

**ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

УТВЕРЖДАЮ:  
Декан факультета  
Материаловедение и  
металлургические технологии

\_\_\_\_\_ М. А. Иванов  
26.06.2017

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**к ОП ВО от 28.06.2017 №007-03-1756**

**дисциплины** ДВ.1.02.02 Закономерности развития условий тепломассообмена  
для направления 22.03.02 Metallургия  
**уровень** бакалавр **тип программы** Прикладной бакалавриат  
**профиль подготовки** Обработка металлов давлением  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Metallургическое производство

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 22.03.02 Metallургия, утверждённым приказом Минобрнауки от 04.12.2015 № 1427

Зав.кафедрой разработчика,  
к.техн.н.  
(ученая степень, ученое звание)

23.06.2017  
(подпись)

В. А. Пашнев

Разработчик программы,  
преподаватель  
(ученая степень, ученое звание,  
должность)

23.06.2017  
(подпись)

Т. Ю. Васинькина

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цели и задачи дисциплины - формирование у студентов знаний и навыков, необходимых для понимания законов и основных физико-математических моделей переноса теплоты и массы применительно к теплоустановкам; освоение основных способов и методов расчета передаваемых тепловых потоков, а также температурных полей в потоках жидкостей и газов, в элементах конструкций теплоустановок .

## Краткое содержание дисциплины

Дисциплина охватывает основные положения учения о тепломассообмене и их приложение к анализу работы теплоэнергетического оборудования. Последовательно рассматриваются элементарные виды переноса теплоты (теплопроводность, конвекция и тепловое излучение), а также процессы конвективной теплоотдачи, сложный процесс теплопередачи и основы расчета теплообменных аппаратов.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ОК-5 способностью к самоорганизации и самообразованию	Знать: научные основы организации своего труда, способы и формы повышения своей квалификации и мастерства.
	Уметь: самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии.
	Владеть: навыками применения современных информационных технологий для работы с научно-технической литературой.
ОПК-1 готовностью использовать фундаментальные общеинженерные знания	Знать: основные законы и явления тепломассообмена
	Уметь: рассчитывать и анализировать процессы тепломассообмена.
	Владеть: Навыками работы с современными программными устройствами.
ПК-4 готовностью использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы	Знать: основные закономерности процессов переноса тепла и массы
	Уметь: рассчитывать и анализировать процессы тепло- и массопереноса
	Владеть: навыками расчёта процессов конвективного тепло- и масопереноса, передачи тепла излучением и молекулярной теплопроводностью.

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.05.01 Алгебра и геометрия, Б.1.06 Физика	В.1.09 Metallургическая теплотехника

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Б.1.05.01 Алгебра и геометрия	знать и уметь применять основы дифференциального и интегрального исчисления.
Б.1.06 Физика	Знать и уметь применять основные законы физики

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108	
<i>Аудиторные занятия</i>	48	48	
Лекции (Л)	32	32	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	60	60	
Работа над вопросами для самоконтроля	20	20	
Выполнение индивидуальных расчётных заданий	30	30	
Подготовка к зачёту	10	10	
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	диф.зачет	

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Теплопроводность	14	10	4	0
2	Конвективный теплообмен	12	8	4	0
3	Теплообмен излучением	10	6	4	0
4	Массообмен	6	4	2	0
5	Теплообменные аппараты	6	4	2	0

##### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Основные положения учения о теплопроводности.	2
2	1	Теплопроводность при стационарном режиме	6
3	1	Нестационарные процессы теплопроводности.	2

4	2	Основные положения учения о конвективном теплообмене	2
5	2	Подобие и моделирование процессов конвективного теплообмена	2
6	2	Теплоотдача при различных режимах течения жидкости	4
7	3	Основные законы теплового излучения	2
8	3	Теплообмен излучением между твёрдыми телами, разделёнными прозрачными средами.	2
9	3	Теплообмен излучающих и поглощающих средах	2
10	4	Массообмен	4
11	5	Теплообменные аппараты	2
12	5	Методы теплового расчёта	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Теплопроводность	4
2	2	Конвективный теплообмен	4
3	3	Теплопроводность излучением	4
4	4	массообмен	2
5	5	расчёт теплообменных аппаратов	2

