МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ:
Первый проректор
_____ А.А. Каракозов
(подпись)
«___» марта 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.О.15 «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ»

(код и наименование дисциплины согласно учебному плану)

Направление подготовки: 01.03.04 «Прикладная математика»
(код и наименование направления

Направленность (профиль): «Прикладная математика и кибернетика», «Бизнес-аналитика финансовых систем»
(наименование профиля)

Программа: бакалавриат
(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Форма обучения: очная
(очная, заочная, очно-заочная)

Форма обучения:	очная
Семестр(ы)	6
Общая трудоёмкость в ЗЕТ/часах	4.0/144
Контактная работа (час.):	74
лекции (час.)	17
практические (семинарские) занятия (час.)	17
лабораторные работы (час.)	34
Самостоятельная работа (час.), в том числе	34
курсовой проект(работа) (семестр/час.)	6/27
Контроль (экзамен, час./зачёт)	экзамен, 36

Донецк, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование» составлена в соответствии с учебными планами по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика» (направленность (профиль): «Прикладная математика и кибернетика», «Бизнес-аналитика финансовых систем») для 2023 года приёма по очной форме обучения.

Составитель:
доцент кафедры «Прикладная математика
и искусственный интеллект»
канд. техн. наук _____ Перинская Е.В.
(подпись)

Рабочая программа **рассмотрена и принята** на заседании кафедры «Прикладная математика и искусственный интеллект».

Протокол от «15» марта 2023 года № 8

Заведующий кафедрой _____ Павлыш В.Н.
(подпись)

Рабочая программа **одобрена учебно-методической комиссией** ГОУВПО «ДОННТУ» по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика».

Протокол от «15» марта 2023 года № 3

Председатель _____ Павлыш В.Н.
(подпись)

Рабочая программа **продлена** для 20___ года приёма на заседании кафедры «Прикладная математика и искусственный интеллект».

Протокол от «_____» _____20___ года № ___

Заведующий кафедрой _____ _____
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20___ года приёма на заседании кафедры «Прикладная математика и искусственный интеллект».

Протокол от «_____» _____20___ года № ___

Заведующий кафедрой _____ _____
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20___ года приёма на заседании кафедры «Прикладная математика и искусственный интеллект».

Протокол от «_____» _____20___ года № ___

Заведующий кафедрой _____ _____
(подпись) (Ф.И.О.)

1 ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина рассматривает вопросы теории математического моделирования, исследования устойчивости и влияния структуры сил на устойчивость движения, решения задач оптимального управления, применения математического моделирования для решения научных и технических, фундаментальных и прикладных проблем, исследование математических моделей естественнонаучных, технических, социальных, экономических объектов и систем.

Цель дисциплины – исследование устойчивости и влияния структуры сил на устойчивость движения, решения задач оптимального управления, применения математического моделирования для решения научных и технических, фундаментальных и прикладных проблем, исследование математических моделей естественнонаучных, технических, социальных, экономических объектов и систем.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать: основные математические методы, применяемые для решения исследовательских и проектных задач; принципы организации научной работы, современные методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации; основные понятия, методы и подходы теоретических и экспериментальных исследований с использованием информационно-коммуникационных систем; современные методы разработки и реализации алгоритмов и математических моделей на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования;

уметь: осуществлять проверку адекватности математических моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем; решать научные задачи в соответствии с поставленной целью и выбранной методикой; тестировать разработанные модели, анализировать полученные результаты;

владеть: навыками выбора, доработки и применения математических методов и моделей для решения исследовательских и проектных задач; навыками осуществления научно-исследовательской деятельности с использованием современных информационно-коммуникационных систем и достижений науки и техники; практическим опытом разработки и реализации алгоритмов на базе языков и пакетов прикладных программ моделирования.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– способность обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем (ОПК-2);

– способность использовать математический аппарат и современные компьютерные средства для выполнения научно-исследовательских работ в конкретной области профессиональной деятельности, как самостоятельно, так и по тематике организации (ПК-1);

– способность использовать современные методы разработки и реализации конкретных алгоритмов и математических моделей на базе языков программирования и пакетов прикладных программ моделирования (ПК-5).

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

Дисциплина относится к обязательной части блока 1 дисциплин (модулей) учебного плана. Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении дисциплин «Дифференциальные уравнения», «Вычислительная математика», «Численные методы», «Уравнения математической физики».

Знания и умения, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при изучении дисциплин «Основы нелинейного анализа», «Компьютерные технологии математических исследований».

