

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>2017</u>

<p style="text-align: center;">Одобрено на заседании Учебно-методической комиссии института Протокол № 9 20 мая 2019 г. Председатель учебно-методической комиссии</p>  <p style="text-align: right;">С.В. Володин</p>	<p style="text-align: center;">Одобрено на заседании кафедры</p> <p>Протокол № 10 15 мая 2019 г. И.о. заведующего кафедрой</p>  <p style="text-align: right;">Ф.А. Поливода</p>
--	---

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	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>
3	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>

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

4.1. Общая трудоемкость дисциплины составляет:

4 зачетных единиц (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	70	70,15
Аудиторные занятия (всего):	70	70
В том числе:		
лекции (Л)	28	28
практические (ПЗ) и семинарские (С)	28	28
лабораторные работы (ЛР)(лабораторный практикум) (ЛП)	14	14
Самостоятельная работа (всего)	74	74
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/ТП	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	2		2/2		8	12/2	
2	6	Тема 2 2. Нестационарные процессы теплопроводности	2		2/2		8	12/2	
3	6	Тема 3 3. Исследование процессов теплопроводности методом аналогии. Численные методы решения задач теплопроводности	2	2/2	2/2		8	14/4	
4	6	Тема 4 4. Критерии подобия и уравнения подобия конвективного теплообмена	2		4/2		8	14/2	ПК1, Тесты
5	6	Тема 5 5. Конвективный теплообмена при ламинарном течении в гладких трубах с поперечными сечениями произвольной формы	4	2/1	2/2		8	16/3	
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		8	16/2	
7	6	Тема 7	4	2/2	4/2		9	19/4	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/ТП	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		9	21/4	
9	6	Тема 9 9. Радиационный теплообмен в излучающих и поглощающих средах	4	4/2	4/2		8	20/4	
10		Всего:	28	14/9	28/18		74	144/27	

4.4. Лабораторные работы / практические занятия

Практические занятия предусмотрены в объеме 28 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	2 / 2
2	6	Тема: 2. Нестационарные процессы теплопроводности	1. Особенности решения нестационарного уравнения теплопроводности для плоской плиты. 2. Регулярный режим теплопроводности	2 / 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	2 / 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	2 / 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:				28/18

Лабораторные работы предусмотрены в объеме 14 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	2 / 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	2 / 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:				14/9

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 «Специальные вопросы тепломассообмена» и приложением 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/	8
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/	8
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/	8
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 /	8
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 /	8
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 /	8
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/	9
8	6	Тема 8: 8.	Теплоотдача при изменении агрегатного	9

		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/	8
ВСЕГО:				74

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, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

При проведении учебных занятий по дисциплине «Специальные вопросы тепломассообмена» 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 «Специальные вопросы тепломассообмена».

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 ус-тановках 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 использо-ванием интернет-ресурсов.