



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический
университет» (БГТУ)**

Факультет энергетики и электроники

Кафедра «Промышленная электротехника и электроника»

УТВЕРЖДАЮ

**Первый проректор по учебной
работе и цифровизации**

_____ **В.А. Шкаберин**

«21» апреля 2022 г.

Рабочая программа учебной дисциплины

ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

по направлению подготовки: 15.03.03

«Прикладная механика»

профиль «Нефтегазовое оборудование и надежность машин»

квалификация выпускника: бакалавр

форма обучения: очная

(для набора с 2020 г.)

Брянск 2022

Рабочая программа учебной дисциплины «Термодинамика и теплотехника» для направления подготовки 15.03.03 «Прикладная механика», профиля «Нефтегазовое оборудование и надежность машин».

Разработал:

Профессор, д.т.н., доцент

(должность, ученая степень, ученое звание)

_____/ А.А. Пугачев
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
от 14.05.2020 г., протокол № 3

Заведующий кафедрой «ПЭиЭ»

Профессор, д.т.н., доцент

(ученая степень, ученое звание)

_____/ А.А. Пугачев
(подпись) (И.О. Фамилия)

Заведующий выпускающей кафедрой «ТТС»

доктор технических наук, доц.

(ученая степень, ученое звание)

_____/ М.Г. Шалыгин
(подпись) (И.О. Фамилия)

© [Карева Г.В.]

© ФГБОУ ВО «Брянский
государственный технический
университет»

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	5
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ФГОС.....	5
3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	5
4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ.....	6
5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	7
5.1. Структура дисциплины.....	7
5.2. Распределение формируемых компетенций по разделам (темам) дисциплины.....	8
5.3. Лекции	9
5.4. Лабораторные работы	12
5.5. Практические занятия	12
5.6. Самостоятельная работа обучающихся	15
5.7. Организация текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся	19
6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	19
7. РЕАЛИЗАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЙ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И (ИЛИ) ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	20
8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	20
8.1. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся	20
8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	21
8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при изучении дисциплины	23
8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и (или) информационных справочных систем	23
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	23
10. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ.....	24

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	25
11.1. Методические материалы для педагогических работников	25
11.2. Методические материалы для обучающихся	27
12. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	27
12.1. Виды и средства оценивания результатов освоения дисциплины.....	27
12.2. Шкала оценивания при текущем контроле успеваемости	28
12.3. Шкала оценивания при промежуточной аттестации обучающихся	29
12.4. Оценивание окончательных результатов обучения по дисциплине.....	30
12.5. Характеристика результатов обучения	30
12.6. Контрольно-измерительные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся	31
13. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА	31

ПРЕДИСЛОВИЕ

Федеральный государственный образовательный стандарт по специальности 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (квалификация бакалавр) относит дисциплину «Тепловые процессы в машинах» к вариативной части блока Б1.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины – приобретение студентами знаний о видах и законах теплообмена в природе, аппаратах и агрегатах инженерных установок и систем, а также практического опыта в определении интенсивности процессов теплообмена.

Изучение данной дисциплины подготавливает выпускников к проектированию теплообменных аппаратов и расчетам их работы на переменных режимах.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП БАКАЛАВРИАТА

Дисциплина включена в состав обязательных дисциплин вариативной части блока Б1 учебного плана.

Для успешного освоения дисциплины студентами должны быть изучены следующие дисциплины:

- теплофизика;
- гидрогазодинамика;
- техническая термодинамика.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате изучения основной образовательной программы по направлению подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника» с квалификацией (степенью) «бакалавр» в рамках дисциплины «Тепловые процессы в машинах» выпускник должен овладеть следующими компетенциями.

Коды компетенций по ФГОС ВО	Наименование компетенции	Результат освоения
Профессиональные компетенции (ПК)		
ПК-1	<i>Способность выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их</i>	ПК-1.Р1 <u>Знать</u> : – основные положения теории подобия при решении задач гидродинамики и Тепловые процессы в машинах; - принципы проектирования экспериментальных установок для исследования теплогидродинамических процессов;

Коды компетенций по ФГОС ВО	Наименование компетенции	Результат освоения
	<i>решения соответствующий физико-математический аппарат</i>	<p>- методы и средства теплотехнических измерений (температуры, давления, расходов и пр.).</p> <p>ПК-1.Р2 Уметь: – формировать программу экспериментального исследования процессов стационарного и нестационарного теплообмена;</p> <p>- проводить комплекс необходимых измерений на различных экспериментальных режимах;</p> <p>- выполнять обработку и анализ опытных данных.</p> <p>ПК-1.Р3 Владеть: – навыками анализа результатов теплотехнического эксперимента и обобщения их в параметрической и критериальной форме.</p>

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 часа).

Вид учебной работы	Очная 4 года	
	Всего часов	Семестры
		4-й семестр
Аудиторные занятия (всего)	68	68
<i>В том числе:</i>		
Лекции (Л)	34	34
Практические занятия (ПЗ)	17	17
Лабораторные работы (ЛР)	17	17
Самостоятельная работа (для очной формы - без учета подготовки к экзамену; для заочной формы - без учета подготовки к зачету и экзамену)	40	40
<i>В том числе</i>		
Курсовая работа	-	-
Подготовка к занятиям	20	20
Самоподготовка	20	20
<i>Зачет</i>	-	-
Экзамен	36	36
Общая трудоемкость:		
часов	144	144
зачетных единиц	4	4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	Виды тепло- и массообмена. Основные понятия тепло- и массообмена	Предмет, цель, задачи и структура курса. Виды Тепловые процессы в машинах: теплопроводность, теплоотдача, тепловое излучение, теплопередача, диффузия, массоотдача. Температурное поле. Градиент температурного поля. Изотермическая поверхность. Температурный напор. Тепловой поток. Поверхностная плотность теплового потока.
2.	Стационарная теплопроводность	Гипотеза Фурье. Коэффициент теплопроводности. Коэффициент температуропроводности. Термическое сопротивление при теплопроводности. Уравнение теплопроводности через плоскую однослойную стенку. Уравнение теплопроводности через плоскую многослойную стенку. Уравнение теплопроводности через цилиндрическую стенку.
3.	Стационарная теплоотдача (теплообмен при вынужденной конвекции)	Гипотеза Ньютона-Рихмана. Ламинарный и турбулентный режимы движения теплоносителя. Гипотеза «прилипания». Поле скоростей. Температурное поле. Гидродинамический пограничный слой. Тепловой (температурный) пограничный слой. Коэффициент теплоотдачи. Термическое сопротивление при теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплоотдачи. Определяющие и определяемые критерии подобия при теплоотдаче: критерий Нуссельта, критерий Рейнольдса, критерий Прандтля, критерий Эйлера, критерий Пекле, критерий Стантона. Критериальное уравнение теплоотдачи при продольном движении теплоносителя в теплообменном канале на турбулентном режиме.
4.	Основы проектирования теплообменных аппаратов	Теплопередача. Термическое сопротивление при теплопередаче. Коэффициент теплопередачи. Уравнение теплопередачи. Теплообменный аппарат типа «труба в трубе». Кожуотрубный теплообменный аппарат (ТА) с продольно-обтекаемым трубным пучком. ТА прямоточного типа (прямоток). ТА противоточного типа (противоток). Температурная диаграмма ТА. Арифметический и логарифмический температурные напоры. Тепловой баланс ТА. Расход теплоносителя. Тепловой эквивалент теплоносителя. Влияние компоновки теплообменной поверхности на режим движения теплоносителя. Определение термических сопротивлений на различных режимах движения теплоносителей. Определение требуемой теплообменной поверхности при проектировании теплообменных аппаратов. Гидравлические потери при движении теплоносителей через каналы теплообменника. Мощность на прокачку теплоносителей. Оценка соразмерности спроектированного теплообменного аппарата по соотношению продольного и поперечного габаритных размеров теплообменной поверхности.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
5.	Стационарный радиационно-конвективный теплообмен	<p>Теплоотдача при свободной (естественной) конвекции у вертикальной поверхности. Распределение температуры у поверхности теплообмена и в толще неподвижного теплоносителя. Распределение скорости теплоносителя у поверхности теплообмена. Критерий Грасгофа. Критерий Рэлея. Критическая высота. Слоистое (ламинарное) и волновое (турбулизированное) движение теплоносителя в пристенном слое. Критериальные уравнения теплоотдачи при свободной конвекции (вертикальная и горизонтальная трубы).</p> <p>Тепловое излучение. Законы теплового излучения. Постоянная теплового излучения. Степень черноты теплообменной поверхности. Приведенная степень черноты при излучении и поглощении лучистой энергии. Уравнение теплового потока при лучистом теплообмене.</p>
6.	Экспериментальное исследование процессов теплообмена	<p>Основные положения теории подобия и размерности. Теоремы теории подобия. Формирование набора критериев подобия при анализе системы уравнений движения, энергии и массы. Использование теории подобия при проектировании экспериментальных установок для изучения процессов тепломассообмена. Методы и средства формирования требуемого температурного и скоростного режима при проведении теплотехнического эксперимента. Методы и средства измерения температуры, напора (давления), расхода, мощности при проведении теплотехнического эксперимента. Измерения при проведении теплотехнического эксперимента. Экспериментальное исследование сопротивления и теплоотдачи в кольцевом канале. Экспериментальное исследование сопротивления и теплоотдачи в коридорном трубном пучке. Экспериментальное исследование сопротивления и теплоотдачи в шахматном трубном пучке. Экспериментальное исследование теплоотдачи при радиационно-конвективном теплообмене у поверхности обогреваемой вертикальной трубы. Экспериментальное исследование теплоотдачи при радиационно-конвективном теплообмене у поверхности обогреваемой горизонтальной трубы. Экспериментальное определение коэффициентов температуропроводности и теплопроводности методом регулярного режима при остывании тел. Обработка результатов теплотехнического эксперимента в параметрической и критериальной форме. Определение формы одноагументной критериальной зависимости для расчета теплоотдачи (сопротивления) графоаналитическим методом. Определение формы многоагументной критериальной зависимости для расчета теплоотдачи (сопротивления) графоаналитическим методом. Анализ погрешности теплотехнического эксперимента.</p>
7.	Тепло- и массообмен в особых условиях	<p>Массообмен в многокомпонентных многофазных средах. Поток массы. Поверхностная плотность потока массы. Концентрационная диффузия. Коэффициент диффузии. Закон Фика. Термодиффузия. Бародиффузия. Массоотдача. Крите-</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
		<p>рии массоотдачи: диффузионный критерий Нуссельта (Шервуда), диффузионный критерий Прандтля (Шмидта), критерий Льюиса-Семенова. Теплообмен при конденсации пара. Физическая картина конденсации. Задача Нуссельта. Уравнение теплоотдачи при конденсации неподвижного пара у поверхности вертикальной стенки. Уравнение теплоотдачи при конденсации неподвижного пара у поверхности горизонтальной трубы. Уравнение теплоотдачи при конденсации неподвижного пара у поверхности многорядных трубных пучков. Теплоотдача при конденсации движущегося пара. Теплоотдача при конденсации из паровоздушной смеси. Теплообмен при испарении (кипении). Физическая картина кипения в большом объеме неподвижной жидкости. Центры парообразования. Давление в паровом пузырьке. Пузырьковое кипение. Пленочное кипение. Кризисы кипения. Параметрические зависимости для расчета теплоотдачи при кипении. Кипение при движении жидкости в трубах. Критерии подобия межфазового теплообмена. Критериальные уравнения теплоотдачи при кипении жидкости. Нестационарный теплообмен. Дифференциальное уравнение при нестационарной теплопроводности. Краевые условия в задачах нестационарного теплообмена. Критерии и симплексы нестационарного теплообмена: Безразмерная (относительная) температура, безразмерные координаты, критерий Био, критерий Фурье. Режимы изменения температурного поля при нагревании и остывании тел. Регулярный режим. Темп охлаждения (нагрева). Коэффициент формы охлаждаемого (нагреваемого) тела. Номограммы для определения режимов охлаждения (нагрева) шара, параллелепипеда, цилиндра. Методы интенсификации теплоотдачи. Оребрение. Коэффициент оребрения. Виды ребер и методы их изготовления (присоединения к вариативной теплообменной поверхности). К.П.Д. ребра. Приведенный коэффициент теплоотдачи при оребрении.</p>

