

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

«Техническая термодинамика»

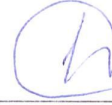
Направление подготовки	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Направленность (профиль) образовательной программы	Тепловые электрические станции
Квалификация выпускника	Бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
2, 3	4, 5	7

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой, Экзамен	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 «Техническая термодинамика» составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Минобрнауки Российской Федерации №143 28.02.2018, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Тепловые электрические станции» по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Практическая подготовка реализуется на основе профессионального стандарта 20.014 «Работник по организации эксплуатации тепломеханического оборудования тепловой электростанции», утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 607н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 07.10.2015 г., регистрационный № 39215).

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. Водяной пар.          Течение газов и паров.          Циклы паротурбинных установок.          Циклы газотурбинных установок.          Циклы двигателей внутреннего сгорания.          Комбинированные циклы теплоэнергетических установок.          Машины для сжатия и расширения газа.          Циклы холодильных установок и тепловых насосов.</p>

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

Процесс изучения дисциплины «Техническая термодинамика» 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
<b>Общепрофессиональные</b>		
ОПК-3 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	<p>ОПК-3.1 Знает основные законы движения жидкости и газа, основы гидродинамики, основные законы термодинамики и термодинамические соотношения</p> <p>ОПК-3.2 Умеет проводить расчеты теплотехнических установок и систем, термодинамических процессов, циклов и их показателей</p> <p>ОПК-3.3 Владеет навыками применения теоретических знаний для решения практических задач получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах</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; схемы и циклы тепловых и холодильных машин, характеристики циклов, пути повышения эффективности работы тепловых и холодильных машин.</p> <p>Уметь: определять параметры рабочих тел, характеристик термодинамических процессов и циклов; анализировать теплоэкономические показатели работы теплоэнергетических установок при изменении определяющих параметров.</p> <p>Владеть навыками: выполнения термодинамических расчетов изменения состояния рабочих тел; определения характеристик термодинамических циклов и показателей тепловой экономичности тепловых машин и холодильных установок.</p>

### 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Техническая термодинамика» изучается на 2, 3 курсе, 4, 5 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: «Физические основы теории горения».

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Техническая термодинамика», будут востребованы при изучении последующих дисциплин: «Гидрогазодинамика», «Теория тепло- и массообмена».

Дисциплина «Техническая термодинамика» в рамках воспитательной работы направлена на формирование у обучающихся чувства ответственности и умения аргументировать, самостоятельно мыслить, развивает творчество, профессиональные умения, системы осознанных знаний, ответственности 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 7 з.е., 252 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	252
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	104
<b>В том числе:</b>	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	56
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), из них в форме практической подготовки	36 16
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа</b> , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	124
Промежуточная аттестация обучающихся – Зачет с оценкой, Экзамен	36

**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)			СРС
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
<b>Тема</b>	2			2

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	
Введение: <i>основное содержание и структура курса, рекомендуемая литература, исторические сведения.</i>				
<b>Тема</b> Термодинамическая система, ее состояние и характеристики: <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>	4			1
<b>Тема</b> 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>	2			
<b>Тема</b> Основные термодинамические законы: <i>первый закон термодинамики; уравнение первого закона термодинамики и его анализ; второй закон термодинамики и его основные положения.</i>	2			1
<b>Тема</b> 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>	2			

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	
<p><b>Тема</b> 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></p>	2			1
<p><b>Тема</b> 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></p>	4			1
<p><b>Тема</b> Реальные газы и пары. Водяной пар: <i>реальные газы, их особенности и отличия от идеальных газов; уравнения состояния реальных газов; уравнение Ван-дер-Ваальса; пары, водяной пар, основные понятия и определения; изменение агрегатного состояния вещества; процесс парообразования, диаграмма p-v для водяного пара; критические параметры водяного пара; теплота, энтальпия и энтропия жидкости; внутренняя, внешняя и полная теплота парообразования; энтальпия и энтропия насыщенного пара; диаграмма T-s для водяного пара; теплота, энтальпия и энтропия перегретого пара; диаграмма i-S для водяного пара; основные термодинамические процессы с водяным паром и диаграммах p-v, T-s, i-s; таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара.</i></p>	4			2
<p><b>Тема</b> Влажный воздух: <i>влажный воздух, основные понятия и определения; параметры влажного воздуха; I-d диаграмма влажного воздуха.</i></p>	2			
<p><b>Тема</b> Течение газов и паров: <i>истечение газов и паров, основные допущения</i></p>	4			2

