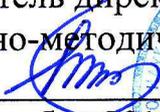


Орский гуманитарно-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Оренбургский государственный университет»  
(Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ)

Кафедра электроэнергетики и теплоэнергетики

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора  
по учебно-методической  
работе  Н.И. Тришкина  
«26» сентября 2018



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**ДИСЦИПЛИНЫ**

« Б1.Д.Б.20 Теплообмен »

Уровень высшего образования

**БАКАЛАВРИАТ**

Направление подготовки

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

(код и наименование направления подготовки)

Энергообеспечение предприятий

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Тип образовательной программы

Программа бакалавриата

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Заочная

Год начала реализации программы (набора)

2019

г. Орск 2018

**Рабочая программа дисциплины « Б1.Д.Б.20 Тепломассообмен» / сост. О.С. Ануфриенко – Орск:  
Орский гуманитарно-технологический институт (филиал) ОГУ, 2018. – 11 с.**

Рабочая программа предназначена студентам заочной формы обучения по направлению подготовки  
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

© Ануфриенко О.С., 2018  
© Орский гуманитарно-  
технологический институт  
(филиал) ОГУ, 2018

## 1 Цели и задачи освоения дисциплины

### Цель (цели) освоения дисциплины:

Целью освоения дисциплины является изучения способов тепло- и массопереноса: теплопроводности, конвекции, излучения, диффузии, сложного теплообмена для расчёта и проектирования и управления энергетическими процессами, происходящими в тепломассообменном оборудовании теплоэнергетики.

### Задачи:

- изучить теплообменные свойства рабочих тел теплотехнических установок;
- изучить методы расчета и анализа свойств теплоносителей рабочих процессов и циклов теплотехнических установок с целью управления их энергетической эффективностью.

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.19 Техническая термодинамика, Б1.Д.Б.21 Гидрогазодинамика*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.В.13 Тепломассообменное оборудование предприятий*

## 3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-3 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ОПК-3-В-3 Использует знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем ОПК-3-В-6 Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы ОПК-3-В-7 Применяет знания основ тепломассообмена в теплотехнических установках	<b>Знать:</b> – основные физические понятия, смысл величин, единицы измерения явлений тепло- и массообмена: теплопроводности, конвекции, излучения, диффузии. температурного поля, градиента температуры, теплового потока, плотности теплового потока, вектора плотности теплового потока, коэффициента теплопроводности газов, жидкостей и твердых тел. <b>Уметь:</b> – решать типовые задачи тепломассообмена; – в ходе теоретического и экспериментального исследований использовать методы математического описания, анализа и моделирования процессов тепломассообмена, применять выводы теории Нуссельта, закон Фика, теорий подобия, фазового перехода

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		<p><b>Владеть:</b></p> <p>– методиками тепломассообменных расчетов теплоэнергетических установок и оборудования: теплообмена и сопротивления при ламинарном течении в трубе, вязкостного и вязкостно-гравитационного режимов, теплообмена сжимаемого газа. теплообмена при сверхкритическом состоянии жидкостей.</p>

#### 4 Структура и содержание дисциплины

##### 4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц (216 академических часов).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	4 семестр	всего
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>216</b>	<b>216</b>
<b>Контактная работа:</b>	<b>17,25</b>	<b>17,25</b>
Лекции (Л)	8	8
Практические занятия (ПЗ)	4	4
Лабораторные работы (ЛР)	4	4
Консультации	1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>198,75</b>	<b>198,75</b>
- самостоятельное изучение разделов дисциплины;	120	120
- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий);	30	30
- подготовка к лабораторным занятиям;	5	5
- подготовка к практическим занятиям;	10	10
- подготовка к рубежному контролю и т.п.)	3,75	3,75
<b>Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)</b>	<b>экзамен</b>	

