

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
Факультет авиационной и морской техники
Красильникова О.А.
«08» 06 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Теплотехника»

Направление подготовки	23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов
Направленность (профиль) образовательной программы	Автомобили: устройство, сервис и техническая эксплуатация
Квалификация выпускника	Бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
2	3, 4	6

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой (2)	Кафедра «Тепловые энергетические установки»

Разработчик рабочей программы:

Заведующий кафедрой, Доцент, Кандидат технических наук



Смирнов А.В

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой
Кафедра «Тепловые энергетические установки»



Смирнов А.В.

1 Введение

Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины «Теплотехника» составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Минобрнауки Российской Федерации, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Автомобили: устройство, сервис и техническая эксплуатация» по направлению подготовки «23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

Задачи дисциплины	<p>В результате изучения дисциплины студент должен:</p> <p><i>знать:</i> основные законы и фундаментальные принципы технической термодинамики, свойства и процессы изменения состояний рабочих тел, принципы преобразования энергии в тепловых и холодильных машинах, термодинамические циклы, методы расчета термодинамических свойств веществ, схемы и циклы тепловых и холодильных машин, характеристики циклов, пути повышения эффективности работы тепловых и холодильных машин;</p> <p><i>уметь:</i> определять параметры рабочих тел, характеристики термодинамических процессов и циклов, проводить анализ теплоэкономических показателей работы теплоэнергетических установок при изменении определяющих параметров;</p> <p><i>владеть навыками:</i> выполнения термодинамических расчетов изменения состояния рабочих тел, определения характеристик термодинамических циклов и показателей тепловой экономичности тепловых машин и холодильных установок.</p>
Основные разделы / темы дисциплины	<p>Термодинамическая система, ее состояние и характеристики. Энергетические характеристики термодинамических систем. Термодинамические процессы и циклы. Реальные газы и пары. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Машины для сжатия и расширения газа. Циклы газотурбинных установок. Циклы холодильных установок. Теплопроводность. Конвективный теплообмен. Излучение. Теплообменные аппараты.</p>

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины «Теплотехника» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Общепрофессиональные		
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Знает теоретические основы естественно-научных и общеинженерных дисциплин ОПК-1.2 Умеет применять методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач ОПК-1.3 Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования	Знать основные законы и фундаментальные принципы технической термодинамики, свойства и процессы изменения состояний рабочих тел, принципы преобразования энергии в тепловых и холодильных машинах, термодинамические циклы, методы расчета термодинамических свойств веществ; Уметь определять параметры рабочих тел, характеристики термодинамических процессов и циклов, рассчитывать процессы теплообмена. Владеть навыком выполнения термодинамических расчетов процессов и циклов, расчетов процессов теплообмена

3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теплотехника» изучается на 2 курсе, 3, 4 семестре.

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к базовой части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки и / или опыт практической деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин / практик: «Химия», «Математика», «Технология конструкционных материалов», «Физика».

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Теплотехника», будут востребованы при изучении последующих дисциплин: «Сопrotивление материалов», «Теория механизмов и машин», «Детали машин и основы конструирования», «Электротехника и электроника», «Гидравлика и гидропневмопривод».

Дисциплина «Теплотехника» в рамках воспитательной работы направлена на формирование чувства ответственности или умения аргументировать, самостоятельно мыслить, развивает творчество, профессиональные умения, ответственность за выполнение учебно-производственных заданий и т.д.

4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 6 з.е., 216 акад. час.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	216
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего	128
В том числе:	
занятия лекционного типа (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	64
занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	64
Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	88
Промежуточная аттестация обучающихся – Зачет с оценкой (2)	0

5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
Раздел 1 Техническая термодинамика				
Тема Введение: <i>основное содержание и структура курса, рекомендуемая литература, исторические сведения.</i>	2			1
Тема Термодинамическая система, ее состояние и характеристики:	6			2

<i>основные понятия и определения: термодинамическая система гомогенная и гетерогенная, термоизолированная и термомеханическая, закрытая и открытая; рабочее тело, термодинамическое состояние; термодинамический процесс – равновесный и неравновесный; внешние и внутренние параметры состояния, термические параметры состояния, идеальный газ; уравнение состояния идеального газа; газовая и универсальная газовые постоянные; газовые смеси.</i>				
Тема Энергетические характеристики термодинамических систем: <i>виды энергии и их особенности; внутренняя энергия, теплота и работа; диаграмма p-v, графическое изображение работы; энтальпия; теплоемкость и ее виды, теплоемкость газовых смесей.</i>	4			2
Тема Основные термодинамические законы: <i>первый закон термодинамики; уравнение первого закона термодинамики и его анализ; второй закон термодинамики и его основные положения.</i>	2			1
Тема Термодинамические процессы с идеальным газом: <i>равновесные термодинамические процессы и их обратимость; основные термодинамические процессы с идеальным газом, исследование этих процессов, политропные процессы, характеристики политропных процессов в зависимости от значения показателя политропы.</i>	4			1
Тема Энтропия. Изменение энтропии в процессах. Диаграмма T-s: <i>энтропия и ее основные свойства; изменение энтропии в термодинамических процессах, диаграмма T-s и ее основные свойства, основные термодинамические процессы с идеальным газом в T-s диаграмме.</i>	2			1
Тема Круговые процессы или циклы. Цикл Карно: <i>круговые процессы или циклы, прямые и обратные циклы; понятие о термодинамическом цикле тепловых машин; термический КПД цикла; идеальный цикл Карно и его значение в теплотехнике.</i>	4			2
Тема Влажный воздух: <i>влажный воздух, основные понятия и определения;</i>	2			1