## 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

## 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Работа над вопросами для самоконтроля	ЦветковФ.Ф., Тепломассообмен. м МЭИ,2006	20
Выполнение индивидуальных расчётных заданий	примеры и задачи по тепломассообмену.СПб. Лань, 2011, Шатров М.Г. Иванов И.С. и др.. Сборник задач по теплотехнике	30
Подготовка к зачёту	ЦветковФ.Ф., Тепломассообмен. м МЭИ,2006	10

## 6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Групповая работа	Практические занятия и семинары	Работа в парах при обсуждении способов и методов решения задач	8

## Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: нет

## 7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

### 7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНы	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Все разделы	ПК-4 готовностью использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы	выполнение индивидуальных заданий	№1-7
Все разделы	ОК-5 способностью к самоорганизации и самообразованию	Проверка усвоения теоретического материала	вопросы для самоконтроля по тепломассообмену
Все разделы	ОПК-1 готовностью использовать фундаментальные общинженерные знания	Выполнение индивидуальных заданий	№1-7

### 7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
выполнение индивидуальных заданий	Проверка выполненных заданий.	Отлично: Задание выполнено полностью без ошибок. Хорошо: Задание выполнено полностью, но допущены ошибки при выполнении расчётов. Удовлетворительно: задание выполнено в объёме не менее 50% Неудовлетворительно: Задание выполнено менее.ю чем 50% объёма.

### 7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
выполнение индивидуальных заданий	Задания для самостоятельного решения Задача 1. Стенка топочной камеры имеет размеры 3x5 м <sup>2</sup> . Стенка состоит из шамотного кирпича (250 мм) и одного красного кирпича (250 мм); в промежутке между ними находится изоляционная совелитовая прокладка толщиной $\delta$ . Температура внутренней стенки $t_1$ ; температура наружной поверхности по условиям техники безопасности не должна превышать 60оС. Определить тепловой поток через стенку через 10 часов работы и экономию в процентах от применения изоляционной прослойки по сравнению со стенкой той же толщины, но выполненной из шамотного кирпича . Найти температуры на обеих поверхностях изоляционной прослойки; результаты представить графически. Коэффициенты теплопроводности: шамота $\lambda_1=1,1$ Вт/(мК), совелита $\lambda_2=0,09$ Вт/(мК), красного кирпича $\lambda_3$ . Данные для каждого варианта выбрать в таблице. параметры варианты

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

$t_1, \text{ }^\circ\text{C}$  1300 1250 1200 1150 1350 1300 1250 1200 1150 1300

$\lambda_3, \text{Вт}/(\text{мК})$  0,81 0,80 0,79 0,83 0,82 0,81 0,8 0,79 0,83 0,82

$\delta, \text{ мм}$  0,125 0,150 0,125 0,175 0,125 0,150 0,175 0,200 0,125 0,150

Задача 2. Железобетонная дымовая труба внутренним диаметром 800 мм и наружным диаметром 1300 мм должна быть футерована внутри огнеупором. Определить толщину футеровки и температуру наружной поверхности трубы из условий, чтобы тепловые потери с одного погонного метра трубы не превышала  $q_1$ , а температура внутренней поверхности трубы не должна превышать  $t_2$ . Температура внутренней поверхности футеровки  $t_1$ .

Коэффициент теплопроводности футеровки  $\lambda_1 = 0,838 + 0,001t$  Вт/(мК), коэффициент теплопроводности бетона  $\lambda_2$ .

Данные для каждого варианта выбрать в таблице.