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	
<i>при термодинамическом исследовании потока газа или пара; уравнение неразрывности струи; уравнение первого закона термодинамики для потока газа; сопла и диффузоры; адиабатное истечение без потерь через суживающие сопла располагаемая работа, скорость истечения и расход газа, критические параметры истечения; зависимость профиля канала от скорости при адиабатном истечении; определение скорости истечения водяного пара по <math>i-s</math> диаграмме; дросселирование (мятие) газов и паров; эффективность преобразования энергии; функции работоспособности; эксергия; эксергетические диаграммы; эксергетические потери и эксергетический КПД; эксергетический анализ термодинамических процессов.</i>				
<b>Тема</b> Определение показателя адиабаты: <i>изучение адиабатного процесса</i>			2	2
<b>Тема</b> Изохорное нагревание воды и водяного пара: <i>изучение свойств водяного пара на линии насыщения</i>			2	2
<b>Тема</b> Исследование процессов во влажном воздухе: <i>определение параметров влажного воздуха</i>			2	2
<b>Тема</b> Определение изобарной теплоемкости воздуха: <i>изучение способа определения удельной массовой теплоемкости</i>			2	2
<b>Тема</b> Термодинамическая система, её состояние и характеристики: <i>основные параметры состояния, внесистемные единицы измерения</i>		1		1
<b>Тема</b> Законы идеальных газов: <i>законы Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля; уравнение состояния</i>		1		1
<b>Тема</b> Газовые смеси:		2		1



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	
<i>Определение параметров смеси</i>				
<b>Тема</b> Теплоемкость идеального газа и газовых смесей: <i>удельные массовая, объемная и мольная теплоемкости; изохорная и изобарная теплоемкости; средняя и истинная теплоемкости.</i>		2		1
<b>Тема</b> Термодинамические процессы: <i>определение энергетических параметров процесса, параметров начального и конечного состояний.</i>		2		1
<b>Тема</b> Круговые процессы или циклы, цикл Карно: <i>определение работы, теплоты и КПД цикла, расчет всего цикла.</i>		2		1
<b>Тема</b> Водяной пар: <i>определение параметров водяного пара с помощью таблиц и диаграмм, построение процессов в диаграмме.</i>		4		1
<b>Тема</b> Течение газов и паров: <i>определение параметров рабочего тела при истечении, скорости и расхода.</i>		2		1
<b>Тема</b> Расчет газового цикла (РГР)				16
<b>Тема</b> Контрольная работа				10
<b>Тема</b> 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
<b>Тема</b> Циклы паротурбинных установок (ПТУ): <i>общее понятие о конденсационных и теплофикационных ПТУ; идеальный цикл ПТУ (цикл</i>	4			6

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			СРС
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
<i>Ренкина), термический КПД цикла, относительный внутренний КПД; пути повышения эффективности циклов ПТУ; влияние начальных и конечных параметров пара на экономичность ПТУ; схема и цикл ПТУ с промежуточным перегревом пара, термический КПД цикла, влияние давления и температуры промежуточного перегрева на термический КПД цикла; термодинамическая эффективность регенерации, степень регенерации, предельная и оптимальная температуры регенерации; схема и цикл ПТУ с регенерацией, оптимальное число отборов пара; тепловой и энергетический балансы ПТУ; основы теплофикации; теплофикационный цикл и три типа установок: с противодавлением, с ухудшенным вакуумом, с регулируемыми отборами пара.</i>				
<b>Тема</b> Машины для сжатия и расширения газа: 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.	4			4
<b>Тема</b> Циклы газотурбинных установок (ГТУ): газотурбинные установки открытого и закрытого типов, их сравнительная оценка и схемы; идеальный цикл ГТУ с подводом тепла при постоянном давлении ( $p = const$ ); реальный цикл ГТУ, внутренний КПД реального цикла, оптимальная степень повышения давления; цикл ГТУ с изобарным подводом тепла и регенерацией; идеальный цикл ГТУ с изобарным подводом тепла и регенерацией; идеальный цикл ГТУ с изохорным ( $v = const$ ) подводом тепла; схема и цикл ГТУ с многоступенчатым сжатием, термический КПД цикла, опти-	4			4