<i>параметры влажного воздуха; I-d диаграмма влажного воздуха.</i>				
Тема Машины для сжатия и расширения газа: <i>компрессор, основные процессы в одноступенчатом поршневом компрессоре; индикаторная диаграмма реального компрессора, влияние вредного пространства на величину конечного давления; многоступенчатое сжатие; цикл поршневого компрессора с многоступенчатым сжатием и промежуточным охлаждением воздуха; детандеры; основные процессы в детандере, работа и мощность детандера.</i>	6			2
Тема Измерение физических величин: <i>принципы и приборы для измерения термодинамических величин</i>			2	2
Тема Определение показателя адиабаты: <i>изучение адиабатного процесса</i>			2	2
Тема Изохорное нагревание воды и водяного пара: <i>изучение свойств водяного пара на линии насыщения</i>			4	2
Тема Исследование процессов во влажном воздухе: <i>определение параметров влажного воздуха</i>			4	2
Тема Исследование процессов адиабатного истечения воздуха через суживающееся сопло: <i>изучение особенностей процесса истечения</i>			2	2
Тема Определение изобарной теплоемкости воздуха: <i>изучение способа определения удельной массовой теплоемкости</i>			2	2
Тема Термодинамическая система, её состояние и характеристики: <i>основные параметры состояния, внесистемные единицы измерения</i>		2		0,5
Тема Законы идеальных газов: <i>законы Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля; уравнение состояния</i>		2		0,5
Тема Газовые смеси:		2		0,5

<i>Определение параметров смеси</i>				
Тема Теплоемкость идеального газа и газовых смесей: <i>удельные массовая, объемная и мольная теплоемкости; изохорная и изобарная теплоемкости; средняя и истинная теплоемкости.</i>		2		0,5
Тема Термодинамические процессы: <i>определение энергетических параметров процесса, параметров начального и конечного состояний.</i>		4		1
Тема Круговые процессы или циклы, цикл Карно: <i>определение работы, теплоты и КПД цикла, расчет всего цикла.</i>		2		0,5
Тема Машины для сжатия газа: <i>сжатие в одно- и многоступенчатом компрессоре, работа и мощность компрессора.</i>		2		0,5
Тема Расчет газового цикла <i>РГР (выполнение и подготовка к защите)</i>				15
Раздел 2 Термодинамика циклов. Теплопередача				
Тема Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС): <i>двигатели внутреннего сгорания, принцип работы, основные понятия и определения; цикл ДВС с подводом тепла при постоянном объеме; цикл ДВС с подводом тепла при постоянном давлении; цикл ДВС со смешанным подводом теплоты; сравнение циклов ДВС.</i>	4			2
Тема Циклы газотурбинных установок (ГТУ): <i>газотурбинные установки, общие сведения; идеальный цикл ГТУ с подводом тепла при постоянном давлении ($p = const$); идеальный цикл ГТУ с изохорным ($v = const$) подводом тепла.</i>	4			1
Тема Циклы холодильных установок: <i>общие принципы трансформации тепла, холодильные машины; обратный цикл Карно для холодильной установки, холодильный коэффициент; схема и цикл воздушной компрессорной холодильной установки; схема и цикл идеальной паровой компрессорной холодильной установки.</i>	2			2

