



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Математики

УТВЕРЖДАЮ

Начальник учебно-методического управления

С.В. Михайлов

«29» июня 2021 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Дифференциальные уравнения

направление подготовки/специальность 01.03.02 Прикладная математика и информатика

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Прикладная математика и информатика

Форма обучения очная

Санкт-Петербург, 2021

### 1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является овладение методами решений линейных и нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений и систем таких уравнений.

Задачами освоения дисциплины являются:

создание фундамента математического образования в области теории дифференциальных уравнений, необходимого для получения компетенций бакалавра;

воспитание математической культуры и понимания роли математического подхода в анализе математических моделей, включающих в себя дифференциальные уравнения.

### 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.2 умеет применять фундаментальные знания, полученные в области математических наук, и использовать их в профессиональной деятельности	<b>знает</b> основные понятия и положения теории дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений. алгоритмы и особенности применения методов решения дифференциальных уравнений и их систем, методов качественного анализа поведения полученных решений <b>умеет</b> применять методы решений и анализа дифференциальных уравнений и систем <b>владеет навыками</b> способностью к использованию методов решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.3 умеет осуществлять выбор методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний	<b>знает</b> особенности применения дифференциальных уравнений и систем для построения математических моделей. <b>умеет</b> использовать математические модели для решения прикладных задач с использованием дифференциальных уравнений и систем <b>владеет навыками</b> способами качественного анализа поведения решений дифференциальных уравнений и систем

### 3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.О.15 основной профессиональной образовательной программы 01.03.02 Прикладная математика и информатика и относится к обязательной части учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Линейная алгебра и аналитическая геометрия	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3

Линейная алгебра и аналитическая геометрия  
математический анализ

знать:

- приложения дифференциального и интегрального исчисления одной и нескольких переменных, линейную и векторную алгебру;

уметь:

- применять методы дифференциального и интегрального исчислений, теории рядов;

- решать системы линейных алгебраических уравнений;

- исследовать поведений функции;

владеть:

- техникой дифференцирования и интегрирования функций одной и нескольких переменных;

- приемами решения систем линейных алгебраических уравнений;

- аналитическими методами и вычислительными навыками при применении математического аппарата.

№ п/п	Последующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Уравнения математической физики	ОПК-1.1, ОПК-1.3
2	Численные методы	ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.3
3	Компьютерное и математическое моделирование	ОПК-2.1, ОПК-3.1, ОПК-3.2

**4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Вид учебной работы	Всего часов	Из них часы на практическую подготовку	Семестр
			3
<b>Контактная работа</b>	48		48
Лекционные занятия (Лек)	16	0	16
Практические занятия (Пр)	32	0	32
<b>Иная контактная работа, в том числе:</b>	0,25		0,25
консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР)			
контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР))			
контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача	0,25		0,25
<b>Часы на контроль</b>	26,75		26,75
<b>Самостоятельная работа (СР)</b>	69		69
<b>Общая трудоемкость дисциплины (модуля)</b>			
<b>часы:</b>	144		144
<b>зачетные единицы:</b>	4		4

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

5.1. Тематический план дисциплины (модуля)

№	Разделы дисциплины	Семестр	Контактная работа (по учебным занятиям), час.						СР	Всего, час.	Код индикатора достижения компетенции
			лекции		ПЗ		ЛР				
			всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку			
1.	1 раздел. Дифференциальные уравнения первого порядка										
1.1.	Дифференциальные уравнения первого порядка, разрешенные относительно производной	3	2		6			14	22	ОПК-1.2, ОПК-1.3	
1.2.	Дифференциальные уравнения первого порядка, не разрешенные относительно производной	3			4			8	12	ОПК-1.2, ОПК-1.3	
2.	2 раздел. Дифференциальные уравнения высших порядков										
2.1.	Дифференциальные уравнения высших порядков	3	2		4			8	14	ОПК-1.2, ОПК-1.3	
3.	3 раздел. Линейные дифференциальные уравнения n-го порядка										
3.1.	Линейные однородные дифференциальные уравнения n-го порядка	3	4		2			6	12	ОПК-1.2, ОПК-1.3	
3.2.	Структура общего решения однородного линейного дифференциального уравнения n-го порядка	3	2		6			7	15	ОПК-1.2, ОПК-1.3	
4.	4 раздел. Системы дифференциальных уравнений										
4.1.	Нормальные системы	3	2		1			7	10	ОПК-1.2, ОПК-1.3	
4.2.	Системы линейных дифференциальных уравнений и свойства их решений.	3	2		4			9	15	ОПК-1.2, ОПК-1.3	
4.3.	Операционный метод решения задачи Коши в случае линейных уравнений с постоянными коэффициентами и их систем.	3			3			6	9	ОПК-1.2, ОПК-1.3	
5.	5 раздел. Устойчивость по Ляпунову. Автономные системы.										
5.1.	Устойчивость по Ляпунову. Автономные системы.	3	2		2			4	8	ОПК-1.2, ОПК-1.3	

