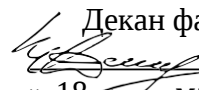


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра компьютерных сетей

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета ИВТ  
 Д.Ю. Чалый  
« 18 » мая 2020 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
«Дифференциальные уравнения»

**Направление подготовки**  
02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

**Профиль**  
«Информатика и компьютерные науки»

**Квалификация выпускника**  
Бакалавр

**Форма обучения**  
очная

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры  
от 16 апреля 2020 г.,  
протокол № 8

Программа одобрена НМК  
факультета ИВТ  
протокол № 7 от  
17 мая 2020 г.

Ярославль  
2020

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Дифференциальные уравнения» является: изучение основ дифференциальных уравнений, включающих теорию и практические методы решения дифференциальных и разностных уравнений, методы качественного исследования дифференциальных уравнений, теорию устойчивости.

### 2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата

Дисциплина «Дифференциальные уравнения» относится к базовой части ОП бакалавриата. Дисциплина основывается на знаниях и навыках, полученных слушателями при изучении таких математических дисциплин, как «Математический анализ», «Алгебра». Основу курса составляют методы качественного исследования дифференциальных уравнений, теоретические и практические методы решения дифференциальных уравнений, которые необходимы при изучении дисциплин базовой части профессионального цикла: «Уравнения математической физики», «Теория вероятностей», «Методы оптимизации».

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП бакалавриата

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.2 Умеет решать стандартные естественно-научные задачи	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- постановку задачи Коши для дифференциальных уравнений и систем;</li><li>- условия существования и единственности решения задачи Коши;</li><li>- основные понятия, теоремы и уравнения;</li><li>- свойства решений линейных уравнений и систем дифференциальных и разностных уравнений;</li><li>- методы решения дифференциальных и разностных уравнений;</li><li>- методы исследования устойчивости.</li></ul> <b>Уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- находить общее решение дифференциальных уравнений и систем дифференциальных и разностных уравнений;</li><li>- ставить задачу Коши для дифференциальных уравнений и систем дифференциальных</li></ul>

		уравнений и находить ее решение; - вычислять производные решений по параметрам и начальным данным; - исследовать устойчивость методом функций Ляпунова и с помощью теоремы об устойчивости по первому приближению; - находить решение краевых задач для дифференциальных уравнений. <b>Владеть навыками:</b> – навыками решения научных и практических задач дифференциальных уравнений.
--	--	---

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. ед., 180 акад. час.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости  Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Основные понятия курса дифференциальных уравнений	4	2	2				6	
2	Элементарные методы интегрирования уравнений первого порядка	4	4	4		2		6	Контрольная работа №1
3	Дифференциальные уравнения высших порядков	4	4	6				6	
4	Теоремы существования	4	4	2				6	
5	Системы дифференциальных уравнений	4	2					6	
6	Линейные системы дифференциальных уравнений. Общие свойства	4	4	2				6	

7	Линейные системы с постоянными коэффициентами	4	4	8		2		6	Контрольная работа №2
8	Теория устойчивости	4	4	4				6	
9	Краевые задачи	4	2	2		1		10,5	Контрольная работа №3
10	Разностные уравнения и системы	4	4	4		2		10,5	
	<b>Всего за 4 семестр</b>		<b>34</b>	<b>34</b>		<b>7</b>		<b>69</b>	<b>Экзамен</b>
	<b>Всего</b>		<b>34</b>	<b>34</b>		<b>7</b>		<b>69</b>	

### Содержание разделов дисциплины:

#### Раздел 1. Основные понятия

Определения дифференциального уравнения, порядка дифференциального уравнения, решения дифференциального уравнения, интегральной кривой, поля направлений, изоклин. Постановка задачи Коши, формулировка теоремы об однозначной разрешимости задачи Коши.

#### Раздел 2. Элементарные методы интегрирования уравнений первого порядка

Уравнения с разделяющимися переменными, однородные уравнения, линейные уравнения, формула Лагранжа, уравнения Бернулли, уравнения Риккати, уравнения в полных дифференциалах. Свойства решений автономных уравнений.

#### Раздел 3. Дифференциальные уравнения высших порядков

Дифференциальные уравнения  $n$ -го порядка и эквивалентные им системы. Постановка задачи Коши, формулировка теоремы об однозначной разрешимости задачи Коши. Свойства решений линейного однородного уравнения. Формула Остроградского-Лиувилля. Исследование линейной зависимости функций с помощью определителя Вронского. Методы решения линейных неоднородных уравнений: метод вариации постоянных, функция Коши. Линейные однородные уравнения с постоянными коэффициентами. Линейные неоднородные уравнения с постоянными коэффициентами и неоднородностью специального вида.

#### Раздел 4. Теоремы существования

Доказательство теоремы существования и единственности решения задачи Коши. Продолжаемость решений. Непрерывная зависимость решений от параметров и начальных условий. Дифференцируемость решений по параметрам.

#### Раздел 5. Системы дифференциальных уравнений

Определения системы дифференциальных уравнений первого порядка, решения системы дифференциальных уравнений. Векторная запись системы дифференциальных уравнений. Постановка задачи Коши для системы дифференциальных уравнений, формулировка теоремы об однозначной разрешимости задачи Коши.

## **Раздел 6. Линейные системы дифференциальных уравнений**

Свойства решений линейных однородных систем, фундаментальная система решений, фундаментальная матрица, матрица Коши. Формула Остроградского-Лиувилля. Формула решения линейной неоднородной системы.

## **Раздел 7. Линейные системы с постоянными коэффициентами**

Решение линейных однородных систем, решение линейных неоднородных систем с неоднородностью специального вида, определение матричной экспоненты, оценка матричной экспоненты, матричная экспонента как сумма ряда.

