

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Антрацитовский институт геосистем и технологий

Кафедра экономики и транспорта



УТВЕРЖДАЮ

Директор
Антрацитовского института
геосистем и технологий

доц. Крохмалёва Е.Г.

« 14 » 04 2023 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по учебной дисциплине

Теплотехника

Направление подготовки 23.03.01 Технология транспортных процессов

Профиль Организация перевозок и управление на
автомобильном транспорте

Разработчики:

доцент И.В. Савченко

старший преподаватель В.П. Лукьянова

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры экономики и транспорта

от « 14 » 04 20 23 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой
экономики и транспорта В.А. Артеменко

Антрацит 2023 г.

**Паспорт
фонда оценочных средств по учебной дисциплине
Теплотехника**

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля)

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Контролируемые темы учебной дисциплины	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ОПК-1	Способен применять естественнонаучны е и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	Тема 1. Основные понятия дисциплины «Теплотехника».	4
			Тема 2. Основные законы идеальных газов.	4
			Тема 3. Теплоемкость. Первый закон термодинамики.	4
			Тема 4. Термодинамические процессы изменения состояния идеального газа.	4
			Тема 5. Второй закон термодинамики.	4
			Тема 6. Термодинамические процессы в компрессорных машинах.	4
			Тема 7. Термодинамические циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС).	4
			Тема 8. Термодинамические циклы газотурбинных установок (ГТУ).	4
			Тема 9. Водяной пар.	4
			Тема 10. Циклы паросиловых установок.	4
			Тема 11. Истечение и дросселирование газов и паров.	4
			Тема 12. Циклы холодильных установок.	4
			Тема 13. Влажный воздух. Основные определения.	4
			Тема 14. Передача тепла теплопроводностью.	4
			Тема 15. Конвективный теплообмен.	4
			Тема 16. Лучистый теплообмен.	4
			Тема 17. Теплопередача и теплообменные аппараты.	4
			Тема 18. Топливо.	4

**Показатели и критерии оценивания компетенций,
описание шкал оценивания**

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Показатель оценивания (знания, умения, навыки)	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1	ОПК-1	<p>знать: способы применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности</p> <p>уметь: применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности</p> <p>владеть навыками: применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности</p>	<p>Тема 1. Тема 2. Тема 3. Тема 4. Тема 5. Тема 6. Тема 7. Тема 8. Тема 9. Тема 10. Тема 11. Тема 12. Тема 13. Тема 14. Тема 15. Тема 16. Тема 17. Тема 18.</p>	<p>опрос теоретического материала, выполнение практических работ, выполнение лабораторных работ</p>

Фонды оценочных средств по дисциплине «Теплотехника»

Опрос теоретического материала

Тема 1. Основные понятия дисциплины «Теплотехника».

1. Приведите пример преобразования электрической энергии в механическую.
2. Дайте определение технической термодинамики.
3. Дайте определение идеального газа.
4. Перечислите основные термодинамические параметры.
5. Переведите 100 кПа в МПа.
6. Перечислите приборы для измерения давления.
7. Дайте определение избыточного давления?
8. Переведите 120 °С в кельвины.
9. Что такое первая форма передачи энергии?
10. Дайте определение равновесного термодинамического состояния.
11. Приведите пример преобразования тепловой энергии в механическую.
12. Дайте определение теории теплопередачи.
13. Дайте определение реального газа.
14. Перечислите основные термодинамические параметры.
15. Переведите 10 бар в МПа.
16. Какое давление измеряют барометром?
17. Дайте определение абсолютного давления.
18. Переведите 400 К в градус Цельсия.
19. Что такое вторая форма передачи энергии?
20. Дайте определение обратимого процесса.

Тема 2. Основные законы идеальных газов.

1. Продолжите определение з. Бойля-Мариотта: «При постоянной температуре ...».
2. Продолжите определение з. Гей-Люссака: «При постоянном давлении ...».
3. Продолжите определение з. Шарля: «При постоянном объёме ...».
4. Дайте определение з. Авогадро.
5. Каков объём киломоля идеального газа?
6. Напишите термическое уравнение газа.
7. Напишите уравнение состояния для 1 кг идеального газа.
8. Указать з. Дальтона и з. Амага.
9. Какими долями может быть задан состав смеси газов. Напишите термическое уравнение состояния смеси идеальных газов.
10. Как определить газовую постоянную смеси газов?

Тема 3. Теплоемкость. Первый закон термодинамики.

1. Что называется теплоёмкостью и является ли она функцией состояния вещества?
2. Какие бывают теплоёмкости в зависимости от того, в каких единицах выражается количество вещества?

3. Почему теплоёмкость различных газов различна?
4. Что изображает площадь под кривой на pV -диаграмме?
5. Что такое Q и q . Единицы измерения.
6. Дать определение 1-го закона термодинамики.
7. Когда количество тепла считается положительным и когда отрицательным?
8. Чему равна разность между мольными теплоёмкостями при постоянном давлении и при постоянном объёме?
9. Какая функция называется энтропией? Единицы измерения
10. Что такое энтальпия? Каков её физический смысл? Единицы измерения
11. Дайте определение средней теплоёмкости.
12. Какие теплоёмкости больше: изохорные или изобарные и почему?
13. Объясните сущность внутренней энергии идеального и реального газов с молекулярной точки зрения.
14. Что изображает площадь под кривой на Ts -диаграмме?
15. Что такое L и l . Единицы измерения.
16. Запишите формулу Майера и дать ей объяснение?
17. Чему равно изменение внутренней энергии в круговом процессе?
18. Что такое k ?
19. Какая функция называется энтропией? Единицы измерения
20. Что такое энтальпия? Каков её физический смысл? Единицы измерения

Тема 4. Термодинамические процессы изменения состояния идеального газа.

1. Какие параметры увеличиваются при подводе теплоты в изохорном процессе?
2. Чему равна работа в изохорном процессе?
3. Почему в Ts – диаграмме логарифмическая кривая изобарного процесса более пологая, чем изохорная?
4. Какие параметры увеличиваются при подводе теплоты в изобарном процессе?
5. Чему равна работа в изотермическом процессе?
6. Какие параметры увеличиваются при подводе теплоты в изотермическом процессе?
7. Какой параметр не изменяется в адиабатном процессе?
8. Почему в pV – диаграмме логарифмическая кривая изотермического процесса более пологая, чем адиабатная?
9. Что постоянно в политропном процессе?
10. В каких пределах изменяется показатель политропы?

Тема 5. Второй закон термодинамики.

1. Какие тепловые машины называются тепловыми двигателями?
2. Какие термодинамические процессы называются прямым?
3. Чем определяется полезный эффект обратного цикла?
4. Что показывает термический КПД прямого цикла?
5. Почему эффективность реального цикла меньше теоретического?
6. Из каких процессов состоит прямой обратимый цикл Карно?
7. На что расходуется отводимая теплота в обратном цикле Карно?

8. От чего зависит термический КПД цикл Карно?
9. Укажите закон преобразования форм передачи энергии.
10. Укажите закон, показывающий условия преобразования форм передачи энергии.
11. Какие тепловые машины называются холодильными установками?
12. Какие термодинамические процессы называются обратными?
13. В чём заключается полезный эффект теплофикационного цикла?
14. Чем определяется полезный эффект прямого цикла?
15. Каков принцип работы теплового насоса?
16. Из каких процессов состоит обратный обратимый цикл Карно?
17. На что расходуется отводимая теплота в прямом цикле Карно?
18. Что влияет на увеличение термического КПД цикла Карно?
19. Укажите закон преобразования форм передачи энергии
20. Укажите закон, показывающий условия преобразования форм передачи энергии.

