МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Шифр	Наименование дисциплины (модуля)
Б1.В.ОД.7	Техническая термодинамика

Код направления подготовки	08.03.01
Направление подготовки	Строительство
Наименование ОПОП (профиль)	Теплогазоснабжение и вентиляция
Год начала подготовки	2013
Уровень образования	бакалавриат (академический, прикладной)
Форма обучения	очная, очно-заочная, заочная

Разработчики:

должность	ученая степень, звание	подпись	ФИО
профессор	***к.т.н., доцент***		***Мирам А.О.***
профессор	***к.т.н., доцент***		***Павленко В.А.***

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры: «Теплотехника и теплогазоснабжение»

должность	подпись	ученая степень и звание, ФИО		
Зав. кафедрой		**д.т.н., профессор Хаванов П.А.**		
год обновления	2015			
Номер протокола	№ 1			
Дата заседания кафедры ТТГС	28.08.2015			

Рабочая программа утверждена и согласована:

Подразделение/комиссия	Должность	ФИО	подпись	Дата
Методическая комиссия	доцент	Нечитаева В.А.		
НТБ	директор	Ерофеева О.Р.		
ЦОСП	начальник	Беспалов А.Е.		

1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Техническая термодинамика» является:

- подготовить дипломированного бакалавра по профилю «Теплогазоснабжение и вентиляция» в области, определяющей технические требования к технологическим системам;
- обеспечить общетехническую подготовку, необходимую для бакалавра во всех областях строительства.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Компетенция по ФГОС	Код компетенции по ФГОС	Основные показатели освоения (показатели достижения результата)	Код показателя освоения
Знание нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест	ПК-1	**Знает** действующие нормативные документы РФ в области теплотехники и термодинамики	З1
		Умеет выбирать нормативы, необходимые для проведения конкретных расчетов	У1
		Имеет навыки пользования нормативными документами для выбора исходных данных для расчетов	Н1
Способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных расчетов, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	ПК-3	**Знает** правила оформления строительных чертежей в области теплотехники	З2
		Умеет применять проектную и рабочую документацию для расчетов	У2
		Имеет навыки оформления результатов расчетов в соответствии с действующими нормами	Н2
Знание научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности	ПК-13	**Знает** основные отечественные и зарубежные достижения в области нормирования и моделирования параметров	З3
		Умеет выбирать информацию, необходимую для проведения конкретных расчетов	У3
		Имеет навыки использования полученной информации при проектировании	Н3
Способность составлять отчеты по выполненным работам, участвовать во внедрении результатов исследований и практических разработок	ПК-15	**Знает** основные правила оформления отчетов по выполненным работам	З4
		Умеет составлять отчеты о выполненной работе	У4
		Имеет навыки составления отчетов по имеющимся правилам	Н4
Владением методами опытной проверки оборудования и средств технологического обеспечения	ПК-17	**Знает** методы проверки оборудования	З5
		Умеет выбирать информацию, необходимую для проверки оборудования и технологического обеспечения	У5
		Имеет навыки применения методов опытной проверки оборудования	Н5

3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Техническая термодинамика» относится к вариативной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» (уровень бакалавриата), профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция» и является обязательной к обучению.

Дисциплина *«Техническая термодинамика»* базируется на знаниях, умениях и навыках, приобретенных студентами в ходе изучения дисциплин: математика, физика, информатика, механика жидкости и газа, химическая термодинамика и служит основой для изучения дисциплин профессиональной направленности.

Требования к входным знаниям, умениям и компетенциям студентов.

Студент должен:

Знать:

- основные физические явления, фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики;
- фундаментальные основы высшей математики, включая линейную алгебру и математический анализ, теорию вероятностей и основы математической статистики;
- основные понятия информатики, современные средства вычислительной техники, основы алгоритмического языка и технологию составления программ;
- основы механики жидкости и газа, а также основы гидравлики;
- терминологию, основные понятия, относящиеся к статике и динамике сооружений;
- основные методы решения задач статики и динамики сооружений;
- проводить формализацию поставленной задачи на основе современного математического аппарата;
- пользоваться справочной технической литературой;
- формулировать и решать задачи технической термодинамики;
- применять первый закон термодинамики для составления энергетического баланса для теплотехнических систем;
- проводить анализ и расчет термодинамических процессов идеального газа, водяного пара и влажного воздуха, процессов истечения и дросселирования;
- определить мощность привода компрессора (насоса, вентилятора);
- определять холодильную мощность холодильной машины.

Уметь:

- самостоятельно использовать математический аппарат, содержащийся в литературе по строительным наукам, расширять свои математические познания;
- работать на персональном компьютером, пользоваться операционной системой и основными офисными приложениями;
- формулировать и решать задачи по молекулярной физике, тепловым процессам, теплоообмену;

Владеть:

– первичными навыками и основными методами решения математических задач из общеинженерных и специальных дисциплин профилизации;

- методами практического использования современных компьютеров для обработки информации и основами численных методов решения инженерных задач;
- современной научной аппаратурой, навыками ведения физического эксперимента;
- основными законами и уравнениями термодинамики.

Дисциплины, для которых дисциплина «Техническая термодинамика» является предшествующей:

«Тепломассообмен» ;

«Основы обеспечения микроклимата зданий»;

«Насосы, вентиляторы и компрессоры в системах ТГВ»;

«Отопление»;

«Вентиляция»;

«Кондиционирование воздуха и холодоснабжение зданий»;

«Генераторы тепла и автономное теплоснабжение зданий»;

«Централизованное теплоснабжение»;

«Газоснабжение».

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Форма обучения - очная

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)						Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Контактная работа с обучающимися					Самостоятельная работа	
				Лекции	Практико-ориентированные занятия			КСР		
					Лабораторный практикум	Практические занятия	Групповые консультации по КП/КР			
1.	Введение. Первый закон термодинамики	4	1-2	4	6				10	Защита лабораторных работ.
2.	Второй закон термодинамики	4	3-5	4	8				18	Защита лабораторных работ.
3.	Реальные пары и газы. Вода и водяной пар. Влажный воздух	4	6-8	4	4				10	Защита лабораторных работ. Контрольная работа. Курсовая работа.
4.	Истечение и дросселирование газов и паров. Компрессоры	4	9-10	4					6	Курсовая работа.
5.	Тепловые двигатели. Циклы, термически к.п.д.	4	11-12	8		8			20	Контрольная работа. Курсовая работа.
6.	Холодильные машины. Циклы, показатели работы	4	13-14	4	6				10	Защита лабораторных работ. Курсовая работа.
7.	Альтернативные источники энергии	4	15-16	4					6	Курсовая работа.
	Итого:		16	32	24	8			80	экзамен

