



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭиАС
В.Р. Храмшин

10.02.2023г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ
ТЕПЛООБМЕНА**

Направление подготовки (специальность)
13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль/специализация) программы
Цифровой инжиниринг объектов промышленной теплоэнергетики и энергетики
теплотехнологий

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	1
Семестр	2

Магнитогорск
2023 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ Минобрнауки России от

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем
17.01.2023г. протокол № 5

Зав. кафедрой  Е.Г. Нешпоренко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС
10.02.2023г. протокол № 7


Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:

зав. кафедрой ТиЭС, канд. техн. наук  Е.Г. Нешпоренко

Рецензент:

Зам. начальника ЦЭСТ ПАО "ММК",
канд. техн. наук

 В.Н. Михайловский

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Е.Г. Нешпоренко

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Е.Г. Нешпоренко

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью данной дисциплины является получение знаний о современной теплоэнергетике, знакомство с актуальными проблемами, определяющими дальнейший прогресс теплоэнергетики в различных областях, усвоение студентами математических методов и алгоритмы решения актуальных задач теплоэнергетики в сложных системах с применением новых источников энергии, разрабатывать математические модели и решать задачи анализа и синтеза сложных систем на основе новых источников энергии с использованием современных информационных технологий, иметь представление о перспективах развития и формировании общей теории теплоэнергетики.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Теплотехнические принципы организации теплообмена входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Энергетические объекты и системы черной металлургии

Физические основы генерации электроэнергии и теплоты

Перспективы развития теплоэнергетики и теплотехнологий

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Производственная - научно-исследовательская работа

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Методы экспериментальных исследований в теплоэнергетике

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Теплотехнические принципы организации теплообмена» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-1	Способен к проведению анализа новых направлений исследований в соответствующей области знаний
ПК-1.1	Проводит анализ новых направлений исследований в соответствующей области знаний и формирует программы проведения исследований в новых направлениях

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 39,2 акад. часов;
- аудиторная – 36 акад. часов;
- внеаудиторная – 3,2 акад. часов;
- самостоятельная работа – 69,1 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1.								
1.1 Классификация тепловых процессов. Основы теории теплообмена.	2	3	3		11	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующих вопросов из прил. 1.	Конспект лекций.	ПК-1.1
1.2 Классификация тепло- и энергоносителей. Физические свойства тепло- и энергоносителей.		3	3		11	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующих вопросов из прил. 1.	Конспект лекций.	ПК-1.1
1.3 Методы обработки твердофазных потоков.		3	3		11	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующих вопросов из прил. 1.	Конспект лекций.	ПК-1.1
1.4 Методы обработки жидкофазных потоков.		3	3		12	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующих вопросов из прил. 1.	Конспект лекций.	ПК-1.1
1.5 Методы обработки газофазных потоков.		3	3		12	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующих вопросов из прил. 1.	Конспект лекций.	ПК-1.1

1.6 Энергетические характеристики теплообменных процессов.		3	3		12,1	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующих вопросов из прил. 1.	Конспект лекций.	ПК-1.1
Итого по разделу		18	18		69,1			
Итого за семестр		18	18		69,1		экзамен	
Итого по дисциплине		18	18		69,1		экзамен	