<p>Тема Общие сведения о теплообмене: <i>введение в теорию теплообмена; виды теплообмена; основные понятия и определения.</i></p>	2			1
<p>Тема Теплопроводность: <i>основной закон теплопроводности; закон Фурье; коэффициент теплопроводности и факторы на него влияющие; процесс теплопроводности в плоских одно- и многослойных стенках; процесс теплопроводности в цилиндрических одно- и многослойных стенках; нестационарная теплопроводность.</i></p>	4			1
<p>Тема Конвективный теплообмен: <i>основные понятия и определения; свободное и вынужденное движение; режимы течения жидкости; закон Ньютона-Рихмана; коэффициент теплоотдачи; факторы, влияющие на коэффициент теплоотдачи; основы теории подобия физических явлений; подобие процессов конвективного теплообмена; критерии подобия; вычисление коэффициентов теплоотдачи.</i></p>	2			1
<p>Тема Задачи конвективного теплообмена: <i>теплоотдача при обтекании плоской поверхности; теплоотдача при вынужденном течении теплоносителя; теплоотдача при свободной конвекции; теплоотдача в ограниченном пространстве; теплоотдача при поперечном обтекании труб.</i></p>	4			1
<p>Тема Теплопередача: <i>теплопередача через плоскую однослойную стенку, коэффициент теплопередачи; теплопередача через плоскую многослойную стенку; теплопередача через одно- и многослойные цилиндрические стенки; термическое сопротивление; условия рационального выбора материала для тепловой изоляции трубопроводов, критический диаметр тепловой изоляции.</i></p>	4			2
<p>Тема Теплообмен излучением: <i>тепловое излучение, основные понятия и определения; законы теплового излучения; лучистый теплообмен между телами; защита от теплового излучения, экраны; особенности теплового излучения газов.</i></p>	4			1
<p>Тема Теплообменные аппараты:</p>	2			1

<i>классификация теплообменных аппаратов; теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов.</i>				
Тема Определение коэффициента конвекции при передаче теплоты через воздушный зазор: <i>изучение конвективного теплообмена в ограниченном пространстве</i>			2	2
Тема Определение степени черноты материала керамики лабораторной печи: <i>изучение лучистого теплообмена</i>			2	2
Тема Определение коэффициента теплоотдачи при свободном конвективном теплообмене с поверхности горизонтальной трубы: <i>изучение процесса свободной конвекции</i>			2	2
Тема Определение теплофизических характеристик твердого тела методом регулярного режима: <i>изучение процессов нестационарной теплопроводности</i>			4	2
Тема Определение коэффициента теплопроводности твердых тел: <i>изучение процессов нестационарной теплопроводности</i>			2	2
Тема Исследование конвективного теплообмена при вынужденном течении жидкости внутри трубы: <i>изучение процессов вынужденной конвекции</i>			4	2
Тема Циклы двигателей внутреннего сгорания: <i>циклы Отто, Дизеля и Тринклера.</i>		2		0,5
Тема Циклы газотурбинных установок: <i>циклы Брайтона и Гемфри, определение работы, мощности и КПД установки.</i>		2		0,5
Тема Теплопроводность: <i>определение плотности теплового потока и температур в стенке.</i>		2		0,5
Тема Теплопередача: <i>определение плотности теплового потока и температур в стенке.</i>		2		0,5

Тема Обтекание плоской поверхности: <i>определение коэффициента теплоотдачи и величины теплового потока.</i>		2		0,5
Тема Движение внутри труб: <i>определение коэффициента теплоотдачи и величины теплового потока.</i>		2		0,5
Тема Естественная конвекция: <i>определение коэффициента теплоотдачи и величины теплового потока.</i>		2		0,5
Тема Обтекание труб и пучков труб: <i>определение коэффициента теплоотдачи и величины теплового потока.</i>		2		0,5
Тема Теплопередача в многослойной плоской стенке. Конвективный теплообмен <i>РГР (выполнение и подготовка к защите)</i>				15
ИТОГО по дисциплине	64	32	32	88

6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководствоваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

Компоненты самостоятельной работы	Количество часов
Изучение теоретических разделов дисциплины	26
Подготовка к занятиям семинарского типа	32
Подготовка и оформление контрольных работ и РГР	30
Итого	88

7 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации представлен в Приложении 1.

Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

8.1 Основная литература

1. Космынин А.В., Виноградов В.С. Теплотехника. Учебное пособие. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2003. – 114 с.
2. Техническая термодинамика и теплопередача в примерах и задачах / В.С. Виноградов, А.В. Космынин, А.Ю. Попов. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2006.– 333 с.
3. Юдаев Б.Н. Техническая термодинамика. Теплопередача.– М.: Высшая школа, 1988.– 479 с.
4. Теплотехника. Учебник для студентов вузов / Под общ. ред. В.И.Крутова.– М.: Машиностроение, 1986.– 432 с.
5. Ларионов Н.Н. Теплотехника. Учебник для вузов.– М.: Стройиздат, 1985.– 432 с.
6. Видин, Ю. В. Техническая термодинамика и тепломассообмен : учебное пособие / Ю. В. Видин, В. С. Злобин. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2020. - 332 с. - ISBN 978-5-7638-4212-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1830718> (дата обращения: 24.05.2021). – Режим доступа: по подписке

