**Санкт-Петербургский государственный университет**

**Р А Б О Ч А Я П Р О Г Р А М М А**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Дифференциальные уравнения

Differential Equations

**Язык(и) обучения**

русский

Трудоемкость в зачетных единицах: 8

Регистрационный номер рабочей программы: 002183

Санкт-Петербург

2023

**Раздел 1. Характеристики учебных занятий**

**1.1. Цели и задачи учебных занятий**

Обучение обучающихся основным методам теории обыкновенных дифференциальных уравнений, подготовка обучающихся к восприятию других дисциплин, использующих теорию дифференциальных уравнений, а также к использованию этих методов при решении задач естествознания, экономики и других прикладных задач; развитие у студентов доказательного, логического мышления, подготовка к самостоятельным научным исследованиям; подготовка к восприятию других математических и специальных дисциплин.

Поставленные цели достигаются путём решения следующих задач курса: изучение основных разделов теории дифференциальных уравнений**;** развитие навыков самостоятельного решения практических задач и геометрической интерпретации полученных результатов; обеспечение базы для усвоения приближенных методов вычислений и соответствующих компьютерных программ; повышение математической культуры обучающегося.

Курс «Дифференциальные уравнения» дает обучающимся комплекс аналитических, алгебраических и геометрических методов, позволяющих изучать свойства широкого спектра математических моделей в естествознании. Дисциплина является одной из базовых в подготовке к профессиональной деятельности в области информационных технологий и служит основой для изучения других математических дисциплин как теоретического, так и прикладного характера, входящих в программу обучения на факультете.

**1.2. Требования подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)**

Для успешного освоения дисциплины обучающийся должен иметь предварительную подготовку по основным математическим дисциплинам — математическому анализу, высшей алгебре и геометрии, изучаемых на I курсе математико-механического факультета университета, либо эквивалентную подготовку.

**1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование категории (группы) компетенций | Код и наименование компетенции | Планируемые результаты обучения, обеспечивающие формирование компетенции | Код индикатора и индикатор достижения универсальной компетенции |
|  | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Теоретические и практические основы профессиональной деятельности | ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности | Имеет представление о возможностях применения разделов дисциплины «Дифференциальные уравнения»  Владеет методами исследования математических моделей, описывающих проблемы естествознания и техники в виде дифференциальных уравнений и систем | ОПК-1.002183.1. Решает геометрические или физические задачи, требующие составления и решения дифференциального уравнения  ОПК-1.002183.2. Решает системы дифференциальных уравнений |
| 2 | Профессиональные компетенции (академические) | ПКА-1 Способен демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, программирования и информационных технологий | Знает содержание дисциплины «Дифференциальные уравнения»  Умеет строго доказывать утверждения  Умеет корректно ставить задачу | ПКА-1.002183.1. Объясняет основное содержание дисциплины «Дифференциальные уравнения»  ПКА-1.002183.2. Воспроизводит формальные доказательства основных теорем из области дифференциальных уравнений |

**1.4. Перечень и объём активных и интерактивных форм учебных занятий**

Объём занятий в активной и интерактивной форме — по 36 часов в третьем и в четвёртом семестрах.

**Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий**

**2.1. Организация учебных занятий**

**2.1.1 Основной курс**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины,  практики и т.п. | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | | | | | | | | | | Самостоятельная работа | | | | Объём активных и интерактивных  форм учебных занятий | Трудоёмкость |
| лекции | семинары | консультации | практические  занятия | лабораторные работы | контрольные работы | коллоквиумы | текущий контроль | промежуточная  аттестация | итоговая аттестация | под руководством преподавателя | в присутствии  преподавателя | сам. раб. с использованием  методических материалов | текущий контроль (сам.раб.) | промежуточная аттестация (сам.раб.) | итоговая аттестация  (сам.раб.) |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Форма обучения: очная | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Семестр 3 | 30 |  |  | 26 |  | 4 | 2 | 0 | 2 |  |  |  | 75 |  | 5 |  | 36 | 4 |
|  | 2-100 |  |  | 2-25 |  | 2-25 | 2-100 |  |  |  |  |  | 1-100 |  | 1-100 |  |  |  |
| Семестр 4 | 28 |  | 2 | 24 |  | 4 | 2 | 2 | 2 |  |  |  | 52 |  | 28 |  | 36 | 4 |
|  | 2-100 |  | 2-100 | 2-25 |  | 2-25 | 2-100 | 2-100 | 2-100 |  |  |  | 1-100 |  | 1-100 |  |  |  |
| ИТОГО | 58 |  | 2 | 50 |  | 8 | 4 | 2 | 4 |  |  |  | 127 |  | 33 |  |  | 8 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Виды, формы и сроки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п. | Формы текущего контроля успеваемости | | Виды промежуточной аттестации | | Виды итоговой аттестации  (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ) | |
| Формы | Сроки | Виды | Сроки | Виды | Сроки |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | |
| Форма обучения очная | | | | | | |
| Семестр 3 | Контрольные работы,  опрос,  решение задач | В течение семестра | зачёт, устно- письменно, традиционная форма | по графику промежуточной аттестации |  |  |
| Семестр 4 | Контрольные работы,  опрос,  решение задач | В течение семестра | экзамен, устно, традиционная форма | по графику промежуточной аттестации |  |  |

**2.2. Структура и содержание учебных занятий**

**3 семестр**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование темы (раздела, части) | Вид учебных занятий | Кол-во часов |
| 1 | Дифференциальные уравнения первого порядка | лекции | 12 |
| практические занятия | 10 |
| по методическим материалам | 25 |
| 2 | Линейные и нелинейные уравнения произвольного порядка | лекции | 10 |
| практические занятия | 10 |
| по методическим материалам | 25 |
| 3 | Системы дифференциальных уравнений, общая теория | лекции | 8 |
| практические занятия | 6 |
| по методическим материалам | 25 |
|  |  | контрольные работы | 4 |
|  |  | коллоквиумы | 2 |
|  | Промежуточная аттестация | самостоятельная работа | 5 |
| зачет | 2 |
| **Итого** | | | **144** |

**4 семестр**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование темы (раздела, части) | Вид учебных занятий | Кол-во часов |
| 4 | Линейные системы дифференциальных уравнений | лекции | 10 |
| практические занятия | 8 |
| по методическим материалам | 18 |
| 5 | Зависимость решений от начальных данных и параметров | лекции | 8 |
| практические занятия | 6 |
| по методическим материалам | 18 |
| 6 | Введение в теорию устойчивости движения. | лекции | 10 |
| практические занятия | 10 |
| по методическим материалам | 16 |
|  |  | контрольные работы | 4 |
|  |  | коллоквиумы | 2 |
|  |  | текущий контроль | 2 |
| 4 | Промежуточная аттестация | консультация | 2 |
| самостоятельная работа | 28 |
| экзамен | 2 |
| **Итого** | | | **144** |

|  |
| --- |
|  |

***Содержание учебных занятий:***

**Тема 1.** *Дифференциальные уравнения первого порядка* (12 часов лекций, 10 часов практических занятий).

Основные понятия. Определение дифференциальных уравнений первого порядка, систем дифференциальных уравнений, задачи Коши, определение частного и общего решений. Промежуток Пеано. Поле направлений, определяемое дифференциальным уравнением.

Основные типы дифференциальных уравнений: линейные уравнения, уравнения с разделяющимися переменными, уравнения Бернулли и Риккати, однородные уравнения.

Теоремы существования, единственности и продолжимости решения. Ломаные Эйлера и их свойства. Характеристическое свойство максимально продолженного решения.

Уравнения в симметричной форме. Интегрирующий множитель.

Уравнения, не разрешенные относительно производной. Уравнения Клеро и Лагранжа.

Геометрические и физические задачи, приводящие к дифференциальным уравнениям первого порядка.

**Тема 2.** *Линейные и нелинейные дифференциальные уравнения произвольного порядка* (10 часов лекций, 10 часов практических занятий).

Уравнения, допускающие понижение порядка, основные методы понижения порядка.

Основные свойства решений однородных линейных уравнения. Вронскиан решений. Формула Остроградского-Лиувилля. Фундаментальное семейство решений.

Линейные уравнения с постоянными коэффициентами. Уравнения Эйлера.

Колеблемость решений однородных линейных уравнения второго порядка. Теорема сравнения и теорема Штурма.

Неоднородные линейные уравнения. Метод вариации произвольных постоянных. Метод неопределенных коэффициентов. Явление резонанса. Краевая задача.

**Тема 3.** *Системы дифференциальных уравнений, общая теория* (8 часов лекций, 6 часов практических занятий).

Нормальные системы. Связь между нормальной системой и дифференциальным уравнением высокого порядка. Задача Коши, ее геометрическая и механическая интерпретации. Метод последовательных приближений Пикара. Теоремы существования и единственности решения.

Интегралы системы. Понижение порядка системы с помощью промежуточных интегралов.

Почти линейные системы.

**Тема 4.** *Линейные системы дифференциальных уравнений* (10 часов лекций, 8 часов практических занятий).

Однородные линейные системы: структура множества решений, фундаментальная матрица решений. Метод Эйлера. Построение общего решения для автономной однородной линейной системы.

Периодические системы. Матрица монодромии. Мультипликаторы. Теорема Флоке.

Неоднородные линейные системы: метод вариации произвольной постоянной.

Простые особые точки на плоскости: седла, узлы, фокусы и центры. Поведение траекторий в окрестности особых точек.

**Тема 5*.***  *Зависимость решений от начальных данных и параметров.* (8 часов лекций, 6 часов практических занятий).

Теоремы о непрерывной зависимости решения от начальных данных и параметров, теорема о дифференцируемости решения по начальным данным и параметрам.

Теорема Коши об аналитичности решений по аргументу.

Метод малого параметра.

**Тема 6.** *Введение в теорию устойчивости движения. Уравнения в частных производных первого порядка* (10 часов лекций, 10 часов практических занятий).

Устойчивость решения по Ляпунову.

Критерии устойчивости, неустойчивости и асимптотической устойчивости решений линейных систем. Теоремы об устойчивости и неустойчивости по первому приближению.

Исследование решения на устойчивость с помощью функции Ляпунова (теоремы Ляпунова и Четаева).

Уравнения в частных производных первого порядка.

**Раздел 3. Обеспечение учебных занятий**

**3.1. Методическое обеспечение**

**3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины**

По курсу дифференциальных уравнений предусмотрено чтение лекций и проведение практических занятий. Лекции читают и проводят практические занятия опытные преподаватели, как правило, с большим стажем работы.

Все обучающиеся должны быть обеспечены учебниками и задачником, рекомендованными по курсу.

Обучающиеся должны посещать лекции, практические занятия, выполнять задания преподавателей.

Обучающемуся необходимо знать содержание лекций, уметь формулировать определения основных понятий и утверждений, уметь применять методы и доказательства теорем при решении конкретных задач по программе практических занятий.

**3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы**

При самостоятельном выполнении домашних, индивидуальных и контрольных заданий целесообразно использовать рекомендованные учебники и задачники, а также дополнительную литературу.

**3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания**

В течение учебного года по дисциплине проводятся аудиторные контрольные работы, задаются задачи и упражнения для самостоятельной работы, проводятся коллоквиум (по методике проведения экзамена), зачет и экзамен. В процессе обучения каждый студент снабжается набором задач, которые необходимо уметь решать для положительной оценки по аттестации.

***Методика проведения зачета***

Зачет проводится в устной или письменной форме. Время подготовки ответа на контрольные вопросы составляет 90 минут. Преподаватели имеют набор контрольных практических и теоретических заданий и тестов для проведения зачета. Зачет выставляется по итогам текущего контроля и результатам решения контрольных заданий и тестов во время проведения промежуточной аттестации.

Использование конспектов и учебников, а также электронных устройств хранения, обработки или передачи информации при подготовке и ответе на вопросы зачета не разрешается. В случае обнаружения факта использования недозволенных материалов (устройств) составляется акт, и обучающийся удаляется с зачета.

*Критерии выставления оценок:*

Оценка «**зачтено**» (**A**) ставится за активную работу на практических занятиях, полное правильное решение заданий текущего контроля, правильное решение контрольных заданий и тестов во время проведения промежуточной аттестации.

Оценка «**зачтено**» (**B**) ставится за полное правильное решение заданий текущего контроля, правильное решение контрольных заданий и тестов во время проведения промежуточной аттестации.

Оценка» «**зачтено**» (**C**) ставится за полное правильное решение заданий текущего контроля, правильное решение контрольных заданий и тестов во время проведения промежуточной аттестации (возможно, с помощью наводящих подсказок преподавателя).

Оценка «**зачтено**» (**D**) ставится за знание основных определений и методов решения задач по каждой теме курса, решение базовой части (не менее половины) контрольных заданий и тестов во время проведения промежуточной аттестации.

Оценка «**зачтено**» (**E**) ставится за знание основных определений и методов решения задач по каждой теме курса, решение основной части (не менее половины) контрольных заданий и тестов во время проведения промежуточной аттестации (возможно, с исправлением ошибок после наводящих подсказок преподавателя).

Оценка «**не** **зачтено**» (**F**) ставится в остальных случаях.

***Методика проведения экзамена***

По окончании курса проводится устный экзамен. Использование конспектов и учебников, а также электронных устройств хранения, обработки или передачи информации при подготовке и ответе на вопросы экзамена не разрешается. В случае обнаружения факта использования недозволенных материалов (устройств) составляется акт, и обучающийся удаляется с экзамена.

Экзаменационный билет включает в себя 2 вопроса. Сразу после получения билета студент должен продемонстрировать знание основных формулировок по вопросам билета. Время на подготовку развёрнутых ответов на вопросы билета – 40 минут.

После ответа студента на вопросы билета преподаватель вправе задать несколько дополнительных вопросов по материалу курса и предложить студенту задачу повышенной сложности. Время на её решение ограничено временем проведения экзамена, но не менее 40 минут.

*Критерии выставления оценок:*

Оценка «**отлично**» (**A**) ставится за полный ответ на вопросы билета, на дополнительные вопросы преподавателя и правильное решение задачи повышенной сложности.

Оценка «**хорошо**» (**B**) ставится за полный ответ на вопросы билета, на дополнительные вопросы и отказ от получения задачи повышенной сложности (или её неправильное решение).

Оценка «**хорошо**» (**C**) ставится за полный ответ на вопросы билета и дополнительные вопросы (возможно, с помощью наводящих подсказок преподавателя).

Оценка «**удовлетворительно**» (**D**) ставится за знание определений и формулировок основных теорем по каждой теме курса и недостаточно полный ответ на вопросы билета.

Оценка «**удовлетворительно**» (**E**) ставится за знание определений и формулировок основных теорем по каждой теме курса (возможно, с помощью наводящих подсказок преподавателя) и недостаточно полный ответ на вопросы билета.

Оценка «**неудовлетворительно**» (**F**) ставится в остальных случаях.

**3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)**

*Примерный список вопросов и заданий для проведения контрольных работ, зачета и для самостоятельной работы:*

1. Построить по изоклинам интегральные кривые конкретного уравнения первого порядка, исследовать его решения на продолжимость.
2. Найти общее и особые решения конкретного уравнения 1-го порядка, разрешенного или не разрешенного относительно производной.
3. Решить геометрическую или физическую задачу на составление и решение дифференциального уравнения.
4. Определить области существования и единственности решений для данного уравнения.
5. Решить конкретное уравнение 2-го или 3-го порядка с помощью методов понижения порядка.
6. Решить линейное однородное уравнение с постоянными коэффициентами методом Эйлера.
7. Решить неоднородное линейное уравнение методом вариации или методом неопределенных коэффициентов.
8. Решить данное линейное уравнение с переменными коэффициентами, подобрав его частное решение, или сведя его к уравнению с постоянными коэффициентами.
9. Решить конкретную линейную систему с постоянными коэффициентами 3-го или 4-го порядка методом Эйлера или с помощью вычисления экспоненты от матрицы.
10. Решить линейную неоднородную систему.
11. Найти производную по начальному данному или параметру для конкретной задачи Коши.
12. Выписать разложение решения в ряд по начальным данным или параметру.
13. Найти приближенно периодическое решение для конкретного квазилинейного уравнения.
14. Определить устойчивость решения системы или уравнения по явной формуле общего решения, по фазовому портрету, по первому приближению или с помощью функции Ляпунова.
15. Построить фазовый портрет конкретной автономной системы: определить точки покоя и их тип, проанализировать поведение других траекторий.
16. Найти фундаментальное семейство решений однородного линейного уравнения с помощью формулы Остроградского-Лиувилля.
17. Исследовать на колеблемость решения однородного линейного уравнения второго порядка с помощью теоремы Штурма.

*Примерный перечень вопросов к экзамену.*

1. Дифференциальные уравнения первого порядка, определение решения. Задача Коши, ее геометрический и механический смысл.
2. Ломаные Эйлера. Промежуток Пеано.
3. Теорема существования (теорема Пеано).
4. Лемма Гронуолла.
5. Глобальное и локальное условия Липшица. Связь между ними.
6. Условие единственности. Достаточные условия выполнения условия единственности.
7. Единственность решения задачи Коши в случае выполнения условия единственности.
8. Продолжимость решения. Максимальный интервал существования.
9. Существование максимально продолженного решения.
10. Поведение решения при приближении к концу максимального промежутка задания (в случае ограниченной правой части).
11. Поведение решения при приближении к концу максимального промежутка задания (теорема Еругина).
12. Почти линейные системы.
13. Уравнения первого порядка в симметричной форме. Определение его решения.
14. Интегралы уравнений первого порядка в симметричной форме.
15. Уравнения с разделяющимися переменными. Замена переменных. Однородные уравнения.
16. Уравнения в полных дифференциалах. Интегрирующий множитель. Линейные уравнения первого порядка.
17. Уравнения, не разрешенные относительно производной. Особые решения.
18. Уравнения Лагранжа и Клеро.
19. Линейные уравнения высших порядков. Общие свойства.
20. Линейные однородные уравнения. Вронскиан, его свойства.
21. Формула Остроградского-Лиувилля для уравнений.
22. Фундаментальная система решений линейного однородного уравнения. Общее решение.
23. Лемма об овеществлении фундаментальной системы решений линейных уравнений.
24. Линейные однородные уравнения с постоянными коэффициентами. Характеристический многочлен. Метод Эйлера.
25. Линейные неоднородные уравнения. Структура общего решения.
26. Метод вариации произвольной постоянной (метод Лагранжа) для линейных неоднородных уравнений.
27. Метод неопределенных коэффициентов. Резонанс.
28. Краевые задачи для линейных уравнений. Разрешимость.
29. Линейные однородные уравнения второго порядка. Колеблемость решений.
30. Теорема Штурма.
31. Линейные системы дифференциальных уравнений. Однородные, неоднородные системы. Основные определения, общие свойства.
32. Линейно независимые решения линейных однородных систем. Вронскиан, его свойства.
33. Формула Остроградского-Лиувилля для систем.
34. Фундаментальные матрицы. Свойства фундаментальных матриц Общее решение линейной однородной системы.
35. Матричная экспонента. Ее определение и существование. Экспоненты подобных и коммутирующих матриц.
36. Матричный метод решения линейных систем с постоянными коэффициентами.
37. Линейные однородные системы с постоянными коэффициентами. Метод Эйлера.
38. Линейные неоднородные системы. Структура общего решения. Метод Лагранжа.
39. Метод неопределенных коэффициентов решения линейных неоднородных систем. Резонансный и нерезонансный случаи.
40. Логарифм матрицы.
41. Линейные системы с периодическими коэффициентами. Матрица монодромии. Мультипликаторы.
42. Теорема Флоке о структуре фундаментальной матрицы периодической системы.
43. Последовательные приближения Пикара.
44. Теорема о непрерывной зависимости решений от начальных данных и параметра.
45. Дифференцируемость решения по начальным данным.
46. Дифференцируемость решения по параметру.
47. Многократная дифференцируемость решений по начальным данным и параметру.
48. Интегралы нормальных систем. Общие свойства.
49. Независимые интегралы. Теорема о существовании общего интеграла.
50. Теорема Коши об аналитичности решений по независимой переменной.
51. Теорема об аналитичности решений по начальным данным и параметру.
52. Автономные системы. Групповое свойство. Траектории. Типы траекторий.
53. Предельные множества автономных систем. Их свойства.
54. Линейные автономные системы второго порядка. Классификация Пуанкаре невырожденных особых точек. Теорема Пуанкаре.
55. Устойчивость решения по Ляпунову. Асимптотическая устойчивость. Неустойчивость. Определения, примеры.
56. Устойчивость линейных систем.
57. Устойчивость по первому приближению.
58. Функции Ляпунова. Определения, свойства. Производная функции в силу системы.
59. Теорема Ляпунова об устойчивости решения.
60. Теорема Ляпунова об асимптотической устойчивости решения.
61. Функции Ляпунова для автономных систем.
62. Теорема Четаева о неустойчивости.
63. Теоремы об устойчивости и неустойчивости по первому приближению.

*Примерные варианты контрольных практических заданий*

*(текущий контроль):*

***3 семестр***

1. Постройте интегральные кривые уравнения  методом изоклин.

1. Решите задачу Коши: , .
2. Решите уравнение: .
3. Решите уравнение: .
4. Найдите область единственности уравнения .
5. Найдите кривые, у которых площадь треугольника, ограниченного касательной, осью абсцисс и отрезком от начала координат до точки касания, есть величина постоянная, равная 1.
6. Решите уравнение: .
7. Решите задачу Коши: .
8. Решите уравнение: .
9. Напишите вид частного решения уравнения 

с помощью метода неопределенных коэффициентов.

1. Найдите решение задачи Коши:

.

1. Решите уравнение: .

***4 семестр***

1. Решите линейную однородную систему , где .
2. Решите линейную неоднородную систему , где

.

1. Решите линейную неоднородную систему , где

.

1. Найдите общий интеграл системы:

.



1. Решите систему уравнений: .
2. Вычислите производную решения задачи Коши по параметру  при .



1. Найдите первые три члена разложения решения задачи Коши , , в ряд по параметру  в окрестности .
2. Найдите первые три члена разложения решения задачи Коши  , в ряд по начальным данным в окрестности точки .
3. Постройте фазовый портрет системы. Исследуйте особые точки системы на устойчивость.
4. Найдите особые точки системы, определите их тип и устойчивость.



1. Исследуйте на устойчивость решение задачи Коши: .

***Соответствие индикаторов достижения компетенций и контрольно-измерительных материалов***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Код индикатора и индикатор достижения универсальной компетенции | Контрольно-измерительные материалы (КИМ) (тестовые вопросы, контрольные задания, кейсы и пр.) |
|  | 1 | 2 |
| 1 | ОПК-1.002183.1. Решает геометрические или физические задачи, требующие составления и решения дифференциального уравнения | Примерный список вопросов и заданий для проведения контрольных работ, зачета и для самостоятельной работы |
| 2 | ОПК-1.002183.2. Решает системы дифференциальных уравнений | Примерные варианты контрольных практических заданий |
| 3 | ПКА-1.002183.1. Объясняет основное содержание дисциплины «Дифференциальные уравнения» | Примерный перечень вопросов к экзамену |
| 4 | ПКА-1.002183.2. Воспроизводит формальные доказательства основных теорем из области дифференциальных уравнений | Примерный перечень вопросов к экзамену |

**3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса**

Для оценки содержания и качества учебного процесса может применяться анкетирование или опрос в соответствии с методикой и графиком, утверждаемым в установленном порядке.

**3.2. Кадровое обеспечение**

**3.2.1 Образование и (или) квалификация штатных преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий**

К чтению лекций должны привлекаться преподаватели, имеющие ученую степень доктора или кандидата наук (в том числе степень PhD, прошедшую установленную процедуру признания и установления эквивалентности) и/или ученое звание профессора или доцента.

К преподаванию практических занятий могут быть допущены преподаватели, имеющие диплом о высшем образовании по соответствующему направлению.

**3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом**

Специальных требований нет.

**3.3. Материально-техническое обеспечение**

**3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий**

Требуются стандартно оборудованные лекционные аудитории (доска, мел, губка, маркер).

**3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования**

При проведении отдельных занятий возможно использование студентами компьютерных математических пакетов для выполнения практических заданий.

**3.3.3 Характеристики специализированного оборудования**

Не предусмотрены.

**3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения**

Не предусмотрены.

**3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов**

Мел, губки, бумага формата А4, канцелярские товары, картриджи принтеров, диски в объеме, необходимом для проведения занятий, по заявкам преподавателей.

**3.4. Информационное обеспечение**

**3.4.1 Список обязательной литературы**

1. Бибиков Ю.Н. Курс обыкновенных дифференциальных уравнений. М.: Высшая школа, 1991. (Допущено Министерством высшего и среднего специального образования РСФСР в качестве учебного пособия для студентов университетов, обучающихся по специальности «Математика»).
2. Бибиков Ю.Н. Общий курс обыкновенных дифференциальных уравнений. СПб.: Издательство Санкт-Петербургского университета. 2005.
3. Филиппов А.Ф. Сборник задач по дифференциальным уравнениям. - М.: Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2013.
4. Бибиков Ю.Н. Курс обыкновенных дифференциальных уравнений. СПб.: «Лань». 2011. **+** ЭБС «Лань» по подписке СПбГУ <https://proxy.library.spbu.ru:2279/book/1542>.

**3.4.2 Список дополнительной литературы**

1. Матвеев Н.М. Сборник задач и упражнений по обыкновенным дифференциальным уравнениям. Издание 7-е, дополненное. СПб.: «Лань», 2002.
2. Амелькин В.В. Дифференциальные уравнения в приложениях. Минск, 1987.
3. Демидович Б.П. Лекции по математической теории устойчивости. М. 1967-2008, **+** ЭБС «Лань» по подписке СПбГУ: <https://proxy.library.spbu.ru:2279/book/123>.
4. Арнольд В.И. Обыкновенные дифференциальные уравнения. М. 1984.
5. Арнольд В.И. Дополнительные главы теории обыкновенных дифференциальных уравнений. - М.: Наука, 1978.
6. Петровский И.Г. Лекции по теории обыкновенных дифференциальных уравнений. М. 1979.
7. Бибиков Ю.Н. Многочастотные нелинейные колебания и их бифуркации. Монография. Издательство Ленинградского университета. Л. 1991.
8. Плисс В.А., Ильин Ю.А. Теория нелинейных колебаний. I. Основные свойства периодических систем. II. Периодические решения автономных систем. СПб.: Издательский дом Санкт-Петербургского государственного университета. 2012.
9. Плисс В.А. Интегральные множества периодических систем дифференциальных уравнений. М. 1977.
10. Беллман Р. Теория устойчивости решений дифференциальных уравнений. М., 1954.
11. Коддингтон Э.А., Левинсон Н. Теория обыкновенных дифференциальных уравнений. М., 1958.
12. Понтрягин Л.С. Обыкновенные дифференциальные уравнения. М. 1978.
13. Хартман Ф. Обыкновенные дифференциальные уравнения. М.:Мир, 1970.
14. Адрианова Л.Я., Крыжевич С.Г. Некоторые коэффициентные критерии свойств решений линейных уравнений второго порядка. Изд-во СПбГУ. 2002.

**3.4.3 Перечень иных информационных источников**

Материалы, размещенные в сети Интернет:

* + - 1. <http://www.umu.spbu.ru>.
      2. <http://www/etudes.ru>.

- ЭР открытого доступа в сети Интернет

**Раздел 4. Разработчики программы**

Бибиков Юрий Николаевич, доктор ф-м.н., профессор кафедры дифференциальных уравнений.

Звягинцева Татьяна Евгеньевна, к.ф.-м.н., доцент кафедры дифференциальных уравнений, [t.zvyagintceva@spbu.ru](mailto:t.zvyagintceva@spbu.ru); 428-69-59.