

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИТТСУ

П.Ф. Бестемьянов

21 мая 2019 г.

Кафедра «Теплоэнергетика железнодорожного транспорта»

Автор Минаев Борис Николаевич, д.т.н., профессор

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Специальные вопросы тепломассообмена**

Направление подготовки:	<u>13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника</u>
Профиль:	<u>Промышленная теплоэнергетика</u>
Квалификация выпускника:	<u>Бакалавр</u>
Форма обучения:	<u>очная</u>
Год начала подготовки	<u>2016</u>

Одобрено на заседании Учебно-методической комиссии института Протокол № 9 20 мая 2019 г. Председатель учебно-методической комиссии  С.В. Володин	Одобрено на заседании кафедры  Протокол № 10 15 мая 2019 г. И.о. заведующего кафедрой  Ф.А. Поливода
---	--

Москва 2019 г.

## **1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целью освоения учебной дисциплины "Специальные вопросы тепломассообмена" является получение дополнительных сведений к основным разделам учебной дисциплины "Тепломассообмен" для более углубленного формирования в процессе подготовки.

## **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО**

Учебная дисциплина "Специальные вопросы теплообмена" относится к блоку 1 "Дисциплины (модули)" и входит в его вариативную часть.

### **2.1. Наименования предшествующих дисциплин**

Для изучения данной дисциплины необходимы следующие знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

#### **2.1.1. Математика:**

Знания: основные понятия и методы математического анализа, аналитической геометрии и линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, гармонического анализа, основы теории вероятности

Умения: приобретать новые математические и естественнонаучные знания, использовать современные образовательные и информационные технологии

Навыки: владения методами математического описания физических явлений и процессов, определяющих принципы работы различных технических устройств и численными методами решения теплотехнических задач

#### **2.1.2. Техническая термодинамика:**

Знания: основных закономерностей классической термодинамики и ее технических приложений

Умения: использовать эти знания для восприятия новой информации, соответствующей особенностям применения закономерностей классической термодинамики для решения технических задач

Навыки: Владеть знаниями и умениями достаточными для постановки цели и выбора путей решения практических задач в области теплоэнергетики

#### **2.1.3. Физика:**

Знания: студент должен знать смысл основных физических явлений, фундаментальных понятий; законы классической и современной физики

Умения: применять полученные знания при изучении теплотехнических дисциплин и решении практических задач теплоэнергетического профиля

Навыки: владение методами физического эксперимента и обработки экспериментальных данных

### **2.2. Наименование последующих дисциплин**

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения дисциплины студент должен:

№ п/п	Код и название компетенции	Ожидаемые результаты
1	ОК-7 способностью к самоорганизации и самообразованию	<p>Знать и понимать: современный уровень решения проблем тепло-и массообмена в стране и за рубежом на базе имеющейся научно-технической информации</p> <p>Уметь: анализировать информацию, полученную на основании отечественного и зарубежного опыта</p> <p>Владеть: Владеть знаниями и умениями, необходимыми для получения, систематизации и анализа научно-технической информации</p>
2	ПК-4 способностью к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата	<p>Знать и понимать: методы и требования, соответствующие задачам проведения эксперимента по заданной методике</p> <p>Уметь: самостоятельно разработать методику проведения эксперимента</p> <p>Владеть: знаниями и умениями, необходимыми для анализа полученных результатов, в том числе с привлечением соответствующего математического аппарата</p>
3	ОПК-2 способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	<p>Знать и понимать: физические основы закономерностей тепло-и массопереноса для выявления сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности.</p> <p>Уметь: применять эти знания для выбора оптимального физико-математического аппарата, свойственного решению соответствующей проблемы</p> <p>Владеть: знаниями и умениями для решения проблем, связанных с профессиональной деятельностью</p>

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ И АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСАХ

##### 4.1. Общая трудоемкость дисциплины составляет:

4 зачетные единицы (144 ак. ч.).

##### 4.2. Распределение объема учебной дисциплины на контактную работу с преподавателем и самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Количество часов	
	Всего по учебному плану	Семестр 6
Контактная работа	95	95,15
Аудиторные занятия (всего):	95	95
В том числе:		
лекции (Л)	36	36
практические (ПЗ) и семинарские (С)	36	36
лабораторные работы (ЛР)(лабораторный практикум) (ЛП)	18	18
Контроль самостоятельной работы (КСР)	5	5
Самостоятельная работа (всего)	49	49
ОБЩАЯ трудоемкость дисциплины, часы:	144	144
ОБЩАЯ трудоемкость дисциплины, зач.ед.:	4.0	4.0
Текущий контроль успеваемости (количество и вид текущего контроля)	ПК1, ПК2	ПК1, ПК2
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	ЗаО	ЗаО

### 4.3. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме						Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	6	Тема 1 1. Теплопроводность веществ. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности	4		4/2		5	13/2	
2	6	Тема 2 2. Нестационарные процессы теплопроводности	4		4/2	1	6	15/2	
3	6	Тема 3 3. Исследование процессов теплопроводности методом аналогии. Численные методы решения задач теплопроводности	4	4/2	4/2		6	18/4	
4	6	Тема 4 4. Критерии подобия и уравнения подобия конвективного теплообмена	4		4/2		5	13/2	ПК1, Тесты
5	6	Тема 5 5. Конвективный теплообмена при ламинарном течении в гладких трубах с поперечными сечениями произвольной формы	4	2/1	4/2		5	15/3	
6	6	Тема 6 6. Конвективный теплообмен при турбулентном течении жидкости в гладких трубах с поперечными сечениями произвольной формы. Теплообмен при поперечном обтекании труб	4		4/2	2	5	15/2	
7	6	Тема 7	4	4/2	4/2		6	18/4	ПК2,

№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме						Формы текущего контроля успеваемости и промежу- точной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		7. Основы теплового расчета рекуперативных и регенеративных теплообменников							Тесты
8	6	Тема 8 8. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния вещества (кипение, конденсация)	4	4/2	4/2	2	6	20/4	
9	6	Тема 9 9. Радиационный теплообмен в излучающих и поглощающих средах	4	4/2	4/2		5	17/4	
10		Всего:	36	18/9	36/18	5	49	144/27	

#### 4.4. Лабораторные работы / практические занятия

Практические занятия предусмотрены в объеме 36 ак. ч.

№ п/п	№ семестра	Тема (раздел) учебной дисциплины	Наименование занятий	Всего часов/ из них часов в интерактивной форме
1	2	3	4	5
1	6	Тема: 1. Теплопроводность веществ. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности	1. Зависимость от температуры и давления теплофизических параметров газообразных, жидких и твердых веществ. 2. Решения стационарного уравнения теплопроводности для плоской плиты и цилиндрической стенки без наличия и при наличии источников тепловыделений	4 / 2
2	6	Тема: 2. Нестационарные процессы теплопроводности	1. Особенности решения нестационарного уравнения теплопроводности для плоской плиты. 2. Регулярный режим теплопроводности	4 / 2
3	6	Тема: 3. Исследование процессов теплопроводности методом аналогии. Численные методы решения задач теплопроводности	1. Методы экспериментального исследования процессов теплопроводности. 2. Численные методы решения задач теплопроводности при граничных условиях первого рода	4 / 2
4	6	Тема: 4. Критерии подобия и уравнения подобия конвективного теплообмена	1. Основы теории подобия. 2. Условия подобия физических процессов, физический смысл критериев подобия	4 / 2
5	6	Тема: 5. Конвективный теплообмен при ламинарном течении в гладких трубах с поперечными сечениями произвольной формы	1. Особенности ламинарного движения и сопротивление в гладких трубах. 2. Критериальные отношения конвективного теплообмена при ламинарном течении жидкости в трубах с учетом влияния свободной конвекции	4 / 2
6	6	Тема: 6. Конвективный теплообмен при турбулентном течении жидкости в гладких трубах с поперечными сечениями произвольной формы. Теплообмен при поперечном обтекании труб	1. Особенности турбулентного движения и сопротивление в гладких трубах. 2. Критериальные соотношения конвективного теплообмена при турбулентном течении жидкости в трубах и поперечном обтекании пучков труб	4 / 2
7	6	Тема: 7. Основы теплового расчета рекуперативных и регенеративных теплообменников	1. Конструкции рекуперативных теплообменников. 2. Методики теплового расчета рекуперативных, а также регенеративных теплообменников. Показатели эффективности теплогидравлических процессов в теплообменниках	4 / 2



№ п/п	№ семестра	Тема (раздел) учебной дисциплины	Наименование занятий	Всего часов/ из них часов в интерактивной форме
1	2	3	4	5
8	6	Тема: 8. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния вещества (кипение, конденсация)	1. Теплоотдача при пузырьковом кипении жидкости. 2. Теплообмен при пленочной конденсации пара	4 / 2
9	6	Тема: 9. Радиационный теплообмен в излучающих и поглощающих средах	1. Расчет лучистого теплообмена между двумя плоскостями конечных размеров произвольно расположенных в пространстве. 2. Методы исследования процессов лучистого теплообмена	4 / 2
ВСЕГО:				36 / 18

Лабораторные работы предусмотрены в объеме 18 ак. ч.

№ п/п	№ семестра	Тема (раздел) учебной дисциплины	Наименование занятий	Всего часов/ из них часов в интерактивной форме
1	2	3	4	5
1	6	Тема: 3. Исследование процессов теплопроводности методом аналогии. Численные методы решения задач теплопроводности	Определение коэффициентов теплопроводности материалов. Теплопроводность цилиндрического слоя	4 / 2
2	6	Тема: 5. Конвективный теплообмен при ламинарном течении в гладких трубах с поперечными сечениями произвольной формы	Определение коэффициента теплопередачи теплообменного аппарата	2 / 1
3	6	Тема: 7. Основы теплового расчета рекуперативных и регенеративных теплообменников	Определение коэффициентов теплоотдачи при свободной конвекции	4 / 2
4	6	Тема: 8. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния вещества (кипение, конденсация)	Определение коэффициентов теплоотдачи при кипении воды	4 / 2
5	6	Тема: 9. Радиационный теплообмен в излучающих и поглощающих средах	Определение коэффициента излучения твердого тела	2 / 1
6	6	Тема: 9. Радиационный теплообмен в излучающих и поглощающих средах	Определение коэффициента поглощения лучистой энергии оптически плотной средой	2 / 1
ВСЕГО:				36 / 18

#### **4.5. Примерная тематика курсовых проектов (работ)**

теплопроводность при наличии внутренних источников теплоты;  
нестационарная теплопроводность;  
конвективный теплообмен в каналах и пучках труб;  
теплообмен при кипении жидкостей в трубах при наличии вынужденного движения;  
конвективный теплообмен при пленочной конденсации;  
теплообмен излучением между телами, разделенными прозрачной средой;  
сложный теплообмен между телами, разделенными лучепоглощающей средой;  
массопроводность в капиллярно-пористом материале.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В процессе обучения должны использоваться интерактивные формы проведения занятий, связанные с обсуждением теплофизических проблем дисциплины «Тепломассообмен» и применением закономерностей тепло- и массопереноса к решению практических задач специальности.

В соответствии с учебным планом объем интерактивной формы обучения соответствует следующему количеству часов: в пятом семестре – 18 часов.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

№ п/п	№ семестра	Тема (раздел) учебной дисциплины	Вид самостоятельной работы студента. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы	Всего часов
1	2	3	4	5
1	6	Тема 1: 1. Теплопроводность веществ. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности	Решения стационарного уравнения теплопроводности. 1. Подготовка к практическим занятиям. 2. Изучение учебной литературы из приведенных источников /1, 2, 3, 6/	5
2	6	Тема 2: 2. Нестационарные процессы теплопроводности	Нестационарные процессы теплопроводности. 1. Подготовка к практическим занятиям. 2. Изучение учебной литературы из приведенных источников /1, 2, 3, 6/	6
3	6	Тема 3: 3. Исследование процессов теплопроводности методом аналогии. Численные методы решения задач теплопроводности	Численные методы решения задач теплопроводности. 1. Подготовка к практическим занятиям. 2. Изучение учебной литературы из приведенных источников /1, 2/	6
4	6	Тема 4: 4. Критерии подобия и уравнения подобия конвективного теплообмена	Основы теории подобия. 1. Подготовка к практическим занятиям. 2. Изучение учебной литературы из приведенных источников / 3 /	5
5	6	Тема 5: 5. Конвективный теплообмена при ламинарном течении в гладких трубах с поперечными сечениями произвольной формы	Теплообмен и сопротивление при ламинарном движении жидкости в трубах. 1. Подготовка к практическим занятиям. 2. Изучение учебной литературы из приведенных источников / 3 /	5
6	6	Тема 6: 6. Конвективный теплообмен при турбулентном течении жидкости в гладких трубах с поперечными сечениями произвольной формы. Теплообмен при поперечном обтекании труб	Теплообмен и сопротивление при турбулентном движении жидкости в трубах. 1. Подготовка к практическим занятиям. 2. Изучение учебной литературы из приведенных источников / 3 /	5
7	6	Тема 7: 7. Основы теплового расчета рекуперативных и регенеративных теплообменников	Тепловой расчет рекуперативных и регенеративных теплообменников. 1. Подготовка к практическим занятиям. 2. Изучение учебной литературы из приведенных источников /1, 2, 3, 4/	6
8	6	Тема 8: 8.	Теплоотдача при изменении агрегатного	6

		Теплоотдача при изменении агрегатного состояния вещества (кипение, конденсация)	состояния жидкости. 1. Подготовка к практическим занятиям. 2. Изучение учебной литературы из приведенных источников /1, 2, 3/	
9	6	Тема 9: 9. Радиационный теплообмен в излучающих и поглощающих средах	Теплообмен излучением. 1. Подготовка к практическим занятиям. 2. Изучение учебной литературы из приведенных источников /3, 6/	5
ВСЕГО:				49

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 7.1. Основная литература

№ п/п	Наименование	Автор (ы)	Год и место издания Место доступа	Используется при изучении разделов, номера страниц
1	Тепломассообмен: учебное пособие для вузов/3-е изд., стереот.	Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А	М.: Издательский дом МЭИ, 2006	Раздел 1 – 10 – все стр.
2	Задачник по тепломассообмену: учебное пособие для вузов/3-е изд., стереот	Цветков Ф.Ф., Керимов Р.В., Величко В.И.	М.: Издательский дом МЭИ, 2010	Раздел 1 – 10 – все стр.
3	Теплоэнергетика железнодорожного транспорта: Учебное пособие	Минаев Б.Н.	М.: ФГБОУ, 2013	Раздел 1-10 – стр. 98-256
4	Теплотехника на подвижном составе железных до-рог: Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта.	Киселёв И.Г.	М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2008	Все разделы
5	Методические указания к лабораторным работам по дисциплинам «Теплотехника», «Термодинамика и теплопередача»	Воронова Л.А., Гусев Г.Б., Костин А.В.	М.: МИИТ, 2011	Раздел 1 – 10 – все стр.
6	Термодинамика и тепломассообмен (основы теории, задачи и расчётные соотношения): учебное пособие	Минаев Б.Н., Костин А.В., Воронова Л.А.	М.: МИИТ, 2013	Все разделы
7	Термодинамика и тепломассообмен (основы теории, задачи и расчётные соотношения): учебное пособие	Минаев Б.Н., Костин А.В., Воронова Л.А.	М.: МИИТ, 2013	Разделы 1-10 – стр. 30-67

### 7.2. Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Автор (ы)	Год и место издания Место доступа	Используется при изучении разделов, номера страниц
8	Теплопередача	Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С.	М.: Энергия, 1975	Раздел 1 – 10 – все стр.
9	Теплопередача	Юдаев Б.Н.	М.: Высшая школа, 1973	Раздел 1 – 10 – все стр
10	Конвективный тепло- и массообмен	Кэйс В.М..	М.; Энергия, 1972	Все разделы
11	Теплообмен и сопротивление при ламинарном течении жидкости в трубах.	Петухов Б.С.	М.: Энергия, 1976	Все разделы
12	Теория тепломассобмена	Леонтьев А.И.	М.: Высшая школа, 1979	Все разделы
13	Термодинамика и теплопередача. Методические	Минаев Б.Н., Кос-тин А.В., Фроликов И.И.,	М.: МИИТ, 2015	Разделы 1-10 – стр. 18-25

	указания к курсовому проектированию	Воронова Л.А.		
14	Теоретические основы теплотехники	Конаков П.К.	М.: Гострансиздат, 1957	Раздел 1 – 10 – все стр.
15	Теория тепло- и массообмена.	Эккерт Э.Р., Дрейк Р.М.	М.: Госэнергоиздат, 1961	Все разделы
16	Гидрогазодинамика и теплообмен при парообразовании	Кутепов А.М., Стерман Л.С., Стюшин Н.Г.	М.: Высшая школа, 1986	Все разделы
17	Задачник по теплопередаче	Краснощёков К.А., Сукомел А.С.	М.: Энергия, 1975	Раздел 1 – 10 – все стр.

## **8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

1. <http://library.miit.ru/> - электронно-библиотечная система Научно-технической библиотеки МИИТ.
2. <http://rzd.ru/> - сайт ОАО «РЖД».
3. <http://elibrary.ru/> - научно-электронная библиотека.
4. Поисковые системы: Yandex, Google, Mail.

## **9. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

При проведении учебных занятий по дисциплине «Тепломассообмен» используются возможности программного обеспечения Microsoft Office

## **10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

Основная лекционная аудитория, а также помещения лабораторий кафедры ТЖТ оборудованы мультимедийными комплексами. Кафедра располагает материально-технической базой, необходимой для проведения лабораторных работ по дисциплине «Тепломассообмен».

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рекомендуется иметь конспект лекций. С помощью основной и дополнительной литературы получить достаточный объем знаний, необходимый для расчета тепломассообменных процессов в теплоэнергетических установках и системах. Для подготовки к практическим занятиям следует воспользоваться конспектом лекций, а также информацией из рекомендованных литературных источников, уделив особое внимание физическим основам рассматриваемой дисциплины. Дополнительные сведения можно получить с использованием интернет-ресурсов.