5 Образовательные технологии

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины в качестве образовательных технологий используются как традиционные, так и модульно-компетентностные технологии. Передача необходимых теоретических знаний и формирование представлений по курсу происходит с применением мультимедийного оборудования. Лекционный материал закрепляется на лабораторных работах, где применяется совместная деятельность студентов в группе, направленная на решение общей задачи путём сложения результатов индивидуальной работы членов группы. Для развития и совершенствования коммуникативных способностей студентов организуются практические занятия в виде дискуссий, анализа реальных проблемных ситуаций и междисциплинарных связей из различных областей в контексте решаемой задачи. Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе написания рефератов, подготовки к дискуссиям, и тестированию.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Цирельман, Н. М. Теория и прикладные задачи тепломассопереноса : учебное пособие / Н. М. Цирельман. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 504 с. — ISBN 978-5-8114-3621-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/119624> (дата обращения: 01.07.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Примеры и задачи по тепломассообмену : учебное пособие / В. С. Логинов, А. В. Крайнов, В. Е. Юхнов [и др.]. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 256 с. — ISBN 978-5-8114-1132-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/112072> (дата обращения: 01.07.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Равин, А. А. Техническая диагностика судового энергетического оборудования : учебное пособие для вузов / А. А. Равин. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 240 с. — ISBN 978-5-8114-7650-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/163408> (дата обращения: 01.07.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Минко, К.Б. Численное решение задач гидродинамики и тепломассообмена : учебное пособие / К.Б. Минко, Г.Г. Яньков. - М. : МЭИ, 2020. - ISBN 978-5-383-01425-7 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014257.html> Режим доступа : по подписке.

3. Дерюгин, В. В. Тепломассообмен : учебное пособие для вузов / В. В. Дерюгин, В. Ф. Васильев, В. М. Уляшева. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 240 с. — ISBN 978-5-8114-8109-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171853>

4. Теплопередача: практическое пособие : учебное пособие / В. В. Сахин, Е. М. Герлиман, И. В. Тетерина, Н. А. Брыков. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2020. — 69 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/172206>

5. Техническая термодинамика и теплопередача : учебное пособие / А. В. Делков, М. Г. Мелкозеров, Д. В. Черненко, Ю. Н. Шевченко. — Красноярск : СибГУ им. академика М. Ф. Решетнёва, 2020. — 102 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/165879>

6. Дзюзер, В. Я. Теплотехника и тепловая работа печей : учебное пособие для вузов / В. Я. Дзюзер. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-6789-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152446> (дата обращения: 01.07.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) Методические указания:

1. Стульпин, Е. А. Тепловой расчет вагранки : учебное пособие / Е. А. Стульпин, В. В. Копцев, А. И. Шкирмонтов ; МГТУ, [каф.ТиЭС]. - Магнитогорск, 2011. - 60 с. : ил., диагр., табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=467.pdf&show=dcatalogues/1/1081629/467.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

2. Вечеркин, М. В. Физические основы теплового контроля электротехнических систем : учебное пособие / М. В. Вечеркин, М. С. Каблукова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2550.pdf&show=dcatalogues/1/1130352/2550.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

3. Горохов, А. В. Гидродинамика и теплопередача : практикум / А. В. Горохов ; МГТУ. - Магнитогорск : [МГТУ], 2017. - 59 с. : ил., табл., схемы, граф.- URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3463.pdf&show=dcatalogues/1/1514268/3463.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

4. Свечникова, Н. Ю. Практикум по технической термодинамике и теплотехнике : практикум / Н. Ю. Свечникова, С. В. Юдина, А. В. Горохов ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3545.pdf&show=dcatalogues/1/1515134/3545.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MathCAD v.15 Education University Edition	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
Браузер Yandex	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Calculate Linux Desktop Xfce	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Double Commander	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Linux Calculate	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа. Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации. Учебные аудитории для проведения практических, лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Доска, мультимедийный проектор, экран. Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования, помещения для самостоятельной работы обучающихся. Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступов в электронную информационно-образовательную среду университета.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

1. Понятие математической модели и общие принципы, этапы ее построения.
2. Структура погрешности. Корректность
3. Вычислительный эксперимент и адекватность моделей. Интерполирование.
4. Линейная интерполяция. Интерполяционный многочлен Ньютона. Погрешность многочлена Ньютона. Применения интерполяции.
5. Интерполяция сплайнами. Монотонная интерполяция.
6. Применение численных методов для анализа и расчета тепломассообменных и процессов
7. Численное решение алгебраических, трансцендентных и дифференциальных уравнений.
8. Сходимость интерполяции.
9. Численное дифференцирование. Полиномиальные формулы.
10. Квазиравномерные сетки. Быстропеременные функции. Регуляризация дифференцирования
11. Численное интегрирование. Полиномиальная аппроксимация.
12. Формулы Гаусса-Кристоффеля. Формулы Маркова
13. Последовательное интегрирование. Метод статистических испытаний
14. Случайные величины. Разыгрывание случайной величины. Вычисление интеграла.
15. Применение электронных таблиц для решения инженерных задач численными методами

Тест 1:

Какие матрицы можно перемножить?

Варианты ответов:

1. Матрицы с равным числом строк.
2. Матрицы с равным числом столбцов.
3. Сцепленные матрицы, у которых число столбцов первой матрицы равно числу строк второй матрицы.

Тест 2:

Что такое ранг матрицы $r(A)$?

Варианты ответов:

1. Число строк матрицы.
2. Число столбцов матрицы.
3. Максимальное число линейно-независимых столбцов (или строк) матрицы.

Тест 3:

Для каких матриц можно вычислить обратную матрицу?

Варианты ответов:

1. Для диагональных.
2. Для квадратных.
3. Для прямоугольных.
4. Для разреженных.

Тест 4:

Какие задачи называются обратными?

Варианты ответов:

1. Определение причины по следствию.
2. Определение следствия по причине.

Тест 5:

Условия корректно поставленной вычислительной задачи?

Варианты ответов:

1. Решение существует + решение единственное (однозначное)+решение устойчивое.
2. Решение существует + решение единственное (однозначное)+решение состоятельное.
3. Решение существует + решение множественное + решение состоятельное.

Тест 6:

Условие существования и единственности решения СЛАУ?

Варианты ответов:

1. Свободные члены уравнений равны нулю.
2. Ранг матрицы коэффициентов равен рангу расширенной матрицы системы.
3. Число уравнений равно числу неизвестных.

Тест 7:

Какой метод решения СЛАУ позволяет найти решение СЛАУ даже в случае неполного ранга системы?

Варианты ответов:

1. Метод Гаусса (треугольное разложение).
2. Метод ортогонального разложения.
3. Метод сингулярного разложения.

Тест 8:

1. Подмена одной функции другой называется:

- 1) Интерполяция
- 2) Экстраполяция
- 3) Аппроксимация
- 4) Сплайн.

Тест 9:

Многочлен называется:

1. Интерполяционный многочлен Лагранжа
2. Интерполяционный многочлен Ньютона
3. Интерполяционный многочлен Чебышева
4. Интерполяционный многочлен Лежандра

Тест 10:

Функция, дифференцируемая k раз, и на каждом из заданных отрезков являющаяся многочленом степени m , называется:

Варианты ответов:

1. Интерполяция
2. Экстраполяция
3. Аппроксимация
4. Сплайн.

Тест 11:

Явно- неявный метод Эйлера решения задачи Коши эквивалентен методу

Варианты ответов:

1. Трапеций
2. Предиктор-корректорному методу Адамса первого порядка
3. Предиктор-корректорному методу Адамса второго порядка
4. Милна

Тест 12:

Основной метод для решения начально-граничных задач для уравнений в частных производных называется:

Варианты ответов:

1. Сеточный метод
2. Метод касательных
3. Метод секущих
4. Метод средней точки

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-1 Способен к проведению анализа новых направлений исследований в соответствующей области знаний		
ПК-1.1	Проводит анализ новых направлений исследований в соответствующей области знаний и формирует программы проведения исследований в новых направлениях	<p>Примерные задания для аттестации:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Как изменяется энтропия s при подводе теплоты? А. Увеличивается В. Уменьшается С. Остается неизменной D. Становится равной нулю 2. Для чего применяется T-s диаграмма при исследовании термодинамических циклов? Она: А. Наглядно представляет процессы подвода и отвода теплоты, превращения теплоты в работу В. Характеризует экологическую чистоту тепловой машины С. Показывает максимальное давление рабочего тела D. Позволяет определить мощность тепловой машины 3. Каковы критические параметры водяного пара $t_{кр}$ и $p_{кр}$? А. 0°C, приблизительно 0,1 МПа В. 0°C, 22Д МПа С. 374°C, 22,1 МПа D. 100°C, приблизительно 0,1 МПа 4. Что такое скрытая теплота парообразования "r"? А. Изменение энтропии при кипении В. Энергия, затрачиваемая на преодоление сил взаимного притяжения молекул жидкости и на расширение С. Энтальпия насыщенного пара D. Теплота, затрачиваемая на нагревание жидкости до температуры насыщения 5. Чем ограничивается степень сжатия в карбюраторных ДВС? А. Нагрузкой на кривошипно-шатунный механизм 2 9 В. Мощностью стартера С. Самовоспламенением горючей смеси D. Отказами системы зажигания 6. В чем преимущества паротурбинных установок (ПТУ) перед дизелями? А. У ПТУ выше к.п.д. В. У ПТУ лучше экологические показатели С. Проще обслуживание, ниже требования к квалификации персонала D. В ПТУ используется любое топливо, большая единичная мощность агрегатов 7. Каков процесс сжатия воздуха в реальном компрессоре? А. изотермический В. адиабатный С. политропный, $n < 1,4$ D. политропный, $n > 1,4$ 8. Чему равно абсолютное давление? А. манометрическому В. атмосферному С.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>манометрическому плюс атмосферное D. динамическому</p> <p>9. Как изменяется вязкость несжимаемой жидкости при повышении температуры А. не изменяется В. увеличивается С. уменьшается D. приближается к нулю</p> <p>10. Что такое кавитация? А. выделение пузырьков растворенного воздуха В. выделение пузырьков пара С. турбулизация течения D. выделение пузырьков пара и схлопывание в области повышения давления</p> <p>11. Что такое гидравлический удар в трубах? А. резкое изменение давления при изменении скорости течения В. заполнение трубопровода жидкостью С. выделение из жидкости растворенного воздуха D. холодное кипение жидкости</p> <p>12. Как изменяется вязкость газов при повышении температуры? А. не изменяется В. увеличивается С. уменьшается D. приближается к нулю</p> <p>Пример задания на решение задач из профессиональной области:</p> <p>1. Внутренняя поверхность сферической железной оболочки с внутренним радиусом 150 мм поддерживается при постоянной температуре 49°C. Определить максимальное количество тепла, которое может передаваться такой сфере от омывающей ее воды при 100°C при условии, что коэффициент теплоотдачи вода-стенка равен 567,8 Вт/м²·град. Коэффициент теплопроводности железной оболочки принять равным 62,34 Вт/м·град.</p> <p>2. Шамотная плита ($\lambda=0,7$ Вт/м·град, $a=0,0167$ м²/ч) толщиной $h = 30$см имеет начальную температуру, равную температуре среды: $t_0 = \vartheta = 45^\circ\text{C}$. В дальнейшем плита подвергается одностороннему нагреву постоянным тепловым потоком $S = 700$ Вт/м². Коэффициент теплообмена $\alpha = 7,0$ Вт/м²·град. Найти среднюю температуру в плите и градиент температуры на средней плоскости плиты через 5 ч после включения подогрева</p> <p>Пример задания на решение задач из профессиональной области</p> <p>Лабораторные работы:</p> <p>Л/р №1: Исследование аэродинамического сопротивления плотного фильтруемого слоя твердого материала.</p> <p>Л/р №2: Исследование теплообмена от твердого к твердому путем применения промежуточного теплоносителя.</p>

<i>Код индикатора</i>	<i>Индикатор достижения компетенции</i>	<i>Оценочные средства</i>
		Л/р №3: Исследование теплообмена между жидкофазными теплоносителями разной плотности.

б). Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

- на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
- на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
- на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.