

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета Энергетика и систем А.В. Бурковский
«28» августа 2017 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«Теплотехника»

Направление подготовки 35.03.06 АГРОИНЖЕНЕРИЯ

Профиль Электроснабжение и электрооборудование сельскохозяйственных предприятий

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 5 лет

Форма обучения заочная

Год начала подготовки 2015

Автор программы
Заведующий кафедрой
Теоретической и
промышленной
теплоэнергетики

А.Ю. Трошин /Трошин А.Ю./

Руководитель ОПОП

А.В. Бараков /Бараков А.В./
Л.Н. Титова /Титова Л.Н./

Воронеж 2017

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Основной задачей изучения дисциплины «Теплотехника» является усвоение материала по разделам технической термодинамика и теория теплообмена, включая методы получения, преобразования, передачи и использования теплоты, а также особенности тепловых машин, аппаратов и устройств.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- изучить законы термодинамики, термодинамические процессы для идеальных и реальных газов, изучить термодинамические циклы в тепловых машинах;
- приобрести навыки осмысления рациональной работы тепловых машин в результате построения графических зависимостей в теплотехнических диаграммах;
- изучить способы переноса теплоты в твердых, жидких и газообразных телах;
- изучить теплообменные устройства и способы интенсификации теплообмена в них;
- изучить физические свойства топлива и основы его горения, а также способы охраны окружающей среды и основы энергосбережения.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Теплотехника» относится к дисциплинам базовой части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Теплотехника» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-4 - способностью решать инженерные задачи с использованием основных законов механики, электротехники, гидравлики, термодинамики и теплообмена

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-4	знать методы решения инженерных задач с использованием основных законов механики, электротехники, гидравлики, термодинамики и теплообмена
	уметь решать инженерные задачи с использованием основных законов механики, электротехники, гидравлики, термодинамики и теплообмена
	владеть способностью решать инженерные задачи с использованием основных законов механики, электротехники, гидравлики, термодинамики и теплообмена

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Теплотехника» составляет 4 з.е.
Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		6
Аудиторные занятия (всего)	16	16
В том числе:		
Лекции	6	6
Лабораторные работы (ЛР)	6	6
Практические занятия	4	4
Самостоятельная работа	155	155
Контрольная работа	+	+
Часы на контроль	9	9
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость академические часы з.е.	180 5	180 5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	Практич. Раб.	СРС	Всего, час
1	Основы теплотехники.	Введение. Предмет теплотехники. История развития теплотехники.	1	1	-	25	27
2	Основные законы термодинамики	Основные понятия и определения термодинамики. Термодинамическая система. Параметры состояния. Теплоемкость реальных и идеальных газов. Первый закон термодинамики. Энтальпия рабочего тела. Понятие об энтропии. Изображение термодинамических процессов в P,V – и T,S-координатах. Процессы изменения состояния идеальных газов. Определение термодинамических характеристик процессов. Анализ политропных процессов. Второй закон термодинамики. Круговые процессы (циклы). Термодинамический к.п.д. прямого цикла и	1	1	-	26	28