параметры варианты

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

$t_1, \text{ }^\circ\text{C}$  410 420 425 430 440 450 460 480 520 560

$\lambda_3, \text{Вт}/(\text{мК})$  1,05 1,07 1,1 1,12 1,14 1,16 1,18 1,2 1,22 1,24

$t_2, \text{ }^\circ\text{C}$  180 190 200 210 220 230 240 250 260 270

$q_1, \text{ Вт}/\text{м}$  1800 1900 2000 2100 2200 2300 2400 2500 2600 2700

Задача 3. Стенка котла толщиной  $\delta$  и теплопроводностью  $\lambda_1 = 50$  Вт/(мК), омывается с одной стороны дымовыми газами при температуре  $t_{ж1}$ , а с другой – кипящей водой при температуре  $t_{ж2}$ . Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке  $\alpha_1$ , от стенки к воде –  $\alpha_2$ . Определить коэффициент теплопередачи от стенки к воде, плотность теплового потока и температуры поверхности стенки. Решить задачу при условии, что стенка покрылась со стороны газов слоем сажи  $\delta_c$ , а со стороны воды – слоем накипи  $\delta_n$ .

Коэффициент теплопередачи сажи  $\lambda_c = 0,08$  Вт/(мК), накипи –  $\lambda_n = 0,5$  Вт/(мК). Сравнить результаты расчётов. Определить уменьшение плотности теплового потока. Построить график распределения температур по толщине стенки.

Данные для каждого варианта выбрать в таблице.

Параметры Вариант

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

$t_{ж1}, \text{ }^\circ\text{C}$  1400 1300 1150 1500 1200 1100 1000 1200 1400 1350

$t_{ж2}, \text{ }^\circ\text{C}$  300 280 250 300 260 200 190 270 300 290

$\alpha_1, \text{ Вт}/(\text{мК})$  150 140 130 140 130 120 100 130 150 140

$\alpha_2, \text{ Вт}/(\text{мК})$  5500 5300 5200 5100 5000 4900 4800 5000 5500 5400

$\delta_c, \text{ мм}$  1,0 1,5 1,3 1,2 0,8 1,6 1,8 2,0 1,0 1,5

$\delta_n, \text{ мм}$  0,8 1,0 1,5 1,8 1,3 1,5 2,0 2,1 2,2 1,2

$\delta, \text{ мм}$  20 18 16 14 12 10 22 24 26 12

Задача 4. Внутри вертикальной стальной трубы высотой 1 м и диаметром  $d_n/d_{вн}$ , мм движется вода, температура которой  $t_1, \text{ }^\circ\text{C}$ . Скорость течения воды  $w_{ж}$  м/с. Снаружи стенка трубы охлаждается поперечным потоком воздуха с температурой  $t_2, \text{ }^\circ\text{C}$  и скоростью 5 м/с. Вычислить коэффициент теплопередачи от воды к воздуху и количество передаваемой теплоты.

Температуру стенки принять равной  $t_{ст} = t_1 - (5 \div 10)^\circ\text{C}$ .

Данные для каждого варианта выбрать в таблице.

Параметры Вариант

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

$t_1, \text{ }^\circ\text{C}$  150 140 130 120 110 100 90 80 70 60

$t_2, \text{ }^\circ\text{C}$  18 20 22 24 26 28 30 32 34 36

$d_n/d_{вн}, \text{ мм}$  32/38 32/38 32/38 28/25 28/25 28/25 28/25 25/19 25/19 25/19

$l, \text{ м}$  2,0 2,2 2,4 2,6 2,7 2,8 3,0 3,2 3,4 3,6

$w_{ж}, \text{ м}/\text{с}$  1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,2 2,3

Задача 5. Определить средний коэффициент теплоотдачи  $n$  – рядного: а) коридорного и б) шахматного пучков кипящих труб котлоагрегата,