Форма обучения-очно-заочная

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)						Формы текущего контроля успеваемости *(по неделям семестра)* Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)*
				Контактная работа с обучающимися					Самостоятельная работа	
				Лекции	Практико-ориентированные занятия			КСР		
					Лабораторный практикум	Практические занятия	Групповые консультации по КП/КР			
1.	Введение. Первый закон термодинамики	5	1-2	6		4			20	
2.	Второй закон термодинамики	5	3-5	6		4			18	
3.	Реальные пары и газы. Вода и водяной пар. Влажный воздух	5	6-8	4		2			12	Контрольная работа. Курсовая работа
4.	Истечение и дросселирование газов и паров. Компрессоры	5	9-10	4					10	Курсовая работа
5.	Тепловые двигатели. Циклы, термически к.п.д.	5	11-13	8		4			10	Контрольная работа. Курсовая работа
6.	Холодильные машины. Циклы, показатели работы	5	13-14	4		2			14	Курсовая работа
7.	Альтернативные источники энергии	5	15-18	4		2			6	Курсовая работа
	Итого:			36		18			90	экзамен

Форма обучения-заочная

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)						Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Контактная работа с обучающимися					Самостоятельная работа	
				Лекции	Практико-ориентированные занятия			КСР		
					Лабораторный практикум	Практические занятия	Групповые консультации по КП/КР			
1.	Введение. Первый закон термодинамики	5		1	2	2			20	Защита лабораторных работ.
2.	Второй закон термодинамики	5		1		2			20	Защита лабораторных работ.
3.	Реальные пары и газы. Вода и водяной пар. Влажный воздух	5		1	2				20	Защита лабораторных работ. Контрольная работа. Курсовая работа.
4.	Истечение и дросселирование газов и паров. Компрессоры	5		1					20	Курсовая работа.
5.	Тепловые двигатели. Циклы, термически к.п.д.	5		2					20	Контрольная работа. Курсовая работа.
6.	Холодильные машины. Циклы, показатели работы	5		1					20	Курсовая работа.
7.	Альтернативные источники тепловой энергии	5		1					8	Курсовая работа.
	Итого:			8	4	4			128	экзамен

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

5.1. Содержание лекционных занятий

5.1.1 Очная форма обучения:

№ п/п	Наименование раздела (темы)	Содержание занятия	Кол-во акад. часов
1	Введение. Первый закон термодинамики	Предмет технической термодинамики, место и роль в системе подготовки бакалавра. Теплотехника в строительстве и энергетике. Проблема экономии топлива. Защита окружающей среды. Основные понятия и определения. Теплота и работа. Параметры состояния. Термодинамический процесс. Уравнение состояния идеальных газов. Сущность, формулировки, аналитическое выражение. Внутренняя энергия. Первый закон термодинамики для потока. Энтальпия. Энтропия. Теплоемкость. Массовая, объемная и мольная теплоемкости. Теплоемкость при постоянном давлении и объеме. Температурная зависимость теплоемкости. Средняя и истинная теплоемкости. Функция состояния и функция процессов.	4
2	Второй закон термодинамики	Изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы. Политропные процессы. Уравнение политропы. Определение показателя политропы. Процессы в PV-TS-координатах. Второй закон термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Обратимость и равновесность. Сущность, основные формулировки второго закона. Термодинамические циклы тепловых машин. Термический КПД. Цикл Карно и его свойства. Интеграл Клаузиуса для обратимого и необратимого циклов. Аналитическое выражение второго закона термодинамики. Изменение энтропии и работоспособность изолированной термодинамической системы. Понятие об эксергии.	4
3	Реальные пары и газы. Вода и водяной пар. Влажный воздух	Свойства реальных газов. Фазовое равновесие и фазовые переходы. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Фазовые диаграммы. Процессы парообразования в PV-TS-диаграммах. Водяной пар. Термодинамические таблицы водяного пара, i-S-диаграмма. Расчет процессов водяного пара. Характеристики влажного воздуха. Температура мокрого термометра. Id-диаграмма влажного воздуха. Процессы изменения состояния влажного воздуха, в Id-диаграмме: подогрев, охлаждение, сушка, увлажнение, смешение.	4
4	Истечение и дросселирование газов и паров. Компрессоры.	Применение первого закона термодинамики к процессу истечения. Адиабатическое истечение. Скорость адиабатного истечения. Зависимость массового расхода от перепада давлений. Критическое отношение давлений. Условие перехода через критическую скорость. Сопло Лаваля, термодинамический анализ изменения параметров вдоль сопла. Расчет процесса истечения водяного пара с помощью i-S-	4

		диаграммы. Действительный процесс истечения. Дросселирования газов и паров. Сущность процесса. Изменение параметров в процессе дросселирования. Эффект Джоуля-Томсона, температура инверсии. Практическое использование процесса дросселирования. Термодинамический анализ процессов в компрессорах. Поршневой и центробежный компрессоры. Принцип действия. Работа, затрачиваемая на привод компрессора. Индикаторная диаграмма. Многоступенчатый компрессор. Изображение в PV-TS-диаграммах термодинамических процессов, протекающих в компрессорах	
5	Тепловые двигатели. Циклы, термический к.п.д.	Анализ циклов. Изображение в PV- и TS-диаграммах. Термический КПД цикла теплового двигателя. Циклы газотурбинных установок. Газотурбинные установки. Циклы ГТУ с подводом теплоты при p = const и V = const. Сравнение циклов ГТУ. Методы повышения КПД ГТУ. Принципиальная схема паросиловой установки. Цикл Ренкина и его исследование. Влияние начальных и конечных параметров на термический КПД цикла Ренкина. Изображение в PV-, TS- и i-S-диаграммах. Пути повышения экономичности паросиловых установок, теплофикационный цикл. Понятия о циклах атомных установок. Циклы парогазовых установок. Циклы установок газотурбинных	8
6	Циклы холодильных машин и теплового насоса	Циклы холодильных установок. Холодильный коэффициент и холодопроизводительность. Понятие о паро-компрессорных, пароэжекторных и абсорбционных холодильных установках. Цикл теплового насоса. Отопительный коэффициент.	4
7	Альтернативные источники тепловой энергии	Термодинамические основы использования альтернативных возобновляемых источников энергии для ОВКВГВ. Тепловой насос, энергия Солнца, геотермальные воды, ветер, волны, приливы-отливы.Термо э.д.с. Новейшие методы получения энергии.	4

5.1.2. Очно-заочная форма обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание занятия	Кол-во акад. часов
1	Введение. Первый закон термодинамики	Предмет технической термодинамики, место и роль в системе подготовки бакалавра. Теплотехника в строительстве и энергетике. Проблема экономии топлива. Защита окружающей среды. Основные понятия и определения. Теплота и работа. Параметры состояния. Термодинамический процесс. Уравнение состояния идеальных газов. Сущность, формулировки, аналитическое выражение. Внутренняя энергия. Первый закон термодинамики для потока. Энтальпия. Энтропия. Теплоемкость. Массовая, объемная и моль-	6