3 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов (очная)				
	Всего	В том числе			
		Лекции	Практ. (Семин.)	Лабор.	СР
Тема 1. Основные понятия и принципы математического моделирования.	8	2	2	4	-
Тема 2. Математические модели объектов и процессов.	9	2	2	4	1
Тема 3. Уравнения движения и законы сохранения в механике.	9	2	2	4	1
Тема 4. Методы исследования математических моделей.	9	2	2	4	1
Тема 5. Методы качественного анализа.	9	2	2	4	1
Тема 6. Численное моделирование.	9	2	2	4	1
Тема 7. Асимптотические и геометрические методы исследования	10	2	2	5	1

математических моделей.					
Тема 8. Математические модели объектов различных областей науки.	12	3	3	5	1
Контактная работа (дополнительная)	6				6
Курсовой проект	27				27
Итого по видам	108	17	17	34	40
Контроль	36				
Итого:	**144**				

Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	**Темы дисциплины, нацеленные на выработку компетенции**
ОПК-2	Тема 1-5
ПК-1	Тема 6-8
ПК-5	Тема 7

3.2 Лекции

Тема 1. *ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПРИНЦИПЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.*

Моделирование, как метод научного познания. Классификация моделей. Этапы построения математической модели.

Литература к теме 1: [1]

Тема 2. *МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОБЪЕКТОВ И ПРОЦЕССОВ.*

Содержание темы 2:

Простейшие математические модели. Модели, получаемые из фундаментальных законов природы. Вариационные принципы.

Литература к теме 2: [1,3,5]

Тема 3. *УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ И ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ.*

Уравнения движения в форме Ньютона. Уравнения движения в форме Лагранжа. Законы сохранения. Модели некоторых механических систем. Консервативные и диссипативные системы. Влияние структуры сил на устойчивость движения.

Литература к теме 3: [1,2,4]

Тема 4. *МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ.*

Содержание темы 4:

Классификация методов исследования. Точные решения. Начальные задачи. Краевые задачи.

Литература к теме 4: [1,4]

Тема 5. *МЕТОДЫ КАЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА.*

Содержание темы 5:

Устойчивость динамических систем. Устойчивость периодических решений. Орбитальная устойчивость. Фазовые портреты консервативных систем. Предельные циклы. Бифуркации нелинейных динамических систем.

Литература к теме 5: [1,4]

Тема 6. *ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.*

Содержание темы 6:

Методы Рунге-Кутта и экстраполяционные методы. Оценка погрешности и сходимость методов, выбор длины шага. Многошаговые методы и общие линейные методы. Сходимость многошаговых методов, устойчивость.

Литература к теме 6: [1,4]

Тема 7. *АСИМПТОТИЧЕСКИЕ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ.*

Содержание темы 7:

Асимптотические разложения Элементарная теория возмущений, регулярные и сингулярные возмущения. Теорема Тихонова. Метод погранфункций. Метод усреднения.

Литература к теме 7: [1,4]

Тема 8. *МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОБЪЕКТОВ РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЕЙ НАУКИ.*

Содержание темы 8:

Динамика биологических популяций. Логистическое уравнение. Модели сосуществования двух видов. Межвидовая конкуренция. Взаимоотношения типа «хищник-жертва». Модель Лотки-Вольтерра и ее обобщения. Модели экономического равновесия. Модели экономического роста. Конъюнктурные циклы в экономике. Фракталы в математике и природе.

Литература к теме 8: [1,2,3,5]

3.3 Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Тема занятия	Объем, час. очная	Литература
1	Основные понятия и принципы математического моделирования.	2	[1-5]
2	Математические модели объектов и процессов.	2	[1-5]
3	Уравнения движения и законы сохранения в механике.	2	[1-5]
4	Методы исследования математических моделей.	2	[1-5]
5	Методы качественного анализа.	2	[1-5]
6	Численное моделирование.	2	[1-5]

7	Асимптотические и геометрические методы исследования математических моделей.	2	[1-5]
8	Математические модели объектов различных областей науки.	3	[1-5]
Итого:		**17**	

3.4 Лабораторные работы

№ п/п	Тема работы	Объем, час. очная	Литература
1	Математические модели объектов и процессов.	4	[2,4]
2	Уравнения движения и законы сохранения в механике.	5	[2,4]
3	Методы исследования математических моделей.	5	[2,4]
4	Методы качественного анализа.	5	[2,4]
5	Численное моделирование.	5	[2,4]
6	Асимптотические и геометрические методы исследования математических моделей.	5	[2,4]
7	Математические модели объектов различных областей науки.	5	[2,4]
Итого:		**34**	