Разделы дисциплины, изучаемые в 4 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Способы теплообмена (Способы тепло- и массопереноса: теплопроводность, конвекция, излучение, диффузия. Феноменологический метод изучения явлений тепло- и массообмена)	26	1			25
2	Дифференциальное уравнение энергии (тепло-	27	1		1	25

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
	проводности)					
3	Массообмен Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена	27	1		1	25
4	Теплообмен излучением.	27	1	1		25
5	Сложный теплообмен	28	1	1	1	25
6	Основы теплообмена при фазовых превращениях.	28	1	1	1	25
7	Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении в каналах, обтекание трубы и пучка труб	27	1	1		25
8	Теплообмен излучением.	26	1			25
	Итого:	216	8	4	4	200
	Всего:	216	8	4	4	200

## 4.2 Содержание разделов дисциплины

**1 Способы теплообмена.** Способы тепло- и массопереноса: теплопроводность, конвекция, излучение, диффузия. Феноменологический метод изучения явлений тепло- и массообмена. Определение основных понятий: температурное поле, градиент температуры, тепловой поток, плотность теплового потока. Вектор плотности теплового потока. Закон (гипотеза) Фурье. Коэффициенты теплопроводности газов, жидкостей и твердых тел.

**2 Дифференциальное уравнение энергии (теплопроводности). Дифференциальное уравнение теплопроводности.** Условия однозначности.

Коэффициент температуропроводности. Закон Ньютона-Рихмана.

Перенос тепла в плоской стенке при постоянном и переменном коэффициенте теплопроводности.

Теплопередача через однослойную и многослойную цилиндрическую стенку.

Критический диаметр цилиндрической стенки. Критический диаметр тепловой изоляции.

Граничные условия уравнения теплопроводности. Температурное поле при наличии в теле источников тепла (пластина, цилиндрический стержень).

### 3 Массообмен.

Диффузия. Поток массы компонента. Вектор плотности потока массы смеси. Концентрационная диффузия. Закон Фика. Коэффициент диффузии. Термо- и бародиффузия.

### 4 Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена.

Математическое описание процесса конвективного теплообмена: дифференциальные уравнения энергии, движения, неразрывности. Физические свойства жидкостей и газов, существенные для процесса конвективного теплообмена. Классификация теплоносителей по числу Прандтля. Безразмерный вид математического описания конвективного теплообмена. Безразмерные комплексы: число Рейнольдса, число Грасгофа, число Рэлея, число Нуссельта. Теория подобия и размерности.

### 5 Теплообмен излучением. Сложный теплообмен.

Физическая природа, понятия и основные законы теплового излучения. Интегральный и спектральные характеристики энергии излучения: поток, плотность потока и интенсивность излучения. Классификация потоков излучения. Лучистый теплообмен между двумя безграничными пластинами, двумя концентрическими сферами и двумя коаксиальными цилиндрами. Основы методов расчета теплообмена излучением от излучающей и поглощающей среды к поверхностям нагрева теплообменных устройств. Закон Бугера. Поглощательная способность и степень черноты среды (продуктов сгорания)

## 6 Теплообмен при фазовых превращениях

Теплообмен при фазовых превращениях. Теплообмен при конденсации пара. Пленочная и капельная конденсация. Теория Нуссельта. Поправочные коэффициенты к теории Нуссельта по Лабунцову (на волновое течение и переменность физических свойств конденсата). Турбулентное течение пленки конденсата - расчет коэффициента теплоотдачи (формула Лабунцова). Теплообмен при конденсации пара в трубах. Теплообмен при кипении жидкостей. Кривая кипения. Пузырьковое и пленочное кипение.

## 7 Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении в каналах, обтекание трубы и пучка труб

Пограничный слой. Турбулентность. Турбулентная теплопроводность. Турбулентная вязкость. Турбулентное число Прандтля. Теплообмен и сопротивление при ламинарном и турбулентном пограничном слое на пластине. Первое начало термодинамики для течения в трубах. Местный и средний коэффициенты теплоотдачи. Теплообмен и сопротивление при ламинарном течении в трубе. Вязкостный и вязкостно-гравитационный режимы. Теплообмен сжимаемого газа. Теплообмен при сверхкритическом состоянии жидкостей.