5.2. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Междисциплинарные связи с обеспечиваемыми дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	Номера разделов данной дисциплины, необходимые для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин				
		1	2	3	4	5
1	Б1.В12 «Тепломассо- обменные процессы и аппараты»		+	+	+	+

5.3. Разделы дисциплины и виды занятий (в часах)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПР	ЛР	СРС	ЭКЗ	Всего часов
1.	Виды тепло- и массообмена. Основные понятия тепло- и массообмена	4	1		2	2	9
2.	Стационарная теплопроводность	5	2		2	2	11
3.	Стационарная теплоотдача (теплообмен при вынужденной конвекции)	8	2		2	4	16
4.	Основы проектирования теплообменных аппаратов	4	4		4	6	18
5.	Стационарный радиационно- конвективный теплообмен	4	2		2	4	12
6.	Экспериментальное исследование процессов теплообмена	2	2	17	20	3	42
7.	Тепло- и массообмен в особых условиях	7	4		8	6	21
Итого		34	17	17	40	36	144

6. ЛЕКЦИИ, ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ, ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, СЕМИНАРЫ

6.1. Лекции

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика лекций	Трудоемкость (час.)
1.	1	Виды тепло- и массообмена. Теплопроводность. Теплоотдача. Тепловое излучение. Теплопередача. Диффузия. Массоотдача.	0,5
2.	1	Температурное поле. Пространственное, плоское, линейное.	0,5
3.	1	Изотермическая поверхность. Градиент температурного поля.	0,5
4.	1	Тепловой поток. Поверхностная плотность теплового потока.	0,5

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика лекций	Трудоемкость (час.)
5.	2	Теплопроводность на стационарных режимах. Закон Фурье.	0,5
6.	2	Коэффициент теплопроводности. Коэффициент температуропроводности.	0,5
7.	2	Уравнение теплопроводности через однослойную плоскую стенку. Термическое сопротивление плоской однослойной стенки.	0,5
8.	2	Уравнение теплопроводности через многослойную плоскую стенку. Термическое сопротивление плоской многослойной стенки.	0,5
9.	2	Уравнение теплопроводности через цилиндрическую стенку. Линейное термическое сопротивление. Тепловой поток с погонного метра трубы.	0,5
10.	3	Конвективный теплообмен (теплоотдача) при вынужденной конвекции. Гидродинамический пограничный слой. Тепловой (температурный) пограничный слой. Гипотеза «прилипания».	0,5
11.	3	Гипотеза Ньютона-Рихмана. Уравнение теплоотдачи. Коэффициент теплоотдачи. Термическое сопротивление при теплоотдаче.	0,5
12.	3	Понятие о подобии физических явлений. Теоремы теории подобия.	0,5
13.	3	Формирование критерия (числа подобия) Нуссельта.	0,5
14.	3	Гидродинамическое подобие. Критерии Рейнольдса, Эйлера.	0,5
15.	3	Тепловое подобие. Критерии Прандтля, Пекле, Стантона.	0,5
16.	3	Критериальные уравнения конвективного теплообмена.	0,5
17.	3	Теплоотдача при вынужденном турбулентном движении теплоносителя внутри труб (продольное обтекание).	0,5
18.	4	Теплопередача. Уравнение теплового потока при теплопередаче. Уравнение теплового баланса при теплопередаче. Термическое сопротивление теплопередачи.	0,5

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика лекций	Трудоемкость (час.)
19.	4	Теплообменные аппараты «труба в трубе». Прямоток. Противоток. Логарифмический и арифметический температурные напоры.	0,5
20.	4	Кожухотрубный теплообменный аппарат с продольнообтекаемым трубным пучком. Основные положения проектного расчета.	0,5
21.	4	Кожухотрубный теплообменный аппарат с поперечнообтекаемым трубным пучком. Основные положения проектного расчета.	0,5
22.	5	Теплоотдача при естественной (свободной) конвекции у вертикальной стенки. Критическая высота. Слоистое и волновое движение теплоносителя в пристенном слое.	0,5
23.	5	Критерии Грасгофа, Рэлея. Теплоотдача при естественной (свободной) конвекции у горизонтальной трубы. Критериальные уравнения теплоотдачи при естественной конвекции.	0,5
24.	5	Основные законы теплового излучения. Постоянная лучистого теплообмена. Степень черноты излучающей (поглощающей) поверхности. Уравнение теплового потока при лучистом теплообмене.	0,5
25.	5	Особенности излучения газов.	0,5
26.	6	Экспериментальное изучение конвективного теплообмена. Характерный размер. Характерная температура, скорость.	0,5
27.	6	Обобщение опытных данных в критериальной форме.	0,5
28.	7	Диффузия. Массоотдача. Поток массы. Поверхностная плотность потока массы. Закон Фика. Критерии Шервуда, Шмидта, Льюиса-Семенова.	0,5
29.	7	Теплообмен при конденсации чистого пара. Задача Нуссельта. Конденсация пара на многорядных трубных пучках.	0,5
30.	7	Теплообмен при кипении (испарении) жидкости в большом объеме. I-й, II-й кризисы кипения.	0,5
31.	7	Теплообмен при кипении в вертикальных трубах. Критерии К и М.	0,5
32.	7	Нестационарный теплообмен. Охлаждение и нагревание тел. Безразмерная температура.	0,5

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика лекций	Трудоемкость (час.)
		Критерий Био, Критерий Фурье.	
33.	7	Регулярный режим охлаждения (нагрева) тел. Коэффициент формы. Темп охлаждения (нагрева) тел.	0,5
34.	7	Оребрение. Классификация. Степень оребрения. К.П.Д. ребра. Приведенный коэффициент теплоотдачи Методы интенсификации теплоотдачи.	0,5
ИТОГО (часов)			34

6.2. Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (час.)
1.	1	Определение теплофизических характеристик теплоносителей.	1
2.	2	Определение термических сопротивлений однослойных плоских стенок. Определение тепловых потоков через однослойные плоские стенки.	1
3.	2	Определение термических сопротивлений многослойных плоских стенок. Определение тепловых потоков через многослойные плоские стенки.	1
4.	2	Определение тепловых потоков через ограждения в форме комбинации одно- и многослойных плоских стенок.	1
5.	3	Определение коэффициента теплоотдачи при турбулентном движении теплоносителя в трубах.	1
6.	3	Расчет коэффициентов теплоотдачи на турбулентных режимах при поперечном обтекании теплообменной поверхности коридорного и шахматного трубных пучков.	1
7.	4	Расчет теплового баланса поверхностных теплообменных аппаратов.	1
8.	4	Температурная диаграмма прямоточного теплообменного аппарата. Расчет логарифмического температурного напора.	1
9.	4	Температурная диаграмма противоточного теплообменного аппарата. Расчет логариф-	1

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (час.)
		мического температурного напора.	
10.	4	Компоновка теплообменного аппарата «труба в трубе». Расчет площади проходных сечений трубы и кольцевого канала. Расчет площади поверхности теплообмена.	1
11.	4	Компоновка кожухотрубного теплообменного аппарата с продольнообтекаемым трубным пучком. Расчет площади проходных сечений трубы и кольцевого канала. Расчет площади поверхности теплообмена.	1
11.	4	Компоновка кожухотрубного теплообменного аппарата с поперечнообтекаемым трубным пучком. Расчет площади проходных сечений трубы и кольцевого канала. Расчет площади поверхности теплообмена.	1
	4	Расчет коэффициентов теплопередачи поверхностных одноходовых теплообменных аппаратов. Определение площади теплообменной поверхности. Определение габаритных размеров трубного пучка.	1
12.	4	Расчет коэффициентов теплопередачи поверхностных многоходовых теплообменных аппаратов. Определение площади теплообменной поверхности. Определение габаритных размеров трубного пучка.	1
13.	4	Определение температуры стенки (теплопередающей поверхности) корректировка коэффициентов теплоотдачи с учетом поправки на направление теплового потока.	1
14.	5	Расчет коэффициентов теплоотдачи при естественной конвекции у поверхности вертикальной и горизонтальной трубы.	1
15.	5	Расчет радиационного теплового потока от поверхности вертикальной и горизонтальной трубы.	1
16.	5	Расчет приведенной степени черноты при радиационном (лучистом) теплообмене	1
17.	6	Определение вида одноаргументного критериального уравнения графоаналитическим методом.	1
ИТОГО (часов)			17

6.3. Лабораторные работы

№ раздела	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость
-----------	-----------------------------	--------------