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			СРС
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
<i>мальное отношение давлений по ступеням; цикл ГТУ с многоступенчатым сжатием и регенерацией; схема и цикл ГТУ с многоступенчатым подводом тепла и регенерацией, термодинамически наиболее выгодное и оптимальное давление вторичного подвода тепла, оптимальная степень расширения в ступенях турбины. Схема и цикл с многоступенчатым подводом тепла. Сравнение циклов ГТУ без регенерации. Сравнение циклов ГТУ при полной регенерации.</i>				
<p><b>Тема</b> Комбинированные циклы теплоэнергетических установок: <i>общие принципы комбинирования циклов; бинарные частично-бинарные и составные циклы; комбинированные парогазовые циклы: со смешением рабочих тел Хольцварта-Шюле; с высоконапорным парогенератором; со сбросом газов в топку котла; с подогревом питательной воды уходящими газами ГТ с ДВС и утилизационной ПГУ; высокотемпературные с охлаждением газовой турбиной; термодинамическая оптимизация циклов парогазовых установок (ПГУ); идеальный цикл ПГУ и пути его реализации; теоретический цикл ПГУ с многократным подводом тепла в газовой и паровой частях.</i></p>	6			4
<p><b>Тема</b> Циклы холодильных установок и тепловых насосов: <i>общие принципы трансформации тепла, холодильные машины и тепловые насосы; обратный цикл Карно для холодильной установки, холодильный коэффициент; обратный цикл Карно для теплового насоса, тепловой коэффициент, схема теплового насоса; схема и цикл воздушной компрессорной холодильной установки; схема и цикл идеальной паровой компрессорной холодильной установки; схема и цикл паровой компрессорной холодильной установки с дросселем вместо детандера; паровые компрессорные тепловые насосы, схема отопительной тепло-</i></p>	6			4

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	
<i>насосной установки; схема и принцип действия абсорбционной холодильной установки; схема и принцип действия абсорбционного теплового насоса.</i>				
<b>Тема</b> Циклы двигателей внутреннего сгорания: <i>циклы Отто, Дизеля и Тринклера.</i>		3		4
<b>Тема</b> Циклы паротурбинных установок: <i>цикл Ренкина идеальный и реальный, влияние начальных и конечных параметров пара на КПД, регенерация, промперегрев.</i>		3		4
<b>Тема</b> Машины для сжатия газа: <i>сжатие в одно- и многоступенчатом компрессоре, работа и мощность компрессора.</i>		3		4
<b>Тема</b> Циклы газотурбинных установок: <i>циклы Брайтона и Гемфри, определение работы, мощности и КПД установки.</i>		3		4
<b>Тема</b> Расчет циклов ТЭУ (РГР)				20
<b>Тема</b> Контрольная работа				12
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>54</b>	<b>28</b>	<b>8</b>	<b>124</b>

### 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	36
Подготовка к занятиям семинарского типа	30
Подготовка и оформление контрольных работ и РГР	58
<b>Итого</b>	<b>124</b>

## **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 втузов.– М.: Стройиздат, 1985.– 432 с.
6. Видин, Ю. В. Техническая термодинамика и теплообмен : 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 втузов / Под общ. ред. А.П. Баскакова.– М.: Энергоиздат, 1982.– 263 с.
3. Зубарев В.Н. и др. Практикум по технической термодинамике. Учебное пособие для втузов.– М.: Энергоатомиздат, 1986.– 304 с.
4. Андрющенко 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 втузов.– М.: Высшая школа, 1980.
7. Андрющенко 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. Звиняцкий, 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. Звиняцкий, А. В. Смирнов Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2014.- 8 с.

#### **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: <a href="https://www.openoffice.org/license.html">https://www.openoffice.org/license.html</a>
SMathStudio	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: <a href="https://ru.smath.info/">https://ru.smath.info/</a>

## **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 наиважнейшему 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. № 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

### «Техническая термодинамика»

Направление подготовки	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Направленность (профиль) образовательной программы	Тепловые электрические станции
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, 5	7

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой, Экзамен	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
<b>Общепрофессиональные</b>		
ОПК-3 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	<p>ОПК-3.1 Знает основные законы движения жидкости и газа, основы гидродинамики, основные законы термодинамики и термодинамические соотношения</p> <p>ОПК-3.2 Умеет проводить расчеты теплотехнических установок и систем, термодинамических процессов, циклов и их показателей</p> <p>ОПК-3.3 Владеет навыками применения теоретических знаний для решения практических задач получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах</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; схемы и циклы тепловых и холодильных машин, характеристики циклов, пути повышения эффективности работы тепловых и холодильных машин.</p> <p>Уметь: определять параметры рабочих тел, характеристик термодинамических процессов и циклов; анализировать теплоэкономические показатели работы теплоэнергетических установок при изменении определяющих параметров.</p> <p>Владеть навыками: выполнения термодинамических расчетов изменения состояния рабочих тел; определения характеристик термодинамических циклов и показателей тепловой экономичности тепловых машин и холодильных установок.</p>

