

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"

Кафедра прикладной математики и информатики

Авторы-составители: Русаков Сергей Владимирович
Шварц Константин Григорьевич
Русакова Ольга Леонидовна

Рабочая программа дисциплины

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ
ДАННЫХ В ПРОБЛЕМАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Код УМК 96039

Утверждено
Протокол №9
от «18» мая 2022 г.

Пермь, 2022

1. Наименование дисциплины

Математическое моделирование и анализ экологических данных в проблемах окружающей среды

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « М.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: 01.04.02 Прикладная математика и информатика

направленность Перспективные методы искусственного интеллекта в сетях передачи и обработки данных

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины Математическое моделирование и анализ экологических данных в проблемах окружающей среды у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

01.04.02 Прикладная математика и информатика (направленность : Перспективные методы искусственного интеллекта в сетях передачи и обработки данных)

ОПК.2 Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач

Индикаторы

ОПК.2.1 Проводит анализ и обоснование применимости конкретного математического метода для решения прикладной задачи

ОПК.3 Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности

Индикаторы

ОПК.3.1 Находит готовую модель и обосновывает её применимость для решения конкретной задачи в области профессиональной деятельности

ОПК.3.2 Адаптирует существующую или самостоятельно предлагает новую математическую модель для решения задачи в области профессиональной деятельности

ОПК.3.3 Проводит анализ ограничений применимости математической модели для решения конкретной задачи в области профессиональной деятельности

ПК.5 Способен проводить работы по обработке и анализу информации и результатов экспериментов по тематике исследования

Индикаторы

ПК.5.1 Применяет методы анализа научных данных, методы и средства планирования и организации исследований и разработок, в том числе с использованием пакетов прикладных программ по тематике исследования

УК.1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий

Индикаторы

УК.1.1 Осуществляет поиск информации, производит критическую оценку надежности ее источников

УК.1.2 Работает с противоречивой информацией из разных источников, находит пробелы в необходимой для разрешения проблемы информации, определяет варианты устранения пробелов

УК.1.3 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними

УК.1.4 Разрабатывает и аргументирует стратегию разрешения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	01.04.02 Прикладная математика и информатика (направленность: Перспективные методы искусственного интеллекта в сетях передачи и обработки данных)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	1
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	36
Проведение лекционных занятий	24
Проведение практических занятий, семинаров	12
Самостоятельная работа (ак.час.)	72
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (2) Итоговое контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (1 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Математическое моделирование и анализ экологических данных в проблемах окружающей среды

Рассматриваются математические модели и способы анализа экологических данных в проблемах распространения вредных примесей в нижнем слое атмосферы. Дается классификация примесей. Выводятся уравнения переноса пассивной, химически и биологически активной примеси, методы их решения. Рассматриваются оптимизационные задачи минимизации ущерба от загрязнения окружающей среды редными примесями.

Введение

В вводной лекции излагаются проблемы моделирования переноса и диффузии примесей природного и антропогенного характера, загрязняющих нижний слой атмосферы и подстилающую поверхность.

Основные и сопряженные уравнения переноса и диффузии примеси

Выводятся уравнения, описывающие перенос и диффузию примеси в нижнем слое атмосферы с учетом различных факторов.

Уравнение переноса и диффузии примеси

Выводится простейшее уравнение переноса примесей в атмосфере. Рассматривается диффузионное приближение в трехмерной и двумерной постановке. Выводится простейшее диффузионное уравнение. Рассматриваются особенности распространения тяжелой примеси.

Численное моделирование двумерной задачи

Представлена разностная схема расчета распространения примеси в двумерной постановке задачи для средней поперек слоя концентрации пассивной примеси.

Сопряженная задача

Выводятся сопряженные уравнения переноса и диффузии примеси. Представлены примеры использования сопряженной задачи. Рассматривается общий случай сопряженной задачи и особенности двумерной постановки.