## **Раздел 8. Теория устойчивости**

Основные определения теории устойчивости. Устойчивость решений линейных систем. Устойчивость нулевого решения линейных систем с постоянной матрицей. Теорема об устойчивости по первому приближению. Метод функций Ляпунова: первая, вторая и третья теоремы Ляпунова, теорема Четаева. Устойчивость нулевого решения линейных систем с периодическими коэффициентами. Устойчивость нулевого решения возмущенных систем. Фазовый портрет линейных однородных систем второго порядка с постоянными коэффициентами, классификация особых точек.

## **Раздел 9. Краевые задачи**

Постановка краевых задач, условие разрешимости краевых задач. Функция Грина. Задачи типа Штурма-Лиувилля, нахождение собственных значений и собственных функций краевых задач.

## **Раздел 10. Разностные уравнения и системы**

Постановка задачи для разностных уравнений и систем. Свойства и методы решения линейных разностных уравнений и систем. Устойчивость решений разностных уравнений и систем. Определения матрицы монодромии и мультипликаторов.

## **5. Образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

1. В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

**Вводная лекция** – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

**Академическая лекция** (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

**Практическое занятие** – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекции знаний.

## **6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного**

## **программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

В процессе осуществления образовательного процесса используются:

- для формирования текстов материалов для промежуточной и текущей аттестации, для разработки документов, презентаций, для работы с электронными таблицами программы OfficeStd 2013 RUS OLP NL Acdmc 021-10232, LibreOffice (свободное), издательская система LaTeX;
- для поиска учебной литературы библиотеки ЯрГУ– Автоматизированная библиотечная информационная система "БУКИ-NEXT" (АБИС "Буки-Next

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

а) основная:

1. Глызин, С. Д., Практикум по курсу обыкновенных дифференциальных уравнений : учеб. пособие / С. Д. Глызин, А. О. Толбей; Яросл. гос. ун-т, Ярославль, ЯрГУ, 2011, 67 с.
2. Глызин, С. Д., Практикум по курсу обыкновенных дифференциальных уравнений [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С. Д. Глызин, А. О. Толбей; Яросл. гос. ун-т, Ярославль, ЯрГУ, 2011, 67 с. <http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20110408.pdf>
3. Королев, А. В., Дифференциальные и разностные уравнения : учебник и практикум для академического бакалавриата / А. В. Королев, М., Юрайт, 2018, 280с
4. Королев, А. В., Дифференциальные и разностные уравнения [Электронный ресурс] : учебник и практикум для академического бакалавриата / А. В. Королев, М., Юрайт, 2018, 280с

б) дополнительная:

1. Глызин, С. Д., Методы компьютерной графики в качественной теории динамических систем на плоскости : учеб. пособие для вузов / С. Д. Глызин ; Яросл. гос. ун-т, Ярославль, ЯрГУ, 1992, 67 с.
2. Филиппов А.Ф., Сборник задач по дифференциальным уравнениям, М-Ижевск, РХД, 2005, 176 с.

в) ресурсы сети «Интернет»

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ ([http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)).
2. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (<http://www.edu.ru> (раздел Учебно-методическая библиотека) или по прямой ссылке <http://window.edu.ru/library>).
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» ([www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru) ).

## **8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав

- специальные помещения:
  - учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа и практических занятий (семинаров);
  - учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
  - учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
  - помещения для самостоятельной работы;
  - помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для практических занятий (семинаров)– списочному составу группы обучающихся.

- фонд библиотеки.

Автор(ы) :

Доцент кафедры компьютерных сетей, к.ф.-м.н. А.О. Толбей

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины  
«Дифференциальные уравнения»**

**Фонд оценочных средств  
для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов  
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания или иные материалы,  
необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности,  
характеризующих этапы формирования компетенций**

**1.1 Контрольные задания и иные материалы,  
используемые в процессе текущей аттестации**

**Контрольная работа № 1: (Раздел 1, 2)**

Задания	Ответы:
<u>Вариант 1.</u>	
1. Найти общее решение и построить график интегральной кривой, соответствующей начальным условиям $x' = 2(x+2)(x+1)^2$ , $x(0) = 1$ .	Глызин, С. Д., Практикум по курсу обыкновенных дифференциальных уравнений : учеб. пособие / С. Д. Глызин, А. О. Толбей; Яросл. гос. ун-т, Ярославль, ЯрГУ, 2011, 67 с. (1.1. Уравнения с разделяющимися переменными, стр. 8)
2. Найти общее решение $(2x+2y+1)dx + (x+y+2)dy = 0$ .	$3\ln(x+y+1) = 2x+y+C$ , $x = y+1$ .
3. Найти общее решение $y'' + y \operatorname{ctg} x = 2x \sin x$ .	$y = (x^2 + C) \sin x$ .
4. Найти общее решение $y'' = y^2 + \frac{2}{x^2}$ , $y = \frac{1}{x}$ .	$y = \frac{1}{x} + \frac{3x^2}{C+x^3}$ .
5. Найти общее решение $(x+y+1)dx + (x+y^2+3)dy = 0$ .	$\frac{x^2}{2} + xy + x - \frac{y^3}{3} + 3y = C$ .
<u>Вариант 2.</u>	
1. Найти общее решение и построить график интегральной кривой, соответствующей начальным условиям $x' = x(x+2)(x+1)$ , $x(0) = 1$ .	Глызин, С. Д., Практикум по курсу обыкновенных дифференциальных уравнений : учеб. пособие / С. Д. Глызин, А. О. Толбей; Яросл. гос. ун-т, Ярославль, ЯрГУ, 2011, 67 с. (1.1. Уравнения с разделяющимися переменными, стр. 8)
2. Найти общее решение $(2y+x+4)dx + (2x+y+5)dy = 0$ .	$y+x+3 = C(y+x+1)$ , $x = y+1$ .

3. Найти общее решение $y'' + \cos x + y \sin x = 1$ .	$y = \sin x + C \cos x$ .
4. Найти общее решение $3xy^2 y' + v^3 + 2x = 0$ .	$y^3 = x + \frac{C}{x}$
5. Найти общее решение $(1 + (x^2 + y^2)x)xdx + ydy = 0$ .	$\frac{1}{2} \ln x^2 + \frac{y^2}{2} + \frac{x^3}{3} + C = 0$ .

