

АННОТАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ Б1.В.ДВ.01.01 ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Дифференциальные уравнения» являются:

- формирование систематических знаний о современных методах теории дифференциальных уравнений, её месте и роли в системе математических наук;
- расширение и углубление понятий: функциональное уравнение, частное решение, общее решение, существование решения, единственность решения, интегральная кривая, задача Коши;
- развитие абстрактного мышления, пространственных представлений, вычислительной, алгоритмической культур и общей математической культуры.

1.2 Задачи дисциплины

Изучение дисциплины «Дифференциальные уравнения» направлена на формирование у студентов следующих компетенций:

ОК-6 способность к самоорганизации и самообразованию;

ПК-1 готовность реализовывать образовательные программы по учебным предметам в соответствии с требованиями образовательных стандартов;

ПК-11 готовность использовать систематизированные теоретические и практические знания для постановки и решения исследовательских задач в области образования.

В соответствие с этим ставятся следующие задачи дисциплины:

- стимулирование формирования общекультурных компетенций бакалавра через развитие культуры мышления в аспекте применения на практике современных методов теории функций;
- расширение систематизированных знаний в области математики для обеспечения возможности использовать знание современных проблем науки и образования при решении образовательных и профессиональных задач;
- обеспечение условий для активизации познавательной деятельности студентов и формирование у них опыта использования методов теории функций в ходе решения практических задач и стимулирование исследовательской деятельности студентов в процессе освоения дисциплины.

1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Дифференциальные уравнения» относится к вариативной части профессионального цикла. Для освоения дисциплины «Дифференциальные уравнения» используются знания, умения, навыки, способы деятельности и установки, полученные и сформированные в ходе изучения следующих дисциплин: «Математический анализ» «Алгебра», «Геометрия», «Теория функций действительного переменного», «Дискретная математика», «Математическая логика».

Освоение данной дисциплины является основой для последующего изучения учебных дисциплин: «Теория функций комплексного переменного», «Физика» и др., а также курсов по выбору студентов, содержание которых связано с готовностью студента углубить свои знания в области современной теории функций действительного и комплексного переменных.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у студентов следующих компетенций:

ОК-6 способность к самоорганизации и самообразованию;

ПК-1 готовность реализовывать образовательные программы по учебным предметам в соответствии с требованиями образовательных стандартов;

ПК-11 готовность использовать систематизированные теоретические и практические знания для постановки и решения исследовательских задач в области образования.

№	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1	ОК-6	– способность к самоорганизации и самообразованию	– основные понятия математического анализа и теории дифференциальных уравнений; – основные свойства и теоремы математического анализа и теории дифференциальных уравнений; – основные методы математического анализа и теории дифференциальных уравнений	– решать простейшие дифференциальные уравнения; – используя определения, проводить исследования, связанные с основными понятиями; – применять методы теории дифференциальных уравнений к доказательству теорем и решению задач	– современными знаниями о дифференциальных уравнениях и приложениях этой теории; – основными понятиями школьного курса «Алгебра и начала анализа», относящихся к дифференциальным уравнениям
2	ПК-1	– готовность реализовывать образовательные программы по учебным предметам в соответствии с требованиями образовательных стандартов	– основные факты о дифференциальных уравнениях; – теоремы существования и единственности (для нормальной системы, для системы линейных уравнений, для уравнения высшего порядка, условие Липшица)	– точно и лаконично рассказывать или описывать решение задач, доказательство теорем, свойства рассматриваемых математических объектов	– базовыми идеями и методами теории дифференциальных уравнений, относящимися к дифференциальным уравнениям первого и второго порядков; – системой основных математических структур (пространство непрерывных функций) и аксиоматическим методом

3	ПК-11	– готовность использовать систематизированные теоретические и практические знания для постановки и решения исследовательских задач в области образования	– основные исследовательские методы теории дифференциальных уравнений (метод Бернулли, метод Лагранжа, метод неопределенных коэффициентов, метод Фурье и др.)	– используя полученные знания, проводить исследования, связанные с основными понятиями курса (обыкновенные дифференциальные уравнения, уравнения в частных производных)	– основными понятиями школьного курса математики, связанными с дифференциальными уравнениями и их приложениями (профильный уровень)
---	-------	--	---	---	---

2 Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зачётных ед. (180 час.), их распределение по видам работ представлено в таблице

Вид учебной работы	Всего часов	Се- местры
		8
Контактная работа	72,3	72,3
<i>Аудиторные занятия</i>	66	66
Занятия лекционного типа	26	26
Занятия семинарского типа	40	40
Лабораторные занятия	-	-
<i>Иная контактная работа</i>	6,3	6,3
Контроль самостоятельной работы	6	6
Промежуточная аттестация	0,3	0,3
Самостоятельная работа	72	72
Курсовое проектирование	-	-
Проработка теоретического материала	42	42
Подготовка к текущему контролю	30	30
Контроль	35,7	35,7
Подготовка к экзамену	35,7	35,7
Общая трудоемкость	часов	180
	зачетных единиц	5

2.2 Структура дисциплины

Распределение трудоёмкости по разделам дисциплины приведено в таблице.

№	Наименование разделов	Всего	Количество часов			
			Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			ЛК	ПЗ	ЛР	СРС
1	<i>Обыкновенные дифференциальные уравнения</i>					
1.1	Элементы общей теории обыкновенных дифференциальных уравнений	44	8	12	-	24
1.2	Линейные дифференциальные уравнения	44	8	12	-	24
2	<i>Уравнения в частных производных</i>					
2.1	Дифференциальные уравнения в частных производных	50	10	16	-	24
Итого по дисциплине		138	26	40	-	72

Примечание: ЛК – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента.