		ная теплоемкости. Теплоемкость при постоянном давлении и объеме. Температурная зависимость теплоемкости. Средняя и истинная теплоемкости. Функция состояния и функция процессов.	
2	Второй закон термодинамики	Изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы. Политропные процессы. Уравнение политропы. Определение показателя политропы. Процессы в PV-TS-координатах. Второй закон термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Обратимость и равновесность. Сущность, основные формулировки второго закона. Термодинамические циклы тепловых машин. Термический КПД. Цикл Карно и его свойства. Интеграл Клаузиуса для обратимого и необратимого циклов. Аналитическое выражение второго закона термодинамики. Изменение энтропии и работоспособность изолированной термодинамической системы. Понятие об эксергии.	6
3	Реальные пары и газы. Вода и водяной пар. Влажный воздух	Свойства реальных газов. Фазовое равновесие и фазовые переходы. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Фазовые диаграммы. Процессы парообразования в PV-TS-диаграммах. Водяной пар. Термодинамические таблицы водяного пара, i-S-диаграмма. Расчет процессов водяного пара. Характеристики влажного воздуха. Температура мокрого термометра. Id-диаграмма влажного воздуха. Процессы изменения состояния влажного воздуха, в Id-диаграмме: подогрев, охлаждение, сушка, увлажнение, смешение	4
4	Истечение и дросселирование газов и паров. Компрессоры	Применение первого закона термодинамики к процессу истечения. Адиабатическое истечение. Скорость адиабатного истечения. Зависимость массового расхода от перепада давлений. Критическое отношение давлений. Условие перехода через критическую скорость. Сопло Лаваля, термодинамический анализ изменения параметров вдоль сопла. Расчет процесса истечения водяного пара с помощью i-S-диаграммы. Действительный процесс истечения. Дросселирования газов и паров. Сущность процесса. Изменение параметров в процессе дросселирования. Эффект Джоуля-Томсона, температура инверсии. Практическое использование процесса дросселирования. Термодинамический анализ процессов в компрессорах. Поршневой и центробежный компрессоры. Принцип действия. Работа, затрачиваемая на привод компрессора. Индикаторная диаграмма. Многоступенчатый компрессор. Изображение в PV-TS-диаграммах термодинамических процес-	4

		сов, протекающих в компрессорах	
5	Тепловые двигатели. Циклы, термический к.п.д.	Анализ циклов. Изображение в PV- и TS-диаграммах. Термический КПД цикла теплового двигателя. Циклы газотурбинных установок. Газотурбинные установки. Циклы ГТУ с подводом теплоты при p = const и V = const. Сравнение циклов ГТУ. Методы повышения КПД ГТУ. Принципиальная схема паросиловой установки. Цикл Ренкина и его исследование. Влияние начальных и конечных параметров на термический КПД цикла Ренкина. Изображение в PV-, TS- и i-S-диаграммах. Пути повышения экономичности паросиловых установок, теплофикационный цикл. Понятия о циклах атомных установок. Циклы парогазовых установок. Циклы установок газотурбинных	8
6	Циклы холодильных машин и теплового насоса	Циклы холодильных установок. Холодильный коэффициент и холодопроизводительность. Понятие о паро-компрессорных, пароэжекторных и абсорбционных холодильных установках. Цикл теплового насоса. Отопительный коэффициент.	4
7	Альтернативные источники тепловой энергии	Термодинамические основы использования альтернативных возобновляемых источников энергии для ОВКВГВ. Тепловой насос, энергия Солнца, геотермальные воды, ветер, волны, приливы-отливы. Термо э.д.с. Новейшие методы получения энергии.	4

5.1.3. Заочная форма обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание занятия	Кол-во акад. часов
1	Введение. Первый закон термодинамики	Предмет технической термодинамики, место и роль в системе подготовки бакалавра. Теплотехника в строительстве и энергетике. Проблема экономии топлива. Защита окружающей среды. Основные понятия и определения. Теплота и работа. Параметры состояния. Термодинамический процесс. Уравнение состояния идеальных газов. Сущность, формулировки, аналитическое выражение. Внутренняя энергия. Первый закон термодинамики для потока. Энтальпия. Энтропия. Теплоемкость. Массовая, объемная и мольная теплоемкости. Теплоемкость при постоянном давлении и объеме. Температурная зависимость теплоемкости. Средняя и истинная теплоемкости. Функция состояния и функция процессов.	1
2	Второй закон термодинамики	. Политропные процессы. Уравнение политропы. Определение показателя политропы. Про-	1

		цессы в PV-TS-координатах. Второй закон термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Термодинамические циклы тепловых машин. Термический КПД. Цикл Карно и его свойства. Интеграл Клаузиуса для обратимого и необратимого циклов. Аналитическое выражение второго закона термодинамики. Изменение энтропии и работоспособность изолированной термодинамической системы. Понятие об эксергии.	
3	Реальные пары и газы. Вода и водяной пар. Влажный воздух	Свойства реальных газов. Фазовое равновесие и фазовые переходы. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Фазовые диаграммы. Процессы парообразования в PV-TS-диаграммах. Водяной пар. Термодинамические таблицы водяного пара, i-S-диаграмма. Температура мокрого термометра. Id-диаграмма влажного воздуха. Процессы изменения состояния влажного воздуха, в Id-диаграмме: подогрев, охлаждение, сушка, увлажнение, смешение	1
4	Истечение и дросселирование газов и паров. Компрессоры	Применение первого закона термодинамики к процессу истечения. Адиабатическое истечение. Скорость адиабатного истечения. Зависимость массового расхода от перепада давлений. Критическое отношение давлений. Условие перехода через критическую скорость. Сопло Лаваля, термодинамический анализ изменения параметров вдоль сопла. Расчет процесса истечения водяного пара с помощью i-S-диаграммы. Действительный процесс истечения. Дросселирования газов и паров. Сущность процесса. Изменение параметров в процессе дросселирования. Поршневой и центробежный компрессоры. Принцип действия. Работа, затрачиваемая на привод компрессора. Индикаторная диаграмма. Многоступенчатый компрессор. Изображение в PV-TS-диаграммах термодинамических процессов, протекающих в компрессорах	1
5	Тепловые двигатели. Циклы, термический к.п.д.	Изображение в PV- и TS-диаграммах. Термический КПД цикла теплового двигателя. Циклы газотурбинных установок. Газотурбинные установки. Циклы ГТУ с подводом теплоты при p = const и V = const. Сравнение циклов ГТУ. Методы повышения КПД ГТУ. Принципиальная схема паросиловой установки. Цикл Ренкина и его исследование. Влияние начальных и конечных параметров на термический КПД цикла Ренкина. Пути повышения экономичности паросиловых установок, теплофикационный цикл. Понятия о циклах атомных установок. Циклы парогазовых установок. Циклы установок газотурбинных	2

6	Циклы холодильных машин и теплового насоса	Циклы холодильных установок. Холодильный коэффициент и холодопроизводительность. Понятие о паро-компрессорных, пароэжекторных и абсорбционных холодильных установках. Цикл теплового насоса. Отопительный коэффициент.	1
7	Альтернативные источники тепловой энергии	Термодинамические основы использования альтернативных возобновляемых источников энергии для ОВКВГВ. Тепловой насос, энергия Солнца, геотермальные воды, ветер, волны, приливы-отливы. Термо э.д.с. Новейшие методы получения энергии.	1

