

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий государственный университет»

Факультет математики и информационных технологий
Кафедра теории упругости и вычислительной математики
имени академика А.С. Космодамианского

УТВЕРЖДАЮ
проректор

_____ П. А. Машаров
«17» апреля 2025 г.
МП

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ПРИКЛАДНОЕ НЕЧЕТКО-МНОЖЕСТВЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

| | |
|---|--|
| Укрупненная группа направлений подготовки | 01.00.00 Математика и механика |
| Программа высшего образования | Программа бакалавриата |
| Направление подготовки | 01.03.02 Прикладная математика и информатика |
| Профиль подготовки | Прикладная математика и информатика |
| Квалификация | Бакалавр |
| Форма обучения | Очная |

Рабочая программа может быть адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2025

Рабочая программа дисциплины **«Прикладное нечетко-множественное моделирование»** для обучающихся по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика (Профиль: Прикладная математика и информатика), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 января 2018 г. № 9 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2025 года.

Разработчик:

доцент кафедры теории упругости
и вычислительной математики
им. акад. А.С. Космодамианского,
канд. физ.-мат. наук, доцент

Е.В. Авдюшина

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики им. акад. А.С. Космодамианского.
Протокол от 03.04.2025 г. № 10.

И.о. заведующего кафедрой

И. А. Моисеенко

СОГЛАСОВАНО:

Декан факультета математики и
информационных технологий
16.04.2025 г.

И. А. Моисеенко

Учебно-методическая комиссия факультета математики и информационных технологий.
Протокол от 16.04.2025 г. № 3.
Председатель

Л. И. Селякова

Руководитель основной образовательной
программы, д-р физ.-мат. наук, доц.
03.04.2025 г.

Р. Н. Нескородев

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

дисциплины программы бакалавриата: Математический анализ, Алгебра и геометрия, Дифференциальные уравнения, Дискретная математика, Комплексный анализ, Теория вероятностей и математическая статистика, Численные методы.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Производственная практика: преддипломная практика.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

| Наименование показателя | Значение показателя |
|---|---|
| Название образовательной программы (далее – ОП) | 01.03.02 Прикладная математика и информатика (Профиль: Прикладная математика и информатика) |
| Шифр и название в соответствии с учебным планом | Б1.Б. Прикладное нечетко-множественное моделирование |
| Часть образовательной программы | Базовая часть |
| Количество зачетных единиц / всего часов | 3 / 108 |

В случае предъявления от обучающегося или его родителя (законного представителя) заявления на обучение по адаптированной образовательной программе высшего образования, подкрепленного заключением психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК) или медико-социальной экспертизы (МСЭ) с рекомендациями создания индивидуальной программы реабилитации и абилитации (ИПРА), данная рабочая программа может быть адаптирована с учетом индивидуальных особенностей здоровья обучающегося.

2.2. Распределение часов по формам и периодам обучения

| Форма обучения | курс | семестр | Общее количество часов | | | | | Форма контроля |
|----------------|------|---------|------------------------|--------------|--------------|-----------------------------------|-------|----------------|
| | | | лекционных | лабораторных | практических | самостоятельной работы + контроль | всего | |
| Очная | 4 | 8 | 12 | 24 | - | 72 | 108 | зачет |

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Усвоение теоретических знаний и приобретение навыков в области построения и анализа многокритериальных математических моделей процессов в условиях неопределенности на основе теории разветвленных систем иерархической структуры и теории нечетких множеств.

4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

4.1. Компетенции

ОПК-3. Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности.

4.2. Индикаторы компетенций

ОПК-3.1. Применяет и модифицирует нечеткие математические модели для решения прикладных задач.

4.3. Результаты обучения

ОПК-3.1.1. Знает понятия нечетко-множественного моделирования в контексте профессиональной деятельности.

ОПК-3.1.2. Умеет строить простые нечетко-множественные математические модели для решения прикладных задач.

ОПК-3.1.3. Аргументированно применяет принципы нечетких множеств при решении прикладных задач.

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

| Название темы | Краткое содержание темы (вопросы темы) |
|--|--|
| Раздел 1. Прикладное нечетко-множественное моделирование | |
| Основные элементы аппарата нечеткой математики | Основные принципы математического моделирования. Методы учета факторов неопределенности в математических моделях. Определение понятия нечетких множеств. Нечеткие числа и нечеткие интервалы. Операции с нечеткими множествами. Арифметические операции с нечеткими числами. Арифметические операции с нечеткими интервалами. Сравнение нечетких интервалов. Нечеткие множества с элементами лингвистической природы. Методы построения функций принадлежности для нечетких множеств. Принцип обобщения в описании нечетких функциональных зависимостей. |
| Конструирование и схемы анализа многокритериальных нечетких иерархических моделей разветвленной структуры. | Общая концепция метода анализа иерархий Т. Саати. Построение иерархических моделей с нечеткими частными критериями. Общие принципы анализа многокритериальных моделей с нечеткими частными критериями. |
| Нечетко-множественное моделирование деформационных процессов | Прикладные модели нечеткого оценивания статических характеристик деформационных процессов |

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 2, семестр – 4

| Наименования разделов и тем | Количество часов | | | | |
|-------------------------------|------------------|--------|--------|-------|-------|
| | Лекц. | Лабор. | Практ. | СРС+К | Всего |
| Раздел 1. Прикладное нечетко- | 12 | 24 | | 72 | 108 |

| | | | | | |
|--|----|----|---|----|-----|
| множественное моделирование | | | | | |
| Основные элементы аппарата нечеткой математики | 4 | 8 | — | 24 | 36 |
| Конструирование и схемы анализа многокритериальных нечетких иерархических моделей разветвленной структуры. | 4 | 8 | — | 24 | 36 |
| Нечетко-множественное моделирование деформационных процессов | 4 | 8 | — | 24 | 36 |
| ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОП | 12 | 24 | — | 72 | 108 |

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

1. Определение понятия нечетких множеств.
2. Определение понятия нечетких чисел и нечетких интервалов.
3. Определения основных операции с нечеткими множествами.
4. Определения основных арифметических операций с нечеткими интервалами и операций сравнения нечетких интервалов.
5. Понятие нечетких множеств с элементами лингвистической природы.
6. Методы построения функций принадлежности для нечетких множеств.
7. Принцип обобщения в описании нечетких функциональных зависимостей.
8. Методы учета факторов неопределенности в математических моделях функционирования социально-экономической сферы и моделях технологических процессов.
9. Конструирование представлений размытых данных нечеткими множествами, нечеткими числами и нечеткими интервалами.
10. Конструирование нечетких множеств с элементами лингвистической природы.
11. Применение принципа обобщения для описания нечетких функциональных зависимостей.
12. Общая концепция метода анализа иерархий Т. Саати.
13. Основные подходу к учету факторов неопределенности в математических моделях функционирования социально-экономической сферы и моделях технологических процессов.
14. Общие принципы анализа многокритериальных моделей с нечеткими частными критериями и многокритериальной оптимизации.
15. Методики конструирования и схемы анализа нечетких иерархических моделей.
16. Приемы построения иерархических моделей с нечеткими частными критериями.
17. Методы свертки нечетких частных критериев в разветвленных иерархических моделях.
18. Определение понятия математической модели.
19. Аналитическое и имитационное моделирование.
20. Классификация типов моделей.
21. Основные этапы процесса математического моделирования.
22. Методологические принципы построения моделей.
23. Этапы процесса математического моделирования.
24. Типы параметров моделей.
25. Принцип несовместимости.
26. Особенности моделей поддержки принятия решений

27. Факторы и источники неопределенности информационной среды моделирования.
28. Этапы анализа неопределенностей в математических моделях.
29. Принципы и методы оперирования с неопределенностями.
30. Базовые способы формализации неопределенностей.
31. Вероятностное моделирование неопределенностей.
32. Методы оперирования неопределенностями, базирующиеся на теории возможностей.
33. Определение и основные атрибуты понятия нечеткого множества.
34. Операции с нечеткими множествами.
35. Лингвистические нечеткие переменные.
36. Альфа-срезы и представления нечетких множеств суперпозициями множеств альфа-срезов.
37. Эвристический принцип расширения и его модифицированные формы записи.
38. Нечеткие нормальные трапецеидальные интервалы.
39. Соотношения арифметики нечетких нормальных трапецеидальных интервалов.
40. Основные методы построения функций принадлежности для нечетких множеств.
41. Концепция иерархического моделирования.
42. Классическая схема метода анализа иерархий.
43. Общая схема анализа разветвленной иерархической модели с нечеткими частными критериями.
44. Методики определения рангов частных критериев.
45. Формирование матриц парных сравнений.
46. Методы свертки нечетких частных критериев (аддитивная, мультипликативная, минимизационная).
47. Парето - оптимальные решения.
48. Общая концепция использования эвристического принципа расширения для анализа прикладных моделей нечеткого оценивания статических и динамических характеристик деформационных процессов.
49. Способ задания имеющих разбросы экспериментальных значений экзогенных параметров прикладных моделей нечеткого оценивания статических и динамических характеристик деформационных процессов.
50. Запись эндогенных характеристик моделей нечеткого оценивания статических и динамических характеристик деформационных процессов на базе использования модифицированной формы эвристического принципа расширения.
51. Общая конструкция модели нечеткого оценивания значений фазовых скоростей объемных упругих волн.
52. Общая конструкция модели нечеткого оценивания характеристик отражения – преломления объемных волн у границы раздела разнородных изотропных полупространств.
53. Общая конструкция модели оценивания параметра толщины деформируемого слоя по нечетким данным о длительности задержки диагностического импульса.
54. Общая конструкция модели нечеткого оценивания амплитуд ангармонических возмущений для объемных волн сдвига в трансверсально-изотропных средах.
55. Общая конструкция модели оценки влияния нечеткости эксцентриситета эллиптического отверстия в ортотропной пластине на показатели концентрации механических напряжений

8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже.

Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и лабораторных занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

Самостоятельная работа оценивается на основе предоставленных на проверку выполненных домашних, индивидуальных заданий с учетом своевременности их предоставления и соответствия требованиям к их выполнению.

Количество баллов за контрольную работу вычисляется как сумма баллов за все входящие в её состав задания. Каждое задание оценивается исходя из максимально возможного количества баллов с учетом правильности выполнения задания, полноты приводимых обоснований.

По результатам работы в семестре обучающийся, набравший не менее 60 баллов, имеет право получить оценку. Те, кто претендует на более высокий балл, проходят промежуточную аттестацию. Максимальное количество баллов на промежуточной аттестации – 100. Общее количество баллов за семестр вычисляется как максимальная из полученных за семестр и на промежуточной аттестации и выставляется согласно принятому порядку.

| Номера разделов | Виды работ | Максимальное количество баллов |
|-----------------------|--|--------------------------------|
| 1-2 | Организационно-учебная работа студента в аудитории | 5 |
| | Самостоятельная работа и лабораторные работы | 70 |
| | Контрольная работа | 25 |
| ИТОГО | | 100 |
| Экзамен | | 100 |
| Общий итог за семестр | | 100 |

Соответствие баллов оценке

| Количество баллов из 100 | ECTS | Оценка по пятибалльной шкале | |
|--------------------------|------|-----------------------------------|------------|
| | | Экзамен, дифференцированный зачет | Зачет |
| 90-100 | A | отлично | зачтено |
| 80-89 | B | хорошо | зачтено |
| 75-79 | C | | зачтено |
| 70-74 | D | удовлетворительно | зачтено |
| 60-69 | E | | зачтено |
| 35-59 | FX | неудовлетворительно | не зачтено |
| 0-34 | F | | не зачтено |

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в Главном корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Гурова, 6). Для проведения занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для

студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в учебно-методическом кабинете Главного корпуса (ауд. 605).

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные на платформе Moodle Центра дистанционного образования ФГБОУ ВО «ДонГУ». При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

10. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

10.1. Основная литература

1. Сторожев В.И. Современные проблемы прикладной математики и информатики: алгоритмы нечеткого моделирования в прикладных естественнонаучных, психолого-правовых и социально-экономических исследованиях: учебное пособие / Сторожев В.И., Сторожев С.В., Устинов Д.В., Устинова Н.В. -2-е изд., перераб. и доп. - Донецк ДонНУ, 2019. - 168 с
2. Сторожев В.И. Основы современных методов прикладного нечеткого моделирования: учебно-методическое пособие / Сторожев В.И., Сторожев СВ, Устинов Д.В., Устинова Н.В. - 2 - е изд., перераб. и доп. - Донецк: ДонНУ, 2019. - 87 с.
3. Давыдов Э.Г. Исследование операций: [Учеб. пособие для вузов по специальностям "Прикл. математика" и "Экон. кибернетика"] / Э.Г. Давыдов. - М.: Высш. шк., 1990.- 382 с.
4. Дегтярев Ю.И. Исследование операций: [Учеб. для вузов по специальности "АСУ"] / Ю.И. Дегтярев. - М.: Высш. шк., 1986. - 319 с.
5. Яхьяева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети: учеб. пособие / Г.Э. Яхьяева. - М.: Интернет-ун-т информ. технологий: Бином. Лаб. знаний, 2006. - 316 с.
6. Саати Т. Аналитическое планирование: Организация систем / Саати Томас, Кернс Кевин; Пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе, Под ред. И.А. Ушакова. - М.: Радио и связь, 1991. - 224 с.
7. Борисов А.Н. Принятие решений на основе нечетких моделей: Примеры исполъз. / А.Н. Борисов, О.А. Крумберг, И.П. Федоров, Риж. техн. ун-т. - Рига: Зинатне, 1990. - 184 с.

10.2. Дополнительная литература

8. Количественные методы в экономических исследованиях : учеб. для студентов вузов. / [Ю.Н. Черемных, А.А. Любкин, В.В. Пахомов и др.]; Под ред. М. В. Грачевой и др. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. - 791 с
9. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений / [А.Н. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьева и др.]. - М.: Радио и связь, 1989. - 302 с.
10. Нечеткие множества и теория возможностей: Последние достижения / Под. ред Р.Р. Ягера ; Пер. с англ. В.Б. Кузьмина ; Под. ред. С.И. Травкина. - М.: Радио и связь, 1986. - 406 с.

11. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.
2. **eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
3. Научная электронная библиотека **«КиберЛенинка»:** сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
4. Электронно-библиотечная система **«Лань»:** [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
5. **ЭБС Юрайт:** электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://biblio-online.ru> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ:** сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
7. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.
8. **Электронный архив ДонГУ:** раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 01.09.2023). – Режим доступа: свободный.

12. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).