

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИММ

УТВЕРЖДАЮ /Н.П. Сютлов/
(Ф.И.О. декана (директора института))

30.06.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б.1.1.21 Тепломассообмен

(код и наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки
(специальность)

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Квалификация выпускника

Бакалавр

(бакалавр/магистр/специалист)

Направленность

Промышленная теплоэнергетика

Курс 2, 3

Семестр 4, 5, 6

Распределение учебного времени

Трудоемкость по учебному плану	288 / 8	часов/зачетных единиц
Лекции	4	часов
Лабораторные работы	4	часов
Практические занятия	6	часов
Иная контактная работа	-	часов
Всего контактной работы (без учета экз.)	14	часов
Контактная работа по экзамену	6	часов
Курсовой проект (работа)	5	семестр
Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.)	238	часов
Самостоятельная работа по подготовке к экзамену	30	часов
Экзамен	6	семестр
Зачет	5	семестр
БРК, ДЗ	-	семестр

(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Программу составили:

заведующий кафедрой с ученой степенью кандидата наук	ЭП	СОГЛАСОВАНО	А.А. Медяков
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании кафедры, за которой закреплена дисциплина
Кафедра "Энергообеспечение предприятий"

05.03.2021	протокол №	6
(дата)		

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	А.А. Медяков
		(И.О. Фамилия)

Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом (институтом), выпускающей(ими)
кафедрой(ами).

СООТВЕТСТВУЕТ действующей ОП.

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	А.А. Медяков
		(И.О. Фамилия)

Председатель методической комиссии факультета (института), в который входит
выпускающая кафедра

СОГЛАСОВАНО	А.А. Медяков
	(И.О. Фамилия)

Эксперт(ы): Фадеев Александр Алерьевич, технический директор-главный инженер
Йошкар-Олинской ТЭЦ-2 Филиала Марий Эл и Чувашия ПАО "Т Плюс"

Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 01.07.2021 г.

Специалист учебно-методического центра СОГЛАСОВАНО /Т.А. Смирнова/

Раздел 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение планируемых результатов обучения, соответствующих установленным в ОПОП индикаторам достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
1. ОПК-3 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ОПК-3.3 Использует знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем	знания: Знает теплофизические свойства рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем умения: Умеет использовать теплофизические свойства рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем навыки: Имеет навыки использования теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем
	ОПК-3.6 Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы	знания: Знает основные законы и способы переноса теплоты и массы умения: Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы навыки: Имеет навыки использования основных законов и способов переноса теплоты и массы
	ОПК-3.7 Применяет знания основ тепломассообмена в теплотехнических установках	знания: Знает основы тепломассообмена в теплотехнических установках умения: Умеет применять основы тепломассообмена в теплотехнических установках навыки: Имеет навыки применения основ тепломассообмена в теплотехнических установках

Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к обязательной части ОПОП.

Дисциплина является обязательной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих дисциплин: Гидрогазодинамика (ОПК-3), Техническая термодинамика (ОПК-3); практик: Учебная практика. Ознакомительная практика (ОПК-3)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих государственной итоговой аттестации в форме: Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ОПК-3)

Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для формирования заявленных компетенций используются методологические технологии, реализующие деятельностный, личностно-ориентированный, практико-ориентированный подходы.

Основными стратегическими технологиями являются: дискуссионные, лекционные занятия, практические и лабораторные занятия, процедуры самообучения

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: задания, информационные, классическая лекция

Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
Основные положения учения о теплопроводности. Стационарные и нестационарные процессы теплопроводности	36	ОПК-3
Лекция. Циклы для совместного получения тепла и холода. Тепловой поток. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности.	1	
Практическое занятие. Циклы для совместного получения тепла и холода. Тепловой поток. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности	1	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Проработка лекционного материала по конспекту и подготовка к практическим занятиям. Работа на электронном курсе.	34	
Передача теплоты через различные виды стенок	36	ОПК-3
Лекция. Передача теплоты через различные виды стенок. Определение количества теплоты, отданного пластиной в процессе охлаждения. Методы решения задач.	1	
Практическое занятие. Передача теплоты через различные виды стенок. Определение количества теплоты, отданного пластиной в процессе охлаждения. Методы решения задач.	1	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение Проработка лекционного материала по конспекту и подготовка к практическим занятиям. Работа на электронном курсе.	34	
Иная контактная работа: консультации	0	

