



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  
С.И. Лукьянов

26.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГИДРОГАЗОДИНАМИКИ И  
ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА***

Направление подготовки (специальность)  
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Энергообеспечение предприятий

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
заочная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	4

Магнитогорск  
2020 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 143)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Теплотехнических и энергетических систем  
11.02.2020, протокол № 4

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
26.02.2020 г. протокол № 5

Председатель \_\_\_\_\_ С.И. Лукьянов

Рабочая программа составлена:  
доцент кафедры ТиЭС, канд. техн. наук \_\_\_\_\_

Е.Г. Нешпоренко

Рецензент:

зам. нач. ЦЭСТ ПАО ММК, канд. техн. наук \_\_\_\_\_

В.Н. Михайловский



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  
С.И. Лукьянов

26.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГИДРОГАЗОДИНАМИКИ И  
ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА***

Направление подготовки (специальность)  
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Энергообеспечение предприятий

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
заочная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	4

Магнитогорск  
2020 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 143)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем  
11.02.2020, протокол № 4

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
26.02.2020 г. протокол № 5

Председатель \_\_\_\_\_ С.И. Лукьянов

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры ТиЭС, канд. техн. наук \_\_\_\_\_ Е.Г. Нешпоренко

Рецензент:

зам. нач. ЦЭСТ ПАО ММК , канд. техн. наук \_\_\_\_\_ В.Н. Михайловский

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

---

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.Б. Агапитов

---

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.Б. Агапитов

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Основной целью преподавания дисциплины «Моделирование процессов гидрогазодинамики и тепломассопереноса» является обучение студентов направления 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника профиля Энергообеспечение предприятий основам численных методов решения уравнений математической физики, используемых для описания процессов теплообмена, движения жидкости и газов.

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Моделирование процессов гидрогазодинамики и тепломассопереноса входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Физика

Химия

Информатика

Техническая термодинамика

Гидрогазодинамика

Тепломассообмен

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

Теплоэнергетические системы промышленных предприятий

Методы инженерных исследований

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Моделирование процессов гидрогазодинамики и тепломассопереноса» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-2	Способен к разработке предложений и выполнению работ по модернизации и реконструкции оборудования тепловых сетей
ПК-2.1	Оценивает уровень технических решений направленных на повышение эффективности работы оборудования тепловых сетей
ПК-2.2	Проводит учет и анализ технико-экономических показателей работы оборудования тепловых сетей

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц 72 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 8,6 академических часов;
- аудиторная – 8 академических часов;
- внеаудиторная – 0,6 академических часов
- самостоятельная работа – 59,4 академических часов;

– подготовка к зачёту – 4 академических часа

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Раздел 1.								
1.1 Понятие математической модели и общие принципы и этапы ее построения.	4	0,5			8	Самостоятельное изучение учебной литературы. Проработка вопроса №1, прил. 1.	Конспект лекций.	ПК-2.1
1.2 Вычислительный эксперимент и адекватность моделей.		0,5	2/2И		8	Самостоятельное изучение учебной литературы. Проработка вопроса №2-3, прил. 1.	Конспект лекций.	ПК-2.1, ПК-2.2
1.3 Применение численных методов для анализа и расчета теплообменных и гидродинамических процессов.		0,5	2/2И		8	Самостоятельное изучение учебной литературы. Проработка вопроса №4-5, прил. 1.	Конспект лекций.	ПК-2.1, ПК-2.2
1.4 Численное решение алгебраических, трансцендентных и дифференциальных уравнений.		0,5			8	Самостоятельное изучение учебной литературы; подготовка к лабораторной работе. Проработка вопроса №6-9, прил. 1.	Конспект лекций; журнал наблюдений.	ПК-2.1

1.5	Численное дифференцирование.	0,5			8	Самостоятельное изучение учебной литературы; подготовка к лабораторной работе. Проработка вопроса №10-12, прил. 1.	Конспект лекций; журнал наблюдений.	ПК-2.1
1.6	Численное интегрирование.	0,5			10	Самостоятельное изучение учебной литературы; подготовка к лабораторной работе. Проработка вопроса №13-14, прил. 1.	Конспект лекций.	ПК-2.1
1.7	Применение электронных таблиц для решения инженерных задач численными методами.	1			9,4	Самостоятельное изучение учебной литературы; подготовка к лабораторной работе. Проработка вопроса №15, прил. 1.	Конспект лекций; журнал наблюдений.	ПК-2.1, ПК-2.2
Итого по разделу		4	4/4И		59,4			
Итого за семестр		4	4/4И		59,4		зачёт	
Итого по дисциплине		4	4/4И		59,4		зачет	



## 5 Образовательные технологии

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины «Моделирование процессов гидрогазодинамики и теплопереноса» 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 путем 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. Математическое моделирование гидродинамики и теплообмена в движущихся жидкостях : учебное пособие / И. В. Кудинов, В. А. Кудинов, А. В. Еремин, С. В. Колесников ; под редакцией Э. М. Карташова. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-1837-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/56168> (дата обращения: 30.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Высоцкий, Л. И. Математическое и физическое моделирование потенциальных течений жидкости : учебное пособие / Л. И. Высоцкий, Г. Р. Коперник, И. С. Высоцкий. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 64 с. — ISBN 978-5-8114-1554-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/44842> (дата обращения: 30.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### б) Дополнительная литература:

1. Чикуров, Н.Г. Моделирование систем и процессов: Учебное пособие [Электронное издание] / Н.Г. Чикуров. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 398 с.

<http://znanium.com/bookread.php?book=392652> .

2. Семенов, Б.А. Инженерный эксперимент в промышленной теплотехнике, тепло-энергетике и теплотехнология. 2-е изд. [Электронное издание] / Б.А. Семенов - СПб.: Изда-тельство «Лань». 2013 г. - 384 с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=5107](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5107)

3. Леушин, И.О. Моделирование процессов и объектов в металлургии: Учебник [Электронное издание] / И.О. Леушин. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 208 с. <http://znanium.com/bookread.php?book=401597> .

### в) Методические указания:

1. Копцев, В.В. Статистическая обработка результатов теплофизического эксперимента: Метод. указания. / В.В. Копцев, В.Ф. Толмачева, А.П. Морозов - Магнитогорск, ГОУ ВПО «МГТУ», 2011. - 22 с.

2. Матвеева, Г.Н. Экспериментальное исследование процессов теплообмена:

учебное пособие / Г.Н. Матвеева, Ю.И Тартаковский, Б.К. Сеничкин - Магнитогорск : ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2011. - 57 с.

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
Comsol Multiphysics Academic Class	К-69-14 от 18.09.2014	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое	бессрочно
MathCAD v.15 Education University Edition	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>

**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 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 обучающихся

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

## 7 Оценочные средства проведения промежуточной аттестации

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

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
<b>ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ</b>		
<b>ПК-2: Способен к разработке предложений и выполнению работ по модернизации и реконструкции оборудования тепловых сетей</b>		
<b>Наименование дисциплины: Моделирование процессов гидрогазодинамики и теплопереноса</b>		
ПК-2.1	Оценивает уровень технических решений направленных на повышение эффективности работы оборудования тепловых сетей	<p>1. Жидкость движется по трубопроводу, состоящему из двух участков труб разного диаметра. На первом участке трубы диаметром 100 мм, скорость течения 50 см/с, на втором участке скорость течения 20 см/с. Каков диаметр трубы на втором участке?</p> <p>2. Из открытого резервуара через круглое отверстие диаметром <math>d = 4,5</math> см в его стенке требуется пропустить расход воды <math>V = 6</math> л/с. Определить: а) какой напор <math>H</math> обеспечит заданный расход; б) как изменится расход, если к отверстию присоединить внешний цилиндрический насадок диаметром <math>d = 4,5</math> см при вычисленном напоре <math>H</math>.</p> <p>3. Как изменится расход, если к отверстию диаметром 5 см присоединить внешний цилиндрический насадок того же диаметра? Напор над центром отверстия 1,2 м. Каким должен быть напор, чтобы расход, проходящий через насадок остался таким же, что и через отверстие?</p>
ПК-2.2	Проводит учет и анализ технико-экономических показателей работы оборудования тепловых сетей	<p>1. Определить потери тепла через стенку длиной 5 м, высотой 3 м, толщиной <math>d = 0,25</math> м, если на поверхностях стенки поддерживаются температуры <math>t_1 = +20</math> °C, <math>t_2 = -5</math> °C, коэффициент теплопроводности стенки <math>\lambda = 0,6</math> Вт/(м·град).</p> <p>2. Стенки топки парового котла выполнены из огнеупорного кирпича толщиной <math>d = 0,25</math> м. Температуры на внутренней и внешней поверхностях <math>t_1 = 1350</math> °C, <math>t_2 = 50</math> °C. Теплопроводность кирпича зависит от температуры <math>\lambda = 0,93(1+0,00075t)</math>. Вычислить и изобразить в масштабе распределение температур внутри стенки на расстояниях <math>x_1 = 0,05</math> м, <math>x_2 = 0,1</math> м, <math>x_3 = 0,15</math> м, <math>x_4 = 0,2</math> м.</p> <p>3. В резервуар, содержащий 125 м<sup>3</sup> жидкости плотностью 1760 кг/м<sup>3</sup>, закачано 224 м<sup>3</sup> жидкости плотностью 1848 кг/м<sup>3</sup>. Определить плотность получившейся смеси.</p>

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

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

**Показатели и критерии оценивания зачета:**

– на оценку «зачтено» – обучающийся демонстрирует от высокого до порогового уровня сформированности компетенций:

– всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями,

умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– 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 «**незачтено**» – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач; обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.