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.6	***Основы теплотехники***

Код направления подготовки	***08.03.01***
Направление подготовки	***Строительство***
Наименование ОПОП	***Механическое оборудование и технологические комплексы предприятий строительных материалов, изделий и конструкций (академический бакалавриат)***
Год начала подготовки	***2013***
Уровень образования	***бакалавриат***
Форма обучения	***очная, заочная***

Разработчики:

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

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	председатель	Густов Д.Ю.		
НТБ	директор	Ерофеева О.Р.		
ЦОСП	начальник	Беспалов А.Е.		

1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Основы теплотехники» является:

- подготовить дипломированного бакалавра по направлению «Строительство» по всем профилям в области определяющих 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
Использование основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применяет методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	ОПК-1	**Знает** основные законы термодинамики, тепломассообмена	З1
		Умеет применять методы математического анализа и моделирования для решения задач по основам теплотехники	У1
		Имеет навыки оформления результатов решения задач	Н1
Способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат	ОПК-2	**Знает** правила оформления строительных чертежей в области теплотехники	З2
		Умеет производить теплотехнические расчеты	У2
		Имеет навыки оформления результатов расчетов в соответствии с действующими нормами	Н2

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

Дисциплина «Основы теплотехники» относится к базовой части Блока 1 "Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» (уровень бакалавриата), профиль "Механическое оборудование и технологические комплексы предприятий строительных материалов, изделий и конструкций" и является обязательной к обучению.

Дисциплина «Основы теплотехники» базируется на знаниях, умениях и навыках, приобретенных студентами в ходе изучения дисциплин математика, физика, теоретическая механика и служит основой для изучения дисциплин профессиональной направленности.

Требования к входным знаниям, умениям и компетенциям студентов.

Студент должен:

Знать:

фундаментальные основы высшей математики, включая линейную алгебру, геометрию, математический анализ, теорию вероятностей и основы математической статистики;

основные понятия информатики, современные средства вычислительной техники, основы алгоритмического языка и технологию составления программ;

основные физические явления, фундаментальные понятия, законы и теории классической физики, включая разделы молекулярная физика, теплота;

терминологию, основные понятия, относящиеся к механике жидкости и газа;

Уметь:

Самостоятельно использовать математический аппарат, содержащийся в литературе по строительным наукам, расширять свои математические познания;

работать на персональном компьютере, пользоваться операционной системой и основными офисными приложениями;

пользоваться справочной технической литературой;

формулировать и решать физические задачи, связанные с технической термодинамики и тепломассобменом.

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;

первичными навыками постановки и основными методами решения задач молекулярной физики.

Дисциплины, для которых дисциплина «Основы теплотехники» является предшествующей: «Инженерные системы зданий и сооружений. Теплогазоснабжение и вентиляция»

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 *2 зачетные единицы 72* часа теоретического обучения.

Структура дисциплины:

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.	*Техническая термодинамика*	5	1-7	8	8				30	*Защита лабораторной работы. Контрольная работа*
2.	*Тепломассообмен*	5	8-15	8	10				30	*Защита лабораторной работы. Контрольная работа*
3.	*Промышленная теплоэнергетика*	5	16-18	2					12	
	Итого:			18	18				72	*Зачет*

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.	*Техническая термодинамика*	6		2	1				33	*Защита лабораторной работы. Контрольная работа*
2.	*Тепломассообмен*	6		2	1				33	*Защита лабораторной работы. Контрольная работа*
	Итого:			4	2				66	*Зачет*

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 дисциплины (модуля)	Тема и содержание занятия	Кол-во акад. часов
1	Техническая термодинамика	Основные понятия раздела "Техническая термодинамика". Вид теплоносителя - идеальный газ. Основные понятия, параметры состояния, основные уравнения состояния, взаимосвязь между термодинамическими параметрами. Термодинамические процессы и их основные функции. Первый и второй законы термодинамики. Графическое представление термодинамических процессов и характер изменения основных параметров состояния. Допустимость применения формул идеального газа для различных видов теплоносителей в реальных условиях. Вид теплоносителя - водяной пар. Основные понятия и состояния, уравнение основных процессов, взаимосвязь между термодинамическими параметрами. I-S диаграмма водяного пара, термодинамические таблицы водяного пара. Вид теплоносителя - влажный воздух. Основные понятия и состояния, уравнение основных процессов, взаимосвязь между термодинамическими парамет-	8