## 8 Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении в каналах, обтекание трубы и пучка труб

Теплоотдача при вынужденном движении теплоносителя. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в каналах. Теплоотдача при турбулентном режиме. Теплоотдача при ламинарном режиме движения. Теплоотдача при поперечном обтекании труб. Поперечное обтекание пучка труб

### 4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	2	Теплопередача через однослойную и многослойную цилиндрическую стенку.	1
2	3	Исследование теплоотдачи при естественной конвекции около вертикального цилиндра в атмосфере различных газов методом имитационного моделирования процесса теплообмена	1
3	5	Исследование теплоотдачи при вынужденном движении воздуха в трубе методом имитационного моделирования процесса теплообмена	1
4	6	Теплоотдача при свободном движении жидкости около тел (пластина, труба), находящихся в неограниченном объеме жидкости.	1
		Итого:	4

### 4.4 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
-----------	-----------	------	--------------

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	4	Классификация теплоносителей по числу Прандтля.	1
2	5	Теплоотдача при течении жидких металлов.	1
3	6	Свободная конвекция в ограниченном объеме (щели, зазоры)	1
4	7	Теплообмен при кипении жидкостей. Кривая кипения.	1
		Итого:	4

#### 4.6 Самостоятельное изучение разделов дисциплины

№ раздела	№ раздела	Наименование разделов и тем для самостоятельного изучения	Кол-во часов
	1	Способы теплообмена. Способы тепло- и массопереноса: теплопроводность, конвекция, излучение, диффузия. Феноменологический метод изучения явлений тепло- и массообмена. Вектор плотности теплового потока. Закон (гипотеза) Фурье. Коэффициенты теплопроводности газов, жидкостей и твердых тел.	15
	2	Дифференциальное уравнение энергии (теплопроводности). Теплопередача через однослойную и многослойную цилиндрическую стенку. Критический диаметр цилиндрической стенки. Критический диаметр тепловой изоляции. Граничные условия уравнения теплопроводности. Температурное поле при наличии в теле источников тепла (пластина, цилиндрический стержень).	15
	3	Массообмен. Концентрационная диффузия. Закон Фика. Коэффициент диффузии. Термо- и бародиффузия.	15
	4	Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена. Классификация теплоносителей по числу Прандтля. Безразмерный вид математического описания конвективного теплообмена. Безразмерные комплексы: число Рейнольдса, число Грасгофа, число Рэлея, число Нуссельта. Теория подобия и размерности.	15
	5	Теплообмен излучением. Сложный теплообмен. Основы методов расчета теплообмена излучением от излучающей и поглощающей среды к поверхностям нагрева теплообменных устройств. Закон Бугера. Поглощательная способность и степень черноты среды (продуктов сгорания)	15
	6	Теплообмен при фазовых превращениях Турбулентное течение пленки конденсата - расчет коэффициента теплоотдачи (формула Лабунцова). Теплообмен при конденсации пара в трубах. Теплообмен при кипении жидкостей. Кривая кипения. Пузырьковое и пленочное кипение.	15
	7	Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении в каналах, обтекание трубы и пучка труб Местный и средний коэффициенты теплоотдачи. Теплообмен и сопротивление при ламинарном течении в трубе. Вязкостный и вязкостно-гравитационный режимы. Теплообмен сжимаемого газа. Теплообмен при сверхкритическом состоянии жидкостей.	15
	8	Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении в каналах, обтекание трубы и пучка труб Теплоотдача при вынужденном движении теплоносителя. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в каналах.	15
		Итого	120