№ п/п	дисциплины		(час.)
1.	6	Влияние режима движения воздушного потока на температуру поверхности теплообмена. ЛР № 1(20.1)	1
2.	6	Влияние режима движения на соотношение нагрева воздушного потока и охлаждения обогреваемой стенки в процессе теплоотдачи в кольцевом канале. ЛР № 2(20.2)	1
3.	6	Сопротивление при движении теплоносителя в кольцевом канале. ЛР № 3(20.3)	1
4.	6	Влияние скорости теплоносителя на интенсивность теплоотдачи при продольном движении воздушного потока в кольцевом канале. ЛР № 4(20.4)	1
5.	6	Обработка опытных данных в форме критериальной зависимости $Nu = C \cdot Re^n$. ЛР № 5(20.5)	1
6.	6	Сопоставление опытных данных по теплоотдаче при движении различных теплоносителей внутри обогреваемых каналов. ЛР № 6(20.6)	1
7.	6	Обработка опытных данных в форме многоаргументной критериальной зависимости $Nu = C \cdot Re^n \cdot Pr^m$. ЛР № 7(20.7)	1
8.	6	Определение изобарной теплоёмкости воздуха. Анализ погрешности экспериментального исследования теплоотдачи в кольцевом канале. ЛР № 8(20.8)	1
9.	6	Влияние режима движения воздушного потока в коридорном трубном пучке на температуру поверхности теплообмена. ЛР № 9 (№02.1)	1
10.	6	Влияние режима движения воздушного потока в шахматном трубном пучке на температуру поверхности теплообмена. ЛР № 10 (№02.2)	1
11.	6	Обработка опытных данных по теплоотдаче в трубных пучках в форме критериальных зависимостей. ЛР № 11 (№02.3)	1
12.	6	Обработка опытных данных по сопротивлению в трубных пучках в форме критериальных зависимостей. ЛР № 12 (№02.4)	1
№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость (час.)

13.	6	Влияние режима движения воздушного потока в трубных пучках на баланс радиационного и конвективного теплообмена. ЛРН _№ 13 (№02.5)	1
14.	6	Влияние температуры поверхности обогреваемой трубы на баланс конвективного и радиационного тепловых потоков при свободной конвекции. ЛРН _№ 14 (№13.1)	1
15.	6	Критериальные уравнения теплоотдачи при свободной конвекции у вертикальной и горизонтальной трубы. ЛРН _№ 15 (№13.2)	1
16.	6	Определение степени черноты обогреваемой теплообменной поверхности. ЛРН _№ 16 (№13.3)	1
17.	6	Определение постоянной теплового излучения. Анализ погрешности экспериментального исследования процессов радиационного теплообмена. ЛРН _№ 17 (№13.4)	1
ИТОГО (часов)			17

6.4. Семинары

Не предусмотрены

6.5. Образовательные технологии

Вид учебной работы	Виды образовательных технологий
Лекции	Классические репродуктивные, в виде информационных лекций с использованием опорных конспектов и иллюстрационного материала.
Практические занятия	Классические активные и интерактивные.
Лабораторные работы	Классические активные и интерактивные.
Самостоятельная работа студентов	Классические репродуктивные (работа с литературными источниками), классические активные (работа с информационными ресурсами, консультации), интерактивные дискуссионные.
Консультации	Классические активные.
Текущий контроль, экзамен	Классические репродуктивные, в виде устного опроса по контрольным вопросам.

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТА

7.1. Общее содержание самостоятельной работы.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид самостоятельной работы
1	Основные понятия тепло- и массообмена	Освоение отдельных учебных вопросов, закрепление и систематизация знаний полученных во время аудиторных занятий, подготовка к текущему и промежуточному контролю знаний. Изучение дополнительной литературы.
2	Стационарная теплопроводность	Освоение отдельных учебных вопросов, закрепление и систематизация знаний полученных во время аудиторных занятий, подготовка к текущему и промежуточному контролю знаний. Изучение дополнительной литературы.
3	Стационарная теплоотдача (теплообмен при вынужденной конвекции)	Освоение отдельных учебных вопросов, закрепление и систематизация знаний полученных во время аудиторных занятий, подготовка к текущему и промежуточному контролю знаний. Изучение дополнительной литературы.
4	Основы проектирования теплообменных аппаратов	Освоение отдельных учебных вопросов, закрепление и систематизация знаний полученных во время аудиторных занятий, подготовка к текущему и промежуточному контролю знаний. Выполнение и оформление курсовой работы.
5	Стационарный радиационно- конвективный теплообмен	Освоение отдельных учебных вопросов, закрепление и систематизация знаний полученных во время аудиторных занятий, подготовка к текущему и промежуточному контролю знаний. Изучение дополнительной литературы.
6	Экспериментальное исследо- вание процессов теплообмена	Освоение отдельных учебных вопросов, закрепление и систематизация знаний полученных во время аудиторных занятий, подготовка к текущему и промежуточному контролю знаний. Подготовка и оформление отчетов к лабораторным работам.
7	Тепло- и массообмен в особых условиях	Освоение отдельных учебных вопросов, закрепление и систематизация знаний полученных во время аудиторных занятий, подготовка к текущему и промежуточному контролю знаний.
		Изучение дополнительной литературы.
	Выполнение и защита курсовой работы	
	Подготовка к зачету	
	Подготовка к экзамену	
	ИТОГО	
		144

7.2. Курсовая работа.
Не предусмотрена.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (обновляется ежегодно)

8.1. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Стребков А.С. Тепловые процессы в машинах. Учебная практика. Кн. 1. Исследо-вание теплогидродинамических процессов при продольном обтекании теплообменной поверхности потоком воздуха в кольцевом канале. [Текст] + [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов очной формы обучения по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» – Брянск: БГТУ, 2017. – 51 с.

2. Стребков А.С. Тепловые процессы в машинах. Учебная практика. Кн. 2. Исследо-вание теплоотдачи и сопротивления при поперечном обтекании трубных пучков [Текст] + [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов очной формы обучения по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» – Брянск: БГТУ, 2017. – 35 с.

3. Стребков А.С. Тепловые процессы в машинах. Учебная практика. Кн. 3. Исследо-вание радиационно-конвективного теплообмена при различной ориентации обогреваемых труб. [Текст] + [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов очной формы обучения по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» – Брянск: БГТУ, 2017. – 31 с.

4. А.С. Стребков, Н.А. Шалькина. Тепловые процессы в машинах. Проектирование одноходового кожухотрубного теплообменного аппарата [Текст] + [Электронный ресурс]: методические указания к выполнению курсовой работы для студентов очной формы обучения по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника – Брянск: БГТУ, 2017. – 59 с.

8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Брюханов, О.Н. Тепловые процессы в машинах: учеб. для вузов/ О.Н. Брюханов. – М.: ИНФРА-М, 2013.–463 с.
(5 экз.)

2. Кудинов, А.А. Тепловые процессы в машинах: учеб. пособие для вузов/ А.А. Кудинов.– М.: ИНФРА-М, 2012.–374 с.
(2 экз.)

3. Примеры и задачи по Тепловые процессы в машинах: учеб. пособие/ В.С. Логинов [и др.] – Изд. 2-е, испр. и доп. – СПб. [и др.]: Лань, 2011. – 255 с.

(5 экз.)

б) дополнительная

2. Теория Тепловые процессы в машинах: учебник для техн. ун-тов и вузов / С.И. Исаев, И.А. Кожин, В.И. Кофанов [и др.]; под ред. А.И. Леонтьева. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997. – 683 с.

(2 экз.)

3. Теплотехника: учебник для вузов/ А.М. Архаров, И.А. Архаров, В.Н. Афанасьев [и др.]; под общ. ред. А.М. Архарова, В.Н. Афанасьева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 712 с. : илл.

(10 экз.)

4. Краснощеков Е. А. Задачник по теплопередаче/ Е.А. Краснощеков, А.С. Сукомел. - М.: Энергия, 1969. – 262 с.

(11 экз.)

5. Авчуков, В.В. Задачник по процессам Тепловые процессы в машинах: учеб. пособие для вузов/ В.В. Авчуков, Б.Я. Паюсте. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 144 с. : илл.

(51 экз.)

6. Исаченко В.П. и др. Теплопередача: Учебник для вузов / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с., илл.

(54 экз.)

7. Арнольд Л.В. И др. Техническая термодинамика и теплопередача: Учебник для вузов / Л.В. Арнольд, Г.А. Михайловский, В.М. Селиверстов. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. школа, 1979. – 446 с., илл.+прил.

(35 экз.)

в) справочная литература:

1. Теплоэнергетика и теплотехника : справочник : в 4 кн. Кн. 2. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент / под общ. ред. А. В. Клименко и В. М. Зорина. - М. : Изд-во МЭИ, 2001. - 561 с. –

(1 экз.)

2. Справочник по теплообменным аппаратам /П.И. Бажан, Г.Е. Каневец, В.М. Селиверстов. – М.: Машиностроение, 1989. – 366 с.: илл.

(8 экз.)

Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление : справ. пособие. - М. : Энергоатомиздат, 1990. - 367с.

(7 экз.)

3. Александров, А.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара : справочник. - М. : Изд-во МЭИ, 1999. - 164 с.

(10 экз.)

4. Александров А.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара : справочник : [рек. Гос. службой стандартных справочник данных ГСССД Р-776-98]. - М. : Изд-во МЭИ, 2003. - 158 с.

(1 экз.)

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети

Интернет

1. Электронно-библиотечная система «Лань»
<http://www.e.lanbook.com/>.
2. Электронно-библиотечная система «IPR-books»
<http://www.iprbookshop.ru/>.
3. FTP сервер кафедры Технология воды и топлива Московский государственный энергетический университет (МЭИ) (<ftp://twi.mpei.ac.ru/>)
4. Определение теплофизических свойств теплоносителей. Расчетный сервер НИУ МЭИ http://twi.mpei.ac.ru/ochkov/VPU_Book_New/Mas/
5. Официальный сайт журнала «Теплоэнергетика» <http://tepen.ru/>
6. Официальный сайт: НАЦИОНАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ ПО ТЕПЛОМАССО-ОБМЕНУ - [HTTP://WWW.NCHMT.RU/](http://www.NCHMT.RU/)
7. www.yandex.ru - Поисковая система
8. www.rsl.ru –Российская государственная библиотека

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, Укомплектована специализированной мебелью (столы, стулья, ученическая доска), демонстрационным и мультимедийным оборудованием, учебно-наглядные пособия обеспечивающие тематические иллюстрации

Учебная аудитория для проведения практических (семинарских) занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Укомплектована специализированной мебелью (столы, стулья, ученическая доска), демонстрационным и мультимедийным оборудованием.