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Общая техническая термодинамика	ОПК-3	Опорный конспект лекций	<ul style="list-style-type: none"> <li>- оптимальный объем текста (не более одной трети оригинала);</li> <li>- логическое построение и связность текста;</li> <li>- полнота/ глубина изложения материала (наличие ключевых положений, мыслей);</li> <li>- визуализация информации как результат ее обработки (таблицы, схемы, рисунки);</li> <li>- оформление (аккуратность, соблюдение структуры оригинала).</li> </ul>
	ОПК-3	Собеседование	<ul style="list-style-type: none"> <li>- глубина, прочность, систематичность знаний;</li> <li>- адекватность применяемых знаний ситуации;</li> <li>- рациональность используемых подходов;</li> <li>- степень проявления необходимых про-</li> </ul>

			<p>фессионально значимых личностных качеств;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- степень значимости определенных ценностей;</li> <li>- проявленное отношение к определенным объектам, ситуациям;</li> <li>- умение поддерживать и активизировать беседу, корректное поведение.</li> </ul>
	ОПК-3	Задачи практических занятий	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способность анализировать и обобщать информацию;</li> <li>- способность синтезировать новую информацию;</li> <li>- способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения;</li> <li>- установление причинно-следственных связей, выявление закономерности.</li> </ul>
	ОПК-3	Лабораторные работы	<ul style="list-style-type: none"> <li>- соответствие отчета предъявляемым требованиям;</li> <li>- правильность и аккуратность написания отчета;</li> <li>- способность делать обоснованные выводы на основе экспериментальных данных;</li> <li>- степень точности ответов на контрольные вопросы,</li> <li>- установление причинно-следственных связей, выявленных зависимостей.</li> </ul>
	ОПК-3	Расчетно-графическая работа	<ul style="list-style-type: none"> <li>- соответствие предполагаемым ответам;</li> <li>- правильное использование алгоритма выполнения решения;</li> <li>- логика рассуждений;</li> <li>- неординарность подхода к решению задач.</li> </ul>
	ОПК-3	Контрольная работа	<ul style="list-style-type: none"> <li>- соответствие предполагаемым ответам;</li> <li>- правильное использование алгоритма выполнения решения;</li> <li>- логика рассуждений;</li> <li>- неординарность подхода к решению задач.</li> </ul>
Термодинамика циклов теплоэнергетических установок	ОПК-3	Опорный конспект лекций	<ul style="list-style-type: none"> <li>- оптимальный объем текста (не более одной трети оригинала);</li> <li>- логическое построение и связность текста;</li> <li>- полнота/ глубина изложения материала (наличие ключевых положений, мыслей);</li> <li>- визуализация информации как результат ее обработки (таблицы, схемы, рисунки);</li> <li>- оформление (аккуратность, соблюдение структуры оригинала).</li> </ul>
	ОПК-3	Задачи практических занятий	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способность анализировать и обобщать информацию;</li> <li>- способность синтезировать новую информацию;</li> <li>- способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения;</li> <li>- установление причинно-следственных связей, выявление закономерности.</li> </ul>
	ОПК-3	Расчетно-графическая работа	<ul style="list-style-type: none"> <li>- соответствие предполагаемым ответам;</li> <li>- правильное использование алгоритма выполнения решения;</li> <li>- логика рассуждений;</li> </ul>

			- неординарность подхода к решению задач.
	ОПК-3	Контрольная работа	- соответствие предполагаемым ответам; - правильное использование алгоритма выполнения решения; - логика рассуждений; - неординарность подхода к решению задач.
Все темы	ОПК-3	Вопросы экзамена	- глубина знаний теоретических вопросов билета; - глубина знаний дополнительных вопросов; - логика рассуждений.