6.	6 раздел. контроль										
6.1.	экзамен	3							27	ОПК-1.2, ОПК-1.3	

### 5.1. Лекции

№ п/п	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций
1	Дифференциальные уравнения первого порядка, разрешенные относительно производной	Дифференциальные уравнения первого порядка, разрешенные относительно производной Дифференциальные уравнения первого порядка, разрешенные относительно производной. Задача Коши. Геометрическая интерпретация уравнения и решений. Теорема существования и единственности решения задачи Коши (без доказательства). Метод изоклин. Метод последовательных приближений. Интегральное уравнение, эквивалентное задаче Коши.
3	Дифференциальные уравнения высших порядков	Дифференциальные уравнения высших порядков Дифференциальные уравнения высших порядков. Задача Коши. Теорема существования и единственности решения задачи Коши уравнения, разрешенного относительно старшей производной (без доказательства). Уравнения высших порядков, допускающие понижение порядка.
4	Линейные однородные дифференциальные уравнения n-го порядка	Линейные однородные дифференциальные уравнения n-го порядка Линейные дифференциальные уравнения n-го порядка. Линейный дифференциальный оператор. Свойства решений однородного линейного уравнения. Необходимое и достаточное условие линейной независимости частных решений однородного линейного дифференциального уравнения. Линейно зависимые и линейно независимые системы функций. Определитель Вронского. Необходимое условие линейной зависимости функций. Теорема о необходимом и достаточном условии линейной независимости частных решений однородного линейного дифференциального уравнения. Структура общего решения однородного линейного дифференциального уравнения n-го порядка. Фундаментальная система решений. Формула Остроградского-Лиувилля.
5	Структура общего решения однородного линейного дифференциального уравнения n-го порядка	Неоднородные линейные дифференциальные уравнения. Структура общего решения Неоднородные линейные дифференциальные уравнения. Структура общего решения. Интегрирование неоднородного линейного дифференциального уравнения методом вариации постоянных (метод Лагранжа). Неоднородные линейные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами. Метод неопределенных коэффициентов. Применение степенных рядов к интегрированию дифференциальных уравнений.
6	Нормальные системы	Нормальные системы Основные понятия и методы интегрирования систем. Системы дифференциальных уравнений (канонические и нормальные). Теорема существования и единственности решения задачи Коши нормальной системы. Общее решение. Геометрическая интерпретация. Фазовая плоскость, траектория. Методы интегрирования нормальных систем: метод исключения и метод интегрируемых комбинаций.
7	Системы линейных дифференциальных уравнений и свойства	Системы линейных дифференциальных уравнений и свойства их решений. Линейно не-зависимые решения однородной линейной системы.

	их решений.	Фундаментальная система решений однородной линейной системы. Структура его общего решения. Общее выражение для фундаментальной матрицы. Матрица Коши. Формула Остроградского – Лиувилля – Якоби.
9	Устойчивость по Ляпунову. Автономные системы.	Устойчивость по Ляпунову. Автономные системы. Понятие продолжимости решения. Устойчивость по Ляпунову. Теоремы об устойчивости линейных систем. Теорема Ляпунова об асимптотической устойчивости по первому приближению (без доказательства). Устойчивость линейных систем с постоянными коэффициентами.