5 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
Конвекция	15	ОПК-3
Лекция. Основные положения учения о конвективном теплообмене. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Определение теплового потока по балансу энергии жидкости. Подobie и моделирование процессов конвективного теплообмена. Общие вопросы обработки результатов измерения и расчета конвективной теплоотдачи. Получение эмпирических формул. Интегральные уравнения пограничного слоя. Теплоотдача при свободном движении жидкости в большом объеме. Теплоотдача в жидких металлах, разреженных газах.	1	
Лабораторная работа. Исследование теплоотдачи горизонтальной трубы при свободном движении воздуха. Исследование теплоотдачи горизонтальной трубы при вынужденном движении воздуха в трубе.	2	
Практическое занятие. Основные положения учения о	1	

конвективном теплообмене. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Определение теплового потока по балансу энергии жидкости. Подobie и моделирование процессов конвективного теплообмена. Общие вопросы обработки результатов измерения и расчета конвективной теплоотдачи. Получение эмпирических формул. Интегральные уравнения пограничного слоя. Теплоотдача при свободном движении жидкости в большом объеме. Теплоотдача в жидких металлах, разреженных газах.		
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение курсового проекта/работы Проработка лекционного материала по конспекту и подготовка к практическим и лабораторным занятиям. Выполнение курсового проекта выполнение курсового проекта/работы	11 40	
Тепломассообменные аппараты	13	ОПК-3
Лекция. Классификация теплообменных аппаратов. Средняя разность температур и методы ее вычисления. Тепловой расчет регенеративных тепловых аппаратов. Гидромеханический расчет теплообменных аппаратов.	1	
Практическое занятие. Классификация теплообменных аппаратов. Средняя разность температур и методы ее вычисления. Тепловой расчет регенеративных тепловых аппаратов. Гидромеханический расчет теплообменных аппаратов.	1	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение курсового проекта/работы Проработка лекционного материала по конспекту и подготовка к практическим занятиям. Работа на электронном курсе. Выполнение курсового проекта выполнение курсового проекта/работы	11 40	
Иная контактная работа: консультации, зачет, защита курсового проекта/работы	0	

6 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
Теплообмен излучением	72	ОПК-3
Практическое занятие. Теплообмен излучением	2	
Лабораторная работа. Исследование теплообменника «Труба в трубе»	2	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение КР Проработка лекционного материала по конспекту и подготовка к практическим занятиям. Работа на электронном курсе.	68	
Иная контактная работа: выполнение контрольной работы, консультации	0	
Подготовка к экзамену	30	
Проведение экзамена	6	

Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой, ее структурой и содержанием разделов. Учебный материал структурирован, изучение дисциплины осуществляется в тематической последовательности.

Занятия лекционного типа дают систематизированные знания по дисциплине, концентрируют внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть проблемы, явления или процесса; зафиксировать выводы и практические рекомендации.

Подготовка к занятиям семинарского типа включает ознакомление с планом практического (лабораторного) занятия; работу с конспектом лекций, выполнение домашнего задания, работу с учебной и учебно-методической литературой, научными изданиями и электронными образовательными ресурсами, рекомендованными рабочей программой дисциплины.

Содержание **самостоятельной работы** определяется рабочей программой дисциплины, оценочными и методическими материалами, заданиями и указаниями преподавателя. Самостоятельная работа может осуществляться в аудиторной и внеаудиторной формах. Эффективным средством осуществления самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к образовательной программе, рабочей программе дисциплины, к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам. Изучение дисциплины включает выполнение курсового проекта, контрольных работ, лабораторных работ.

Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе. Условия аттестации приведены в технологической карте, входящей в состав рабочей программы дисциплины. Формой промежуточной аттестации по дисциплине является зачет, экзамен; по курсовому проекту является дифференцированный зачет.