Тема 6. Термодинамические процессы в компрессорных машинах.

1. Назначение компрессоров.
2. Что такое объёмная подача компрессора?
3. Что такое степень сжатия компрессора?
4. Что является качественной характеристикой компрессора?
5. Из каких процессов состоит работа компрессора?
6. На что влияют условия теплообмена?
7. Какой процесс экономичней: изотермический или адиабатный?
8. Для чего применяют многоступенчатое сжатие?
9. Что такое объёмный коэффициент ступени?
10. Как определяется теоретическая работа компрессора в адиабатном процессе?
11. Что такое компрессор?
12. Что является количественной характеристикой компрессора?
13. Что такое степень повышения давления компрессора?
14. Что показывают термодинамические процессы?
15. Какой процесс экономичней: изотермический или политропный?
16. Из каких процессов состоит многоступенчатое сжатие?
17. Из-за чего ограничено увеличение ступеней в компрессоре?
18. Что такое коэффициент подачи?
19. Как определяется теоретическая работа компрессора в изотермическом процессе?
20. Как определяется число ступеней компрессора?

Тема 7. Термодинамические циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС).

1. Для чего предназначены ДВС?
2. Что является основным рабочим элементом в ДВС?
3. Что такое ход поршня и такт?
4. Как определяется полный объём цилиндра?
5. Что такое степень повышения давления?

6. При каком давлении происходит процесс всасывания и выталкивания?
7. Из каких процессов состоит цикл Отто?
8. Как определяется термический КПД идеального цикла Дизеля? От чего он зависит?
9. Из каких процессов состоит цикл Тринклера?
10. При одинаковых степенях сжатия, какой из циклов имеет больший термический КПД? Изобразить циклы в TS -диаграмме.
11. Что является рабочим телом в ДВС?
12. Что такое мёртвые точки ДВС?
13. Чему равен рабочий объём цилиндра?
14. Что такое степень сжатия?
15. Что такое степень предварительного расширения?
16. Почему процесс ДВС является необратимым?
17. Как определяется термический КПД идеального цикла Отто? От чего он зависит?
18. Из каких процессов состоит цикл Дизеля?
19. Как определяется термический КПД идеального цикла Дизеля? От чего он зависит?
20. При одинаковых максимальных температурах и давлениях, какой из циклов имеет больший термический КПД? Изобразить циклы в TS -диаграмме.

Тема 8. Термодинамические циклы газотурбинных установок (ГТУ).

1. Какие устройства называются ГТУ?
2. Что является рабочим телом в ГТУ?
3. Какие виды энергии преобразуются в турбине?
4. Что лежит в основе классификации ГТУ?
5. Изобразите цикл ГТУ с изобарным подводом теплоты в pV - диаграмме.
6. Изобразите цикл ГТУ с изобарным подводом теплоты в Ts –диаграмме.
7. За счёт чего возможно повысить термический КПД ГТУ с изобарным подводом теплоты?
8. Что такое рекуперация?
9. Какой конструктивной особенностью отличаются турбины работающие при $p = \text{const}$ и $v = \text{const}$.
10. Поясните в какой турбине работающей при $v = \text{const}$ и $p = \text{const}$ процесс происходит непрерывно, а в какой периодически. Почему?

Тема 9. Водяной пар.

1. Что называется фазовым переходом?
2. Как называется переход из жидкой фазы в газообразную?
3. Что такое упругость насыщенного пара?
4. Какой пар называется влажным насыщенным?
5. Что такое кипение?
6. В каких единицах измеряется степень сухости пара?
7. Что показывают пограничные кривые?
8. Какой пар находится выше кривой $x = 1$?
9. Какой процесс происходит между кривыми $x = 0$ и $x = 1$?
10. Как изменяется давление при адиабатном расширении пара?

11. Как называется переход из газообразной фазы в жидкую?
12. Что такое испарение?
13. Чем сопровождается процесс испарения без подвода теплоты?
14. Какой пар называется насыщенным?
15. Какой пар называется сухим насыщенным?
16. В каких единицах измеряется степень влажности пара?
17. Что показывает критическая точка?
18. Почему до кривой $x = 1$ изобара совпадает с изотермой?
19. Как изменяется температура при адиабатном расширении пара?
20. Что такое скрытая теплота парообразования?

Тема 10. Циклы паросиловых установок.

1. Из каких процессов состоит цикл Карно для насыщенного пара?
2. Из каких процессов состоит цикл Ренкина для сухого насыщенного пара?
3. В каких процессах подводится теплота в цикле Ренкина для перегретого пара?
4. Что характеризует удельный расход пара?
5. Какие применяются методы повышения термодинамической эффективности паровых установок?
6. Какие применяются способы повышения термодинамической эффективности паровых установок?
7. Что такое регенерация?
8. Какой параметр характеризует теплофикационный цикл?
9. За счёт чего увеличивается эффективность использования теплоты в комбинированных циклах?
10. От чего зависит термический КПД цикла атомной электростанции?

Тема 11. Истечение и дросселирование газов и паров.

1. Какие допущения принимаются при термодинамическом анализе потока?
2. Напишите условие неразрывности (сплошности) потока.
3. На что расходуется удельная теплота, которая подводится (или отводится) к потоку вещества?
4. Что такое истечение? Что входит в задачу термодинамического анализа истечения?
5. Что такое удельный располагаемый теплоперепад?
6. Какой параметр уменьшается в сопле Лаваля, а какой увеличивается?
7. Из каких условий выбирается угол конусности сопла Лаваля?
8. Что такое дросселирование?
9. Что такое дроссель-эффект?
10. При каком термодинамическом процессе происходит дросселирование?

Тема 12. Циклы холодильных установок.

1. Что является рабочим телом для холодильных установок?
2. Что такое холодильная машина?
3. Опишите холодильный цикл.
4. Что такое криоагент?
5. Что такое холодильный коэффициент?

6. Что выгоднее воздушные или паровые ХУ?
7. Что такое коэффициент использования теплоты?
8. Из каких процессов состоит теоретический цикл паровой компрессорной ХУ?
9. Что такое тепловой насос?
10. Что такое коэффициент преобразования теплоты?

Тема 13. Влажный воздух. Основные определения.

1. Что такое влажный воздух? Что такое температура точки росы?
2. Что такое насыщенный воздух?
3. Что такое ненасыщенный воздух?
4. Что такое пересыщенный воздух?
5. Что такое массовое влагосодержание? От чего зависит парциальное давление водяного пара?
6. Что такое абсолютная влажность воздуха? Что такое относительная влажность воздуха?
7. Что такое степень насыщения воздуха? Что такое плотность влажного воздуха?
8. Что такое удельная теплоёмкость влажного воздуха?
9. Что такое удельная энтальпия влажного воздуха? Что такое средняя молекулярная масса влажного воздуха?
10. Что показывают линии тепловлажностного отношения?

Тема 14. Передача тепла теплопроводностью.

1. Что такое теплопередача?
2. Что рассматривается в теории теплопередачи?
3. Что такое теплопроводность?
4. Что такое стационарный тепловой режим?
5. Дайте определение температурного поля.
6. Какая поверхность называется изотермической?
7. Что такое температурный градиент?
8. Что такое плотность теплового потока?
9. Что такое коэффициент теплопроводности?
10. От чего зависит термическое сопротивление стенки?

Тема 15. Конвективный теплообмен.