8.2 Дополнительная литература

1. Мухачев Г.А., Щукин В.К. Термодинамика и теплопередача.- М.: Высшая школа, 1991.– 480 с.
2. Теплотехника: Учебник для вузов / Под общ. ред. А.П. Баскакова.– М.: Энергоиздат, 1982.– 263 с.
3. Зубарев В.Н. и др. Практикум по технической термодинамике. Учебное пособие для вузов.– М.: Энергоатомиздат, 1986.– 304 с.
4. Андрущенко А.И. Основы технической термодинамики реальных процессов.- М.: Высшая школа, 1967.
5. Вукалович М.Л. Теплофизические свойства воды и водяного пара.- М.: Энергия, 1980.- 424 с.
6. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача: Учебное пособие для вузов.– М.: Высшая школа, 1980.
7. Андрущенко А.И. Основы термодинамики циклов теплоэнергетических установок.- М.: Высшая школа, 1968.
8. Болгарский А.В. и др. Сборник задач по термодинамике и теплопередаче.- М.: Высшая школа, 1972.

8.3 Методические указания для студентов по освоению дисциплины

1. Определение показателя адиабаты: методические указания по курсам «Теоретические основы теплотехники», «Техническая термодинамика», Теплотехника» / сост.: В.С. Виноградов, В.И. Шаломов, Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2014.-8 с.
2. Изохорное нагревание воды и водяного пара. Методические указания к лабораторной работе / сост. В.В. Смирнов, А.Я. Звенияцкий, А.В. Смирнов - Комсомольск-на-Амуре: ГОУ ВПО «КнАГТУ», 2008.- 11с.
3. Исследование процессов во влажном воздухе. Методические указания к лабораторной работе / Сост. В.В. Смирнов. – Комсомольск-на-Амуре: КнАГТУ, 1996. – 12 с.
4. Определение изобарной теплоемкости воздуха. Методические указания к лабораторной работе / сост. В.И. Шаломов, А.Я. Звенияцкий, А. В. Смирнов Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2014.- 8 с.
5. Расчет газового цикла. Методические указания к расчетно-графическому заданию / Сост. В.В. Смирнов, А.В. Смирнов. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2007. – 12 с.

6. Определение коэффициента теплоотдачи при свободно-конвективном теплообмене с поверхности горизонтальной трубы / Сост. А.В. Смирнов. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КНАГТУ», 2005. – 8 с.

7. Определение степени черноты материала керамики лабораторной печи. Методические указания к лабораторной работе / Сост. С.А. Скоморовский. – Комсомольск-на-Амуре: КНАГТУ, 2000. – 7 с.

8. Определение коэффициента конвекции при передаче теплоты через воздушный зазор. Методические указания к лабораторной работе / Сост. А.В. Смирнов. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КНАГТУ», 2005. – 8 с.

9. Исследование конвективного теплообмена при вынужденном течении жидкости (газа) внутри трубы. Методические указания к лабораторной работе / сост. А.В. Смирнов, С.С. Блинков - Комсомольск-на-Амуре: ГОУ ВПО «КНАГТУ», 2011 –12с.

8.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

1. Электронно-библиотечная система eLIBRARY.RU.

2. [Thermophysics.Ru](http://thermophysics.ru) – портал по теплофизике: проекты, программы, учебные пособия, депозитарий научных работ, диссертации, периодика (<http://thermophysics.ru/index.php>).

3. [Энергетика и промышленность России](https://www.eprussia.ru/) – информационная система энергетического комплекса и связанных с ним отраслей (<https://www.eprussia.ru/>).

8.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Электронная библиотека теплоэнергетика (<http://teplolib.ucoz.ru>).

2. [Сайт теплотехника](http://teplokot.ru/) – большая техническая библиотека. Новости, статьи, диссертации, журналы (<http://teplokot.ru/>).

8.6 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Таблица 5 – Перечень используемого программного обеспечения

Наименование ПО	Реквизиты / условия использования
MicrosoftImaginePremium	Лицензионный договор АЭ223 №008/65 от 11.01.2019
OpenOffice	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: https://www.openoffice.org/license.html
SMathStudio	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: https://ru.smath.info/

9 Организационно-педагогические условия

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) - русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

9.1 Образовательные технологии

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

9.2 Занятия лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

9.3 Занятия семинарского типа

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;
- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

9.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;

- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиболее важному средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

9.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

10.1 Учебно-лабораторное оборудование

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование
128/2	Лаборатория теплотехники	Лабораторные стенды
131/2	Лаборатория тепловых энергетических установок	Лабораторные стенды

10.2 Технические и электронные средства обучения

При проведении занятий используется аудитория, оборудованная проектором (стационарным или переносным) для отображения презентаций. Кроме того, при проведении лекций и практических занятий необходим компьютер с установленным на нем браузером и программным обеспечением для демонстрации презентаций.