## 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
4семестр <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	30 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 отличное 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.</p> <p>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	20 баллов	20 баллов - студент полностью выполнил задание контрольной работы, показал отличные знания и умения в рамках усвоенного учебного материала, контрольная работа оформлена аккуратно

№	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				и в соответствии с предъявляемыми требованиями. 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. 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. 0 баллов - студент не полностью выполнил задание контрольной работы, при этом проявил недостаточный уровень знаний и умений, а также неспособен пояснить полученный результат.
6	Контрольная работа	В течение семестра	20 баллов	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. 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. 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. 0 баллов - студент не полностью выполнил задание контрольной работы, при этом проявил недостаточный уровень знаний и умений, а также неспособен пояснить полученный результат.
ИТОГО:		-	100 баллов	-
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b>  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
5 семестр				

№	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<i>Промежуточная аттестация в форме экзамена</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	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>
3	Расчетно-графическая работа	В течение семестра	10 баллов	<p>10 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>7 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>4 баллов - студент полностью выполнил задание контрольной работы, но допустил существенные неточности, не проявил умения правильно</p>



№	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				<p>интерпретировать полученные результаты, качество оформления контрольной работы имеет недостаточный уровень.  0 баллов - студент не полностью выполнил задание контрольной работы, при этом проявил недостаточный уровень знаний и умений, а также не способен пояснить полученный результат.</p>
4	Контрольная работа	В течение семестра	10 баллов	<p>10 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.  7 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.  4 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.  0 баллов - студент не полностью выполнил задание контрольной работы, при этом проявил недостаточный уровень знаний и умений, а также не способен пояснить полученный результат.</p>
5	Экзамен	На экзаменационной сессии	60 баллов	<p>60 баллов - студент правильно ответил на теоретический вопрос билета. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.  45 баллов - студент ответил на теоретический вопрос билета с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.  20 баллов - студент ответил на теоретический вопрос билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.  0 баллов - при ответе на теоретический вопрос билета студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество</p>

№	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				<i>неправильных ответов.</i>
ИТОГО:		-	100 баллов	-
<b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b> 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)				

### Задания для текущего контроля

#### Вопросы для собеседования

##### 4 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, политропный).
7. Газовые смеси. Основные расчетные формулы газовых смесей.
8. Второй закон термодинамики. Основные формулировки.
9. Круговые процессы или циклы. Понятие о прямых и обратных циклах.
10. Понятие о термодинамическом цикле тепловых машин. Термический КПД цикла.
11. Идеальный цикл Карно. Термический КПД цикла Карно.
12. Определение изменения энтропии в термодинамических процессах.
13. Тепловая диаграмма. Основные свойства диаграммы  $T$ - $s$ .
14. Обобщенный цикл Карно.
15. Реальные газы. Качественные особенности реальных газов.
16. Водяной пар. Основные понятия и определения.
17. Процесс парообразования. Диаграмма  $p$ - $v$  для водяного пара.
18. Диаграмма  $i$ - $s$  для воды и водяного пара.
19. Основные термодинамические процессы с водяным паром в диаграммах  $p$ - $v$ ,  $T$ - $s$ ,  $i$ - $s$ .
20. Влажный воздух. Основные характеристики влажного воздуха.
21. Истечение газов и паров.
22. Сопла и диффузоры.
23. Зависимость профиля канала от скорости при адиабатном истечении. Сопло Лаваля.
24. Дросселирование газов и паров.

#### Контрольные вопросы для защиты лабораторных работ

Лабораторная работа №1. Определение показателя адиабаты:

1. Дайте определение адиабатному процессу?
2. Чему равен показатель адиабаты для различных газов?
3. Изобразите адиабатный процесс в  $p$ , $v$ - диаграмме.

Лабораторная работа №2. Изохорное нагревание воды и водяного пара:

1. Изобразите фазовую диаграмму для воды.
2. Перечислите фазовые переходы.
3. Дайте определение понятию «критическая точка»

Лабораторная работа №3. Исследование процессов во влажном воздухе:

1. Дайте определение понятию «абсолютная влажность».
2. Дайте определение понятию «влажностное содержание».
3. Дайте определение понятию «точка росы».

Лабораторная работа №4. Определение изобарной теплоемкости воздуха:

1. Какие виды теплоемкостей существуют?
2. Сформулируйте закон Майера.
3. Чему равна теплоемкость воздуха?

### *Примеры практических задач*

Контрольная работа проводится по темам, рассматриваемым на практических занятиях. В контрольное задание входят две задачи. Ниже приведены одни из вариантов контрольных заданий для 4 и 5 семестра.

*4 семестр:*

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

**Задача 2.** Воздух в компрессоре сжимается по политропе  $n=1,25$  от  $1$  до  $8 \text{ ат}$ ; начальная температура воздуха  $27 \text{ }^\circ\text{C}$ . После сжатия воздух проходит через холодильник, охлаждаемый холодной водой с  $t_1=10 \text{ }^\circ\text{C}$ . Определить часовой расход циркуляционной воды в холодильнике, если она нагревается до  $18 \text{ }^\circ\text{C}$ . Производительность компрессора  $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$  при нормальных физических условиях, а воздух охлаждается до  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  при постоянном давлении в холодильнике.

*5 семестр:*

**Задача 1.** В паросиловом цикле Ренкина пар перед турбиной имеет параметры  $p_1=3,5 \text{ МПа}$  и  $t_1=435 \text{ }^\circ\text{C}$ , давление в конденсаторе  $p_2=0,004 \text{ МПа}$ . Определить термический КПД цикла, сравнить его с КПД цикла Карно, а также определить абсолютный внутренний КПД паровой турбины, если внутренний относительный КПД  $\eta_{oi}=0,82$ . Представить цикл в  $T-s$  диаграмме и тепловой процесс в турбине в  $i-s$  диаграмме.

**Задача 2.** Определить термический КПД идеального цикла ГТУ, работающей с подводом теплоты при  $p=\text{const}$ , а также термический КПД действительного цикла, то есть с учетом необратимости процессов расширения и сжатия в турбине и компрессоре, если внутренние относительные КПД турбины и компрессора  $\eta_{oiT}=0,88$  и  $\eta_{oiK}=0,85$ . Для этой установки известно, что  $t_1=20 \text{ }^\circ\text{C}$ , степень повышения давления в компрессоре  $\beta=6$ : температура газа перед турбиной  $t_3=900 \text{ }^\circ\text{C}$ . Рабочее тело – воздух, теплоемкость его постоянна, показатель адиабаты  $k=1,4$ . Представить циклы в  $T-s$  диаграмме.

### *Характеристика заданий для контрольных работ*

Контрольная работа каждого семестра включает четыре теоретических вопроса, позволяющих глубже изучить тот или иной раздел термодинамики. Номера вопросов вы-

бираются по номеру варианта из соответствующей таблицы. Ниже приведены вопросы для контрольных работ 5 и 6 семестра.

#### 4 семестр

Вопрос 3. Почему внутреннюю энергию, энтальпию и энтропию рабочего тела называют параметрами или функциями состояния, а теплоту и работу – функциями процесса?

Вопрос 12. Как доказать, что в  $p-v$ - диаграмме адиабатный процесс расширения 1 кг идеального газа идет более круто, чем изотермический, считая, что начальное состояние газа в обоих случаях одинаково?

Вопрос 19. Как с помощью формул и таблиц воды и водяного пара по заданной величине температуры и степени сухости пара определить давление, удельные объем, энтальпию, энтропию и внутреннюю энергию влажного насыщенного пара? Назовите входящие в формулы величины и в каких единицах они выражаются?

Вопрос 27. Для чего применяется сопло Лавала? Изобразите схематически это сопло. Как меняются вдоль сопла давление и скорость газа?

#### 5 семестр

Вопрос 1. Как определяется термический КПД идеального цикла поршневых двигателей внутреннего сгорания с изохорным и изобарным подводами теплоты? Какой из этих КПД при одинаковых максимальных и минимальных температурах в циклах больше и почему?

Вопрос 2. Чем вызвано создание поршневых двигателей внутреннего сгорания со смешанным подводом теплоты? Изобразите идеальный цикл такого двигателя в диаграммах  $P-v$  и  $T-S$ . Напишите формулу для определения термического КПД этого цикла. Дайте краткие пояснения.

Вопрос 3. По какому признаку разделяются идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания. Приведите их в диаграммах и назовите процессы, протекающие в двигателях с точки зрения их физической и термодинамической сущности. Назовите основные конструктивные размеры двигателя и безразмерные параметры цикла.

Вопрос 4. Сравните идеальные циклы двигателей внутреннего сгорания при одинаковых степенях сжатия и начальных параметрах, пользуясь методом сравнения площадей и методом среднеинтегральных температур, а также диаграммами состояний  $P-v$  и  $T-S$ .

### Пример заданий на РГР

#### 4 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  $\Delta u$ , энтальпии  $\Delta i$ , энтропии  $\Delta s$ , теплоту процесса  $q$ , работу процесса  $l$ , располагаемую работу  $l_0$ ;

3) определить суммарные количества теплоты подведенной  $q_1$  и отведенной  $q_2$ , работу цикла  $l_{ц}$ , располагаемую работу цикла  $l_{0ц}$ , термический к.п.д. цикла  $\eta_t$ , 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-четырех 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  $473 \text{ К}$ .