1. Что такое конвекция?
2. Какая конвекция называется свободной?
3. Что такое теплоотдача?
4. Назовите режимы движения жидкости?
5. Где образуется тепловой пограничный слой?
6. Чему равен коэффициент теплоотдачи?
7. Что такое критерий подобия?
8. Назовите первую теорему подобия.
9. Назовите вторую теорему подобия.
10. Назовите третью теорему подобия.

Тема 16. Лучистый теплообмен.

1. Напишите уравнение теплового баланса.
2. Какое тело называют абсолютно чёрным?
3. При каком условии поверхность тела называют зеркальной?
4. Дайте определение закона Планка.
5. Дайте определение закона смещения Вина.
6. Дайте определение закона Стефана-Больцмана.
7. Что такое степень черноты тела?
8. Дайте определение закона Ламберта.
9. Дайте определение закона Кирхгофа.
10. Для уменьшения тепловых потерь необходимо уменьшить или увеличить степень черноты тела?

Тема 17. Теплопередача и теплообменные аппараты.

1. Что такое тепловая изоляция?
2. Что такое критический диаметр теплоизоляции?
3. Назначение тепловой изоляции?
4. Для чего применяется ребрение поверхности?
5. Что является теплоносителем в теплообменном аппарате?
6. Как протекает теплоноситель в прямоточном теплообменном аппарате?
7. При загрязнении стенок труб коэффициент теплопроводности увеличивается или уменьшается?
8. Укажите задачи теплового расчёта.
9. Где применяются теплообменные аппараты с внутренним тепловыделением?
10. От чего зависит тепловой эквивалент потока?

Тема 18. Топливо.

1. Какие используются виды топлива и как они классифицируются?
2. Укажите химический состав топлива: сухой, горючей и органической массы.
3. Что такое высшая и низшая теплотворность топлива и чем они отличаются?
4. Что такое «условное топливо» и чему равна его теплотворность?
5. Какие достоинства, недостатки и применение основных видов твёрдого топлива?
6. Как получают искусственный жидкий вид топлива?
7. Какие существуют виды газообразного топлива? Где их применяют?
8. Какими методами и для чего производится переработка твёрдого топлива?
9. Какие используются способы сжигания топлива?
10. Как происходит колосниковый способ сжигания топлива?
11. Какие особенности факельного и вихревого способов сжигания топлива?
12. В чём заключаются особенности полного и неполного способа сжигания топлива?
13. Что характеризует коэффициент избытка воздуха?
14. Какие элементы входят в состав продуктов сгорания?
15. Что характеризует температура горения?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству собеседование (устный/письменный опрос)

Шкала оценивания	Критерий оценивания
отлично (5)	Ответ полный и правильный на основании изученного материала. Выдвинутые положения аргументированы и иллюстрированы примерами. Материал изложен в определенной логической последовательности, с использованием научных терминов; ответ самостоятельный. Обучающийся уверенно отвечает на дополнительные вопросы.
хорошо (4)	Ответ полный и правильный, подтвержден примерами; но их обоснование не аргументировано. Материал изложен в определенной логической последовательности, при этом допущены 2-3 несущественные погрешности, исправленные по требованию экзаменатора. Материал изложен осознанно, самостоятельно, с использованием научных терминов. Обучающийся испытывает незначительные трудности в ответах на дополнительные вопросы.
удовлетворительно (3)	Ответ недостаточно логически выстроен, самостоятелен. Основные понятия употреблены правильно, но обнаруживается недостаточное раскрытие теоретического материала. Выдвигаемые положения недостаточно аргументированы и не подтверждены примерами; ответ носит преимущественно описательный характер. Научная терминология используется недостаточно. Обучающийся испытывает достаточные трудности в ответах на вопросы.
неудовлетворительно (2)	Ответ недостаточно логически выстроен, самостоятелен. Основные понятия употреблены неправильно, обнаруживается недостаточное раскрытие теоретического материала. Выдвигаемые положения недостаточно аргументированы и не подтверждены примерами; Научная терминология используется недостаточно. Обучающийся испытывает достаточные трудности в ответах на вопросы.

Практические работы

Практическая работа № 1. Определение теплоемкости жидкости и газов.

Сравните истинную при 100 °С и среднюю в интервале 100-1000 °С массовую изобарную теплоемкость воздуха, принимая зависимость теплоемкости от температуры линейной, согласно таблице 3В приложения В.

Определить количество тепла, которое должно быть отведено при постоянном объеме от углекислого газа (СО₂), занимающего при нормальных условиях объем 20 м³, для понижения его температуры от 400 до 200 °С.

Масса воздуха состоит из 23,2 % кислорода и 76,8 % азота. Определить: среднюю молекулярную массу и газовую постоянную воздуха; среднюю теплоемкость воздуха при постоянном давлении (массовую, объемную и мольную) в интервале температур 0 – 100 °С; объемные доли и парциальные давления компонентов при давлении воздуха 0,1 МПа (1,02 кгс/см²).

Практическая работа № 2. Изменения параметров состояния идеального газа в термодинамических процессах.

Смесь, состоящая из m_1 килограммов азота и m_2 килограммов водорода, при начальных параметрах: давлении $p_1 = 5$ МПа и температуре $t_1 = 27$ °С, расширяется при постоянном давлении до объема $V_2 = \rho V_1$; затем смесь расширяется в процессе $pV^n = \text{const}$ до объема $V_3 = \delta V_2$. Определить газовую постоянную смеси, ее начальный объем V_1 , плотность при нормальных условиях, параметры смеси в состояниях 2 и 3, изменение внутренней энергии, энтальпии, энтропии, тепло и работу расширения в процессах 1-2 и 2-3. Показать процессы в pV - и Ts -диаграммах, на которые нанести изотерму и адиабату расширения, проходящие через точку 2. Указание: Теплоемкости газов N_2 и H_2 принять не зависящими от температуры.

Воздух массой $m = 2$ кг сжимается по политропе ($n = 1,3$) с уменьшением объема в 5 раз. Определить выполненную работу и количество теплоты в процессе, а также изменения калорических параметров воздуха, если $t_1 = 17$ °С и $p_1 = 0,2$ МПа. Изобразить схему энергетического баланса и графики в pV - и Ts -координатах этого процесса. Теплоемкость воздуха считать постоянной.

Практическая работа № 3. Термодинамические процессы в компрессорных машинах.

Воздух $m = 10$ кг, параметры которого $p_1 = 1,2$ бар, $t_1 = 30$ °С, сжимается в компрессоре, причем объем уменьшается в 2,5 раза. Найти начальные и конечные параметры, количество тепла в процессе, работу и изменение внутренней энергии, если сжатие происходит: 1) изотермически; 2) по адиабате; 3) по политропе $n = 1,2$.

Практическая работа № 4. Термодинамические циклы в двигателях внутреннего сгорания.

Рассчитать цикл двигателя со смешанным подводом тепла, для которого дано: $p_1 = 1$ бар, $t_1 = 27$ °С; $\varepsilon = 12$, $\lambda = 1,4$, $\rho = 1,5$. В качестве рабочего тела принять воздух. Расчет произвести при $k = 1,4 = \text{const}$.

Практическая работа № 5. Термодинамические циклы в газо-турбинных установках.

Начальные параметры воздуха в цикле ГТУ с изохорным подводом теплоты 0,09 МПа и 20 °С. Степень повышения давления в компрессоре 5. Максимальная температура в цикле 1000 °С. Определить давления и температуры в характерных точках цикла, подводимую и отводимую теплоту, термический КПД. Определить, как изменится термический КПД, если изохорный подвод теплоты заменить изобарным.

Для теоретического цикла ГТУ с подводом тепла при постоянном давлении определить параметры рабочего тела (воздуха) в характерных точках цикла, подведенное и отведенное тепло, работу и термический к.п.д. цикла, если начальное давление $p_1 = 0,1$ МПа, начальная температура $t_1 = 27$ °С, степень повышения давления в компрессоре π , температура газа перед турбиной t_3 . Определить теоретическую мощность ГТУ при заданном расходе воздуха G . Дать схему и цикл установки в p - v - и T - s -диаграммах. Указание. Теплоемкость воздуха принять не зависящей от температуры.

Практическая работа № 6. Определение параметров состояния водяного пара, в различных термодинамических процессах.

1 кг пара расширяется по адиабате от начальных параметров состояния $p_1 = 30$ бар, $t_1 = 300$ °С до $p_2 = 0,5$ бар. Найти значения i_1 , v_1 , v_2 , x_2 и работу пара в процессе. Решение задачи с помощью i - s -диаграммы является наиболее быстрым и в то же время достаточно точным. Приведённый рисунок представляет собой соответствующие участки этой диаграммы.

Практическая работа № 7. Циклы паросиловых установок.

Определить изменение термического КПД и полезной работы 1 кг пара в цикле паросиловой установки с введением вторичного перегрева пара. Начальные параметры пара в цикле: $p_1 = 3,5$ МПа, $t_1 = 450$ °С и $p_2 = 4,0$ кПа. Вторичный перегрев пара производится при давлении 0,5 МПа до температуры 430 °С. Работу насоса не учитывать.

Определить термический КПД основного цикла паросиловой установки (цикла Ренкина), а также удельный и часовой расходы пара, если паровая турбина мощностью $N = 50$ тыс. кВт работает при следующих начальных параметрах пара: $p_1 = 9$ МПа, $t = 500$ °С, а давление в конденсаторе $p_2 = 0,004$ МПа.

Практическая работа № 8. Циклы холодильных установок.

Определить коэффициент преобразования теплового насоса, работающего на фреоне-12 в пределах температур от +10 до +50 °С, если степень сухости пара в точке 1 цикла 1-2-3-4'-1 равна 0,88.

В холодильной установке с аммиачным компрессором пар аммиака поступает в компрессор при $t_{н1} = -20$ °С и степени сухости $x_1 = 1,0$. Температура жидкого аммиака после конденсатора соответствует температуре кипения аммиака при давлении p_2 после компрессора и равна $t_2 = +25$ °С. После адиабатного сжатия в компрессоре энтальпия перегретого пара аммиака $i_2 = 453$ ккал/кг. [определение по

Ts -диаграмме для аммиака], часовая холодопроизводительность установки $Q_2 = 5 \cdot 10^4$ ккал/ч = 209,34 кДж/ч. Определить удельную холодопроизводительность q_2 ; количество холодильного агента G , пропускаемого через установку за час; теоретический холодильный коэффициент ε ; теоретическую мощность компрессора N ; степень сухости пара после регулирующего вентиля x_4 .

Пар фреона-12 при температуре t_1 поступает в компрессор, где изоэнтропно сжимается до давления, при котором его температура становится равной t_2 , а сухость пара $x_2 = 1$. Из компрессора фреон поступает в конденсатор, где при постоянном давлении обращается в жидкость, после чего адиабатно расширяется в дросселе до температуры $t_4 = t_1$. Определить холодильный коэффициент установки, массовый расход фреона, а также теоретическую мощность привода компрессора, если холодопроизводительность установки Q . Изобразить схему установки и ее цикл в Ts - и is -диаграммах. Указание. Задачу решить при помощи таблиц параметров насыщенного пара фреона-12 (табл. 2Д, приложение Д).

Практическая работа № 9. Определение параметров состояния влажного воздуха.

В сушильной установке используется влажный воздух с $\varphi = 50\%$ и $t_1 = 30^\circ\text{C}$. В калорифере растет температура воздуха до $t_2 = 90^\circ\text{C}$, а в сушильной камере относительная влажность до 100% . Определить количество воздуха, необходимого для испарения 1 кг влаги, и количество тепла, затрачиваемого в установке на 1 кг испаряемой влаги.

В смесительную камеру поступают два потока влажного воздуха: первый – с массовым расходом $m_1 = 0,3$ кг/с, температурой $t_1 = 35^\circ\text{C}$ и относительной влажностью $\varphi_1 = 45\%$; второй - с массовым расходом $m_2 = 0,5$ кг/с, температурой $t_2 = 45^\circ\text{C}$ и относительной влажностью $\varphi_2 = 85\%$. Определить влагосодержание, энтальпию и температуру смеси.

Парциальное давление пара во влажном воздухе $p_n = 0,1$ бар. Температура и давление влажного воздуха $t = 70^\circ\text{C}$ и $p = 1,0$ бар. Определить состояние пара и влажного воздуха, температуру точки росы, парциальное давление сухого воздуха, абсолютную и относительную влажность воздуха. Определить также плотность, среднюю молекулярную массу, газовую постоянную, влагосодержание и энтальпию влажного воздуха.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству практическая работа

Шкала оценивания	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент правильно выполнил задание. Показал отличные владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы на защите.
хорошо (4)	Студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хорошие владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов на защите.
удовлетворительно (3)	Студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено много неточностей.
неудовлетворительно (2)	При выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено множество неточностей.

Лабораторные работы

Лабораторная работа № 1. Теплотехнические измерения.

Давление в котле по манометру составляет 0,4 атм при показании барометра $p_{\text{атм}} = 780$ мм рт. ст. Определить абсолютное давление в котле.

Разрежение в конденсаторе паровой турбины составляет $p_{\text{вак}} = 0,95$ бар при атмосферном давлении $p_{\text{атм}} = 745$ мм рт. ст. Определить абсолютное давление в конденсаторе.

Лабораторная работа № 2. Определение показателей поршневого компрессора.

Для лабораторных экспериментов необходимо иметь G килограммов в секунду воздуха при параметрах p_k и $t_k = t_1$, где t_1 – температура окружающей среды. Рассчитать многоступенчатый поршневой компрессор (без учета трения и вредного пространства); определить количество ступеней компрессора, степень повышения давления в каждой ступени, количество тепла, отведенное от воздуха в цилиндрах компрессора и в промежуточных и конечном холодильниках (при охлаждении до t_1), и мощность привода, если давление воздуха на входе в первую ступень компрессора $p_1 = 0,1$ МПа и температура $t_1 = 27^\circ\text{C}$. Указание. При расчете по допустимым Δt , как правило, получается число ступеней, не равное целому числу (например, 1,3; 2,6; 3,5), поэтому нужно принимать целое число (например, 2, 3, 4) и для Δt , соответствующего целому числу ступеней, проводить все расчеты.

Лабораторная работа № 3. Исследования одностороннего нагрева плоской стенки.

Стены сушильной камеры выполнены из слоя красного кирпича толщиной $\delta_1 = 250$ мм с коэффициентом теплопроводности $\lambda_1 = 0,7$ Вт/(м·К) и слоя строительного войлока с коэффициентом теплопроводности $\lambda_2 = 0,0405$ Вт/(м·К). Температура внешней поверхности кирпичного слоя $t_{\text{ст1}} = 110$ °С, а внешней поверхности войлочного слоя $t_{\text{ст3}} = 25$ °С. Определить температуру плоскости соприкосновения слоев $t_{\text{ст2}}$ и толщину войлочного слоя δ_2 при условии, что тепловые потери в стенке камеры не превышают $q = 110$ Вт/м².