		рами. I-d диаграмма влажного воздуха. Основные понятия и законы движущейся среды. Сопло и его различные типы. Скорость звука в движущейся среде. Дозвуковое и сверхзвуковое течение газа и водяного пара. Компрессор как вид теплотехнического утсройства, используемого в пожарном деле. Одно- и многоступенчатые компрессоры. Основные понятия и рабочие циклы, уравнения для расчета мощности привода компрессоров. Двигатели внутреннего сгорания. Основные типы и рабочие циклы. Графическое представление на P-V и T-S диаграммах рабочих циклов различных видов двигателей внутреннего сгорания. Холодильные установки. Основные типы и рабочие циклы. Графическое представление на P-V и T-S диаграммах рабочих циклов разичных видов холодильных установок. Паросиловые установки. Основные понятия и рабочие циклы. Графическое представление на P-V, T-S и I-S диаграммах рабочих циклов идеальной и действительной паросиловых установок. Основные понятия и законы химической термодинамики. Термодинамические потенциалы. Уравнение Гиббса и Гельмгольца. Третий закон термодинамики (теорема Нернста).	
2	Тепломассообмен	Основные понятия раздела "Тепломассообмен". Вид теплообмена - теплопроводность. Закон Фурье. Закон Фурье для плоской одно- и многослойной стенки. Закон Фурье для цилиндрической одно- и многослойной стенки. Закон Фурье для сферической одно- и многослойной стенки. Теплопередача как комбинированный процесс, состоящий из основных видов теплообмена. Закон Ньютона-Рихмана для плоской, цилиндрической и сферической одно- и многослойных стенок. Уравнение теплопередачи для плоской, цилиндрической и сферической одно- и многослойных стенок. Теория подобия. Оснрвные теоремы теории подобия. Критерии подобия. Критериальные уравнения. Применение теории подобия для нахождения теплового потока различных видов конвективного теплообмена. Вид теплообмена – конвективный теплообмен. Свободная и вынужденная конвекция. Основные условия и уравнения развития конвективного теплообмена . Вывод уравнения теплообмена. Лучистый теплообмен как основной вид теплообмена при пожаре. Основные понятия и законы. Защита от излучения. Излучение газов. Расчет экранной защиты от теплового излучения. Расчет теплообмена излучением в поглощающей и излучающей среде. Нестационарная теплопроводность. Применение теории подобия в случае нестационарной теплопроводности. Использование диаграмм взаимосвязи критериев BI (Био) и Fo (Фурье) с температурой тела.	8
3	Промышленная тепло-	Назначение, классификация и схемы теплообменных	2

	энергетика	аппаратов. Принцип расчета теплообменных аппаратов. Конструктивный и поверочный тепловые расчеты теплообменных аппаратов. Средний температурный напор. Промышленные котельные установки. Тепловые электростанции. Основные потребители теплоты. Проблема защиты окружающей среды от выброса продуктов горения. Характеристики основных загрязняющих веществ. Основные методы очистки продуктов горения от вредных выбросов. . Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР). Источники ВЭР и их использование.	