5.2. Лабораторный практикум

5.2.1 Очная форма обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание лабораторной работы	Кол-во акад. часов
1	Первый и второй законы термодинамики	Определение удельной массовой изобарной теплоемкости сухого воздуха. Определение расхода воздуха через нагреватель. Замеры тепловой мощности нагревателя. Определение атмосферного давления. Расчет средней удельной изохорной массовой теплоемкости сухого воздуха.	6
2	Вода и водяной пар	Определение параметров воды и водяного пара. Расчет температуры насыщения, теплоты парообразования. Определение степени сухости влажного насыщенного пара.	8
3	Влажный воздух.	Изучение процессов нагревания, увлажнения и охлаждения влажного атмосферного воздуха. Измерение расхода воздуха через нагреватель и увлажнитель. Замеры температур воздуха по сухому и мокрому термометру. Построение процессов нагревания, увлажнения и охлаждения в I-d диаграмме влажного воздуха.	4
4	Циклы холодильных машин и теплового насоса	Изучение работы паро-компрессорной холодильной машины. Замеры температур в испарителе и конденсаторе. Определение холодильной мощности холодильной машины. Расчет мощности компрессора и холодильного коэффициента паро-компрессорного блока. Изучение работы холодильной машины в режиме теплового насоса. Проведение замеров температур, мощностей, давлений. Построение циклов в TS и pi диаграммах. Определение «отопительного коэффициента»	6

5.2.2 Очно-заочная форма обучения лабораторный практикум учебным планом не предусмотрен.

5.2.3 Заочная форма обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание лабораторной работы	Кол-во акад. часов
1	Первый и второй законы термодинамики	Определение удельной массовой изобарной теплоемкости сухого воздуха. Определение расхода воздуха через нагреватель. Замеры тепловой мощности нагревателя. Определение атмосферного давления. Расчет средней удельной изохорной массовой теплоемкости сухого воздуха.	2
2	Влажный воздух.	Изучение процессов нагревания, увлажнения и охлаждения влажного атмосферного воздуха. Измерение расхода воздуха через нагреватель и увлажнитель. Замеры температур воздуха по сухому и мокрому термометру. Построение процессов нагревания, увлажнения и охлаждения в I-d диаграмме влажного воздуха.	2

5.3 Перечень практических занятий

5.3.1 Очная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание консультации	Кол-во акад. часов
1	Тепловые двигатели. Циклы, термический к.п.д.	Термодинамические основы теплофикации. Основные характеристики теплофикационной турбины с одним регулируемым отбором пара для отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха	8

5.3.2 Очно-заочная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание занятия	Кол-во акад. часов
1	Введение. Первый закон термодинамики	Термические параметры идеального газа. Первый закон термодинамики. Теплоемкость. Внутренняя энергия. Работа расширения объема. Уравнение первого закона для газовогопотока. Энтальпия. Частные процессы изменения состояний. Политропный процесс.	4
2	Второй закон термодинамики	Термический КПД. Цикл Карно. Энтропия. Эксергетический анализ работы парового котла	4
3	Реальные пары и газы. Вода и водяной пар. Влажный воздух	I-s диаграмма водяного пара. Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара. I-d диаграмма влажного воздуха. Процессы нагревания, охлаждения, увлажнения, осушения, смешивания потоков влажного воздуха.	2
4	Тепловые двигатели. Циклы, термический к.п.д.	Циклы паросиловых установк. Цикл Ренкина. Термический КПД цикла Ренкина. Цикл теплофикации, ТЭЦ. Циклы ДВС с подводом тепла по изохоре (цикл Отто), с подводом тепла по изобаре (цикл Дизеля). Цикл Тринклера. Газотурбинные установки. Цикл парогазовой установки.	4
5	Циклы холодильных машин и теплового насоса	Цикл воздушной холодильной установки. Парокомпрессорные холодильные машины. Абсорбционная холодильная машина. Цикл теплового насоса.	2

6	Альтернативные источники тепловой энергии	Использование солнечной энергии. Применение для ОВКВ геотермальных вод.	2

5.3.3 Заочная форма обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание занятия	Кол-во акад. часов
1	Введение. Первый закон термодинамики	Термические параметры идеального газа. Первый закон термодинамики. Теплоемкость. Внутренняя энергия. Работа расширения объема. Уравнение первого закона для газовогопотока. Энтальпия. Частные процессы изменения состояний. Политропный процесс.	2
2	Второй закон термодинамики	Термический КПД. Цикл Карно. Энтропия. Эксергетический анализ работы парового котла	2

5.4 Групповые консультации по курсовым работам/курсовым проектам (при наличии выделенных часов контактной работы в учебном плане)

Учебным планом не предусмотрено.

5.5.Самостоятельная работа
5.5.1.Очная форма обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание работы	Кол-во акад. часов
1	Введение. Первый закон термодинамики	Термические параметры идеального газа. Первый закон термодинамики. Теплоемкость. Внутренняя энергия. Работа расширения объема. Уравнение первого закона для газового потока. Энтальпия. Частные процессы изменения состояний. Политропный процесс.	*10*
2	Второй закон термодинамики	Термический КПД. Цикл Карно. Энтропия. Эксергетический анализ работы парового котла.	*18*
3	Реальные пары и газы. Вода и водяной пар. Влажный воздух	I-s диаграмма водяного пара. Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара. I-d диаграмма влажного воздуха. Процессы нагревания, охлаждения, увлажнения, осушения, смешивания потоков влажного воздуха.	*10*
4	Истечение и дросселирование газов и паров. Компрессоры	Расчет суживающегося сопла. Расчет сопла Лаваля. Дросселирование паров и газов. Одноступенчатый идеальный компрессор. Многоступенчатые компрессоры	*6*
5	Тепловые двигатели. Циклы, термический к.п.д.	Циклы паросиловых установок. Цикл Ренкина. Термический КПД цикла Ренкина. Цикл теплофикации, ТЭЦ. Циклы ДВС с подводом тепла по изохоре (цикл Отто), с подводом тепла по изобаре (цикл Дизеля). Цикл Тринклера. Газотурбинные установки. Цикл парогазовой установки	*20*
6	Циклы холодильных машин и теплового насоса	Цикл воздушной холодильной установки. Парокомпрессорные холодильные машины. Абсорбционная холодильная машина. Цикл теплового насоса.	*10*

7	Альтернативные источники тепловой энергии	Использование солнечной энергии. Применение для ОВКВ геотермальных вод. Энергия ветра, приливов.	*6*

5.5.2. Очно-заочная форма обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание работы	Кол-во акад. часов
1	Введение. Первый закон термодинамики	Термические параметры идеального газа. Первый закон термодинамики. Теплоемкость. Внутренняя энергия. Работа расширения объема. Уравнение первого закона для газового потока. Энтальпия. Частные процессы изменения состояний. Политропный процесс.	*20*
2	Второй закон термодинамики	Термический КПД. Цикл Карно. Энтропия. Эксергетический анализ работы парового котла.	*18*
3	Реальные пары и газы. Вода и водяной пар. Влажный воздух	I-s диаграмма водяного пара. Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара. I-d диаграмма влажного воздуха. Процессы нагревания, охлаждения, увлажнения, осушения, смешивания потоков влажного воздуха.	*12*
4	Истечение и дросселирование газов и паров. Компрессоры	Расчет суживающегося сопла. Расчет сопла Лаваля. Дросселирование паров и газов. Одноступенчатый идеальный компрессор. Многоступенчатые компрессоры	*10*
5	Тепловые двигатели. Циклы, термический к.п.д.	Циклы паросиловых установк. Цикл Ренкина. Термический КПД цикла Ренкина. Цикл теплофикации, ТЭЦ. Циклы ДВС с подводом тепла по изохоре (цикл Отто), с подводом тепла по изобаре (цикл Дизеля). Цикл Тринклера. Газотурбинные установки. Цикл парогазовой установки	*10*
6	Циклы холодильных машин и теплового насоса	Цикл воздушной холодильной установки. Парокомпрессорные холодильные машины. Абсорбционная холодильная машина. Цикл теплового насоса.	*14*
7	Альтернативные источники тепловой энергии	Использование солнечной энергии. Применение для ОВКВ геотермальных вод. Энергия ветра, приливов.	*6*

5.5.3. Заочная форма обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание работы	Кол-во акад. часов
1	Введение. Первый закон термодинамики	Термические параметры идеального газа. Первый закон термодинамики. Теплоемкость. Внутренняя энергия. Работа расширения объема. Уравнение первого закона для газовогопотока. Энтальпия. Частные процессы изменения состояний. Политропный процесс.	*20*
2	Второй закон термодинамики	Термический КПД. Цикл Карно. Энтропия. Эксергетический анализ работы парового котла.	*20*
3	Реальные пары и газы. Вода и водяной пар. Влажный воздух	I-s диаграмма водяного пара. Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара. I-d диаграмма влажного воздуха. Процессы нагревания, охлаждения, увлажнения, осушения, смеши-	*20*

		вания потоков влажного воздуха.	
4	Истечение и дросселирование газов и паров. Компрессоры	Расчет суживающегося сопла. Расчет сопла Лаваля. Дросселирование паров и газов. Одноступенчатый идеальный компрессор. Многоступенчатые компрессоры	*20*
5	Тепловые двигатели. Циклы, термический к.п.д.	Циклы паросиловых установок. Цикл Ренкина. Термический КПД цикла Ренкина. Цикл теплофикации, ТЭЦ. Циклы ДВС с подводом тепла по изохоре (цикл Отто), с подводом тепла по изобаре (цикл Дизеля). Цикл Тринклера. Газотурбинные установки. Цикл парогазовой установки	*20*
6	Циклы холодильных машин и теплового насоса	Цикл воздушной холодильной установки. Парокомпрессорные холодильные машины. Абсорбционная холодильная машина. Цикл теплового насоса.	*20*
7	Альтернативные источники тепловой энергии	Использование солнечной энергии. Применение для ОВКВ геотермальных вод. Энергия ветра, приливов.	*8*

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Для самостоятельной работы обучающегося используется учебные материалы, представленные в разделе 8, 9.

7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

На примере очной формы обучения

Код компетенции по ФГОС	Этапы формирования компетенций (разделы теоретического обучения)						
	1	2	3	4	5	6	7
ПК-1	+	+	+	+	+	+	+
ПК-3		+	+	+	+	+	+
ПК-13	+	+	+	+	+	+	+
ПК-15			+	+	+	+	+
ПК-17		+			+		+

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

7.2.1. Описание показателей и форм оценивания компетенций

Код компетенции по ФГОС	Показатели освоения (Код показателя освоения)	Форма оценивания					Обеспеченность оценивания компетенции
		Текущий контроль			Промежуточная аттестация		
		Контрольная работа	Защита лаб.раб.	Контроль выполнения курсового проек-	Защита курсовой работы/ проекта	Экзамен	
1	2	3	4	5	6	7	8
ПК-1	З1	+				+	+
	У1	+		+	+		+
	Н1			+	+		+
ПК-3	З2	+				+	+
	У2	+		+	+		+
	Н2			+	+		+
ПК-13	З3	+	+			+	+
	У3	+		+	+		+
	Н3			+	+		+
ПК-15	З4	+	+			+	+
	У4	+	+	+	+		+
	Н4		+	+	+		+
ПК-17	З5	+				+	+
	У5	+		+	+		+
	Н5			+	+		+
ИТОГО		+	+	+	+	+	+

7.2.2. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) в форме Экзамена

Код показателя оценивания	Оценка			
	«2» (неудовлетв.)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
		«3» (удовлетвор.)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
З1	Обучающийся не знает нормативно-технические документы, не знает методику в области теплотехники и термодинамики.	Теоретическое содержание курса освоено частично, обучающийся путается в нормах технической документации в области теплотехники и термодинамики	Обучающийся твердо знает нормативно-технические документы, знает методику расчета в области теплотехники и термодинамики	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, знает нормативно-технические документы, знает методику расчета в области теплотехники и термодинамики

32	Обучающийся не знает правила оформления строительных чертежей, в области теплотехники и термодинамики, имеет затруднения при ответе на поставленный вопрос	При ответе на поставленный вопрос обучающийся допускает неточности, связанные с оформлением строительных чертежей в области теплотехники.	Обучающийся знает правила оформления строительных чертежей, в области теплотехники, но имеет затруднения при ответе на поставленный вопрос	Обучающийся знает правила оформления строительных чертежей в области теплотехники и термодинамики, четко и уверенно отвечает на вопросы.
33	Обучающийся не знает основных отечественных и зарубежных достижений в области нормирования и моделирования параметров	Теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала в области нормирования и моделирования параметров	Предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое, знает основные отечественные и зарубежные достижения в области нормирования и моделирования параметров	Все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному, знает и понимает основные отечественные и зарубежные достижения в области нормирования и моделирования параметров
34	Обучающийся допускает существенные ошибки, не может увязывать теорию с практикой, не знает основных правил оформления отчетов по выполненным работам	Обучающийся имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, есть пробелы в знаниях оформления отчетов по выполненным работам	Обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, знает основных правил оформления отчетов по выполненным работам	Теоретическое содержание курса освоено полностью, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний; использует в ответе дополнительный материал, связанный с правилами оформления отчетов по выполненным работам в области теплотехники и термодинамики
35	Обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки в ответе на поставленный вопрос, не знает основных методов проверки оборудования в области теплотехники и термодинамики	Теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала, с затруднениями знает методы проверки оборудования в области термодинамики	Обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, знает методы проверки оборудования в области теплотехники и термодинамики	Обучающийся четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал из дополнительной литературы, четко формулирует методы проверки оборудования в области теплотехники и термодинамики

7.2.3. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) в форме Защиты курсовой работы

Код показателя оценивания	Оценка			
	«2» (неудовлетв.)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
		«3» (удовлетвор.)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
У1	Обучающийся не умеет работать с нормативной документацией, методической и справочной литературой, в области теплотехники и термодинамики	Обучающийся не уверенно работает с нормативной документацией, методической и справочной литературой, в области теплотехники и термодинамики	Обучающийся умеет работать с нормативной документацией, методической и справочной литературой, в области теплотехники и термодинамики	Обучающийся уверенно работает с нормативной документацией, методической и справочной литературой, в области теплотехники и термодинамики
Н1	Обучающийся не может применить нормативную базу для обоснования принятых проектных решений при разработке схем, в области теплотехники и термодинамики	Обучающийся имеет не достаточно навыков применения нормативной базы для обоснования принятых проектных решений при разработке схем, в области теплотехники и термодинамики	Обучающийся уверенно использует нормативную базу для обоснования принятых проектных решений при разработке схем, в области теплотехники и термодинамики	Обучающийся имеет уверенные навыки при использовании нормативных документов отечественных и зарубежных для обоснования принятых проектных решений при разработке схем, в области теплотехники и термодинамики зданий
У2	Обучающийся не умеет выбирать проектно-рабочую документацию для расчетов в области технической термодинамики	Обучающийся не уверенно выбирает проектно-рабочую документацию для расчетов в области технической термодинамики	Обучающийся умеет выбирать проектно-рабочую документацию для расчетов в области технической термодинамики	Обучающийся уверенно выбирает проектно-рабочую документацию для расчетов в области технической термодинамики
Н2	Обучающийся не владеет правилами размещения проектируемых элементов в области теплотехники. Не владеет навыками пользования расчетных таблиц, диаграмм, номограмм	Обучающийся в целом владеет правилами размещения проектируемых элементов в области теплотехники. Не достаточно хорошо владеет навыками пользования расчетными таблицами, диаграммами, номограммами	Обучающийся достаточно хорошо владеет правилами размещения проектируемых элементов в области теплотехники, владеет навыками пользования документами для их проектирования	Обучающийся уверенно владеет правилами проектирования в области теплотехники, четко и уверенно пользуется таблицами, диаграммами, номограммами
У3	Обучающийся с большими затруднениями выполняет практические работы, не умеет	Большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются	Обучающийся правильно применяет теоретические положения при решении прак-	Обучающийся свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затруд-

	выбирать информацию, необходимую для проведения конкретных расчетов в области теплотехники и термодинамики	ошибки, при ответе на поставленный вопрос обучающийся допускает неточности, с затруднениями выбирает информацию, необходимую для проведения конкретных расчетов в области теплотехники и термодинамики	тических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения, умеет выбирать информацию, необходимую для проведения конкретных расчетов в области теплотехники и термодинамики	няется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, уверенно и четко выбирает информацию, необходимую для проведения конкретных расчетов в области теплотехники и термодинамики
Н3	Большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному, не применяет полученную информацию при проектировании, в области теплотехники и термодинамики	Большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, может применить полученную информацию при проектировании, в области теплотехники и термодинамики	Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое, применяет полученную информацию при проектировании, в области теплотехники и термодинамики	Все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному, применяет полученную информацию при проектировании, в области теплотехники и термодинамики
У4	Не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, не умеет правильно оформлять полученные результаты, в области теплотехники и термодинамики	При ответе на поставленный вопрос обучающийся допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, имеет затруднения, при оформлении полученных результаты, в области теплотехники и термодинамики	Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое, умеет правильно оформлять полученные результаты, в области теплотехники и термодинамики	Правильно обосновывает принятое решение; анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий, умеет правильно оформлять полученные результаты, в области теплотехники и термодинамики
Н4	Большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному, не имеет навыков в применении правил оформления	Большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, с трудов может применить правила для оформления работы в области термодинамики	Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое, применяет правила и требования к оформлению работ, в области термодинамики и теплотех-	Все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному, применяет правила и требования к оформлению работ, в области термодинамики и теплотехники

	работы в области термодинамики		ники	
У5	Обучающийся с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, не умеет выбирать информацию, необходимую для проверки оборудования и технологического обеспечения, в области теплотехники и термодинамики	Большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос Обучающийся допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, с трудом выбирает информацию, необходимую для проверки оборудования и технологического обеспечения, в области теплотехники и термодинамики	Обучающийся правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения, выбирает информацию, необходимую для проверки оборудования и технологического обеспечения, в области теплотехники и термодинамики	Обучающийся анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий, четко и уверенно выбирает информацию, необходимую для проверки оборудования и технологического обеспечения, в области теплотехники и термодинамики
Н5	Большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному, не применяет методы проверки опытного оборудования в области теплотехники и термодинамики	Большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, с трудом применяет методы проверки опытного оборудования в области теплотехники и термодинамики	Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое, применяет методы проверки опытного оборудования в области теплотехники и термодинамики	Все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному, применяет методы проверки опытного оборудования в области теплотехники и термодинамики

7.2.4. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) в форме Зачета

Учебным планом не предусмотрено.

7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

7.3.1. Текущий контроль

Примеры вопросов для защиты лабораторных работ:

1. Изобарная и изохорная теплоемкости газов
2. Процессы изменения состояния влажного воздуха. Расчет процессов. Использование i-d диаграммы.

3. Понятия: температура точки росы, температура мокрого термометра, влагосодержание, относительная влажность
4. Рассчитать мощность нагревателя воздуха
5. Понятия: температура насыщения, степень сухости, перегретый пар
6. Тепловой насос. Что такое испаритель, конденсатор?
7. Роль компрессора в холодильных установках

Примеры задач контрольных работ

1. В закрытом сосуде объемом V находится двуокись углерода при P_1 и t_1. Газу сообщается количество теплоты, равное Q. Определить температуру и давление двуокиси углерода в конце процесса. Теплоемкость газа считать постоянной.

2. В трубках воздухоподогревателя парогенератора протекает воздух в количестве $V_н$ (приведенный к нормальным условиям). Его температура на входе t_1. Какова температура воздуха на выходе из воздухоподогревателя, если топочные газы сообщают воздуху количество теплоты Q? Определить работу расширения воздуха, которую он совершает в течении 1 часа. Процесс подогрева воздуха считать изобарным, происходящим при P=0.1 МПа. Потерями теплоты в окружающую среду пренебречь.

3. Воздух в количестве V при температуре t и давлении P поступает в компрессор, где сжимается, а затем протекает между трубами холодильника, в которых движется охлаждаемая вода. Определить расход воды, если на выходе из компрессора воздух имеет параметры t_1 и P_1. Температура воздуха за холодильником 40°C. Вода нагревается на 20°C.

4. В экранную трубу парового котла поступает M кг/ч воды при температуре насыщения. Найти плотность выходящей из трубы пароводяной смеси, если давление в котле P, а тепловосприятие трубы q; изменением давления по высоте пренебречь.

5. Стальной цилиндрический резервуар диаметром D и длинной l заполнен сухим насыщенным паром с давлением P_1. К резервуару подводится некоторое количество теплоты, в результате чего давление увеличивается до P_2. Определить конечную температуру пара и количество подведенного тепла.

6. Начальное состояние влажного воздуха при атмосферном давлении задано параметрами t_0 и φ. Воздух охлаждается до температуры t. Определить сколько влаги выходит из каждого килограмма воздуха.

7. Идеальный поршневой компрессор сжимает V$м^3$/ч воздуха (в пересчете на НФУ) с температурой t_1 от P_1 до P_2. Определить мощность, затрачиваемую на привод компрессора и температуру газа на выходе из компрессора, если сжатие происходит адиабатно.

8. Двухступенчатый поршневой компрессор сжимает воздух от давления P_1=0.0981МПа до давления P_2=5.88МПа. Сжатие политропное с показателем n=1.25. Начальная температура воздуха t_1,производительность компрессора V$м^3$/ч. Определить расход воды на охлаждение цилиндров и промежуточного холодильника, если ее температура возрастает от $t_{вх}$ до $t_{вых}$, а также мощность двигателя для привода компрессора, если η_k=0.65.

9. Паротурбинная установка работает по циклу Ренкина с начальными параметрами P_1 и t_1. Давление в конденсаторе P_2. Определить термический КПД цикла Ренкина и сравнить его с термическим КПД цикла Карно в том же интервале температур.

10. Определить, какой должна быть температура пара перед входом в турбину, если его давление при этом P_1, давление в конденсаторе P_2, а влажность пара на выходе из турбины не должна превышать y.

11. Определить суточную экономию топлива, получающуюся в результате замены турбинной установки, работающей при параметрах P_1 и t_1, на установку с начальными параметрами P_1' и t_1'. Давление в конденсаторах одинаковое - P_2, мощность установки N. Теплота сгорания топлива $Q_H^P = 30$ МДж/кг, а КПД парогенераторов η_x=0.8 в старой и 0.9 в новой установке. Потерями во всех остальных частях (кроме парогенератора) пренебречь.

12. Определить относительный внутренний КПД турбины, если внутренние потери вследствие необратимости процесса расширения пара в турбине Δh. Состояние пара перед турбиной P_1 и t_1, давление в конденсаторе P_2.

Тематика расчетно-графической работы

*Р*асчет процесса истечения через сопло Лаваля и конструирование сопла.

Содержание и объем расчетно-графической работы:

Расчетно-пояснительная записка.

Определение геометрических параметров сопла. Расчет вести для шести поперечных сечений сопла: критического выходного и четырех промежуточных. Определяются следующие величины: давление, энтальпия, теоретическая скорость, действительная скорость, удельный объем, площадь поперечного сечения, диаметр, расстояние от горловины. Скоростной коэффициент и КПД сопла определяются, считая , что в реальном процессе истечения в устье сопла степень сухости увеличивается на 3% в сравнении со степенью сухости пара в конце адиабатического процесса истечения .

Общий объем пояснительной записки 8 – 9 стр.

Графическая часть работы

Чертеж сопла Лаваля и кривые изменения скорости водяного пара, скорости звука, давления и плотности по длине расширяющейся части сопла с правильно подобранным масштабом (1 лист формата А3 или 1 лист формата А3 миллиметровой бумаги). Цикл водяного пара в is-диаграмме (ксерокопия is-диаграммы). Идеальный и реальный процессы истечения газа через сопло Лаваля (ксерокопия is-диаграммы).

7.3.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации в НИУ МГСУ.

Тематика курсовой работы:

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОФИКАЦИОННОЙ ТУРБИНЫ С ОДНИМ РЕГУЛИРУЕМЫМ ОТБОРОМ ПАРА ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА.

Цель выполнения курсовой работы: практическое закрепление теоретического курса и приобретение студентами навыков по применению термодинамических законов к расчету теплофикационной турбины с отбором пара для отопления и вентиляции.

Содержание и объем курсовой работы:

Расчетно-пояснительная записка.

Часть 1. Схема паротурбинной установки для комбинированной выработки электрической и тепловой энергии и ее описание. Составление материального баланса паросиловой установки. (2-3 стр.), построение процесса расширения пара в is-диаграмме для конденсационной турбины с одним регулируемым отбором, определение экономических характеристик турбины: внутренние относительные КПД части высокого давления и части низкого давления (3-4 стр.), расчет режимов для заданной турбины (3-4 стр.), определение экономических характеристик паросиловых установок при комбинированном и раздельном энергоснабжении (3-4 стр.), схема установки с раздельной выработкой теплоты и электроэнергии и ее описание (2-3 стр.), описание схема регулирования конденсационной турбины с одним регулируемым отбором пара и ее описание (2-3 стр.).

Графическая часть курсовой работы

Вычертить схему работы конденсационной турбины с одним регулируемым отбором пара для теплоснабжения. Построение диаграммы режимов с правильно подобранным масштабом (1 лист формата А3). Процесс расширения пара для конденсационной турбины

с одним регулируемым отбором в is-диаграмме (ксерокопия is-диаграммы). Вычертить процессы изменения состояния воды и водяного пара в Ts- и is – диаграммах

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ
«ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОФИКАЦИОННОЙ ТУРБИНЫ С ОДНИМ РЕГУЛИРУЕМЫМ ОТБОРОМ ПАРА ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА»

Стуент_____Курс_____группа_____факультет_____

Дата выдачи курсовой работы_____
Срок выполнения курсовой работы_____
Руководитель___ _____

1. Рассчитать и построить диаграмму режимов для заданной турбины
2. Определить экономические характеристики работы паросиловой установки при комбинированном и раздельном энергоснабжении
3. Составить материальный баланс цикла, по которому работает заданная установка
4. Вычертить процессы изменения состояния воды и водяного пара в заданном цикле в i-s и T-s диаграммах
5. Изобразить схему заданной паротурбинной установки с комбинированным способом выработки тепловой и электрической энергии
6. Представить схему автоматического регулирования теплофикационной турбины с одним регулируемым отбором пара
7. Вычертить схемы установок с раздельной выработкой тепла и электроэнергии

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

1. Номинальная мощность паровой турбины, кВт
2. Расход пара при номинальном режиме, кг/ч
3. Номинальный отбор пара, кг/ч
4. Расход пара при номинальной мощности при отсутствии отбора пара, кг/ч
5. Расход условного топлива при номинальном режиме, кг/ч
6. Давление пара на входе в турбину, МПа
7. Температура пара на входе в турбину, ^{o}С
8. Давление пара в отборе, МПа
9. Давление пара в конденсаторе, МПа
10. Механический к.п.д. турбины, %
11. Электрический к.п.д. электрогенератора,%
12. Внутренний относительный к.п.д турбины,%

Вопросы к защите курсовой работы:

1. Покажите на схеме установки места, соответствующие состояниям рабочего тела, отмеченным пронумерованными точками на *is*-диаграмме.
2. Отношениями каких отрезков на *is*-диаграмме измеряются η'_{oi} и η''_{oi}? Объясните смысл числителя и знаменателя отношений предыдущего вопроса.
3. Какую величину измеряет знаменатель в формуле, по которой определяется $d_э$?
4. В каких частях турбины вырабатывается теплофикационная и конденсационная мощности?
5. Как определяются по диаграмме режимов теплофикационная и конденсационная мощности; как определить мощности ЧВД и ЧНД?

6. Чему равняется конденсационный хвост турбины для режимов, обозначенных точками 2, 4, 9?

7. Определите количество пара, идущего в отбор, для режима, обозначенного точкой 11.

8. Почему увеличивается мощность турбины в режиме, характеризуемом точкой 11 по сравнению с режимом точки 4?

9. Покажите на *Ts*-диаграмме работу 1 кг пара в ЧВД и ЧНД при обратимом адиабатическом расширении пара.

10. Покажите подведенную и отведенную теплоту в цикле Ренкина при расширении по обратимой адиабате.

11. Как надо понимать комбинированную и раздельную выработку тепловой и электрической энергии?