## 5.2. Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
1	Дифференциальные уравнения первого порядка, разрешенные относительно производной	Некоторые виды уравнений первого порядка, интегрируемых в квадратурах Некоторые виды уравнений первого порядка, интегрируемых в квадратурах. Уравнения с разделяющимися переменными, однородные уравнения. Линейное уравнение первого порядка, уравнение Бернулли. Уравнение в полных дифференциалах. Интегрирующий множитель. Уравнение Риккати.
2	Дифференциальные уравнения первого порядка, не разрешенные относительно производной	Дифференциальные уравнения первого порядка, не разрешенные относительно производной Дифференциальные уравнения первого порядка, не разрешенные относительно производной. Уравнение Лагранжа. Уравнение Клеро.
3	Дифференциальные уравнения высших порядков	Дифференциальные уравнения высших порядков Типы уравнений высших порядков, допускающих понижение порядка. Задача Коши для уравнений высшего порядка.
4	Линейные однородные дифференциальные уравнения n-го порядка	Линейные однородные дифференциальные уравнения n-го порядка Однородные линейные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами произвольного порядка, метод Эйлера
5	Структура общего решения однородного линейного дифференциального уравнения n-го порядка	Неоднородные линейные дифференциальные уравнения. Интегрирование неоднородного линейного дифференциального уравнения методом вариации постоянных (метод Лагранжа). Неоднородные линейные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами. Метод неопределенных коэффициентов. Применение степенных рядов к интегрированию дифференциальных уравнений.
6	Нормальные системы	Нормальные системы Методы интегрирования нормальных систем: метод исключения и метод интегрируемых комбинаций.
7	Системы линейных дифференциальных уравнений и свойства их решений.	Системы линейных дифференциальных уравнений и свойства их решений. Линейные однородные системы с постоянными коэффициентами. Метод Эйлера. Линейные неоднородные системы. Метод Лагранжа.
8	Операционный метод решения задачи Коши в случае линейных уравнений с	Операционный метод решения задачи Коши в случае линейных уравнений с постоянными коэффициентами и их систем. Понятие о преобразовании Лапласа. Свойство линейности преобразования Лапласа. Изображение производной и интеграла.

	постоянными коэффициентами и их систем.	Изменение масштаба аргумента оригинала. Смещение аргумента изображения. Теорема запаздывания. Теорема свертывания. Алгоритм операционного метода решения задачи Коши в случае линейных уравнений с постоянными коэффициентами и их систем.
9	Устойчивость по Ляпунову. Автономные системы.	Устойчивость по Ляпунову. Автономные системы. Простейшие типы точек покоя автономных систем. Автономные системы. Основное свойство решений. Свойство единственности траекторий. Классификация траекторий автономных систем. Устойчивость точек покоя автономных систем. Устойчивость невырожденных точек покоя автономной системы на плоскости. Поведение траекторий линейной автономной системы на плоскости в зависимости от собственных чисел.

### 5.3. Самостоятельная работа обучающихся

№ п/п	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Дифференциальные уравнения первого порядка, разрешенные относительно производной	Дифференциальные уравнения первого порядка Изучение материала, выполнение домашних заданий, подготовка к тестированию и самостоятельное прохождение обучающих тестов.
2	Дифференциальные уравнения первого порядка, не разрешенные относительно производной	Дифференциальные уравнения первого порядка Изучение материала, выполнение домашних заданий, подготовка к тестированию и самостоятельное прохождение обучающих тестов.
3	Дифференциальные уравнения высших порядков	Дифференциальные уравнения высших порядков Подготовка к лекциям и практическим занятиям, решение задач, подготовка к экзамену
4	Линейные однородные дифференциальные уравнения n-го порядка	Линейные однородные дифференциальные уравнения n-го порядка Подготовка к лекциям и практическим занятиям, решение задач, подготовка к экзамену
5	Структура общего решения однородного линейного дифференциального уравнения n-го порядка	Неоднородные линейные дифференциальные уравнения. Подготовка к лекциям и практическим занятиям, решение задач, подготовка к экзамену
6	Нормальные системы	Нормальные системы Подготовка к лекциям и практическим занятиям, решение задач, подготовка к экзамену
7	Системы линейных дифференциальных уравнений и свойства их решений.	Системы линейных дифференциальных уравнений и свойства их решений. Подготовка к лекциям и практическим занятиям, решение задач, подготовка к экзамену
8	Операционный метод решения задачи Коши в случае линейных уравнений с постоянными коэффициентами и их	Операционный метод решения задачи Коши в случае линейных уравнений с постоянными коэффициентами и их систем. Подготовка к лекциям и практическим занятиям, решение задач, подготовка к экзамену