2.3 Содержание разделов дисциплины

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	<i>Обыкновенные дифференциальные уравнения</i>		
1.1	Элементы общей теории обыкновенных дифференциальных уравнений	Задачи, приводящие к дифференциальным уравнениям. Цепная линия. Атмосферное давление. Обыкновенные дифференциальные уравнения и их системы. Задача Коши. Теорема существования и единственности. Следствия теоремы существования и единственности. Уравнение с разделяющимися переменными. Однородные уравнения. Линейные уравнения первого порядка. Уравнение в полных дифференциалах	К, Т
1.2	Линейные дифференциальные уравнения	Линейные дифференциальные уравнения. Вронскиан. Общее решение линейного дифференциального уравнения. Метод Лагранжа (метод вариации произвольных постоянных). Комплексные функции действительного аргумента. Линейные однородные уравнения с постоянными коэффициентами. Общее решение линейного однородного уравнения с постоянными коэффициентами. Линейные неоднородные уравнения с постоянными коэффициентами. Колебательные явления. Свободные колебания в среде	К, Т

		без сопротивления. Свободные колебания в среде с сопротивлением. Вынужденные колебания в среде без сопротивления. Резонанс	
2	<i>Уравнения в частных производных</i>		
2.1	Дифференциальные уравнения в частных производных	Задачи, приводящие к дифференциальным уравнениям в частных производных. Уравнение теплопроводности. Задача Дирихле. Задача Дирихле для круга. Уравнение теплопроводности в стержне. Волновое уравнение. Решение волнового уравнения для конечной струны. Решение волнового уравнения для бесконечной струны. Формула Даламбера. Уравнение Бесселя. Ряд Фурье-Бесселя. Колебание круглой мембраны. Задача Штурма-Лиувилля.	К, Т

Примечание: УП – устный (письменный) опрос, Т – тестирование, К – коллоквиум.

2.3.2 Занятия семинарского типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	<i>Обыкновенные дифференциальные уравнения</i>		
1.1	Элементы общей теории обыкновенных дифференциальных уравнений	Интегрирование основных классов ОДУ первого порядка. Уравнения с разделяющимися переменными. Однородные уравнения. Линейные уравнения. Уравнение Бернулли. Уравнения в полных дифференциалах. Интегрирующий множитель. Решение задачи Коши.	УП, Т
1.2	Линейные дифференциальные уравнения	Простейшие случаи понижения порядка. Интегрирование линейных уравнений с постоянными коэффициентами. Решение задачи Коши. Решение краевых задач для уравнений второго порядка. Интегрирование уравнений с помощью рядов.	УП, Т
2	<i>Уравнения в частных производных</i>		
2.1	Дифференциальные уравнения в частных производных	Уравнение теплопроводности. Уравнение Лапласа. Задача Дирихле. Решение задачи Дирихле для круга и полуплоскости. Уравнение теплопроводности в стержне конечной и бесконечной длины. Волновое уравнение. Колебание конечной	УП, Т

		струны. Волновое уравнение, колебаний бесконечной струны. Формула Даламбера. Решение волнового уравнения для круглой мембраны.	
--	--	--	--

2.3.3 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия не предусмотрены учебным планом.

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ

Курсовые работы не предусмотрены учебным планом.

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Подготовка к практическим (семинарским) занятиям	1. Ельцов, А.А. Дифференциальные уравнения: учебное пособие / А.А. Ельцов, Т.А. Ельцова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). – Томск: Эль Контент, 2013. – 197 с. 2. Астахова, И.В. Дифференциальные уравнения / И.В. Астахова, В.А. Никишкин. – Москва: Евразийский открытый институт, 2011. – Ч. 2. – 108 с. 3. Шишкин А. Б. Лекции по дифференциальным уравнениям. Элементы общей теории обыкновенных дифференциальных уравнений. Линейные дифференциальные уравнения. Уравнения в частных производных: учебное пособие для студентов педагогических вузов / А. Б. Шишкин. – Славянск-на-Кубани: ИЦ СГПИ, 2009. – 73 с. 4. Астахова, И.В. Практикум по курсу «Дифференциальные уравнения»: учебное пособие / И.В. Астахова, В.А. Никишкин. - Москва: Евразийский открытый институт, 2011. – 96 с. 4. Конспекты лекций (в электронном виде).
2	Подготовка к коллоквиумам	1. Ельцов, А.А. Дифференциальные уравнения: учебное пособие / А.А. Ельцов, Т.А. Ельцова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). – Томск: Эль Контент, 2013. - 197 с. 2. Астахова, И.В. Дифференциальные уравнения / И.В. Астахова, В.А. Никишкин. – Москва: Евразийский открытый институт, 2011. – Ч. 2. – 108 с. 3. Шишкин А. Б. Лекции по дифференциальным уравнениям. Элементы общей теории обыкновенных дифференциальных уравнений. Линейные дифференциальные уравнения. Уравнения в частных производных: учебное пособие для студентов педагогических вузов / А. Б. Шишкин. – Славянск-на-Кубани: ИЦ СГПИ, 2009. – 73 с. 3. Рабочая программа дисциплины «Дифференциальные уравнения». 4. Конспекты лекций (в электронном виде).