11 Иные сведения

Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине

«Теплотехника»

Направление подготовки	23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов
Направленность (профиль) образовательной программы	Автомобили: устройство, сервис и техническая эксплуатация
Квалификация выпускника	Бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
2	3, 4	6

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой (2)	Кафедра «Тепловые энергетические установки»

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Общепрофессиональные		
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	<p>ОПК-1.1 Знает теоретические основы естественно-научных и общеинженерных дисциплин</p> <p>ОПК-1.2 Умеет применять методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач</p> <p>ОПК-1.3 Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования</p>	<p>Знать основные законы и фундаментальные принципы технической термодинамики, свойства и процессы изменения состояний рабочих тел, принципы преобразования энергии в тепловых и холодильных машинах, термодинамические циклы, методы расчета термодинамических свойств веществ;</p> <p>Уметь определять параметры рабочих тел, характеристики термодинамических процессов и циклов, рассчитывать процессы теплообмена.</p> <p>Владеть навыком выполнения термодинамических расчетов процессов и циклов, расчетов процессов теплообмена</p>

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Техническая термодинамика	ОПК-1	Опорный конспект лекций	<ul style="list-style-type: none"> - оптимальный объем текста (не более одной трети оригинала); - логическое построение и связность текста; - полнота/ глубина изложения материала (наличие ключевых положений, мыслей); - визуализация информации как результат ее обработки (таблицы, схемы, рисунки); - оформление (аккуратность, соблюдение структуры оригинала).
	ОПК-1	Собеседование	<ul style="list-style-type: none"> - глубина, прочность, систематичность знаний; - адекватность применяемых знаний ситуации; - рациональность используемых подходов; - степень проявления необходимых профессионально значимых личностных качеств; - степень значимости определенных ценностей; - проявленное отношение к определенным объектам, ситуациям; - умение поддерживать и активизировать беседу, корректное поведение.

	ОПК-1	Задачи практических занятий	<ul style="list-style-type: none"> - способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать новую информацию; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения; - установление причинно-следственных связей, выявление закономерности.
	ОПК-1	Лабораторные работы	<ul style="list-style-type: none"> - соответствие отчета предъявляемым требованиям; - правильность и аккуратность написания отчета; - способность делать обоснованные выводы на основе экспериментальных данных; - степень точности ответов на контрольные вопросы, - установление причинно-следственных связей, выявленных зависимостей.
	ОПК-1	Расчетно-графическая работа	<ul style="list-style-type: none"> - соответствие предполагаемым ответам; - правильное использование алгоритма выполнения решения; - логика рассуждений; - неординарность подхода к решению задач.
Термодинамика циклов. Теплопередача	ОПК-1	Опорный конспект лекций	<ul style="list-style-type: none"> - оптимальный объем текста (не более одной трети оригинала); - логическое построение и связность текста; - полнота/ глубина изложения материала (наличие ключевых положений, мыслей); - визуализация информации как результат ее обработки (таблицы, схемы, рисунки); - оформление (аккуратность, соблюдение структуры оригинала).
	ОПК-1	Собеседование	<ul style="list-style-type: none"> - глубина, прочность, систематичность знаний; - адекватность применяемых знаний ситуации; - рациональность используемых подходов; - степень проявления необходимых профессионально значимых личностных качеств; - степень значимости определенных ценностей; - проявленное отношение к определенным объектам, ситуациям; - умение поддерживать и активизировать беседу, корректное поведение.
	ОПК-1	Задачи практических занятий	<ul style="list-style-type: none"> - способность анализировать и обобщать информацию; - способность синтезировать новую информацию; - способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения; - установление причинно-следственных связей, выявление закономерности.
	ОПК-1	Лабораторные работы	<ul style="list-style-type: none"> - соответствие отчета предъявляемым требованиям; - правильность и аккуратность написания

		отчета; - способность делать обоснованные выводы на основе экспериментальных данных; - степень точности ответов на контрольные вопросы, - установление причинно-следственных связей, выявленных зависимостей.
	ОПК-1	Расчетно-графическая работа - соответствие предполагаемым ответам; - правильное использование алгоритма выполнения решения; - логика рассуждений; - неординарность подхода к решению задач.

2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

№	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
3 семестр <i>Промежуточная аттестация в форме зачета с оценкой</i>				
1	Опорный конспект лекций	В течение семестра	10 баллов	10 баллов - студент полностью подготовил конспект лекций. Аккуратно оформлено графическая и текстовые части конспекта. 8 балла – студент полностью подготовил конспект лекций. Есть замечания к оформлению графической и текстовой частям конспекта. 6 баллов – конспект не полный (отсутствуют не более 1 лекции). Небрежное оформление конспекта. 4 баллов– в конспекте отсутствуют 2 лекции. Небрежное оформление конспекта. 0 баллов – отсутствует более 2-х лекций.
2	Собеседование (2вопроса)	В течение семестра	40 баллов	30 баллов - студент правильно ответил на теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. 20 балла - студент ответил на теоретические вопросы с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. 10 баллов - студент ответил на теоретические вопросы с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. 0 баллов -при ответе на теоретические вопросы студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний.
3	Задачи практических занятий	В течение семестра	10 баллов	10 баллов- задание по работе выполнено в полном объеме. Студент точно ответил на