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Основная литература

1. Тепломассообмен [Текст] : учебник для вузов по направлению "Теплоэнергетика" / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. - Москва : МЭИ, 2011. - 562 с. : ил. - ISBN 978-5-383-00563-7.. – книгообеспеченность 1 экз. на 1 студента.
2. Техническая термодинамика и тепломассообмен [Текст] : учебное пособие / О. С. Ануфриенко. - Орск : Изд-во Орск. гуманитар.-технол. ин-та (филиала) ОГУ, 2011. - 266 с. - Библиогр. : с. 266. - ISBN 978-5-8424-0487-2. – книгообеспеченность 1,2 экз. на 1 студента.
3. Техническая термодинамика и тепломассообмен [Электронный ресурс] : учебное пособие / О. С. Ануфриенко. - Электрон. текстовые дан. ( 1 файл: 2,82 МБ). - Орск : ОГТИ, 2011. -Adobe Acrobat Reader [http://library.ogti.orsk.ru/local/metod/metod2012\\_11\\_08.pdf](http://library.ogti.orsk.ru/local/metod/metod2012_11_08.pdf). – книгообеспеченность 1 экз. на 1 студента.
4. Цветков Ф.Ф., Тепломассообмен : учебник для вузов / Цветков Ф.Ф. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01172-0 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011720.html>. – книгообеспеченность 1 экз. на 1 студента.
5. Клименко А.В., Теплоэнергетика и теплотехника Кн. 4. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника / Клименко А.В. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. (Справочная серия "Теплоэнергетика и теплотехника") - ISBN 978-5-383-01171-3 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011713.html>. – книгообеспеченность 1 экз. на 1 студента.

### 5.2 Дополнительная литература

1. Примеры и задачи по тепломассообмену [Текст] : учебное пособие для вузов / [В. С. Логинов и др.]- 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2011. - 256 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр. : с. 251-254. - ISBN 978-5-8114-1132-0. – книгообеспеченность 0,6 экз. на 1 студента.
2. Теплотехника: учебник / под ред. В. Н. Луканина.- 3-е изд., испр.. - М. : Высш. шк., 2002. - 671 с. : ил.. - (Рек.М-вом образов.РФ) – книгообеспеченность 0,6 экз. на 1 студента.
3. Физические основы тепломассообмена [Текст] : практикум / Д. А. Гюнтер. - Орск : Изд-во ОГТИ (филиал) ОГУ, 2013. - 90 с. - ISBN 978-5-8424-0684-5. – книгообеспеченность 1,4 экз. на 1 студента.
3. Тепломассообмен [Текст] : учебное пособие для вузов по направлению "Теплоэнергетика и теплотехника" / А. А. Кудинов. - Москва : Инфра-М, 2012. - 375 с. - (Высшее образование) - ISBN 978-5-16-004729-4. - книгообеспеченность 0,66 экз. на 1 студента
3. Теплотехника: учебник / под ред. В. Н. Луканина.- 3-е изд., испр.. - М. : Высш. шк., 2002. - 671 с. : ил.. - (Рек.М-вом образов.РФ) – книгообеспеченность 1 экз. на 1 студента.

### 5.3 Периодические издания

«Промышленная энергетика» – журнал

### 5.4 Интернет-ресурсы

#### 5.4.1. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Библиотека Гумер - <https://www.gumer.info/> Доступ свободный.
2. Научная библиотека - <http://niv.ru/> Доступ свободный
3. eLIBRARY.RU - [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) Доступ свободный. Необходима индивидуальная регистрация в локальной сети вуза.

4. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/> Доступ свободный

5. Infolio - Университетская электронная библиотека – <http://www.infoliolib.info/>

#### 5.4.2. Тематические профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Фундаментальная электронная библиотека – <https://www.teplota.org.ua/>
2. Теплота, всё для теплоэнергетика – <https://www.teplota.org.ua/>
3. Информационный портал РосТепло.ру - всё о теплоснабжении в России – <https://www.rosteplo.ru/>
4. Ассоциация инженеров АВОК – <https://www.abok.ru/>
5. Справочник теплоэнергетика – <https://www.c-o-k.ru/library/document/13100>
6. Энергетический интернет-портал – <https://rusenergetics.ru/avtomatika/askue>

#### 5.4.3. Электронные библиотечные системы

ЭБС «Университетская библиотека онлайн» – <http://www.biblioclub.ru/> После регистрации доступ возможен из любой точки сети Интернет.

ЭБС «Лань» – <http://e.lanbook.com/> После регистрации доступ возможен из любой точки сети Интернет.

#### 5.4.4. Дополнительные интернет-ресурсы

1. <https://www.tacis-dipol.ru/presentations/> – Диполь, профессиональный разработчик электронных курсов
2. <https://vse-zadachi.ru/teplomassoobmen> – Задачи по тепломассообмену
3. <https://planetcalc.ru/7129/> – Решение задач на теплообмен с использованием уравнения теплового баланса
4. [http://ispu.ru/files/u2/Teplomassoobmen\\_Uchebnoe\\_posobie\\_dlya\\_bakalavrov.pdf](http://ispu.ru/files/u2/Teplomassoobmen_Uchebnoe_posobie_dlya_bakalavrov.pdf)  
Бухмиров В.В./Учебное пособие для бакалавров “Тепломассообмен”, Иваново 2014

#### 5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Тип программного обеспечения	Наименование	Схема лицензирования, режим доступа
Операционная система	Microsoft Windows	Подписка Enrollment for Education Solutions (EES) по государственному контракту
Офисный пакет	Microsoft Office	№ 5Д/18 от 13.06.2018 г.
Интернет-браузер	Google Chrome	Бесплатное ПО, <a href="http://www.google.com/intl/ru/policies/terms/">http://www.google.com/intl/ru/policies/terms/</a>
	Яндекс.Браузер	Бесплатное ПО, <a href="https://yandex.ru/legal/browser_agreement/">https://yandex.ru/legal/browser_agreement/</a>
Мультимедийный плеер	Windows Media Player	Является компонентом операционной системы Microsoft Windows
Комплекс программ для создания тестов, организации онлайн тестирования и предоставления доступа к учебным материалам	SunRav WEB Class	Лицензионный сертификат от 12.02.2014 г., сетевой доступ через интернет-браузер к корпоративному portalу <a href="http://sunrav.og-ti.ru/">http://sunrav.og-ti.ru/</a>
Просмотр и печать файлов в формате PDF	Adobe Reader	Бесплатное ПО, <a href="http://www.adobe.com/ru/legal/terms.html">http://www.adobe.com/ru/legal/terms.html</a>
Система автоматизированного проектирования	КОМПАС-3D	Лицензия по государственному контракту № 20/11 от 07.06.2011 г., сетевой конкурентный доступ

Тип программного обеспечения	Наименование	Схема лицензирования, режим доступа
Пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений	MATLAB	Образовательная лицензия по государственному контракту № 20/10 от 29.06.2010 г., сетевой конкурентный доступ

## 6 Материально-техническое обеспечение практики

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети «Интернет», и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Орского гуманитарно-технологического института (филиала) ОГУ. (ауд.№4-307)

Для проведения занятий лекционного типа используются следующие наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядные пособия:

- презентации к курсу лекций;
- комплект обучающих видеофильмов.

Наименование помещения	Материальное-техническое обеспечение
Учебные аудитории: - для групповых и индивидуальных консультаций; - для текущего контроля и промежуточной аттестации	Учебная мебель, классная доска, мультимедийное оборудование (проектор, экран, ноутбук с выходом в сеть «Интернет»)
Учебная аудитория для проведения лабораторных работ № 4-214	Комплект учебного лабораторного оборудования «Теплотехника и термодинамика»
Компьютерный класс	Учебная мебель, компьютеры (9) с выходом в сеть «Интернет», проектор, экран, лицензионное программное обеспечение
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Учебная мебель, компьютеры (3) с выходом в сеть «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Орского гуманитарно-технологического института (филиала) ОГУ, программное обеспечение