Оптимальное размещение промышленных предприятий и оптимизация выбросов действующих промышленных предприятий

Рассматривается математическая задача оптимизации размещения нового промышленного предприятия и задача по минимизации вредных выбросов действующего предприятия на территории

Задача размещения нового промышленного предприятия, удовлетворяющего санитарным нормам

Рассматриваются исходные и сопряженные уравнения задачи оптимизации, многокритериальная задача оптимизации, задача размещения предприятия с учетом эффекта внешнего загрязнения.

Математические проблемы оптимизации выбросов действующих промышленных предприятий

Выводятся уравнения, описывающие оптимизационную задачу минимизации вредных выбросов работающего предприятия. Представлена теория возмущений, как один из методов решения задачи.

Экономические критерии охраны и восстановления состояния окружающей среды

Рассматриваются оптимизационные задачи минимизации потерь окружающей среды от деятельности промышленных предприятий.

Стоимость потерь продуктов биосферы при загрязнении окружающей среды

промышленными выбросами

Рассматривается оптимизационная задача размещения нового промышленного предприятия, позволяющая минимизировать потери биосферы. Представлена математическая модель, позволяющая рассчитать стоимость потерь от загрязнения многокомпонентными аэрозолями.

Экономика амортизации природных ресурсов при нарушении экологического режима в результате загрязнения

Формулируется математическая модель расчета затрат предприятия, направленных на возмещение ущерба, нанесенное окружающей среде, с учетом переноса и диффузии вредных примесей.

Математическая модель переноса биоаэрозолей в нижнем слое атмосферы с учетом неоднородностей температуры и влажности

Выводится математическая модель распространения живой примеси в нижнем слое атмосферы с учетом температурной неоднородности и влажности подстилающей поверхности.

Вывод математической модели

Представлена постановка задачи, требования к исходным данным. Выводятся двумерные уравнения движения воздуха над подстилающей поверхностью, распределения температуры и влажности, переноса живой примеси с учетом ее размножения.

Методика численных расчетов

Представлена разностная схема расчетов переноса биоаэрозолей в нижнем слое атмосферы.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторные занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Шварц К. Г., Шкляев В. А. Математическое моделирование задач окружающей среды (моделирование глобальных процессов): учебное пособие по спецкурсу/К. Г. Шварц, В. А. Шкляев.-Пермь, 2002, ISBN 5-7944-0265-2.-106.-Библиогр.: с. 104-105
2. Шварц К. Г., Шкляев В. А. Математическое моделирование мезомасштабных и крупномасштабных процессов переноса примеси в бароклинной атмосфере/К. Г. Шварц, В. А. Шкляев.-Москва: Институт компьютерных исследований, 2015, ISBN 978-5-4344-0320-7.-156.-Библиогр.: с. 135-155

Дополнительная:

1. Алоян А. Е. Моделирование динамики и кинетики газовых примесей и аэрозолей в атмосфере/А. Е. Алоян.-Москва: Наука, 2008, ISBN 978-5-02-036067-9.-415.-Библиогр.: с. 401-415
2. Шварц К. Г. Модели геофизической гидродинамики: учебное пособие по спецкурсу/К. Г. Шварц.-Пермь, 2006, ISBN 5-7944-0724-7.-66.-Библиогр.: с. 63-64
3. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды: научное издание/Г. И. Марчук.-Москва: Наука, 1982.-319.-Библиогр.: с. 315-317

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.psu.ru/elektronnye-resursy-dlya-psu> Электронные ресурсы для ПГНИУ

<http://window.edu.ru/> Единое окно доступа к образовательным ресурсам

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине Математическое моделирование и анализ экологических данных в проблемах окружающей среды предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

Образовательный процесс по дисциплине предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Необходимое лицензионное и (или) свободно распространяемое программное обеспечение:

- приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC»;
- офисный пакет приложений «LibreOffice», Alt Linux.

Специализированное программное обеспечение не требуется.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Самостоятельная работа студентов: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Математическое моделирование и анализ экологических данных в проблемах
окружающей среды

Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания

ОПК.3

Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.3.2 Адаптирует существующую или самостоятельно предлагает новую математическую модель для решения задачи в области профессиональной деятельности</p>	<p>Знает приемы адаптации существующую или самостоятельно предлагает новую математическую модель для решения задачи в области математического моделирования переноса примеси. Умеет пользоваться такими математическими моделями. Владеет необходимым математическим аппаратом.</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител не удовлетворяет критериям на удовлетворительно</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Знает некоторые основные методы анализа проблемной ситуации как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними в проблемах моделирования окружающей среды</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Знает основные методы анализа проблемной ситуации как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними в проблемах моделирования окружающей среды</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Свободно анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними в проблемах моделирования окружающей среды</p>
<p>ОПК.3.1 Находит готовую модель и обосновывает её применимость для решения конкретной задачи в области профессиональной деятельности</p>	<p>Умение находить готовую модель и обосновывать её применимость для решения конкретной прикладной задачи</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител не удовлетворяет критериям на удовлетворительно</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Умет находить готовую модель и обосновывает её применимость для решения некоторых конкретных задач охраны окружающей среды</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Умет находить готовую модель и обосновывает её применимость для решения</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p>Хорошо конкретных задач охраны окружающей среды</p> <p>Отлично Умет свободно находить готовую модель и обосновывает её применимость для решения конкретных задач охраны окружающей среды</p>
ОПК.3.3 Проводит анализ ограничений применимости математической модели для решения конкретной задачи в области профессиональной деятельности	Умение проводить анализ ограничений применимости математической модели для решения конкретной прикладной задачи	<p>Неудовлетворител не удовлетворяет критериям на удовлетворительно 2</p> <p>Удовлетворительн Проводит частичный анализ ограничений применимости математической модели для решения конкретной задачи в области профессиональной деятельности</p> <p>Хорошо Проводит не полный анализ ограничений применимости математической модели для решения конкретной задачи в области профессиональной деятельности</p> <p>Отлично Проводит полный анализ ограничений применимости математической модели для решения конкретной задачи в области профессиональной деятельности</p>

ОПК.2

Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
ОПК.2.1 Проводит анализ и обоснование применимости конкретного математического метода для решения прикладной задачи	Умение проводит анализ и обоснование применимости конкретного математического метода для решения прикладной задачи	<p>Неудовлетворител не удовлетворяет критериям на удовлетворительно 2</p> <p>Удовлетворительн Частично проводит анализ и обоснование применимости конкретного математического метода для решения прикладной задачи</p> <p>Хорошо Достаточно полно проводит анализ и обоснование применимости конкретного математического метода для решения прикладной задачи</p> <p>Отлично</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Отлично Проводит полный анализ и обоснование применимости конкретного математического метода для решения прикладной задачи

ПК.5

Способен проводить работы по обработке и анализу информации и результатов экспериментов по тематике исследования

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
ПК.5.1 Применяет методы анализа научных данных, методы и средства планирования и организации исследований и разработок, в том числе с использованием пакетов прикладных программ по тематике исследования	Знание методов анализа научных данных, методов и средства планирования и организации исследований и разработок. Умение проводить исследования с использованием пакетов прикладных программ по тематике исследования	<p>Неудовлетворител не удовлетворяет критериям на удовлетворительно</p> <p>Удовлетворительн Применяет некоторые методы анализа научных данных, методы и средства планирования и организации исследований и разработок, в том числе с использованием пакетов прикладных программ по тематике исследования</p> <p>Хорошо Применяет основные методы анализа научных данных, методы и средства планирования и организации исследований и разработок, в том числе с использованием пакетов прикладных программ по тематике исследования</p> <p>Отлично Применяет все изученные методы анализа научных данных, методы и средства планирования и организации исследований и разработок, в том числе с использованием пакетов прикладных программ по тематике исследования</p>

УК.1

Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
УК.1.3 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее	Умение анализировать проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между	<p>Неудовлетворител не удовлетворяет критериям на удовлетворительно</p> <p>Удовлетворительн</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
составляющие и связи между ними	ними	<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Знает некоторые основные методы анализа проблем окружающей среды как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Знает основные методы анализа проблем окружающей среды как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Свободно ориентируется в основных методах анализа проблем окружающей среды как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними</p>
УК.1.1 Осуществляет поиск информации, производит критическую оценку надежности ее источников	Умение осуществлять поиск информации, производить критическую оценку надежности ее источников	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>не удовлетворяет критериям на удовлетворительно 2</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Осуществляет поиск некоторой информации баз экологических данных. Умеет производить критическую оценку надежности ее источников</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Осуществляет поиск информации баз экологических данных. Умеет производить критическую оценку надежности ее источников</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Квалифицированно осуществляет поиск информации баз экологических данных. Умеет производить критическую оценку надежности ее источников</p>
УК.1.2 Работает с противоречивой информацией из разных источников, находит пробелы в необходимой для разрешения проблемы информации, определяет варианты устранения пробелов	Умение работать с противоречивой информацией из разных источников, находить пробелы в необходимой для разрешения проблемы информации, определять варианты устранения пробелов	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>не удовлетворяет критериям на удовлетворительно</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Знает как работать с противоречивой информацией из разных источников, находить пробелы в необходимой для разрешения проблемы информации, умеет определять варианты устранения некоторых пробелов</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Знает как работать с противоречивой информацией из разных источников,</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>находить пробелы в необходимой для разрешения проблемы информации, умеет определять варианты устранения большинства пробелов</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает как работать с противоречивой информацией из разных источников, находить пробелы в необходимой для разрешения проблемы информации, умеет определять все варианты устранения пробелов</p>
<p>УК.1.4 Разрабатывает и аргументирует стратегию разрешения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов</p>	<p>Умение разрабатывать и аргументировать стратегию разрешения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов</p>	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>не удовлетворяет критериям на удовлетворительно</p> <p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Умеет частично разрабатывать и аргументировать стратегию разрешения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Умеет разрабатывать и аргументировать стратегию разрешения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Умеет хорошо разрабатывать и аргументировать стратегию разрешения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Введение Входное тестирование	Знать основы теории обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных, основы метода сеток. Уметь решать линейные дифференциальные уравнения, программировать на языке высокого уровня.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>УК.1.4 Разрабатывает и аргументирует стратегию разрешения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов</p> <p>УК.1.1 Осуществляет поиск информации, производит критическую оценку надежности ее источников</p> <p>УК.1.2 Работает с противоречивой информацией из разных источников, находит пробелы в необходимой для разрешения проблемы информации, определяет варианты устранения пробелов</p> <p>УК.1.3 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними</p> <p>ОПК.2.1 Проводит анализ и обоснование применимости конкретного математического метода для решения прикладной задачи</p> <p>ОПК.3.1 Находит готовую модель и обосновывает её применимость для решения конкретной задачи в области профессиональной деятельности</p> <p>ОПК.3.2 Адаптирует существующую или самостоятельно предлагает новую математическую модель для решения задачи в области профессиональной деятельности</p> <p>ОПК.3.3 Проводит анализ ограничений применимости математической модели для решения конкретной</p>	<p>Численное моделирование двумерной задачи</p> <p>Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>Знает уравнение переноса и диффузии примеси, сопряженные уравнения, умеет использовать метод сеток для решения задачи, умеет программировать</p>

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
задачи в области профессиональной деятельности ПК.5.1 Применяет методы анализа научных данных, методы и средства планирования и организации исследований и разработок, в том числе с использованием пакетов прикладных программ по тематике исследования		

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>УК.1.4 Разрабатывает и аргументирует стратегию разрешения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов</p> <p>УК.1.1 Осуществляет поиск информации, производит критическую оценку надежности ее источников</p> <p>УК.1.2 Работает с противоречивой информацией из разных источников, находит пробелы в необходимой для разрешения проблемы информации, определяет варианты устранения пробелов</p> <p>УК.1.3 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними</p> <p>ОПК.2.1 Проводит анализ и обоснование применимости конкретного математического метода для решения прикладной задачи</p> <p>ОПК.3.1 Находит готовую модель и обосновывает её применимость для решения конкретной задачи в области профессиональной деятельности</p> <p>ОПК.3.2 Адаптирует существующую или самостоятельно предлагает новую математическую модель для решения задачи в области профессиональной деятельности</p> <p>ОПК.3.3 Проводит анализ ограничений применимости математической модели для решения конкретной</p>	<p>Экономика амортизации природных ресурсов при нарушении экологического режима в результате загрязнения</p> <p>Защищаемое контрольное мероприятие</p>	<p>знание постановки оптимизационных задач охраны окружающей среды и методы их решения</p>

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
задачи в области профессиональной деятельности ПК.5.1 Применяет методы анализа научных данных, методы и средства планирования и организации исследований и разработок, в том числе с использованием пакетов прикладных программ по тематике исследования		

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>УК.1.4 Разрабатывает и аргументирует стратегию разрешения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов</p> <p>УК.1.1 Осуществляет поиск информации, производит критическую оценку надежности ее источников</p> <p>УК.1.2 Работает с противоречивой информацией из разных источников, находит пробелы в необходимой для разрешения проблемы информации, определяет варианты устранения пробелов</p> <p>УК.1.3 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними</p> <p>ОПК.2.1 Проводит анализ и обоснование применимости конкретного математического метода для решения прикладной задачи</p> <p>ОПК.3.1 Находит готовую модель и обосновывает её применимость для решения конкретной задачи в области профессиональной деятельности</p> <p>ОПК.3.2 Адаптирует существующую или самостоятельно предлагает новую математическую модель для решения задачи в области профессиональной деятельности</p> <p>ОПК.3.3 Проводит анализ ограничений применимости математической модели для решения конкретной</p>	<p>Итоговый контроль</p> <p>Итоговое контрольное мероприятие</p>	<p>знание постановки задачи о переносе и диффузии химически активной примеси</p> <p>умение использования метода сеток для решения задачи о переносе и диффузии примеси</p> <p>интерпретация результатов</p>

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
задачи в области профессиональной деятельности ПК.5.1 Применяет методы анализа научных данных, методы и средства планирования и организации исследований и разработок, в том числе с использованием пакетов прикладных программ по тематике исследования		

Спецификация мероприятий текущего контроля

Введение

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: 1 часа

Условия проведения мероприятия: в часы аудиторной работы

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: 0

Проходной балл: 0

Показатели оценивания	Баллы
Метод реализован без ошибок	25
Правильно сделана математическая постановка задачи	25
Правильно дана интерпретация результата	25
Правильно выбран метод решения	25

Численное моделирование двумерной задачи

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: 2 часа

Условия проведения мероприятия: в часы аудиторной работы

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: 30

Проходной балл: 13

Показатели оценивания	Баллы
Правильно сделана математическая постановка задачи	8
Правильно сделана математическая постановка задачи	8
Метод реализован без ошибок	7

Правильно дана интерпретация результата	7

Экономика амортизации природных ресурсов при нарушении экологического режима в результате загрязнения

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: 2 часа

Условия проведения мероприятия: в часы аудиторной работы

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: 30

Проходной балл: 13

Показатели оценивания	Баллы
Правильно сделана математическая постановка задачи	8
Правильно дана интерпретация результата	8
Метод реализован без ошибок	7
Правильно выбран метод решения	7

Итоговый контроль

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: 2 часа

Условия проведения мероприятия: в часы аудиторной работы

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: 40

Проходной балл: 17

Показатели оценивания	Баллы
Правильно сделана математическая постановка задачи	10
Правильно дана интерпретация результата	10
Метод реализован без ошибок	10
Правильно выбран метод решения	10