Аудитория для самостоятельной работы (компьютерный класс), оснащена компьютерными столами и стульями, компьютерами, возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

10.1. Методические рекомендации для преподавателей

Лекции являются одним из основных методов изучения дисциплины и должны решать следующие задачи:

- доступное изложение наиболее важного материала программы дисциплины, освещающего основные моменты;
- развитие у обучающихся понятийного теоретического мышления;

- создание заинтересованности студентов тематикой данной дисциплины;
- формирование у студентов потребности к самостоятельной работе над учебной и научной литературой.

Главной задачей каждой лекции является раскрытие сущности темы и анализ ее основных положений. Рекомендуется на первой лекции довести до внимания студентов структуру курса и его разделы, а в дальнейшем указывать название каждого раздела, суть и его задачи, а, закончив изложение, подводить итог по этому разделу. При чтении лекций целесообразно использовать опорные конспекты (систему слайдов с наглядными изображениями и тезисами лекций). Содержание лекций определяется настоящей рабочей программой. Желательно, чтобы каждая лекция охватывала и исчерпывала определенную тему и представляла собой логически законченное изложение. Лучше сократить тему и не допускать перерыва ее в таком месте, когда основная идея еще полностью не раскрыта. В случае, если материал невозможно изложить в рамках одной лекции, то на следующей лекции в начале следует сделать краткий обзор материала предыдущей лекции с целью установления логической связи между лекциями.

При проведении практических занятий решаются следующие задачи:

- расширение и углубление знаний, приобретенных магистрами на лекциях;
- выработка навыков групповой работы с применением кейсового метода обсуждения конкретных практических ситуаций;
- контроль знаний студентов при выполнении тестовых заданий по дисциплине.

Цели практических занятий наилучшим образом достигаются в том случае, если студент предварительно проработал тематику практического занятия. Поэтому преподаватель должен информировать студентов о теме следующего практического занятия, чтобы они могли целенаправленно самостоятельно заниматься в домашних условиях.

Лабораторные работы выполняются в течении второго семестра изучения дисциплины в лаборатории «Термодинамики и теплотехники» кафедры «Промышленная теплоэнергетика».

Цели и задачи проводимых лабораторных работ изложены в соответствующих методических указаниях (см. п. 8.1.)

К началу проведения лабораторного практикума обучающийся уже ознакомлен с большинством теоретических разделов дисциплины. Однако успешное выполнение лабораторного практикума определяется серьёзной самостоятельной подготовкой студентов к обсуждаемым разделам дисциплины. Поэтому преподаватель обязан довести до сведения обучающихся график проведения лабораторных работ для того, чтобы студенты смогли своевременно самостоятельно проработать материал, необходимый для успешного выполнения работы. Перед каждым занятием преподаватель должен удостовериться в готовности обучающихся к выполнению лабораторной работы путём краткой проверки знаний и заготовленных протоколов для проведения работы.

10.2. Методические рекомендации для обучающихся

Подготовку студентов по дисциплине «Основы оценочной деятельности» можно разбить на несколько этапов:

- работа с конспектом лекций;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к экзамену.

Успешное освоение дисциплины предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы. Для этого студент просматривает конспект лекции, отмечает материал, который вызывает затруднения для понимания. После чего пытается найти ответы в рекомендуемой литературе. В случае непонимания материала следует сформулировать вопросы и обратиться за помощью к преподавателю. В общем случае работа лишь с одним литературным источником часто является недостаточной для полного понимания. В этом случае рекомендуется просматривать несколько учебников для выбора того, который наиболее полно и доступно освещает изучаемый материал. Для успешного освоения лекционного курса рекомендуется регулярно повторять изученный материал и проверять свои знания, отвечая на контрольные вопросы в рекомендуемых учебных пособиях. Изучение вопросов, предложенных для самостоятельной проработки, следует начинать сразу после окончания рассмотрения на лекциях раздела, к которому они относятся. Обучение ведется с использованием рекомендованной преподавателем литературы. В процессе самостоятельной работы следует занимать активную позицию и пользоваться не только рекомендованной литературой, но и самостоятельно найденными источниками (в том числе в сети Интернет). При подготовке к практическим занятиям необходимо обязательно прорабатывать конспект лекций по соответствующим темам, в том числе вопросы, предназначенные для самостоятельного изучения. Подготовка к экзамену предполагает, прежде всего, проработку конспекта лекций по указанному выше алгоритму. Рекомендуется ответить на контрольные вопросы по разделам дисциплины. Возникающие вопросы следует задать преподавателю на консультациях.

11. Фонд оценочных средств

11.1. Этапы формирования компетенций

Этапность формирования компетенций прямо связана с местом дисциплины в образовательной программе.

Разделы дисциплины	Показатель оценивания		
	<i>ПК-1</i> <i>.Р1</i>	<i>ПК-1</i> <i>.Р2</i>	<i>ПК-1</i> <i>.Р3</i>
1. Основные понятия тепло- и массообмена	+		
2. Стационарная тепло-проводность			+
3. Стационарная тепло-отдача (теплообмен при вынужденной конвекции)	+	+	
4. Основы проектирования теплообменных аппаратов			+
5. Стационарный радиаци-онно- конвективный тепло-обмен		+	
6. Экспериментальное исследование процессов теплообмена	+	+	+
7. Тепло- и массообмен в особых условиях			+

11.2. Индексированные результаты обучения и оценочные средства

Очная форма

Коды компетенций по ФГОС ВО	Наименование компетенции	Результат освоения	Оценочные средства текущего контроля	Оценочные средства промежуточного контроля
1	2	3	4	5
<i>ПК Профессиональные компетенции</i>				
<i>ПК-1</i>		<i>ПК-1 Р1</i> <u>знает</u>	Защита выполненных лабораторных работ, вопросы для устного опроса.	Контрольные вопросы к зачёту и экзамену.
		<i>ПК-1Р2</i> <u>умеет</u>	Защита выполненных лабораторных работ, вопросы для устного опроса.	Контрольные вопросы к зачёту и экзамену.
		<i>ПК-1 Р3</i> <u>владеет</u>	Защита выполненных лабораторных работ, вопросы для устного опроса.	Контрольные вопросы к зачёту и экзамену.

11.3. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

Текущий контроль успеваемости включает в себя

- контроль готовности обучающихся к выполнению лабораторных работ и работе над практическими заданиями, проводится методом устного опроса;
- проверку адекватности результатов и оформления лабораторных работ и решения практических заданий;
- защиту лабораторных работ, которая заключается в устном собеседовании преподавателя и обучающегося по тематике каждой из выполненных работ на основании приведенных ниже вопросов и элементарных задач;
- устное собеседование преподавателя и обучающегося по тематике выполненной курсовой работы.

Список вопросов при устных опросах и при защите отчетов по лабораторным работам

ЛР № 1.

1. Каков принцип работы лабораторной установки?
2. Каковы физические основы измерения температуры посредством термопар?
3. На каком принципе базируется измерение расхода с помощью расходомерной шайбы?
4. Какие способы термостатирования холодного спая применяются в теплотехнических исследованиях?
5. От каких факторов зависит погрешность при теплотехнических измерениях режимных параметров потока и стенки?
6. Как меняется температура обогреваемой стенки по длине канала?
7. Почему на начальном участке обогреваемой стенки наблюдается понижение температуры?
8. Чем объясняется колебание температуры стенки за пределами участка стабилизации?
9. Как меняется средняя температура стенки при изменении режима движения теплоносителя?
10. Как меняется средняя температура теплоносителя при изменении режима движения теплоносителя?
11. Как меняется средний температурный напор при изменении режима движения теплоносителя?

ЛР № 2.

1. Каков принцип работы лабораторной установки?
2. Как, наблюдая за показаниями лабораторных термометров, определить, что установился стационарный режим теплоотдачи?
3. На каком принципе базируется измерение расхода с помощью расходомерной шайбы?
4. Как определяется постоянная расходомерной шайбы?

5. Как определить перепад напора с помощью дифференциального манометра при различном расположении уровней в трубках прибора относительно нулевой отметки шкалы.

6. Как при проведении экспериментального исследования, наблюдая за показаниями дифференциального манометра обеспечить равномерное изменение расхода воздуха в исследуемом диапазоне режимов.

7. Как меняется нагрев воздушного потока при изменении режима движения теплоносителя?

8. Как меняется средняя температура стенки при изменении режима движения теплоносителя?

9. Как меняется конечная температура теплоносителя при изменении режима движения теплоносителя?

10. Как меняется средняя температура теплоносителя при изменении режима движения теплоносителя?

11. Как меняется средний температурный напор при изменении режима движения теплоносителя?

12. Как меняется соотношение между нагревом воздушного потока и средним температурным напором при изменении режима движения теплоносителя?

ЛР № 3.

1. Каков принцип работы лабораторной установки?

2. Показания каких приборов используются при расчетах критерия Стантона (по прямым измерениям режимных параметров)?

3. Показания каких приборов используются при расчетах критерия Эйлера?

4. Показания каких приборов используются при расчетах критерия Рейнольдса?

5. Как изменяется при проведении исследования критерий Прандтля?

6. Почему при графической обработке опытных данных по сопротивлению и теплоотдаче удобно пользоваться логарифмической координатной сеткой.

7. Как используя графики определить показатель степени влияния в степенных критериальных уравнениях?

8. Как используя графики определить постоянную (свободный член) в степенных критериальных уравнениях?

9. Как соотносятся степени влияния числа Рейнольдса на числа Эйлера и Стантона?

10. Почему критерий Рейнольдса называется определяющим?

11. Почему критерий Эйлера называется определяемым?

12. Почему критерий Стантона называется определяемым?

ЛР № 4.

1. Каков принцип работы лабораторной установки?

2. Показания каких приборов используются при расчетах скорости воздушного потока?

3. Показания каких приборов используются при расчетах коэффициента теплоотдачи?

4. Как меняется коэффициент теплоотдачи при изменении скорости воздушного потока?

5. Как изменяется степень подогрева теплоносителя при изменении скорости воздушного потока?

6. Почему при графической обработке опытных данных по сопротивлению и теплоотдаче удобно пользоваться логарифмической координатной сеткой.

7. Как используя графики определить показатель степени влияния в параметрических уравнениях?

8. Как используя графики определить постоянную (свободный член) в степенных параметрических уравнениях?

9. Как представить параметрическую зависимость, связывающую скорость и теплоотдачу, в безразмерной форме?

10. В каких случаях можно использовать степенные параметрические зависимости?

11. В каких случаях следует использовать безразмерные параметрические зависимости?

ЛР № 5.

1. Каков принцип работы лабораторной установки?

2. Показания каких приборов используются при расчетах критерия Рейнольдса?