Раздел 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-методическое обеспечение

№№ п/п	Список используемой литературы	Количество экземпляров печатных изданий, имеющих в библиотеке, или электронный адрес издания (ресурса) в сети Интернет
УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ		
1.	Тепломассообменное оборудование промышленных предприятий [Текст] : [учеб. пособие для студентов специальности "Пром. теплоэнергетика" / Ф. Р. Габитов и др.]; М-во образования и науки РФ, ГОУВПО "Мар. гос. техн. ун-т". Йошкар-Ола: МарГТУ, 2010. - 23 с. Экземпляры: всего 45.	45
2.	Тепломассообменное оборудование предприятий [Текст] : метод. указания к выполнению лаб. работ для студентов специальности "Пром. теплоэнергетика", бакалавров и магистрантов направления "Теплоэнергетика и теплотехника" / ФГБОУ ВПО "Мар. гос. техн. ун-т";	61 / https://portal.volgatech.net/books/Marjashev_Teplomassobmennoe_oborudovanie_predpriyatij.pdf

	[сост. : А. В. Маряшев, В. А. Хлебников]. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2012. - 46 с. Экземпляры: всего 61.	
3.	Цветков, Федор Федотович. Тепломассообмен [Текст] : [учебник для студентов вузов по направлению подготовки "Теплоэнергетика"] / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. [Изд. перераб. и доп.]. Москва: Изд. дом МЭИ, 2011. - 558, [1] с. ISBN 978-5-383-00563-7. Экземпляры:	49
4.	Дерюгин, В. В. Тепломассообмен [Электронный ресурс] / Дерюгин В. В., Васильев В. Ф., Уляшева В. М. 5-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 240 с. ISBN 978-5-507-44506-6.	https://e.lanbook.com/book/233282
5.	Лыков, Алексей Васильевич. Тепломассообмен [Текст] : справочник / А. В. Лыков. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Энергия, 1978. - 479 с. Экземпляры: всего 16.	16
6.	Выпарные установки [Текст] : учебное пособие / [Ф. Р. Габитов и др.]; М-во образования и науки Рос. Федерации, ФГБОУ ВПО «Поволж. гос. технол. ун-т». Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. - 292 с. ISBN 978-5-8158-1441-7. Экземпляры: всего 38.	38
7.	Тепловой расчет котельных агрегатов [Текст] : (Нормативный метод) / [Кол. авт. : Н. В. Кузнецов, В. В. Митор, И. Е. Дубовский и др.] ; Под ред. Н. В. Кузнецова, В. В. Митора, И. Е. Дубовского, Э. С. Карасиной. 2-е изд., перераб. Москва: Энергия, 1973. - 295 с. Экземпляры: всего 7.	7
8.	Теплоснабжение [Текст] : Учебник для студ. вузов, обуч. по спец. "Теплогасоснабжение и вентиляция" / А. А. Ионин, Б. М. Хлыбов, В. Н. Братенков, Е. Н. Терлецкая. Москва: Стройиздат, 1982. -	5
ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ		
1.	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru
2.	Научная электронная библиотека «Киберленинка»	http://cyberleninka.ru
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ		
1.	Профессиональные справочные системы Техэксперт	http://www.cntd.ru

6.2. Материально-техническая база и программное обеспечение

№№ п/п	Аудитории для проведения учебных занятий, самостоятельной работы и проведения государственной итоговой аттестации	Перечень основного оборудования	Программное обеспечение
1.	125 (I)	Проектор мультимедийный Hitachi CP- RX93 (1), Типовой комплект учебного оборудования "Автономная автоматизированная система отопления" АСО-05 (1), Циркуляционный термостат ЛАБ-ТЖ-ТС 01/26-100 (1), Комплект учебной мебели (1)	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio

			Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач, КОМПАС-3D V19
2.	121 (I)	Компьютер RAMEC GALE Custom i3-3200/4ГБ/ монитор LCD 21.5", клавиат.,мышь (15), Проектор мультимедийный Hitachi CP- RX93 (1), Термометр электронный ТЭН-5 (1), УСТАНОВКА ИЗ ТЕПЛОПР (1), УСТАНОВКА ИЗУЧ.ТЕПЛ. (1), УСТАНОВКА ТП-003 (1), УСТАНОВКА ТП-005 (1), УСТАНОВКА ТП-011 (1), Установка ФПТ 1-3 (1), Установка ФНТ 1-1 (1), Установка ФПТ 1-10 (1), Установка ФПТ 1-8 (1), Установка ФПТ-12 (1), Циркуляционный термостат ЛАБ-ТЖ-ТС 01/26-100 (1), Комплект учебной мебели (1)	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач, КОМПАС-3D V19

Раздел 7. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ/ ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Критерии оценивания индикаторов достижения компетенций направлены на:

- усвоение теоретического материала (объем знаний, глубина усвоения), предусмотренного рабочей программой;
- умение излагать материал (четкость, грамотность изложения материала, точность и полнота воспроизведения учебного материала);
- умение применять теоретические знания при решении практических заданий.

Шкала оценивания представлена ниже.

Уровень сформированности элементов компетенции	Критерии оценивания	Шкала оценивания
Пороговый уровень	Обучающийся имеет знания основного материала, проявляет умение логично его излагать, но может допускать неточности в изложении материала, недостаточно правильные формулировки, испытывает затруднения в выполнении практических заданий.	удовлетворительно
Продвинутый уровень	Обучающийся твердо знает программный материал, излагает его грамотно и по существу, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения	хорошо
Высокий уровень	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, грамотно и логически стройно его излагает,	отлично

	дает исчерпывающие ответы на поставленные вопросы. В ответе тесно увязывается теория с практикой, при этом обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, показывает знакомство с монографической литературой, периодическими изданиями, правильно обосновывает принятые решения, свободно владеет разносторонними навыками, приемами выполнения	
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

7.1. Промежуточная аттестация обучающихся

Промежуточная аттестация обучающихся направлена на оценивание результатов обучения по дисциплине (модулю) и проводится с использованием фондов оценочных средств.

Примеры типовых контрольных заданий из базы фонда оценочных средств по образовательной программе.

Задание 1

Укажите уравнение стационарного температурного поля

$$T=f(x,y,z)$$

$$T=f(x,r)$$

$$T=f(x,y,z,r)$$

$$T=f(x,y,r)$$

Задание 2

Укажите уравнение нестационарного двумерного температурного поля

$$T=f(x,y,r)$$

$$T=f(x,y,z)$$

$$T=f(x,r)$$

$$T=f(x,y,z,r)$$

Задание 3

Укажите уравнение нестационарного трёхмерного температурного поля

$$T=f(x,y,z,r)$$

$$T=f(x,y,r)$$

$$T=f(x,y,z)$$

$$T=f(x,r)$$

Задание 4

Укажите уравнение нестационарного одномерного температурного поля

$$T=f(x,r)$$

$$T=f(x,y,z,r)$$

$$T=f(x,y,r)$$

$$T=f(x,y,z)$$

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

Перечень вопросов для проведения БРК

1. Тепловой поток. Закон Фурье
2. Граничные условия третьего рода
3. Передача теплоты теплопроводностью через однослойную и многослойную плоскую стенку
4. Теплопередача через однослойную и многослойную плоскую стенку (Граничные условия третьего рода)
5. Пути интенсификации теплопередачи
6. Температурное поле
7. Температурный градиент
8. Коэффициент теплопроводности
9. Дифференциальное уравнение теплопроводности

Перечень вопросов для проведения экзамена

1. Тепловой поток. Закон Фурье
2. Граничные условия третьего рода
3. Передача теплоты теплопроводностью через однослойную и многослойную плоскую стенку
4. Теплопередача через однослойную и многослойную плоскую стенку (Граничные условия третьего рода)
5. Пути интенсификации теплопередачи
6. Основные понятия и определения конвективного теплообмена
7. Теплоотдача при поперечном отмывании труб.
8. Факторы, влияющие на интенсивность конвективного теплообмена
9. Теплообмен при конденсации чистого пара. Виды конденсации.
10. Теплообмен при пленочной конденсации неподвижного пара
11. Теплообмен при пузырьковом кипении жидкости
12. Дифференциальное уравнение теплопроводности
13. Теплопередача через цилиндрическую стенку (граничные условия третьего рода)

14. Теплообмен при конденсации чистого пара. Виды конденсации.
15. Температурное поле
16. Температурный градиент
17. Коэффициент теплопроводности
18. Дифференциальное уравнение теплопроводности
19. Критерии подобия. Общий вид критериальных уравнений конвективного теплообмена
20. Основные законы теплового излучения
21. Термическое сопротивление передачи теплоты при конденсации
22. Влияние режима течения при конденсации
23. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости по трубам
24. Теплопередача через многослойную цилиндрическую стенку
25. Критический диаметр изоляции цилиндрической стенки