3	Подготовка к тестированию (текущей аттестации)	Ельцов, А.А. Дифференциальные уравнения: учебное пособие / А.А. Ельцов, Т.А. Ельцова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУ-СУР). – Томск: Эль Кон- тент, 2013. - 197 с. 2. Шишкин А. Б. Лекции по дифференциальным уравнениям. Элементы общей теории обыкновенных дифференциальных уравнений. Линейные дифференциальные уравнения. Уравнения в частных производных: учебное пособие для студентов педагогических вузов / А. Б. Шишкин. – Славянск-на-Кубани: ИЦ СГПИ, 2009. – 73 с. 3. Фонд оценочных средств, включающий банк тестовых заданий (в электронном виде) по дисциплине «Дифференциальные уравнения». 4. Конспекты лекций (в электронном виде).
---	--	---

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,

для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,

Данный перечень может быть дополнен и конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3 Образовательные технологии

С целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся, в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки, для реализации компетентного подхода программа предусматривает широкое использование в учебном процессе следующих форм учебной работы:

- активные формы (лекция, вводная лекция, обзорная лекция, заключительная лекция, презентация);
- интерактивные формы (практическое занятие, семинар, компьютерная симуляция, коллоквиум);
- внеаудиторные формы (консультация, практикум, самостоятельная работа, подготовка реферата, написание курсовой работы);
- формы контроля знаний (групповой опрос, контрольная работа, практическая работа, тестирование, коллоквиум, зачёт, экзамен).

3.1 Образовательные технологии при проведении лекций

Лекция – одна из основных форм организации учебного процесса, представляющая собой устное, монологическое, систематическое, последовательное изложение преподавателем учебного материала. Она предшествует всем другим формам организации учебного процесса, позволяет оперативно актуализировать учебный материал дисциплины. Для повышения эффективности лекций целесообразно воспользоваться следующими рекомендациями:

- четко и ясно структурировать занятие;
- рационально дозировать материал в каждом из разделов;
- использовать простой, доступный язык, образную речь с примерами и сравнениями;
- отказаться, насколько это возможно, от иностранных слов;
- использовать наглядные пособия, схемы, таблицы, модели, графики и т. п.;
- применять риторические и уточняющие понимание материала вопросы;
- обращаться к техническим средствам обучения.

№	Тема	Виды применяемых образовательных технологий	Кол. час
8 семестр			26
1.1	Элементы общей теории обыкновенных дифференциальных уравнений	АВТ, РП	4
	Обыкновенные дифференциальные уравнения высшего порядка	АВТ, РП, ЛПО, ИСМ	4*
1.2	Линейные дифференциальные уравнения	АВТ, РП	8
2.1	Дифференциальные уравнения в частных производных	АВТ, РП	10
Итого по курсу			26
в том числе интерактивное обучение*			4

АВТ – аудиовизуальная технология (основная информационная технология обучения, осуществляемая с использованием носителей информации, предназначенных для восприятия человеком по двум каналам одновременно зрительному и слуховому при помощи соответствующих технических устройств, а также закономерностей, принципов и особенностей представления и восприятия аудиовизуальной информации);

РП – репродуктивная технология (традиционная технология перехода от конкретных представлений к понятиям, а от понятий - к умениям и навыкам);

РМГ – работа в малых группах (в парах, ротационных тройках);

ЛПО – лекции с проблемным изложением (проблемное обучение);

ЭБ – эвристическая беседа;

СПО – семинары в форме дискуссий, дебатов (проблемное обучение);

ИСМ – использование средств мультимедиа (например, компьютерные классы);

ТПС – технология полноценного сотрудничества.

3.2 Образовательные технологии при проведении практических занятий

Практическое (семинарское) занятие – основная интерактивная форма организации учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помочь обучающимся освоиться в «пространстве» дисциплины; самостоятельно оперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале. Для практического занятия в качестве темы выбирается обычно такая учебная задача, которая предполагает не существенные эвристические и аналитические напряжения и продвижения, а потребность обучающегося «потрогать» материал, опознать в конкретном то общее, о чем говорилось в лекции.

№	Тема		Кол.
---	------	--	------

		Виды применяемых образовательных технологий	час
8 семестр			40
1.1	Элементы общей теории обыкновенных дифференциальных уравнений	РМГ, СПО	12
1.2	Линейные дифференциальные уравнения	РМГ, СПО	12
2.1	Дифференциальные уравнения в частных производных	РМГ, СПО, ЭБ, ИСМ	8*
	Уравнение Бесселя. Ряд Фурье-Бесселя. Колебание круглой мембраны.	РМГ, СПО, ЭБ, ИСМ	4*
	Задача Штурма-Лиувилля	РМГ, СПО, ЭБ, ИСМ	4*
Итого по курсу			40
в том числе интерактивное обучение*			16

4 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля

4.1.1 Рейтинговая система оценки текущей успеваемости студентов

№	Наименование раздела	Виды оцениваемых работ	Максимальное кол-во баллов
1	Обыкновенные дифференциальные уравнения	Практическая работа	10
		Устный (письменный) опрос	3
		Активная работа на занятиях	2
		Первый коллоквиум	15
2	Уравнения в частных производных	Практическая работа	10
		Устный (письменный) опрос	3
		Активная работа на занятиях	2
		Второй коллоквиум	15
3	Текущая аттестация по всем разделам	Компьютерное тестирование	40
ВСЕГО			100

4.1.2 Примерные вопросы для устного (письменного) опроса

1. Определение ОДУ первого порядка.
2. Частное решение.
3. Общее решение.
4. Незвестная функция, независимая переменная.
5. Интегральная кривая.
6. Изоклины.
7. Начальные значения.