3. Показания каких приборов используются при расчетах критерия Нуссельта?

4. Как меняется коэффициент теплоотдачи при изменении скорости воздушного потока?

5. Как меняется коэффициент теплоотдачи при изменении эквивалентного диаметра кольцевого канала?

6. Почему при графической обработке опытных данных по сопротивлению и теплоотдаче удобно пользоваться логарифмической координатной сеткой.

7. Как используя графики определить показатель степени влияния в критериальных уравнениях?

8. Как используя графики определить постоянную (свободный член) в степенных критериальных уравнениях?

9. Почему критерий Прандтля не включается в состав критериальной зависимости для расчета интенсивности теплоотдачи в кольцевом канале?

10. Почему критерий Нуссельта называется определяемым?

11. Почему критерий Рейнольдса называется определяющим?

12. Какова погрешность при аппроксимации опытных данных по теплоотдаче в кольцевом канале?

ЛР № 6.

1. Каков принцип работы лабораторной установки?

2. Показания каких приборов используются при расчетах скорости воздушного потока?

3. Показания каких приборов используются при расчетах коэффициента теплоотдачи?

4. Как меняется коэффициент теплоотдачи при изменении скорости воздушного потока?

5. Как меняется коэффициент теплоотдачи при изменении скорости потока воды?

6. Почему при графической обработке опытных данных по теплоотдаче разнородных теплоносителей в параметрическом представлении необходимо использовать логарифмическую координатную сетку.

7. Как представить параметрическую зависимость, связывающую скорость и теплоотдачу, в безразмерной форме?

8. В каких случаях можно использовать степенные параметрические зависимости?

9. В каких случаях следует использовать безразмерные параметрические зависимости?

10. Как влияет на теплоотдачу поперечный размер канала?

11. Что такое эквивалентный диаметр канала?

12. Как выполнить сопоставление опытных данных по теплоотдаче при движении теплоносителей в каналах, поперечное сечение которых отличается от очертаний круглой трубы?

ЛР № 7.

1. Каков принцип работы лабораторной установки?

2. Показания каких приборов используются при расчетах критерия Рейнольдса?

3. Показания каких приборов используются при расчетах критерия Прандтля?

4. Как меняется коэффициент теплоотдачи при изменении скорости воздушного потока?

5. Показания каких приборов используются при расчетах критерия Нуссельта?

6. Почему при графической обработке опытных данных по теплоотдаче разнородных теплоносителей в критериальном представлении необходимо использовать логарифмическую координатную сетку.

7. Почему на графике зависимости $Nu = f(Re)$ массивы опытных точек на режимах отличающихся значением критерия Pr расщепляются на автономные группы?

8. Как модифицируется график зависимости теплоотдачи от режима движения теплоносителя в критериальной форме после исключения влияния гидродинамики на теплоотдачу?

9. Как выполняется исключения влияния гидродинамики на теплоотдачу при обработке опытных данных в критериальной форме?

10. Как определить m – степень влияния подобия температурных и скоростных полей на теплоотдачу?

11. Как определить величину постоянной C в многоаргументном критериальном уравнении для расчета интенсивности теплоотдачи при движении потока теплоносителя внутри теплообменного канала?

12. Почему критерий Нуссельта – определяемый?

13. Какой физический смысл имеет критерий Нуссельта?

14. Почему критерий Рейнольдса – определяющий?
15. Какой физический смысл имеет критерий Рейнольдса?
16. Почему критерий Прандтля - определяющий?
17. Какой физический смысл имеет критерий Прандтля?
18. Какие ещё критерии теплогидродинамического подобия Вы знаете?
19. Чем характеризуется ситуация, если критерий $Pr = 1$.
20. В каком диапазоне изменения критерия Рейнольдса формируется развитый турбулентный режим движения теплоносителей в каналах теплообменных аппаратов?
22. Как изменяется интенсивность теплоотдачи при наращивании величины критерия Рейнольдса?
23. Как изменяется величина потерь давления при наращивании величины критерия Рейнольдса?
24. Что такое затраты мощности на прокачку теплоносителей?
25. Каков рекомендуемый диапазон скорости движения газовых потоков в каналах теплообменных аппаратов?
26. Каков рекомендуемый диапазон скорости движения потоков капельных жидкостей в каналах теплообменных аппаратов?
27. Как обоснованно определить поперечный размер канала при продольном движении теплоносителя?
28. Как определить характерный размер при движении теплоносителя в некруглых каналах?

ЛР № 8.

1. Каков принцип работы лабораторной установки?
2. Показания каких приборов используются при расчетах изобарной теплоёмкости воздуха?
3. Как меняется изобарная теплоёмкость воздуха при изменении его температуры?
4. Что такое доверительный интервал?
5. Что такое среднеквадратичное отклонение?
6. Что такое случайная и полная погрешность?
7. Что такое систематическая погрешность?
8. Как определить максимальную погрешность,
9. Что такое погрешность в доверительном интервале?

ЛР № 9 и 10.

1. Каков принцип работы лабораторной установки?
2. Каковы физические основы измерения температуры посредством термомпар?
3. На каком принципе базируется измерение расхода с помощью расходомерной шайбы?
4. Какие способы термостатирования холодного спая применяются в теплотехнических исследованиях?
5. От каких факторов зависит погрешность при теплотехнических измерениях режимных параметров потока и стенки?
6. Как меняется температура по высоте обогреваемой трубки?

7. Почему наблюдается периодическое изменение температуры по образующей обогреваемой трубки?

8. Какими факторами ограничивается мощность электронагревателя в лабораторной установке?

9. Как меняется средняя температура стенки трубки при изменении режима движения теплоносителя?

10. Как меняется средняя температура теплоносителя при изменении режима движения теплоносителя?

11. Как меняется средний температурный напор при изменении режима движения теплоносителя?

12. Что такое продольный градиент давления потока и какое влияние он оказывает на характер потока теплоносителя в трубном пучке?

13. Как возникает отрыв потока от поверхности трубки?

14. Как влияет на теплоотдачу вихревые течения?

15. Как влияет тепловое излучение на процесс теплоотдачи?

ЛР № 11.

1. Каков принцип работы лабораторной установки?

2. Показания каких приборов используются при расчетах критерия Рейнольдса?

3. Показания каких приборов используются при расчетах критерия Нуссельта?

4. Как меняется коэффициент теплоотдачи при изменении скорости воздушного потока?

5. Как меняется коэффициент теплоотдачи при изменении диаметра трубок?

6. Какие критерии теплогидродинамического подобия используются для описания процессов теплообмена и сопротивления при обтекании трубных пучков различными теплоносителями?

7. Почему критерий Прандтля не включается в состав критериальной зависимости для расчета интенсивности теплоотдачи в кольцевом канале?

8. Почему критерий Нуссельта называется определяемым?

9. Почему критерий Рейнольдса называется определяющим?

10. Каковы физические основы процесса формирования пограничного слоя при поперечном обтекании потоком жидкости одиночных труб? Как изменяется по периметру трубы и от чего зависит локальный коэффициент теплоотдачи?

11. Как влияет на интенсивность теплоотдачи одиночных труб и трубных пучков режим движения теплоносителя, обтекающей поверхность теплообмена?

12. Опишите гидродинамическую картину обтекания потоком воздуха трубных пучков с коридорной и шахматной компоновкой.

13. Как отличаются при прочих равных условиях теплогидродинамические характеристики этих пучков?

14. Какова погрешность при аппроксимации опытных данных по теплоотдаче в трубных пучках?

15. Почему при графической обработке опытных данных по сопротивлению и теплоотдаче удобно пользоваться логарифмической координатной сеткой.

16. Как используя графики определить показатель степени влияния в критериальных уравнениях?

17. Как используя графики определить постоянную (свободный член) в степенных критериальных уравнениях?

ЛР № 12.

1. Каков принцип работы лабораторной установки?

2. Показания каких приборов используются при расчетах критерия Стантона (по прямым измерениям режимных параметров)?

3. Показания каких приборов используются при расчетах критерия Эйлера?

4. Показания каких приборов используются при расчетах критерия Рейнольдса?

5. Как изменяется при проведении исследования критерий Прандтля?

6. Почему при графической обработке опытных данных по сопротивлению и теплоотдаче удобно пользоваться логарифмической координатной сеткой.

7. Как используя графики определить показатель степени влияния в степенных критериальных уравнениях?

8. Как используя графики определить постоянную (свободный член) в степенных критериальных уравнениях?

9. Как соотносятся степени влияния числа Рейнольдса на числа Эйлера и Стантона?

10. Почему критерий Рейнольдса называется определяющим?

11. Почему критерий Эйлера называется определяемым?

12. Почему критерий Стантона называется определяемым?

13. Как соотносится между собой на одинаковых режимах движения теплоотдача в коридорном и шахматном пучке?

14. Как соотносится между собой на одинаковых режимах движения сопротивление в коридорном и шахматном пучке?

15. Почему зависимость вида $Eu = D \cdot Re^m$ не является универсальной характеристикой трения в различных трубных пучках?

16. Как объяснить, что при обработке опытных данных при исследовании трубных пучков с интенсифицирующими компоновочными приспособлениями иногда наблюдается интенсификация теплоотдачи при одновременном снижении трения?

ЛР № 13.

1. Каков принцип работы лабораторной установки?

2. Показания каких приборов используются при расчетах лучистого теплового потока (по прямым измерениям режимных параметров)?

3. Показания каких приборов используются при расчетах лучистого коэффициента теплоотдачи?

4. Как зависит лучистый тепловой поток от температуры обогреваемой поверхности?

5. Как зависит лучистый коэффициент теплоотдачи от температуры обогреваемой поверхности?

6. Как изменяется лучистый тепловой поток при изменении режима движения теплоносителя в коридорном трубном пучке?

7. Как изменяется лучистый тепловой поток при изменении режима движения теплоносителя в шахматном трубном пучке?

8. Как изменяется лучистый коэффициент теплоотдачи при изменении режима движения теплоносителя в коридорном трубном пучке?

9. Как изменяется лучистый коэффициент теплоотдачи при изменении режима движения теплоносителя в шахматном трубном пучке?

10. Как изменяется доля лучистого теплового потока в тепловом балансе при изменении режима движения теплоносителя в коридорном трубном пучке?

11. Как изменяется доля лучистого теплового потока в тепловом балансе при изменении режима движения теплоносителя в шахматном трубном пучке?

12. Почему при одинаковых температурных условиях лучистый коэффициент теплоотдачи в коридорном и шахматном трубных пучках одинаков?

ЛР № 14.