		холодильный коэффициент обратного цикла. Цикл Карно. Сжатие газов. Термодинамические основы компрессорных машин. Изотермическое, адиабатное и политропное сжатие. Многоступенчатый компрессор. Термодинамические основы анализа циклов тепловых машин. Циклы поршневых и газотурбинных двигателей. Реальные газы. Водяной пар и его свойства. Паросиловые циклы. Истечение и дросселирование газов и паров. Адиабатное истечение. Критический режим истечения. Сверхзвуковое сопло Лавала. Понятие об эффекте Джоуля – Томпсона. Паросиловые циклы. Холодильные машины. Влажный воздух. Диаграмма «Энтальпия – влагосодержание».					
3	Основные законы теплообмена	Теория теплообмена. Основные виды теплообмена. Тепловой поток, температурное поле. Теплопроводность. Основные понятия теории теплопроводности. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Уравнение теплопроводности. Теплопроводность при стационарном режиме. Основы расчета теплопроводности в конструкциях. Теплопроводность через многослойные стенки. Пути повышения эффективности теплопроводности. Конвективный теплообмен. Свободная и вынужденная конвекция. Теория подобия применительно к явлению теплообмена. Критериальные уравнения в процессах теплообмена.	1	1	1	26	29
4	Теплообменные аппараты.	Теплообмен в трубах. Теплообмен при поперечном омывании одиночной трубы и пучка труб. Теплообмен при кипении и конденсации. Законы лучистого теплообмена. Теплообмен излучением в прозрачной среде. Защитные экраны. Излучение газов и паров. Сложный теплообмен. Термическое сопротивление. Коэффициент теплопередачи. Тепловая изоляция. Основы расчета теплообменных аппаратов.	1	1	1	26	29
5	Топливо и основы горения.	Топливо и основы теории горения. Понятие о теплоте сгорания. Высшая и низшая теплоты сгорания. Расчетные и экспериментальные методы определения теплоты сгорания. Понятие о теплоте сгорания. Высшая и низшая теплоты сгорания. Расчетные и экспериментальные методы определения теплоты сгорания. Закон постоянства сумм теплот сгорания. Формулы пересчета теплот сгорания с одной массы топлива на другую. Условное топливо. Приведенные характеристики топлива. Закон кратных отношений Дальтона. Стехиометрические уравнения горения элементов, входящих в состав топлива. Теоретический расход кислорода и воздуха. Коэффициент избытка воздуха. Определение коэффициента избытка воздуха по составу продуктов сгорания. Состав и выход продуктов сгорания.	1	1	1	26	29
6	Котельные установки. Трансформаторы тепла. Энергосбережение	Теплогенерирующие устройства. Котлы и их элементы. Теплообменные аппараты. Тепловой и эксергетический балансы. Тепловой расчет котла. Вспомогательные системы и устройства котельных установок. Прямоточные и противоточные котлоагрегаты. Промышленные печи. Основы безопасности при эксплуатации	1	1	1	26	29

	высокотемпературных установок и устройств. Холодильная и криогенная техника. Холодопроизводительность. Процессы для получения холода в циклах. Холодильные машины и установки. Тепловые насосы. Криогенные установки и системы. Установки для получения сверх низких температур. Основы безопасности при эксплуатации криогенных установок и устройств. Основы энергосбережения. Основы энергоаудита. Приборный учет. Энергосбережение в котельных и тепловых электростанциях. Особенности энергосбережения в высокотемпературных теплотехнологиях. Энергосбережение в системах отопления, горячего водоснабжения, вентиляции и кондиционирования. Энергосбережение при электроснабжении.					
	Итого	6	6	4	155	171

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Определение средней объемной теплоемкости воздуха при постоянном давлении.
 2. Исследование истечения газов из дозвукового сопла.
 3. Исследование процессов во влажном воздухе.
 4. Определение теплоты парообразования для воды.
 5. Экспериментальное определение теплопроводности теплоизоляционных материалов методом цилиндрического слоя.
 6. Определение коэффициента теплопроводности металлов методом стержня.
 7. Изучение теплоотдачи горизонтального цилиндра при свободной конвекции в неограниченном объеме.
- Исследование теплоотдачи при течении жидкости в трубе.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение контрольной работы в 6 семестре для заочной формы обучения.

Примерная тематика контрольной работы: «Решение задач по основным направлениям курса»

Задачи, решаемые при выполнении контрольной работы:

- По известному объемному составу газовой смеси и ее параметрам – давлению P_1 и t_1 определить: 1) среднюю молекулярную массу и газовую постоянную смеси; 2) плотность и удельный объем при заданных и нормальных условиях; 3) парциальные давления компонентов; 4) средние объемную и массовую изобарные теплоемкости смеси в интервале температур $0 \div t_1$. Данные для решения задачи выбрать из таблицы 1. Мольные изобарные теплоемкости различных газов даны в приложении 1.

- Сжатие воздуха в компрессоре происходит: а) по изотерме; б) по адиабате; в) по политропе с показателем n . Расход сжимаемого воздуха G , начальное давление $P_1=0,1$ МПа; начальная температура t_1 ; степень повышения давления π . Определить величину теоретической работы сжатия и работы привода компрессора для всех вариантов сжатия. Показать все процессы сжатия в PV- и TS-диаграммах. Данные для решения задачи брать из таблицы 2.

- Плоская стальная стенка толщиной δ_c омывается с одной стороны

горячими газами с температурой t_1 , а с другой стороны водой с температурой t_2 . Определите коэффициент теплопередачи K от газов к воде, удельный тепловой поток q и температуры обеих поверхностей стенки c_{c1} и c_{c2} , если известны коэффициенты теплоотдачи от газов к стенке α_1 и от стенки к воде α_2 , коэффициент теплопроводности стали $\lambda_c = 50 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$. Определить также все указанные параметры, если стенка со стороны воды покрывается слоем накипи толщиной δ_H с коэффициентом теплопроводности $\lambda_H = 1 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$. Данные для решения задачи брать из таблицы 3.

- Определить поверхность нагрева газо-водяного рекуперативного теплообменника, работающего по противоточной схеме. Греющий теплоноситель – дымовые газы с начальной температурой $t'_Г$ и конечной $t''_Г$. Расход воды через теплообменник – G_B ; начальная температура воды - t'_B , конечная - t''_B . Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке трубы α_1 , от стенки трубы к воде α_B . Теплообменник выполнен из стальных труб с коэффициентом теплопроводности $\lambda_c = 50 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$ с наружным диаметром $d=50 \text{ мм}$ и толщиной стенки $\delta=4 \text{ мм}$. Определить также поверхность теплообмена при работе теплообменника по прямоточной схеме. Данные для решения задачи брать из таблицы 4.

- Для заданного вида топлива определить:
 - состав рабочей массы и низшую теплоту сгорания;
 - теоретическое количество воздуха;
 - действительное количество воздуха при коэффициенте избытка воздуха α_1 ;
 - объем продуктов сгорания;
 - калориметрическую температуру горения, если воздух, поступающий на горение, предварительно подогревается до температуры t_1 .

Данные для решения задачи выбрать из таблицы 5.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-4	знать методы решения инженерных задач с использованием	устный опрос, решение задач, лабораторные работы, зачет.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	основных законов механики, электротехники, гидравлики, термодинамики и теплообмена			
	уметь решать инженерные задачи с использованием основных законов механики, электротехники, гидравлики, термодинамики и теплообмена	устный опрос, решение задач, лабораторные работы, зачет.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть способностью решать инженерные задачи с использованием основных законов механики, электротехники, гидравлики, термодинамики и теплообмена	устный опрос, решение задач, лабораторные работы, зачет.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 6 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-4	знать методы решения инженерных задач с использованием основных законов механики, электротехники, гидравлики, термодинамики и теплообмена	Зачет, теоретическая часть	Правильный ответ на два вопроса	Правильный ответ на один и несколько дополнительных вопросов	Правильный ответ только на один вопрос	На все вопросы не даны верные ответы
	уметь решать инженерные задачи с использованием основных законов механики, электротехники, гидравлики, термодинамики и	Зачет, решение стандартной практической задачи	Задача решена в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения, но не получен верный ответ	Продемонстрирован верный ход решения задачи	Задача не решена

	теплообмен					
	владеть способностью решать инженерные задачи с использованием основных законов механики, электротехники, гидравлики, термодинамики и теплообмена	Выполнение лабораторных работ	Все работы выполнены, получены верные значения, на все контрольные вопросы даны правильные ответы	Все работы выполнены, не во всех работах получены верные значения, на все контрольные вопросы даны правильные ответы	Все работы выполнены, не во всех работах получены верные значения, не на все контрольные вопросы даны правильные ответы	Не все работы выполнены, не во всех работах получены верные значения, не на все контрольные вопросы даны правильные ответы

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Наука, изучающая превращения энергии в процессах, сопровождающихся тепловыми эффектами, называется:

термодинамика
гидростатика
теплопередача

2. Величина, характеризующая степень нагретости тела:

энергия
давление
температура

3. При постоянной температуре удельные объемы газа обратно пропорциональны его давлениям:

закон Гей-Люссака
закон Бойля-Мариотта
закон Шарля

4. При постоянном удельном объеме протекает процесс:

изобарный
изохорный
изотермический

5. Плотность определяется по формуле:

$$\rho = m/V$$

$$\rho = V/m$$

$$\rho = m \cdot V$$

6. Единицы измерения теплоемкости:

Дж
Дж/К
Дж/кг*К

7. Из каких процессов состоит цикл Карно:

двух изохорных и двух адиабатных
двух изотермических, адиабатного, изохорного
двух изотермических и двух адиабатных

8. Единицы измерения давления:

кг/м³
К
Па

9. Чему равняется коэффициент черноты и коэффициент поглощения для белого тела:

$$E = 1, \alpha = 1$$

$$E = \alpha$$

$$E = 0, \alpha = 0$$

10. Единицы измерения коэффициента теплопроводности:

$$\text{Вт/м} \cdot \text{К}$$

$$\text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$\text{Вт/м}$$

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Определить давление, при котором 5 кг азота занимают объем 2 м³, если температура азота равна 70 °С? Ответ: 0,25 МПа.

2. В баллоне емкостью 0,5 м³ находится азот при температуре 30 °С и избыточном давлении 0,5 МПа. Определить массу азота, выпущенного из баллона, если избыточное давление понизилось до 0,2 МПа, а температура – до 20 °С. Барометрическое давление равно 750 мм рт. ст. Ответ: 1,61 кг.

3. Объем воздуха при давлении 0,6 МПа и температуре 100 °С составляет 3 м³. Какой объем займет воздух при нормальных физических условиях? 13 Ответ: 13 м³.

4. Определить плотность водорода, если он находится в сосуде при температуре 50 °С, а его избыточное давление составляет 50 см вод. ст. при барометрическом давлении 760 мм рт. ст. Ответ: 0,079 кг/м³.

5. В цилиндре с подвижным поршнем находится 0,2 м³ воздуха при давлении 0,1 МПа. Как должен измениться объем, чтобы при повышении давления до 0,2 МПа температура воздуха не изменилась? Ответ: объем уменьшится в 2 раза.

6. В цилиндре диаметром 0,6 м содержится 0,4 м³ воздуха при давлении 0,25 МПа и температуре $t_1 = 35$ °С. До какой температуры (t_2) должен быть нагрет воздух при постоянном давлении, чтобы движущийся без трения поршень поднялся на 0,4 м? Ответ: $t_2 = 122$ °С.

7. В сосуде объемом 0,9 м³ находится 1,5 кг окиси углерода (СО). Определить удельный объем и плотность окиси углерода. Ответ: $v = 0,6$ кг м³; 3 м кг $\rho = 1,67$.

8. Найти абсолютное давление пара в котле, если манометр показывает $p_m = 0,13$ МПа. Атмосферное давление по показаниям ртутного барометра составляет $B = 730$ мм рт. ст. при $t = 25$ °С. Ответ: $p = 0,227$ МПа.

9. 0,5 м³ воздуха находится в сосуде при температуре 120 °С. Подключенный к сосуду вакуумметр показывает разрежение 700 мм вод. ст. при барометрическом давлении 750 мм рт. ст. Определить массу газа в сосуде. Ответ: $m = 0,41$ кг.

10. Какой объем займет кислород при температуре 150 °С и давлении 0,3 МПа, если при нормальных физических условиях он занимает 4 м³? Ответ: $V = 2,09$ м³.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Задача 1. Плоскую поверхность необходимо изолировать так, чтобы потери теплоты с единицы поверхности в единицу времени не превышали 450 Вт/м². Температура поверхности под изоляцией $t_{c1} = 450$ °С, температура внешней поверхности изоляции $t_{c2} = 50$ °С. Определить толщину изоляции, если $\lambda = 0,09 + 0,0000874t$, Вт/(м•К).

Задача 2. Вычислить тепловые потери через 1 м^2 двухслойной плоской стенки и температуру в плоскости соприкосновения слоев, если известно: $\delta_1 = 125 \text{ мм}$; $\delta_2 = 500 \text{ мм}$; $t_{c1} = 1100 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_{c3} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$; $\lambda_1 = 0,28 + 0,00023t$; $\lambda_2 = 0,7 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

Задача 3. Определить тепловые потери через 1 м длины трехслойной цилиндрической стенки и температуры на границе соприкосновения слоев если известно: $\delta_1 = 5 \text{ мм}$; $\delta_2 = \delta_3 = 50 \text{ мм}$; $\lambda_1 = 50 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; $\lambda_2 = 0,06 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; $\lambda_3 = 0,12 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; $t_{c1} = 250 \text{ }^\circ\text{C}$; $t_{c4} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$; $d = 100 \text{ мм}$.

Задача 4. Вычислить потери теплоты с 1 м неизолированного трубопровода диаметром $d_1/d_2 = 150/160 \text{ мм}$, проложенного на открытом воздухе, если внутри трубы протекает вода со средней температурой $t_{ж1} = 90 \text{ }^\circ\text{C}$ и температурой окружающего воздуха $t_{ж2} = -15 \text{ }^\circ\text{C}$. Для материала трубы $\lambda = 50 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; $\alpha_1 = 1000 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$; $\alpha_2 = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$. Определить также температуру на внешней и внутренней поверхностях трубы.

Задача 5. Определить время, необходимое для нагрева листа стали толщиной $2\delta = 24 \text{ мм}$, который имел начальную температуру $t_0 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, а затем помещён в печь с температурой $t_{ж} = 600 \text{ }^\circ\text{C}$. Нагрев считать законченным, когда температура листа достигнет значения $t = 450 \text{ }^\circ\text{C}$. Для стали: $\lambda = 45,4 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; $c_p = 0,502 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$; $\rho = 7800 \text{ кг}/\text{м}^3$; $\alpha = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$.

Задача 6. Длинный стальной вал диаметром $d = 2 r_0 = 120 \text{ мм}$, имеющий температуру $t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ помещён в печь с $t_{ж} = 820 \text{ }^\circ\text{C}$. Определить время нагрева вала до $t_{r=0} = 800 \text{ }^\circ\text{C}$. Определить также температуру на поверхности вала $t_{r=r_0}$ в конце нагрева. $\lambda = 21 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; $a = 6,11 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$; $\alpha = 140 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$.

Задача 7. Стальной параллелепипед размером $200 \times 400 \times 500 \text{ мм}$, имел начальную температуру $t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, затем был помещён в печь с температурой $t_{ж} = 1400 \text{ }^\circ\text{C}$. Определить температуру в центре слитка через $1,5$ часа после загрузки в печь. $\lambda = 37,2 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; $a = 6,94 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$; $\alpha = 168 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$.

Задача 8. Стальная цилиндрическая болванка диаметром 80 мм и длиной 160 мм была равномерно нагрета до $t_0 = 800 \text{ }^\circ\text{C}$. Болванка охлаждается на воздухе с $t_{ж} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$. Определить температуру в центре болванки и в середине торцевой поверхности через 30 мин после начала охлаждения. $\lambda = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; $a = 6,11 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$; $\alpha = 118 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$.

Задача 9. Определить коэффициент теплоотдачи от вертикальной плиты высотой $H = 2 \text{ м}$, к окружающему воздуху, если температура поверхности плиты $t_c = 100 \text{ }^\circ\text{C}$, температура окружающего воздуха вдали от поверхности $t_{ж} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Задача 10. Определить коэффициент теплоотдачи от поверхности труб, расположенных горизонтально в большом баке, к маслу, если диаметр труб $d = 20 \text{ мм}$, температура масла $t_{ж} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$, температура поверхности труб $t_c = 90 \text{ }^\circ\text{C}$. Расчёт можно производить как для одиночного цилиндра.

Задача 11. Определить эквивалентный коэффициент теплопроводности и плотность теплового потока через вертикальную щель толщиной $\delta = 20 \text{ мм}$, заполненную воздухом. Температура горячей стенки щели $t_{c1} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$ и холодной $t_{c2} = 80 \text{ }^\circ\text{C}$.

Задача 12. Определить значение коэффициента теплоотдачи и количество передаваемой теплоты за 1 с при течении воды в горизонтальной трубе диаметром

$d = 10$ мм и длиной $l = 1,2$ м, если средние по длине температура воды и стенки трубы равны соответственно $t_{ж} = 30$ °С и $t_c = 60$ °С, расход воды $G = 7 \cdot 10^{-3}$ кг/с.

Задача 13. Какой длины необходимо использовать трубу диаметром $d = 18$ мм для нагрева воды от $t_{ж}' = 5$ °С до $t_{ж}'' = 55$ °С, температура стенки трубы $t_c = 70$ °С, расход воды $G = 72$ кг/ч.

Задача 14. Определить коэффициент теплоотдачи от стенки трубы к охлаждающей воде, если температура стенки $t_c = 28$ °С, внутренний диаметр трубки $d = 16$ мм, $t_{ж}' = 10$ °С, $t_{ж}'' = 18$ °С, средняя скорость воды в трубке $w = 2$ м/с.

Задача 15. По трубке внутренним диаметром $d = 18$ мм движется вода со скоростью $w = 1,2$ м/с. Температура стенки трубки $t_c = 90$ °С, вода нагревается от $t_{ж}' = 15$ °С до $t_{ж}'' = 45$ °С. Определить коэффициент теплоотдачи от трубки к воде и плотность теплового потока. Принять, что $l > 50 d$.

Задача 16. Трубка диаметром $d = 20$ мм охлаждается потоком воды. Скорость потока $w = 1$ м/с. Средняя температура воды $t_{ж} = 10$ °С и температура стенки трубки $t_c = 50$ °С. Определить коэффициент теплоотдачи от поверхности трубки к охлаждающей воде.

Задача 17. Шахматный пучок труб обтекается поперечным потоком трансформаторного масла. Внешний диаметр труб $d = 20$ мм, скорость потока $w = 0,6$ м/с и $t_{ж} = 40$ °С. Температура стенки трубок $t_c = 90$ °С. Поток обтекает трубки под углом атаки $\varphi = 90$ °. Определить коэффициент теплоотдачи.

Задача 18. Коридорный пучок труб обтекается потоком трансформаторного масла. Внешний диаметр труб $d = 20$ мм, скорость потока $w = 0,6$ м/с и $t_{ж} = 40$ °С. Температура стенки трубок $t_c = 90$ °С. Поток обтекает трубки под углом атаки $\varphi = 90$ °. Определить коэффициент теплоотдачи.

Задача 19. Шахматный пучок труб обтекается поперечным потоком воды. Внешний диаметр труб $d = 20$ мм, скорость потока $w = 0,6$ м/с и $t_{ж} = 40$ °С. Температура стенки трубок $t_c = 90$ °С. Поток обтекает трубки под углом атаки $\varphi = 45$ °. Определить коэффициент теплоотдачи.

Задача 20. На наружной поверхности горизонтальной трубы диаметром $d = 20$ мм и длиной $l = 2$ м конденсируется сухой насыщенный водяной пар при давлении $P = 10^5$ Па. Температура поверхности трубы $t_c = 94,5$ °С. Определить средний коэффициент теплоотдачи от пара к трубе и количество конденсирующегося пара.

Задача 21. На наружной поверхности вертикальной трубы диаметром $d = 20$ мм и высотой $h = 2$ м конденсируется сухой насыщенный водяной пар при давлении $P = 10^5$ Па. Температура поверхности трубы $t_c = 94,5$ °С. Определить средний по высоте коэффициент теплоотдачи от пара к трубе и количество конденсирующегося пара.

Задача 22. Определить коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности трубки испарителя к кипящей воде, если плотность теплового потока через поверхность нагрева $q = 2 \cdot 10^5$ Вт/м², режим кипения пузырьковый и вода находится под давлением $P = 2 \cdot 10^5$ Па.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету с оценкой

1. Техническая термодинамика (основные понятия и определения): тепловое движение, передача энергии, термодинамические системы, рабочее тело, параметры состояния,

- давление, уравнение состояния.
2. Термодинамические процессы: равновесный, неравновесный, обратимый, необратимый. Термодинамический цикл.
 3. Газовые смеси.
 4. Первый закон термодинамики.
 5. Энтальпия, энтальпия теплоемкость.
 6. Термодинамические процессы идеальных газов и паров (изохорный, изобарный, изотермный, адиабатный, политропный).
 7. Второй закон термодинамики (термический КПД, цикл Карно термодинамическая температурная шкала). Цикл с обратимым и необратимым процессом.
 8. Эксергия.
 9. Основные понятия теории теплообмена (теплопередача или теплообмен, теплопроводность, конвекция, тепловое излучение, конвективный теплообмен).
 10. Температурное поле. Температурный градиент. Тепловой поток. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Коэффициент теплопроводности газов. Коэффициент теплопроводности жидкостей. Коэффициент теплопроводности твердых тел.
 11. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
 12. Условия однозначности для процессов теплопроводности.
 13. Передача теплоты через плоскую стенку ($q_v=0$). Граничные условия первого рода.
 14. Передача теплоты через плоскую стенку ($q_v=0$). Граничные условия третьего рода (теплопередача). Коэффициент теплопередачи, термическое сопротивление.
 15. Передача теплоты через плоскую стенку ($q_v=0$). Граничные условия второго и третьего рода.
 16. Передача теплоты через цилиндрическую стенку ($q_v=0$). Граничные условия первого рода.
 17. Передача теплоты через цилиндрическую стенку ($q_v=0$). Граничные условия третьего рода (теплопередача). Линейный коэффициент теплопередачи, линейное термическое сопротивление.
 18. Критический диаметр цилиндрической стенки.
 19. Топливо и его горение. Элементарный состав и технические характеристики (теплота сгорания, условное топливо).
 20. Виды органического топлива (детонация, горение).
 21. Процесс горения и его расчет.
 22. Коэффициент избытка воздуха.
 23. Котельные установки (котельная установка, котел).
 24. Топки.
 25. Котлы и их элементы. (прямоточный котел, пароперегреватель, экономайзер, воздухоподогреватель, обмуровка котла).
 26. Вспомогательные системы и устройства котельных установок.
 27. Промышленные печи. Классификация печей и режимов работы.
 28. Топливные печи.
 29. Электropечи.
 30. Тепловой баланс и элементы расчета печей.
 31. Системы теплоснабжения. Классификация и перспективы развития систем теплоснабжения.
 32. Типы систем теплоснабжения.

33. Расход теплоты в системах теплоснабжения. График расхода энергии.
34. Эффективность использования энергоресурсов.
35. Пути повышения эффективности систем теплоснабжения.
36. Оценка затрат на воспроизводство энергии.
37. Основы энерготехнологии. Энерготехнологические схемы использования топлив.
38. Комплексная переработка угля.
39. Вторичные энергоресурсы. Возможности использования вторичных энергоресурсов. Источники вторичных энергоресурсов. Утилизационные установки.
40. Использование низкопотенциальных вторичных энергоресурсов для производства холода.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет с оценкой проводится по билетам: для теоретической части каждый из них содержит 2 вопроса, для практической части одну стандартную задачу.

1. Оценка "Неудовлетворительно" ставится в случае, если студент не решил задачу или решил задачу, но не ответил на теоретические вопросы.

2. Оценка "Удовлетворительно" ставится в случае, если студент правильно решил задачу и верно ответил на один из теоретических вопросов.

3. Оценка "Хорошо" ставится в случае, если студент правильно решил задачу и верно ответил на один из теоретических вопросов, а на второй вопрос дал не полный ответ.

4. Оценка "Отлично" ставится, если студент правильно решил задачу и верно ответил на два теоретических вопроса.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	знать: основные законы термодинамики и теплообмена; принцип действия тепловых машин, построение рабочего цикла на диаграммах; кинетику процесса горения и особенности сжигания различных видов топлива; виды теплотехнического оборудования, а также условия и правила его эксплуатации.	ОПК-4	Устный опрос, контрольная работа, защита лабораторных работ
2	уметь: производить основные теплотехнические расчеты; производить выбор и расчет устройств теплотехнического оборудования; составлять материальный и тепловой баланс горения.	ОПК-4	Устный опрос, контрольная работа, защита лабораторных работ
3	владеть: теоретическими (расчетными) и экспериментальными методами интенсификации теплообмена в энергоустановках; навыками выбора и расчета энергопотребляющих устройств.	ОПК-4	Устный опрос, контрольная работа, защита лабораторных работ
4	знать методы поиска, критический анализ и синтез информации.	ОПК-4	Устный опрос, контрольная работа, защита лабораторных работ
5	уметь применять системный подход для	ОПК-4	Устный опрос, контрольная

	решения поставленных задач.		работа, защита лабораторных работ
6	владеть методами поиска и критического анализа информации, а так же системным подходом для решения поставленных задач.	ОПК-4	Устный опрос, контрольная работа, защита лабораторных работ.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Решение стандартной задачи осуществляется с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задачи 20 мин. Затем осуществляется проверка решения задачи и выдаётся билет на бумажном носителе с теоретическими вопросами. Время подготовки к ответу составляет 20 мин. Затем выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Трошин А.Ю. Теплотехника: учебн. пособие / А.Ю. Трошин. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2012. 246 с.

2. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Теплотехника» для студентов специальности 110302 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства» очной формы обучения. 129-2011 сост. А.Ю. Трошин.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Методические указания к выполнению лабораторных работ представлены на сайте: <http://www.vorstu.ru>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.

Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума.

Натурные лекционные демонстрации:

- Термодинамические диаграммы;
- Теплообменные аппараты;
- Холодильная установка.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО

ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Теплотехника» .

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета теплотехнического оборудования. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none">- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;- выполнение домашних заданий и расчетов;- работа над темами для самостоятельного изучения;- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;- подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой, зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.