8. Начальное условие.
9. Задача Коши.
10. Определение ОДУ второго порядка.
11. Порядок дифференциального уравнения.
12. Понижение порядка.

4.1.3 Примерные тестовые задания для текущей аттестации

1. Найдите решение дифференциального уравнения $(7yx^2 - 3y) \cdot y' = xy^2$:

а) $y = C \cdot (7x^2 - 3)^{\frac{1}{14}}$;

б) $y = C + \sqrt{7x^2 - 3}$;

в) $y = \ln(7x^2 + 3)^C$;

г) $y = C + (7x^2 - 3)^{\frac{1}{7}}$.

2. Найдите решение дифференциального уравнения $(6yx^2 + y) \cdot y' = xy^2$:

а) $y = C \cdot (6x^2 + 1)^{\frac{1}{12}}$;

б) $y = \ln(6x^2 + 1)^C$;

в) $y = C\sqrt[6]{6x^2 + 1}$;

г) $y = C + \ln(6x^2 + 1)$.

3. Найдите решение дифференциального уравнения $(4yx^2 - 7y) \cdot y' = xy^2$:

а) $y = C + \sqrt{4x^2 - 7}$;

б) $y = C + \ln|4x^2 - 7|$;

в) $y = C \cdot (4x^2 - 7)^{\frac{1}{8}}$;

г) $y = C + (4x^2 - 7)^{\frac{1}{8}}$.

4. Найдите решение дифференциального уравнения $(5yx^2 + 2y) \cdot y' = xy^2$:

а) $y = (5x^2 + 2)^2 + C$;

б) $y = C \cdot \sqrt[5]{5x^2 + 2}$;

в) $y = \frac{1}{2} \ln(5x^2 + 2) + C$;

г) $y = C \cdot (5x^2 + 2)^{\frac{1}{10}}$.

5. Найдите решение дифференциального уравнения $(3yx^2 - 8y) \cdot y' = xy^2$:

а) $y = \ln(3x^2 - 8)^C$;

б) $y = C \cdot (3x^2 - 8)^{\frac{1}{6}}$;

в) $y = C + (3x^2 - 8)^{\frac{1}{6}}$;

г) $y = C\sqrt[3]{3x^2 - 8}$.

6. Найдите решение дифференциального уравнения $y'' + 2y' + y = 0$:

а) $C_1 + C_2 e^{-x}$;

б) $C_1 x e^{-x} + C_2$;

в) $C_1 e^{-x} + C_2 e^{-x}$;

г) $C_1 e^{-x} + C_2 x e^{-x}$.

7. Найдите решение дифференциального уравнения $y'' - 5y' + 4y = 0$:

а) $C_1 x e^x + C_2 x e^{4x}$;

б) $C_1 e^x + C_2 e^{4x}$;

в) $C_1 x e^x + C_2 e^{4x}$;

г) $C_1 e^x + C_2 x e^{4x}$.

8. Найдите решение дифференциального уравнения $y'' - 4y' + 4y = 0$:

а) $C_1 + C_2 e^{2x}$;

б) $C_1 x e^{2x} + C_2$;

в) $C_1 e^{2x} + C_2 x e^{2x}$;

г) $C_1 e^{2x} + C_2 e^{2x}$.

9. Найдите решение дифференциального уравнения $y'' - 6y' + 9y = 0$:

а) $C_1 + C_2 e^{3x}$;

б) $C_1 e^{3x} + C_2 x e^{3x}$;

в) $C_1 e^{3x} + C_2 e^{3x}$;

г) $C_1 e^{3x} + C_2$.

10. Найдите решение дифференциального уравнения $y'' - 3y' + 2y = 0$:

а) $C_1 x e^x + C_2 e^{2x}$;

б) $C_1 e^{-x} + C_2 e^{-2x}$;

в) $C_1 x e^x + C_2 x e^{2x}$;

г) $C_1 e^x + C_2 e^{2x}$.

11. Если одним из частных решений дифференциального уравнения $y'' - 9y = -18x + 9$ является функция $y^* = 2x - 1$, то общее решение данного уравнения имеет вид:

а) $C_1 e^{3x} + C_2 e^{-3x} - 2x + 1$;

б) $C_1 x + C_2 e^{3x} + 2x - 1$;

в) $C_1 e^{3x} + C_2 e^{-3x} + 2x - 1$;

г) $C_1 e^{3x} + C_2 e^{-3x} - 18x + 9$.

4.1.4 Примерные задания для практической работы студентов

1. Показать, что указанные функции, зависящие от произвольных постоянных, удовлетворяют соответствующим дифференциальным уравнениям:

$$y = \sin x - 1 + C e^{-\sin x}; \quad \frac{dy}{dx} + y \cos x = \frac{1}{2} \sin 2x;$$

$$y = Cx + C - C^2; \quad \left(\frac{dy}{dx}\right)^2 - \frac{dy}{dx} - xy \cos x = \frac{1}{2} \sin 2x.$$