12. Как изменяются потоки пара через ЧВД и ЧНД при изменении электрической и тепловой нагрузки потребителя?

Примеры вопросов для сдачи экзамена:

1. Первый и второй законы термодинамики
2. Политропный процесс изменения состояния газа
3. Эксергия. Эксергетический анализ тепловых установок
4. Вода и водяной пар, как теплоносители. Основные теплофизические параметры
5. Расчет процессов изменения состояния водяного пара
6. Процессы нагревания и охлаждения влажного воздуха
7. Процессы нагревания и охлаждения влажного воздуха
8. Процессы увлажнения и осушения влажного воздуха
9. Расчет процесса смешивания потоков воздуха
10. Явление дросселирования паров и газов
11. Компрессорные установки. Расчет работы сжатия газа.
12. Паросиловые установки. Цикл Ренкина
13. Теплофикационный цикл.
14. Повышение экономичности паросиловых установок
15. Цикл газотурбинной установки. Регенерация
16. Цикл парогазовой установки
17. Холодильные агенты, их свойства. Защита окружающей среды
18. Воздушная холодильная установка
19. Абсорбционная холодильная машина
20. Цикл теплового насоса. Отопительный коэффициент

Вопросы для оценки качества освоения дисциплины:

1. Первый закон термодинамики применительно к частным процессам
2. Понятие энтальпии и энтропии
3. Термический кпд
4. Основные процессы на диаграмме водяного пара.
5. Диаграмма влажного воздуха
6. Процессы истечения паров и газов
7. Цикл Ренкина
8. Теплофикационный цикл
9. Процессы нагревания и охлаждения воздуха
10. Дросселироание паров и газов
11. Циклы д.в.с.
12. Газотурбинные установки
13. Компрессорные установки
14. Парогазовый цикл

15. Холодильная паро-компресорная машина
16. Абсорбционная холодильная установка
17. Цикл работы теплового насоса

7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура промежуточной аттестации проходит в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации обучающихся в НИУ МГСУ.

- Во время аттестационных испытаний обучающиеся могут пользоваться программой учебной дисциплины, а также с разрешения преподавателя справочной и нормативной литературой, калькуляторами.
- Время подготовки ответа при сдаче зачета/экзамена в устной форме должно составлять не менее 40 минут (по желанию обучающегося ответ может быть досрочным). Время ответа – не более 15 минут.
- Экзаменатору предоставляется право задавать обучающимся дополнительные вопросы в рамках программы дисциплины текущего семестра, а также, помимо теоретических вопросов, давать задачи, которые изучались на практических занятиях.
- Оценка результатов устного аттестационного испытания объявляется обучающимся в день его проведения

Процедура защиты курсовой работы (проекта) определена Положением о курсовых работах (проектах) ФГБОУ ВПО «МГСУ».

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы, количество страниц	Количество экземпляров печатных изданий	Число обучающихся, одновременно изучающих дисциплину (модуль)
1	2	3	4	5
Основная литература:				
		НТБ		
1	Техническая термодинамика	Мирам А.О., Павленко В.А. Техническая термодинамика. Тепломассообмен. Учебник. - М.: АСВ, 2011 г.	81	200
2		Мирам А.О., Павленко В.А. Теплообменные аппараты. Учебное пособие. - М.: МГСУ, 2011 г.	30	200
Дополнительная литература:				
		НТБ		
1	Техническая термодинамика	Кушнырев В.И., Лебедев В.И., Павленко В.А., Техническая термодинамика и теплопередача . М.:Стройиздат, 1986	291	200
2		Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача. 3-е изд. М.: Высш.шк.,1980.	30	200
		ЭБС АСВ		

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет), необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
«Российское образование» - федеральный портал	http://www.edu.ru/index.php
Научная электронная библиотека	http://elibrary.ru/defaultx.asp?
Электронная библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Федеральная университетская компьютерная сеть России	http://www.runnet.ru/
Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	http://window.edu.ru/
Научно-технический журнал по строительству и архитектуре «Вестник МГСУ»	http://www.vestnikmgsu.ru/
Научно-техническая библиотека МГСУ	http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/
раздел «Кафедры» на официальном сайте МГСУ	http://www.mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Организация деятельности обучающегося

1. Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения, помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины.
2. Определение вопросов, терминов, материала, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
3. Уделить внимание следующим понятиям (тепловые двигатели, тепловая мощность, цикл Ренкина, теплофикационный цикл, параметры водяного пара, отборы пара, регенеративный отбор, работа конденсатора, термический к.п.д., диаграмма режимов ТЭЦ, диаграмма i-s водяного пара, термодинамические таблицы воды и водяного пара).

Задание и методические указания к выполнению курсовой работы «ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОФИКАЦИОННОЙ ТУРБИНЫ С ОДНИМ РЕГУЛИРУЕМЫМ ОТБОРОМ ПАРА ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА»

4. «Основные характеристики теплофикационной турбины с одним регулируемым отбором пара для отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха». Методические указания к выполнению курсовой работы для студентов, обучающихся по профилю «Теплогазоснабжение и вентиляция». М.: Изд-во МИСИ-МГСУ, 2012 24с. – имеются на кафедре «Теплотехника и теплогазоснабжение».
5. Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания.
6. Ознакомиться со структурой и оформлением курсовой работы.
7. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам.
8. При подготовке к экзамену (зачету) необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

11.1. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема	Информационные технологии	Степень обеспеченности (%)
1	Расчет процессов истечения через сопло Лаваля	Определение и расчет процессов истекания через сопло Лаваля.	Электронная почта (для проверки и консультирования)	**100**

11.2. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса

Не предусматривается.

11.3. Перечень информационных справочных систем

Информационно-библиотечные системы

Наименование ИБС	Электронный адрес ресурса
Научная электронная библиотека	http://elibrary.ru/defaultx.asp?
Электронная библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Научно-техническая библиотека МГСУ	http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю):

Учебные занятия по дисциплине «Техническая термодинамика» проводятся в следующих оборудованных учебных кабинетах, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением:

№ п/п	Вид учебного занятия	Наименование оборудования	№ и наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий
1	2	3	4
1.	Лекция	Стационарные/мобильные (переносные) наборы демонстрационного оборудования	Аудитории/аудитория для проведения занятий лекционного типа в соответствии с перечнем аудиторного фонда
2.	Практические занятия	Мобильные (переносные) наборы демонстрационного оборудования	Аудитории/аудитория для проведения занятий семинарского типа в соответствии с перечнем аудиторного фонда
3.	Лабораторные работы	Лабораторный стенд «Процессы изменения состояния влажного воздуха» Лабораторный стенд «Определение теплопроводности	514г УЛБ, Лаборатория "Теплотехники". Лаборатория "Термодинамики и тепломассообмена"

		наружного ограждения здания» Лабораторный стенд «Определение коэффициента теплоотдачи от горизонтальной трубы к воздуху» Лабораторный стенд «Исследование теплоотдачи конвекцией при вынужденном продольном омывании воздухом плоской поверхности (пластины)»	

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования с учетом рекомендаций и примерной основной профессиональной образовательной программой высшего образования по направлению 08.03.01 Строительство профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция».