

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Минцаев Магомед Шавалович

Должность: Ректор

Дата подписания: 03.12.2024 10:19:13

Уникальный программный ключ:

236bcc35c296f119d6aafdc22836b21db52dbc07971a86865a5825f9fa4304cc

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

имени академика М.Д. Миллионщикова

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор

И.Г. Гайрабеков



« 1 » сентября 2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«ТЕПЛОМАССОБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ ЭНЕРГЕТИКИ, МЕТОДЫ РАСЧЕТА»

Направление подготовки

13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль)

«Теплоэнергетика и теплотехника»

Квалификация

Магистр

Год начала подготовки: 2024

Грозный – 2024

1. Цели и задачи дисциплины

Основная цель курса: «Тепломассообменные процессы энергетики, методы расчета» освоение основных законов тепломассообмена и теплотехники, методов получения, преобразования, передачи и использования теплоты, принципов действия и конструктивных особенностей тепло- и парогенераторов, трансформаторов теплоты, холодильников и холодильных машин, теплообменных аппаратов и устройств, тепломассообменных процессов происходящих в различного рода тепловых установок и отдельных химических реакторах. Изучение физических процессов и принципов действия различных видов теплообменного, выпарного, перегонного, сушильного, холодильного и другого тепломассообменного оборудования используемого в энергетическом хозяйстве современного промышленного предприятия, методов их расчёта и конструирования, характерных режимов и технико-экономических показателей их работы.

Задачи изучения курса:

- подготовка высококвалифицированного технолога, владеющего навыками грамотного руководства проектированием и эксплуатацией современного производства, представляющего собой совокупность технологических и тепловых процессов и соответствующего технологического и теплоэнергетического оборудования.
- освоение магистрантами общих принципов работы и оптимального проектирования тепломассообменного оборудования различного назначения, знакомство с узлами и деталями машин, а также методами определения оптимальных параметров тепломассообменных механизмов с использованием компьютерных технологий, изучение способов взаимодействия механизмов, узлов в машинах, которые обуславливают свойства механической системы и ее основные технико-экономические показатели.
- освоение методов теплового конструктивного, поверочного, гидравлического, и прочностного расчетов и выбора тепломассообменного оборудования.
- проведение анализа процессов, протекающих при передаче теплоты и массы в аппаратах и выбирать наиболее эффективные режимы их работы.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Учебная дисциплина «Тепломассообменные процессы энергетики, методы расчета» относится к блоку 1 обязательной части в учебном плане ОП направления подготовки магистров 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и предусмотрена для изучения в 2 семестре, базируется на знании общетехнических и специальных дисциплин: Современные проблемы теплоэнергетики, теплотехники и теплотехнологий, Инновационные технологии производства электрической и тепловой энергии, Проблемы энерго- и ресурсосбережения в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях, Модернизация и ремонт энергетического и теплотехнологического оборудования.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Таблица 1

Код по ФГОС	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВ)
Профессиональные		
ПК-1. способностью планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований в виде отчетов, рефератов, научных публикаций и на публичных обсуждениях	ПК-1.1. Способен организовывать планирование научно-технического эксперимента и научно-исследовательской работы по поручению руководства. ПК-1.2. Вырабатывает методы экспериментальной работы, может осуществлять патентный поиск информации, качественно обрабатывать, интерпретировать и представлять результаты научных исследований или новейших достижений науки.	знать: – условия однозначности или краевые условия теплопроводности; – условия передачи теплоты через однослойную и многослойную, цилиндрическую и шаровую стенки; – обобщенный метод решения задач теплопроводности в плоской, цилиндрической и шаровой стенках; – методику расчета теплопередачи между двумя жидкостями через разделяющую их стенку;
ПК-2 способностью к разработке мероприятий по совершенствованию технологии производства; обеспечению бесперебойной работы, правильной эксплуатации, ремонта и модернизации энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования.	ПК-2.1. Анализирует информацию по новейшим в мировом масштабе разработкам технологий применяемых на данном предприятии и предлагает готовые решения по их внедрению; ПК-2.2. Вырабатывает план мероприятий и последовательность проведения операций по совершенствованию технологических решений и последовательное внедрение их в производственный процесс; ПК-2.3. Использует современные нормативные методы определения работоспособности оборудования, на основе грамотной работы с технологической документацией, техническими регламентами и паспортами своевременно сообщает руководству о необходимости проведения его ремонта и модернизации.	– особенности передачи теплоты при взаимном контакте двух тел, определять контактное термическое сопротивление. – особенности теплообмена при конденсации чистого пара, пленочной конденсации неподвижного пара; – основы процесса теплообмена излучением, виды лучистых потоков, тепловой баланс лучистого теплообмена, основные законы при теплообмене излучением; уметь: – рассчитывать теплопередачу через плоскую, цилиндрическую, сферическую и ребренную стенки; – определять тип и основные характеристики теплоизоляции, осуществлять выбор

		эффективной тепловой изоляции по её критическому диаметру; — определять и рассчитывать теплоотдачу при ламинарном, вязкостно-гравитационном, переходном и турбулентном режимах. — осуществлять поверочный расчет ТА: теплопередача без изменения и с изменением агрегатного состояния владеть: — способами интенсификации теплопередачи, интенсификация теплопередачи путем увеличения коэффициента теплопроводности; — методами анализа размерностей теории подобия, пользоваться критериальными уравнениями; — методами расчета теплоотдачи в трубах некруглого поперечного сечения, в изогнутых и шероховатых трубах; — классификацией теплообменных аппаратов (ТА), уравнения теплового баланса и теплопередачи ТА. — методиками теплового, конструктивного расчета, виды расчетов ТА (тепловой, конструктивный, гидравлический, прочностной).
--	--	--

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 2

Вид учебной работы		Всего часов/зач.ед.		Семестр	
				2	2
		ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО
Контактная работа (всего)		50/1,4	26/0,7	50/1,4	26/0,7
В том числе:					
Лекции		20/0,6	12/0,33	20/0,6	12/0,33
Практические занятия		20/0,6	6/0,17	20/0,6	6/0,17
Лабораторные работы		10/0,3	8/0,22	10/0,3	8/0,22
Самостоятельная работа (всего)		130/3,6	154/4,3	130/3,6	154/4,3
В том числе:					
Курсовой проект (работа)		40/1,1	54/1,5	40/1,1	54/1,5
Расчетно-графические работы					
ИТР					
Рефераты					
Доклады					
Презентации					
И (или) другие виды самостоятельной работы					
Подготовка к лабораторным работам		18/0,5	28/0,8	18/0,5	28/0,8
Подготовка к практическим занятиям		36/1,0	36/1,0	36/1,0	36/1,0
Подготовка к зачету					
Подготовка к экзамену		36/1,0	36/1,0	36/1,0	36/1,0
Вид отчётности		экзамен.	экзамен.	экзамен.	экзамен.
Общая трудоемкость дисциплины	ВСЕГО в часах	180	180	180	180
	ВСЕГО в зачетных единицах	5	5	5	5

5. Содержание дисциплины

5.1 Разделы дисциплины и виды занятий

Таблица 3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины по семестрам	Часы лекционных занятий		Часы лабораторных занятий		Часы практических (семинарских) занятий		Всего часов	
		ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО
1	Теплопроводность при стационарных условиях. Теплопередача.	4	2	2	1	4	1	10	4
2	Интенсификация теплопередачи, сложный теплообмен	4	2	2	2	4		10	4
3	Нестационарные процессы теплопроводности, контактный и конвективный теплообмен	2	2	1	1	2		5	3
4	Теория подобия. Теплоотдача	2	1	1		2	2	5	3
5	Теплообмен при: конденсации чистого пара; при пленочной конденсации неподвижного пара.	2	1	1	1	2	2	5	4
6	Теплообмен излучением.	2	1	1	1	2	1	5	3
7	Классификация теплообменного оборудования. Теплоносители.	2	1	1	1	2		5	2
8	Рекуперативные и Регенеративные теплообменные аппараты и установки, методы расчета	2	2	1	1	2		5	3
	ИТОГО:	20	12	10	8	20	6	50	26

5.2 Лекционные занятия

Таблица 4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	2	3
1	Теплопроводность при стационарных условиях. Теплопередача.	Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Коэффициент теплопроводности газов и жидкостей. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности или краевые условия теплопроводности. Теплопроводность при стационарных условиях. Теплопроводность однослойной, многослойной, плоской цилиндрической и сферической стенок при граничных условиях 1 рода. Тепловая проводимость стенки. Тепловое термическое сопротивление. Охлаждение, нагревание неограниченной пластины, цилиндра и шара при граничных условиях 1,2,3 рода. Теплопередача через однослойную и многослойную цилиндрическую стенку. Полное термическое сопротивление теплопередачи. Передача теплоты через цилиндрическую стенку. Линейное термическое сопротивление теплопередачи. Критический диаметр цилиндрической стенки. Передача теплоты через шаровую стенку. Обобщенный метод решения задач теплопроводности в плоской, цилиндрической и шаровой стенках. Теплопередача между двумя жидкостями через разделяющую их стенку. Теплопередача через плоскую, цилиндрическую, сферическую и оребренную стенки. Коэффициент теплопередачи.
2	Интенсификация теплопередачи, сложный теплообмен	Пути интенсификации теплопередачи. Интенсификация теплопередачи путем увеличения коэффициента теплопроводности. Теплопроводность в стержне (ребре) постоянного поперечного сечения. Дифференциальное уравнение и его решение. Оребрение поверхности нагрева как способ интенсификации процесса теплопередачи. Теплопередача через ребристую плоскую стенку. Коэффициент эффективности ребра. Теплопроводность круглого ребра постоянной толщины. Пористое охлаждение пластины. Теплопроводность однородного цилиндрического стержня. Перенос теплоты по стержню (ребру). Тепловой поток с поверхности стержня (ребра). Теплопроводность цилиндрической стенки. Тепловая изоляция. Критический диаметр тепловой изоляции. Выбор эффективной изоляции по её критическому диаметру.

1	2	3
3	Нестационарные процессы теплопроводности, контактный и конвективный теплообмен	Аналитическое описание процесса нестационарной теплопроводности. Определение количества теплоты, отданного пластиной в процессе охлаждения. Охлаждение (нагревание) бесконечно длинного цилиндра. Определение количества теплоты, отданного цилиндром в процессе охлаждения. Охлаждение (нагревание) тел конечных размеров. Регулярный режим охлаждения (нагрева) тел. Приближенные методы решения задач теплопроводности. Исследование процессов теплопроводности методом аналогий. Особенности передачи теплоты при взаимном контакте двух тел. Контактное термическое сопротивление. Нестационарный процесс теплопроводности. Контактный теплообмен. Основной закон конвективного теплообмена. Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Дифференциальные уравнения теплообмена: Навье-Стокса - уравнение движения вязкой жидкости, Фурье – Кирхгоффа - уравнение теплопроводности для потока движущейся жидкости. Уравнение энергии. Уравнение сплошности. Условия однозначности. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Условия прилипания. Уравнение теплоотдачи. Гидродинамический пограничный слой. Тепловой пограничный слой. Турбулентный перенос теплоты и количество движения.
4	Теория подобия. Теплоотдача	Понятие о методе анализа размерностей теории подобия. Критериальные уравнения. Физический смысл основных критериев подобия. Число Нуссельта. Число Рейнольдса. Число Пекле. Число Грасгофа. Число Эйлера. Число Прандтля. Условия подобия физических процессов. Метод размерностей. Моделирование процессов конвективного теплообмена. Основные положения теплоотдачи при свободном движении жидкости. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости. Теплоотдача при свободном движении около горизонтальной трубы, в ограниченном пространстве. в пространстве горизонтальных и вертикальных щелей. Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности. Коэффициенты теплоотдачи. Шаровые и горизонтальные цилиндрические прослойки. Теплоотдача при естественной конвекции. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния вещества. Теплообмен при конденсации паров. Тепловой поток. Плотность теплового потока. Теплоотдача при ламинарном пограничном слое. Аппроксимация профиля температуры. Переход ламинарного течения в турбулентное. Теплоотдача при ламинарном режиме. Теплоотдача при вязкостно-гравитационном режиме. Теплоотдача при турбулентном режиме. Теплоотдача при переходном режиме. Теплоотдача в трубах некруглого поперечного сечения. Теплоотдача в изогнутых трубах. Теплоотдача в шероховатых трубах. Теплоотдача при поперечном омывании пучком труб. Характер течения жидкости в пучке.

	2	3
5	Теплообмен при: конденсации чистого пара; при пленочной конденсации неподвижного пара.	Теплообмен при конденсации чистого пара. Виды конденсации. Термическое сопротивление передачи теплоты. Термическое сопротивление пленки конденсата от режима течения. Тепловой поток при конденсации пара. Конденсация движущегося и неподвижного пара. Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного пара. Турбулентное течение пленки на вертикальной стенке. Теплообмен при пленочной конденсации движущего пара внутри труб. Ламинарное течение пленки конденсата. Теплообмен при капельной конденсации пара. Основные задачи теплообмена при конденсации пара.
6	Теплообмен излучением.	Основы процесса теплообмена излучением. Виды лучистых потоков. Вектор излучения. Тепловой баланс лучистого теплообмена. Закон Планка. Закон Релея–Джинса. Закон смещения Вина. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа. Абсолютно черное тело. Излучательная способность твердых тел и методы ее определения. Закон косинусов Ламберта. Теплообмен излучением системы тел в абсолютно прозрачной среде. Излучательная способность твердых тел и методы ее определения. Радиационный метод. Метод регулярного теплового режима. Метод нагревания с постоянной скоростью. Основы расчета теплообмена излучением между излучающей и поглощающей средой и поверхностями нагрева теплообменных устройств. Физическая природа теплового излучения. Классификация потоков излучения. Формула Поляка. Интегральные и спектральные характеристики энергии излучения: поток, плотность потока и интенсивность излучения. Излучение реальных тел, идеальные тела. Законы излучения абсолютно черного тела. Законы Ламберта, Кирхгофа, понятие диффузной поверхности излучения и серого тела. Лучистый теплообмен в замкнутой системе серых тел, разделенных диатермичной средой.
7	Классификация теплообменного оборудования. Теплоносители.	Классификация теплообменных аппаратов (ТА). Уравнения теплового баланса и теплопередачи. Среднелогарифмический температурный напор. Прямоток, противоток, сложные схемы движения теплоносителей. Конструкторский и поверочный тепловые расчеты рекуперативного теплообменника. Сравнение прямотока и противотока. Гидравлическое сопротивление теплообменных аппаратов. Виды теплоносителей и их характеристика: вода, воздух, дымовые газы, высокотемпературные органические теплоносители, минеральные масла, кремнийорганические соединения и неорганические соли, жидкометаллические теплоносители, хладагенты. Выбор скорости теплоносителей. Понятие о расчёте смесительных теплообменников и о расчёте регенеративных теплообменных аппаратов.

8	Рекуперативные и Регенеративные теплообменные аппараты и установки, методы расчета	Методика теплового, конструктивного расчета. Виды расчетов ТА (тепловой, конструктивный, гидравлический, прочностной). Условные графические изображения ТА. Методика теплового, конструктивного расчета. Определение конструктивных размеров: количество труб, рабочая длина труб, расстояние между трубными решетками, диаметр кожуха, число ходов, расстояние между перегородками. Теплообменные аппараты “труба в трубе” (разборные одно- и многопоточные). Пластинчатые теплообменники разборного типа. Определение конструктивных размеров (площадь сечения канала, число каналов, площадь поверхности теплообмена одной пластины с промежуточными листами и без, суммарная длина каналов в одной пластине). Змеевиковые теплообменники. Определение конструктивных размеров: диаметр змеевика, диаметр трубы змеевика, шаг между витками, число витков змеевика, высота змеевика. Поверочный расчет ТА: теплопередача без изменения и с изменением агрегатного состояния. Метод эффективности. Определение конструктивных размеров кожухотрубных, пластинчатых, змеевиковых теплообменников. Расчет цилиндрических сосудов. Расчет на прочность выпуклых днищ и крышек. Расчет фланцевых соединений. Расчет трубных решеток. Расчет падений давления на трение, местные сопротивления, ускорение потока. Определение мощности насоса. Конструкции регенеративных ТА и установок (типы насадок, регенераторы с неподвижной, падающей и вращающейся насадкой). Особенности теплообмена в слое (плотный и кипящий слой, порозность, объемный коэффициент теплопередачи). Тепловой конструктивный расчет регенеративных теплообменников. Аппараты с кипящим слоем. Влажный воздух. Понятие параметров влажного воздуха (влажность абсолютная, относительная, влагосодержание, энтальпия, плотность, температура по сухому и мокрому термометру). Диаграмма h-d. Изображение основных процессов на диаграмме h-d (нагрев, охлаждение, смешения воздуха различного состояния). Конструкции теплообменников смешения. Оросительные теплообменники смешения (полые, каскадные, с насадкой, струйные компактные). Изображение процессов изменения параметров влажного воздуха в контактных теплообменниках. Расчет полезного объема насадочного контактного теплообменника. Гидравлический режим и сопротивление теплообменников с насадкой.
---	---	---

5.3 Лабораторные занятия

Таблица 5

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	Теплопроводность при стационарных условиях. Теплопередача.	Теплопроводность при стационарных условиях.
2		Определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала (метод цилиндрического слоя)
3		Определение коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции (метод струны)
4		Исследование процессов теплообмена на горизонтальном трубопроводе
5	Нестационарные процессы теплопроводности, контактный и конвективный теплообмен	Теплоотдача при свободной конвекции жидкости
6		Теплоотдача при вынужденной конвекции жидкости
7		Теплообмен при конденсации паров Теплопередача при конвекции и обдуве стержня Теплопередача при конвекции и обдуве радиатора Теплопередача при конвекции и обдуве шара Теплопередача при конвекции и обдуве пластины
	Рекуперативные и Регенеративные теплообменные аппараты и установки, методы расчета	Исследование трубчатого теплообменника Исследование пластинчатого теплообменника

5.4 Практические (семинарские) занятия

Таблица 7

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Теплопроводность при стационарных условиях. Теплопередача.	Передача теплоты через цилиндрическую стенку. Линейное термическое сопротивление теплопередачи. Критический диаметр цилиндрической стенки
2	Интенсификация теплопередачи, сложный теплообмен	Теплопередача через ребристую плоскую стенку. Коэффициент эффективности ребра. Теплопроводность круглого ребра постоянной толщины. Пористое охлаждение пластины.
3	Нестационарные процессы теплопроводности, контактный и конвективный теплообмен	Особенности передачи теплоты при взаимном контакте двух тел. Контактное термическое сопротивление. Нестационарный процесс теплопроводности.
4	Теория подобия. Теплоотдача	Физический смысл основных критериев подобия. Число Нуссельта. Число Рейнольдса. Число Пекле. Число Грасгофа. Число Эйлера. Число Прандтля. Условия подобия физических процессов.

5	Теплообмен при: конденсации чистого пара; при пленочной конденсации неподвижного пара.	Термическое сопротивление передачи теплоты. Термическое сопротивление пленки конденсата от режима течения.
6	Теплообмен излучением.	Излучение реальных тел, идеальные тела. Законы излучения абсолютно черного тела. Законы Ламберта, Кирхгофа, понятие диффузной поверхности излучения и серого тела.
7	Классификация теплообменного оборудования. Теплоносители.	Конструкторский и поверочный тепловые расчеты рекуперативного теплообменника. Сравнение прямотока и противотока. Гидравлическое сопротивление теплообменных аппаратов.
8	Рекуперативные и Регенеративные теплообменные аппараты и установки, методы расчета	Определение конструктивных размеров: диаметр змеевика, диаметр трубы змеевика, шаг между витками, число витков змеевика, высота змеевика. Поверочный расчет ТА: теплопередача без изменения и с изменением агрегатного состояния

6. Самостоятельная работа магистрантов по дисциплине

6.1 Вопросы для самостоятельного изучения

Таблица 9

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения
1	Теплопередача через плоскую, цилиндрическую, сферическую и оребренную стенки. Коэффициент теплопередачи.
2	Тепловая изоляция. Критический диаметр тепловой изоляции. Выбор эффективной изоляции по её критическому диаметру.
3	Особенности передачи теплоты при взаимном контакте двух тел. Контактное термическое сопротивление. Нестационарный процесс теплопроводности.
4	Теплоотдача в трубах некруглого поперечного сечения. Теплоотдача в изогнутых трубах.
5	Основы процесса теплообмена излучением. Виды лучистых потоков. Вектор излучения. Тепловой баланс лучистого теплообмена
6	Центральные и местные системы отопления. Классификация, технико-экономические показатели центральных и местных систем отопления. Достоинства и недостатки систем отопления.
7	Элементы оборудования центральных отопительных систем (нагревательные приборы, расширительные сосуды и др.).
8	Системы вентиляции промышленных зданий и помещений. Классификация систем вентиляции. Влияние вредных выделений на физиологию и самочувствие персонала и на технологию.
9	Пластинчатые теплообменники разборного типа. Определение конструктивных размеров (площадь сечения канала, число каналов, площадь поверхности теплообмена одной пластины с промежуточными листами и без, суммарная длина каналов в одной пластине). Змеевиковые теплообменники.
10	Установки центрального кондиционирования воздуха. Принцип действия,

	классификация, область применения систем кондиционирования воздуха.
11	Нормы санитарного состояния воздушной среды промышленных, общественных и жилых помещений.
12	Классификация теплообменных аппаратов (ТА). Уравнения теплового баланса и теплопередачи. Среднеарифметический температурный напор. Оросительные теплообменники смешения (полые, каскадные, с насадкой, струйные компактные).

6.2 Темы рефератов

Таблица 10

1.	Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Коэффициент теплопроводности газов и жидкостей
2.	Дифференциальное уравнение теплопроводности
3.	Условия однозначности или краевые условия теплопроводности. Теплопроводность при стационарных условиях
4.	Теплопроводность однослойной, многослойной, плоской цилиндрической и сферической стенок при граничных условиях 1 рода
5.	Тепловая проводимость стенки. Тепловое термическое сопротивление
6.	Охлаждение, нагревание неограниченной пластины, цилиндра и шара при граничных условиях 1,2,3 рода
7.	Теплопередача через однослойную и многослойную цилиндрическую стенку
8.	Полное термическое сопротивление теплопередачи. Передача теплоты через цилиндрическую стенку
9.	Линейное термическое сопротивление теплопередачи. Критический диаметр цилиндрической стенки
10.	Передача теплоты через шаровую стенку. Обобщенный метод решения задач теплопроводности в плоской, цилиндрической и шаровой стенках
11.	Теплопередача между двумя жидкостями через разделяющую их стенку
12.	Теплопередача через плоскую, цилиндрическую, сферическую и оребренную стенки. Коэффициент теплопередачи
13.	Пути интенсификации теплопередачи. Интенсификация теплопередачи путем увеличения коэффициента теплопроводности
14.	Теплопроводность в стержне (ребре) постоянного поперечного сечения. Дифференциальное уравнение и его решение
15.	Оребрение поверхности нагрева как способ интенсификации процесса теплопередачи
16.	Теплопередача через ребристую плоскую стенку. Коэффициент эффективности ребра
17.	Теплопроводность круглого ребра постоянной толщины. Пористое охлаждение пластины
18.	Тепловая изоляция. Критический диаметр тепловой изоляции. Выбор эффективной изоляции по её критическому диаметру
19.	Аналитическое описание процесса нестационарной теплопроводности
20.	Определение количества теплоты, отданного пластиной в процессе охлаждения
21.	Охлаждение (нагревание) бесконечно длинного цилиндра. Определение количества теплоты, отданного цилиндром в процессе охлаждения
22.	Охлаждение (нагревание) тел конечных размеров. Регулярный режим охлаждения (нагревания) тел
23.	Приближенные методы решения задач теплопроводности. Исследование процессов теплопроводности методом аналогий
24.	Особенности передачи теплоты при взаимном контакте двух тел. Контактное