2. Решить дифференциальные уравнения (разными способами):

$$y' + 2xy = x e^{-x^2}; \quad y' = \frac{3y}{x} + x; \quad y' + y \operatorname{tg} x = \frac{1}{\cos x}; \quad (1 + x^2)y' = 2xy + (1 + x^2)^2;$$

$$y' + 2y = e^{3x}; \quad y' + \frac{y}{x} = 2 \ln x + 1; \quad y' = \frac{2y}{x+1} + e^x (x+1)^2; \quad (1 + y^2)dx = (\arctg y - x) dy;$$

$$\begin{aligned}
 & xy' = y + x^2 \cos x; \quad xy' + x^2 + xy = y; \quad xy' = e^x + xy; \quad y + y' \ln^2 y = (x + 2 \ln y) y'; \\
 & y - y' = y^2 + xy; \quad y' \cos x + y = 1 - \sin x; \quad (1 + x^2) y' + y = \arctg x; \quad y'(x + y^2) = y; \\
 & (2xy + 3) dy - y^2 dx = 0; \quad (y^4 + 2x) y' = y; \quad y dx + (x + x^2 y^2) dy = 0; \quad (y^2 + 2y + x^2) y' + 2x = 0; \\
 & y' \cos^2 x + y = \tg x; \quad y' + \frac{xy}{1 - x^2} = \arcsin x + x; \quad y' - \frac{2xy}{1 + x^2} = 4 \frac{\sqrt{y}}{\sqrt{1 + x^2}} \arctg x. \text{ 3. Найти частные реше-} \\
 & \text{ния уравнений, удовлетворяющие заданным начальным условиям:} \\
 & y' + y \tg x = \frac{1}{\cos x} \quad y(0) = 0, \quad y' = 2y + e^x - x \quad y(0) = \frac{1}{4}, \quad y' \sqrt{1 - x^2} + y = \arcsin x \quad y(0) = 0, \\
 & y' - \frac{y}{x \ln x} = x \ln x \quad y(e) = \frac{e^2}{2}, \quad y' \sin x - y \cos x = 1 \quad y\left(\frac{\pi}{2}\right) = 0.
 \end{aligned}$$

4.1.5 Примерные вопросы к коллоквиумам

Первый коллоквиум

1. Цепная линия (вывод дифференциального уравнения).
2. Определение ОДУ. Порядок ОДУ.
3. Определение нормальной системы ОДУ.
4. Сведение ОДУ порядка m к нормальной системе ОДУ.
5. Постановка задачи Коши для нормальной системы ОДУ.
6. Постановка задачи Коши для ОДУ порядка m .
7. Сведение задачи Коши для нормальной системы ОДУ к интегральным уравнениям.
8. Условие Липшица.
9. Теорема существования и единственности для нормальной системы ОДУ.
10. Теорема существования и единственности для ОДУ порядка m .
11. Линейное ОДУ порядка m .
12. Теорема существования и единственности для линейного ОДУ.
13. Уравнения с разделяющимися переменными.
14. Решение уравнений с разделяющимися переменными.
15. Однородные уравнения.
16. Решение однородных уравнений.
17. Линейные уравнения первого порядка.
18. Решение линейных уравнений первого порядка.
19. Уравнение Бернулли.
20. Решение уравнений Бернулли.
21. Уравнения в полных дифференциалах.
22. Решение уравнений в полных дифференциалах.
23. Уравнения, допускающие понижение порядка первого вида (решение).
24. Уравнения, допускающие понижение порядка второго вида (решение).
25. Уравнения, допускающие понижение порядка третьего вида (решение).

Второй коллоквиум

1. Линейное ОДУ порядка m (определение).
2. Линейное однородное ОДУ порядка m (определение).
3. Структура множества решений линейного однородного ОДУ.
4. Независимая система решений линейного однородного ОДУ.
5. Вронскиан системы решений линейного однородного ОДУ (определение).
6. Вронскиан системы решений линейного однородного ОДУ (основное свойство).
7. Фундаментальная система решений линейного однородного ОДУ.
8. Общее решение линейного однородного ОДУ.
9. Структура общего решения линейного неоднородного ОДУ.

10. Метод вариации произвольных постоянных.
11. Линейное ОДУ с постоянными коэффициентами (определение, характеристический многочлен и т.д.).
12. Комплексные решения линейного однородного ОДУ с постоянными коэффициентами (свойства).
13. Корни характеристического многочлена и частные решения линейного однородного ОДУ с постоянными коэффициентами (комплексные решения – лемма и теорема).
14. Корни характеристического многочлена и частные решения линейного однородного ОДУ с постоянными коэффициентами (действительные решения – случаи комплексных и действительных корней характеристического многочлена).
15. Фундаментальная система решений линейного однородного ОДУ с постоянными коэффициентами.
16. Частное решение линейного неоднородного ОДУ. Метод неопределенных коэффициентов (первый случай).
17. Частное решение линейного неоднородного ОДУ. Метод неопределенных коэффициентов (второй случай).
18. Частное решение линейного неоднородного ОДУ. Метод неопределенных коэффициентов (третий случай).
19. Свободные колебания в среде без сопротивления.
20. Свободные колебания в среде с сопротивлением.
21. Вынужденные колебания в среде без сопротивления.
22. Вынужденные колебания в среде с сопротивлением. Резонанс.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

4.2.1 Примерные вопросы на экзамен

1. Задачи, приводящие к дифференциальным уравнениям (цепная линия, атмосферное давление).
2. Обыкновенные дифференциальные уравнения и их системы.
3. Задача Коши.
4. Сведение задачи Коши к интегральным уравнениям.
5. Уравнения с разделяющимися переменными.
6. Однородные уравнения.
7. Линейные уравнения первого порядка.
8. Уравнение Бернулли.
9. Уравнения в полных дифференциалах.
10. Дифференциальные уравнения, допускающие понижение порядка.
11. Решение дифференциальных уравнений с помощью рядов.
12. Уравнение Бесселя.
13. Функции Бесселя. Их свойства.
14. Ряд Фурье-Бесселя.
15. Теорема существования и единственности для нормальной системы обыкновенных дифференциальных уравнений.
16. Основные следствия теоремы существования и единственности.
17. Линейные дифференциальные уравнения. Вронскиан.
18. Общее решение линейного дифференциального уравнения.
19. Метод Лагранжа (вариация произвольных постоянных).
20. Линейные однородные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами.
21. Общее решение линейного однородного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами.
22. Линейные неоднородные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами.