№	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				<p>контрольные вопросы, свободно ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</p> <p>7 баллов- задание по работе выполнено в полном объеме. Студент ответил на теоретические вопросы, испытывая небольшие затруднения. Качество оформления отчета к работе не полностью соответствует требованиям</p> <p>4 баллов- студент правильно выполнил задание к работе. Составил отчет в установленной форме, представил решения большинства заданий, предусмотренных в работе. Студент не может полностью объяснить полученные результаты.</p> <p>0 баллов - студент не выполнил все задания работы и не может объяснить полученные результаты.</p>
4	Лабораторные работы	В течение семестра	10 баллов	<p>10 баллов - студент правильно сделал отчет. 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.</p> <p>7 баллов - студент сделал отчет 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.</p> <p>4 баллов - 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. 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.</p>
5	Расчетно-графическая работа	В течение семестра	30 баллов	<p>20 баллов - студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал отличные знания и умения в рамках усвоенного учебного материала, контрольная работа оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</p> <p>14 баллов - студент полностью выполнил</p>

№	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				<p>задание контрольной работы, показал хорошие знания и умения, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, есть недостатки в оформлении контрольной работы.</p> <p>7 баллов - студент полностью выполнил задание контрольной работы, но допустил существенные неточности, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, качество оформления контрольной работы имеет недостаточный уровень.</p> <p>0 баллов - студент не полностью выполнил задание контрольной работы, при этом проявил недостаточный уровень знаний и умений, а также неспособен пояснить полученный результат.</p>
ИТОГО:		-	100 баллов	-
<p>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине: 0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине); 65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень); 75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень); 85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)</p>				

№	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
4 семестр				
<i>Промежуточная аттестация в форме зачета с оценкой</i>				
1	Опорный конспект лекций	В течение семестра	10 баллов	<p>10 баллов - студент полностью подготовил конспект лекций. Аккуратно оформлено графическая и текстовые части конспекта.</p> <p>8 балла – студент полностью подготовил конспект лекций. Есть замечания к оформлению графической и текстовой частям конспекта.</p> <p>6 баллов – конспект не полный (отсутствуют не более 1 лекции). Небрежное оформление конспекта.</p> <p>4 баллов– в конспекте отсутствуют 2 лекции. Небрежное оформление конспекта.</p> <p>0 баллов – отсутствует более 2-х лекций.</p>
2	Собеседование (2вопроса)	В течение семестра	40 баллов	<p>30 баллов - студент правильно ответил на теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>20 балла - студент ответил на теоретические вопросы с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала.</p> <p>10 баллов - студент ответил на теоретические вопросы с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала.</p>

№	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				0 баллов -при ответе на теоретические вопросы студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний.
3	Задачи практических занятий	В течение семестра	10 баллов	<p>10 баллов- задание по работе выполнено в полном объеме. Студент точно ответил на контрольные вопросы, свободно ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</p> <p>7 баллов- задание по работе выполнено в полном объеме. Студент ответил на теоретические вопросы, испытывая небольшие затруднения. Качество оформления отчета к работе не полностью соответствует требованиям</p> <p>4 баллов- студент правильно выполнил задание к работе. Составил отчет в установленной форме, представил решения большинства заданий, предусмотренных в работе. Студент не может полностью объяснить полученные результаты.</p> <p>0 баллов - студент не выполнил все задания работы и не может объяснить полученные результаты.</p>
4	Лабораторные работы	В течение семестра	10 баллов	<p>10 баллов - студент правильно сделал отчет. 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.</p> <p>7 баллов - студент сделал отчет 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.</p> <p>4 баллов - 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. 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.</p>
5	Расчетно-графическая работа	В течение семестра	30 баллов	20 баллов - студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал отличные знания и умения в рамках усвоенного учебного материала,

№	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				<p>контрольная работа оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями.</p> <p>14 баллов - студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал хорошие знания и умения, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, есть недостатки в оформлении контрольной работы.</p> <p>7 баллов - студент полностью выполнил задание контрольной работы, но допустил существенные неточности, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, качество оформления контрольной работы имеет недостаточный уровень.</p> <p>0 баллов - студент не полностью выполнил задание контрольной работы, при этом проявил недостаточный уровень знаний и умений, а также неспособен пояснить полученный результат.</p>
ИТОГО:		-	100 баллов	-
<p>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</p> <p>0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);</p> <p>65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);</p> <p>75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);</p> <p>85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)</p>				