### Контрольная работа № 2: (Раздел 3, 7)

Задания	Ответы:
<u>Вариант 1.</u>	
1. Найти общее решение $y'' + 2y' + y = e^{lx} + 1$ ;	$y = C_1 e^{lx} + C_2 x e^{lx},$ $y_{\text{ч}} = \frac{1}{2} + \frac{x^2}{2} e^{-lx}.$
2. Найти общее решение $y''' + 2y'' + y' = x + e^{lx};$	$y = C_0 + C_1 e^{lx} + C_2 x e^{lx},$ $y_{\text{ч}} = \frac{x^2}{2} e^{-lx} + \frac{1}{2} x^2 + 2x.$
3. Найти общее решение $\ddot{x} + x = \frac{4t^2 + 1}{2t\sqrt{t}};$	$x_0 = C_1 \cos t + C_2 \sin t, x_{\text{ч}}$ $= 2t\sqrt{t}$
4. Найти общее решение системы $x' = Ax$ , если $A = \begin{pmatrix} 5 & 1 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}$	$\lambda_1 = 5, \lambda_{2,3} = 3 \pm 2i$ $x = C_1 e^{5t} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + C_2 e^{3t} \begin{pmatrix} \cos 2t \\ \sin 2t \end{pmatrix} + C_3 e^{3t} \begin{pmatrix} -\sin 2t \\ \cos 2t \end{pmatrix}$
5. Найти общее решение системы: $x' + 5x = 4e^{3t}, y' + 3y = 1 - e^{3t}.$	$x = C_1 e^{-5t} + C_2 e^{3t} + C_3 e^{3t} \begin{pmatrix} \cos 2t \\ \sin 2t \end{pmatrix},$ $y = C_4 e^{-3t} + C_5 e^{3t} + C_6 e^{3t} \begin{pmatrix} \cos 2t \\ \sin 2t \end{pmatrix}$
<u>Вариант 2.</u>	
1. Найти общее решение $y'' + 2y' + 17y = e^{lx} (1 + \sin 4x);$	$y_0 = e^{lx} (C_1 \cos 4x + C_2 \sin 4x),$ $y_{\text{ч1}} = \operatorname{Im} z, \quad z_{\text{ч}} = A x e^{(1+4i)x};$ $y_{\text{ч2}} = \frac{1}{16} e^{lx}.$
1. Найти общее решение $y''' + 2y'' = x + x e^{2x};$	$y = C_2 + C_3 + C_4 e^{2x},$ $y_{\text{ч1}} = \frac{1}{6} A x + B x^2,$ $y_{\text{ч2}} = x (C x + D) e^{2x}.$

<p>2. Найти общее решение системы</p> $\begin{cases} y' = 4x^2 + 1 \\ y'' = 2x \end{cases}$	$y_0 = C_1 e^{1/x} + C_2 e^x$ $y_1 = 2x^2$
<p>3. Найти общее решение системы <math>x' = Ax</math>, если</p> $A = \begin{pmatrix} 3 & 1 \\ 1 & 2 \end{pmatrix}$	<p>2 кратности 3</p> <p>2 л\н собственных вектора</p> $x = C_1 e^{2t} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} + C_2 e^{2t} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} + C_3 e^{2t} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$
<p>4. Найти общее решение системы:</p> $\begin{cases} x' = -3x + 4y \\ y' = 2x - y \end{cases}$	$x = C_1 e^{-2t} \cos 2t + C_2 e^{-2t} \sin 2t$ $y = C_1 e^{-2t} \sin 2t + C_2 e^{-2t} \cos 2t$

**Контрольная работа № 3: (Раздел 8, 9)**

Задания:	Ответы:
<b>Вариант 1.</b>	
1. Построить матричную экспоненту матрицы. $\begin{pmatrix} 2 & 2 \\ 3 & 3 \end{pmatrix}$	$e^{At} = \begin{pmatrix} 2e^{5t} - 2e^{2t} & 2e^{2t} - 2e^{5t} \\ 3e^{5t} - 3e^{2t} & 3e^{2t} - 3e^{5t} \end{pmatrix}$
2. Используя, второй метод Ляпунова, исследовать на устойчивость систему $\begin{cases} x' = x + 2y + x^2 y^2 \\ y' = x + 0.5y(1 + x^3) \end{cases}$	$V = \frac{x^2}{2} + y^2$ Нулевое решение устойчиво
3. Построить фазовый портрет системы $\begin{cases} x' = x - 1 \\ y' = 0 \end{cases}$	Вырожденный узел (стр. 79, 16. Особые точки) № 972 Филиппов А.Ф., Сборник задач по дифференциальным уравнениям, М-Ижевск, РХД, 2005, 176 с.
4. Найти методом малого параметра два-три члена разложения $y' = y e^{y/x}, y(0) = 0.$	№ 1078 Филиппов А.Ф., Сборник задач по дифференциальным уравнениям, М-Ижевск, РХД, 2005, 176 с.
5. Найти функцию Грина краевой задачи $\ddot{u} + 2\dot{u} + u = f(x), u(0) = \dot{u}(1) = 0.$	Функция Грина не существует.
<b>Вариант 2.</b>	
1. При каких значениях параметра а асимптотически устойчиво нулевое решение системы: $\begin{cases} x' = ax + y + x^2 \\ y' = x + ay + y^2 \end{cases}$	№ 908 (a < -1) Филиппов А.Ф., Сборник задач по дифференциальным уравнениям, М-Ижевск, РХД, 2005, 176 с.
2. Используя, второй метод Ляпунова, исследовать на устойчивость систему $\begin{cases} x' = 0.5x + y + 0.25x^3 \\ y' = x + 0.5y + 0.25y^3 \end{cases}$	$V = x^2 + y^2$ Нулевое решение устойчиво

3. Построить фазовый портрет системы $\begin{cases} \dot{x} = 3x - 2y \\ \dot{y} = 4y - 6x \end{cases}$	№ 977 Прямая линия Филиппов А.Ф., Сборник задач по дифференциальным уравнениям, М-Ижевск, РХД, 2005, 176 с.
4. Найти методом малого параметра два-три члена разложения $xy'' + x^2 y' + \ln(1+y) = 0, \quad y(1) = 0.$	$y = \frac{1}{2}x^2 + \frac{1}{2}x \ln x + \frac{1}{2}x^2 \ln^2 x + \dots$
5. Найти функцию Грина краевой задачи $u'' = f(x), \quad u(0) = 1, \quad u(1) = 0.$	$G(x,s) = \begin{cases} s(1-x), & 0 \leq s \leq x \\ x(1-s), & x \leq s \leq 1 \end{cases}$

### Критерии оценивания контрольных работ №1 - №3

«Отлично» (5 баллов) – ставится за работу, выполненную полностью без ошибок и недочетов.

«Хорошо» (4 балла) – ставится за работу, выполненную полностью, но при наличии в ней не более одной ошибки и одного недочета, или не более трех недочетов.

«Удовлетворительно» (3 балла) – ставится за работу, если обучающийся правильно выполнил не менее 2/3 всей работы.

«Неудовлетворительно» (0 баллов) – ставится за работу, если число ошибок и недочетов превысило норму для оценки «3» или правильно выполнено менее 2/3 всей работы.

### Список заданий к экзамену

Экзамен заключается в раскрытии 2-х теоретических вопросов и решении задачи по темам в рамках дисциплины. Задания аналогичны тем, которые даются на контрольных работах.

### Список вопросов к экзамену:

1. Понятие дифференциального уравнения. Простейшие виды дифференциальных уравнений первого порядка (с разделяющимися переменными, однородные, в полных дифференциалах, Бернулли и Рикатти) и методы их решения.
2. Линейные уравнения 1 порядка. Метод комплексных амплитуд.
3. Линейные уравнения 1 порядка. Метод неопределенных коэффициентов.
4. Интегрирование линейных однородных уравнений порядка  $n$  (случай простых корней).
5. Интегрирование линейных однородных уравнений порядка  $n$  (случай кратных корней).
6. Интегрирование линейных неоднородных уравнений порядка  $n$ . Метод неопределенных коэффициентов и комплексных амплитуд.
7. Интегрирование линейных неоднородных уравнений порядка  $n$ . Метод вариации произвольных постоянных.
8. Однородные системы линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами.

9. Интегрирование линейных неоднородных систем с постоянными коэффициентами. Метод неопределенных коэффициентов и комплексных амплитуд.
10. Теорема существования и единственности для начальной задачи Коши в случае уравнения первого порядка. Метод Пикара.
11. Теорема существования и единственности решения начальной задачи Коши для линейных систем.
12. Теорема существования и единственности для начальной задачи Коши в случае нормальной системы.
13. Продолжаемость решений дифференциальных уравнений.
14. Зависимость решений дифференциальных уравнений от параметров и начальных условий.
15. Асимптотика решений дифференциальных уравнений по малому параметру (регулярный случай).
16. Общие свойства систем линейных дифференциальных уравнений.
17. Фундаментальная матрица линейной системы, ее свойства.
18. Решение неоднородных систем линейных дифференциальных уравнений методом вариации произвольной постоянной.
19. Определитель Вронского и его свойства. Линейная зависимость и независимость функций.
20. Формула Остроградского-Лиувилля.
21. Функции от матриц, матричная экспонента. Способы построения матричной экспоненты.
22. Теорема об оценке матричной экспоненты.
23. Устойчивость. Определения, геометрический смысл понятия устойчивости.
24. Теорема Ляпунова об устойчивости по первому приближению.
25. Функции Ляпунова. Теоремы Ляпунова об устойчивости и асимптотической устойчивости.
26. Траектории в окрестности точки покоя. Типы точек покоя. Фазовый портрет линейной системы на плоскости.
27. Устойчивость решений систем линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. Критерий Рауса - Гурвица, частотный критерий Михайлова.
28. Краевые задачи. Постановка и физическое содержание.
29. Неоднородные краевые задачи. Функция Грина.
30. Свойства линейных разностных уравнений и систем. Методы решения линейных разностных уравнений с постоянными коэффициентами.
31. Устойчивость решений разностных уравнений и систем. Матрица монодромии, мультипликаторы.

Критерии оценивания экзамена:

*«2» - плохо:*

Теоретический вопрос: студент не раскрыл теоретический вопрос, на заданные экзаменаторами вопросы не смог дать удовлетворительный ответ.

Практический вопрос: студент не понял смысла текста (задачи), не смог выполнить задания. На заданные экзаменатором вопросы ответил неудовлетворительно, не продемонстрировал сформированность требующихся для выполнения заданий знаний и умений.

*«3» - удовлетворительно:*

Теоретический вопрос: студент смог с помощью дополнительных вопросов воспроизвести основные положения темы, но не сумел привести соответствующие примеры или аргументы, подтверждающие те или иные положения.

Практический вопрос: студент понял смысл текста (задачи), но смог выполнить задание лишь после дополнительных вопросов, предложенных экзаменатором. При этом на поставленные экзаменатором вопросы не вполне ответил правильно и полно, но подтвердил ответами понимание вопросов и продемонстрировал отдельные требующиеся для выполнения заданий знания и умения.

«4» - *хорошо*:

Теоретический вопрос: студент (не допуская ошибок) правильно изложил теоретический вопрос, но недостаточно полно или допустил незначительные неточности, не искажающие суть понятий, теоретических положений, правовых и моральных норм. Примеры, приведенные учеником, воспроизводили материал учебников. На заданные экзаменатором уточняющие вопросы ответил правильно.

Практический вопрос: студент понял смысл текста (задачи), предложенные задания выполнил правильно, но недостаточно полно. На заданные экзаменатором вопросы ответил правильно. Проявил необходимый уровень всех требующихся для выполнения заданий знаний и умений.

«5» - *отлично*:

Теоретический вопрос: студент полно и правильно изложил теоретический вопрос, привел собственные примеры, правильно раскрывающие те или иные положения, сделал обоснованный вывод;

Практический вопрос: студент понял смысл текста (задачи), полно и правильно выполнил предложенные задания, проявил высокий уровень всех требующихся для выполнения заданий знаний и умений.

#### **Тест для самопроверки по результатам освоения дисциплины**

#### **Проверка сформированности компетенции ОПК-1**

**Задание 1.** Определите тип каждого из данных уравнений:

- 1)  $y' = \frac{y}{x} + \sin \frac{y}{x}$ ;
- 2)  $y' + y - xy^2 = 0$ ;
- 3)  $x(y^2 - 4)dx + y dy = 0$ ;
- 4)  $y' + \frac{xy}{1-x^2} = \arcsin x$ .

**Варианты ответов:**

уравнение с разделяющимися переменными;  
однородное уравнение первого порядка;  
линейное уравнение первого порядка;  
уравнение Бернулли.

**Задание 2.** Сопоставьте уравнения второго порядка и способы их решения.

- 1)  $2x^2 y'' - (y')^2 = 0$ ;
- 2)  $y'' = 2 \sin x \cos^2 x - \sin^3 x$ ;
- 3)  $3y y' - 7y'' = 0$ .

**Варианты ответов:**

последовательное интегрирование обеих частей уравнения;  
подстановка  $y' = z(x)$ ,  $y'' = z'(x)$ ;  
подстановка  $y' = p(y)$ ,  $y'' = p \frac{dp}{dy}$ .

**Задание 3.** Укажите функцию, являющуюся решением уравнения

$$y dy = \frac{dx}{2(x+1)}.$$

**Варианты ответов:**

- ☐  $y = e^x$ ;
- ☐  $y = 2$ ;
- ☐  $y = \frac{1}{x+1}$ ;
- ☐  $y = \sqrt{\ln(x+1)}$ .

5)  $y_{k+1} \neq a_k y_k \quad \neq 0$ .

Д) линейное однородное разностное уравнение.

**Задание 1.** Определите тип каждого из данных уравнений:

- 1)  $y' = \frac{y}{x} + \sin \frac{y}{x}$ ;
- 2)  $y' + y - xy^2 = 0$ ;
- 3)  $x(y^2 - 4)dx + y dy = 0$ ;
- 4)  $y' + \frac{xy}{1-x^2} = \arcsin x$ .

**Варианты ответов:**

уравнение с разделяющимися переменными;  
однородное уравнение первого порядка;  
линейное уравнение первого порядка;  
уравнение Бернулли.

**Задание 2.** Сопоставьте уравнения второго порядка и способы их решения.

- 1)  $2x^2 y'' - (y')^2 = 0$ ;
- 2)  $y'' = 2 \sin x \cos^2 x - \sin^3 x$ ;
- 3)  $3y y' - 7y'' = 0$ .

**Варианты ответов:**

последовательное интегрирование обеих частей уравнения;  
подстановка  $y' = z(x)$ ,  $y'' = z'(x)$ ;  
подстановка  $y' = p(y)$ ,  $y'' = p \frac{dp}{dy}$ .

**Задание 3.** Укажите функцию, являющуюся решением уравнения

$$y dy = \frac{dx}{2(x+1)}.$$

**Варианты ответов:**

- ☐  $y = e^x$ ;
- ☐  $y = 2$ ;
- ☐  $y = \frac{1}{x+1}$ ;
- ☐  $y = \sqrt{\ln(x+1)}$ .

**Задание 4.** Решениями уравнения

$$y'' = 2(x+1) + e^x$$

являются функции ...

**Варианты ответов:** (укажите два ответа)

- ☐  $y = -\frac{(x+1)^3}{3} + e^x + C_1 x + C_2$ ;
- ☐  $y = (x+1)^3 + e^x + C_1 x + C_2$ ;
- ☐  $y = x^3 + x^2 + e^x + C_1 x + C_2$ ;
- ☐  $y = \frac{x^3}{3} + x^2 + e^x + C_1 x + C_2$ .

**Задание 5.** Среди перечисленных задач «задачей Коши» является ...

**Варианты ответов:**

- ☐  $xyy' = 1 - x^2$ ;
- ☐  $y dx - \operatorname{tg} x dy = 0, y\left(\frac{\pi}{3}\right) = -1$ ;
- ☐  $y' = y - 1$ ;
- ☐  $(y'')^2 - (y')^2 = 1, y(0) = 1, y(1) = 2$ .

**Задание 6.** Укажите уравнения, решения которых можно найти с помощью метода вариации произвольных постоянных.

**Варианты ответов:**  
(укажите не менее двух ответов)

- ☐  $y'' - 4y' + 3y = e^{5x}$ ;
- ☐  $y'' - y' + 20y = x^2 \cos x$ ;
- ☐  $2y'' - y + 1 = 0$ ;
- ☐  $y'' + 1 = 0$ .

**Задание 7.** Фундаментальная система решений уравнения  $y'' + 4y' + 20y = 0$  имеет вид ...

**Варианты ответов:**

- ☐  $y_1 = \cos 4x, y_2 = \sin 4x$ ;
- ☐  $y_1 = e^{-2x}, y_2 = e^{2x}$ ;
- ☐  $y_1 = e^{2x} \cos 4x, y_2 = e^{2x} \sin 4x$ ;
- ☐  $y_1 = e^{2x}, y_2 = 1$ .

**Задание 8.** Дано дифференциальное уравнение третьего порядка  $y''' + y'' - 2y' = 0$ .  
Корнями его характеристического уравнения являются ...

**Укажите ответы:**

- $\lambda_1 =$  ;
- $\lambda_2 =$  ;
- $\lambda_3 =$  .

**Задание 9.** Укажите вид частного решения неоднородного дифференциального уравнения  $y'' + 6y' = 5x$ .

**Варианты ответов:**

- ☐  $y = (Ax + B)x$ ;
- ☐  $y = (Ax + B)e^{-\frac{2}{3}x}$ ;
- ☐  $y = Ax + B$ ;
- ☐  $y = Ax$ .

**Задание 10.** Решите систему дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} x' : & \dot{x} = 2x + y, \\ y' : & \dot{y} = 3x + 4y. \end{cases}$$

**Запишите полное решение**

**Задание 11** Сопоставьте каждому дифференциальному уравнению соответствующий способ решения:

1)  $y'x^2 - x^2 - y^2 = 0$ ;

2)  $y''' = x^2 + e^{4x} + 2$ ;

3)  $\sin^2 x y' = 1$ ;

4)  $y' = 3x^2 y + x^5$ .

**Варианты ответов:**

разделение переменных, затем – интегрирование;

подстановка  $\frac{y}{x} = t(x)$ ;

подстановка  $y = u(x)v(x)$ ;

последовательное интегрирование.

**Задание 12** Частное решение линейного дифференциального уравнения

$$y'' - 12y' + 36y = 24 \cos x$$

имеет вид ...

**Варианты ответов:**

A)  $\cos x$ ; B)  $\sin 6x + B \sin 6x$ ;

Б)  $\cos x$ ; Г)  $\sin 6x + B \sin 6x$ .

**Правильные ответы**

Вопрос №	Вариант ответа	Вопрос №	Вариант ответа	Вопрос №	Вариант ответа
1	1Б 2Г 3А 4В 5Д	5	Б	9	А
2	1Б 2А 3В	6	А, Б	10	$\lambda_1 = 1, \lambda_2 = 5$ . $h_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \end{pmatrix}$ , $h_2 = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \end{pmatrix}$ , $\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = c_1 e^t \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \end{pmatrix} + c_2 e^{5t} \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \end{pmatrix}$
3	Г	7	В	11	1Б 2Г 3А 4В
4	Г	8	$\lambda_1 = -2$ , $\lambda_2 = 0$ , $\lambda_3 = 1$ .	12	Г

Каждый правильный ответ оценивается в 1 балл.

Номер задания	Максимальное число баллов за задание
Задание 1	5
Задание 2	3
Задания 3-10	1
Задание 11	4
Задание 12	1

Набранное количество баллов от 19-21 соответствует формированию проверяемой компетенции на высоком уровне, 15-18 баллов – на продвинутом уровне, 10-14 баллов – на пороговом уровне, менее 10 баллов – ниже порогового уровня.

## **2. Перечень компетенций, этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания**

### **2.1. Шкала оценивания сформированности компетенций и ее описание**

Оценивание уровня сформированности компетенций в процессе освоения дисциплины осуществляется по следующей трехуровневой шкале:

*Пороговый уровень* - предполагает отражение тех ожидаемых результатов, которые определяют минимальный набор знаний и (или) умений и (или) навыков, полученных студентом в результате освоения дисциплины. Пороговый уровень является обязательным уровнем для студента к моменту завершения им освоения данной дисциплины.

*Продвинутый уровень* - предполагает способность студента использовать знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, полученные при освоении дисциплины, для решения профессиональных задач. Продвинутый уровень превосходит пороговый уровень по нескольким существенным признакам.

*Высокий уровень* - предполагает способность студента использовать потенциал интегрированных знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, полученных при освоении дисциплины, для творческого решения профессиональных задач и самостоятельного поиска новых подходов в их решении путем комбинирования и использования известных способов решения применительно к конкретным условиям. Высокий уровень превосходит пороговый уровень по всем существенным признакам.

## 2.2. Перечень компетенций, этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Код компетенции	Форма контроля	Этапы формирования (№ темы (раздела))	Показатели оценивания	Шкала и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования		
				Пороговый уровень	Продвинутый уровень	Высокий уровень
Общепрофессиональные компетенции						
ОПК-1	Контрольная работа №1-4 Экзамен	1-10	<b>Знать:</b> - постановку задачи Коши для дифференциальных уравнений и систем; - условия существования и единственности решения задачи Коши. - основные понятия, теоремы и уравнения; - свойства решений линейных уравнений и систем дифференциальных и разностных уравнений; - методы решения дифференциальных и разностных уравнений; - методы исследования устойчивости. <b>Уметь:</b>	1. Знание постановки задачи Коши для дифференциальных уравнений и систем, условий существования и единственности решения задачи Коши.  2. Воспроизведение основных понятий, теорем и уравнений, их интерпретация.	1. Знание постановки задачи Коши для дифференциальных уравнений и систем, условий существования и единственности решения задачи Коши и воспроизведение основной части математических рассуждений в процессе доказательства теорем.  2. Воспроизведение основных понятий, теорем и математических рассуждений в процессе их вывода. Воспроизведение уравнений, их интерпретация и умение выполнить основную часть математических выкладок в исследовании	1. Знание постановки задачи Коши для дифференциальных уравнений и систем, условий существования и единственности решения задачи Коши и воспроизведение математических рассуждений в процессе доказательства теорем.  2. Воспроизведение основных понятий, теорем и математических рассуждений в процессе их вывода. Выполнение в полном объеме математических выкладок в исследовании дифференциальных и разностных уравнений.

			<p>- находить общее решение дифференциальных уравнений и систем дифференциальных и разностных уравнений;</p> <p>- ставить задачу Коши для дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений и находить ее решение.</p> <p>- вычислять производные решений по параметрам и начальным данным;</p> <p>- исследовать устойчивость методом функций Ляпунова и с помощью теоремы об устойчивости по первому приближению;</p> <p>- находить решение краевых задач для дифференциальных уравнений.</p> <p><b>Владеть навыками:</b> – навыками решения научных и практических задач дифференциальных уравнений.</p>	<p>3. Воспроизведение основных методов решения дифференциальных и разностных уравнений и систем дифференциальных уравнений.</p> <p>4. Знание определения, геометрического смысла понятия устойчивости и методов исследования.</p> <p>5. Нахождение общего решения дифференциальных и разностных уравнений. Умение</p>	<p>дифференциальных и разностных уравнений.</p> <p>3. Умение решать Дифференциальные уравнения и системы, вычислять производные решений по параметрам и начальным данным. Построение для уравнений высших порядков эквивалентных им систем. Выполнение основной части математических выкладок и воспроизведение базовых рассуждений в процессе их вывода.</p> <p>4. Умение исследовать устойчивость по определению, методом функций Ляпунова, с помощью теоремы об устойчивости по первому приближению. Выполнение основной части математических выкладок и воспроизведение базовых физических и математических рассуждений в процессе решения задач.</p> <p>5. Нахождение общего решения дифференциальных и разностных уравнений и</p>	<p>3. Умение решать Дифференциальные уравнения и системы, вычислять производные решений по параметрам и начальным данным. Построение для уравнений высших порядков эквивалентных им систем. Выполнение в полном объеме математических выкладок и воспроизведение базовых рассуждений в процессе их вывода.</p> <p>4. Умение исследовать устойчивость по определению, методом функций Ляпунова, с помощью теоремы об устойчивости по первому приближению. Выполнение в полном объеме математических выкладок и воспроизведение физических и математических рассуждений в процессе решения задач.</p> <p>5. Нахождение общего решения дифференциальных и разностных уравнений и систем дифференциальных уравнений. Умение ставить задачу Коши для дифференциальных</p>
--	--	--	---	---	---	--

				<p>ставить задачу Коши для дифференциальных уравнений и находить ее решение.</p> <p>6. Постановка краевых задач и физическое содержание.</p>	<p>систем дифференциальных уравнений. Умение ставить задачу Коши для дифференциальных уравнений и систем, находить ее решение. Воспроизведение основной части математических рассуждений в процессе постановки и решения задачи.</p> <p>6. Умение находить решение краевых задач для дифференциальных уравнений. Выполнение основной части математических выкладок и воспроизведение базовых рассуждений в процессе решения.</p>	<p>уравнений и систем, находить ее решение. Воспроизведение в полном объеме математических рассуждений в процессе постановки и решения задачи.</p> <p>6. Умение находить решение краевых задач для дифференциальных уравнений. Выполнение в полном объеме математических выкладок и воспроизведение рассуждений в процессе решения.</p>
--	--	--	--	--	--	---

### **3. Методические рекомендации преподавателю по процедуре оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Целью процедуры оценивания является определение степени овладения студентом ожидаемыми результатами обучения (знаниями, умениями, навыками и (или) опытом деятельности).

Процедура оценивания степени овладения студентом ожидаемыми результатами обучения осуществляется с помощью методических материалов, представленных в разделе «Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций»

#### **3.1 Критерии оценивания степени овладения знаниями, умениями, навыками и (или) опытом деятельности, определяющие уровни сформированности компетенций**

Пороговый уровень (общие характеристики):

- владение основным объемом знаний по программе дисциплины;
- знание основной терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы без существенных ошибок;
- владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках рабочей программы дисциплины;
- усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- знание базовых теорий, концепций и направлений по изучаемой дисциплине;
- самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, достаточный уровень культуры исполнения заданий.

Продвинутый уровень (общие характеристики):

- достаточно полные и систематизированные знания в объеме программы дисциплины;
- использование основной терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;
- владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно решать сложные задачи (проблемы) в рамках рабочей программы дисциплины;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

Высокий уровень (общие характеристики):

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины;
- точное использование терминологии данной области знаний, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- безупречное владение инструментарием дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно и творчески решать сложные задачи (проблемы) в рамках рабочей программы дисциплины;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой дисциплины;

- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- активная самостоятельная работа на практических и лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

### **3.2 Описание процедуры выставления оценки**

В зависимости от уровня сформированности компетенции ОПК-1 по окончании освоения дисциплины студенту выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Показатели и критерии, используемые при выставлении оценки подробно описаны в разделе «Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций».

Высокий уровень формирования компетенции соответствует оценке «отлично» за контрольные работы и экзаменационную работу.

Продвинутый уровень формирования компетенции соответствует оценке «хорошо» за контрольные работы и экзаменационную работу.

Пороговый уровень формирования компетенции соответствует оценке «удовлетворительно» за контрольные работы и экзаменационную работу.

Оценка «отлично» выставляется студенту, у которого компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована на высоком уровне.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, у которого компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на продвинутом уровне.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, у которого компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на пороговом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, у которого компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована ниже, чем на пороговом уровне.

Оценка «зачет» выставляется студенту, у которого компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована не ниже, чем на пороговом уровне.

Оценка «незачтено» выставляется студенту, у которого компетенция (полностью или частично формируемая данной дисциплиной) сформирована ниже, чем на пороговом уровне.

## **Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Дифференциальные уравнения»**

### **Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Дифференциальные уравнения» являются лекции, причем в достаточно большом объеме. Это связано с тем, что в основе дисциплины лежит особый математический аппарат, с помощью которого решаются довольно сложные и громоздкие задачи. По большинству тем предусмотрены практические занятия, на которых происходит закрепление лекционного материала путем применения его к конкретным задачам и отработка навыков работы с математическим аппаратом дифференциальных и разностных уравнений.

Для успешного освоения дисциплины очень важно решение достаточно большого количества задач, как в аудитории, так и самостоятельно в качестве домашних заданий. Примеры решения задач разбираются на практических занятиях, при необходимости по наиболее трудным темам проводятся дополнительные консультации. Основная цель решения задач – помочь усвоить фундаментальные понятия и основы дифференциальных и разностных уравнений. Для решения всех задач необходимо знать и понимать лекционный материал. Поэтому в процессе изучения дисциплины рекомендуется регулярное повторение пройденного лекционного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дома еще раз прорабатывать и при необходимости дополнять информацией, полученной на консультациях, практических занятиях или из учебной литературы.

Большое внимание должно быть уделено выполнению домашней работы. В качестве заданий для самостоятельной работы дома студентам предлагаются задачи, аналогичные разобранным на лекциях и практических занятиях или немного более сложные, которые являются результатом объединения нескольких базовых задач.

Для проверки и контроля усвоения теоретического материала, приобретенных практических навыков работы с аппаратом дифференциальных и разностных уравнений, в течение обучения проводятся мероприятия текущей аттестации в виде контрольных работ. Также проводятся консультации (при необходимости) по разбору заданий, которые вызвали затруднения.

В конце курса изучения дисциплины студенты сдают экзамен. Экзамен принимается по экзаменационным билетам, каждый из которых включает в себя два теоретических вопроса. На самостоятельную подготовку к экзамену выделяется 3 дня, во время подготовки к экзамену предусмотрена групповая консультация.

Освоить вопросы, излагаемые в процессе изучения дисциплины «Дифференциальные уравнения» самостоятельно студенту крайне сложно. Это связано со сложностью изучаемого материала и большим объемом курса. Поэтому посещение всех аудиторных занятий является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных занятий в течение семестра сдать зачет и экзамен по итогам изучения дисциплины студенту практически невозможно.

### **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине**

Для самостоятельной работы рекомендуется использовать учебную литературу, содержащую материалы и упражнения по курсу дифференциальных и разностных уравнений. Литературу с разобранными методами решений дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений, а также примерами их решений. К таким можно отнести следующие издания:

1. Филлипов А.Ф. Сборник задач по дифференциальным уравнениям, М.: Наука, 1992.
2. Глызин, С.Д. Практикум по курсу обыкновенных дифференциальных уравнений: учебное пособие / С.Д. Глызин, А.О. Толбей; Яросл. гос. ун-т. им. П. Г. Демидова – Ярославль: ЯрГУ, 2011.
3. Понтрягин Л.С. Обыкновенные дифференциальные уравнения, М.: Наука, 1982.
4. Степанов В.В. Курс дифференциальных уравнений, М.: Физматгиз, 1959.
5. Пантелеев А.В., Якимова А.С., Босов А.В. Обыкновенные дифференциальные уравнения в примерах и задачах: учебное пособие. Издательство: МАИ, 2000.
6. Романенко В.К. Курс дифференциальных уравнений и вариационного исчисления, М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001.

Также для подбора учебной литературы рекомендуется использовать широкий спектр интернет-ресурсов:

**1. Международный научно-образовательный сайт EqWorld.** Сайт EqWorld содержит обширную информацию о различных классах обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ), дифференциальных уравнений с частными производными (УрЧП), интегральных уравнений, функциональных уравнений и других математических уравнений. Приведены [таблицы точных решений](#), описаны [методы решения уравнений](#), есть [интересные статьи](#), даны ссылки на математические программы, указаны адреса научных сайтов, издательств, журналов и др. Имеется динамический раздел [EqArchive](#), который дает возможность авторам оперативно публиковать свои уравнения и их точные решения, первые интегралы и преобразования. Содержит учебную [физико-математическую библиотеку](#), в которую авторы могут добавлять свои [книги и диссертации](#), а также [форум](#) для вопросов и дискуссий.

EqWorld работает на [русском](#) и [английском](#) языках (главная стр. сайта переведена также на [немецкий](#), [французский](#), [итальянский](#) и [испанский](#) языки) и предназначен для широкого круга ученых, преподавателей вузов, инженеров, аспирантов и студентов в различных областях математики, механики, физики, химии, биологии и инженерных наук. Все ресурсы сайта являются бесплатными для его пользователей.

EqWorld содержит около 2000 веб-страниц (книги библиотеки не учитываются), его посещают люди из 200 стран мира, средняя посещаемость сайта превышает 3000 человек в сутки. Адреса сайта в Интернете: <http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm> (рус.), <http://eqworld.ipmnet.ru> (англ.).

**2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»** ([www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)) - электронная библиотека, обеспечивающая доступ к наиболее востребованным материалам-первоисточникам, учебной, научной и художественной литературе ведущих издательств (\*регистрация в электронной библиотеке – только в сети университета. После регистрации работа с системой возможна с любой точки доступа в Internet.).

**3. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"** (<http://window.edu.ru/library>).

Целью создания информационной системы "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (ИС "Единое окно") является обеспечение свободного доступа к интегральному каталогу образовательных интернет-ресурсов и к электронной библиотеке учебно-методических материалов для общего и профессионального образования.

Для самостоятельного подбора литературы в библиотеке ЯрГУ рекомендуется использовать:

**1. Личный кабинет** ([http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_login.php](http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_login.php)) дает возможность получения on-line доступа к списку выданной в автоматизированном режиме литературы, просмотра и копирования электронных версий изданий сотрудников университета (учеб. и метод. пособия, тексты лекций и т.д.) Для работы в «Личном кабинете» необходимо зайти на сайт Научной библиотеки ЯрГУ с любой точки, имеющей доступ в Internet, в пункт меню «Электронный каталог»; пройти процедуру авторизации, выбрав вкладку «Авторизация», и заполнить представленные поля информации.

**2. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ**

([http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)) содержит более 2500 полных текстов учебных и учебно-методических материалов по основным изучаемым дисциплинам, изданных в университете. Доступ в сети университета, либо по логину/пароллю.

**3. Электронная картотека «Книгообеспеченность»**

([http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_bookreq\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_bookreq_find.php)) раскрывает учебный фонд научной библиотеки ЯрГУ, предоставляет оперативную информацию о состоянии книгообеспеченности дисциплин основной и дополнительной литературой, а также цикла дисциплин и специальностей. Электронная картотека «Книгообеспеченность» доступна в сети университета и через Личный кабинет.