23. Свободные колебания в среде (без сопротивления и с сопротивлением).
24. Вынужденные колебания. Резонанс.
25. Уравнение теплопроводности. Начальные и граничные условия.
26. Уравнение Лапласа. Задача Дирихле.
27. Решение задачи Дирихле для круга и полуплоскости.
28. Уравнение теплопроводности в стержне. Метод Фурье.
29. Теплопроводность для бесконечного стержня.
30. Волновое уравнение. Колебание струны.
31. Колебание бесконечной струны. Формула Даламбера.
32. Колебание круглой мембраны.
33. Решение волнового уравнения для круглой мембраны.
34. Задача Штурма-Лиувилля.
35. Собственные значения. Собственные функции.

4.2.2 Критерии оценки по промежуточной аттестации (экзамен)

Экзамен – форма промежуточной аттестации, в результате которого обучающийся получает оценку в четырехбальной шкале («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»). Основой для определения оценки на экзаменах служит объём и уровень усвоения студентами материала, предусмотренного рабочей программой дисциплины.

Итоговая оценка учитывает совокупные результаты контроля знаний. Экзамен проводится по билетам в устной форме в виде опроса. Содержание билета: 1-е задание (теоретический вопрос); 2-е задание (теоретический вопрос); 3-е задание (задача).

Студенты обязаны сдать экзамен в соответствии с расписанием и учебным планом. Экзамен по дисциплине преследует цель оценить сформированность требуемых компетенций, работу студента за курс, получение теоретических знаний, их прочность, развитие творческого мышления, приобретение навыков самостоятельной работы, умение применять полученные знания для решения практических задач.

Форма проведения экзамена определяется в рабочей программе дисциплины. Студенту предоставляется возможность ознакомления с рабочей программой дисциплины. Экзаменатор имеет право задавать студентам дополнительные вопросы по всей учебной программе дисциплины. Время проведения экзамена устанавливается нормами времени. Результат сдачи экзамена заносится преподавателем в экзаменационную ведомость и зачетную книжку.

Экзамен проводится в устной (или письменной) форме по билетам. Каждый билет содержит один теоретический вопрос и одну задачу. Экзаменатор имеет право задавать студентам дополнительные вопросы по всей учебной программе дисциплины. Время проведения экзамена устанавливается нормами времени. Результат сдачи экзамена заносится преподавателем в экзаменационную ведомость и зачетную книжку.

Оценка «отлично» выставляется, если студент:

- полно раскрыл содержание материала в области, предусмотренной программой;
- изложил материал грамотным языком в определенной логической последовательности, точно использовал терминологию;
- правильно выполнил рисунки, чертежи, графики, использовал наглядные пособия, соответствующие ответу;
- показал умения иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами из практики;
- продемонстрировал усвоение изученных сопутствующих вопросов, сформированность и устойчивость знаний;
- отвечал самостоятельно без наводящих вопросов, как на билет, так и на дополнительные вопросы.

Оценка «хорошо» выставляется, если:

- в изложении допущены небольшие пробелы, не искажившие методического содержания ответа;
- допущены один-два недочета при освещении основного содержания ответа, исправление по замечанию преподавателя;
- допущены ошибки или более двух недочетов при освещении второстепенных вопросов, легко исправленных по замечанию преподавателя.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если:

- неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения программного материала;

- имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, чертежах, выкладках, рассуждениях, исправленных после нескольких наводящих вопросов преподавателя.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если:

- не раскрыто основное содержание учебного методического материала;
- обнаружено незнание и непонимание студентом большей или наиболее важной части дисциплины;

- допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии, в рисунках, чертежах, в использовании и применении наглядных пособий, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов преподавателя;

- допущены ошибки в освещении основополагающих вопросов дисциплины.

На экзамене предлагается решить практическое задание. Для оценки практического задания используются следующие критерии:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если при решении задачи выполнены все этапы алгоритма, верно выполнены промежуточные вычисления и обоснованно получен верный ответ.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если при решении задачи выполнены все этапы алгоритма, в процессе выполнения промежуточных вычислений допущена арифметическая ошибка и обоснованно получен ответ с учетом допущенной ошибки.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если при решении задачи не выполнены все этапы алгоритма, в процессе выполнения промежуточных вычислений допущены арифметические ошибки и получен ответ с учетом допущенной ошибки или ответ получен не обоснованно.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в решении и не умеет применять базовые алгоритмы при решении типовых практических задач

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

- при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

- при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

- при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

5.1 Основная литература

1. Ельцов, А.А. Дифференциальные уравнения : учебное пособие / А.А. Ельцов, Т.А. Ельцова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). - Томск : Эль Контент, 2013. - 197 с. : ил. - Библиогр.: с.89-90. - ISBN 978-5-4332-0128-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480606> (27.01.2018).
2. Астахова, И.В. Дифференциальные уравнения / И.В. Астахова, В.А. Никишкин. - Москва : Евразийский открытый институт, 2011. - Ч. 2. - 108 с. - ISBN 978-5-374-00487-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=90342> (27.01.2018).
3. Астахова, И.В. Практикум по курсу «Дифференциальные уравнения» : учебное пособие / И.В. Астахова, В.А. Никишкин. - Москва : Евразийский открытый институт, 2011. - 96 с. - ISBN 978-5-374-00488-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=90289> (27.01.2018).
4. Шишкин А. Б. Лекции по дифференциальным уравнениям. Элементы общей теории обыкновенных дифференциальных уравнений. Линейные дифференциальные уравнения. Уравнения в частных производных : учебное пособие для студентов педагогических вузов / А. Б. Шишкин. - Славянск-на-Кубани : ИЦ СГПИ, 2009. - 73 с.