3.5 Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час. очная
1	Изучение лекционного материала (не менее 50% от объема лекций)	4
2	Подготовка к практическим занятиям (не менее 50% от объема аудиторных практических занятий)	2
3	Подготовка к лабораторным работам (не менее 50% от объема аудиторных лабораторных занятий)	1
4	Выполнение курсового проекта (27 часов)	27
5	Контактная работа(дополнительная)	6
Итого:		**40**

3.6 Курсовой проект

Тема курсового проекта: «Моделирование и анализ нелинейной динамической системы». Тема курсового проекта связана с самостоятельной разработкой модели нелинейной системы и выполнения анализа ее динамики в

среде MatLab. Выполнение курсового проекта потребует от студентов самостоятельного изучения тем в соответствии с [1].

Объем учебной нагрузки при выполнении курсового проекта – 27 часов.

Рекомендуемый объем пояснительной записки по курсовому проекту - не менее 25 страниц формата А4(210×297мм).

4 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

4.1 Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций

Составляющая компетенции – полнота знаний

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы / ответы на два вопроса из трех полностью отсутствуют. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- минимальный уровень: даны не полные, не точные и аргументированные ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований. Допущено много грубых ошибок;
- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;
- средний уровень: Даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

Составляющая компетенции – умения

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;
- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу. Не ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;
- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;

- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- высокий уровень: Понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой зарубежный опыт, нормативно-правовые акты.

Составляющая компетенции – владение навыками

- нулевой уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- минимальный уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- пороговый уровень: владеет опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию на пороговом уровне. Трудовые действия выполняет медленно и некачественно;
- средний уровень: владеет средним опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Трудовые действия выполняет на среднем уровне по быстроте и качеству;
- продвинутый уровень: владеет опытом и достаточно выраженной личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия;
- высокий уровень: владеет опытом и выраженностью личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия.

Обобщенная оценка сформированности компетенций

- нулевой уровень: компетенции не сформированы;
- минимальный уровень: значительное количество компетенций не сформировано;
- пороговый уровень: все компетенции сформированы, но большинство на пороговом уровне;
- средний уровень: все компетенции сформированы на среднем уровне;
- продвинутый уровень: все компетенции сформированы на среднем или высоком уровне;
- высокий уровень: все компетенции сформированы на высоком уровне.

4.2 Вопросы к экзамену

1. Понятие модели, моделирования.
2. Построение интерполяционного многочлена Лагранжа.
3 Постановка задачи равномерного приближения. Существование решения. Теорема Хаара.
4. Предметные, аналоговые и математические модели.
5. Построение тригонометрического интерполяционного многочлена.
6. Теорема Чебышева об альтернансе.
7. Общая схема метода моделирования сложных систем.
8. Интерполяционный многочлен в форме Ньютона
9. Алгоритм построения альтернанса.
10. Линейная интерполяция.
11. Определение сглаживающего сплайна. Алгоритм построения.
12. Алгоритм быстрого преобразования Фурье.
13. Классификация моделей.
14. Многочлены Эрмита.
15. Модель Больцмана–Вольтера.
16. Построение стационарной модели по дискретному набору данных.
17. Задачи на построение эрмитовых сплайнов.
18. Вычисление коэффициентов ряда Фурье. Прямое и обратное преобразование Фурье .
19. Связь задачи идентификации параметров стационарной модели типа “черный ящик” с задачей интерполяции функции.
20. Неравенство Коши–Буняковского.
21. Вейвлет–преобразование.
22. Связь задачи идентификации параметров стационарной модели типа “черный ящик” с задачей наилучшего приближения функции.
23. Общая постановка задачи наилучшего приближения в гильбертовом пространстве.
24. Преобразование Лапласа. Обратное преобразование (формула Меллина).
25. Системы Чебышева.
26. Метод наименьших квадратов.
27. Построение кубического сплайна Эйлера.
28. Метод математического моделирования.
29. Интерполяция с кратными узлами.
30. Общая схема математического моделирования процесса с учетом эффектов памяти на основе дифференциальных и интегральных уравнений.

4.3 Пример экзаменационного билета

ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Квалификационный уровень *бакалавр*
Направление подготовки *01.03.04 Прикладная математика*
Направленность (профиль) *«Прикладная математика и кибернетика»,*
«Бизнес-аналитика финансовых систем»
Семестр: *6*
Учебная дисциплина *Математическое моделирование*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Понятие модели, моделирования.
2. Построение интерполяционного многочлена Лагранжа.
3. Постановка задачи равномерного приближения. Существование решения. Теорема Хаара.