1. Каков принцип работы лабораторной установки?

2. Показания каких приборов используются при расчетах лучистого теплового потока (по прямым измерениям режимных параметров)?

3. Показания каких приборов используются при расчетах конвективного теплового потока?

4. Как зависит лучистый тепловой поток от температуры обогреваемой поверхности?

5. Как зависит конвективный тепловой поток от температуры обогреваемой поверхности?

6. Как изменяется лучистый тепловой поток при изменении теплового режима?

7. Как изменяется лучистый тепловой поток при изменении степени черноты обогреваемой поверхности?

8. Как изменяется лучистый тепловой поток при площади теплообменной поверхности?

9. Как изменяется доля лучистого теплового потока в тепловом балансе при изменении теплового режима?

11. Как изменяется доля лучистого теплового потока в тепловом балансе при степени черноты поверхности теплообмена?

12. Почему при одинаковых температурных условиях лучистый тепловой поток у вертикальной и горизонтальной трубы не одинаков?

13. При каких условиях лучистый тепловой поток у вертикальной и горизонтальной трубы будет одинаков?

14. Что необходимо предпринять (в условиях проводимого исследования), чтобы уравнивать лучистый тепловой поток у вертикальной и горизонтальной трубы при неизменной поверхности теплообмена?

15. Всегда ли можно уравнивать лучистый тепловой поток у вертикальной и горизонтальной трубы при неизменной поверхности теплообмена?

ЛР № 15.

1. Каков принцип работы лабораторной установки?

2. Дайте определение основным влияющим параметрам и характеристикам процесса естественной конвекции.

3. Каковы физические закономерности процессов перемещения частиц воздуха в пристенной области и образования режимных зон в пограничном слое около нагретой вертикальной поверхности?

4. Каковы физические закономерности процессов перемещения частиц воздуха в пристенной области и образования режимных зон в пограничном слое около нагретой горизонтальной трубы?

5. Каковы физические основы механизма переноса теплоты в ламинарной и турбулентной зонах пограничного слоя при естественной конвекции?

6. Каков физический смысл коэффициента теплоотдачи? Как он рассчитывается в процессах естественной конвекции?

7. Каков физический смысл коэффициента объемного расширения? Как он рассчитывается в процессах естественной конвекции?

8. Что такое критерий Галилея и каков его физический смысл?

9. Что такое критерий Грасгофа и каков его физический смысл?

10. Что такое критерий Прандтля и каков его физический смысл?

11. Что такое критерий Нуссельта и каков его физический смысл?

12. Что такое критерий Рэлея и каков его физический смысл?

13. Какие из названных критериев подобия – определяющие и почему?

14. Как и почему изменяется локальный коэффициент тепло-отдачи по высоте вертикальной трубы? От каких факторов он зависит?

15. Как и почему изменяется локальный коэффициент тепло-отдачи по высоте горизонтальной трубы? От каких факторов он зависит?

16. Что такое критическая высота вертикальной трубы?

17. Какому тепловому режиму соответствует условие $Gr = 10^9$.

18. Почему в расчетах характеристик теплоотдачи при экспериментальном исследовании свободной (естественной) конвекции необходимо учитывать тепловое излучение?

19. Каков вид обобщающих критериальных зависимостей для процесса естественной конвекции?

20. Почему в уравнении $Nu = C \cdot Ra^n$ для расчета интенсивности теплоотдачи у вертикальной трубы $n = 1/3$, а для расчета интенсивности теплоотдачи у горизонтальной трубы – $n = 1/4$?

ЛР № 16.

1. Каков принцип работы лабораторной установки?

2. Как определить конвективный коэффициент теплоотдачи при свободной поверхности расчетным способом?

3. Как определить конвективный тепловой поток при свободной поверхности расчетным способом?

4. Как определить радиационный тепловой поток при свободной поверхности расчетным способом?

5. Как записать уравнение теплового баланса конвективного и радиационного тепловых потоков, если обогрев поверхности теплообмена проводится с помощью электронагревателя?

6. Что такое степень черноты теплообменной поверхности?

7. Как рассчитывается приведенная степень черноты?

8. Что такое коэффициент излучения теплообменной поверхности?

9. Что такое коэффициент излучения (абсолютно черного тела)?

Чему он равен?

10. От каких режимных и геометрических факторов зависит радиационный тепловой поток?

ЛР № 17.

1. Как определить конвективный коэффициент теплоотдачи при свободной поверхности расчетным способом?

2. Как определить конвективный тепловой поток при свободной поверхности расчетным способом?

3. Как определить радиационный тепловой поток при свободной поверхности расчетным способом?

4. Как записать уравнение теплового баланса конвективного и радиационного тепловых потоков, если обогрев поверхности теплообмена проводится с помощью электронагревателя?

5. Что такое степень черноты теплообменной поверхности?

6. Что такое коэффициент излучения теплообменной поверхности?

7. Чему он равен коэффициент излучения (абсолютно черного тела)?

8. От каких режимных и геометрических факторов зависит радиационный тепловой поток?

9. Что такое доверительный интервал?

10. Что такое среднеквадратичное отклонение?

11. Что такое случайная и полная погрешность?

12. Что такое систематическая погрешность?

13. Как определить максимальную погрешность,

14. Как распределяется частота отклонений при измерении C_0 в зависимости от величины относительной погрешности на текущем тепловом режиме?

Критерии оценивания уровня освоения компетенций, приобретаемых при выполнении практических, лабораторных и курсовой работ:

– **оценка «отлично»** (максимальный уровень) выставляется обучающемуся, если

- он успешно выполнил и защитил лабораторный практикум;

- при текущем контроле и собеседовании при защите курсовой работы были даны исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы,

- правильно и рационально (с использованием адекватных методик) решены практические задачи;

- при ответах выделялось главное, все теоретические положения умело увязывались с их практическим применением;

- ответы были четкими и краткими, а мысли излагались в логической последовательности;

- показано умение самостоятельно анализировать теоретические положения и физические явления и процессы в их взаимосвязи и диалектическом развитии;

- **оценка «хорошо»** (средний уровень) выставляется обучающемуся, если он если он

- успешно выполнил и защитил лабораторный практикум,

- при текущем контроле и собеседовании при защите курсовой работы были даны полные, достаточно обоснованные ответы на поставленные вопросы,

- правильно решены практические задания, однако, при ответах не всегда выделялось главное, отдельные положения недостаточно увязывались с их практическим применением,

- при решении практических задач не всегда использовались рациональные методики расчётов;

- ответы в основном были краткими, но не всегда четкими;

- **оценка «удовлетворительно»** (минимальный уровень) выставляется обучающемуся, если он выполнил и защитил лабораторный практикум с некоторыми замечаниями,

- при текущем контроле и собеседовании при защите курсовой работы были даны в основном правильные ответы на все поставленные вопросы, но без должной глубины и обоснования, однако, на уточняющие вопросы даны правильные ответы;

- при ответах не выделялось главное; ответы были многословными, нечеткими и без должной логической последовательности;

- на отдельные дополнительные вопросы не даны положительные ответы;

- при решении практических задач обучающийся испытывал значительные затруднения;

- **оценка «неудовлетворительно»** (минимальный уровень не достигнут) выставляется обучающемуся, если он

- не выполнил все или часть лабораторных работ,

- не выполнил задание по курсовой работе,

- затруднялся при выполнении практических задач,

- работа проводилась с опорой на преподавателя или других обучающихся;

- на поставленные вопросы не было дано правильных ответов.

Указанные оценки учитываются при оценивании уровня освоения компетенций при промежуточной аттестации.

11.4. Оценочные средства для промежуточного контроля успеваемости.

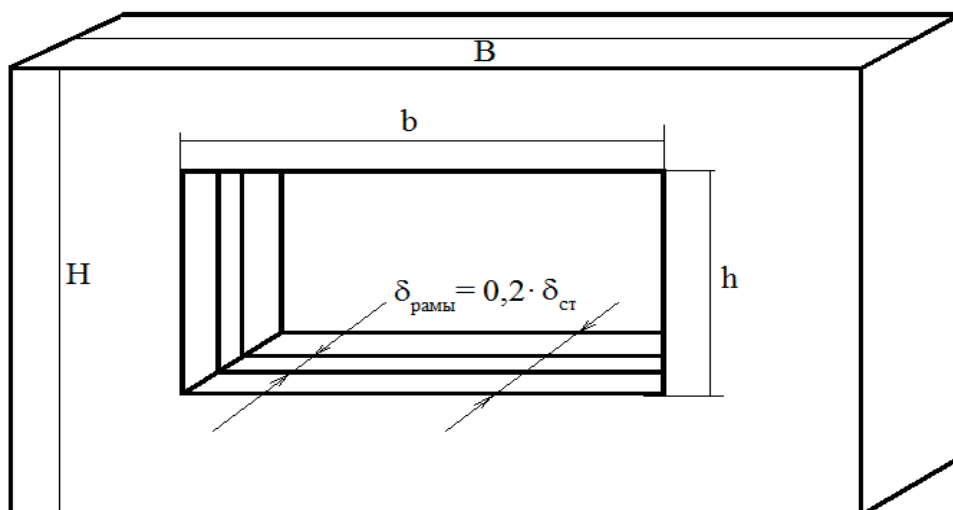
Согласно Положению о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации и учебного плана успеваемость обучающихся по обсуждаемой дисциплине определятся на зачёте оценками «зачтено», «не зачтено» и экзамене оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя экзаменационные вопросы и задачи, которые komponуются в экзаменационных билетах. Типовые контрольные вопросы и задачи представлены ниже.

Примерный перечень вопросов (задач) к зачету

Задача №1

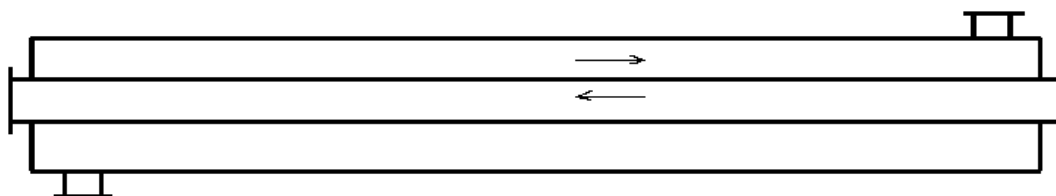
$\phi = b \cdot h / B \cdot H$ – коэффициент остекления = _____?



$\lambda_{\text{воздуха}} = 0,025$ _____ (Разм. - ?), $\lambda_{\text{стены}} = 0,75$

Чему должен быть равен коэффициент остекления, чтобы теплотери через бетонную стену сравнялись с теплотери через оконную раму. Термическим сопротивлением остекления пренебречь.

Задача №2



$$\alpha_1 = 350 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$\alpha_2 = 1150 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$F = 450 \text{ м}^2$$

$$R_{\text{ст}} \Rightarrow 0$$

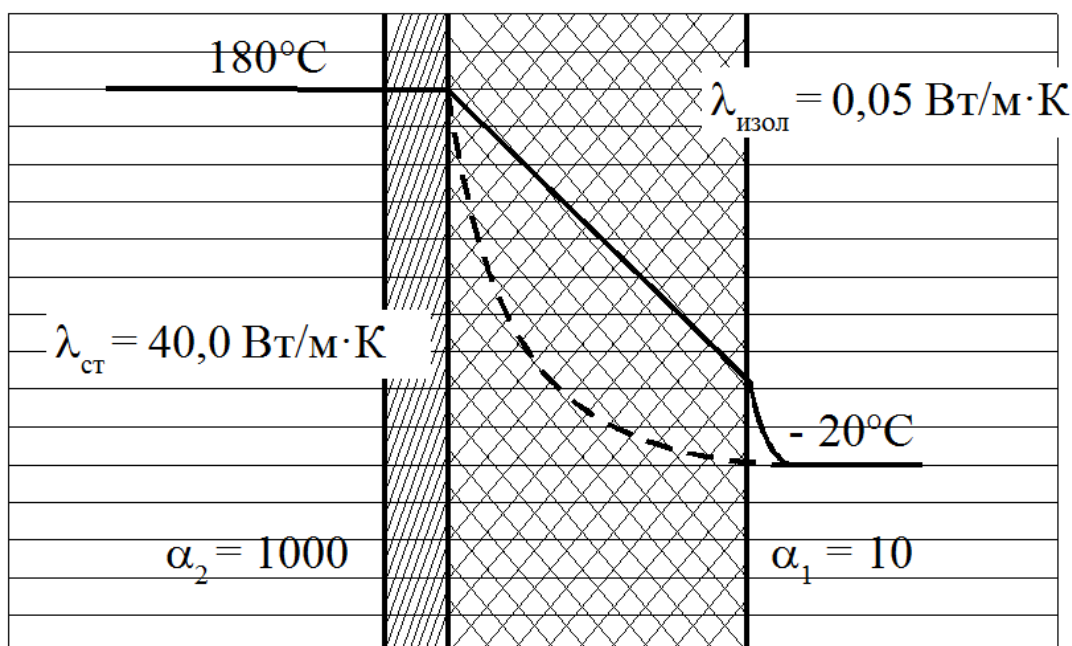
$$t'_1 = 15^\circ\text{C}, \quad t''_1 = 24^\circ\text{C}$$

$$t'_2 = 90^\circ\text{C}, \quad t''_2 = 68^\circ\text{C}$$

$$Q = \text{_____?}, \quad W_1/W_2 = \text{_____?}$$

Задача №3

$$\delta_{\text{ст}} = 10 \text{ мм}, \quad \Delta_{\text{изол}} = \text{_____ мм} - ?$$

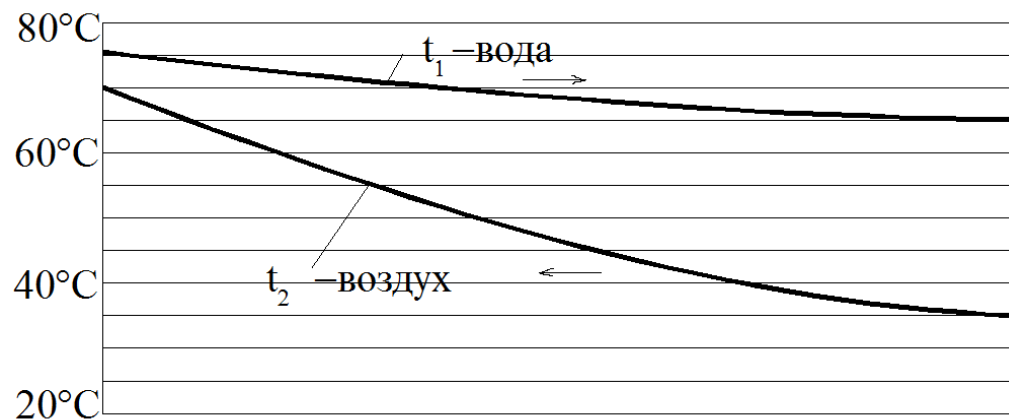


На стенку котла наложили изоляцию, чтобы теплотери снизились в 10 раз.

Чему равна толщина изоляции?

Уточните температуру на поверхности изоляции.

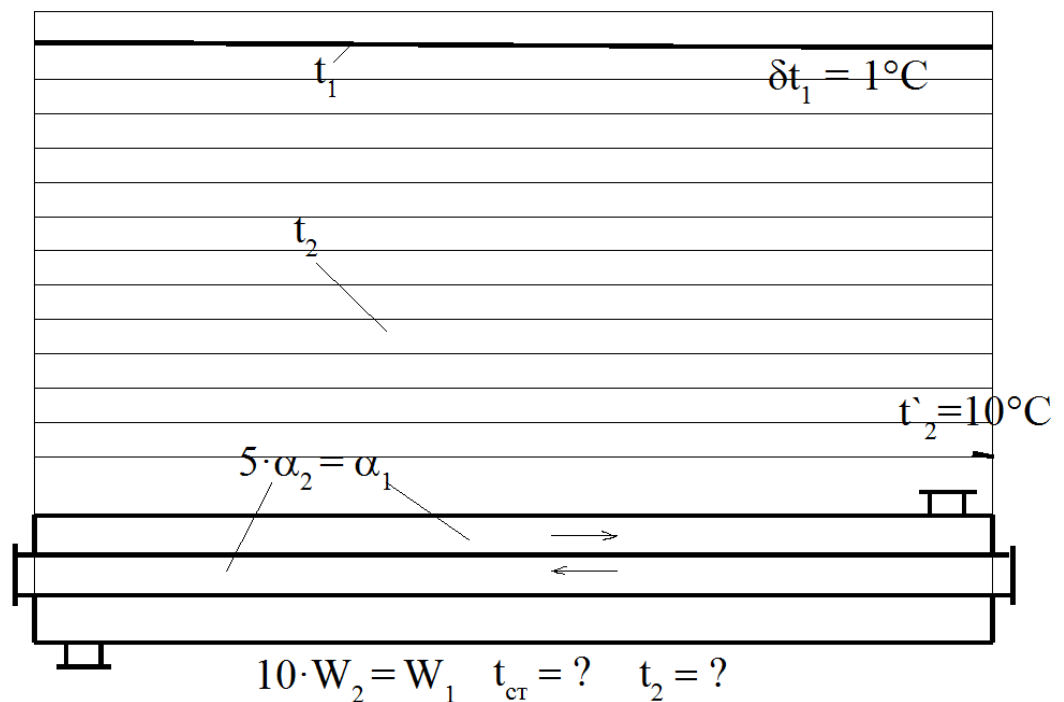
Задача №4



$$\alpha_2 = 200, \alpha_1 = 700 \text{ (Разм. -?)}, F = 1500 \text{ м}^2$$

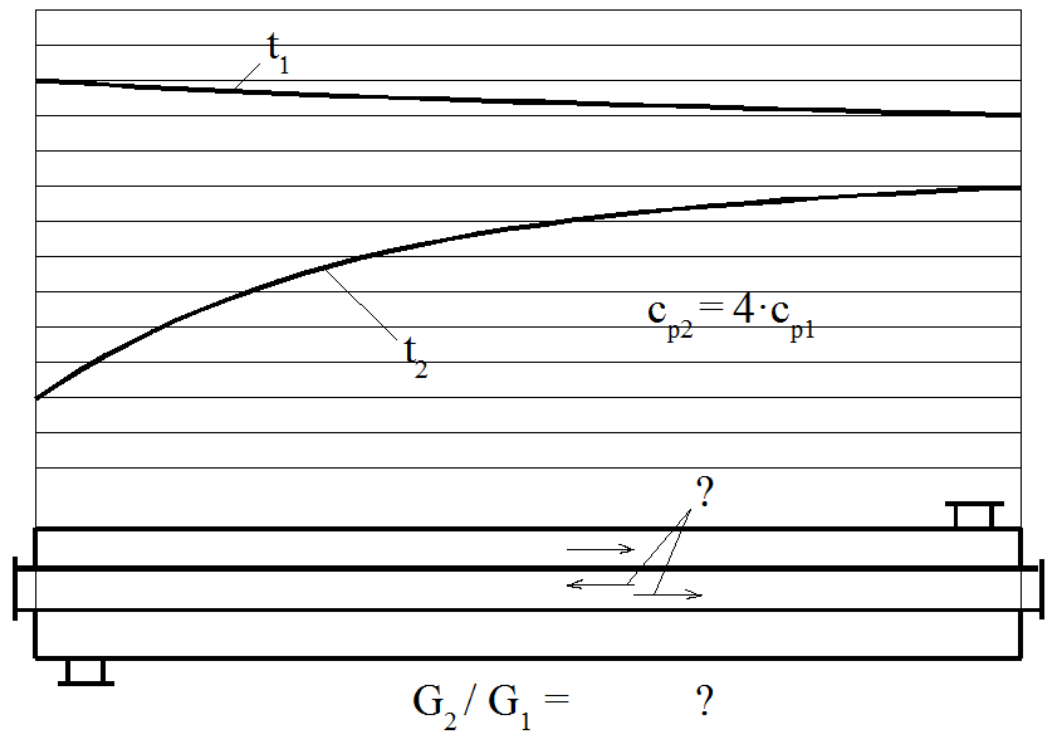
$$G_2 / G_1 = \text{?}, G_2 = \text{?}, G_1 = \text{?}$$

Задача №5

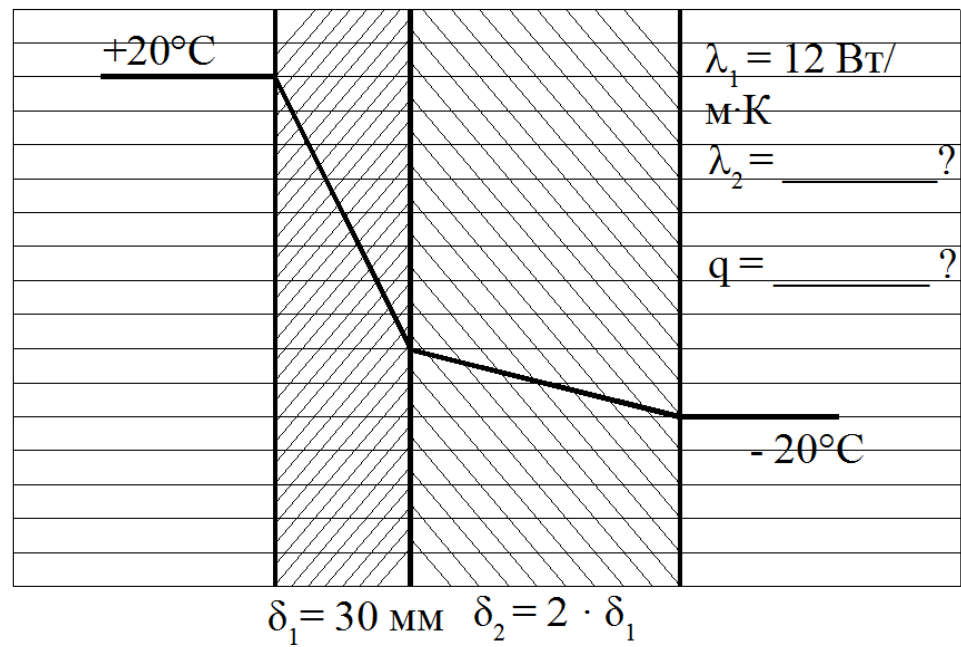


$$10 \cdot W_2 = W_1 \quad t_{\text{ст}} = ? \quad t_2 = ?$$

Задача №6



Задача №7



Задача №8

..