	<p>омываемого дымовыми газами (воздухом), направление потока которых к трубам осуществляется под углом атаки <math>\varphi</math>. Скорость движения потока в узком сечении <math>w</math>, диаметр трубок <math>d</math>, средняя температура дымовых газов, омывающих пучок <math>t_{ж}</math>.</p> <p>Данные для каждого варианта выбрать в таблице.</p> <p>Параметры Вариант</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</p> <p><math>t_{ж}</math>, оС 600 700 500 450 550 600 700 500 650 550</p> <p><math>d</math>, мм 24 32 38 52 38 24 32 52 38 24</p> <p><math>n</math> 6 8 10 7 5 9 11 12 4 8</p> <p><math>\varphi</math>, град 25 30 40 25 45 35 25 50 35 40</p> <p><math>w</math>, м/с 8 10 12 14 15 8 10 6 12 15</p> <p>Задача 6. Определить удельный тепловой поток и коэффициент теплоотдачи излучения между двумя параллельно расположенными пластинами, с температурой <math>t_1</math> и <math>t_2</math> и степенью черноты <math>\epsilon_1</math> и <math>\epsilon_2</math>. Как изменится удельный тепловой поток, если между пластинами установить экран со степенью черноты <math>\epsilon_3</math>?</p> <p>Данные для каждого варианта выбрать в таблице.</p> <p>Параметры Вариант</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</p> <p><math>t_1</math>, оС 200 250 300 350 400 450 500 550 600 650</p> <p><math>t_2</math>, оС 20 30 40 50 60 50 40 30 70 50</p> <p><math>\epsilon_1</math> 0,5 0,55 0,6 0,7 0,8 0,7 0,65 0,75 0,8 0,65</p> <p><math>\epsilon_2</math> 0,6 0,65 0,7 0,75 0,6 0,5 0,85 0,65 0,7 0,5</p> <p><math>\epsilon_3</math> 0,04 0,06 0,07 0,08 0,1 0,08 0,05 0,06 0,07 0,1</p> <p>Задача 7. Выполнить тепловой расчёт пароводяного кожухотрубного теплообменника, предназначенного для нагрева <math>G_1</math> т/ч воды от температуры <math>t''_в = 10</math>оС до <math>t'_в</math>. Вода движется внутри латунных трубок диаметром <math>d_n/d_{вн} = 17/14</math> мм, коэффициент теплопроводности латуни <math>\lambda=85</math>Вт/(мК). Греющий теплоноситель – сухой насыщенный пар давлением <math>p</math> движется в межтрубном пространстве. Скорость движения воды <math>w</math> принять 1...2,5 м/с.</p> <p>Данные для каждого варианта выбрать в таблице.</p> <p>Параметры Вариант</p> <p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10</p> <p><math>t'_в</math>, оС 100 95 90 85 80 85 90 95 100 105</p> <p><math>p</math>, МПа 0,476 0,547 0,147 0,17 0,198 0,234 0,27 0,315 0,361 0,419</p> <p><math>G_1</math>, т/ч 45 50 55 60 70 75 80 85 90 70</p>
--	--

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Цветков, Ф. Ф. Тепломассообмен Текст учебник для вузов по направлению "Теплоэнергетика" Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. - М.: Издательский дом МЭИ, 2011. - 559 с. ил.
2. Сборник задач по теплотехнике Текст учеб. пособие для высш. проф. образования по направлениям подготовки бакалавров "Эксплуатация трансп. машин" и др. М. Г. Шатров и др.; под ред. М. Г. Шатрова. - М.: Академия, 2012. - 268, [1] с. ил.

#### б) дополнительная литература:

1. Теплотехника Учебник для инж.-техн. спец. вузов А. П. Баскаков и др.; Под общ. ред. А. П. Баскакова. - 2-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 223 с. ил.

2. Исаченко, В. П. Теплопередача Учебник для теплоэнерг. спец. вузов. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоиздат, 1981. - 417 с. ил.

*в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:*

*г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1. Задания для самостоятельной работы

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

2. Задания для самостоятельной работы

### **Электронная учебно-методическая документация**

Нет

### **9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса**

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)

Перечень используемых информационных справочных систем:

Нет

### **10. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции		компьютерная техника, проектор, доска