Утверждено на заседании кафедры ПМИИ
протокол №____ от _____
Зав. каф.
д.т.н., проф. Павлыш В.Н.
Экзаменатор
к.т.н. Перинская Е.В.

4.4 Критерии оценивания

Текущий контроль знаний студентов производится по результатам контрольных опросов в ходе проведения лабораторных работ. Выполнение лабораторных работ с защитой отчёта предусмотренных рабочей программой дисциплины, является необходимым условием получения допуска к экзамену.

Распределение баллов текущего контроля работы студента на протяжении семестра приведено в таблице 1.

Дополнительно может проводиться по вопросам опрос в устной форме. Содержание вопросов приведено выше. Оценка дополнительного опроса отражается как повышение баллов, если студент:

– в целом раскрыл содержание материала в области, предусмотренной вопросом; изложил материал достаточно грамотным языком в определенной логической последовательности, точно использовал терминологию;

– отвечал практически самостоятельно без значительного числа наводящих вопросов.

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины проводится в форме экзамена в соответствии с «Положением об организации учебного процесса в Донецком национальном техническом университете», утвержденном приказом ДонНТУ от 02.05.2018г. № 337-14.

Определение уровня знаний студентов осуществляется в соответствии с критериями оценивания знаний, являющимися составляющей учебно-методического комплекса дисциплины. Форма проведения экзамена – письменная. Экзаменационный билет включает в себя 3 теоретических вопроса. При оценивании студента на экзамене преподаватель руководствуется критериями, приведенными в таблице 2.

Таблица 1 – Распределение баллов текущего контроля

Форма контроля		Максимально возможное количество баллов
Защита лабораторных работ	тема 1	5
	тема 2	5
	тема 3	5
	тема 4	5
	тема 5	5
	тема 6	5
	тема 7	5
	тема 8	5
Итого по лабораторным работам (максимально возможное) Оценивается каждая тема.		**40**
ИТОГО (максимально возможное)		**40**

Таблица 2 – Распределение баллов по семестровому экзамену

Форма контроля		Максимально возможное количество баллов
Ответ на вопросы экзаменационного билета	вопрос 1	20
	вопрос 2	20
	вопрос 3	20
ИТОГО:		**60**

Соответствие государственной шкалы оценивания академической успеваемости и шкалы ECTS приводится ниже.

По шкале ECTS	**По государственной шкале**	**Определение**
A	«Отлично»	отлично – отличное выполнение с незначительным количеством неточностей
B	«Хорошо»	хорошо – в целом правильно выполненная работа с незначительным количеством ошибок (до 10%)
C		хорошо – в целом правильно выполненная работа с незначительным количеством ошибок (до 15%)
D	«Удовлетворительно»	удовлетворительно – неплохо, но со значительным количеством недостатков
E		достаточно – выполнение удовлетворяет минимальные критерии
FX	"неудовлетворительно" с возможностью повторной аттестации	неудовлетворительно – надо поработать над тем, как получить положительную оценку

4.5 Пример текущего опроса на практических занятиях

1. Понятие модели, моделирования.
2. Построение интерполяционного многочлена Лагранжа.
3 Постановка задачи равномерного приближения. Существование решения. Теорема Хаара.
4. Предметные, аналоговые и математические модели.
5. Построение тригонометрического интерполяционного многочлена.
6. Теорема Чебышева об альтернансе.
7. Общая схема метода моделирования сложных систем.
8. Интерполяционный многочлен в форме Ньютона
9. Алгоритм построения альтернанса.
10. Линейная интерполяция.
11. Определение сглаживающего сплайна. Алгоритм построения.
12. Алгоритм быстрого преобразования Фурье.
13. Классификация моделей.
14. Многочлены Эрмита.
15. Модель Больцмана–Вольтера.
16. Построение стационарной модели по дискретному набору данных.
17. Задачи на построение эрмитовых сплайнов.
18. Вычисление коэффициентов ряда Фурье. Прямое и обратное преобразование Фурье .
19. Связь задачи идентификации параметров стационарной модели типа “черный ящик” с задачей интерполяции функции.
20. Неравенство Коши–Буняковского.
21. Вейвлет–преобразование.
22. Связь задачи идентификации параметров стационарной модели типа “черный ящик” с задачей наилучшего приближения функции.
23. Общая постановка задачи наилучшего приближения в гильбертовом пространстве.
24. Преобразование Лапласа. Обратное преобразование (формула Меллина).
25. Системы Чебышева.
26. Метод наименьших квадратов.
27. Построение кубического сплайна Эйлера.
29. Метод математического моделирования.
29. Интерполяция с кратными узлами.
30. Общая схема математического моделирования процесса с учетом эффектов памяти на основе дифференциальных и интегральных уравнений.