Задания для текущего контроля

Вопросы для собеседования

3 семестр

1. Термические параметры состояния (p , v , T).
2. Энергетические характеристики термодинамических систем: энергия, внутренняя энергия, работа, теплота, энтальпия, теплоемкость, энтропия.
3. Уравнение состояния идеальных газов в форме Клапейрона и Менделеева.
4. Первый закон термодинамики.
5. Диаграмма p - v . Графическое изображение работы.
6. Основные термодинамические процессы с идеальным газом в диаграмме p - v (изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный).
7. Теплоемкость идеального газа. Виды теплоемкостей.
8. Газовые смеси. Основные расчетные формулы газовых смесей.
9. Теплоемкость газовых смесей, заданных объемными и массовыми долями.
10. Второй закон термодинамики. Основные формулировки.
11. Круговые процессы или циклы. Понятие о прямых и обратных циклах.
12. Термодинамический цикл тепловых машин. Термический КПД цикла.
13. Идеальный цикл Карно. Термический КПД цикла Карно.
14. Определение изменения энтропии в термодинамических процессах.
15. Тепловая диаграмма. Основные свойства диаграммы T - s .
16. Реальные газы. Качественные особенности реальных газов.
17. Влажный воздух. Основные характеристики влажного воздуха.
18. Сжатие газов. Устройства для сжатия газов (компрессоры, воздуходувки, вентиляторы).

19. Идеальный цикл одноцилиндрового поршневого компрессора. Характеристики цикла.
20. Многоступенчатое сжатие. Цикл поршневого компрессора с многоступенчатым сжатием и промежуточным охлаждением газа.

4 семестр

1. Идеальные циклы ДВС (Отто, Дизеля, Тринклера), основные параметры и характеристики цикла, термический КПД.
2. Сравнение идеальных циклов ДВС в диаграммах $p-v$, $T-s$.
4. Рабочие циклы ДВС. Индикаторные диаграммы четырехтактных и двухтактных ДВС без наддува и с наддувом.
5. Схемы и принцип действия ГТУ.
6. Схема и идеальный цикл ГТУ с подводом теплоты при $p=\text{const}$, характеристики цикла, термический КПД.
7. Схема и цикл ГТУ с изохорным подводом теплоты. Характеристики цикла. Термический КПД.
8. Общие принципы трансформации теплоты. Холодильные машины.
9. Обратный цикл Карно для холодильной установки. Холодильный коэффициент.
10. Схема и цикл воздушной компрессорной холодильной установки.
11. Цикл и схема идеальной паровой компрессорной холодильной установки.
12. Виды теплообмена. Основные понятия (температурное поле, температурный градиент).
13. Закон Фурье. Плотность теплового потока
14. Коэффициент теплопроводности
15. Теплопроводность через плоскую стенку при граничных условиях первого рода
16. Теплопроводность многослойной плоской стенки при граничных условиях первого рода
17. Теплопроводность через цилиндрическую стенку при граничных условиях первого рода
18. Теплопроводность через плоскую стенку при граничных условиях третьего рода
19. Теплопроводность через цилиндрическую стенку при граничных условиях третьего рода.
20. Критический диаметр изоляции.
21. Пути интенсификации теплопередачи.
22. Теплопроводность при нестационарном режиме. Регулярный тепловой режим.
23. Основные понятия и определения конвективного теплообмена. Закон конвективного теплообмена.
24. Характер обтекания горизонтальной пластины и изменения α .
25. Применение теории подобия в конвективном теплообмене.
26. Критерии (числа) подобия.
27. Теплоотдача при вынужденном движении вдоль пластины и в трубах.
28. Теплоотдача при поперечном обтекании труб и пучков труб.
29. Теплоотдача при свободном движении жидкости в неограниченных пространствах.
30. Теплоотдача при свободном движении жидкости в ограниченных пространствах.
31. Основные понятия и определения лучистого теплообмена.
32. Законы Планка и Вина для лучистого теплообмена.
33. Закон Стефана-Больцмана.
34. Законы Кирхгофа и Ламберта.
35. Теплообмен излучением системы тел в прозрачной среде.
36. Классификация теплообменных аппаратов.

Примеры заданий на РГР

3 семестр

Тема «Расчет газового цикла»

Условия задания. Сухой воздух массой 1 кг совершает прямой термодинамический цикл, состоящий из четырех последовательных термодинамических процессов.