	термическое сопротивление. Нестационарный процесс теплопроводности
25.	Контактный теплообмен. Основной закон конвективного теплообмена. Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи
26.	Дифференциальные уравнения теплообмена: Навье-Стокса - уравнение движения вязкой жидкости, Фурье – Кирхгофа - уравнение теплопроводности для потока движущейся жидкости. Уравнение энергии. Уравнение сплошности. Условия однозначности
27.	Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Условия прилипания. Уравнение теплоотдачи
28.	Гидродинамический пограничный слой. Тепловой пограничный слой. Турбулентный перенос теплоты и количество движения
29.	Понятие о методе анализа размерностей теории подобия. Критериальные уравнения. Физический смысл основных критериев подобия
30.	Число Нуссельта. Число Рейнольдса. Число Пекле. Число Грасгофа. Число Эйлера. Число Прандтля
31.	Условия подобия физических процессов. Метод размерностей. Моделирование процессов конвективного теплообмена
32.	Основные положения теплоотдачи при свободном движении жидкости
33.	Теплоотдача при вынужденном движении жидкости. Теплоотдача при свободном движении около горизонтальной трубы, в ограниченном пространстве
34.	Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности. Коэффициенты теплоотдачи
35.	Шаровые и горизонтальные цилиндрические прослойки. Теплоотдача при естественной конвекции. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния вещества. Теплообмен при конденсации паров
36.	Тепловой поток. Плотность теплового потока. Теплоотдача при ламинарном пограничном слое
37.	Аппроксимация профиля температуры. Переход ламинарного течения в турбулентное
38.	Теплоотдача при ламинарном режиме. Теплоотдача при вязкостно-гравитационном режиме. Теплоотдача при турбулентном режиме. Теплоотдача при переходном режиме
39.	Теплоотдача в трубах некруглого поперечного сечения. Теплоотдача в изогнутых трубах
40.	Теплоотдача в шероховатых трубах Теплоотдача при поперечном омывании пучком труб. Характер течения жидкости в пучке.
41.	Теплообмен при конденсации чистого пара. Виды конденсации
42.	Термическое сопротивление передачи теплоты. Термическое сопротивление пленки конденсата от режима течения
43.	Тепловой поток при конденсации пара. Конденсация движущегося и неподвижного пара
44.	Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного пара
45.	Турбулентное течение пленки на вертикальной стенке. Теплообмен при пленочной конденсации движущего пара внутри труб
46.	Ламинарное течение пленки конденсата. Теплообмен при капельной конденсации пара. Основные задачи теплообмена при конденсации пара.
47.	Закон смещения Вина. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа. Абсолютно черное тело. Излучательная способность твердых тел и методы ее определения
48.	Закон косинусов Ламберта. Теплообмен излучением системы тел в абсолютно прозрачной среде
49.	Излучательная способность твердых тел и методы ее определения. Радиационный метод. Метод регулярного теплового режима. Метод нагревания с постоянной

	скоростью
50.	Основы расчета теплообмена излучением между излучающей и поглощающей средой и поверхностями нагрева теплообменных устройств
51.	Физическая природа теплового излучения. Классификация потоков излучения
52.	Формула Поляка. Интегральные и спектральные характеристики энергии излучения: поток, плотность потока и интенсивность излучения
53.	Излучение реальных тел, идеальные тела. Законы излучения абсолютно черного тела
54.	Законы Ламберта, Кирхгофа, понятие диффузной поверхности излучения и серого тела
55.	Лучистый теплообмен в замкнутой системе серых тел, разделенных диатермичной средой
56.	Лучистый теплообмен между двумя безграничными пластинами; телом и оболочкой; экранирование излучения
57.	Теоретические основы современных зональных методов расчёта теплообмена излучением. Интегральные уравнения излучения
58.	Приближенный расчет лучистого теплообмена в замкнутой системе тел, разделенных излучающе-поглощающей средой (серое приближение)
59.	Расчёт теплообмена в системе типа «газ в оболочке»
60.	Закон Бугера. Определение поглощательной способности и степени черноты среды (продуктов сгорания)
61.	Понятие о методах расчёта сложного теплообмена (радиационно-кондуктивного и радиационно-конвективного).
62.	Дополнительный расход теплоты на нагрев наружного воздуха связанного с инфильтрацией, с поступлением охлажденных материалов и транспорта
63.	Тепловыделения в производственных, жилых, общественных и административно-бытовых помещениях
64.	Тепло, поступающее с солнечной радиацией. Тепловой баланс для холодного и теплого периодов. Выделения влаги в помещениях. Влажностный баланс помещений
65.	Центральные и местные системы отопления. Классификация, технико-экономические показатели центральных и местных систем отопления. Достоинства и недостатки систем отопления.
66.	Гравитационные и насосные системы водяного отопления. Расчет водяных систем отопления
67.	Паровые системы отопления высокого и низкого давления и их расчет
68.	Воздушные системы отопления и их расчет. Элементы оборудования центральных отопительных систем (нагревательные приборы, расширительные сосуды и др.)
69.	Расчет и подбор современных отопительных приборов
70.	Возможности использования солнечной энергии, других возобновляемых источников для отопления индивидуальных зданий
71.	Системы вентиляции промышленных зданий и помещений. Классификация систем вентиляции
72.	Влияние вредных выделений на физиологию и самочувствие персонала и на технологию
73.	Методы борьбы с вредными выделениями. Нормы и расчет необходимого воздухообмена в производственных и служебных помещениях
74.	Уравнения теплового баланса и теплопередачи. Среднелогарифмический температурный напор.
45.	Виды теплоносителей и их характеристика: вода, воздух, дымовые газы, высокотемпературные органические теплоносители.
76.	Теплообменные аппараты “труба в трубе” (разборные одно- и многопоточные).
77.	Пластинчатые теплообменники разборного типа.
78.	Поверочный расчет ТА: теплопередача без изменения и с изменением агрегатного

	состояния.
78.	Конструкции регенеративных ТА и установок (типы насадок, регенераторы с неподвижной, падающей и вращающейся насадкой).
79.	Влажный воздух. Понятие параметров влажного воздуха (влажность абсолютная, относительная, влагосодержание, энтальпия, плотность, температура по сухому и мокрому термометру).
80.	Оросительные теплообменники смешения (полые, каскадные, с насадкой, струйные компактные).

6.3 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Литература:

1. Агеев М.А. Тепломассообменные процессы и установки промышленной теплотехники [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» всех форм обучения/ Агеев М.А., Мракин А.Н.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018.— 229 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/70284.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Андреев В.В. Теплотехника [Электронный ресурс]: учебник/ Андреев В.В., Лебедев В.А., Спесивцев Б.И.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2016.— 288 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/71706.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Расчет тепловых процессов и установок в примерах и задачах [Электронный ресурс]: практикум/ Шалай В.В., Михайлов А.Г., Батраков П.А., Теребилов С.В., Слободина Е.Н.— Электрон. текстовые данные.— Омск: Омский государственный технический университет, 2015.— 120 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/58098.html>.— ЭБС «IPRbooks»

7. Оценочные средства

7.1 Вопросы к первому текущему контролю освоения дисциплины

1. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Коэффициент теплопроводности газов и жидкостей
2. Дифференциальное уравнение теплопроводности
3. Условия однозначности или краевые условия теплопроводности. Теплопроводность при стационарных условиях
4. Теплопроводность однослойной, многослойной, плоской цилиндрической и сферической стенок при граничных условиях 1 рода
5. Тепловая проводимость стенки. Тепловое термическое сопротивление
6. Охлаждение, нагревание неограниченной пластины, цилиндра и шара при граничных условиях 1,2,3 рода
7. Теплопередача через однослойную и многослойную цилиндрическую стенку
8. Полное термическое сопротивление теплопередачи. Передача теплоты через цилиндрическую стенку
9. Линейное термическое сопротивление теплопередачи. Критический диаметр цилиндрической стенки