4.6 Курсовое проектирование

Согласно учебному плану, по дисциплине "Математическое моделирование" предусмотрен курсовой проект. Примерная тематика курсовых проектов:

Построить временной ряд и аттрактор. Выполнить статистический и спектральный анализ системы. Для дискретных отображений построить бифуркационное дерево.

Варианты (обозначение согласно методическим указаниям [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]):

Динамические системы в экономике

1. Уравнение 2.62. п. 2.62.
2. Уравнение 2.68. п. 2.63.
3. Логист. Непр. Уравнение п. 3.4.1.

Кузнецов Наглядные образы хаоса

4. Уравнение (4)

Социально-эконом. Системы (1.pdf)

5. Линейные модели 3.1.3 – 3.1.5
6. Уравнение 3.1.6 Лотки-Вольтерра
7. Уравнение 3.2.2
8. Уравнение 3.2.3

Стационарные нелинейные волны (NelWav2.pdf)

9. Формула 8.3
10. Уравнение Sin-Гордона

5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

I. Основная литература

1. Никонов, О. И. Математическое моделирование и методы принятия решений : учебное пособие / О. И. Никонов, С. В. Кругликов, М. А. Медведева ; под редакцией А. А. Астафьев. — Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 100 с. — ISBN 978-5-7996-1562-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/69624.html. — Режим доступа: для авторизир. пользователей http://www.iprbookshop.ru/69624.html

2. Москалев: учебное пособие для студентов агроинженерного факультета по направлению 35.03.06 - «Агроинженерия» / П. В. Москалев, В. П. Шацкий. — Воронеж : Воронежский Государственный Аграрный Университет им. Императора Петра Первого, 2015. — 70 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/72724.html. — Режим доступа: для авторизир. http://www.iprbookshop.ru/72724.html

3. Губарь, Ю. В. Введение в математическое моделирование / Ю. В. Губарь. — 2-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. — 178 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/73662.html. — Режим доступа: для авторизир. пользователей http://www.iprbookshop.ru/73662.html

II. Дополнительная литература

4. Дуев, С. И. Решение задач математического моделирования в системе MathCAD : учебное пособие / С. И. Дуев. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. — 128 с. — ISBN 978-5-7882-2251-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/79498.html. — Режим доступа: для авторизир. пользователей http://www.iprbookshop.ru/79498.html

5. Ахмадиев, Ф. Г. Математическое моделирование и методы оптимизации : учебное пособие / Ф. Г. Ахмадиев, Р. М. Гильфанов. — Казань : Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 179 с. — ISBN 978-5-7829-0534-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/73309.html . — Режим доступа: для авторизир. пользователей http://www.iprbookshop.ru/73309.html

6. Введение в математическое моделирование : учебное пособие / В. Н. Ашихмин, М. Б. Гитман, И. Э. Келлер [и др.]. — Москва : Логос, 2016. — 440 с. — ISBN 978-5-98704-637-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: https://www.iprbookshop.ru/66414.htm l. — Режим доступа: для авторизир. пользователей http://www.iprbookshop.ru/66414.html

6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебно-методические издания, разработанные в ДонНТУ:

7 Конспект лекций по курсу «Математическое моделирование» (для студентов направления подготовки 01.03.04 Прикладная математика)/ Перинская Е.В. - Донецк: ДонНТУ, 2022. (доступ через личный кабинет студента)

8 Методические рекомендации для проведения практических занятий по дисциплине "Математическое моделирование" : для обучающихся по направлению подготовки 01.04.04 "Прикладная математика" всех форм обучения / ГОУВПО "ДОННТУ", Каф. приклад. математики и искусств. интеллекта ; сост. Е. В. Перинская. - Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2022. - URL: http://ed.donntu.ru/books/23/m8902.pdf

9 Методические рекомендации для проведения лабораторных работ по дисциплине "Математическое моделирование" : для обучающихся по направлению подготовки 01.04.04 "Прикладная математика" всех форм обучения / ГОУВПО "ДОННТУ", Каф. приклад. математики и искусств. интеллекта ; сост. Е. В. Перинская. - Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2022. - URL: http://ed.donntu.ru/books/23/m8899.pdf