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 :  $v = \text{const}$

### 5 семестр

#### Тема: расчет циклов тепловых машин

**Задание 1.** Для идеального цикла ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме определить параметры ( $p, v, T$ ) в характерных точках, количество подведенной и отведенной теплоты, термический КПД, а также полезную работу в цикле, если  $1 \text{ кг}$  воздуха в начале адиабатного сжатия имеет следующие параметры:  $p_1=0,1 \text{ МПа}$  и  $t_1=20 \text{ }^\circ\text{C}$ , степень сжатия  $\varepsilon=7$ , степень повышения давления  $\lambda=1,7$ . Изобразить цикл в  $p-v$  и  $T-s$  диаграммах.

**Задание 2.** Поршневой компрессор всасывает  $325 \text{ м}^3/\text{ч}$  воздуха при  $p_1=1 \text{ бар}$  и  $t_1=21 \text{ }^\circ\text{C}$  и сжимает его до  $6 \text{ бар}$ . Какое количество воды нужно пропускать через рубашку компрессора в час, если сжатие происходит политропно с показателем  $n=1,2$  и температура воды повышается на  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ ? Изобразить цикл компрессора в диаграмме  $p-v$ .

**Задание 3.** Паросиловые установки работают по циклу Ренкина при одинаковых начальных и конечных давлениях  $p_1=3 \text{ МПа}$  и  $p_2=5 \text{ кПа}$  соответственно. Сравнить термические КПД идеальных циклов, если в одном случае рабочее тело – влажный пар со степенью сухости  $x_1=0,85$ , в другом – сухой насыщенный пар и в третьем – перегретый пар с температурой  $t_1=380 \text{ }^\circ\text{C}$ . Изобразить тепловые процессы идеальных циклов в  $i-s$  диаграмме.

**Задание 4.** Для идеального цикла газотурбинной установки с подводом теплоты при  $p=\text{const}$  определить основные параметры ( $p, v, T$ ) в характерных точках, термический КПД, полезную работу, а также количество подведенной и отведенной теплоты, если температура и давление рабочего тела (воздуха) в начале адиабатного сжатия равны  $t_1=40 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $p_1=0,085 \text{ МПа}$ , а температура рабочего тела в конце расширения  $t_2=180 \text{ }^\circ\text{C}$ , степень повышения давления  $\beta=4$ , степень предварительного расширения  $p=2,1$ . Представить цикл в  $p-v$  и  $T-s$  диаграммах.

**Методические указания.**

Для ДВС и ГТУ считать рабочим телом воздух с характеристиками:  $R=287$  Дж/(кг·К),  $c_v=0,717$  кДж/( кг·К),  $c_p=1,004$  кДж/( кг·К),  $k=1,4$ .

Для ГТУ расчет цикла начинать с изображения качественного графика в  $p-v$  и  $T-s$  диаграммах.

Для расчета цикла ПТУ следует использовать диаграмму  $i-s$ . При определении термического КПД цикла Ренкина иметь в виду, что  $i'_2=c_b \cdot t_k$ , где  $c_b=4,19$  кДж/( кг·К).