10. Передача теплоты через шаровую стенку. Обобщенный метод решения задач теплопроводности в плоской, цилиндрической и шаровой стенках
11. Теплопередача между двумя жидкостями через разделяющую их стенку
12. Теплопередача через плоскую, цилиндрическую, сферическую и оребренную стенки. Коэффициент теплопередачи
13. Пути интенсификации теплопередачи. Интенсификация теплопередачи путем увеличения коэффициента теплопроводности
14. Теплопроводность в стержне (ребре) постоянного поперечного сечения. Дифференциальное уравнение и его решение
15. Оребрение поверхности нагрева как способ интенсификации процесса теплопередачи
16. Теплопередача через ребристую плоскую стенку. Коэффициент эффективности ребра
17. Теплопроводность круглого ребра постоянной толщины. Пористое охлаждение пластины
18. Теплопроводность однородного цилиндрического стержня. Перенос теплоты по Тепловой поток с поверхности стержня (ребра). Теплопроводность цилиндрической стенки, стержню (ребру). Тепловая изоляция. Критический диаметр тепловой изоляции. Выбор эффективной изоляции по её критическому диаметру
19. Аналитическое описание процесса нестационарной теплопроводности
20. Определение количества теплоты, отданного пластиной в процессе охлаждения
21. Охлаждение (нагревание) бесконечно длинного цилиндра. Определение количества теплоты, отданного цилиндром в процессе охлаждения
22. Охлаждение (нагревание) тел конечных размеров. Регулярный режим охлаждения (нагревания) тел
23. Приближенные методы решения задач теплопроводности. Исследование процессов теплопроводности методом аналогий
24. Особенности передачи теплоты при взаимном контакте двух тел. Контактное термическое сопротивление. Нестационарный процесс теплопроводности
25. Контактный теплообмен. Основной закон конвективного теплообмена. Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи
26. Дифференциальные уравнения теплообмена: Навье-Стокса - уравнение движения вязкой жидкости, Фурье – Кирхгоффа- уравнение теплопроводности для потока движущейся жидкости. Уравнение энергии. Уравнение сплошности. Условия однозначности
27. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Условия прилипания. Уравнение теплоотдачи
28. Гидродинамический пограничный слой. Тепловой пограничный слой. Турбулентный перенос теплоты и количество движения
29. Понятие о методе анализа размерностей теории подобия. Критериальные уравнения. Физический смысл основных критериев подобия
30. Число Нуссельта. Число Рейнольдса. Число Пекле. Число Грасгофа. Число Эйлера. Число Прандтля
31. Условия подобия физических процессов. Метод размерностей. Моделирование процессов конвективного теплообмена
32. Основные положения теплоотдачи при свободном движении жидкости
33. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости. Теплоотдача при свободном движении около горизонтальной трубы, в ограниченном пространстве
34. Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности. Коэффициенты теплоотдачи
35. Шаровые и горизонтальные цилиндрические прослойки. Теплоотдача при естественной конвекции. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния вещества. Теплообмен при конденсации паров
36. Тепловой поток. Плотность теплового потока. Теплоотдача при ламинарном

- пограничном слое
37. Аппроксимация профиля температуры. Переход ламинарного течения в турбулентное
 38. Теплоотдача при ламинарном режиме. Теплоотдача при вязкостно-гравитационном режиме. Теплоотдача при турбулентном режиме. Теплоотдача при переходном режиме
 39. Теплоотдача в трубах некруглого поперечного сечения. Теплоотдача в изогнутых трубах
 40. Теплоотдача в шероховатых трубах Теплоотдача при поперечном омывании пучком труб. Характер течения жидкости в пучке.
 41. Теплообмен при конденсации чистого пара. Виды конденсации

Образец билета к первому текущему контролю знаний по дисциплине

	Министерство науки и высшего образования РФ Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова Институт энергетики Кафедра «Теплотехника и гидравлика» Билет № 1
	<u>I текущий контроль знаний</u>
	Дисциплина «Тепломассообменные процессы энергетики, методы расчета» Семестр - 2
1	Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Коэффициент теплопроводности газов и жидкостей
2	Оребрение поверхности нагрева как способ интенсификации процесса теплопередачи
3	Контактный теплообмен. Основной закон конвективного теплообмена. Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи
	Зав. кафедрой «Теплотехника и гидравлика» Р.А-В. Турлуев

7.2 Вопросы ко второму текущему контролю освоения дисциплины

1. Термическое сопротивление передачи теплоты. Термическое сопротивление пленки конденсата от режима течения
2. Тепловой поток при конденсации пара. Конденсация движущегося и неподвижного пара
3. Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного пара
4. Турбулентное течение пленки на вертикальной стенке. Теплообмен при пленочной конденсации движущего пара внутри труб
5. Ламинарное течение пленки конденсата. Теплообмен при капельной конденсации пара. Основные задачи теплообмена при конденсации пара
6. Закон смещения Вина. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа. Абсолютно черное тело. Излучательная способность твердых тел и методы ее определения
7. Закон косинусов Ламберта. Теплообмен излучением системы тел в абсолютно прозрачной среде
8. Излучательная способность твердых тел и методы ее определения. Радиационный метод. Метод регулярного теплового режима. Метод нагревания с постоянной скоростью
9. Основы расчета теплообмена излучением между излучающей и поглощающей средой и поверхностями нагрева теплообменных устройств

10. Физическая природа теплового излучения. Классификация потоков излучения
11. Формула Поляка. Интегральные и спектральные характеристики энергии излучения: поток, плотность потока и интенсивность излучения
12. Излучение реальных тел, идеальные тела. Законы излучения абсолютно черного тела
13. Законы Ламберта, Кирхгофа, понятие диффузной поверхности излучения и серого тела
14. Лучистый теплообмен в замкнутой системе серых тел, разделенных диатермичной средой
15. Лучистый теплообмен между двумя безграничными пластинами; телом и оболочкой; экранирование излучения
16. Теоретические основы современных зональных методов расчёта теплообмена излучением. Интегральные уравнения излучения
17. Приближенный расчет лучистого теплообмена в замкнутой системе тел, разделенных излучающе-поглощающей средой (серое приближение)
18. Расчёт теплообмена в системе типа «газ в оболочке»
19. Закон Бугера. Определение поглощательной способности и степени черноты среды (продуктов сгорания)
20. Понятие о методах расчёта сложного теплообмена (радиационно-кондуктивного и радиационно-конвективного).
21. Дополнительный расход теплоты на нагрев наружного воздуха связанного с инфильтрацией, с поступлением охлажденных материалов и транспорта
22. Тепловыделения в производственных, жилых, общественных и административно-бытовых помещениях
23. Тепло, поступающее с солнечной радиацией. Тепловой баланс для холодного и теплого периодов. Выделения влаги в помещениях. Влажностный баланс помещений
24. Центральные и местные системы отопления. Классификация, технико-экономические показатели центральных и местных систем отопления. Достоинства и недостатки систем отопления.
25. Гравитационные и насосные системы водяного отопления. Расчет водяных систем отопления
26. Паровые системы отопления высокого и низкого давления и их расчет
27. Воздушные системы отопления и их расчет. Элементы оборудования центральных отопительных систем (нагревательные приборы, расширительные сосуды и др.)
28. Расчет и подбор современных отопительных приборов
29. Возможности использования солнечной энергии, других возобновляемых источников для отопления индивидуальных зданий
30. Системы вентиляции промышленных зданий и помещений. Классификация систем вентиляции
31. Классификация теплообменных аппаратов (ТА).
32. Уравнения теплового баланса и теплопередачи. Среднелогарифмический температурный напор.
33. Прямоток, противоток, сложные схемы движения теплоносителей.
34. Конструкторский и поверочный тепловые расчеты рекуперативного теплообменника. Сравнение прямотока и противотока.
35. Гидравлическое сопротивление теплообменных аппаратов.
36. Виды теплоносителей и их характеристика: вода, воздух, дымовые газы, высокотемпературные органические теплоносители, минеральные масла,
37. Выбор скорости теплоносителей. Понятие о расчёте смесительных теплообменников и о расчёте регенеративных теплообменных аппаратов.
38. Методика теплового, конструктивного расчета. Виды расчетов ТА (тепловой, конструктивный, гидравлический, прочностной).
39. Методика теплового, конструктивного расчета. Определение конструктивных размеров: количество труб, рабочая длина труб, расстояние между трубными

- решетками,
40. Теплообменные аппараты “труба в трубе” (разборные одно- и многопоточные).
 41. Пластинчатые теплообменники разборного типа. Определение конструктивных размеров (площадь сечения канала, число каналов, площадь поверхности теплообмена одной пластины)
 42. Определение конструктивных размеров: диаметр змеевика, диаметр трубы змеевика, шаг между витками, число витков змеевика, высота змеевика.
 43. Поверочный расчет ТА: теплопередача без изменения и с изменением агрегатного состояния.
 44. Метод эффективности. Определение конструктивных размеров кожухотрубных, пластинчатых, змеевиковых теплообменников.
 45. Расчет цилиндрических сосудов.
Расчет на прочность выпуклых днищ и крышек.
Расчет фланцевых соединений. Расчет трубных решеток.
 46. Расчет падений давления на трение, местные сопротивления, ускорение потока.
 47. Конструкции регенеративных ТА и установок (типы насадок, регенераторы с неподвижной, падающей и вращающейся насадкой).
 48. Тепловой конструктивный расчет регенеративных теплообменников. Аппараты с кипящим слоем.
 49. Влажный воздух. Понятие параметров влажного воздуха (влажность абсолютная, относительная, влагосодержание, энтальпия, плотность, температура по сухому и мокрому термометру).
 50. Диаграмма h-d. Изображение основных процессов на диаграмме h-d (нагрев, охлаждение, смешения воздуха различного состояния). Конструкции теплообменников смешения.
 51. Оросительные теплообменники смешения (полые, каскадные, с насадкой, струйные компактные).

Образец билета ко второму текущему контролю освоения дисциплины

	Министерство науки и высшего образования РФ Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова Институт энергетики Кафедра «Теплотехника и гидравлика» Билет № 1
	<u>II текущий контроль знаний</u>
	Дисциплина: «Тепломассообменные процессы энергетики, методы расчета»
1	Термическое сопротивление передачи теплоты. Термическое сопротивление пленки конденсата от режима течения
2	Понятие о расчёте смесительных теплообменников и о расчёте регенеративных теплообменных аппаратов.
3	Гидравлическое сопротивление теплообменных аппаратов.
	Зав. кафедрой «Теплотехника и гидравлика» Р.А-В. Турлуев

7.3 Вопросы к экзамену по дисциплине «Тепломассообменные процессы энергетики, методы расчета»

- 1 Теплоотдача при ламинарном режиме. Теплоотдача при вязкостно-гравитационном режиме.
- 2 Теплоотдача при турбулентном режиме. Теплоотдача при переходном режиме.
- 3 Теплоотдача в трубах некруглого поперечного сечения.
- 4 Теплоотдача в изогнутых трубах.
- 5 Теплоотдача в шероховатых трубах.
- 6 Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании одиночной круглой трубы.
- 7 Коэффициент теплоотдачи. Теплоотдача при поперечном омывании пучком труб.
- 8 Характер течения жидкости в пучке.
- 9 Основные положения теплоотдачи при свободном движении жидкости.
- 10 Теплоотдача при свободном ламинарном и турбулентном движении жидкости вдоль вертикальной пластины.
- 11 Теплоотдача при свободном движении около горизонтальной трубы.
- 12 Теплообмен при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве.
- 13 Теплообмен в пространстве горизонтальных и вертикальных щелей.
- 14 Шаровые и горизонтальные цилиндрические прослойки.
- 15 Теплообмен при конденсации чистого пара.
- 16 Виды конденсации. Термическое сопротивление передачи теплоты.
- 17 Термическое сопротивление пленки конденсата от режима течения.
- 18 Тепловой поток при конденсации пара.
- 19 Конденсация движущегося и неподвижного пара.
- 20 Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного пара.
- 21 Турбулентное течение пленки на вертикальной стенке.
- 22 Теплообмен при пленочной конденсации движущего пара внутри труб.
- 23 Ламинарное течение пленки конденсата.
- 24 Теплообмен при капельной конденсации пара.
- 25 Основные задачи теплообмена при конденсации пара.
- 26 Основы процесса теплообмена излучением.
- 27 Виды лучистых потоков. Вектор излучения.
- 28 Закон Планка. Закон Релея –Джинса.
- 29 Закон смещения Вина. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа.
- 30 Абсолютно черное тело. Закон косинусов Ламберта.
- 31 Теплообмен излучением системы тел в абсолютно прозрачной среде.
- 32 Излучательная способность твердых тел и методы ее определения.
- 33 Радиационный метод. Метод регулярного теплового режима. Метод нагревания с постоянной скоростью.
- 34 Концентрационная диффузия (массы). Вектор плотности потока массы.
- 35 Закон Фика. Коэффициент диффузии. Термо и бародиффузия.
- 36 Термо и бародиффузия.
- 37 Дифференциальные уравнения совместных процессов массо- и теплообмена.
- 38 Диффузионный пограничный слой. Аналогия процессов массо- и теплообмена.
- 39 Диффузионные аналоги чисел Нуссельта и Прандтля.
- 40 Соотношения материального и энергетического баланса для межфазной границы.
- 41 Случай полупроницаемой межфазной границы. Формула Стефана.
- 42 Стефанов поток. Массо- и теплообмен при испарении в парогазовую среду.
- 43 Массо- и теплообмен при конденсации пара из парогазовой смеси.
- 44 Классификация теплообменных аппаратов (ТА). Уравнения теплового баланса и теплопередачи. Среднелогарифмический температурный напор.
- 45 Прямоток, противоток, сложные схемы движения теплоносителей. Конструкторский и поверочный тепловые расчеты рекуперативного

теплообменника. Сравнение прямотока и противотока.

- 46 Виды теплоносителей и их характеристика: вода, воздух, дымовые газы, высокотемпературные органические теплоносители, минеральные масла,
- 47 Методика теплового, конструктивного расчета. Виды расчетов ТА (тепловой, конструктивный, гидравлический, прочностной).
- 48 Методика теплового, конструктивного расчета. Определение конструктивных размеров: количество труб, рабочая длина труб, расстояние между трубными решетками,
- 49 Теплообменные аппараты “труба в трубе” (разборные одно- и многопоточные). Пластинчатые теплообменники разборного типа. Определение конструктивных размеров (площадь сечения канала, число каналов, площадь поверхности теплообмена одной пластины
- 50 Определение конструктивных размеров: диаметр змеевика, диаметр трубы змеевика, шаг между витками, число витков змеевика, высота змеевика.
- 51 Поверочный расчет ТА: теплопередача без изменения и с изменением агрегатного состояния. Конструкции регенеративных ТА и установок (типы насадок, регенераторы с неподвижной, падающей и вращающейся насадкой).
- 52 Расчет цилиндрических сосудов. Расчет на прочность выпуклых днищ и крышек.
- 53 Расчет фланцевых соединений. Расчет трубных решеток.

Образец экзаменационного билета по дисциплине «Тепломассообменные процессы и оборудование энергетики, методы расчета тепломассообменных процессов»

	Министерство науки и высшего образования РФ Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова Институт энергетики <i>Кафедра «Теплотехника и гидравлика»</i>
Дисциплина	«Тепломассообменные процессы энергетики, методы расчета» Семестр - 2
Группа	<u>ЗТЭТ-23м</u>
	БИЛЕТ № 1
1.	Теплоотдача при свободном движении около горизонтальной трубы.
2.	Закон смещения Вина. Закон Стефана-Больцмана.
3.	Соотношения материального и энергетического баланса для межфазной границы.
Зав. кафедрой «Теплотехника и гидравлика»	
Р.А-В. Турлуев	

7.4 Текущий контроль

Вопросы к лабораторным занятиям

1. Теплопроводность при стационарных условиях.
2. Коэффициент теплопроводности.

3. Коэффициент теплоотдачи при свободной конвекции (метод струны).
4. Процесс теплообмена на горизонтальном трубопроводе.
5. Теплоотдача при свободной конвекции жидкости.
6. Теплоотдача при вынужденной конвекции жидкости.
7. Теплообмен при конденсации паров Теплопередача при конвекции и обдуве стержня.
8. Теплопередача при конвекции и обдуве радиатора.
9. Теплопередача при конвекции и обдуве шара.
10. Теплопередача при конвекции и обдуве пластины.

Вопросы к практическим занятиям

1. Особенности передачи теплоты при взаимном контакте двух тел. Контактное термическое сопротивление. Нестационарный процесс теплопроводности.
2. Физический смысл основных критериев подобия. Число Нуссельта. Число Рейнольдса. Число Пекле. Число Грасгофа. Число Эйлера. Число Прандтля. Условия подобия физических процессов.
3. Термическое сопротивление передачи теплоты.
4. Термическое сопротивление пленки конденсата от режима течения.
5. Излучение реальных тел, идеальные тела. Законы излучения абсолютно черного тела. Законы Ламберта, Кирхгофа, понятие диффузной поверхности излучения и серого тела.
6. Конструкторский и поверочный тепловые расчеты рекуперативного теплообменника.
7. Сравнение прямотока и противотока.
8. Гидравлическое сопротивление теплообменных аппаратов.
9. Теплопередача через ребристую плоскую стенку.
10. Коэффициент эффективности ребра. Теплопроводность

7.4 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания.

Таблица 7

Планируемые результаты освоения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения				Наименование оценочного средства
	менее 41 баллов (неудовлетворительно)	41-60 баллов (удовлетворительно)	61-80 баллов (хорошо)	81-100 баллов (отлично)	
ПК-1. способностью планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований в виде отчетов, рефератов, научных публикаций и на публичных обсуждениях					
Знать: основные правила и методики постановки эксперимента для исследования процессов теплообмена, теплопроводности и теплопередачи.	Фрагментарные знания	Неполные знания	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Сформированные систематические знания	Вопросы к рубежным аттестациям, вопросы к практическим занятиям, вопросы к лабораторным занятиям
Уметь: использовать изученный материал в практике теплотехнических испытаний и теплометрии.	Частичные умения	Неполные умения	Умения полные, допускаются небольшие ошибки	Сформированные умения	
Владеть: способностью проводить расчеты тепловых процессов по полученным практическим данным, разделяя элементы процессов теплопроводности, конвекции и излучения.	Частичное владение навыками	Несистематическое применение навыков	В систематическом применении навыков допускаются пробелы	Успешное и систематическое применение навыков	
ПК-2 способностью к разработке мероприятий по совершенствованию технологии производства; обеспечению бесперебойной работы, правильной эксплуатации, ремонта и модернизации энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования.					
Знать: способы передачи теплоты на ТЭС, АЭС, котельных установках, теплообменных аппаратах	Фрагментарные знания	Неполные знания	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Сформированные систематические знания	Вопросы к рубежным аттестациям, вопросы к практическим занятиям, вопросы к лабораторным занятиям.
Уметь: использовать изученный материал при технологических расчетах теплообменного оборудования	Частичные умения	Неполные умения	Умения полные, допускаются небольшие ошибки	Сформированные умения	

Владеть: методами расчета теплоотдачи в трубах некруглого поперечного сечения, в изогнутых и шероховатых трубах; методиками теплового, конструктивного расчета теплообменных аппаратов различного назначения	Частичное владение навыками	Несистематическое применение навыков	В систематическом применении навыков допускаются пробелы	Успешное и систематическое применение навыков	
---	-----------------------------	--------------------------------------	--	---	--

8. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся созданы фонды оценочных средств, адаптированные для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья и позволяющие оценить достижение ими запланированных в основной образовательной программе результатов обучения и уровень сформированности всех компетенций, заявленных в образовательной программе. Форма проведения текущей аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.). При тестировании для слабовидящих студентов используются фонды оценочных средств с укрупненным шрифтом. На экзамен приглашается сопровождающий, который обеспечивает техническое сопровождение студенту. При необходимости студенту-инвалиду предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене (или зачете). Обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и обучающиеся инвалиды обеспечиваются печатными и электронными образовательными ресурсами (программы, учебные пособия для самостоятельной работы и т.д.) в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

1) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья **по зрению:**

- **для слепых:** задания для выполнения на семинарах и практических занятиях оформляются рельефно-точечным шрифтом Брайля или в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением для слепых, либо зачитываются ассистентом; письменные задания выполняются на бумаге рельефно-точечным шрифтом Брайля или на компьютере со специализированным программным обеспечением для слепых либо надиктовываются ассистенту; обучающимся для выполнения задания при необходимости предоставляется комплект письменных принадлежностей и бумага для письма рельефно-точечным шрифтом Брайля, компьютер со специализированным программным обеспечением для слепых;

- **для слабовидящих:** обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс; обучающимся для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств; задания для выполнения заданий оформляются увеличенным шрифтом;

2) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья **по слуху:**

- **для глухих и слабослышащих:** обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающимся

предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования; предоставляются услуги сурдопереводчика;

- для слепоглухих допускается присутствие ассистента, оказывающего услуги тифлосурдопереводчика (помимо требований, выполняемых соответственно для слепых и глухих);

3) для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих лекции и семинары, проводимые в устной форме, проводятся в письменной форме;

4) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата:

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата, нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей: письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту; выполнение заданий (тестов, контрольных работ), проводимые в письменной форме, проводятся в устной форме путем опроса, беседы с обучающимся.

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

9.1. Литература

1. Трухний А.Д. Парогазовые установки электростанций [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Трухний А.Д.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2013.— 648 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33207.html>.— ЭБС «IPRbooks»
2. Теплопередача, вентиляционные и тепловые расчеты в электромеханике [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Тюков В.А., Честюнина Т.В., Бухгольц Ю.Г.,— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013.— 248 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45178.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Газотурбинные энергетические установки [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ С.В. Цанев [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2011.— 427 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33113.html>.— ЭБС «IPRbooks»
4. Севостьянов А.В. Расчёт распределения температуры с использованием конечно-разностных методов [Электронный ресурс]: методические указания к расчётной работе по дисциплине «Численные методы решения задач теплоэнергетики»/ Севостьянов А.В.— Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014.— 41 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55148.html>.— ЭБС «IPRbooks».
5. Расчет тепловых процессов и установок в примерах и задачах [Электронный ресурс]: практикум/ Шалай В.В., Михайлов А.Г., Батраков П.А., Теребилов С.В., Слободина Е.Н.— Электрон. текстовые данные.— Омск: Омский

государственный технический университет, 2015.— 120 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/58098.html>.— ЭБС «IPRbooks»

6. Андреев В.В. Теплотехника [Электронный ресурс]: учебник/ Андреев В.В., Лебедев В.А., Спесивцев Б.И.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2016.— 288 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/71706.html>.— ЭБС «IPRbooks»
7. Агеев М.А. Тепломассообменные процессы и установки промышленной теплотехники [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» всех форм обучения/ Агеев М.А., Мракин А.Н.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2018.— 229 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/70284.html>.— ЭБС «IPRbooks»
8. Малая Э.М. Техническая теплотехника [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Малая Э.М., Голиков Д.В.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2014.— 90 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/80120.html>.— ЭБС «IPRbooks»

9.2.Методические указания (приложение)

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обеспечения освоения дисциплины необходимо имеются в наличии учебные аудитории кафедры, снабженные мультимедийными средствами для представления презентаций лекций и показа учебных фильмов.

Класс с персональными компьютерами для проведения практических занятий и виртуальных лабораторных работ. Библиотечный электронный читальный зал с доступом к электронным ресурсам библиотеки университета, страны и мира.

