ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ

ОДОБРЕНО  
  
протокол № 18 / 03   
  
от « 31 » мая 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

НЕЛИНЕЙНЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

|  |  |
| --- | --- |
| Направление подготовки (специальность) | 01.04.02 Прикладная математика и информатика |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Семестр** | **Трудоемкость, кред.** | **Общий объем курса, час.** | **Лекции, час.** | **Практич. занятия, час.** | **Лаборат. работы, час.** | **СРС, час.** | **КСР, час.** | **Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП** |
| 1 | 3 | 108 | 32 | 16 | 0 | 24 | 0 | Э |

АННОТАЦИЯ

Основной целью курса является освоение студентами современных математических методов построения нелинейных математических моделей и их приложения в различных областях, включая физику, биологию, экономику и другие науки.

Внимание студентов акцентируется на наиболее часто используемых в современной теории и практике методах построения нелинейных уравнений математических моделей, и их предварительном анализе на качественном уровне с учетом упрощения исходных предположений для исследования линейных и нелинейных процессов. Программа курса «Нелинейные математические модели» содержит детерминированные математические модели, основанные на использовании уже прочитанных студентам математических курсов – математический анализ, линейная алгебра, аналитическая геометрия, уравнения математической физики, численные методы и др.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Нелинейные математические модели» являются освоение современных математических методов построения математических моделей и постановок задач, описываемых нелинейными уравнениями в частных производных, обыкновенными дифференциальными и алгебраическими уравнениям с учетом начальных и граничных условий и их приложений в различных областях науки, включая, прежде всего физику, биологию и экономику, а так же формирование у магистров навыков необходимых для успешной научной и профессиональной деятельности в различных областях математики, физики и при проведении численного моделирования различных процессов, встречающихся в технологии и в науке

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина логически и содержательно-методически связана с материалами следующих дисциплин, читаемых студентам физико-математических специальностей: математика, математический анализ, линейная алгебра, геометрия, аналитическая геометрия, теория функций комплексного переменного, дополнительные главы теории функций комплексного переменного, функциональный анализ, теория групп, уравнения математической физики, математические модели механики сплошной среды.

Для успешного освоения дисциплины необходимы знания по курсам общей физики, дифференциальным уравнениям, вариационному исчислению. Необходимо уметь работать с матрицами, решать дифференциальные и интегральные уравнения, знать дифференциальное и интегральное исчисление, пользоваться пакетами прикладных программ Maple.

Полученные знания используются, в частности, при изучении курсов «Аналитические свойства нелинейных дифференциальных уравнений» и подготовке диссертационных работ магистров.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и общепрофессиональные компетенции:

|  |  |
| --- | --- |
| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции |

Профессиональные компетенции в соотвествии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Задача профессиональной деятельности (ЗПД)** | **Объект или область знания** | **Код и наименование профессиональной компетенции;** **Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)** | **Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции** |

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ п.п** | **Наименование раздела учебной дисциплины** | **Недели** | **Лекции/ Практ. (семинары )/ Лабораторные работы, час.** | **Обязат. текущий контроль (форма\*, неделя)** | **Максимальный балл за раздел\*\*** | **Аттестация раздела (форма\*, неделя)** | **Индикаторы освоения компетенции** |
|  | *1 Семестр* |  |  |  |  |  |  |
| 1 | Первый раздел | 1-8 |  | Т-3, ТвР-7, к.р-5 | КИ-8 | 25 |  |
| 2 | Второй раздел | 9-16 |  | Т-10, ТвР-15 | КИ-16 | 25 |  |
|  | *Итого за 1 Семестр* |  | 32/16/0 |  |  | 50 |  |
|  | **Контрольные мероприятия за 1 Семестр** |  |  |  | Э | 50 |  |

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

|  |  |
| --- | --- |
| **Обозначение** | **Полное наименование** |
| Т | Тестирование |
| ТвР | Творческая работа |
| КИ | Контроль по итогам |
| к.р | Контрольная работа |
| Э | Экзамен |

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Недели** | **Темы занятий / Содержание** | **Лек., час.** | **Пр./сем., час.** | **Лаб., час.** |
|  | *1 Семестр* | 32 | 16 | 0 |
| **1-8** | **Первый раздел** | 16 | 8 |  |
| 1 - 4 | **Тема 1. Классические нелинейные математические модели** Понятие о нелинейной математической модели. Примеры математических моделей. Линейные и нелинейные математические модели. Приближение механики сплошной среды. Условие приближения механики сплошной среды. Уравнения газовой динамики. Уравнение непрерывности. Уравнение сохранения импульса для газа. Уравнения сохранения энергии при движении газа. Закон Фурье для теплопроводности. Линейное и нелинейное уравнения теплопроводности. Закон Дарси для фильтрации газа и жидкости. Уравнения фильтрации газа в пористой среде. Размерные и безразмерные переменные при построении математических моделей. Преимущество и недостатки использования размерных и безразмерных переменных. Некоторые постановки задач для движения газа. Постановки задач для описания процессов теплопроводности газа. Постановки задач о фильтрации газа в пористой среде. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 8 | 4 |  |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
|  |  |  |
| 5 - 8 | **Тема 2. Современные нелинейные математические модели** Нелинейное уравнение переноса при описании физических процессов. Решение задачи Коши для нелинейного уравнения переноса. Уравнение Бюргерса. Преобразование Коула — Хопфа. Решение задачи Коши для уравнения Бюргерса. Вывод уравнения Кортевега — де Вриза для описания волн на мелкой воде. Постановка задач о гравитационных волнах. Приближения, используемые при выводе уравнения Кортевега-де Вриза. Простейшие решения уравнения Кортевега — де Вриза. Иерархия уравнений Кортевега-де Вриза. Обобщение уравнения Кортевега — де Вриза — уравнение Кадомцева — Петвиашвили для двумерного случая. Модель для описания возмущений в цепочке одинаковых масс. Модель Ферми — Паста — Улама. Уравнение Буссинеска. Открытие солитонаКортевега-де Вриза. Вычислительный эксперимент Крускала и Забуски. Модифицированное уравнение Кортевега — де Вриза. Простейшие решения модифицированного уравнения Кортевега-де Вриза. Иерархия модифицированного уравнения Кортевега-де Вриза. Модифицированное уравнение Кортевега — де Вриза в автомодельных переменных. Нахождение уравнений в автомодельных переменных. Понятие о локальной группе преобразований Ли. Автомодельные переменные, как инвариантные решения уравнений относительно групп преобразований растяжения. Второе уравнение Пенлевею. Уравнение Кортевега-де Вриза в автомодельных переменных. Связь уравнения Кортевега — де Вриза, записанного в автомодельных переменных со вторым уравнениями Пенлеве. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 8 | 4 |  |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
|  |  |  |
| **9-16** | **Второй раздел** | 16 | 8 |  |
| 9 - 12 | **Тема 3. Математические модели для описания волновых пакетов** Фазовая и групповая скорость волн. Дисперсия волн. Пример диспергирующих волн. Пакет волн. Нелинейное уравнение Шредингера для описания огибающей волнового пакета. Простейшие решения нелинейного уравнения Шредингера в переменных бегущей волны. Понятие о групповом солитоне. Автомоделные решения нелинейного уравнения Шредингера. Уравнение Гинзбурга — Ландау, как обобщение нелинейного уравнения Шредингера. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 8 | 4 |  |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
|  |  |  |
| 13 - 16 | **Тема 4. Нелинейные математические модели, описываемые неинтегрируемыми уравнениями** Интегрируемые и неинтегрируемые нелинейные математические модели. Уравнение синус-Гордона для описания дислокаций в твердом теле, как пример интегрируемой модели. Понятие о топологическом солитоне. Уравнение Курамото — Сивашинского при описании фронта пламени и при описании стекания жидкости по наклонной плоскости. Уравнения пятого порядка при описании волн под ледяным покровом. Уравнения, встречающиеся при описании процессов популяции: уравнение Колмогорова — Петровского — Пискунова и уравнение Бюргерса — Хаксли. Постановки задач при описании популяций. Модель Хенона — Хейлеса при исследовании движения звезды в поле галактики, как пример модели, в которой возникает детерминированный хаос. Вывод системы Лоренца при описании конвекции газа и жидкости. Свойства модели Лореца. Устойчивость стационарных точек по Ляпунову. Возникновение странного аттрактора. | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов | Всего аудиторных часов |
| 8 | 4 |  |
| Онлайн | Онлайн | Онлайн |
|  |  |  |

Сокращенные наименования онлайн опций:

|  |  |
| --- | --- |
| **Обозначение** | **Полное наименование** |
| ЭК | Электронный курс |
| ПМ | Полнотекстовый материал |
| ПЛ | Полнотекстовые лекции |
| ВМ | Видео-материалы |
| АМ | Аудио-материалы |
| Прз | Презентации |
| Т | Тесты |
| ЭСМ | Электронные справочные материалы |
| ИС | Интерактивный сайт |

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Лекции и семинары проводятся в традиционной форме. При выполнении домашнего задания студенты широко используют компьютерные технологии, в том числе программу аналитических вычислений Maple. При обсуждении тем лекционных занятий используются презентации, обсуждения последних научных работ, новые методы построения точных решений нелинейных уравнений в частных производных, рассказывается о работе с научной литературой. Обязательным является самостоятельная работа студентов, выполнение индивидуальных заданий, работа с литературой.

Помимо этого, существенная доля занятий проводится в интерактивной форме и предполагает активное обсуждение пройденного материала, групповой разбор и обсуждение ошибок, вопросов и затруднений, возникающих при подготовке индивидуальных домашних заданий, а также индивидуальную сдачу самого домашнего задания преподавателю.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

|  |  |
| --- | --- |
| **Компетенция** | **Индикаторы освоения** |

Оценочные средства приведены в приложении.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 533 М80 Введение в теорию горячей плазмы Ч.1 , Москва: НИЯУ МИФИ, 2013

2. ЭИ И 15 Практический курс дифференциальных уравнений и математического моделирования. Классические и новые методы. Нелинейные математические модели. Симметрия и принципы инвариантности : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2012

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ П 60 Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2011

2. 517 К88 Аналитическая теория нелинейных дифференциальных уравнений : , Кудряшов Н.А., М.: Ижевск, 2004

3. 517 К88 Методы нелинейной математической физики : , Н. А. Кудряшов, Долгопрудный: Интеллект, 2010

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

-

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с ОС НИЯУ МИФИ (ФГОС) и учебным планом основной образовательной программы (программ).

Автор(ы):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Кудряшов Николай Алексеевич, д.ф.-м.н., профессор |  |