5.1.2 Заочная форма обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание занятия	Кол-во акад. часов
1	Техническая термодинамика	Основные понятия раздела "Техническая термодинамика". Вид теплоносителя - идеальный газ. Основные понятия, параметры состояния, основные уравнения состояния, взаимосвязь между термодинамическими параметрами. Термодинамические процессы и их основные функции. Первый и второй законы термодинамики. Графическое представление термодинамических процессов и характер изменения основных параметров состояния. Допустимость применения формул идеального газа для различных видов теплоносителей в реальных условиях. Вид теплоносителя - водяной пар. Основные понятия и состояния, уравнение основных процессов, взаимосвязь между термодинамическими параметрами. I-S диаграмма водяного пара, термодинамические таблицы водяного пара. Вид теплоносителя - влажный воздух. Основные понятия и состояния, уравнение основных процессов, взаимосвязь между термодинамическими параметрами. I-d диаграмма влажного воздуха. Основные понятия и законы движущейся среды. Сопло и его различные типы. Скорость звука в движущейся среде. Дозвуковое и сверхзвуковое течение газа и водяного пара. Компрессор как вид теплотехнического утсройства, используемого в пожарном деле. Одно- и многоступенчатые компрессоры. Основные понятия и рабочие циклы, уравнения для расчета мощности привода компрессоров. Двигатели внутреннего сгорания. Основные типы и рабочие циклы. Графическое представление на P-V и T-S диаграммах рабочих циклов различных видов двигателей внутреннего сгорания. Холодильные установки. Основные типы и рабочие циклы. Графическое представление на P-V и T-S диаграммах рабочих циклов разичных видов холодильных установок. Паросиловые установки. Основные понятия и рабочие циклы. Графическое представление на P-V, T-S и	2

		I-S диаграммах рабочих циклов идеальной и действительной паросиловых установок. Основные понятия и законы химической термодинамики. Термодинамические потенциалы. Уравнение Гиббса и Гельмгольца. Третий закон термодинамики (теорема Нернста).	
2	Тепломассообмен	Основные понятия раздела "Тепломассообмен". Вид теплообмена - теплопроводность. Закон Фурье. Закон Фурье для плоской одно- и многослойной стенки. Закон Фурье для цилиндрической одно- и многослойной стенки. Закон Фурье для сферической одно- и многослойной стенки. Теплопередача как комбинированный процесс, состоящий из основных видов теплообмена. Закон Ньютона-Рихмана для плоской, цилиндрической и сферической одно- и многослойных стенок. Уравнение теплопередачи для плоской, цилиндрической и сферической одно- и многослойных стенок. Теория подобия. Оснрвные теоремы теории подобия. Критерии подобия. Критериальные уравнения. Применение теории подобия для нахождения теплового потока различных видов конвективного теплообмена. Вид теплообмена – конвективный теплообмен. Свободная и вынужденная конвекция. Основные условия и уравнения развития конвективного теплообмена . Вывод уравнения теплообмена. Лучистый теплообмен как основной вид теплообмена при пожаре. Основные понятия и законы. Защита от излучения. Излучение газов. Расчет экранной защиты от теплового излучения. Расчет теплообмена излучением в поглощающей и излучающей среде. Нестационарная теплопроводность. Применение теории подобия в случае нестационарной теплопроводности. Использование диаграмм взаимосвязи критериев BI (Био) и Fo (Фурье) с температурой тела.	2

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	Исследование процессов во влажном воздухе	Определение количества теплоты, температуры за калорифером, сушилкой (по «мокрой» и «сухой» термопаре. Измерение расхода воздуха, определение работы, количества влаги, уносимой 1 кг сухого воздуха.	4
2	Определение теплопроводности теплоизоляционного материала методом дополнительной стенки	Измерение температур с помощью термопар, определение плотности теплового потока через дополнительную стенку, коэффициенты теплоотдачи от стенки к наружному воздуху, термических сопротивлений.	4
3	Определение коэффициента теплоотдачи для горизонтальной трубы при свободной	Измерение силы тока и направления, температуры стенки в отдельных точках трубы, температуры воздуха. Определение лучистого теплового потока между телами и конвективного теплового потока.	6

	конвекции		
4	Определение коэффициента теплопередачи в пароводяном теплообменнике	Измеряются расход воды через теплообменник, температура воды на входе и выходе, температура на поверхности стенки. Определение теплового потока. Определение коэффициента теплоотдачи от пара к наружной стенки теплообменника и от стенки к нагреваемой воде.	4