5.2 Дополнительная литература

1. Андреев, А.Н. Избранные главы теории дифференциальных уравнений : учебное пособие / А.Н. Андреев. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2012. - 112 с. - ISBN 978-5-8353-1300-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232210> (27.01.2018).
2. Икрянников, В.И. Практикум по высшей математике: Интегральное исчисление функции одной переменной. Обыкновенные дифференциальные уравнения : учебное пособие / В.И. Икрянников, Э.Б. Шварц. - Новосибирск : НГТУ, 2010. - 124 с. - ISBN 978-5-7782-1316-6 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228607> (27.01.2018).
3. Рыбаков, К.А. Обыкновенные дифференциальные уравнения: Практический курс : учебное пособие / К.А. Рыбаков, А.С. Якимова, А.В. Пантелеев. - Москва : Логос, 2010. - 384 с. - (Новая университетская библиотека). - ISBN 978-5-98704-465-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=84753> (27.01.2018).
4. Губина, Т.Н. Решение дифференциальных уравнений в системе компьютерной математики Matha : учебное пособие / Т.Н. Губина, Е.В. Андропова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», Центр свободного программного обеспечения. - Елец : Елецкий государственный университет им И.А. Бунина, 2009. - 99 с. -

Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL:
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=272098> (27.01.2018).

5. Пономаренко, А.К. Индивидуальные задания по обыкновенным дифференциальным уравнениям : учебное пособие / А.К. Пономаренко, В.Ю. Сахаров, П.К. Черняев ; Санкт-Петербургский государственный университет. - Санкт-Петербург : Издательство Санкт-Петербургского Государственного Университета, 2016. - 48 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=458099> (27.01.2018).

6. Езерский, В.В. Избранные разделы высшей математики : учебное пособие / В.В. Езерский ; Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Кафедра ТиП ФМД. - Омск : Издательство СибГУФК, 2010. - Вып. 6. Простейшие дифференциальные уравнения. - 48 с. : схем. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277152> (27.01.2018).

5.3 Периодические издания

1. Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук АПГиЕН, 2009-2012.
2. Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Физика-математика МГОУ, 2007-2017.
3. Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Физико-математические науки ГОУ ВПО СамГТУ, 1996-2017.
4. Владикавказский математический журнал ЮМИ ВНЦ РАН и РСО-А, 1999-2017.
5. Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика СГУ, 2007-2017.
6. Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки АГУ, 2007-2017.
7. Сибирский математический журнал ИМ СО РАН, 2006-2017.
8. Уфимский математический журнал ИМВЦ УНЦ РАН, 2009-2017.
9. Фундаментальная и прикладная математика ЦНИТ МГУ, 1995-2017.

6 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. ЭБС «Университетская библиотека ONLINE» [учебные, научные издания, первоисточники, художественные произведения различных издательств; журналы; мультимедийная коллекция: аудиокниги, аудиофайлы, видеокурсы, интерактивные курсы, экспресс-подготовка к экзаменам, презентации, тесты, карты, онлайн-энциклопедии, словари] : сайт. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red.
2. ЭБС издательства «Лань» [учебные, научные издания, первоисточники, художественные произведения различных издательств; журналы] : сайт. – URL: <http://e.lanbook.com>.
3. ЭБС «Юрайт» [раздел «ВАША ПОДПИСКА: Филиал КубГУ (г. Славянск-на-Кубани): учебники и учебные пособия издательства «Юрайт»] : сайт. – URL: <https://www.biblio-online.ru/catalog/E121B99F-E5ED-430E-A737-37D3A9E6DBFB>.
4. Научная электронная библиотека. Монографии, изданные в издательстве Российской Академии Естествознания [полнотекстовый ресурс свободного доступа] : сайт. – URL: <https://www.monographies.ru/>.
5. Научная электронная библиотека статей и публикаций «eLibrary.ru» : российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины, образования [5600 журналов, в открытом доступе – 4800] : сайт. – URL: <http://elibrary.ru>.
6. Базы данных компании «Ист Вью» [раздел: Периодические издания (на рус. яз.) включает коллекции: Издания по общественным и гуманитарным наукам; Издания по

педагогике и образованию; Издания по информационным технологиям; Статистические издания России и стран СНГ] : сайт. – URL: <http://dlib.eastview.com>.

7. КиберЛенинка : научная электронная библиотека [научные журналы в полнотекстовом формате свободного доступа] : сайт. – URL: <http://cyberleninka.ru>.

8. Единое окно доступа к образовательным ресурсам : федеральная информационная система свободного доступа к интегральному каталогу образовательных интернет-ресурсов и к электронной библиотеке учебно-методических материалов для всех уровней образования: дошкольное, общее, среднее профессиональное, высшее, дополнительное : сайт. – URL: <http://window.edu.ru>.

9. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов [для общего, среднего профессионального, дополнительного образования; полнотекстовый ресурс свободного доступа] : сайт. – URL: <http://fcior.edu.ru>.

11. Энциклопедиум [Энциклопедии. Словари. Справочники : полнотекстовый ресурс свободного доступа] // ЭБС «Университетская библиотека ONLINE» : сайт. – URL: <http://enc.biblioclub.ru/>.

12. Электронный каталог Кубанского государственного университета и филиалов. – URL: <http://212.192.134.46/MegaPro/Web/Home/About>.

7 Методические указания для студентов по освоению дисциплины

При изучении дисциплины «Дифференциальные уравнения» студенты часть материала должны проработать самостоятельно. Роль самостоятельной работы велика.

Планирование самостоятельной работы студентов по дисциплине «Дифференциальные уравнения» необходимо проводить в соответствии с уровнем подготовки студентов к изучаемой дисциплине. Самостоятельная работа студентов распадается на два самостоятельных направления: на изучение и освоение теоретического лекционного материала, и на освоение методики решения практических задач.

При всех формах самостоятельной работы студент может получить разъяснения по непонятным вопросам у преподавателя на индивидуальных консультациях в соответствии с графиком консультаций. Студент может также обратиться к рекомендуемым преподавателем учебникам и учебным пособиям, в которых теоретические вопросы изложены более широко и подробно, чем на лекциях и с достаточным обоснованием.

Консультация – активная форма учебной деятельности в педвузе. Консультацию предваряет самостоятельное изучение студентом литературы по определенной теме. Качество консультации зависит от степени подготовки студентов и остроты поставленных перед преподавателем вопросов.

Основной частью самостоятельной работы студента является его систематическая подготовка к практическим занятиям. Студенты должны быть нацелены на важность качественной подготовки к таким занятиям. При подготовке к практическим занятиям студенты должны освоить вначале теоретический материал по новой теме занятия, с тем чтобы использовать эти знания при решении задач. Затем просмотреть объяснения решения примеров, задач, сделанные преподавателем на предыдущем практическом занятии, разобраться с примерами, приведенными лектором по этой же теме. Решить заданные примеры. Если некоторые задания вызвали затруднения при решении, попросить объяснить преподавателя на очередном практическом занятии или консультации.

Для работы на практических занятиях, самостоятельной работы во внеаудиторное время, а также для подготовки к экзамену рекомендуется использовать методические рекомендации к практическим занятиям. При подготовке к тестированию необходимо повторить материал, рассмотренный на практических занятиях, прорешать соответствующие задачи или примеры, убедиться в знании необходимых формул, определений и т. д. При подготовке к коллоквиумам студентам приходится изучать указанные преподавателем темы, используя конспекты лекций,

рекомендуемую литературу, учебные пособия Ответы на возникающие вопросы в ходе подготовки к коллоквиуму и контрольной работе можно получить на очередной консультации.

Ряд тем и вопросов курса отведены для самостоятельной проработки студентами. При этом у лектора появляется возможность расширить круг изучаемых проблем, дать на самостоятельную проработку новые интересные вопросы. Студент должен разобраться в рекомендуемой литературе и письменно изложить кратко и доступно для себя основное содержание материала. Преподаватель проверяет качество усвоения самостоятельно проработанных вопросов на практических занятиях, контрольных работах, коллоквиумах и во время экзамена. Затем корректирует изложение материала и нагрузку на студентов.

Для получения практического опыта решения задач по дисциплине «Дифференциальные уравнения» на практических занятиях и для работы во внеаудиторное время предлагается самостоятельная работа в форме практических работ. Контроль над выполнением и оценка практических работ осуществляется в форме собеседования.

Таким образом, использование всех рекомендуемых видов самостоятельной работы дает возможность значительно активизировать работу студентов над материалом курса и повысить уровень их усвоения.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

8 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.1 Перечень информационных технологий

Компьютерное тестирование по итогам изучения разделов дисциплины. Проводится в компьютерном классе, оснащенном персональными ЭВМ и соответствующим программным обеспечением (ПО).

8.2 Перечень необходимого программного обеспечения

1. Офисный пакет приложений «Apache OpenOffice»
2. Приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC»
3. Программы, демонстрации видео материалов (проигрыватель) «WindowsMediaPlayer».
4. Программа просмотра интернет контента (браузер) « Google Chrome »
5. Офисный пакет приложений «LibreOffice»
6. Офисный пакет приложений «Microsoft Office Professional Plus 2007 Russian Academic»
7. Текстовый редактор «Notepad++»
8. Программа файловый архиватор «7-zip»
9. Двухпанельный файловый менеджер «FreeCommander»
10. Программа просмотра интернет контента (браузер) «Mozilla Firefox»

8.3 Перечень информационных справочных систем

1. Федеральный центр образовательного законодательства : сайт. – URL: <http://www.lexed.ru>.
2. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования. – URL: <http://www.fgosvo.ru>.
3. Научная электронная библиотека статей и публикаций «eLibrary.ru» : российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины, образования [база данных Российского индекса научного цитирования] : сайт. – URL: <http://elibrary.ru>.
4. Энциклопедиум [Энциклопедии. Словари. Справочники : полнотекстовый ресурс свободного доступа] // ЭБС «Университетская библиотека ONLINE» : сайт. – URL: <http://enc.biblioclub.ru/>.
5. ГРАМОТА.РУ – справочно-информационный интернет-портал. – URL: <http://www.gramota.ru>.
6. Электронный каталог Кубанского государственного университета и филиалов. – URL: <http://212.192.134.46/MegaPro/Web/Home/About>.

Автор-составитель: Шишкин А.Б., доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой математики, информатики и методики их преподавания филиала КубГУ в г. Славянске-на-Кубани.