать фактические данные объекта и учитывать нормативные показатели из строительных норм для принятия грамотных решений.
	владеет (высокий)	Методиками расчета основных теплофизических показателей ограждающих конструкций в соответствии с действующими нормативными документами.	Владеет методиками расчета основных теплофизических показателей ограждающих конструкций в соответствии с действующими нормативными документами.	Способен правильно выполнять расчеты, учитывая климатологические данные района застройки объекта, ориентируясь в нормативной документации.

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

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

Текущая аттестация по дисциплине «Техническая термодинамика» проводится в форме контрольных мероприятий (собеседование, защита расчетно-графических работ, выполнение контрольных работ) 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.

Для контроля соблюдения учебной дисциплины составляется рейтинг-план дисциплины с указанием шкалы оценивания, дат выполнения каждого

вида деятельности и весовых коэффициентов для активности на занятиях, посещаемости, выполнения различных видов заданий.

Степень усвоения теоретических знаний оценивается при проведении собеседования, защите расчетно-графических заданий и проверке контрольных работ. Критерии выставления оценки студенту приведены ниже.

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Техническая термодинамика» проводится в форме контрольного мероприятия (4 семестр - экзамен) в виде ответов на тестовые вопросы, приведенные в разделе зачетно-экзаменационные материалы ФОС.

Критерии оценки (устный ответ) на собеседовании

✓ 100-85 баллов (отлично) - если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

✓ 85-76 - баллов (хорошо)- ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

✓ 75-61 - балл (удовлетворительно) – оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

✓ 60-50 баллов (неудовлетворительно)– ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся

неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

Критерии оценки (письменный ответ) расчетно-графической и контрольной работ

✓ 100-86 баллов (отлично) - если задания имеют глубокую и систематическую проработку, получено верное решение с подробной выкладкой хода решения, что показывает знание всего программного материала и структуры конкретного вопроса, а также основного содержания и новаций лекционного курса по сравнению с учебной литературой. Студент демонстрирует отчетливое и свободное владение концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией соответствующей научной области. Знание основной литературы и знакомство с дополнительно рекомендованной литературой.

✓ 85-76 - баллов (хорошо) - если задания решены правильно без подробной выкладки хода решения, при этом студент демонстрирует знание узловых проблем программы и основного содержания лекционного курса; умение пользоваться концептуально-понятийным аппаратом в процессе анализа основных проблем в рамках данной темы; знание важнейших работ из списка рекомендованной литературы.

✓ 75-61 - балл (удовлетворительно) – если студент допустил незначительные ошибки при выполнении заданий, показал фрагментарные, поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса; затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии учебной дисциплины; неполное знакомство с рекомендованной литературой; частичные затруднения с выполнением предусмотренных программой заданий.

✓ 60-50 баллов (неудовлетворительно) – если студент допустил серьезные ошибки при выполнении заданий, показал незнание, либо отрывочное представление о данной проблеме в рамках учебно-программного материала; неумение использовать понятийный аппарат.

Критерии оценки при ответе (тестирование) на экзаменационные вопросы

✓ 100-86 баллов (отлично) - если из 10 вопросов в тесте правильных ответов 9-10, что показывает глубокое и систематическое знание всего программного материала. Студент демонстрирует понимание терминологии соответствующей научной области; знание основной литературы и знакомство с дополнительно рекомендованной литературой.

✓ 85-76 - баллов (хорошо) - если из 10 вопросов в тесте правильных ответов 7-8, что соответствует знанию узловых проблем программы и основного содержания лекционного курса; умению пользоваться терминологией соответствующей научной области; знанию важнейших работ из списка рекомендованной литературы.

✓ 75-61 - балл (удовлетворительно) – если из 10 вопросов в тесте правильных ответов 5-6, соответственно студент обладает фрагментарными, поверхностными знаниями важнейших разделов программы и содержания лекционного курса; затруднено понимание терминологии учебной дисциплины; неполное знакомство с рекомендованной литературой; частичные затруднения с выполнением предусмотренных программой заданий.

✓ 60-50 баллов (неудовлетворительно) – если из 10 вопросов в тесте правильных ответов менее 5, то студент демонстрирует незнание, либо отрывочное представление о данной проблеме в рамках учебно-программного материала; неумение использовать понятийный аппарат.

Оценочные средства для текущей аттестации

УО-1 Собеседование

Вопросы по темам/разделам дисциплины

1. Функции процесса и функции состояния (8 час.)

1. Термодинамическое рабочее тело.
2. Параметры состояния термодинамического рабочего тела (давление).
3. Параметры состояния термодинамического рабочего тела (температура).
4. Параметры состояния термодинамического рабочего тела (удельный объем)
5. Уравнение состояния идеального газа.
6. Уравнение состояния идеального газа. Универсальная газовая постоянная.
7. Уравнение состояния идеального газа для смеси газов.
8. Смеси газов. Закон Дальтона.
9. Смеси газов, заданные массовым составом.
10. Смеси газов, заданные объемным составом.
11. Смеси газов, кажущийся молекулярный вес газовой смеси.
12. Реальные газы.
13. Истинная или мгновенная теплоемкость. Изменение теплоемкости от 0 до бесконечности.
14. Вычисление теплоемкости.
15. Вычисление теплоты.
16. Вычисление теплоты и теплоемкости для смеси газов.
17. Работа.
18. Внутренняя энергия.
19. Вычисление внутренней энергии.

20. Связь между теплоемкостями C_p и C_v .
21. О двух классах термодинамических функций.
22. Энтальпия - функция состояния.
23. Изохорный процесс.
24. Изобарный процесс.
25. Изотермический процесс.
26. Адиабатный процесс.
27. Политропный процесс.
28. Вычисление теплоемкости в политропном процессе.
29. Аналитическое выражение первого закона термодинамики.
30. Теплоемкость в изохорных и изобарных процессах.

2. Второй закон термодинамики. Круговые процессы или циклы (10 час.)

1. Формулировки и содержание второго начала термодинамики.
2. Аналитическое выражение второго начала термодинамики.
3. Вычисление энтропии идеального газа.
4. Понятие об обратимых и необратимых процессах.
5. Первое и второе начала термодинамики для обратимых и необратимых процессов.
6. Энтропия замкнутой термодинамической системы.
7. Статистическое выражение второго начала.
8. Границы применимости первого и второго начала термодинамики.
9. Диаграмма T-S и ее свойства.
10. Процессы в координатах T-S.
11. Цикл Карно в координатах T-S.
12. Произвольный цикл с регенерацией теплоты.
13. Понятие о среднеинтегральной температуре эквивалентном и соответствующих циклах Карно.
14. Обобщенный или регенеративный цикл Карно.
15. Понятие об эксергии и анергии.
16. Вычисление эксергии идеального газа.
17. Два метода термодинамических исследований.
18. О балансах и КПД при термодинамических исследованиях.
19. Эксергия и анергия.
20. Потеря эксергии вследствие необратимости.
21. Вывод уравнения Гюи-Стодолы.
22. Круговые процессы или циклы.
23. Прямой цикл.
24. Определение энтропии в изохорном процессе.
25. Определение энтропии в изобарном процессе.
26. Определение энтропии в изотермическом процессе.
27. Свойства влажного воздуха.
28. Определение энтальпии влажного воздуха.
29. Изменение тепловлажностного состояния влажного воздуха.