10 Методические рекомендации для проведения курсовой работы по дисциплине "Математическое моделирование" : для обучающихся по направлению подготовки 01.04.04 "Прикладная математика" всех форм обучения / ГОУВПО "ДОННТУ", Каф. приклад. математики и искусств. интеллекта ; сост. Е. В. Перинская. - Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2022. - URL: http://ed.donntu.ru/books/23/m8904.pdf

11. Методические указания к выполнению самостоятельной работы по курсу «Математическое моделирование» (для студентов направления подготовки 01.03.04 Прикладная математика) / Перинская Е.В. - Донецк: ДонНТУ, 2022. (доступ через личный кабинет студента)

Электронно-информационные ресурсы

ЭБС ДОННТУ – http://library.donntu.ru

ЭБС IPR SMART – http://www.iprbookshop.ru.

Internet-ресурсы

12. Основные понятия математического моделирования. Режим доступа: http://www.studfiles.ru/preview/6339322/

12 Математическое моделирование. Режим доступа: http://www.pedsovet.info/info/pages/referats/info_00002.htm

7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционные занятия:

Компьютерный класс №11.421, учебный корпус 11, для выполнения лабораторных работ, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций:

- мультимедийное оборудование: компьютеры Intel Celeron 2.3 mhz/760 Mb,/40 Gb (8 шт.) Мониторы Samsung (8 шт.) ОС – Microsoft Windows XP Professional – бесплатная версия, MS Office 2003, Dev C++ 4/9, 3D MAX,

MATHCAD, PYTHON – бесплатные версии. Компьютеры Intel Xeon (R 5450, L5420) 4 mhz/8 & 6 gb, 465 gb (2 шт.) Монитор TTF, ОС – Microsoft Windows 10– бесплатная версия, MS Office 2003, Dev C++ 4/9, 3D MAX, MATHCAD, PYTHON – бесплатные версии

- специализированная мебель: доска аудиторная, парты.

2. Практические занятия:

Компьютерный класс №11.421, учебный корпус 11, для выполнения лабораторных работ, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций:

- мультимедийное оборудование: компьютеры Intel Celeron 2.3 mhz/760 Mb,/40 Gb (8 шт.) Мониторы Samsung (8 шт.) ОС – Microsoft Windows XP Professional – бесплатная версия, MS Office 2003, Dev C++ 4/9, 3D MAX, MATHCAD, PYTHON – бесплатные версии. Компьютеры Intel Xeon (R 5450, L5420) 4 mhz/8 & 6 gb, 465 gb (2 шт.) Монитор TTF, ОС – Microsoft Windows 10– бесплатная версия, MS Office 2003, Dev C++ 4/9, 3D MAX, MATHCAD, PYTHON – бесплатные версии

- специализированная мебель: доска аудиторная, парты.

3. Лабораторные работы:

Компьютерный класс №11.421, учебный корпус 11, для выполнения лабораторных работ, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций:

- мультимедийное оборудование: компьютеры Intel Celeron 2.3 mhz/760 Mb,/40 Gb (8 шт.) Мониторы Samsung (8 шт.) ОС – Microsoft Windows XP Professional – бесплатная версия, MS Office 2003, Dev C++ 4/9, 3D MAX, MATHCAD, PYTHON – бесплатные версии. Компьютеры Intel Xeon (R 5450, L5420) 4 mhz/8 & 6 gb, 465 gb (2 шт.) Монитор TTF, ОС – Microsoft Windows 10– бесплатная версия, MS Office 2003, Dev C++ 4/9, 3D MAX, MATHCAD, PYTHON – бесплатные версии

- специализированная мебель: доска аудиторная, парты.

4. Самостоятельная работа:

Помещения для самостоятельной работы с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации: читальные залы, учебные корпуса 2,3 (Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (ЭИОС ДОННТУ) и электронно-библиотечную систему (ЭБС IPRbooks), а так-же возможностью индивидуального неограниченного доступа обучающихся в ЭБС и ЭИОС посредством Wi-Fi с персональных мобильных устройств. ОС- Microsoft Windows 7, OpenOffice 2.0.3 – общественная лицензия MPL 2.0/ Grub loader for ALT Linux - лицензия GNU LGPL v3/ Mozilla Firefox - лицензия MPL2.0, Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) - ли-цензия GNU GPLect-OrientedDynamicLearning Environment, лицензия GNUGPL.