

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

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

Физико-технический факультет
Кафедра физики неравновесных процессов метрологии и экологии
им. И.Л. Повха

УТВЕРЖДАЮ
проректор

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

| | |
|--|--|
| Укрупненная группа направлений подготовки | 20.00.00 Техносферная безопасность и природообустройство |
| Программа высшего образования | Программа бакалавриата |
| Направление подготовки | 20.03.01 Техносферная безопасность |
| Направленность (профиль) образовательной программы | Техносферная безопасность |
| Специализация | |
| Квалификация | Бакалавр |
| Форма обучения | Очная, заочная |

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

Донецк 2025

Рабочая программа дисциплины **«Математическое моделирование процессов в окружающей среде»** для обучающихся по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность (Профиль: Техносферная безопасность), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 25 мая 2020 г. N 680 (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 физики неравновесных процессов,
метрологии и экологии им. И.Л. Повха, канд., техн.
наук

Е.Д. Пометун

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры физики неравновесных процессов
метрологии и экологии им. И.Л. Повха
Протокол от 03.04.2025 г. № 16.

Заведующий кафедрой

П. В. Асланов

СОГЛАСОВАНО:

И.о. декана физико-технического факультета
16.04.2025 г.

С. А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета
Протокол от 16.04.2025 г. № 4.
Председатель

В.Н. Котенко

Руководитель основной образовательной
программы, доц., канд. физ.-мат. наук, ст. научн.
сотр.
03.04.2025 г.

П. В. Асланов

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

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

«Основы программирования», «Информатика и информационно-коммуникационные технологии», «Дискретная математика».

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

Автоматизация измерений, контроля и испытаний.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

| Наименование показателя | Значение показателя |
|---|---|
| Название образовательной программы | 20.03.01 Техносферная безопасность (Профиль: Техносферная безопасность) |
| Шифр и название в соответствии с учебным планом | Б1.В.ОД.7 Математическое моделирование процессов в окружающей среде |
| Часть образовательной программы | Вариативная часть: выбор вуза |
| Количество зачетных единиц / всего часов | 5 / 180 |

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 | 7 | 26 | 52 | 52 | 50 | 180 | экзамен |
| Заочная | 4 | 7 | 6 | 10 | 10 | 154 | 180 | экзамен |

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование у студентов современного естественно-научного экологического мировоззрения, на основе использования основных законов естественнонаучных дисциплин приобретения знаний, необходимых для понимания личностной ответственности и причастности к исследованию сложных межатраслевых проблем рационального использования, воспроизводства природных ресурсов, а также овладению методами математического анализа.

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

4.1. Компетенции

ПК-1. Способность проводить экологический анализ мероприятий и проектов по повышению эффективности природоохранной деятельности организации

4.2. Индикаторы компетенций.

ПК – 1.1. Способен осуществлять планирование и документальное сопровождение деятельности по соблюдению или достижению нормативов допустимого воздействия на окружающую среду.

4.3. Результаты обучения

ПК-1.1.1 Знает принципы разработки базовых документов, определяющих порядок организации производственного экологического контроля (положение о ПЭК, программа ПЭК, планы-графики эколого-аналитического контроля, инструкции для работников, осуществляющих ПЭК).

ПК-1.1.2 Умеет разрабатывать планы мероприятий по охране окружающей среды, проекты программы повышения экологической эффективности в организации в соответствии с требованиями нормативных правовых актов в области охраны окружающей среды.

ПК-1.1.3 Способен формировать обосновывающие материалы к плану мероприятий по охране окружающей среды и к программе повышения экологической эффективности.

| Компетенции | Индикаторы | Результаты обучения |
|--|--|---|
| ПК-1. Способность проводить экологический анализ мероприятий и проектов по повышению эффективности природоохранной деятельности организации | ПК – 1.1. Способен осуществлять планирование и документальное сопровождение деятельности по соблюдению или достижению нормативов допустимого воздействия на окружающую среду. | ПК-1.1.1 Знает принципы разработки базовых документов, определяющих порядок организации производственного экологического контроля (положение о ПЭК, программа ПЭК, планы-графики эколого-аналитического контроля, инструкции для работников, осуществляющих ПЭК). ПК-1.1.2 Умеет разрабатывать планы мероприятий по охране окружающей среды, проекты программы повышения экологической эффективности в организации в соответствии с требованиями нормативных правовых актов в области охраны окружающей среды. ПК-1.1.3 Способен формировать обосновывающие материалы к плану мероприятий по охране окружающей среды и к программе повышения экологической эффективности. |

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

| Название темы | Краткое содержание темы (вопросы темы) |
|--|---|
| Раздел 1. Математические модели переноса и рассеяния примеси в атмосфере | |
| Математические модели переноса и рассеяния примеси в атмосфере | 1.1. Закономерности распространения загрязняющих веществ в атмосфере. |

| | |
|--|--|
| | Полуэмперическое уравнение турбулентной диффузии |
| Аналитические методы решения краевых задач в математической модели турбулентной диффузии при постоянной скорости ветра | 2.1 Основные предложения и соотношения 2.2 Мгновенные точечные источники 2.3 Диффузия различных примесей (легкой, тяжелой примесей и частиц примеси среднего размера). Граничные условия 2.4 Гауссово приближение решения полуэмперического уравнения турбулентной диффузии. Применение метода преобразования координат для решения полуэмпирического уравнения турбулентной диффузии |
| Раздел 2. Численные методы решения задач рассеяния и переноса | |
| Численные методы решения задач рассеяния и переноса | 3.1 Конечно-разностные аппроксимации 3.2 Методы расщепления (по координатам и по физическим процессам) |
| Клеточно-автоматное моделирование диффузии | 4.1 Основные понятия и определение теории клеточных автоматов 4.2 Модели наивной диффузии и диффузии с окрестностью Марголуса. КА моделирование ветра, реакционных процессов и огибания препятствий |

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 4, семестр – 1

| Наименования разделов и тем | Количество часов | | | | |
|--|------------------|--------|--------|-------|-------|
| | Лекц. | Лабор. | Практ. | СРС+К | Всего |
| Раздел 1. Математические модели переноса и рассеяния примеси в атмосфере | 12 | 24 | 24 | 26 | 86 |
| Математические модели переноса и рассеяния примеси в атмосфере | 6 | 12 | 12 | 14 | 44 |
| Аналитические методы решения краевых задач в математической модели турбулентной диффузии при постоянной скорости ветра | 6 | 12 | 12 | 12 | 42 |
| Раздел 2. Численные методы решения задач рассеяния и переноса | 14 | 28 | 28 | 24 | 94 |
| Численные методы решения задач рассеяния и переноса | 8 | 16 | 16 | 12 | 52 |
| Клеточно-автоматное моделирование диффузии | 6 | 12 | 12 | 12 | 42 |
| ИТОГО ЗА КУРС | 26 | 52 | 52 | 50 | 180 |

6.2. Форма обучения – заочная, курс – 4, семестр – 8

| Наименования разделов и тем | Количество часов | | | | |
|-----------------------------|------------------|--------|--------|-------|-------|
| | Лекц. | Лабор. | Практ. | СРС+К | Всего |

| | | | | | |
|--|---|----|----|-----|-----|
| Раздел 1. Математические модели переноса и рассеяния примеси в атмосфере | 2 | 6 | 4 | 74 | 86 |
| Математические модели переноса и рассеяния примеси в атмосфере | 2 | 2 | 2 | 38 | 44 |
| Аналитические методы решения краевых задач в математической модели турбулентной диффузии при постоянной скорости ветра | - | 4 | 2 | 36 | 42 |
| Раздел 2. Численные методы решения задач рассеяния и переноса | 4 | 4 | 6 | 80 | 94 |
| Численные методы решения задач рассеяния и переноса | 2 | 2 | 4 | 44 | 52 |
| Клеточно-автоматное моделирование диффузии | 2 | 2 | 2 | 36 | 42 |
| ИТОГО ЗА КУРС | 6 | 10 | 10 | 154 | 180 |

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

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

Математические модели переноса и рассеяния примеси в атмосфере. Закономерности распространения загрязняющих веществ в атмосфере

2. Полуэмперическое управление турбулентной диффузии

3. Аналитические методы решения краевых задач в математической модели турбулентной диффузии при постоянной скорости ветра. Основные предложения и соотношения.

4. Мгновенные точечные источники.

5. Диффузия легкой примеси.

6. Диффузия тяжелой примеси

7. Диффузия частиц примеси среднего размера.

8. Гауссово приближение решения полуэмперического уравнения турбулентной диффузии.

9. Применение метода преобразования координат для решения полуэмперического уравнения турбулентной диффузии.

10. Аналитические методы в задаче расщепления полуэмпирического уравнения турбулентной диффузии.

Раздел 2

11. Разностные схемы для одномерного уравнения теплопроводности (диффузии).

12. Разностная схема Кранка-Николсона.

13. Явная разностная схема для двумерного уравнения теплопроводности (диффузии), порядок аппроксимации, условия сходимости, оценка времени счета.

14. Неявная разностная схема для двумерного уравнения теплопроводности (диффузии), порядок аппроксимации, условия сходимости, оценка времени счета.

15. Методы расщепления по координатам, порядок аппроксимации, условия сходимости, оценка времени счета.

16. Методы расщепления по физическим процессам, порядок аппроксимации, условия сходимости, оценка времени счета.

17. Основные понятия и определение теории клеточных автоматов.

18. Клеточные автоматы, реализующие диффузию.
19. КА модели переноса и реакций примесей.

7.2. Темы докладов (рефератов)

7.3. Темы письменных работ (типы задач)

Контрольные работы по практике темам:

– Математические модели переноса и рассеяния примеси в атмосфере (мгновенные точечные источники, диффузия частиц примеси среднего размера, применение метода преобразования координат для решения полуэмперического уравнения турбулентной диффузии);

– Численные методы решения задач рассеяния и переноса (разностные схемы для одномерного уравнения теплопроводности, клеточные автоматы, реализующие диффузию, КА модели переноса и реакций примесей).

Контрольная работа по проверке теоретических знаний – по всем темам, с использованием указанных выше контрольных вопросов.

7.4. Образец содержания экзаменационного билета (при наличии экзамена по дисциплине)

Экзаменационный билет № 1

1. Диффузия тяжелой примеси.
2. Основные понятия и определение теории клеточных автоматов
3. Имитационные модели лесных экосистем.

В случае ведения учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, содержание билета может отличаться от приведенного.

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 практических 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.

8.1. Семестр 1

| Номера разделов | Виды работ | Максимальное количество баллов |
|-----------------------|--|--------------------------------|
| 1-2 | Организационно-учебная работа в аудитории | 5 |
| | Самостоятельная работа | 5 |
| | Контрольные работы по практике | 40 |
| | Контрольная работа по теоретическому материалу | 10 |
| ИТОГО | | 60 |
| Экзамен | | 40 |
| 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 лабораторных 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.405).

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные на платформе Moodle Центра дистанционного образования ФГБОУ ВО «ДонГУ». При изучении дисциплины применяются 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. Математические модели и вычислительный эксперимент в проблеме контроля и прогноза экологического состояния атмосферы / В.И. Наац, И.Э. Наац, Р.А. Рыскаленко, Е.П. Ярцева. Ставрополь: СКФУ, 2016. 376 с.

2. Жданов В.М. Физико-химические процессы в газовой динамике. Справочник. Т.3. Модели процессов молекулярного переноса в физико-химической газодинамике В.М. Жданов, В.С. Галкин, О.А. Гордеев [и др.]. М.: Физматлит, 2012. 283 с

10.2. Дополнительная литература

1. Пискунов, В.Н. Динамика аэрозолей. М.: Физматлит, 2010. 296 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).