Лабораторная работа № 4. Нагрев термически тонкого тела при передаче теплоты к поверхности излучением.

Трубопровод диаметром 120 мм проложен в канале размером 400 x 400 мм². Определить потерю теплоты излучением с 1 м трубопровода, если температура поверхности его изоляции 127 °С, а внутренней поверхности кирпичной кладки канала 27 °С. Степени черноты поверхностей принять одинаковыми и равными 0,93.

Определить температуру провода электронагревателя, если его диаметр и длина соответственно равны $d = 0,5$ мм и $l = 2,5$ м. Степень черноты поверхности провода $\varepsilon = 0,9$, а температура ограждающей арматуры 15 °С. Мощность, потребляемая нагревателем, равна 0,4 кВт. Конвективным теплообменом пренебречь.

Лабораторная работа № 5. Исследование регулярного теплового режима.

Рассчитать пароводяной подогреватель (рис. 4.2) для следующих условий: тепловая мощность (тепловой поток) $Q = 6,0$ МВт (5,16 Гкал/ч). Расположение труб - горизонтальное; число рядов $n = 14$. Температура входа воды $t'_{ж2} = 60$ °С, выхода воды $t''_{ж2} = 100$ °С. Давление греющего пара $p = 1,8$ бар, степень сухости $x = 0,98$; диаметр труб: внутренний $d_1 = 16$ мм, наружный $d_2 = 18$ мм; материал труб латунь. Скорость движения воды в трубах $\omega = 1,2$ м/с.

Лабораторная работа № 6. Определения теплового баланса нагревательного прибора.

Определить поверхность нагрева рекуперативного водовоздушного теплообменника при прямоточной и противоточной схемах движения теплоносителей, если объемный расход воздуха при нормальных условиях V_n , средний коэффициент теплопередачи от воздуха к воде K , начальные и конечные температуры воздуха и воды равны соответственно t_1', t_1'', t_2', t_2'' . Определить также расход воды G через теплообменник. Изобразить графики изменения температур теплоносителей для обеих схем при различных соотношениях их условных эквивалентов.

Рассчитать трубчатый регенератор (воздушный подогреватель) с противотоком при продольном обтекании труб. Стальные трубы диаметром $\frac{d_2}{d_1} = \frac{20}{18}$ мм; расстояния между трубами: $a = 30$ мм, $b = 34$ мм; расход воздуха (он движется внутри труб) $m_b = 54$ кг/с, давление $p_b = 4$ бар, $t'_b = 180$ °С и $t''_b = 340$ °С. Расход продуктов горения (газа), обтекающих трубы, $m_r = 50$ кг/с, $t'_r = 430$ °С, давление $p_r = 1,1$ бар. Состав газа средний (доля трёхатомных газов – 20%). Средняя скорость газа $\omega_r = 17$ м/с, воздуха $\omega_b = 22$ м/с.

Лабораторная работа № 7. Определение коэффициента теплопередачи теплообменника.

По стальной трубе, внутренний и внешний диаметр которой соответственно d_1 и d_2 , а коэффициент теплопроводности $\lambda = 40$ Вт/(м·К), течет газ со средней температурой t_r , коэффициент теплоотдачи от газа к стенке α_1 . Снаружи труба охлаждается водой со средней температурой t_b ; коэффициент теплоотдачи от стенки к воде α_2 . Определить коэффициент теплопередачи K от газа к воде, тепловой поток на 1 м длины трубы q_1 и температуры поверхностей трубы. Определить температуру внешней поверхности трубы q_2 , если она покрылась слоем накипи толщиной $\delta = 2$ мм, коэффициент теплопроводности которой $\lambda_2 = 0,8$ Вт/(м·К) (при $\alpha_2 = \text{const}$).

Лабораторная работа № 8. Определение теплоты сгорания топлив.

Определить теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 м³ газа, состав которого: $\text{CO}_2 = 0,1$ %; $\text{CH}_4 = 97,9$ %, $\text{C}_2\text{H}_6 = 0,5$ %; $\text{C}_3\text{H}_8 = 0,2$ %; $\text{C}_4\text{H}_{10} = 0,1$ %; $\text{N}_2 = 1,3$ %.

В топке парового котла со слоевым сжиганием топлива на цепной решётке расходуется 6500 кг/ч топлива с теплотой сгорания $Q_p = 10700$ кДж/кг. Определить активную площадь цепной решётки и объём

топочной камеры, если допустимое тепловое напряжение зеркала горения $Q/R = 4,19 \cdot 10^6$ кДж/(м²·ч), а напряжение топочного пространства $Q/V_T = 1,050 \cdot 10^6$ кДж/(м³·ч)/

Лабораторная работа № 9. Нагрев термически массивного тела в печи.

Определить время нагрева металла до конечной температуры поверхности при допустимой конечной разности температур по сечению и величину допустимой плотности теплового потока к поверхности согласно заданной схеме.

Установить вид граничного условия на каждом отдельном этапе нагрева.

Распределение температуры в металле по ходу нагрева и время, необходимое для нагрева до заданной температуры в каждом отдельном периоде.

Полное время пребывания металла в печи.

Основой расчета нагрева массивных тел являются решения задач теплопроводности при различных граничных условиях. Учесть распространение тепла внутри нагреваемого металла и условия воздействия греющей среды на поверхность металла с изменением температуры.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству лабораторная работа

Шкала оценивания	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент правильно выполнил задание. Показал отличные владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы на защите.
хорошо (4)	Студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хорошие владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов на защите.
удовлетворительно (3)	Студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено много неточностей.
неудовлетворительно (2)	При выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы на защите было допущено множество неточностей.

Оценочные средства для промежуточной аттестации.

Вопросы к дифференцированному зачёту

1. Основные понятия и определения дисциплины «Теплотехника». Преобразование тепловой энергии в механическую. Закон сохранения энергии. История развития «Теплотехники» как науки.
2. Идеальные и реальные рабочие тела.
3. Основные параметры рабочего тела: удельный объем, плотность, удельный вес, давление, температура.
4. Основные понятия о термодинамических процессах и их характеристики. Количество тепла, внутренняя энергия, работа.
5. Закон Бойля-Мариотта.
6. Закон Гей-Люссака.
7. Закон Шарля.
8. Закон Авогадро.
9. Уравнение состояния идеального и реального газов.
10. Основные понятия о газовых смесях.
11. Способы задания газовых смесей.
12. Уравнение состояния смеси идеальных газов.
13. Средняя и истинная теплоемкость газов.
14. Удельная теплоемкость газов.
15. Теплоемкость при постоянном объеме и давлении.
16. Теплоемкость газовой смеси.
17. Изменение параметров при термодинамическом процессе: внутренней энергии, количества теплоты, работы.
18. Первый закон термодинамики. Следствие из первого закона.
19. Понятие об энтропии.
20. Энтальпия.
21. Основные понятия о термодинамических процессах.
22. Изохорный процесс изменения состояния идеального газа.
23. Изобарный процесс изменения состояния идеального газа.
24. Изотермический процесс изменения состояния идеального газа.
25. Адиабатный процесс изменения состояния идеального газа.
26. Политропный процесс. изменения состояния идеального газа
27. Анализ политропных процессов изменения состояния идеального газа.
28. Классификация и общая характеристика циклов.
29. Прямой обратимый цикл Карно.
30. Обратный обратимый цикл Карно.
31. Сущность и формулировка второго закона термодинамики.
32. Назначение и классификация компрессоров.
33. Принцип действия компрессоров.
34. Изотермический процесс сжатия идеального газа в компрессоре.
35. Адиабатный процесс сжатия идеального газа в компрессоре.
36. Политропный процесс сжатия идеального газа в компрессоре.
37. Действительный рабочий процесс поршневого компрессора.
38. Многоступенчатое сжатие.

39. Мощность и КПД компрессора.
40. Ротационные компрессоры.
41. Турбокомпрессоры.
42. Устройство, принцип работы ДВС.
43. Характеристики ДВС: степень сжатия, степень повышения давления, степень предварительного расширения.
44. Классификация ДВС.
45. Цикл ДВС с подводом теплоты при $V = \text{const}$ (цикл Отто).
46. Цикл ДВС с подводом теплоты при $p = \text{const}$ (цикл Дизеля).
47. Цикл ДВС с подводом теплоты при $V = \text{const}$ и $p = \text{const}$ (цикл Тринклера).
48. Сравнение циклов поршневых двигателей при одинаковых степенях сжатия.
49. Сравнение циклов поршневых двигателей при одинаковых максимальных температурах и давлениях.
50. Сравнение циклов поршневых двигателей оценка экономичности реальных двигателей.
51. Основные понятия и определения о ГТУ: применение, достоинства и недостатки; устройство.
52. Циклы ГТУ с подводом теплоты при $p = \text{const}$: цикл ГТУ в pV - и TS -диаграммах; термический КПД цикла; пути повышения экономичности ГТУ.
53. Цикл ГТУ с подводом теплоты $V = \text{const}$: принципиальная схема ГТУ; цикл ГТУ в pV - и TS - диаграммах; термический КПД цикла.
54. Сравнение экономичности циклов ГТУ при $p = \text{const}$ и $V = \text{const}$.
55. Процесс парообразования: испарение; кипение; паросодержание насыщенного пара; перегретый пар.
56. Пограничные кривые жидкости и пара. Критические точки.
57. Диаграммы TS , iS водяного пара.
58. Вычисление параметров водяного пара: вода; сухой насыщенный пар; влажный насыщенный пар; перегретый пар.
59. Процессы изменения состояния водяного пара в TS - и iS диаграммах.
60. Цикл Карно для насыщенного пара.
61. Цикл Ренкина.
62. Термодинамическая эффективность паросиловой установки и пути её повышения: повышение начального давления; перегрев пара; понижение давления конденсации.
63. Способы повышения тепловой эффективности паросиловых установок:
64. Регенеративный цикл;
65. Цикл со вторичным перегревом;
66. Теплофикационный цикл.
67. Особенности циклов атомных электростанций.
68. Основные понятия и определения о истечении и дросселировании газов и паров.
69. Уравнение первого закона термодинамики для потока вещества при дросселировании.
70. Истечение через сужающееся сопло.
71. Скорость истечения идеального газа; секундный расход газа; профиль сопла; сопло Лаваля и его характеристики.

72. Необратимое адиабатное расширение.
73. Дросселирование газов и паров.
74. Рабочие тела холодильных установок.
75. Общие понятия о холодильных машинах.
76. Цикл воздушной компрессорной холодильной установки.
77. Цикл паровой компрессорной холодильной установки.
78. Цикл абсорбционной холодильной установки.
79. Цикл теплового насоса.
80. Понятие о цикле глубокого холода.
81. Применение TS- диаграммы в инженерной практике.
82. Основные определения. Параметры влажного воздуха: физические свойства влажного воздуха.
83. Характеристики состояния влажного воздуха.
84. Массовое влагосодержание.
85. Влагосодержание насыщенного воздуха.
86. Абсолютная влажность.
87. Относительная влажность.
88. Степень насыщения.
89. Плотность влажного воздуха.
90. Удельная теплоемкость влажного воздуха.
91. Удельная энтальпия.
92. Средняя (кажущаяся) молекулярная масса.
93. Диаграмма $i-d$ влажного воздуха.
94. Перегрев влажного воздуха.
95. Охлаждение влажного воздуха.
96. Смешивание влажного воздуха.
97. Сушка.
98. Основные понятия и определения теплопередачи.
99. Температурное поле.
100. Температурный градиент.
101. Закон Фурье.
102. Передача тепла через плоскую однослойную стенку.
103. Передача тепла через плоскую многослойную стенку.
104. Передача тепла через цилиндрическую стенку.
105. Основные понятия и определения конвективного теплообмена.
106. Уравнение конвективного теплообмена.
107. Основы теории подобия.
108. Конвективный теплообмен при свободной и вынужденной конвекции.
109. Конвективный теплообмен при кипении и конденсации.
110. Закон Планка.
111. Закон смещения Вина.
112. Закон Стефана-Больцмана.
113. Закон Ламберта.
114. Закон Кирхгофа.
115. Лучистый теплообмен между параллельными телами.
116. Лучистый теплообмен между телами произвольной формы.
117. Сложный теплообмен.

118. Понятие о теплопередаче.
119. Теплопередача через плоскую стенку.
120. Теплопередача через цилиндрическую стенку.
121. Критический диаметр изоляции.
122. Интенсификация теплопередачи: теплопередача через ребристую стенку.
122. Классификация теплообменных аппаратов.
123. Влияние загрязнения стенки на передачу теплоты.
124. Уравнение теплового баланса теплообменных аппаратов.
125. Уравнение теплопередачи теплообменных аппаратов.
126. Средний температурный напор теплообменных аппаратов.
127. Коэффициент теплопередачи в аппарате и средняя плотность теплового потока.
128. Виды топлива.
129. Состав топлива.
130. Кокс и летучие вещества.
131. Зола и шлаки.
132. Теплота сгорания топлива.
133. Зависимость между органическим составом топлива, выходом горючих летучих и теплотой сгорания различных видов топлива.

Задачи к дифференцированному зачёту

1. Вследствие адиабатного сжатия воздуха его температура повышается с 30°C до 310°C , при этом затрачена работа 160 кДж. Определить массу сжимаемого воздуха, считая его теплоемкость постоянной.
2. При изотермическом сжатии водорода его объем уменьшается в восемь раз. Масса газа $m = 5$ кг. Определить теплоту, отводимую от газа, если его температура в процессе $t = 127^{\circ}\text{C}$.
3. Психрометр показывает $t_{\text{вл}} = 30^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{сух}} = 35^{\circ}\text{C}$. Определить параметры воздуха.
4. В изотермическом процессе окись азота NO расширяясь от $v_1 = 0,6$ м³/кг, совершает работу $\ell = 300$ кДж/кг. Определить начальное и конечное давление газа, если его температура в процессе $t = 27^{\circ}\text{C}$.
5. Определить тепловой поток, который передается от 1 погонного метра круглой трубы ($d = 10$ мм) к протекающей в трубе воде, если $t_{\text{ст}} = 100^{\circ}\text{C}$, температура воды на входе и выходе из трубы соответственно $t_{\text{в}}' = 10^{\circ}\text{C}$ и $t_{\text{в}}'' = 30^{\circ}\text{C}$, а $N_{\text{уд,ж}} = 120$ при $\lambda_{\text{в}} = 0,599$ Вт/(м·К).
6. При адиабатном расширении окиси углерода CO температура понизилась с 400°C до 120°C . Определить полную работу процесса, если масса газа $m = 2$ кг.
7. Определить коэффициент теплопроводности плоской стенки, если ее толщина $\delta = 10$ мм, $t_{\text{ст}1} = 50^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{ст}2} = -10^{\circ}\text{C}$ и $q = 10$ Вт/м².
8. В цикле ДВС температура в начале сжатия $T = 300\text{K}$. Определить температуру в конце сжатия, если степень сжатия $\varepsilon = 7$, а показатель адиабаты $k = 1,4$.
9. В изохорном процессе давление воздуха увеличивается от 100 кПа до 2 МПа. Начальная температура $t_1 = 22^{\circ}\text{C}$. Определить количество теплоты в

процессе, считая теплоемкость постоянной. (Воздух – двухатомный газ).

10. Определить начальный и конечный объем газа, если в процессе изотермического сжатия его давление изменяется от $p_1 = 1$ бар до $p_2 = 3$ бар, а на сжатие затрачена работа 160 кДж.

11. Определить изобарную массовую теплоемкость азота, если его объемная изохорная теплоемкость $c'_v = 0,95$ кДж/(м³·К). Газ считать идеальным, а теплоемкость - постоянной.

12. Воздух имеет следующий состав в объемных долях: $r_{N_2} = 72\%$, $r_{O_2} = 21\%$. Определить кажущуюся молекулярную массу воздуха, его удельную газовую постоянную и массовый состав воздуха. Считать, что воздух является только смесью азота и кислорода.

13. Баллон объемом 30 дм³ заряжен кислородом до давления 150 кг/см² (по манометру). Определить массу газа в баллоне, если его температура 30 °С, а атмосферное давление - 735,6 мм рт. ст.

14. Определить коэффициент теплопередачи через плоскую стенку высотой $h_{ст} = 1$ м и толщиной $\delta_{ст} = 6$ мм ($\lambda_{ст} = 50$ Вт/(м·К)), если $Nu_{h,ж1} = 170$, $Nu_{h,ж2} = 8000$, а средние значения коэффициентов теплопроводности соответственно $\lambda_1 = 0,15$ Вт/(м·К) и $\lambda_2 = 0,5$ Вт/(м·К).

15. Массовая теплоемкость воздуха при постоянном давлении $c_p = 1000$ Дж/(кг·К). Найти молярную теплоемкость воздуха в процессе при постоянном объеме.

16. В паровую турбину поступает водяной пар с параметрами $p_1 = 30$ бар, $t_1 = 550^\circ\text{C}$. Давление в конденсаторе $p_2 = 0,02$ бар. Определить параметры пара на входе в турбину и в конденсаторе, если процесс расширения в турбине считать адиабатным.

17. Температура воздуха $t_1 = 10^\circ\text{C}$. Определить относительную влажность воздуха при нагреве его до температуры $t_2 = 40^\circ\text{C}$, если влагосодержание воздуха при t_1 равно 3 г/кг.

18. В газовой печи сжигается газ ($R_r = 0,65$ кДж/(кг·К)) в смеси с воздухом ($R_v = 0,287$ кДж/(кг·К)), количество которого по объему в 1,5 раза превосходит объем газа. Определить объемные и массовые доли газа и воздуха в смеси, а также газовую постоянную смеси.

19. Определить средний температурный напор в противоточном воздушно-гелиевом теплообменнике. Гелий охлаждается от 730 °С до 440 °С и нагревает воздух от 390 °С до 670 °С.

20. Определить коэффициент теплопередачи через плоскую стенку, если $\alpha_1 = 25$ Вт/(м²·К), толщина стенки $\delta_{ст} = 6$ мм, $\lambda_{ст} = 50$ Вт/(м·К) и $\alpha_2 = 4000$ Вт/(м²·К).

21. К 1 кг воздуха в изохорном процессе подводится 500 кДж теплоты. Давление газа при этом возрастает от 30 до 70 бар. Определить конечную температуру воздуха, считая теплоемкость постоянной.

22. Определить потери теплоты от 1 погонного метра паропровода, если температура его поверхности $t_{ст} = 100^\circ\text{C}$ и коэффициент теплоотдачи $\alpha = 50$ Вт/(м²·К). Температура окружающего воздуха $t = 25^\circ\text{C}$. Наружный диаметр паропровода $d_n = 32$ мм.

23. При расширении азота совершается работа 150 кДж. Определить конечное давление газа, если его начальное давление равно 650 кПа, а температура газа в

процессе расширения не изменяется. Начальный объем газа $V_1 = 1,5 \text{ м}^3$.

24. Определить термический КПД цикла бензинового двигателя со сгоранием при $v = \text{const}$, если степень сжатия $\varepsilon = 7$, а показатель адиабаты $k = 1,4$.

25. Определить, как изменится тепловой поток, если на плоскую стальную стенку ($\delta_{\text{ст}} = 20 \text{ мм}$, $\lambda_{\text{ст}} = 50 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$) наложить слой изоляции толщиной 50 мм с коэффициентом теплопроводности $1 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$. Считать, что температуры стенок $t_{\text{ст}1}$ и $t_{\text{ст}2}$ после наложения изоляции не изменяются.

26. Определить работу цикла Карно если при адиабатном сжатии абсолютная температура рабочего тела повысилась в 2 раза и в цикле отводится 180 кДж теплоты.

27. Холодильный коэффициент обратного цикла равен 2,5. Определить величину затраченной на осуществление цикла работы, если горячему источнику передается 2500 кДж теплоты.

28. Определить полезную работу и η_t цикла Карно, если при адиабатном сжатии абсолютная температура рабочего тела повысилась в 2,5 раза, а в цикле подводится 350 кДж теплоты.

29. В резервуаре вместимостью 80 л воздух находится под давлением 10000 кПа и температуре 27°C . После израсходования части воздуха на пуск двигателя давление понизилось до 5000 кПа , а температура упала до 17°C . Определить массу израсходованного воздуха и плотность воздуха при большем давлении.

30. Баллон объемом 30 дм^3 заряжен кислородом до давления $150 \text{ кгс}/\text{см}^2$ (по манометру). Определить массу и плотность кислорода в баллоне, если температура в баллоне 30°C , а атмосферное давление 736 мм рт. ст. Сколько баллонов понадобится для перевозки 500 кг кислорода.

31. Одноступенчатый поршневой компрессор всасывает $360 \text{ м}^3/\text{ч}$ воздуха при давлении $0,1 \text{ МПа}$ и температуре 37°C и сжимает его до $0,7 \text{ МПа}$. Определить теоретическую мощность для привода компрессора и температуру воздуха в конце сжатия. Расчет провести для изотермического, адиабатного и политропного сжатия с $n = 1,25$. Прокомментировать результаты, определить λ_k для двух- и трехступенчатого сжатия, выбрать рациональное решение.

32. Считая процесс нагнетания адиабатным и пользуясь формулами для компрессора определить мощность, потребляемую турбокомпрессором тепловозного ДВС, если массовый расход воздуха ДВС мощностью 4000 л.с. составляет 5 кг/с и при этом $\eta_n = 0,95$; $\eta_k = 0,7$; $k = 1,4$; $t_1 = 40^\circ\text{C}$; $p_1 = 101326 \text{ Па}$. Давление на выходе из компрессора $p_2 = 252 \text{ кПа}$ (абсолютное). Какой будет температура воздуха после сжатия и на сколько градусов надо охладить воздух, если его температура на входе в цилиндры не должна быть более 70°C .