30. Процесс нагрева и охлаждения воздуха в I-d диаграмме.
31. Прямой цикл Карно и его анализ.
32. Обратный цикл Карно и его анализ.

ПР-12 Расчетно-графическая работа

Комплект заданий для выполнения расчетно-графической работы

1. Расчетно-графическая работа по теме «Параметры состояния рабочего тела»

1. Масса 2 м^3 метана при определенных условиях составляет 1,4 кг. Определить плотность и удельный объем метана при этих условиях.

Ответ: $\rho=0,7 \text{ кг/м}^3$; $v=1,429 \text{ м}^3/\text{кг}$.

2. Плотность воздуха при определенных условиях равна $1,293 \text{ кг/м}^3$. Определить удельный объем воздуха при этих условиях.

Ответ: $v=0,773 \text{ м}^3$.

3. В сосуде объемом $0,9 \text{ м}^3$ находится 1,5 кг окиси углерода. Определить удельный объем и плотность окиси углерода при указанных условиях.

Ответ: $v=0,6 \text{ м}^3/\text{кг}$; $\rho=1,67 \text{ кг/м}^3$.

4. Давление воздуха по ртутному барометру равно 770 мм.рт.ст. при 0°C . Выразить это давление в паскалях.

Ответ: $P=102660 \text{ Па}=102,7 \text{ кПа}$.

5. Определить абсолютное давление в паровом котле, если манометр показывает $0,245 \text{ МПа}$, а атмосферное давление по ртутному барометру составляет $V=93325 \text{ Па}$ (700 мм.рт.ст.) при $t=20^\circ\text{C}$.

Ответ: $P=0,338 \text{ МПа}$.

6. Присоединенный к газоходу парового котла тягомер показывает разрежение, равное 780 Па (80 мм.вод.ст.). Определить абсолютное давление дымовых газов, если показание барометра $V=102658 \text{ Па}$ (770 мм.рт.ст.) при $t=0^\circ\text{C}$.

Ответ: $P_{\text{абс}}=101870 \text{ Па}$ (764,1 мм.рт.ст.).

7. Тягомер показывает разрежение в газоходе, равное 412 Па (42 мм.вод.ст.). Атмосферное давление по ртутному барометру $V=100925 \text{ Па}$ (757 мм.рт.ст.) при $t=0^\circ\text{C}$. Определить абсолютное давление дымовых газов.

Ответ: $P_{\text{абс}}=100250 \text{ Па}$ (751,96 мм.рт.ст.).

8. Температура пара, выходящего из перегревателя парового котла, равна 950°F . Перевести эту температуру в $^\circ\text{C}$.

Ответ: $t=510^\circ\text{C}$.

9. Скольким градусам шкалы Цельсия соответствуют температуры 100°F и -4°F и скольким градусам шкалы Фаренгейта соответствуют температуры 600°C и -5°C ?

Ответ: $100^\circ\text{F}=37,8^\circ\text{C}$; $-4^\circ\text{F}=-20^\circ\text{C}$; $600^\circ\text{C}=1112^\circ\text{F}$; $-5^\circ\text{C}=+23^\circ\text{F}$.

2. Расчетно-графическая работа по теме «Идеальные газы и основные газовые законы»

1. Какой объем занимает 1 кг азота при температуре $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлении $0,2\text{ МПа}$?

Ответ: $V=0,5\text{ м}^3$.

2. Плотность воздуха при нормальных условиях $\rho_n=1.293\text{ кг/м}^3$. Чему равна плотность воздуха при давлении $P=1,5\text{ МПа}$ и температуре $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ответ: $\rho=17,82\text{ кг/м}^3$.

3. В воздухоподогреватель парового котла подается вентилятором $130\ 000\text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха при температуре $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определить объемный расход воздуха на выходе из воздухоподогревателя, если он нагревается до $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ при постоянном давлении.

Ответ: $V=288\ 700\text{ м}^3/\text{ч}$.

4. В цилиндре диаметром $0,6\text{ м}$ содержится $0,41\text{ м}^3$ воздуха при $P=0,25\text{ МПа}$ и $t_1=35\text{ }^{\circ}\text{C}$. До какой температуры должен нагреваться воздух при постоянном давлении, чтобы движущийся без трения поршень поднялся на $0,4\text{ м}$?

Ответ: $t_2=117,6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5. В цилиндрическом сосуде, имеющем $d=0,6\text{ м}$ и высоту $h=2,4\text{ м}$, находится воздух при температуре $18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Давление воздуха составляет $0,765\text{ МПа}$. Барометрическое давление (приведенное к нулю) равно 101858 Па . Определить массу воздуха в сосуде.

Ответ: $M=7,04\text{ кг}$.

6. Резервуар объемом 4 м^3 заполнен углекислым газом. Найти массу и силу тяжести (вес) газа в резервуаре, если избыточное давление газа $P_{\text{ман}}=40\text{ кПа}$, температура его $t=80\text{ }^{\circ}\text{C}$, а барометрическое давление воздуха $B=102,4\text{ кПа}$.

Ответ: $M=8,64\text{ кг}$; $G=84,8\text{ Н}$.

7. Баллон емкостью $0,9\text{ м}^3$ заполнен воздухом при температуре $17\text{ }^{\circ}\text{C}$, присоединенный к нему вакуумметр показывает разрежение $P_{\text{вак}}=80\text{ кПа}$. Определить массу воздуха в баллоне, если показание барометра равно $98,7\text{ кПа}$.

Ответ: $M=0,2018\text{ кг}$.

8. Газохранилище объемом $V=100\text{ м}^3$ (Рис. 1) наполнено газом коксовых печей.