	систем.	
9	Устойчивость по Ляпунову. Автономные системы.	Устойчивость по Ляпунову. Автономные системы. Подготовка к лекциям и практическим занятиям, решение задач, подготовка к экзамену



## 6. Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Программой дисциплины предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал, и практических занятий, предполагающих закрепление изученного материала и формирование у обучающихся необходимых знаний, умений и навыков. Кроме того, важнейшим этапом изучения дисциплины является самостоятельная работа обучающихся с использованием всех средств и возможностей современных образовательных технологий.

В объем самостоятельной работы по дисциплине включается следующее:

- изучение теоретических вопросов по всем темам дисциплины;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка докладов и сообщений;
- подготовка к текущему контролю успеваемости студентов;
- подготовка к экзамену.

Залогом успешного освоения этой дисциплины является обязательное посещение лекционных и практических занятий, так как пропуск одного (тем более, нескольких) занятий может осложнить освоение разделов курса. На практических занятиях материал, изложенный на лекциях, закрепляется при выполнении практических заданий, решения тестов и других форм, предусмотренных РПД.

Приступая к изучению дисциплины, необходимо в первую очередь ознакомиться содержанием РПД, а также методическими указаниями по организации самостоятельной работы и подготовки к практическим занятиям.

При подготовке к практическим занятиям и в рамках самостоятельной работы по изучению дисциплины обучающимся необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники;
- выполнить практические задания в рамках изучаемой темы;
- ответить на контрольные вопросы по теме, используя материалы ФОС, либо выполнить групповые индивидуальные задания, подготовленные преподавателем;
- подготовиться к проверочной работе, предусмотренной в контрольных точках;
- подготовиться к промежуточной аттестации.

Итогом изучения дисциплины является экзамен. Экзамен проводится по расписанию сессии. Форма проведения занятия – устная. Студенты, не прошедшие аттестацию по графику сессии, должны ликвидировать задолженность в установленном порядке.

## 7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

### 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (модуля)	Код и наименование индикатора контролируемой компетенции	Вид оценочного средства
1	Дифференциальные уравнения первого порядка, разрешенные относительно производной	ОПК-1.2, ОПК-1.3	устный опрос, тесты, решение задач
2	Дифференциальные уравнения первого порядка, не разрешенные относительно производной	ОПК-1.2, ОПК-1.3	Устный опрос, тесты, решение задач
3	Дифференциальные уравнения высших порядков	ОПК-1.2, ОПК-1.3	устный опрос, тесты, решение задач, контрольная работа
4	Линейные однородные дифференциальные уравнения n-го	ОПК-1.2, ОПК-1.3	устный опрос, тесты, решение задач

	порядка		
5	Структура общего решения однородного линейного дифференциального уравнения n-го порядка	ОПК-1.2, ОПК-1.3	устный опрос, тесты, решение задач
6	Нормальные системы	ОПК-1.2, ОПК-1.3	устный опрос, тесты, решение задач
7	Системы линейных дифференциальных уравнений и свойства их решений.	ОПК-1.2, ОПК-1.3	устный опрос, тесты, решение задач, контрольная работа
8	Операционный метод решения задачи Коши в случае линейных уравнений с постоянными коэффициентами и их систем.	ОПК-1.2, ОПК-1.3	устный опрос, тесты, решение задач
9	Устойчивость по Ляпунову. Автономные системы.	ОПК-1.2, ОПК-1.3	устный опрос, тесты, решение задач
10	экзамен	ОПК-1.2, ОПК-1.3	

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля успеваемости, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Для проверки сформированности индикатора достижения компетенции ОПК-1.2, ОПК-1.3 предложены следующие материалы текущей аттестации:

1. Тестовые задания.

2. Разноуровневые задачи (комплект разноуровневых задач / заданий)

2.1. Задачи репродуктивного уровня

2.2. Задачи реконструктивного уровня.

3. Комплект заданий для контрольной работы

3.1. Дифференциальные уравнения 1-го порядка

3.2. Дифференциальные уравнения высших порядков и системы линейных дифференциальных уравнений.

Образцы контрольных работ и тесты представлены в среде дистанционного обучения Moodle

<http://moodle.spbgasu.ru/course/>

(курс "Обыкновенные

дифференциальные

уравнения")

<https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=761>)

7.3. Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении текущего контроля успеваемости

<p>Оценка «отлично» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы;</li> <li>- точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы;</li> <li>- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</li> </ul> <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин</li> </ul> <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;</li> <li>- владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации;</li> <li>- применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий;</li> <li>- грамотно обосновывает ход решения задач;</li> <li>- безупречно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач;</li> <li>- творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий</li> </ul>
<p>Оценка «хорошо» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине;</li> <li>- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</li> </ul> <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку;</li> <li>- использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы;</li> <li>- владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач</li> </ul> <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;</li> <li>- средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;</li> <li>- без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий;</li> <li>- обосновывает ход решения задач без затруднений</li> </ul>

<p>Оценка «удовлетворительно» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточный минимальный объем знаний по дисциплине; - усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой; - использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку; - владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач; - умеет под руководством преподавателя решать стандартные задачи навыки: - работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий; - достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий</p>
<p>Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено)</p>	<p>знания: - фрагментарные знания по дисциплине; - отказ от ответа (выполнения письменной работы); - знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине; умения: - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок навыки: - низкий уровень культуры исполнения заданий; - низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - отсутствие навыков самостоятельной работы; - не может обосновать алгоритм выполнения заданий</p>

7.4. Теоретические вопросы и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Дифференциальное уравнение первого порядка, разрешенное относительно производной. Задача Коши. Геометрическая интерпретация уравнения и решений.
2. Теорема существования и единственности решения задачи Коши (без доказательства).
3. Метод изоклин.
4. Метод последовательных приближений. Интегральное уравнение, эквивалентное задаче Коши.
5. Некоторые виды уравнений первого порядка, интегрируемых в квадратурах. Уравнения с разделяющимися переменными, однородные уравнения.
6. Линейное уравнение первого порядка, метод вариации постоянной, уравнение Бернулли.
7. Уравнение в полных дифференциалах.
8. Интегрирующий множитель.
9. Уравнение Риккати.
10. Дифференциальные уравнения, не разрешенные относительно производной.
11. Уравнение Лагранжа. Уравнение Клеро.
12. Дифференциальные уравнения высших порядков. Задача Коши. Теорема

существования и единственности решения задачи Коши уравнения, разрешенного относительно старшей производной (без доказательства).

13. Уравнения высших порядков, допускающие понижение порядка.

14. Линейные дифференциальные уравнения  $n$ -го порядка. Линейный дифференциальный оператор. Свойство решений однородного линейного уравнения.

15. Линейно зависимые и линейно независимые системы функций. Определитель Вронского. Необходимое условие линейной зависимости функций.

16. Необходимое и достаточное условие линейной независимости частных решений однородного линейного дифференциального уравнения.

17. Структура общего решения однородного линейного дифференциального уравнения.

18. Фундаментальная система решений. Формула Остроградского-Лиувилля.

19. Однородные линейные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами порядка  $n=2$ .

20. Однородные линейные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами произвольного порядка .

21. Неоднородные линейные дифференциальные уравнения. Структура общего решения.

22. Интегрирование неоднородного линейного дифференциального уравнения методом вариации постоянных (метод Лагранжа).

23. Неоднородные линейные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами. Метод неопределенных коэффициентов.

24. Применение степенных рядов к интегрированию дифференциальных уравнений.

25. Линейные однородные системы. Основное свойство.

26. Линейно независимые решения линейной однородной системы.

27. Фундаментальная система решений линейной однородной системы.

Общее решение.

28. Общее выражение для фундаментальной матрицы.

29. Формула Лиувилля.

30. Линейные неоднородные системы. Метод Лагранжа.

31. Линейные однородные системы с постоянными коэффициентами. Метод Эйлера.

32. Устойчивость по Ляпунову. Теоремы об устойчивости линейных систем.

33. Теорема Ляпунова об асимптотической устойчивости по первому приближению (без доказательства). Устойчивость линейных систем с постоянными коэффициентами.

34. Автономные системы. Основное свойство решений. Свойство единственности траекторий.

35. Классификация траекторий автономных систем.

36. Устойчивость точек покоя автономных систем. Устойчивость невырожденных точек покоя автономной системы на плоскости.

37. Поведение траекторий линейной автономной системы на плоскости (случай вещественных собственных чисел).

38. Поведение траекторий линейной автономной системы на плоскости (случай комплексных собственных чисел).

#### 7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Дифференциальные уравнения 1-го порядка, интегрируемые в квадратурах. Дифференциальные уравнения высшего порядка, допускающие понижение порядка.

Линейные однородные и неоднородные уравнения с постоянными коэффициентами.

Комплект индивидуальных заданий представлен в среде дистанционного обучения Moodle <http://moodle.spbgasu.ru/course/>

(курс "Обыкновенные дифференциальные уравнения")

<https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=761>)

2. Линейные однородные и неоднородные системы с постоянными коэффициентами.

Комплект индивидуальных заданий представлен в среде дистанционного обучения Moodle <http://moodle.spbgasu.ru/course/>

(курс "Обыкновенные дифференциальные уравнения")

<https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=761>).

### 7.4.3. Примерные темы курсовой работы (проекта) (при наличии)

Курсовые проекты (работы) учебным планом не предусмотрены

### 7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.2.

Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п. 7.3.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

В экзаменационный билет включено два теоретических вопроса и две практических задачи, соответствующие содержанию формируемых компетенций. Экзамен проводится в устной форме. Для подготовки по экзаменационному билету отводится 30 минут.

### 7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

Критерии оценивания	Уровень освоения и оценка			
	Оценка «неудовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно»	Оценка «хорошо»	Оценка «отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы	Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.	Уровень освоения компетенции «продвинутый». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.	Уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка	

знания	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- существенные пробелы в знаниях учебного материала;</li> <li>- допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий;</li> <li>- непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета.</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- знания теоретического материала;</li> <li>- неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов;</li> <li>- неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала;</li> <li>- знания теоретического материала</li> <li>- способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития;</li> <li>- правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы.</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала;</li> <li>- полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий;</li> <li>- способность устанавливать и объяснять связь практики и теории,</li> <li>- логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.</li> </ul>
умения	<p>При выполнении практического задания билета обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень умений. Практические задания не выполнены. Обучающийся не отвечает на вопросы билета при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Допускаются ошибки в содержании ответа и решении практических заданий. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Предложенные практические задания решены с небольшими неточностями. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p>	<p>Обучающийся правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Решает предложенные практические задания без ошибок. Ответил на все дополнительные вопросы.</p>

владение навыками	Не может выбрать методику выполнения заданий. Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач. Делает некорректные выводы. Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.	Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач. Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов. Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.	Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач. Делает корректные выводы по результатам решения задачи. Обосновывает ход решения задач без затруднений.	Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий. Не допускает ошибок при выполнении заданий. Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий. Грамотно обосновывает ход решения задач.
-------------------	---	--	--	---

Оценка по дисциплине зависит от уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной, и представляет собой среднее арифметическое от выставленных оценок по отдельным результатам обучения (знания, умения, владение навыками).

Оценка «отлично»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 4,5 до 5,0.

Оценка «хорошо»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 3,5 до 4,4.

Оценка «удовлетворительно»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 2,5 до 3,4.

Оценка «неудовлетворительно»/«не зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 0 до 2,4.

## 8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

### 8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС
<b><u>Основная литература</u></b>		
1	Краснов М. Л., Киселев А. И., Макаренко Г. И., Обыкновенные дифференциальные уравнения. Задачи и примеры с подробными решениями, М.: ЛЕНАНД, 2016	ЭБС
<b><u>Дополнительная литература</u></b>		
1	Красоленко Г. В., Сванидзе Н. В., Якунина Г. В., Ершов Е. К., Обыкновенные дифференциальные уравнения. Ряды, СПб., 2012	ЭБС
2	Смирнова В. Б., Морозова Л. Е., Ершов Е. К., Обыкновенные дифференциальные уравнения, СПб., 2010	ЭБС
3	Агафонов С. А., Муратова Т. В., Обыкновенные дифференциальные уравнения, М.: Академия, 2008	ЭБС



1	Литвин Д. Б., Мелешко С. В., Мамаев И. И., Обыкновенные дифференциальные уравнения и системы, Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, Сервисшкола, 2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/76118.html">http://www.iprbookshop.ru/76118.html</a>
2	Гогейзель Г., Немыцкий В. В., Смирнов К. Н., Обыкновенные дифференциальные уравнения, М.: Объединённое научно-техническое издательство НКТП СССР, 1937	ЭБС
3	Арнольд В. И., Обыкновенные дифференциальные уравнения, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2013	<a href="http://www.iprbookshop.ru/17643.html">http://www.iprbookshop.ru/17643.html</a>

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Сайт дистанционной системы обучения MOODLE, курс "Обыкновенные дифференциальные уравнения"	<a href="https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=761">https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=761</a>
Обыкновенные дифференциальные уравнения: учебн. пособие. - СПб.: СПбГАСУ	<a href="http://ntb.spbgasu.ru/cgi-bin/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?&amp;I21DBN=IBIS&amp;P21DBN=IBIS&amp;C21COM=S&amp;S21ALL=RMARCID=00013828-SPbGASU">http://ntb.spbgasu.ru/cgi-bin/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?&amp;I21DBN=IBIS&amp;P21DBN=IBIS&amp;C21COM=S&amp;S21ALL=RMARCID=00013828-SPbGASU</a>

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	<a href="https://moodle.spbgasu.ru/">https://moodle.spbgasu.ru/</a>
Электронная библиотека Ирбис 64	<a href="http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/">http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "Лань"	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "ЮРАЙТ"	<a href="https://www.biblio-online.ru/">https://www.biblio-online.ru/</a>
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU
Единый электронный ресурс учебно-методической литературы СПбГАСУ	<a href="http://www.spbgasu.ru">www.spbgasu.ru</a>
Образовательные интернет-ресурсы СПбГАСУ	<a href="https://www.spbgasu.ru/Universtitet/Biblioteka/Obrazovatelnye_internet-resursy/">https://www.spbgasu.ru/Universtitet/Biblioteka/Obrazovatelnye_internet-resursy/</a>

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Наименование	Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)
Microsoft Windows 10 Pro	Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г Программные продукты Майкрософт, договор № Д32009689201 от 18.12.2020 с АО "СофтЛайн Трейд": Windows 10, Project Professional 2016, Visio Professional 2016, Office 2016.

Microsoft Office 2016	Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г Программные продукты Майкрософт, договор № Д32009689201 от 18.12.2020 с АО "СофтЛайн Трейд": Windows 10, Project Professional 2016, Visio Professional 2016, Office 2016.
Matlab версия R2019a	MATLAB договор №Д31908369487 от 01.11.2019 с ООО "Софтлайн Проекты"

#### 8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

##### Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость оборудованием и техническими средствами обучения
07. Помещения для самостоятельной работы	Помещение для самостоятельной работы (читальный зал библиотеки, ауд. 217): ПК-23 шт., в т.ч. 1 шт.- ПК для лиц с ОВЗ (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СПбГАСУ. ПО Microsoft Windows 10, Microsoft Office 2016
07. Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет
07. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет

Для инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются специальные условия для получения образования в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов.