



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

13.02.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ И СИСТЕМ
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ**

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	2
Семестр	3

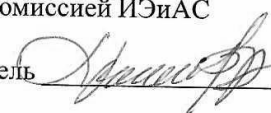
Магнитогорск
2024 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 146)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Теплотехнических и энергетических систем
06.02.2024, протокол № 4

Зав. кафедрой  Е.Г. Нешпоренко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС
13.02.2024 г. протокол № 4

Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры ТиЭС, канд. техн. наук  Л.Л. Демиденко

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)

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины (модуля) «Математическое моделирование объектов и систем теплоэнергетики» являются формирование у студентов знаний и умений в определении потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, подготовке обоснований технического перевооружения, развития энергохозяйства, реконструкции и модернизации предприятий для теории и практики научного и инновационного творчества, применяемых в теплоэнергетике, а так же для научно-исследовательской и педагогической деятельности; основ безотходных и энергосберегающих технологий; путей повышения безотходности производства; государственной энергосберегающей политики, масштабов возможной экономии топлива в теплотехнологических установках на базе энергосберегающих тепловых схем; показателей безотходности и использования отходов технологических процессов и комбинированных установок, материального показателя безотходности, топливно-энергетические показатели безотходности; методов разработки норм расхода энергии на производство технологической продукции, системного подхода к улучшению энергоиспользования, сквозного расчет затрат энергии по всей технологической цепи вплоть до готовой продукции; основных направлений совершенствования действующих и создания новых технологических процессов в металлургии на основе энергосберегающих технологий, энергосберегающих тепловых схем, энергосберегающего оборудования, метода предельного энергосбережения.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Математическое моделирование объектов и систем теплоэнергетики входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Теплотехнические принципы организации теплообмена

Учебная - практика по получению первичных навыков научно-исследовательской работы

Автоматизированные системы научных исследований

Методология интенсивного энергосбережения

Методология и методы научного исследования

Энергообеспечение промышленных теплотехнологических комплексов

Перспективы развития теплоэнергетики и теплотехнологий

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

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Производственная - научно-исследовательская работа

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Математическое моделирование объектов и систем теплоэнергетики» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-5	Способен к определению направлений реконструкции и технического перевооружения действующего термического производства, уровня специализации и диверсификации производства на перспективу
ПК-5.1	Определяет направление реконструкции и технического

	первооружения действующего термического производства, уровня специализации и диверсификации производства на перспективу, эффективность действующего термического производства и путей повышения производительности труда
--	--

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

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

- контактная работа – 35,85 акад. часов;
- аудиторная – 33 акад. часов;
- внеаудиторная – 2,85 акад. часов;
- самостоятельная работа – 72,45 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 2 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. Введение в математическое моделирование. Цели, свойства, классификация. Методы, подходы и этапы реализации. Регрессионные модели								
1.1 Математическое моделирование -основные понятия. Цели построения модели. Свойства моделей. Формы представления моделей. Классификация математических моделей.	3	1		2	3	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, работа с лекциями и материалами образовательного портала. Подготовка к компьютерному тестированию.	Компьютерное тестирование	ПК-5.1
1.2 Методы реализации моделей. Этапы реализации математических моделей. Подходы к построению математических моделей. Программные средства, используемые при реализации математических моделей.		1		2	6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, работа с лекциями и материалами образовательного портала. Подготовка к компьютерному тестированию.В ыполнение ИДЗ.	Компьютерное тестирование Сдача ИДЗ	ПК-5.1

1.3 Исследование объектов. Построение регрессионных моделей. Линейные и множественные регрессионные модели. Нелинейные регрессионные модели. Корреляция.		1		2	6	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, работа с лекциями и материалами образовательного портала. Подготовка к компьютерному тестированию. Выполнение ИДЗ.	Компьютерное тестирование. Сдача ИДЗ	ПК-5.1
Итого по разделу		3		6	15			
2. Математическое моделирование объектов и систем теплотехнологий								
2.1 Введение в математическое моделирование задач теплоэнергетики. Построение математических моделей теплоэнергетических систем. Ошибки 1-4 рода при построении моделей. Возможности и направления реконструкции и технического перевооружения действующего энергетического производства, повышение эффективности производства и путей повышения производительности труда	3	3		2	8	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, работа с лекциями и материалами образовательного портала. Подготовка к компьютерному тестированию.	Компьютерное тестирование. сдача практической работы.	ПК-5.1
2.2 Классическая система уравнений в задачах теплоэнергетических систем. Общий вид уравнений и схема моделирования. Структурные схемы теплоэнергетических объектов. Моделирование гидродинамических задач. Моделирование тепловых задач. Моделирование массообменных задач.		1		6	16	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, работа с лекциями и материалами образовательного портала. Подготовка к компьютерному тестированию. ИДЗ.	Компьютерное тестирование. Сдача ИДЗ.	ПК-5.1

2.3 Численные методы для решения задач. Элементы разностных систем. Численное решение гиперболического и параболического уравнений. Применение численных методов для анализа и расчета тепломассообменных и гидродинамических процессов.		2		2	16	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, работа с лекциями и материалами образовательного портала. Подготовка к компьютерному тестированию и выполнению практической работы	Компьютерное тестирование. Сдача практической работы	ПК-5.1
2.4 Вычислительный эксперимент, виды. Понятие, виды, этапы, факторы, отклики. ПФЭ. Схема технологического цикла вычислительного эксперимента. Погрешности.		1		4	10	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, работа с лекциями и материалами образовательного портала. Подготовка к компьютерному тестированию и практической работе.	Компьютерное тестирование. Сдача практической работы	ПК-5.1
2.5 Проверка адекватности математической модели. Критерий хи-квадрат, непараметрические критерии.		1		2	7,45	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы, работа с лекциями и материалами образовательного портала. Подготовка к компьютерному тестированию. ИДЗ	Сдача ИДЗ, компьютерное тестирование	ПК-5.1
Итого по разделу		8		16	57,45			
3. Подготовка к экзамену								
3.1 Экзамен	3							ПК-5.1
Итого по разделу								
Итого за семестр		11		22	72,45		экзамен	
Итого по дисциплине		11		22	72,45		экзамен	

5 Образовательные технологии

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины «Математическое моделирование объектов и систем теплоэнергетики» 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. Чикуров, Н. Г. Моделирование систем и процессов: Учебное пособие / Н.Г. Чикуров. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2019. - 398 с.: (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-369-01167-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/document?pid=1010810>
2. Лялюк, В. П. Моделирование процессов доменной плавки : монография / В. П. Лялюк. - Москва : Вологда : «Инфра-Инженерия», 2020. - 160 с. - ISBN 978-5-9729-0400-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/document?pid=1167767>

б) Дополнительная литература:

1. Леушин, И. О. Моделирование процессов и объектов в металлургии : учебник / И.О. Леушин. - М. : Форум : НИЦ ИНФРА-М, 2019. - 208 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-91134-732-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/document?pid=1012428> .
2. Галустов, Г. Г. Математическое моделирование и прогнозирование в технических системах: Учебное пособие / Галустов Г.Г., Седов А.В. - Ростов-на-Дону:Издательство ЮФУ, 2016. - 107 с.: ISBN 978-5-9275-1902-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/document?pid=989948> .
3. Тарасик, В. П. Математическое моделирование технических систем : учебник / В.П. Тарасик. — Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. — 592 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-011996-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/document?pid=1042658> .
4. 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> .

5. 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>

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.

3. Андреев, С. М. Моделирование объектов и систем управления : учебное пособие / С. М. Андреев ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/1873>

4. Гаврилова, И. В. Имитационное моделирование : учебное пособие / И. В. Гаврилова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2016. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/1638>

5. Гусева, Е. Н. Математическое и имитационное моделирование : учебное пособие / Е. Н. Гусева ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/20481>

6. Кухта, Ю. Б. Компьютерное моделирование технологических процессов : учебное пособие / Ю. Б. Кухта. - Магнитогорск : МГТУ, 2014. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/3843> . - Текст : электронный..

7. Кухта, Ю. Б. Лабораторный практикум по дисциплине "Компьютерное моделирование технологических процессов" : лабораторный практикум / Ю. Б. Кухта ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/1654> . - Текст : электронный.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
FlowVision	К-93-09 от 19.06.2009	бессрочно
MathCAD v.15 Education University	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
LibreOffice	свободно распространяемое	бессрочно
Браузер Mozilla Firefox	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Yandex	свободно распространяемое	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru
Российская Государственная библиотека. КATALOGI	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

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.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся.

Теоретические вопросы по дисциплине:

1. Понятие математической модели и общие принципы, этапы ее построения.
2. Формы представления моделей. Моделирование
3. Математические модели. Виды классификации моделей.
4. Методы реализации моделей.
5. Этапы реализации мат моделей.
6. Подходы к построению математических моделей.
7. Вычислительный эксперимент. ПФЭ- факторы, отклики, уровни. Кодирование.

Пассивный, активный эксперимент

8. Схема технологического цикла вычислительного эксперимента. Виды погрешностей.
9. Линейные и множественные регрессионные модели.
10. Нелинейные регрессионные модели.
11. Численные методы для решения задач.
12. .Применение численных методов для анализа и расчета тепломассообменных и процессов
13. Численное решение алгебраических, трансцендентных и дифференциальных уравнений.
14. Классификация математических моделей в зависимости от входных и выходных параметров
15. Виды погрешностей.
16. Начальные и граничные условия и различного рода ограничения при построении математической модели.
17. Проверка адекватности модели – параметрические и непараметрические критерии.
18. Построение математических моделей теплоэнергетических систем. Ошибки 1-4 рода при построении моделей.
19. Применение программных средств для решения инженерных задач численными методами
20. Мероприятия по определению направлений реконструкции и технического перевооружения действующего термического производства, уровня специализации и диверсификации производства на перспективу, эффективности действующего термического производства и путей повышения производительности труда.

Примерные вопросы компьютерного тестирования по теме 1.1:

Модель есть замещение изучаемого объекта другим объектом, который отражает:

1. Все стороны данного объекта
2. Некоторые стороны данного объекта
3. **Существенные стороны данного объекта**
4. Несуществующие стороны данного объекта

По поведению математических моделей по времени их разделяют на

1. Детерминированные и стохастические
2. **Статистические и динамические**
3. Непрерывные и дискретные
4. Аналитические и имитационные

Задача 1.1. Составьте программу в VBA для вычисления теплового потока по закону Ньютона-Рихмана для нескольких объектов:

$$q = \alpha \Delta T.$$

Примерные вопросы компьютерного тестирования по теме 1.2:

1. Укажите, какой из этапов реализации моделей пропущен:
 - 1) Обследование объекта
 - 2) Концептуальная и математическая постановка задачи.

- 3) Качественный анализ и проверка корректности модели
- 4) Поиск решения или реализация алгоритма в виде программ
- 5) Проверка адекватности модели

6) Все перечисленные

2. Перечислите программы СПО для решения теплоэнергетических задач:

3. Укажите, какие виды контроля правильности полученной системы математических соотношений требуется для проведения ряда обязательных проверок:

- 1) контроль размерности; ·
- 2) контроль порядков; ·
- 3) контроль характера зависимостей; ·
- 4) контроль экстремальных ситуаций;
- 5) контроль граничных условий; ·
- 6) контроль физического смысла; ·
- 7) контроль математической замкнутости

Задача темы 1.2: Составьте программу для вычисления лучистого теплообмена между двумя телами: серым и абсолютно черным.

Примерные вопросы компьютерного тестирования по теме 1.3:

1. Укажите, какой критерий позволяет проверить адекватность регрессионной модели.

2. Укажите виды регрессионных моделей:

- 1) линейная регрессионная модель
- 2) нелинейная регрессионная модель
- 3) множественная регрессионная модель
- 4) вариационная регрессионная модель
- 5) исследовательская регрессионная модель

3. При построении моделей используют два принципа:

- дедуктивный (от общего к частному);
- индуктивный (от частного к общему);
- вариативный;
- объективный;
- исследовательский.

Задача по теме 1.3

Имеются ряд входных (x) и выходных точек (y):

x			2					
y								
практ								

Построить линейную регрессионную модель, вычислить коэффициент корреляции и смешанной корреляции.

Примерные вопросы компьютерного тестирования по теме 2.1:

1. Укажите граничные условия 1,2,3,4 рода при решении задач теплопроводности.

ИДЗ темы 2.1. Реализуйте с помощью любого ПО процесс горения топлива (природного газа) и вычислите низшую теплоту сгорания.

Примерные вопросы компьютерного тестирования по теме 2.2:

1. Какие модели «элементарных» стадий процесса включает в себя математическое описание процессов гидрогазодинамики и тепломассопереноса в общем случае:

Математическое описание структуры потока;

Математическое описание массообмена;

Математическое описание теплообмена;

Математическое описание химических превращений.

Математическое описание автоматизации процесса.

Примерная задача по теме 2.2: На основе автоматизации методики расчёта провести параметрическое исследование влияния температуры перегретого пара на значение КПД цикла Ренкина. Определить отличие результатов для одинакового начального давления $p_1 = 12,5$ МПа и начальных температур в диапазоне от $t_1 = 400$ °С до $t_2 = 500$ °С. Давление в конденсаторе принять равным $p_2 = 0,004$ МПа. Внутренние относительные КПД турбины и питательного насоса равны $\eta_{\text{вТ}} = 0,88$; $\eta_{\text{вН}} = 0,85$.

Примерные вопросы компьютерного тестирования по теме 2.3:

1. Какие матрицы можно перемножить?
 - 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.
2. Что такое ранг матрицы $r(A)$?
 - 1) Число строк матрицы.
 - 2) Число столбцов матрицы.
 - 3) Максимальное число линейно-независимых столбцов (или строк) матрицы.
3. Для каких матриц можно вычислить обратную матрицу?
 - 1) Для диагональных.
 - 2) Для квадратных.
 - 3) Для прямоугольных.
 - 4) Для разреженных.
4. Какие задачи называются обратными?
 - 1) Определение причины по следствию.
 - 2) Определение следствия по причине.
5. Условия корректно поставленной вычислительной задачи?
 - 1) Решение существует + решение единственное (однозначное)+решение устойчивое.
 - 2) Решение существует + решение единственное (однозначное)+решение состоятельное.
 - 3) Решение существует + решение множественное + решение состоятельное.
6. Условия существования и единственности решения СЛАУ?
 - 1) Свободные члены уравнений равны нулю.
 - 2) Ранг матрицы коэффициентов равен рангу расширенной матрицы системы.
 - 3) Число уравнений равно числу неизвестных.
7. Какой метод решения СЛАУ позволяет найти решение СЛАУ даже в случае неполного ранга системы?
 - 1) Метод Гаусса (треугольное разложение).
 - 2) Метод ортогонального разложения.
 - 3) Метод сингулярного разложения.
8. Подмена одной функции другой называется:
 - 1) Интерполяция
 - 2) Экстраполяция
 - 3) Аппроксимация
 - 4) Сплайн.
9. Функция, дифференцируемая k раз, и на каждом из заданных отрезков являющаяся многочленом степени m , называется:
 - 1) Интерполяция
 - 2) Экстраполяция
 - 3) Аппроксимация
 - 4) Сплайн.
10. Явно-неявный метод Эйлера решения задачи Коши эквивалентен методу:
 - 1) Предиктор-корректорному методу Адамса первого порядка

2) Предиктор-корректорному методу Адамса второго порядка

3) Милна

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

1) Сеточный метод

2) Метод касательных

3) Метод секущих

4) Метод средней точки

Примерные вопросы компьютерного тестирования по теме 2.4:

Соотнесите метод решения с задачей, которую нужно решить:

	Что нужно решить?	Методы решения
1	Численное решение нелинейных уравнений	Метод бисекций, метод Ньютона, метод хорд, метод простых итераций
2	Численное решение систем нелинейных уравнений	Метод простых итераций, метод покоординатного спуска, метод Ньютона и его модификации (двухступенчатый аналог, аппроксимационный аналог, дискретный аналог)
3	Численное решение систем линейных алгебраических уравнений	Метод Гаусса, LU-алгоритм, метод скалярной трехточечной прогонки, метод вращений, метод отражений; метод Якоби, метод Зейделя, метод простых итераций, метод Рундсона, метод верхней релаксации, методы с Чебышевским набором параметров
4	Численные методы решения проблемы собственных значений матриц	Степенной метод, метод скалярных произведений, метод частных Рэлея; итерационный метод вращения (Якоби), LU-алгоритм, QR-алгоритм
5	Интерполирование функций	Интерполяционные многочлены Лагранжа, Ньютона, Эрмита, кубические интерполяционные сплайны, нелокальные интерполяционные кубические сплайны; методы восстановления функций (метод выбранных точек, метод средних, метод наименьших квадратов)

Примерные вопросы компьютерного тестирования по теме 2.5:

1. Адекватность при известном законе распределения проверяется:

1) По критериям согласия

2) По критерию хи-квадрат

3) По непараметрическим критериям

4) По критерию Фишера

5) По критерию Стюдента

6) По критерию Манна-Уитни

2. Адекватность проверяется при неизвестном законе распределения:

1) По критериям согласия

2) По критерию хи-квадрат

3) По непараметрическим критериям

4) По критерию Фишера

5) По критерию Стюдента

6) По критерию Манна-Уитни

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-5 Способен к определению направлений реконструкции и технического перевооружения действующего термического производства, уровня специализации и диверсификации производства на перспективу		
ПК-5.1	Определяет направление реконструкции и технического перевооружения действующего термического производства, уровня специализации и диверсификации и производства на перспективу, эффективность действующего термического производства и путей повышения производительности	Примерные задания для аттестации: Теоретические вопросы: 1. Понятие математической модели и общие принципы, этапы ее построения. 2. Концептуальная и математическая постановка задачи 3. Качественный анализ и проверка корректности модели 4. Ошибки 1,2,3,4 рода при построении математических моделей. 5. Адекватность моделей. 6. Применение электронных таблиц для решения инженерных задач численными методами. 7. Вычислительный эксперимент. ПФЭ- факторы, отклики, уровни. Кодирование. Пассивный, активный эксперимент. 8. Схема технологического цикла вычислительного эксперимента. Виды погрешностей. 9. Численные методы решения дифференциальных уравнений теплообмена Пример задания на решение задач из профессиональной области: Задача 1. Определить потенциальную производительность труда для указанного теплотехнического производства: $P_{pot} = \frac{Q_{pot}}{t_{pot}}$ где — максимально достижимый в данных природных условиях на данном уровне развития цивилизации выпуск продукции в единицах измерения данного вида продукции (потенциальная выработка), — минимально необходимые в данных природных условиях на данном уровне развития цивилизации затраты живого труда в единицах времени (потенциальная трудоёмкость). Представить пути повышения производительности труда для указанного теплотехнического производства. Задача 2. Полый стальной шар радиусом 100 мм с внутренней полостью радиусом 20 мм имеет температуру

ости труда	внутренней поверхности $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, внешней поверхности $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определить одномерное температурное поле для стального полого шара при граничных условиях первого рода (ГУ 1). Дано: 1. Геометрические размеры (рис. 1) – радиус внутренней поверхности $R1 = 20\text{ мм}$; – радиус внешней поверхности $R2 = 100\text{ мм}$. 2. Свойства материала: – материал шара сталь; – теплопроводность $\lambda = 45\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. 3. Граничные условия: – температура внутренней поверхности $T1 = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$; – температура внешней поверхности $T2 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Получить одномерное температурное поле сферической стенки для случая, когда температура зависит только от одной координаты. Теплопроводность λ – постоянная величина. Граничные условия соответствуют ГУ 1 рода. Задача 3. 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? Задача 4. Из открытого резервуара через круглое отверстие диаметром $d = 4,5\text{ см}$ в его стенке требуется пропустить расход воды $V = 6\text{ л/с}$. Определить: а) какой напор H обеспечит заданный расход; б) как изменится расход, если к отверстию присоединить внешний цилиндрический насадок диаметром $d = 4,5\text{ см}$ при вычисленном напоре H. Задача 5. Как изменится расход, если к отверстию диаметром 5 см присоединить внешний цилиндрический насадок того же диаметра? Напор над центром отверстия $1,2\text{ м}$. Каким должен быть напор, чтобы расход, проходящий через насадок остался таким же, что и через отверстие? Пример экзаменационной задачи: Задача 1. Исходные данные для газотурбинной установки, работающей с двухступенчатым сжатием и регенерацией теплоты следующие: $t1 = 800\text{ }^{\circ}\text{C}$; $tg1 = 284\text{ }^{\circ}\text{C}$; $tb1 = 134\text{ }^{\circ}\text{C}$; $tb2 = 239\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t3 = 17\text{ }^{\circ}\text{C}$; $tx2 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$; $Vf = 0,5\text{ кг/с}$; $QHP = 42\text{ МДж/кг}$; $\lambda1 = 3,16$; $kT = 0,87$; $kkc = 0,97$; $kt = 0,97$; $kk1 = kk2 = 0,86$. С помощью программных средств определить эффективный КПД, эффективную и внутреннюю мощность газотурбинной установки в зависимости от $\lambda2$, изменяющегося в пределах от $2,1$ до $2,7$. Указать возможности диверсификации газотурбинной установки на перспективу.
------------	---

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 воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.