В трубе длиной 1,5 м и диаметром 20 мм движется вода со скоростью 1,6 м/с и температурой 10°C. Определить теплосъем с поверхности трубы, если температура стенки равна 35°C.

Принять кинематическую вязкость	-	$1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$,
теплопроводность	-	0,67 Вт/м·К,
число Прандтля	-	2,05.

Влиянием направления теплового потока на теплоотдачу пренебречь.
Толщину стенки не учитывать.

В условиях задач №9-16 и 17-24 для предлагаемых расчетных схем
изменяется набор цифровых исходных данных.

Вопросы к экзамену

1. Виды теплопереноса: теплопроводность, теплоотдача, тепловое излучение и их движущие силы. Сложный теплоперенос.
2. Температурное поле: стационарное и нестационарное; пространственное, плоское, линейное.
3. Изотермические поверхности.
4. Тепловой поток. Плотность теплового потока.
5. Градиент температурного поля.
6. Гипотеза Фурье. Теплопроводность через плоскую стенку на стационарном режиме.
7. Коэффициент теплопроводности.
8. Влияние рода материала и температуры на величину коэффициента теплопроводности.
9. Термическое сопротивление процесса теплопроводности. Изменение температурного поля в толще плоской стенки.
10. Теплопроводность через многослойную плоскую стенку. Термическое сопротивление многослойной стенки.
11. Теплопроводность через цилиндрическую стенку.
12. Линейная плотность теплового потока.
13. Теплоотдача. Гипотеза Ньютона-Рихмана.
14. Теплоотдача. Гипотеза «прилипания».
15. Пограничный слой (скоростной, температурный).
16. Дифференциальное уравнение теплоотдачи.

17. Теплоотдача при продольном течении теплоносителя внутри трубы на турбулентном режиме.

18. Влияние начального участка на средний коэффициент теплоотдачи. Длинные и короткие трубы в тепловом отношении.

19. Теплоотдача при поперечном обтекании одиночной трубы. Механизм сопротивления давления. Влияние угла атаки на теплоотдачу.

20. Теплопередача. Коэффициент теплопередачи.

20. Теплопередача. Уравнение теплопередачи.

21. Методы интенсификации процесса

22. Уравнения теплопередачи и теплового баланса.

23. Теплопередача. Водяной эквивалент. теплопередачи.

24. Прямая (проектная) и обратная (поверочная) задачи проектирования.

25. Схемы движение теплоносителя вдоль поверхности теплообмена: прямоток, противоток.

26. Изменение температуры вдоль теплообменной поверхности. Температурный напор. Способы его осреднения: арифметический и логарифмический

температурные напоры.

26. Компоновка «теплообменника труба в трубе».

27. Компоновка кожухотрубного теплообменника с продольно-обтекаемым трубным пучком.

28. Компоновка кожухотрубного теплообменника с поперечно-обтекаемым трубным пучком.

29. Компоновка многоходового кожухотрубного теплообменника.

30. Оребрение как метод интенсификации теплопереноса. Коэффициент оребрения.

31. Оребрение. К.П.Д. ребра.

32. Приведенный коэффициент теплоотдачи.

33. Основы теории подобия тепловых процессов.

Геометрическое, кинематическое, гидродинамическое подобие.

34. Определяемые и определяющие критерии подобия тепловых процессов. Понятие о характерных: размере, температуре, скорости.

35. Основы теории подобия тепловых процессов. Теоремы подобия.

36. Число подобия как безразмерный критерий.

Критерий Рейнольдса. Критерий Нуссельта.

37. Число подобия как безразмерный критерий.

Критерий Прандтля. Критерий Эйлера.

38. Число подобия как безразмерный критерий.

Критерий Пекле. Критерий Стантона.

39. Число подобия как безразмерный критерий.

Критерий Грасгофа. Критерий Релея.

40. Число подобия как безразмерный критерий.

Критерий Грасгофа. Критерий Релея.

41. Число подобия как безразмерный критерий.

Критерий Кутателадзе. Критерий Ньютона.

42. Число подобия как безразмерный критерий.
Критерий Фурье. Критерий Био.
42. Теплообмен излучением. Поверхностная плотность лучистого теплового потока.
43. Теплообмен излучением. Постоянная теплового излучения.
44. Теплообмен излучением. Степень черноты поверхности теплообмена.
45. Конвекция. Естественная и вынужденная конвекция.
46. Теплоотдача при естественной конвекции возле вертикального цилиндра.
47. Теплоотдача при естественной конвекции возле горизонтального цилиндра.
48. Физическая картина кипения. Центры парообразования. Давление в паровом пузырьке.
49. Физическая картина кипения. Пузырьковое кипение.
50. Физическая картина кипения. Пленочное кипение.
51. Физическая картина кипения. Первый кризис кипения.
52. Физическая картина кипения. Второй кризис кипения.
53. Кипение в вертикальных трубах.
54. Физическая картина конденсации.
55. Конденсация чистого неподвижного пара в большом объеме.
Задача Нуссельта.
56. Конденсация пара на вертикальной трубе.
57. Конденсация пара на горизонтальной трубе.
58. Конденсация пара на многорядном трубном пучке.
59. Межфазовый теплообмен в присутствии инертного компонента.
60. Массообмен. Законы диффузии.
61. Массообмен. Коэффициент диффузии.
62. Массообмен. Поток массы. Поверхностная плотность потока массы.
63. Массоотдача. Коэффициент массоотдачи.
64. Массоотдача. Критерии массоотдачи. Число Шмидта. Число Шервуда.
Число Льюиса-Семенова.
65. Нестационарный теплообмен. Охлаждение (нагревание тел).
66. Нестационарный теплообмен. Безразмерные координаты.
Безразмерное время. Безразмерная относительная температура.
67. Нестационарный теплообмен. Темп охлаждения (нагревания).
68. Нестационарный теплообмен. Коэффициент формы тела.
69. Нестационарный теплообмен. Коэффициент температуропроводности материала.
70. Нестационарный теплообмен. Регулярный режим остывания (нагревания) тел.

Уровень знаний, умений и навыков обучающегося при устном ответе во время промежуточной аттестации (зачёте или экзамене) определяется с использованием шкалы по следующим критериям:

Оценки «отлично» («зачтено») (максимальный уровень освоения компетенций) выставляется обучающемуся, в том случае, если он:

- продемонстрировал глубокое и прочное усвоение знаний материала;
- исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложил теоретический материал;
- правильно формулировал определения;
- продемонстрировал умение самостоятельной работы с литературой;
- сумел сделать выводы по излагаемому материалу,
- по результатам текущей аттестации имел отличную оценку.

Оценки «хорошо» («зачтено») выставляется обучающемуся, в том случае, если он продемонстрировал:

- достаточно полное знание материала; продемонстрировал знание основных теоретических понятий;
- достаточно последовательно, грамотно и логически стройно изложил материал;
- продемонстрировал умение ориентироваться в литературе;
- сумел сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу,
- по результатам текущей аттестации имел хорошую оценку.

Оценка «удовлетворительно» («зачтено») выставляется обучающемуся, в том случае, если он:

- продемонстрировал общее знание изучаемого материала;
- сумел выстроить свой ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса;
- показал общее владение понятийным аппаратом дисциплины,
- по результатам текущей аттестации имел удовлетворительную оценку.

Оценка «неудовлетворительно» («не зачтено») выставляется обучающемуся, в том случае, если он:

- продемонстрировал незнание значительной части программного материала,
- невладение понятийным аппаратом дисциплины,
- неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса;
- неумение делать выводы по излагаемому материалу;
- допустил существенные ошибки при изложении учебного материала,
- по результатам текущей аттестации имел неудовлетворительную оценку.

АННОТАЦИЯ

рабочей программы № _____
дисциплины

**Тепловые процессы в машинах и теплопередача
направление подготовки – 15.03.03 «Прикладная механика»**

**Программа академического бакалавриата
профиль – «Надёжность и безопасность машин»**

квалификация – бакалавр

Форма обучения – очная

1. Цель дисциплины – приобретение студентами знаний о видах и законах теплообмена в природе, аппаратах и агрегатах инженерных установок и систем, а также практического опыта в определении интенсивности процессов теплообмена.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП. Дисциплина включена в состав обязательных дисциплин вариативной части блока Б1 учебного плана.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:
ПК-1.

4. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы (144 часа).

5. Основные разделы дисциплины:

- Виды тепло- и массообмена.
- Основные понятия тепло- и массообмена
- Стационарная теплопроводность
- Стационарная теплоотдача (теплообмен при вынужденной конвекции)
- Основы проектирования теплообменных аппаратов
- Стационарный радиационно- конвективный теплообмен
- Экспериментальное исследование процессов теплообмена
- Тепло- и массообмен в особых условиях

6. Автор

Анисин А. К, доцент, к.т.н.

7. Рабочая программа дисциплины рассмотрена на заседании кафедры от « _____ » _____ 2018г. протокол № _____ и утверждена первым проректором по учебной работе « _____ » _____ 2018г.