Требуется:

- 1) рассчитать давление p , удельный объем v , температуру T воздуха для основных точек цикла;

2) для каждого из процессов определить значения показателей политропы, теплоемкости c , вычислить изменение внутренней энергии Δu , энтальпии Δi , энтропии Δs , теплоту процесса q , работу процесса ℓ , располагаемую работу ℓ_0 ;

3) определить суммарные количества теплоты подведенной q_1 и отведенной q_2 , работу цикла $\ell_{\text{ц}}$, располагаемую работу цикла $\ell_{0\text{ц}}$, термический к.п.д. цикла η_t , среднее индикаторное давление p_i ;

4) построить цикл в координатах:

а) $\lg p - \lg v$;

б) $p - v$, используя предыдущее построение для нахождения координат трех-четырёх промежуточных точек на каждом из процессов;

в) $T - s$, нанеся основные точки цикла и составляющие его процессы;

5) используя $p-v$ и $T-s$ -диаграммы, графически определить величины, указанные в п. 2 и 3, и сопоставить результаты графического и аналитического расчетов;

б) для одного из процессов цикла привести схему его графического расчета по $T-s$ - диаграмме, изобразив на схеме линию процесса, вспомогательные линии изохорного и изобарного процессов, значения температур в начале и в конце процесса, отрезки, соответствующие изменению энтропии в основном и вспомогательных процессах, площади, соответствующие теплоте процесса, изменению внутренней энергии и энтальпии, и указать числовые значения величин, взяв их с $T-s$ -диаграммы.

Методические указания. При расчетах считать воздух идеальным газом, а его свойства не зависящими от температуры.

Принять газовую постоянную равной $287 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, теплоемкость при постоянном давлении равной $1.025 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, что соответствует свойствам сухого воздуха при 473 К .

Результаты расчета представить в виде таблиц, указав в числителе значения, полученные аналитически, а в знаменателе — графически.

Исходные данные

Заданы следующие параметры, принадлежащие основным точкам цикла:

- 1) $p_1 = 0.8 \text{ МПа}$
- 2) $v_1 = 0.12 \text{ м}^3/\text{кг}$
- 3) $p_2 = 2.0 \text{ МПа}$
- 4) $p_3 = 1.2 \text{ МПа}$

Виды процессов:

1-2 : $s = \text{const}$

2-3 : $T = \text{const}$

3-4 : $s = \text{const}$

4-1 : $v = \text{const}$

4 семестр

Тема «Расчет процессов теплообмена»

Задание 1. Теплопередача в многослойной плоской стенке

Условия задания. Тепло дымовых газов передается через стенку котла кипящей воде. Заданы температура газов $t_{\text{ж}1}$ и воды $t_{\text{ж}2}$, коэффициент теплоотдачи газами стенке α_1 и от стенки воде α_2 . Стенка плоская.

Требуется:

1) рассчитать термические сопротивления R , коэффициенты теплопередачи k , эквивалентные коэффициенты теплопроводности $\lambda_{\text{экр}}$ и количества передаваемого тепла q от газов к воде через 1 м^2 стенки за 1 с для следующих случаев:

а) стенка стальная, совершенно чистая, толщиной δ_2 ;

б) случай «а», но со стороны воды имеется слой накипи толщиной δ_3 ;

в) случай «б», но поверх накипи имеется слой масла толщиной δ_4 ;

г) случай «в», но со стороны газов стенка покрыта слоем сажи толщиной δ_1 .

2) приняв количество тепла для случая «а» за 100 %, подсчитать в процентах тепло для всех остальных случаев.

3) определить аналитически температуры всех слоев стенки случая «г».

4) построить для случая «г» линию падения температуры в стенке.

Исходные данные

1) температура, °С:

$$t_{ж1} = \underline{\hspace{2cm}} ; t_{ж2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

2) толщина стенки, мм:

$$\delta_1 = \underline{\hspace{2cm}} ; \delta_2 = \underline{\hspace{2cm}} ; \delta_3 = \underline{\hspace{2cm}} ; \delta_4 = \underline{\hspace{2cm}}$$

3) коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К):

$$\alpha_1 = \underline{\hspace{2cm}} ; \alpha_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

4) коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К):

$$\lambda_1 = 0.2; \lambda_2 = 50; \lambda_3 = 2; \lambda_4 = 0.1$$

Задание 2. Конвективный теплообмен

Условия задания. Тепло горячей воды, движущейся внутри круглой горизонтальной трубы, передается воздуху, омывающему трубу по наружной поверхности свободным потоком.

Требуется определить коэффициенты теплоотдачи водой внутренней поверхности трубы и наружной ее поверхностью воздуху, а также коэффициент теплопередачи от воды к воздуху, отнесенный к 1 м длины трубы и ее диаметрам.

Исходные данные

1) внутренний диаметр трубы, мм

$$d_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

2) толщина стенки трубы, мм:

$$\delta = \underline{\hspace{2cm}}$$

3) длина трубы, мм:

$$l = \underline{\hspace{2cm}}$$

4) материал трубы:

$$\underline{\hspace{2cm}}$$

5) средняя скорость воды, м/с:

$$w = \underline{\hspace{2cm}}$$

6) средняя температура воды, °С:

$$t_{ж1} = \underline{\hspace{2cm}}$$

7) температура наружного воздуха, °С:

$$t_{ж2} = \underline{\hspace{2cm}}$$