МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное**

**образовательное учреждение высшего образования**

**«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»**

|  |
| --- |
| Институт информационных технологий, математики и механики |

(факультет / институт / филиал)

|  |
| --- |
| УТВЕРЖДАЮ: |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Директор |  | Гергель В.П. |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| « |  | » |  |  | 2017 г. |

Рабочая программа дисциплины

|  |
| --- |
| **Теория бифуркаций двумерных динамических систем** |

Уровень высшего образования

|  |
| --- |
| **бакалавриат** |

двумерных

Направление подготовки

|  |
| --- |
| **01.03.01 – Математика** |

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

|  |
| --- |
| Математика (Общий профиль) |

Квалификация (степень)

|  |
| --- |
| **бакалавр** |

Форма обучения

|  |
| --- |
| **очная** |

Нижний Новгород

2017

**1.Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП**

Дисциплина «Теория бифуркаций двумерных динамических систем» Б1.В.ДВ.05.01 относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» ОПОП ВО по направлению 01.03.01 – Математика, является дисциплиной по выбору, изучается в 6 семестре 3 года обучения. Трудоемкость 2 зачетных единицы.

**Целями освоения дисциплины** **являются** формирование у студентов профессиональных (ПК) компетенций в соответствии с требованиями ФГОС по направлению подготовки 01.03.01. – Математика.

**2.Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)**

|  |  |
| --- | --- |
| **Формируемые компетенции**  (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции) | **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций** |
| *ПК-2*  способность математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики  Базовый этап | *З1 (ПК-2)* знать постановки классических задач теории динамических систем  *У1 (ПК-2)* уметь корректно формулировать естественнонаучные задачи теории дифференциальных уравнений  *В1 (ПК-2)* владеть методами теории и практики математического анализа |
| *ПК-3*  способность строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата  Базовый этап | *З1 (ПК-3)* Знать основные понятия качественной теории и теории бифуркаций двумерных динамических систем, определения и свойства математических объектов в этой области, формулировки утверждений, методы их доказательства, возможные сферы их приложений.  *У1 (ПК-3)*Уметь проводить полное качественное исследование двумерных динамических систем, сочетая аналитические методы с численными результатами, полученными на компьютере.  *В1 (ПК-3)* Владеть математическим аппаратом качественной теории и теории бифуркаций двумерных динамических систем, методами и приемами качественного исследования, доказательствами утверждений в этой области. |

**3.Структура и содержание дисциплины**

Объем дисциплины (модуля) составляет 2 зачетных единицы, всего 72 часа, из которых 32 час составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (16 часов занятий лекционного типа, 16 ч. практических занятий), 40 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

***Содержание дисциплины (модуля)*** (структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *№*  *п/п* | *Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),*  *форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)* | *Семестр* | *Часов* | | | | | | | |
| *Всего* | *В том числе* | | | | | | |
| *Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы*  *из них* | | | | | *Самостоятельная работа обучающегося* | |
| *Занятия лекционного типа* | *Занятия семинарского типа* | *Занятия лабораторного типа* |  | *Всего* | |  |
| *Очная* | *Очная* | *Очная* | *Очная* |  | *Очная* | |
| 1. | **Тема 1:**  Динамические системы на плоскости: траектории, особые точки, теория индексов, предельные циклы, сфера Пуанкаре. | 6 | 25 | 5 | 5 |  |  | 10 | | 15 |
| 2. | **Тема 2:**  Бифуркации состояний равновесия. Грубые системы. Бифуркация рождения предельных циклов. | 6 | 27 | 6 | 6 |  |  | 12 | | 15 |
| 3. | **Тема 3**.  Динамические системы, зависящие от параметров. Гамильтоновы системы. Консервативные системы | 6 | 20 | 5 | 5 |  |  | 10 | | 10 |
|  | В т.ч. текущий контроль | 6 | 2 |  |  |  |  |  | |  |
|  | **Промежуточная аттестация: зачет** |  |  |  |  |  |  |  | |  |

Текущий контроль успеваемости проходит в рамках групповых или индивидуальных консультаций. Промежуточный контроль осуществляется на зачете.

**4.Образовательные технологии**

1. Используются образовательные технологии в форме лекций и практических занятий.
2. Лекционные занятия в основном проводятся в форме **лекции-информации.** Ориентирована на изложение и объяснение студентам научной информации, подлежащей осмыслению и запоминанию.
3. Также используется **лекция-беседа**, или «диалог с аудиторией», - наиболее распространенной и сравнительно простой формой активного вовлечения студентов в учебный процесс. Эта лекция предполагает непосредственный контакт преподавателя с аудиторией. Преимущество лекции-беседы состоит в том, что она позволяет привлекать внимание слушателей к наиболее важным вопросам темы, определять содержание и темп изложения учебного материала с учетом особенностей обучаемых.
4. **Лекция-консультация** по типу **«вопросы—ответы»**. Лектор отвечает в течение лекционного времени на вопросы студентов по всем разделу или всему курсу. Проводится перед промежуточной аттестацией.

**5.Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся:

Выполнение заданий и решение задач на самостоятельную подготовку.

Подготовка к контрольной работе.

Образовательный материал для самостоятельной работы студента:

1.Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний (2-е изд.) M.: Физматгиз, 1959

http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/wave.htm

2.Бутенин Н.В. Введение в аналитическую механику. М.: Наука, 1971

http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/theoretical.htm

1. Морозов А.Д. Глобальный анализ в теории нелинейных колебаний.-Н.Новгород.-Изд-во ННГУ, 1995, 292 с.
2. Андронов А.А., Леонтович Е.В., Гордон И.И., Майер А.Г. Качественная теория динамических систем второго порядка. М.: Наука, 1966

http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/ode.htm

1. Немыцкий В.В., Степанов В.В. Качественная теория дифференциальных уравнений. М.-Л.: ОГИЗ, 1947

http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/ode.htm

6. Морозов А.Д. Введение в математические методы нелинейной динамики. Электронное учебно-методическое пособие.-Н.Новгород:Нижегородский госуниверситет, 2012. 98 с. (http://www.unn.ru/books/resources.html).

Примеры заданий:

1. Построить фазовые портреты для конкретных двумерных динамических систем. Качественное исследование трехмерной системы Лоренца.

2. Построение решений уравнений Дюффинга, маятникового типа, уравнений с квадратичной нелинейностью.

Контрольные вопросы:

1. Динамические системы на плоскости: траектории, особые точки, теория индексов, предельные циклы, сфера Пуанкаре. (ПК-2)

2. Интегральная кривая, интеграл, общий интеграл. (ПК-2)

3. Мат. Определение качественной структуры разбиения на траектории. (ПК-3)

4. Определение качественной структуры разбиения на траектории. (ПК-3)

5. Теория Пуанкаре – Бендиксона. Дуга, цикл без контакта. (ПК-3)

6. Предельная траектория. (ПК-3)

7. Качественная структура состояния равновесия. (ПК-3)

8. Простые состояния равновесия (особые точки). (ПК-3)

9. Критерий Бендиксона, Дюлака отсутствия предельных циклов.

11. Определение грубой системы. (ПК-3)

12. Поведение траекторий на бесконечности. Сфера Пуанкаре.1 (ПК-3)

13. История возникновения и развития КТДУ. (ПК-2)

**6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, включающий:**

**6.1** Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Карты компетенций приводятся в Приложении к ООП

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Индикаторы компетенции | Критерии оценивания (дескрипторы) | Шкала оценивания |
| ЗНАТЬ:  З1(ПК2) знать постановки классических задач теории динамических систем.  *З1 (ПК-3)* знать основные понятия качественной теории и теории бифуркаций двумерных динамических систем, определения и свойства математических объектов в этой области, формулировки утверждений, методы их доказательства, возможные сферы их приложений.  УМЕТЬ:  У1 (ПК-2) уметь корректно формулировать естественнонаучные задачи теории дифференциальных уравнений  *У1 (ПК-3)*Уметь проводить полное качественное исследование двумерных динамических систем, сочетая аналитические методы с численными результатами, полученными на компьютере.  ВЛАДЕТЬ  В1(ПК-2) владеть методами теории и практики математического анализа  *В1 (ПК-3)* Владеть математическим аппаратом качественной теории и теории бифуркаций двумерных динамических систем, методами и приемами качественного исследования, доказательствами утверждений в этой области. | Отсутствие знаний материала, отсутствует способность решения стандартных задач, полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией. | Плохой уровень  формирования компетенции.  0-19 баллов - «Плохо» |
| Наличие грубых ошибок в основном материале, наличие грубых ошибок при решении стандартных задач, отсутствие навыков, предусмотренных данной компетенцией | Неудовлетворительный уровень формирования компетенции.  20-49 баллов –«неудовлетворительно» |
| **Знать** историю возникновения и развития КТДУ.  Понятия интегральной кривой, интеграла, общего интеграла с рядом негрубых ошибок. **Уметь**У1 (ПК-2), с рядом негрубых ошибок. **Владеть** В1(ПК-2) основными принципами документирования программного обеспечения. | Удовлетворительный уровень формирования компетенции.  50-59 баллов  «Удовлетворительно» |
| **Знать** основные теоремы курса с рядом заметных погрешностей.**Уметь**У1 (ПК-2), У1(ПК-3),незначительными погрешностями. **Владеть** В1(ПК-2), В2(ПК-3)большинством основных навыков, демонстрируя их в стандартных ситуациях | Хороший уровень  формирования компетенции.  60-79 баллов  «Хорошо» |
| **Знать** основные теоремы курса и определения с незначительными погрешностями. **Уметь**У1 (ПК-2), У1(ПК-3) без ошибок и погрешностей. **Владеть** В1(ПК-2), В2(ПК-3) всеми основными навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях | Очень хороший уровень  формирования компетенции  80-89 баллов  «Очень хорошо» |
| **Знать** основные определения и утверждения, предусмотренные компетенцией без ошибок и погрешностей. **Уметь**У1 (ПК-2), У1(ПК-3). **Владеть** В1(ПК-3), В2(ПК-3) всеми навыками, демонстрируя их в стандартных ситуациях. | Отличный уровень  формирования компетенции  90-99 баллов  «Отлично» |
| **Знать** основной и дополнительный материал без ошибок и погрешностей.**Уметь**У1 (ПК-2), У1(ПК-3) свободно. **Владеть** всеми навыками, демонстрируя их в стандартных и нестандартных ситуациях. | Превосходный уровень  формирования компетенции  100 баллов  «Превосходно» |

**Карта компетенций для оценивания умений и навыков**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Индикаторы  компетенции | Критерии оценивания (дескрипторы) | | | | | | |
| «плохо» | «неудовлетворительно» | «удовлетворительно» | «хорошо» | «очень хорошо» | «отлично» | «превосходно» |
| Умения  У1(ПК-2),  У1(ПК-3) | отсутствует способность решения стандартных задач | наличие грубых ошибок при решении стандартных задач | способность решения основных стандартных задач с негрубыми ошибками | способность решения всех стандартных задач с незначительными погрешностями | способность решения всех стандартных задач без ошибок и погрешностей | Способность решения стандартных и некоторых нестандартных задач | способность решения стандартных задач и широкого круга нестандартных задач |
| Навыки  В1(ПК-2),  В1(ПК-3) | полное отсутствие навыков, предусмотренных компетенцией | отсутствие ряда важнейших навыков, предусмотренных данной компетенцией | наличие минимально необходимого множества навыков | наличие большинства основных навыков, продемонстрированное в стандартных ситуациях | наличие всех основных навыков, продемонстрированных в стандартных ситуациях | наличие всех навыков, продемонстрированное в стандартных ситуациях | Наличие всех навыков, продемонстрированное в стандартных и нестандартных ситуациях |

**6.2 Описание шкал оценивания**

Для оценивания результатов учебной деятельности студентов при изучении дисциплины «Качественная теория двумерных динамических систем» используется балльная система оценки учебной работы студентов. Итоговая оценка студента складывается из оценок: баллы за контрольную, баллы за ответы на вопросы на коллоквиуме и зачете. По результатам итоговой аттестации проставляются оценки «Зачтено» (соответствует уровням оценки компетенций «удовлетворительно» и выше) и «Не зачтено» (соответствует уровням оценки компетенций «плохо» и «неудовлетворительно»).

**6.3 Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций**

**Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:**

- индивидуальное собеседование,

**Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:**

- контрольная работа, коллоквиум.

**6.4 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.**

Контрольная работа (Компетенции ПК-2, ПК-3):

|  |  |
| --- | --- |
| Устойчивость состояния равновесия | .  x=? |
|  | x=? |
| Фазовые портреты | x=? в области |

Вопросы к зачету

|  |
| --- |
| Вопрос |
| Компетенции:  ПК-2   1. История возникновения и развития КТДУ 2. Динамические системы на плоскости. Терминология. 3. Ду, соответсвующие ДС-2. Теорема непр. Зав. отн. Условий. 4. Интегральная кривая, интеграл, общий интеграл 5. Примеры качественного исследования   ПК-2, ПК-3   1. Мат. Определение качественной структуры разбиения на траектории 2. Теория Пуанкаре – Бендиксона. Дуга, цикл без контакта 3. Предельная точка полутраектории и траектории. Предельная траектория. 4. Пересечение траектории с другой без контакта 5. Особые и не особые полутраектории и траектории. 6. Возможные типы полутраекторий и их предельных множеств. 7. Возможные типы особых и не особых траекторий. 8. Качественная структура состояния равновесия. 9. Простые состояния равновесия (особые точки) 10. Канонический вид ДС-2А. 11. Возможный характер простых состояний равновесия. 12. Состояние равновесия с чисто малыми корням хар. уравнения. 13. Стремление траекторий к состоянию равновесия. 14. Итог для грубых состояний равновесия. 15. Поведение траекторий на бесконечности. Сфера Пуанкаре. 16. Преобразование Пуанкаре. 17. Теория индекса. Вращение векторного поля. 18. Индекс простой замкнутой кривой. 19. Приложение теории индекса к ДС-2. 20. Условия сосуществования замкнутых траекторий и ос. точек. 21. Предельные циклы. Функция последования. 22. Условия устойчивости неподвижной точки точечного отображения. 23. Окрестность замкнутой траектории. Простые и сложные предельные циклы. 24. Характеристический показатель замкнутой траектории. 25. Признаки существования и отсутствия предельных циклов. 26. Критерий Бендиксона, Дюлака отсутствия предельных циклов. 27. Топографическая система Пуанкаре. 28. Сложные состояния равновесия. Направления стремления. 29. Некоторые сложные состояния равновесия. 30. Пример качественного исследования ДС. 31. Двумерные ДС, зависящие от параметра. 32. Близкие системы. 33. Определение грубой системы. 34. Необходимые и достаточные условия грубости ДС-2А. 35. Бифуркационные значения параметра. 36. Бифуркации ДС-2А. 37. Приложения ТБ к КТ. |

**6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания**

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ. http://www.unn.ru/site/images/docs/obrazov-org/Formi\_stroki\_kontrolya\_13.02.2014.pdf

**7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

**а) основная литература**

1. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний (2-е изд.) M.: Физматгиз, 1959. (57 экз.)

http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/wave.htm

2. Бутенин Н.В. Введение в аналитическую механику. М.: Наука, 1971.

http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/theoretical.htm

**б) дополнительная литература**

1. Морозов А.Д. Введение в математические методы нелинейной динамики. Электронное учебно-методическое пособие. Н.Новгород:Нижегородский госуниверситет, 2012. 98 с. Рег. №480.12.06.

http://www.unn.ru/books/met\_files/MMND-Book.pdf

2. Андронов А.А., Леонтович Е.В., Гордон И.И., Майер А.Г. Качественная теория динамических систем второго порядка. М.: Наука, 1966.

http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/ode.htm

3. Немыцкий В.В., Степанов В.В. Качественная теория дифференциальных уравнений. М.-Л.: ОГИЗ, 1947.

http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/ode.htm

**в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы**

Программа WInSet (Драгунов Т.Н., Морозов А.Д. Использование программы WInSet для визуализации динамических систем: Учебное пособие. Н.Новгород: Изд-во ННГУ, 2007. 102 с., http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/41.pdf).

1. **Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Имеются в наличии учебные аудитории для проведения занятий лекционного  
типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных  
консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, а также  
помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой  
с возможностью подключения к сети «Интернет».

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВО по направлению 01.03.01 –Математика.

Автор к.ф.-м.н., доцент Терентьев А.М.

Рецензент (ы) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Баландин Д.В..

Программа одобрена на заседании методической комиссии института Информационных технологий, математики и механики ННГУ им. Н.И. Лобачевского

от \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_\_\_\_.