5.2.2. Заочная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание лабораторной работы	Кол-во акад. часов
1	Исследование процессов во влажном воздухе	Определение количества теплоты, температуры за калорифером, сушилкой (по «мокрой» и «сухой» термопаре. Измерение расхода воздуха, определение работы, количества влаги, уносимой 1 кг сухого воздуха.	1
2	Определение теплопроводности теплоизоляционного материала методом дополнительной стенки	Измерение температур с помощью термопар, определение плотности теплового потока через дополнительную стенку, коэффициенты теплоотдачи от стенки к наружному воздуху, термических сопротивлений.	1

5.3. Перечень практических занятий

Практические занятия учебным планом не предусмотрены.

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

Групповые консультации по курсовым работам/курсовым проектам учебным планом не предусмотрены.

5.5. Самостоятельная работа

5.5.1. Очная форма обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание работы	Кол-во акад. часов
1	Техническая термодинамика	Выполнение домашнего задания по расчету цикла водяного пара и расчета процесса истечения водяного пара через сопло Лаваля и конструировании этого сопла.	30
2	Тепломассообмен	Выполнение домашнего задания по расчету теплопередачи через цилиндрическую стенку.	30
3	Промышленная теплоэнергетика	Промышленные теплоэнергетические установки. Энергоресурсы и проблема их использования. Органические и ядерные топлива. Основы энерготехнологии. И вторичные энергоресурсы. Энергетический метод термодинамического анализа энерготехнологических схем. Основные направления экономии энергоресурсов. Повышение эффективности энергетического и энергоиспользующего оборудования. Снижение энергопотерь, совершенствование учета и нормирование расхода энергоресурсов.	12

5.5.2. Заочная форма обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание работы	Кол-во акад. часов
1	Техническая термодинамика	Выполнение домашнего задания по расчету цикла водяного пара и расчета процесса истечения водяного пара через сопло Лаваля и конструировании этого сопла.	33
2	Тепломассообмен	Выполнение домашнего задания по расчету теплопередачи через цилиндрическую стенку.	33

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
ОПК-1	+	+	+
ОПК-2		+	+

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.	Зачет	
1	2	3	4	5	6
ОПК-1	З1	+			+
	У1	+	+	+	+
	Н1		+	+	+
ОПК-2	З2	+			+
	У2	+		+	+
	Н2		+	+	+
ИТОГО		+	+	+	+

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

Экзамен учебным планом не предусмотрен.

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

Курсовой проект учебным планом не предусмотрен

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

Код показателя оценивания	Оценка	
	Не зачтено	Зачтено
З1	Обучающийся не знает основные законы и определения термодинамики, теплопередачи.	Обучающийся знает основные законы и определения термодинамики, теплопередачи
У1	Обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, не может увязывать теорию с практикой, не может применять методы математического анализа и моделирования для решения задач по основам теплотехники	Обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, умеет применять методы математического анализа и моделирования для решения задач по основам теплотехники
Н1	Большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному, не имеет навыков в оформлении результатов решения задач	Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое, имеет навыки оформления результатов решения задач по основам теплотехники.
З2	Обучающийся не знает правила оформления строительных чертежей, в области теплотехники, имеет затруднения при ответе на поставленный вопрос	Обучающийся знает правила оформления строительных чертежей в области теплотехники, четко и уверенно отвечает на вопросы.
У2	Обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, не умеет производить теплотехнические расчеты	Обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Н2	Большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному. Не имеет навыков оформления результатов расчетов в соответствии с действующими нормами	Обучающийся грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, оформляет результаты расчетов в соответствии с действующими нормами

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 контрольной работы:

1. Is-диаграмма водяного пара. Определение теплоты и работы для различных процессов изменения состояния водяного пара.
2. Как определяется теоретическая скорость истечения ?
3. Как определяется действительная скорость истечения?
4. Как определяется скоростной коэффициент сопла?
5. Как определяется термический КПД цикла Ренкина?
6. Как определяется критическое давление в горловине сопла ?
7. Что такое дросселирование пара
8. Как определяется коэффициент теплопередачи для плоской и цилиндрических стенок?
9. Что такое термическая проводимость и термическое сопротивление?
10. Как определяется температуры поверхностей отдельных слоев многослойной цилиндрической стенки?
11. Что такое критический диаметр изоляции?
12. Правила выбора тепловой изоляции.

При условии правильного выполнения студентом домашних заданий он допускается к сдаче зачета.

Примеры вопросов для защиты лабораторных работ:

1. Что такое истинная теплоемкость? Массовая, молярная теплоемкость.
2. Как определяется объемный расход воздуха через калориметр?
3. Что такое изобарная и изохорная теплоемкость?
4. Что называется влажным воздухом? Id-диаграмма влажного воздуха.
5. Характеристики влажного воздуха: относительная влажность, влагосодержание, энтальпия, температуры точки росы и мокрого термометра, парциальное давление пара.
6. Какие процессы происходят в калорифере, сушильной камере? Изображение процессов изменения состояния влажного воздуха.
7. Уравнение теплового баланса. Составляющие теплового баланса и их определение.
8. Теплопроводность. Закон теплопроводности Фурье. Градиент температуры. Термическое сопротивление.
9. Многослойные плоские стенки. Эквивалентная теплопроводность.
10. Уравнение теплопроводности для цилиндрической стенки. Критический диаметр цилиндрической стенки.
11. Метод дополнительной стенки.
12. Теплоотдача. Коэффициент теплоотдачи. Закон теплоотдачи (Ньютона-Рихмана).
13. Как измеряются температуры на поверхности стенки? Как устроена термопара?
14. Конвективный и лучистый тепловые потоки.
15. Числа подобия: Нуссельта, Грасгофа, Прандтля, Рейнольдса. Физический смысл.
16. Уравнения подобия.
17. Коэффициент теплопередачи.. Уравнение теплопередачи. Уравнение теплового баланса.
18. Как определяется коэффициент теплоотдачи при пленочной конденсации пара на горизонтальной трубе?
19. Определение коэффициента теплоотдачи при движении жидкости в каналах при турбулентном и ламинарном режимах движения?

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.

13. Стенка наружного ограждения помещения толщиной δ =0,50 м изготовлена из силикатного кирпича (λ =0,8 Вт/м.К). Температура воздуха в помещении - $t_{ж1}$, температура внутренней поверхности стенки - t_{c1}. Определить температуру наружной поверхности

стенки t_{c2} и потери теплоты за сутки через эту стенку площадью 100 м^2. Коэффициент теплоотдачи от внутренней стороны стенки $\alpha_1 = 8$ Вт/м^{2}К.

14. Стенка рабочей камеры печи площадью 10 м^2 состоит из двух слоев. Первый слой – из шамотного кирпича толщиной δ =0,3 м, второй-той же толщины из диатомитового кирпича.

Теплопроводности материалов линейно зависят от температуры и могут быть определены по формулам:

для 1-го слоя $\lambda_1 = 0{,}86+0{,}0006t$

для 2-го слоя $\lambda_2 = 0{,}122+0{,}0003t$.

Определить потерю тепла за сутки, построить график изменения температуры по толщине стенки. Температура внутренней поверхности - t_{c1}, температура наружной поверхности - t_{c3}.

15. В нагревательной печи, где температура газов $t_{ж1}$, стенка площадью 50 м^2 сделана из трех слоев: динасового кирпича толщиной 70 мм, красного кирпича толщиной 250 мм и снаружи слоя изоляции толщиной $\delta_{из}$. Воздух в цехе имеет температуру $t_{ж2}$. Коэффициент теплоотдачи в печи от газов к стенке - α_1, снаружи от изоляции к воздуху - α_2. Определить коэффициент теплопередачи и термические сопротивления теплопередачи от газов к воздуху, суточные потери теплоты, температуры на поверхности всех слоев.

Построить график изменения температуры в стенке.

16. Определить толщину слоя изоляции паропровода наружным диаметром d_2, если при температуре его поверхности t_{c2} наружная поверхность изоляции имеет температуру t_{c3}=60˚С. Теплопроводность изоляции λ_2. Температура окружающего воздуха $t_{ж2}$ =20˚С. Коэффициент теплоотдачи от изоляции к воздуху - α_2.

17. Вертикальный паропровод с наружным диаметром $d_н$ и длиной ℓ охлаждается свободным потоком воздуха, температура которого $t_ж$. Температура поверхности трубы $t_{ст}$. Определить потери теплоты паропроводом. Во сколько раз изменится величина тепловых потерь, если паропровод будет покрыт слоем изоляции толщиной δ, чтобы температура поверхности была равна $t_{ст}$=60˚C? Потери теплоты излучением не учитывать.

18. Определить коэффициент теплопередачи от внутренней поверхности трубы конденсатора паротурбинной установки к охлаждающей воде, количество передаваемой теплоты и длину трубки, если средняя по длине температура стенки $t_{ст}$, утренний диаметр трубки 16 мм, температура воды на входе $t'_ж$, а на выходе $t''_ж$, средняя скорость воды ω.

19. Нагрев воды производится в теплообменнике, который изготовлен из труб с наружным диаметром d = 30 мм, расположенных в шахматном порядке с поперечным и продольными шагами $S_1=S_2=2{,}5d$. Число труб в ряду m, число рядов n. Трубы располагаются поперек потока. Температура воздуха, поступающего в подогреватель, $t'_ж$, а на выходе из подогревателя - $t''_ж$. Средняя температура наружной поверхности труб - $t_{ст}$. Скорость воздуха в узком сечении трубного пучка 10 м/с. Какой длины должны быть трубы, чтобы тепловой поток, передаваемый воде, протекающей внутри труб, был равен 400 кВт?

20. Насыщенный водяной пар при давлении P конденсируется на вертикальной трубе высотой h. Разность температур пара и поверхности трубы равна Δt. Рассчитать и построить график изменения локального коэффициента теплоотдачи и толщины слоя конденсата по длине трубы. Чему равно среднее значение коэффициента теплоотдачи?

7.3.2. Промежуточная аттестация

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

Вопросы для промежуточной аттестации.

1. Термодинамическая система. Рабочее тело. Термодинамические параметры. Равновесное и неравновесное состояния.
2. Равновесные и неравновесные процессы. Термодинамические диаграммы.
3. Идеальный газ. Уравнение состояния. Газовая постоянная.
4. Газовые смеси. Способы задания смеси. Парциальное давление и парциальный объем. Параметры состояния газовой смеси, газовая постоянная, молекулярная масса.
5. Первый закон термодинамики.
6. Понятия работы, графическая интерпретация.
7. Теплота термодинамического процесса. Эквивалентность теплоты и работы. Теплоемкость, виды теплоемкости.
8. Внутренняя энергия. Функции процесса и функции состояния. Внутренняя энергия идеального газа.
9. Энтальпия. Аналитическое выражение первого закона термодинамики.
10. Анализ термодинамических процессов. Цели и задачи.
11. Изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы. Уравнения процессов. Изображение в p-v диаграмме. Расчетные выражения для теплоты и работы.
12. Политропные процессы - общая форма частных процессов. Уравнение политропы. Теплоемкость процесса. Показатель политропы.
13. Связь показателя политропы с физической сущностью процесса.
14. Второй закон термодинамики. Основные формулировки. Физический смысл. Связь с работой теплотехнических устройств.
15. Цикл теплового двигателя. Обратимые и необратимые процессы.
16. Цикл Карно. Термический к.п.д.
17. Энтропия. Расчет изменения энтропии в термодинамических процессах.
18. T – S диаграмма. Анализ термодинамических процессов с применением диаграммы.
19. Перестройка процессов из p-v диаграммы в T-s и обратно.
20. Работоспособность термодинамической системы. Эксергия теплоты. Формула Гуи-Стодолы. Эксергетический анализ работы парового котла.
21. Реальные газы. Уравнение состояния.
22. Вода и водяной пар. Процесс парообразования в p-v и T-s.
23. Жидкость в состоянии насыщения, сухой насыщенный пар.
24. Влажный насыщенный пар, степень сухости. Перегретый пар.
25. Связь между давлением и температурой насыщения. Теплота фазового перехода. Критические параметры водяного пара.
26. Принцип построения и характерные особенности *i-s* диаграммы, Удельный объем, энтальпия и энтропия воды, влажного, сухого насыщенного и перегретого пара. Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара
27. Расчет пяти термодинамических процессов изменения состояния водяного пара с использованием i-s диаграммы.
28. Влажный воздух, как смесь идеальных газов. Газовая постоянная, молекулярная масса, плотность и теплоемкость влажного воздуха.
29. Абсолютная и относительная влажность. Влагосодержание. Насыщенный и ненасыщенный влажный воздух.
30. Температура точки росы, Температура мокрого термометра. Энтальпия влажного воздуха.

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

- Аттестационные испытания проводятся преподавателем (или комиссией преподавателей – в случае модульной дисциплины), ведущим лекционные занятия по данной дисциплине, или преподавателями, ведущими практические и лабораторные занятия (кроме устного экзамена). Присутствие посторонних лиц в ходе проведения аттестационных испытаний без разрешения ректора или проректора не допускается (за исключением работников университета, выполняющих контролирующие функции в соответствии со своими должностными обязанностями). В случае отсутствия ведущего преподавателя аттестационные испытания проводятся преподавателем, назначенным письменным распоряжением по кафедре (структурному подразделению).
- Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, имеющие нарушения опорно-двигательного аппарата, допускаются на аттестационные испытания в сопровождении ассистентов-сопровождающих.
- 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 в устной форме должно составлять не менее 40 минут (по желанию обучающегося ответ может быть досрочным). Время ответа – не более 15 минут.
- Оценка результатов устного аттестационного испытания объявляется обучающимся в день его проведения.

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	Основы теплотехники	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
		ЭБС АСВ		
Дополнительная литература:				
		НТБ		
1	Основы теплотехники	Кушнырев В.И., Лебедев В.И., Павленко В.А., Техническая термодинамика и теплопередача . М.:Стройиздат, 1986	291	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 (рабочее тело, энтальпия. энтропия, внутреняя энергия, теплоемкость и др.).
4. Мирам А.О., Павленко В.А. Теплопередача через многослойную плоскую стенку. – М.: МГСУ, 2014(имеются на кафедре «Теплотехника и теплогазоснабжение»).
5. Теплопередача через многослойную цилиндрическую стенку. – М.: МГСУ, 2014. (имеются на кафедре «Теплотехника и теплогазоснабжение»).
6. Мирам А.О., Павленко В.А. Лабораторные работы по «Технической термодинамике и Тепломассообмену». Методические указания. -М.: МГСУ,. (имеются на кафедре «Теплотехника и теплогазоснабжение»).
7. Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания.
8. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам.
9. 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

Не предусмотрено**.**

11.2. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса

Не предусмотрено.

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 «Основы теплотехники» 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.	Лабораторные работы	Лабораторный стенд «Определение теплоемкости воздуха при атмосферном давлении» Лабораторный стенд «Процессы изменения состояния влажного воздуха» Лабораторный стенд «Определение теплопроводности 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)» Лабораторный стенд «Изучение процессов конвективной теплоотдачи при вынужденном движении воздуха в пучке труб» Лабораторный стенд «Определение коэффициента теплопередачи пароводяного теплообменного аппарата»	514г УЛБ, Лаборатория "Теплотехники". Лаборатория "Термодинамики и тепломассообмена"

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.