Электронные плакаты. Демонстрационные комплексы на базе мультимедиа-проектора (комплект электронных плакатов на CD, мультимедиа-проектор BENQ, ноутбук, экран 1,5х1,5 м):

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС по направлению подготовки магистра 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Наличие оборудования и ТСО по дисциплине «Тепломассообменные процессы энергетики, методы расчета»

1	Лабораторный комплекс "Теплопередача при конвекции и обдуве" ТПК-010-9ЛР-01 (9 лабораторных работ)
2	Учебно-лабораторный комплекс «Теплообменники» (4 лабораторных работы)
3	Виртуальный программный лабораторный комплекс "Теплотехника" (6 лабор. работ)
4	Виртуальный учебный комплекс «Тепловые электростанции»
5	Комплект плакатов 560х800 мм, Изображение нанесено на пластиковую основу толщиной 4 мм и размером 560х800 мм. Изображение обладает водостойкими свойствами. Каждый плакат имеет элементы крепления к стене.
5.1	Техническая термодинамика (16 шт.)
5.2	«Тепломассообмен» 16 шт.
6	Электронные плакаты Демонстрационные комплексы на базе мультимедиа-проектора (комплект электронных плакатов на CD, мультимедиа-проектор BENQ, ноутбук, экран 1,5х1,5 м):

а.	Техническая термодинамика (86 шт.)
б.	Тепломассообмен(122 шт.)
	Презентации:
1	Теплопередача
2	Тепловые и атомные электростанции
3	Двигатели внутреннего сгорания
4	Физико-химические основы современной энергетики

**Методические указания по освоению дисциплины
«Тепломассообменные процессы энергетики, методы расчета»**

1. Методические указания для обучающихся по планированию и организации времени, необходимого для освоения дисциплины.

Изучение рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой дисциплины, ее структурой и содержанием разделов (модулей), фондом оценочных средств, ознакомиться с учебно-методическим и информационным обеспечением дисциплины.

Дисциплина «Тепломассообменные процессы энергетики, методы расчета» состоит из 8 связанных между собой тем, обеспечивающих последовательное изучение материала.

Обучение по дисциплине «Тепломассообменные процессы энергетики, методы расчета» осуществляется в следующих формах:

1. Аудиторные занятия (лекции, практические/семинарские занятия).
2. Самостоятельная работа студента (подготовка к лекциям, практическим/практическим занятиям, тестам/рефератам/докладам/эссе, и иным формам письменных работ, выполнение анализа кейсов, индивидуальная консультация с преподавателем).
3. Интерактивные формы проведения занятий (коллоквиум, лекция-дискуссия, групповое решение кейса и др. формы).

Учебный материал структурирован и изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Каждому практическому/ семинарскому занятию и самостоятельному изучению материала предшествует лекция по данной теме. Обучающиеся самостоятельно проводят предварительную подготовку к занятию, принимают активное и творческое участие в обсуждении теоретических вопросов, разборе проблемных ситуаций и поисков путей их решения. Многие проблемы, изучаемые в курсе, носят дискуссионный характер, что предполагает интерактивный характер проведения занятий на конкретных примерах.

Описание последовательности действий обучающегося:

При изучении курса следует внимательно слушать и конспектировать материал, излагаемый на аудиторных занятиях. Для его понимания и качественного усвоения рекомендуется следующая последовательность действий:

1. После окончания учебных занятий для закрепления материала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня, разобрать рассмотренные примеры (10 – 15 минут).
2. При подготовке к лекции следующего дня повторить текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть следующая тема (10 - 15 минут).
3. В течение недели выбрать время для работы с литературой в библиотеке (по 1 часу).
4. При подготовке к практическому/ семинарскому занятию повторить основные понятия по теме, изучить примеры. Решая конкретную ситуацию, - предварительно понять, какой теоретический материал нужно использовать. Наметить план решения, попробовать на его основе решить 1 - 2 практические ситуации (лаб. работы).

2. Методические указания по работе обучающихся во время проведения лекций.

Лекции дают обучающимся систематизированные знания по дисциплине, концентрируют их внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Лекции обычно излагаются в традиционном или в проблемном стиле. Для студентов в большинстве случаев в проблемном стиле. Проблемный стиль позволяет стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся и их интерес к дисциплине,

формировать творческое мышление, прибегать к противопоставлениям и сравнениям, делать обобщения, активизировать внимание обучающихся путем постановки проблемных вопросов, поощрять дискуссию.

Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала, обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть того или иного явления, или процессов, выводы и практические рекомендации.

Конспект лекции лучше подразделять на пункты, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать вопросы плана лекции, предложенные преподавателям. Следует обращать внимание на акценты, выводы, которые делает преподаватель, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале замечаниями

«важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек, подчеркивая термины и определения.

Целесообразно разработать собственную систему сокращений, аббревиатур и символов. Однако при дальнейшей работе с конспектом символы лучше заменить обычными словами для быстрого зрительного восприятия текста.

Работая над конспектом лекций, необходимо использовать не только основную литературу, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал преподаватель. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть теоретическим материалом.

Тематика лекций дается в рабочей программе дисциплины.

3. Методические указания обучающимся по подготовке к практическим/семинарским занятиям.

На практических/семинарских занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный дополнительный материал по тематике семинарских занятий.

Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к семинарскому занятию:

1. Ознакомление с планом практического/семинарского занятия, который отражает содержание предложенной темы;
2. Проработать конспект лекций;
3. Прочитать основную и дополнительную литературу.

В процессе подготовки к практическим занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов отношение к конкретной проблеме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса;

4. Ответить на вопросы плана практического/семинарского занятия;
5. Выполнить домашнее задание;
6. Проработать тестовые задания и задачи;
7. При затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.

Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы практикума, выступать и участвовать в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильно выполнять практические задания и иные задания, которые даются в фонде оценочных средств дисциплины.

4. Методические указания обучающимся по организации самостоятельной работы.

Цель организации самостоятельной работы по дисциплине «Тепломассообменные процессы энергетики, методы расчета» это углубление и расширение знаний в области метрологии; формирование навыка и интереса к самостоятельной познавательной деятельности.

Самостоятельная работа обучающихся является важнейшим видом освоения содержания дисциплины, подготовки к практическим занятиям и к контрольной работе. Сюда же относятся и самостоятельное углубленное изучение тем дисциплины. Самостоятельная работа представляет собой постоянно действующую систему, основу образовательного процесса и носит исследовательский характер, что послужит в будущем основанием для написания выпускной квалификационной работы, практического применения полученных знаний.

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению, с учетом потребностей и возможностей личности.

Правильная организация самостоятельных учебных занятий, их систематичность, целесообразное планирование рабочего времени позволяет студентам развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивать высокий уровень успеваемости в период обучения, получить навыки повышения профессионального уровня.

Подготовка к практическому занятию включает, кроме проработки конспекта и презентации лекции, поиск литературы (по рекомендованным спискам и самостоятельно), подготовку заготовок для выступлений по вопросам, выносимым для обсуждения по конкретной теме. Такие заготовки могут включать цитаты, факты, сопоставление различных позиций, собственные мысли. Если проблема заинтересовала обучающегося, он может подготовить реферат и выступить с ним на практическом занятии. Практическое занятие - это, прежде всего, дискуссия, обсуждение конкретной ситуации, то есть предполагает умение внимательно слушать членов малой группы и модератора, а также стараться высказать свое мнение, высказывать собственные идеи и предложения, уточнять и задавать вопросы коллегам по обсуждению.

При подготовке к контрольной работе обучающийся должен повторять пройденный материал в строгом соответствии с учебной программой, используя конспект лекций и литературу, рекомендованную преподавателем. При необходимости можно обратиться за консультацией и методической помощью к преподавателю.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий - на лекциях, практических занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

Виды СРС и критерии оценок

(по балльно-рейтинговой системе ГГНТУ, СРС оценивается в 15 баллов)

1. Реферат
2. Доклад
3. Эссе
4. Участие в мероприятиях

Темы для самостоятельной работы прописаны в рабочей программе дисциплины.

Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

Составитель:

Доцент кафедры

«Теплотехника и гидравлика» _____ / Р.А-В. Турлуев /

СОГЛАСОВАНО:

Зав. выпускающей кафедрой

«Теплотехника и гидравлика» _____ / Р.А-В. Турлуев /

Директор ДУМР, доцент

_____ / М.А. Магомаева