33. Считая процесс нагнетания адиабатным по формулам для компрессора определить мощность, потребляемую вентилятором холодильной камеры тепловоза если $t_1 = 50^\circ\text{C}$, $p_1 = 101326 \text{ Па}$, а давление вентилятора на 100 мм вод. ст. выше атмосферного (осевой вентилятор). Принять $\eta_{\text{нап}} = 0,9$ и $\eta_k = 0,85$ (осевой вентилятор). Массовый расход воздуха $G_m = 120 \text{ кг/с}$ (тепловоз мощностью 4000 л.с.). На сколько градусов подогревается воздух в таком вентиляторе.

34. Считая процесс нагнетания адиабатным по формулам для компрессора определить мощность, потребляемую вентилятором системы централизованного воздухообеспечения тепловоза, считая $\eta_{\text{нап}} = 0,9$ и $\eta_k = 0,85$, $k = 1,4$, $t_1 = 40^\circ\text{C}$, $p_1 = 101326 \text{ Па}$, если объемный расход $G_v = 20,6 \text{ м}^3/\text{с}$, а развиваемое давление p_2 на

4800 Па выше атмосферного. На сколько градусов нагревается воздух после данного вентилятора.

35. Считая процесс нагнетания адиабатным по формулам для компрессора определить мощность, потребляемую вентилятором тяговых электродвигателей (ТЭД) тепловоза ТЭ116, если объемный расход $G_v = 1,3 \text{ м}^3/\text{с}$; $\eta_{\text{нап}} = 0,95$; $\eta_k = 0,65$ (центробежный вентилятор); $t_1 = 40^\circ\text{C}$; $p_1 = 101326 \text{ Па}$, а развиваемое давление p_2 на 3500 Па выше атмосферного. Воспользоваться формулами адиабатного сжатия в компрессоре. На сколько градусов подогревается воздух, проходя через такой вентилятор?

36. Пользуясь значениями молярных теплоемкостей при нормальных условиях (НУ), вычислить изменение внутренней энергии, энтальпии и энтропии в политропном процессе ($n = 1,2$) изменения состояния 1 кмоль аммиака NH_3 , если при этом его температура понижается с 200°C до 100°C .

37. Объем кислорода массой $m = 20 \text{ кг}$, имеющего температуру $t = 27^\circ\text{C}$, нагреваясь, при постоянном давлении $p = 0,3 \text{ МПа}$, увеличивается в 1,5 раза. Определить конечную температуру газа, выполняемую работу, количество подводимой теплоты и изменение внутренней энергии. Теплоемкость считать постоянной. Расчеты проверить первым законом термодинамики.

38. Через суживающееся сопло азот адиабатно вытекает из сосуда, в котором поддерживаются постоянное давление 5 МПа и температура 27°C в среду с давлением 3 МПа. Определить скорость истечения азота, выходящего из сопла и массовый расход, если площадь выходного сечения сопла - 30 мм^2 . Определить скорость истечения и расход, если давление среды снизить до 0,1 МПа.

39. Передвижная дизель-электростанция имеет мощность $N = 2000 \text{ кВт}$ и КПД = 30 %. Теплотворная способность топлива (дизельного) $Q_n = 42500 \text{ кДж/кг}$. Определить секундный, часовой и суточный расход топлива и время, на которое хватит 5 цистерн дизельного топлива емкостью по 50 т.

40. Воздух из резервуара с постоянным давлением $p_1 = 10 \text{ МПа}$ и температурой $t_1 = 15^\circ\text{C}$ через суживающееся сопло с внутренним диаметром на выходе $d_2 = 10 \text{ мм}$ вытекает в атмосферу с $p_2 = 0,1 \text{ МПа}$. Считая процесс адиабатным, найти скорость истечения ω_2 и секундный массовый расход, а также местную скорость звука по уравнению Лапласа.

41. Определить термический КПД ПСУ с циклом Ренкина, а также удельный и часовой расходы пара, если паровая турбина мощностью 50000 кВт работает при следующих параметрах пара: $p_1 = 9 \text{ МПа}$, $t_1 = 500^\circ\text{C}$, а давление в конденсаторе $p_2 = 0,004 \text{ МПа}$.

42. Определить целесообразность использования асбеста с коэффициентом теплопроводности $\lambda_{\text{из}} = 0,11 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ для изоляции трубопровода диаметром $d_1/d_2 = 18/20 \text{ мм}$, если коэффициент теплоотдачи в окружающую среду $\alpha_2 = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$. Каким должен быть максимально допустимый коэффициент теплопроводности изоляции для данной трубы.

43. Как изменятся плотность теплового потока и температура поверхности стенки, если стальная стенка толщиной $\delta = 10 \text{ мм}$ с $\lambda = 50 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ омывается газом с $t_1 = 1127^\circ\text{C}$ и кипящей водой с $t_2 = 227^\circ\text{C}$ и коэффициенты теплоотдачи соответственно равны $\alpha_1 = 100 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ и $\alpha_2 = 5000 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$, если со стороны воды появится слой накипи толщиной 10 мм с $\lambda = 2,0 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$. Поверхность со стороны газа для всех случаев чистая. Сравнение произвести с чистой со стороны воды

стенкой. Нарисовать температурное поле от газа к воде.

44. Определить массовый расход $G_m = \rho \omega F$ в газопроводе диаметром $d = 800$ мм если скорость газа $\omega = 15$ м/с, абсолютное давление $p = 5$ МПа и температура 20°C . Под F понимать площадь поперечного сечения.

45. Мощность нагревателя 1 кВт. Определить за какое время в комнате размером $6 \times 4 \times 3$ м такой нагреватель поднимет температуру с 16 до 20°C при постоянном давлении. Теплоемкость определить из универсальных таблиц, потери теплоты не учитывать.

46. Мощность нагревателя воды 1 кВт. Определить, за какое время можно нагреть 80 литров воды с 10 до 40°C , если считать КПД передачи энергии $0,85$, а теплоемкость воды $c_w = 4,186$ кДж/(кг·К).

47. Определить расход воздуха в системе охлаждения ДВС мощностью 58 кВт, если отводимая теплота составляет 25% полезной мощности двигателя, а температура охлаждающего воздуха повышается на 15°C .

48. В прямом цикле Карно подвод теплоты осуществляется при 2100 К, а отвод – при 300 К. Какая доля подводимого количества теплоты расходуется на совершение работы, а какая отдается холодному источнику (теплоприемнику). Указать пути повышения эффективности цикла.

49. В цикле Карно в процессе адиабатного сжатия температура возрастает в 2,5 раза. Определить полезную работу цикла, если количество подводимой в цикле теплоты $q_1 = 250$ кДж/кг.

50. При адиабатном расширении окиси углерода CO ее температура уменьшилась с 400°C до 120°C . Определить произведенную в процессе полную работу, если масса газа $m = 2$ кг.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль (дифференцированный зачёт)

Шкала оценивания	Характеристика знания предмета и ответов
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно четкие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы.

Экспертное заключение

Представленный фонд оценочных средств (далее – ФОС) по дисциплине «Теплотехника» соответствует требованиям ФГОС ВО.

Предлагаемые формы и средства текущего и промежуточного контроля адекватны целям и задачам реализации основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 23.03.01 Технология транспортных процессов.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины представлены в полном объеме.

Виды оценочных средств, включенные в представленный фонд, отвечают основным принципам формирования ФОС.

Разработанный и представленный для экспертизы фонд оценочных средств рекомендуется к использованию в процессе подготовки бакалавров по указанному направлению подготовки.

Председатель учебно-методической
комиссии Антрацитовского института
геосистем и технологий



И.В. Савченко

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)