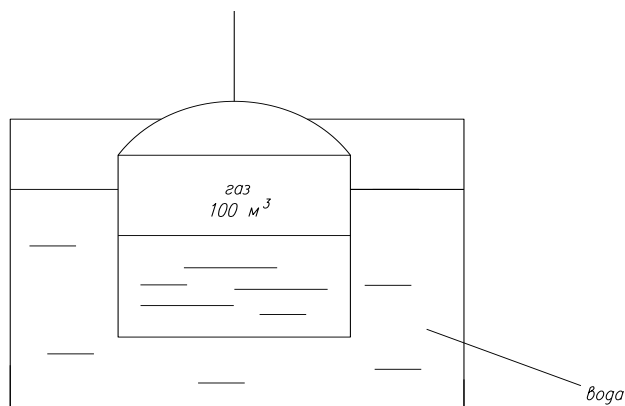


Рисунок 1. Газохранилище.

Определить массу газа в газохранилище, если $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V=100\text{ кПа}$, а показание манометра, установленного на газохранилище $p=133,3\text{ кПа}$. Газовую постоянную коксового газа принять равной $721\text{ Дж}/(\text{кг К})$.

Ответ: $M=47,6\text{ кг}$.

9. Воздух, заключенный в баллон емкостью $0,9\text{ м}^3$, выпускают в атмосферу. Температура его вначале равна $27\text{ }^{\circ}\text{C}$. Найти массу выпущенного воздуха, если начальное давление в баллоне составляло $9,32\text{ МПа}$, после выпуска – $4,22\text{ МПа}$, а температура воздуха снизилась до $17\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ответ: $51,8\text{ кг}$.

10. Дутьевой вентилятор подает в топку парового котла $102000\text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха при температуре $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлении $20,7\text{ кПа}$. Барометрическое давление воздуха в помещении $V=100,7\text{ кПа}$. Определить часовую производительность вентилятора в м^3 (при нормальных условиях).

Ответ: $Q=48\text{ 940}\text{ м}^3/\text{ч}$.

3. Расчетно-графическая работа по теме «Газовые смеси»

1. В 1 м^3 сухого воздуха содержится примерно $0,21\text{ м}^3$ кислорода и $0,79\text{ м}^3$ азота. Определить массовый состав воздуха, его газовую постоянную и парциальные давления кислорода и азота.

Ответ: $m_{\text{O}_2}=0,232$; $m_{\text{N}_2}=0,768$; $R=287\text{ Дж}/\text{кг}\cdot\text{К}$; $p_{\text{N}_2}=0,79P_{\text{см}}$ Па; $p_{\text{O}_2}=0,21P_{\text{см}}$ Па

2. Определить газовую постоянную смеси газов, состоящей из 1 м^3 генераторного газа и $1,5\text{ м}^3$ воздуха, взятых при нормальных условиях, и найти парциальные давления составляющих смеси. Плотность генераторного газа ρ принять равной $1,2\text{ кг}/\text{м}^3$.

Ответ: $R_{\text{см}}=295\text{ Дж}/\text{кг}\cdot\text{К}$; $p_{\text{ГГ}}=0,4\cdot P_{\text{см}}$; $p_{\text{возд}}=0,6\cdot P_{\text{см}}$.

3. Объемный состав сухих продуктов сгорания топлива (не содержащих водяных паров) следующий: $\text{CO}_2=12,3\%$; $\text{O}_2=7,2\%$; $\text{N}_2=80,5\%$. Найти кажущуюся молекулярную массу и газовую постоянную, а также плотность и удельный объем продуктов сгорания при $V=100\text{ кПа}$ и $t=800\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ответ: $\mu_{\text{см}}=30,3$; $R_{\text{см}}=274\text{ Дж}/\text{кг}\cdot\text{К}$; $v=2,94\text{ м}^3/\text{кг}$; $\rho_{\text{см}}=0,34\text{ кг}/\text{м}^3$.

4. Найти газовую постоянную, удельный объем газовой смеси и парциальные давления ее составляющих, если объемный состав смеси следующий: $\text{CO}_2=12\%$; $\text{CO}=1\%$; $\text{H}_2\text{O}=6\%$; $\text{O}_2=7\%$; $\text{N}_2=74\%$; а общее давление ее $p=100$ кПа.

Ответ: $R_{\text{см}}=281$ Дж/(кг·К); $v=0,76$ м³/кг; $p_{\text{CO}_2}=12000$ Па.

5. Массовый состав смеси следующий: $\text{CO}_2=18\%$; $\text{O}_2=12\%$; $\text{N}_2=70\%$. До какого давления нужно сжать 8 кг этой смеси, находящейся при нормальных условиях, чтобы при $t=180$ °С она занимала объем, равный 4 м³.

Ответ: $P=0,24$ МПа.

6. Определить массовый состав газовой смеси, состоящей из углекислого газа и азота, если известно, что парциальное давление углекислого газа $p_{\text{CO}_2}=120$ кПа, а давление смеси $p_{\text{см}}=300$ кПа.

Ответ: $m_{\text{CO}_2}=0,512$; $m_{\text{N}_2}=0,488$.

7. Газовая смесь имеет следующий массовый состав: $\text{CO}_2=12\%$; $\text{O}_2=8\%$; $\text{N}_2=80\%$. До какого давления нужно сжать эту смесь, находящуюся при нормальных условиях, чтобы плотность ее составляла 1,6 кг/м³?

Ответ: До 0,213 МПа.

4. Расчетно-графическая работа по теме «Теплоемкость газов»

1. Определить значение массовой теплоемкости кислорода при постоянном объеме и постоянном давлении, считая $c=\text{const}$.

Ответ: $c_p=0,916$ кДж/(кг·К); $c_v=0,654$ кДж/(кг·К).

2. Вычислить среднюю теплоемкость C_{pm} для воздуха при постоянном давлении в пределах 200-800 °С, считая зависимость теплоемкости от температуры нелинейной.

Ответ: $(c_{pm})_{200}^{800}=1,091$ кДж/(кг·К).

3. Вычислить среднюю теплоемкость c_{pm} и c_{vm} в пределах 200-800 °С для СО, считая зависимость теплоемкости от температуры линейной.

Ответ: $c_{pm}=1,1262$ кДж/(кг·К); $c_{vm}=1,0371$ кДж/(кг·К).

4. Найти среднюю теплоемкость c'_{pm} и c'_{vm} для воздуха в пределах 400-1200 °С, считая зависимость теплоемкости от температуры нелинейной.

Ответ: $c'_{pm}=1,4846$ кДж/(м³ К); $c'_{vm}=1,1137$ кДж/(м³ К).

5. В закрытом сосуде объемом $V=300$ л находится воздух при давлении $p_1=0,8$ МПа и температуре $t_1=20$ °С. Какое количество теплоты необходимо подвести для того, чтобы температура воздуха поднялась до $t_2=120$ °С? Задачу решить, принимая теплоемкость воздуха постоянной, а также учитывая зависимость теплоемкости от температуры. Определить относительную ошибку, получаемую в первом случае.

Ответ: $Q=77,3$ кДж. Относительная ошибка $\varepsilon \approx 0,25$ %.

6. Воздух охлаждается от 1000 °С до 100 °С в процессе с постоянным давлением. Какое количество теплоты теряет 1 кг воздуха? Задачу решить, принимая теплоемкость воздуха постоянной, а также учитывая зависимость теплоемкости от температуры. Определить относительную ошибку, получаемую в первом случае.

Ответ: 1) $q_{cp}=\text{const}=-911,9$ кДж/кг; 2) $q_{cp}=f(t)=-990,1$ кДж/кг; $\varepsilon\approx 8\%$.

7. В сосуде объемом 300 л находится кислород при давлении $p_1=0,2$ МПа и температуре $t_1=20$ °С. Какое количество теплоты необходимо подвести, чтобы температура кислорода повысилась до $t_2=300$ °С? Какое давление установится при этом в сосуде? Зависимость теплоемкости от температуры принять нелинейной.

Ответ: $Q_v=152,8$ кДж; $P_2=0,39$ МПа

8. Газовая смесь имеет следующий состав по объему: $CO_2=0,12$; $O_2=0,07$; $N_2=0,75$; $H_2O=0,06$. Определить среднюю массовую теплоемкость c_{pm} , если смесь нагревается от 100 °С до 300 °С.

Ответ: $c_{pm}=1,0928$ кДж/(кг·К)

5. Расчетно-графическая работа по теме «Первый закон термодинамики»

1. Найти изменение внутренней энергии 2 м³ воздуха, если температура его понижается от $t_1=250$ °С до $t_2=70$ °С. Зависимость теплоемкости от температуры принять линейной. Начальное давление воздуха $P_1=0,6$ МПа.

Ответ: $\Delta U=-1063$ кДж.

2. К газу, заключенному в цилиндре с подвижным поршнем, подводится извне 100 кДж теплоты. Величина произведенной работы при этом составляет 115 кДж. Определить изменение внутренней энергии газа, если количество его равно $0,8$ кг.

Ответ: $\Delta U=-18,2$ кДж.

3. 2 м³ воздуха при давлении $0,5$ МПа и температуре 50 °С смешиваются с 10 м³ воздуха при давлении $0,2$ МПа и температуре 100 °С. Определить давление и температуру смеси.

Ответ: $t_{см}=82$ °С; $P_{см}=0,25$ МПа.

4. В сборном газоходе котельной смешиваются уходящие газы трех котлов, имеющие атмосферное давление. Для упрощения принимается, что эти газы имеют одинаковый состав, а именно: $CO_2=11,8$ %; $O_2=6,8$ %; $N_2=75,6$ %; $H_2O=5,8$ %. Часовые расходы газов составляют $V_1=7100$ м³/ч; $V_2=2600$ м³/ч; $V_3=11200$ м³/ч, а температуры газов соответственно $t_1=170$ °С, $t_2=220$ °С, $t_3=120$ °С. Определить температуру газов после смешения и их объемный расход через дымовую трубу при этой температуре.

Ответ: $t=147$ °С; $V=20900$ м³/ч.

5. Уходящие газы из трех паровых котлов при давлении $0,1$ МПа смешиваются в сборном газоходе и через дымовую трубу удаляются в атмосферу. Объемный состав уходящих газов из отдельных котлов следующий: из первого

$CO_2=10,4$ %; $O_2=7,2$ %; $N_2=77,0$ %; $H_2O=5,4$ %;

из второго

$CO_2=11,8$ %; $O_2=6,9$ %; $N_2=75,6$ %; $H_2O=5,8$ %;

из третьего

$CO_2=12,0$ %; $O_2=4,1$ %; $N_2=77,8$ %; $H_2O=6,1$ %.

Часовые расходы газов составляют

$M_1=12000$ кг/ч; $M_2=6500$ кг/ч; $M_3=8400$ кг/ч; а температуры газов соответственно $t_1=130$ °С; $t_2=180$ °С; $t_3=200$ °С.

Определить температуру уходящих газов после смешения в сборном газоходе. Принять, что молярные теплоемкости этих газов одинаковы.

Ответ: $t_2=164$ °С.

6. В газоходе смешиваются три газовых потока, имеющих одинаковое давление, равное 0,2 МПа. Первый поток представляет собой азот с объемным расходом $V_1=8200$ м³/ч при температуре 200 °С, второй поток - двуокись углерода с расходом 7600 м³/ч при температуре 500 °С и третий поток - воздух с расходом 6400 м³/ч при температуре 800 °С. Найти температуру газов после смешения и их объемный расход в общем газопроводе.

Ответ: $t_1=423$ °С; $V=23000$ м³/ч.

7. Продукты сгорания из газохода парового котла в количестве 400 кг/ч при температуре 900 °С должны быть охлаждены до 500 °С и направлены в сушильную установку. Газы охлаждаются смешением газового потока с потоком воздуха при температуре 20 °С. Давление в обоих газовых потоках одинаковое. Определить часовой расход воздуха, если известно, что $R_{\text{газ}}=R_{\text{возд}}$. Теплоемкость продуктов сгорания принять равной теплоемкости воздуха.

Ответ: $M_{\text{возд}}=366$ кг/ч.

6. Расчетно-графическая работа по теме «Основные газовые процессы»

1. Газ при давлении $P_1=1$ МПа и температуре $t_1=20$ °С нагревается при постоянном объеме до $t_2=300$ °С. Найти конечное давление газа.

Ответ: $P_2=1,956$ МПа.

2. В закрытом сосуде емкостью $V=0,3$ м³ содержится 2,75 кг воздуха при давлении $P_1=0,8$ МПа и температуре $t_1=25$ °С. Определить давление и удельный объем после охлаждения воздуха до 0 °С.

Ответ: $P_2=0,732$ МПа, $v_2=0,109$ м³/кг.

3. До какой температуры t_2 нужно нагреть газ при $V=\text{const}$, если начальное давление газа $P_1=0,2$ МПа и температура $t_1=20$ °С, а конечное давление $P_2=0,5$ МПа.

Ответ: До $t_2=459,5$ °С.

4. В закрытом сосуде емкостью $V=0,5$ м³ содержится двуокись углерода при $p_1=0,6$ МПа и температуре $t_1=527$ °С. Как изменится давление газа, если от него отнять 420 кДж? Принять зависимость $c=f(t)$ линейной.

Ответ: $p_2=0,42$ МПа.

5. До какой температуры нужно охладить 0,8 м³ воздуха с начальным давлением 0,3 МПа и температурой 15 °С, чтобы давление при постоянном объеме понизилось до 0,1 МПа? Какое количество теплоты нужно для этого отвести? Теплоемкость воздуха принять постоянной.