**Задания для промежуточной аттестации****Контрольные вопросы к экзамену***5 семестр*

1. Идеальные циклы. Цикл Карно. Термический КПД цикла. Обобщенный цикл Карно.
2. Идеальные циклы ДВС (Отто, Дизеля, Тринклера), основные параметры и характеристики цикла, термический КПД.
3. Сравнение идеальных циклов ДВС в диаграммах  $p-v$ ,  $T-s$ .
4. Расчетные циклы ДВС.
5. Рабочие циклы ДВС. Индикаторные диаграммы четырехтактных и двухтактных ДВС без наддува и с наддувом.
6. Термодинамический цикл ДВС с изобарной турбиной.
7. Термодинамический цикл ДВС с «импульсной» турбиной.
8. Общее понятие о конденсационных и теплофикационных ПТУ.
9. Идеальный цикл ПТУ (цикл Ренкина), схема простейшей ПТУ. Термический КПД цикла.
10. Реальный цикл ПТУ. Внутренний КПД цикла. Относительный внутренний КПД.
11. Пути повышения эффективности циклов ПТУ.
12. Влияние начальных и конечных параметров пара на экономичность ПТУ.
13. Цикл и схема ПТУ с промежуточным перегревом пара. Термический КПД цикла.
14. Влияние давления и температуры промперегрева на термический КПД цикла.
15. Термодинамическая эффективность регенерации. Степень регенерации.
16. Предельная и оптимальная температуры регенерации.
17. Схема и цикл регенеративной ПТУ. КПД цикла. Оптимальное число отборов пара. Эффективность подогревателей питательной воды низкого, среднего и высокого давлений.
18. Основы теплофикации. Теплофикационный цикл и три типа установок: с противодействием, с ухудшенным вакуумом, с регулируемыми отборами пара.
19. Схемы и принцип действия ГТУ открытого и закрытого типов, их сравнительный анализ.
20. Схемы и принципы работы ГТУ открытого типа с подводом теплоты при постоянном давлении и постоянном объеме.
21. Идеальный цикл ГТУ с подводом теплоты при  $p=\text{const}$ , характеристики цикла, термический КПД.
22. Реальный цикл ГТУ. Внутренний КПД реального цикла. Оптимальная степень повышения давления.
23. Схема и цикл ГТУ с изобарным подводом теплоты и регенерацией. Термический КПД цикла. Степень регенерации.
24. Изотермический цикл ГТУ с регенерацией. Реальные пути приближения к изотермическому циклу.
25. Схема и цикл ГТУ с изохорным подводом теплоты. Характеристики цикла. Термический КПД.
26. Схема и цикл ГТУ постоянного горения с многоступенчатым сжатием, промежуточным охлаждением воздуха и регенерацией. Термический КПД цикла. Оптимальное отношение давлений в каждой ступени.

27. Схема и цикл ГТУ постоянного горения с многоступенчатым подводом теплоты и регенерацией. Термический КПД цикла. Термодинамическинаивыгоднейшее и оптимальное давление вторичного подвода теплоты. Оптимальная степень расширения в ступенях расширения турбины.
28. Схема и цикл ГТУ постоянного горения с многоступенчатым сжатием и промежуточным охлаждением воздуха, с многоступенчатым подводом теплоты и регенерацией. Термический КПД цикла.
29. Сравнение циклов ГТУ без регенерации.
30. Сравнение циклов ГТУ при полной регенерации.
31. Сжатие газов. Устройства для сжатия газов (компрессоры, воздуходувки, вентиляторы).
32. Идеальный цикл одноцилиндрового поршневого компрессора. характеристики цикла. Зависимость работы компрессора от характера термодинамического процесса.
33. Многоступенчатое сжатие. Цикл поршневого компрессора с многоступенчатым сжатием и промежуточным охлаждением газа.
34. Комбинированные циклы теплоэнергетических установок. Цель комбинирования.
35. Общие принципы комбинирования циклов. Бинарные, частично бинарные и составные циклы. Бинарный цикл и схема комбинированной установки с верхней надстройкой. Составной цикл и схема составной установки.
36. Комбинированные парогазовые циклы. Схема и цикл парогазовой установки со смешением рабочих тел.
37. Схема и цикл парогазовой установки (ПГУ) Хольцварта-Шюле.
38. Схема и цикл ПГУ с высоконапорным парогенератором.
39. Схема и цикл ПГУ со сбросом газов в топку парового котла.
40. Схема и цикл ПГУ с подогревом питательной воды уходящими газами газовой турбины.
41. Схема и цикл ПГУ с ДВС и утилизационной ПТУ.
42. Схема и цикл высокотемпературной ПГУ с охлаждаемой газовой турбиной.
43. Термодинамическая оптимизация циклов ПГУ: идеальный цикл ПГУ и пути его реализации. Теоретический цикл ПГУ с многократным подводом теплоты в газовой и паровой частях.
44. Общие принципы трансформации теплоты. Холодильные машины и тепловые насосы.
45. Обратный цикл Карно для холодильной установки. Холодильный коэффициент.
46. Обратный цикл Карно для теплового насоса. Тепловой коэффициент схема теплового насоса.
47. Схема и цикл воздушной компрессорной холодильной установки. теоретический холодильный коэффициент цикла  $K_{х1}$  и его соотношение с холодильным коэффициентом  $K_{хк}$  цикла Карно. Зависимость необратимости цикла от ширины цикла.
48. Цикл и схема идеальной паровой компрессорной холодильной установки. Причины практической нецелесообразности этого цикла.
49. Схема и цикл паровой компрессорной холодильной установки с дросселем вместо детандера. Холодильный и тепловой коэффициенты.
50. Паровые компрессорные тепловые насосы. Схема отопительной теплонасосной установки.
51. Схема и принцип действия абсорбционной холодильной установки. коэффициент преобразования энергии.
52. Схема и принцип действия абсорбционного теплового насоса.