Отв. До $t_2 = -177 \text{ }^\circ\text{C}$; $Q = -402 \text{ кДж}$.

6. Определить количество теплоты, необходимое для нагревания 2000 м^3 воздуха при постоянном давлении $p = 0,5 \text{ МПа}$ от $t_1 = 150 \text{ }^\circ\text{C}$ до $t_2 = 600 \text{ }^\circ\text{C}$. Зависимость теплоемкости от температуры считать нелинейной.

Ответ: $Q_p = 3937 \text{ МДж}$.

7. В установке воздушного отопления внешний воздух при $t_1 = -15 \text{ }^\circ\text{C}$ нагревается в калорифере при $p = \text{const}$ до $60 \text{ }^\circ\text{C}$. Какое количество теплоты надо затратить для нагревания 1000 м^3 наружного воздуха? Теплоемкость воздуха считать постоянной. Давление воздуха принять равным 101325 Па .

Ответ: 103 МДж .

8. Для использования отходящих газов двигателя мощностью $N = 2500 \text{ кВт}$ установлен подогреватель, через который проходит $60000 \text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха при температуре $t_1 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ и давлении $P = 0,101 \text{ МПа}$. Температура воздуха после подогревателя равна $75 \text{ }^\circ\text{C}$. Определить, какая часть теплоты топлива использована в подогревателе? К.П.Д. двигателя принять равным $0,33$. Зависимость теплоемкости от температуры считать линейной.

Ответ: $17,4\%$.

9. 2 м^3 воздуха с начальной температурой $t_1 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ расширяются при постоянном давлении до 3 м^3 вследствие сообщения газу 837 кДж теплоты. Определить конечную температуру, давление газа в процессе и работу расширения.

Ответ: $t_2 = 159 \text{ }^\circ\text{C}$, $P = 0,24 \text{ МПа}$, $L = 239 \text{ кДж}$.

10. Отходящие газы котельной установки проходят через воздухоподогреватель. Начальная температура газов $t_{г1} = 300 \text{ }^\circ\text{C}$, конечная $t_{г2} = 160 \text{ }^\circ\text{C}$; расход газов равен 1000 кг/ч . Начальная температура воздуха составляет $t_{в1} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$, а расход его равен 910 кг/ч . Определить температуру нагретого воздуха $t_{в2}$, если потери воздухоподогревателя составляют 4% . Средние теплоемкости (c_{pm}) для отходящих из котла газов и воздуха принять соответственно равными $1,0467$ и $1,0048 \text{ кДж/кг К}$.

Ответ: $t_{в2} = 168,9 \text{ }^\circ\text{C}$.

11. Воздух в количестве $0,5 \text{ кг}$ при $P_1 = 0,5 \text{ МПа}$ и $t_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ расширяется изотермически до пятикратного объема. Определить работу, совершаемую газом, конечное давление и количество теплоты, сообщаемой газу.

Ответ: $P_2 = 0,1 \text{ МПа}$, $L = Q = 70 \text{ кДж}$.

12. Для осуществления изотермического сжатия $0,8 \text{ кг}$ воздуха при $P_1 = 0,1 \text{ МПа}$ и $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ затрачена работа в 100 кДж . Найти давление p_2 сжатого воздуха и количество теплоты, которое необходимо при этом отвести от газа?

Ответ: $P_2 = 0,322 \text{ МПа}$, $Q = -90 \text{ кДж}$.

13. 8 м^3 воздуха при $P_1 = 0,09 \text{ МПа}$ и $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ сжимаются при постоянной температуре до $0,81 \text{ МПа}$. Определить конечный объем, затраченную работу и количество теплоты, которое необходимо отвести от газа.

Ответ: $V_2 = 0,889 \text{ м}^3$, $L = Q = -1581 \text{ кДж}$.

14. При изотермическом сжатии $0,3 \text{ м}^3$ воздуха с начальными параметрами $P_1=1 \text{ МПа}$ и $t_1=300 \text{ }^\circ\text{C}$ отводится 500 кДж теплоты. Определить конечный объем V_2 и конечное давление p_2 .

Ответ: $V_2=0,057 \text{ м}^3$, $P_2=5,26 \text{ МПа}$.

15. 10 кг воздуха при давлении $P_1=0,12 \text{ МПа}$ и температуре $t_1=30 \text{ }^\circ\text{C}$ сжимаются изотермически; при этом в результате сжатия объем увеличивается в $2,5$ раза. Определить начальные и конечные параметры, количество теплоты, работу и изменение внутренней энергии.

Ответ: $V_1=7,25 \text{ м}^3$; $V_2=2,9 \text{ м}^3$; $p_2=0,3 \text{ МПа}$; $Q=L=-797 \text{ кДж}$; $\Delta U=0$.

16. 1 кг воздуха при температуре $t_1=15 \text{ }^\circ\text{C}$ и начальном давлении $P_1=0,1 \text{ МПа}$ адиабатно сжимается до $0,8 \text{ МПа}$. Найти работу, конечный объем и конечную температуру.

Ответ: $t_2=248 \text{ }^\circ\text{C}$; $v_2=0,187 \text{ м}^3/\text{кг}$; $L=-167,2 \text{ кДж/кг}$.

17. Воздух при давлении $P_1=0,45 \text{ МПа}$, расширяясь адиабатно до $0,12 \text{ МПа}$, охлаждается до $t_2=-45 \text{ }^\circ\text{C}$. Определить начальную температуру и работу, совершенную 1 кг воздуха.

Ответ: $t_1=61 \text{ }^\circ\text{C}$; $L=75,3 \text{ кДж/кг}$.

18. 1 кг воздуха, занимающий объем $v_1=0,0887 \text{ м}^3/\text{кг}$ при $P_1=1 \text{ МПа}$, расширяется до десятикратного объема. Получить конечное давление и работу, совершенную воздухом, в изотермическом и адиабатном процессах.

Ответ: 1) $T=\text{const}$; $P_2=0,1 \text{ МПа}$; $L=204 \text{ кДж/кг}$; 2) $dQ=0$; $P_2=0,04 \text{ МПа}$; $L=133,5 \text{ кДж/кг}$.

23. Воздух в количестве 3 м^3 расширяется политропно от $P_1=0,54 \text{ МПа}$ и $t_1=45^\circ\text{C}$ до $P_2=0,15 \text{ МПа}$. Объем, занимаемый при этом воздухом, становится равным 10 м^3 . Найти показатель политропы, конечную температуру, полученную работу и количество подведенной теплоты.

Ответ: $m=1,064$, $t_2=21,4^\circ\text{C}$, $L=1875 \text{ кДж}$, $Q=1575 \text{ кДж}$.

24. В процессе политропного сжатия затрачивается работа, равная 195 кДж , причем в одном случае от газа отводится 250 кДж , а в другом - газу сообщается 42 кДж . Определить показатели обеих политроп.

Ответ: 1) $m=0,9$, 2) $m=1,49$.

25. $1,5 \text{ м}^3$ воздуха сжимаются от $0,1 \text{ МПа}$ и 17°C до $0,7 \text{ МПа}$, конечная температура при этом равна 100°C . Какое количество теплоты требуется отвести, какую работу затратить и каков показатель политропы?

Ответ: $Q=-183 \text{ кДж}$, $L=-290 \text{ кДж}$, $m=1,147$.

ПР-2 Контрольная работа

Комплект контрольных заданий по вариантам

Тема: Параметры состояния рабочего тела. Идеальные газы и основные газовые законы.

Вариант 1

1.1 Газовая постоянная этана C_2H_6 в СИ равна $277,6 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$. Определить молекулярный вес газа, его плотность и удельный объем при нормальных физических условиях.

1.2 В результате емкостью 12 м^3 , содержащем в себе воздух для пневматических работ, давление равно 8 ат. по манометру при температуре воздуха 22°C . После использования части воздуха для работ его давление упало до 4 ат. , а температура до 17°C . Определить, сколько воздуха израсходовано; $p_{\text{бар}}=1 \text{ ат.}$

1.3 Определить диаметр воздуховода для подачи 8000 кг/ч воздуха при абсолютном давлении $1,15 \text{ бар}$, если температура этого воздуха 22°C . Скорость воздуха в воздуховоде равна 8 м/с .

Вариант 2

2.1 В баллоне емкостью 40 л находится кислород при давлении 112 ат. по манометру; температура его 37°C , атмосферное давление равно 736 мм.рт.ст. Определить массу кислорода и его плотность.

2.2 Баллон, содержащий в себе кислород при давлении 118 ат. по манометру и температуре -8°C , перенесен в помещение с температурой $+28^\circ\text{C}$. Какое давление будет в баллоне, если газ нагреется до этой температуры? Атмосферное давление равно 1 кгс/см^2 .

2.3 Баллон емкостью 70 л наполнен кислородом со следующими параметрами: $p=98 \text{ бар}$, $t=20^\circ\text{C}$. Используя уравнение состояния идеального и реального газов, определить массу газа.

Тема: Газовые смеси.

Вариант 1

1.1 Массовый состав газовой смеси следующий: водорода H_2 – 4% , метана CH_4 40% , этилена C_2H_2 – 20% , углекислоты CO_2 – 12% , азота N_2 – 24% . Определить газовую постоянную, молекулярный вес, плотность, удельный объем смеси и парциальное давление компонентов. Давление смеси равно $1,5 \text{ бар}$, а температура равна 27°C .

1.2 При давлении 820 мм.рт.ст. и температуре 27°C плотность смеси кислорода O_2 и углекислоты CO_2 равна $1,718 \text{ кг/м}^3$. Определить массовый и объемный состав смеси.

1.3 Плотность смеси азота и углекислоты при давлении $1,4 \text{ бар}$ и температуре 45°C равна $2,1 \text{ кг/м}^3$. Определить массовый и объемный состав смеси.

Вариант 2

2.1 Определить массовый и объемный составы смеси водорода с азотом, а также парциальное давление этих компонентов. Давление смеси равно 720 мм.рт.ст. и $R_{\text{см}}=922 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$.

2.2 В смеси окиси углерода CO и углекислоты CO_2 находится 12 кг окиси углерода. Определить массу смеси, если молекулярный вес смеси равен 41 .

2.3 В резервуаре емкостью 10 м^3 под давлением $1,6 \text{ бар}$ находится газовая смесь, состоящая из 8 кг азота, 6 кг кислорода и некоторого количества углекислоты. Температура данной смеси равна $27 \text{ }^\circ\text{C}$. Определить количество углекислоты, парциальные давления компонентов, объемный состав смеси, средний молекулярный вес и газовую постоянную.

Тема: Теплота и теплоемкость.

Вариант 1

1.1 Баллон емкостью 100 л заполнен окисью углерода под абсолютным давлением 50 ат и при температуре $-25 \text{ }^\circ\text{C}$; после внесения его в тепловое помещение температура газа поднялась до $+20 \text{ }^\circ\text{C}$. Определить количество теплоты, приобретенное газом, и давление в баллоне после нагревания.

1.2 Вентиляционная система помещения с внутренним объемом, равным 4000 м^3 , осуществляет четырёхкратный обмен воздуха в час. Определить часовой расход горючего газа на нагрев наружного воздуха в калориферной камере от $-15 \text{ }^\circ\text{C}$ до температуры внутри помещения $+25 \text{ }^\circ\text{C}$, если давление воздуха равно 780 мм.рт.ст. , теплотворная способность газа 35300 кДж/м^3 , а КПД калориферной камеры 80% .

1.3 Азоту, находящемуся в газгольдере с объемом 800 м^3 при давлении $1,25 \text{ бар}$ и температуре $10 \text{ }^\circ\text{C}$. Сообщается 4000 кДж теплоты. До какой температуры нагреется газ?

Вариант 2

2.1 Баллон, в котором находится азот, представляет собой цилиндр длиной 4 м и диаметром $1,2 \text{ м}$. Абсолютное давление газа в баллоне 8 бар , начальная температура $52 \text{ }^\circ\text{C}$. Вследствие разности температур азота и окружающего воздуха азот охлаждается. Определить, на сколько градусов понизится температура азота через 2 часа , если 1 м^3 поверхности баллона теряет в окружающее пространство 12 кДж теплоты в течение 1 часа .

2.2 Воздух в количестве 800 м^3 при температуре $2000 \text{ }^\circ\text{C}$ охлаждается до $200 \text{ }^\circ\text{C}$ при постоянном давлении, равном $1,5 \text{ бар}$. Определить среднюю теплоемкость и количество теплоты, выделенной при охлаждении.

2.3 Смесь азота и водорода в массовом отношении $4:1$ нагреется при $p=\text{const}$ от $200 \text{ }^\circ\text{C}$ до $1200 \text{ }^\circ\text{C}$. Найти среднюю теплоемкость в пределах этих температур и расход теплоты для нагревания 100 кг смеси.

Тема: Термодинамические процессы.

Вариант 1

1.1 Сравнить расходы теплоты для нагревания 5 кг азота от $27 \text{ }^\circ\text{C}$ до $227 \text{ }^\circ\text{C}$ при $v=\text{const}$ и $p=\text{const}$. Для изобарного нагревания определить работу расширения. Для азота принять $\mu C_p=29 \text{ кДж/(кмоль}\cdot^\circ\text{C)}$.

1.2 1 кг азота изотермически сжимается до $v_2=0,5v_1$, а затем изобарически расширяется до начального объема. Начальное состояние

определяется температурой $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлением 1 бар . Определить работы, изменение внутренней энергии и энтальпии, количества внешней теплоты обоих процессов и суммарное изменение этих величин. Представить эти процессы на pV -диаграмме. ($R=297\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$, $c_p=1,05\text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$).

1.3 4 кг углекислоты расширяются по изобаре при $p=6\text{ бар}$ с изменением температуры от $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $327\text{ }^{\circ}\text{C}$, а затем еще по адиабате расширяются до давления 2 бар . Определить изменение внутренней энергии и энтальпии, работу, внешнюю теплоту при каждом процессе и суммарно. ($R=189\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$, $c_p=0,89\text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$, $\kappa=1,27$)

Вариант 2

2.1 Начальное состояние 10 кг воздуха определяется температурой $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлением $1,2\text{ бар}$. Воздух изобарически нагревается до температуры $327\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определить работу газа, изменение внутренней энергии и энтальпии, количество подведенной теплоты.

2.2 К 10 кг воздуха в изохорном процессе подведено 1885 кДж теплоты, а затем в изобарном сжатии объем уменьшен в $2,5$ раза. Начальная температура воздуха $17\text{ }^{\circ}\text{C}$, а давление $0,8\text{ ат}$. Рассчитать процессы, происходящие с воздухом, и представить их на pV -диаграмме.

2.3 Смесь из 4 кг кислорода и 6 кг азота адиабатически расширяется до $v_2=v_1$. Начальные параметры смеси: $p=10\text{ бар}$, $t=127\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определить v_1 , v_2 , p_2 и t_2 , а также работу расширения и изменение внутренней энергии.

Тема: Второй закон термодинамики.

Вариант 1

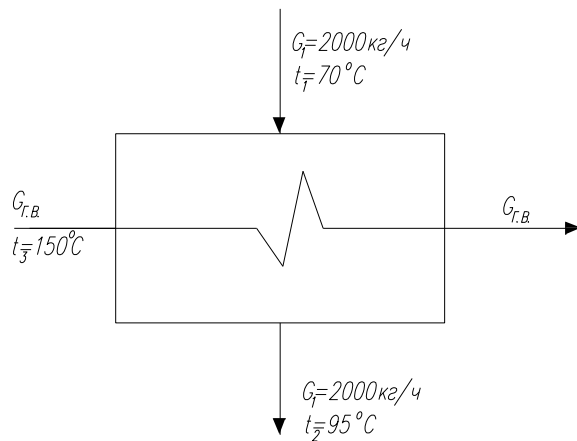
1.1. Определить параметры состояния рабочего тела с помощью таблиц и диаграмм.

а) Вода, находящаяся под давлением $1,5\text{ МПа}$, нагрета до $190\text{ }^{\circ}\text{C}$. Наступило ли кипение?

б) Найти давление, удельный объем и плотность воды, если она находится в состоянии кипения и температура ее равна $250\text{ }^{\circ}\text{C}$.

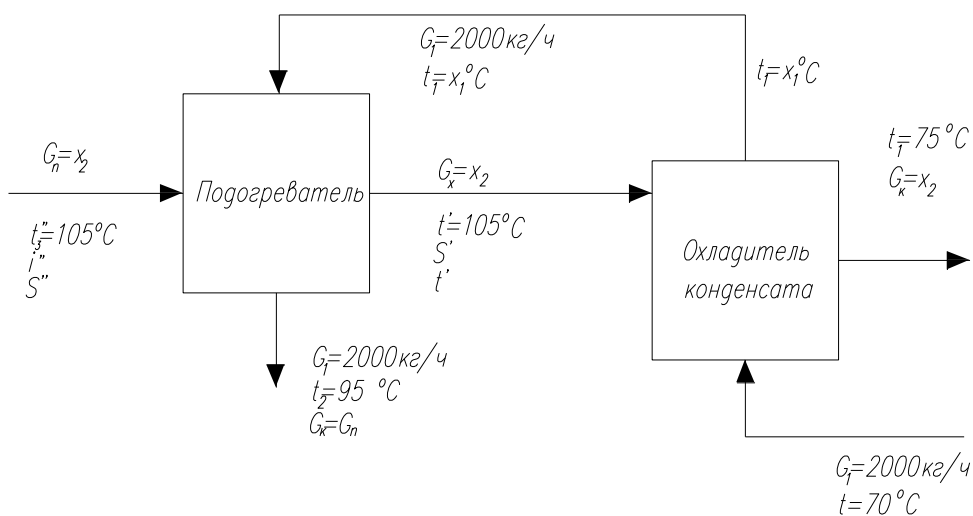
в) Определить температуру, удельный объем, плотность, энтальпию и энтропию сухого насыщенного пара при давлении $p=1\text{ МПа}$.

1.2. Произвести расчет параметров и определить КПД теплообменников.



а) В теплообменник поступает вода из системы отопления в количестве $G_1=2000$ кг/ч с $t_1=70$ °С, необходимо нагреть воду до температуры 95 °С. Греющая среда – горячая вода поступает в теплообменник с $t_3=150$ °С. Определить расход греющей среды и максимально возможный КПД теплообменника, задаваясь значениями температуры греющей среды на выходе. Построить диаграмму потоков эксергии. Вычислить изменение энтропий.

б) Нагреваемая среда поступает последовательно в охладитель конденсата и подогреватель, где она нагревается от 70 °С до 95 °С или от 70 °С до 105 °С. Греющей средой является пар в состоянии насыщения с температурой 100 °С. Пар поступает в подогреватель, где происходит его конденсация, затем конденсат поступает в охладитель конденсата, где происходит его охлаждение от 100 °С до заданной температуры. Расходы и основные параметры указаны на схеме. Определить неизвестные расходы и параметры, эксергетические коэффициенты полезного действия теплообменников, построить диаграмму эксергетических потоков. Вычислить изменение энтропий.



Вариант 2

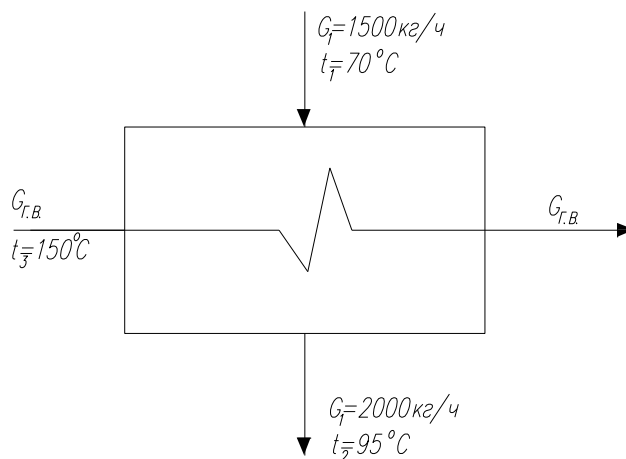
2.1. Определить параметры состояния рабочего тела с помощью таблиц и диаграмм.

а) При $p=0,9$ МПа вода нагрета до 150°C . На сколько градусов нужно еще нагреть воду, чтобы началось кипение?

б) Температура воды, находящейся в закрытом сосуде, равна 190°C . Под каким давлением находится вода?

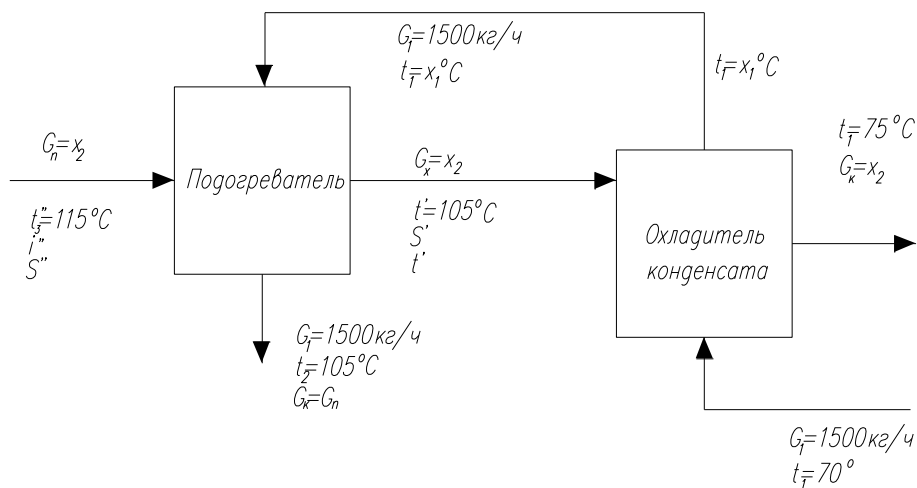
в) Сухой насыщенный пар имеет давление $p=1,4$ МПа. Определить все остальные параметры пара.

2.2. Произвести расчет параметров и определить КПД теплообменников.



а) В теплообменник поступает вода из системы отопления в количестве $G_1=1500$ кг/ч с $t_1=70^\circ\text{C}$, необходимо нагреть воду до температуры 95°C . Греющая среда – горячая вода поступает в теплообменник с $t_3=150^\circ\text{C}$. Определить расход греющей среды и максимально возможный КПД теплообменника, задаваясь значениями температуры греющей среды на выходе. Построить диаграмму потоков эксергии. Вычислить изменение энтропий.

б) Нагреваемая среда поступает последовательно в охладитель конденсата и подогреватель, где она нагревается от 70°C до 95°C или от 70°C до 105°C . Греющей средой является пар в состоянии насыщения с температурой 100°C . Пар поступает в подогреватель, где происходит его конденсация, затем конденсат поступает в охладитель конденсата, где происходит его охлаждение от 100°C до заданной температуры. Расходы и основные параметры указаны на схеме. Определить неизвестные расходы и параметры, эксергетические коэффициенты полезного действия теплообменников, построить диаграмму эксергетических потоков. Вычислить изменение энтропий.



Оценочные средства для промежуточной аттестации

Вопросы к экзамену (тестированию ПР-1)

1. Термодинамическое рабочее тело.
2. Аналитическое выражение первого закона термодинамики.
3. Вычисление энтропии.
4. Параметры состояния термодинамического рабочего тела (давление).
5. Связь между теплоемкостями C_p и C_v .
6. Аналитическое выражение первого и второго законов термодинамики для обратимых и необратимых процессов.
7. Параметры состояния термодинамического рабочего тела (температура).
8. О двух классах термодинамических функций.
9. T-S – диаграмма.
10. Параметры состояния термодинамического рабочего тела (удельный объем)
11. Энтальпия - функция состояния.
12. Термодинамические процессы в системе координат T-S.
13. Уравнение состояния идеального газа.
14. Изохорный процесс.
15. Эксергия и анергия.
16. Уравнение состояния идеального газа. Универсальная газовая постоянная.
17. Изобарный процесс.
18. Определение эксергии термодинамического рабочего тела.
19. Уравнение состояния идеального газа для смеси газов
20. Изотермический процесс.
21. Потеря эксергии вследствие необратимости.
22. Смеси газов. Закон Дальтона.
23. Адиабатный процесс.
24. Вывод уравнения Гюи-Стодолы.
25. Смеси газов, заданные массовым составом.
26. Политропный процесс.

27. Определение эксергетического К.П.Д. теплообменного аппарата.
28. Смеси газов, заданные объемным составом.
29. Вычисление теплоемкости в политропном процессе.
30. Изохорный процесс в T-S координатах.
31. Смеси газов, кажущийся молекулярный вес газовой смеси.
32. Круговые процессы или циклы.
33. Изобарный процесс в T-S координатах.
34. Реальные газы.
35. Прямой цикл.
36. Изотермический процесс в T-S координатах.
37. Истинная или мгновенная теплоемкость. Изменение теплоемкости от 0 до бесконечности.
38. Обратный цикл.
39. Адиабатный процесс в T-S координатах.
40. Теплоемкость в изохорных и изобарных процессах.
41. Цикл Карно (прямой).
42. Определение энтропии в изохорном процессе.
43. Вычисление теплоемкости.
44. Обратный цикл Карно.
45. Определение энтропии в изобарном процессе.
46. Вычисление теплоты.
47. Второй закон термодинамики.
48. Определение энтропии в изотермическом процессе.
49. Вычисление теплоты и теплоемкости для смеси газов.
50. Теорема Карно.
51. Свойства влажного воздуха.
52. Работа.
53. Термический К.П.Д. цикла Карно.
54. Определение энтальпии влажного воздуха
55. Внутренняя энергия.
56. Энтропия – функция состояния.
57. I-d –диаграмма влажного воздуха.
58. Вычисление внутренней энергии.
59. Аналитическое выражение второго закона термодинамики.
60. Изменение тепловлажностного состояния влажного воздуха.
61. Первый закон термодинамики.
62. Обратимые и необратимые процессы.
63. Процесс нагрева и охлаждения воздуха в I-d диаграмме.