

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
системного анализа и управления

наименование кафедры, отвечающей за реализацию дисциплины



Задорожний В.Г.

подпись, расшифровка подписи

29.05.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
\_Б1.О.11\_ Прикладной функциональный анализ\_

Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

\_\_\_\_\_ 01.04.02 Прикладная математика и информатика \_\_\_\_\_

2. Профиль подготовки/специализация: Информационные технологии в экономической деятельности, Математические основы и программирование компьютерной графики, Компьютерные технологии в задачах математической физики, оптимизации и управления, Математическое и программное обеспечение информационных систем

3. Квалификация выпускника: магистр \_\_\_\_\_

4. Форма обучения: \_\_\_\_\_ очная \_\_\_\_\_

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: \_кафедра системного анализа и управления \_\_\_\_\_

6. Составители программы: Коструб Ирина Дмитриевна канд. Физ.-мат.наук,  
доцент \_\_\_\_\_

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

7. Рекомендована:

Научно-методическим советом факультета прикладной математики, информатики и механики (протокол №7 от 26.05.2023) \_\_\_\_\_

(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола,

отметки о продлении вносятся вручную)

8. Учебный год: \_2023 - 2024 \_\_\_\_\_

Семестр(ы): \_2 \_\_\_\_\_

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

*Целями освоения учебной дисциплины являются:*

– освоение прикладных методов линейного и нелинейного анализа для формирования умений и навыков в решении актуальных задач фундаментальной и прикладной математики;

*Задачи учебной дисциплины:*

- привитие навыков применения абстрактных схем к решению конкретных задач с учетом основных понятий и общих закономерностей, сформулированные в рамках базовых дисциплин математики, информатики и естественных наук;

- выработка умения реализовывать изучаемые методы на ПК;

- формирование практических навыков выбора современных математических инструментальных средств для обработки изучаемых данных в соответствии с поставленной задачей, анализа и интерпретации полученные результаты.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина относится к обязательной части блока Б1. Студент должен быть знаком с основными понятиями функционального и математического анализа, линейной алгебры, программирования. Приобретенные знания, умения и навыки полезны при проведении научно-исследовательской работы и написании магистерской диссертации.

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:**

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики	ОПК-1.1	Решает типовые задачи с учетом основных понятий и общих закономерностей, сформулированные в рамках базовых дисциплин математики, информатики и естественных наук	Знать: основные положения функционального анализа, современные методы исследования математических моделей  Уметь: самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий новые знания и умения  Владеть: современным аппаратом решения задач фундаментальной и прикладной математики
		ОПК-1.3	Осуществляет выбор современных математических инструментальных средств для обработки изучаемых данных в соответствии с поставленной задачей, анализирует и интерпретирует полученные результаты	Знать: современные методы исследования математических моделей, основные положения функционального анализа,  Уметь: самостоятельно анализировать и интерпретировать полученные результаты  Владеть: современным аппаратом решения задач фундаментальной и прикладной математики

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.(в соответствии с учебным планом) — \_\_\_\_5 / \_\_\_\_180\_\_\_\_.

Форма промежуточной аттестации(зачет/экзамен) \_\_\_\_экзамен\_\_\_\_

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость		
		Всего	По семестрам	
			№ семестра	2 семестра
Контактная работа		64		64
в том числе:	лекции	32		32
	практические	32		32
	лабораторные	-		
Самостоятельная работа		80		80
Промежуточная аттестация ( экзамен)		36		36
Итого:		180		180

#### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Метод малого параметра	Аналитические функции. Ряд Тейлора. Метод малого параметра. Оценка радиуса сходимости ряда для решения	Прикладной функциональный анализ_01.04.02м <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15295">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15295</a>
1.2	Проекционные методы	Общая схема метода моментов. Частные случаи метода моментов. Применение метода Галёркина и метода наименьших квадратов к решению краевых задач. Проблема выбора координатной системы	Прикладной функциональный анализ_01.04.02м <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15295">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15295</a>
1.3	Метод моментов в банаховом пространстве	Метод коллокаций. Применение метода коллокаций к решению краевых задач для ОДУ 2 порядка. Рекомендации по выбору узлов коллокации	Прикладной функциональный анализ_01.04.02м <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15295">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15295</a>
1.4	Метод Ньютона-Канторовича	Дифференцируемость нелинейных операторов по Фреше и Гато. Метод Ньютона-	Прикладной функциональный

		Канторовича. Расчётные формулы решения краевых задач методом Ньютона-Канторовича	Прикладной функциональный анализ_01.04.02м <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15295">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15295</a>
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Метод малого параметра	Решение интегрального уравнения Фредгольма. Оценка радиуса сходимости ряда для решения	Прикладной функциональный анализ_01.04.02м <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15295">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15295</a>
2.2	Проекционные методы	Решение краевой задачи для ОДУ 2-го порядка методом Галёркина и методом наименьших квадратов	Прикладной функциональный анализ_01.04.02м <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15295">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15295</a>
3.3	Метод моментов в банаховом пространстве	Решение краевой задачи для ОДУ 2-го порядка методом коллокаций	Прикладной функциональный анализ_01.04.02м <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15295">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15295</a>
3.4	Метод Ньютона-Канторовича	Вычисление дифференциалов Фреше и Гато. Решение нелинейных краевых задач для дифференциальных уравнений второго порядка методом Ньютона-Канторовича	Прикладной функциональный анализ_01.04.02м <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15295">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15295</a>

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Метод малого параметра	8	6	0	20	34
2	Проекционные методы	8	8	0	20	36
3	Метод моментов в банаховом пространстве	4	6	0	20	30
4	Метод Ньютона-Канторовича	12	12	0	20	44
	Итого:	32	32		80	144

#### **14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

**Подготовка к лекциям.** Знакомство с дисциплиной происходит уже на первой лекции, где от студента требуется не просто внимание, но и самостоятельное оформление конспекта. При работе с конспектом лекций необходимо учитывать тот фактор, что одни лекции дают ответы на конкретные вопросы темы, другие – лишь выявляют взаимосвязи между явлениями, помогая студенту понять глубинные процессы развития изучаемого предмета как в истории, так и в настоящее время.

Конспектирование лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы, предполагающий интенсивную умственную деятельность студента. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное и сделано это самим обучающимся. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Целесообразно вначале понять основную мысль, излагаемую лектором, а затем записать ее. Желательно запись осуществлять на одной странице листа или оставляя поля, на которых позднее, при самостоятельной работе с конспектом, можно сделать дополнительные записи, отметить непонятные места.

Конспект лекции лучше подразделять на пункты, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать вопросы плана лекции, предложенные преподавателям. Следует обращать внимание на акценты, выводы, которые делает лектор, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале замечаниями «важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек, подчеркивая термины и определения.

Целесообразно разработать собственную систему сокращений, аббревиатур и символов. Однако при дальнейшей работе с конспектом символы лучше заменить обычными словами для быстрого зрительного восприятия текста.

Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть теоретическим материалом.

**Подготовка к практическим занятиям.** Подготовку к каждому практическому занятию студент должен начать с ознакомления с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы. Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованной к данной теме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы практикума, его выступлении и участии в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильном выполнении практических заданий и контрольных работ.

В процессе подготовки к практическим занятиям, студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме.

**Рекомендации по работе с литературой.** Работу с литературой целесообразно начать с изучения общих работ по теме, а также учебников и учебных пособий. Далее рекомендуется перейти к анализу монографий и статей, рассматривающих отдельные аспекты проблем, изучаемых в рамках курса, а также официальных материалов и неопубликованных документов (научно-исследовательские работы, диссертации), в которых могут содержаться основные вопросы изучаемой проблемы.

Работу с источниками надо начинать с ознакомительного чтения, т.е. просмотреть текст, выделяя его структурные единицы. При ознакомительном чтении закладками отмечаются те страницы, которые требуют более внимательного изучения.

В зависимости от результатов ознакомительного чтения выбирается дальнейший способ работы с источником. Если для разрешения поставленной задачи требуется изучение некоторых

фрагментов текста, то используется метод выборочного чтения. Если в книге нет подробного оглавления, следует обратить внимание ученика на предметные и именные указатели.

Избранные фрагменты или весь текст (если он целиком имеет отношение к теме) требуют вдумчивого, неторопливого чтения с «мысленной проработкой» материала. Такое чтение предполагает выделение: 1) главного в тексте; 2) основных аргументов; 3) выводов. Особое внимание следует обратить на то, вытекает тезис из аргументов или нет.

Необходимо также проанализировать, какие из утверждений автора носят проблематичный, гипотетический характер и уловить скрытые вопросы.

Понятно, что умение таким образом работать с текстом приходит далеко не сразу. Наилучший способ научиться выделять главное в тексте, улавливать проблематичный характер утверждений, давать оценку авторской позиции – это сравнительное чтение, в ходе которого студент знакомится с различными мнениями по одному и тому же вопросу, сравнивает весомость и доказательность аргументов сторон и делает вывод о наибольшей убедительности той или иной позиции.

Если в литературе встречаются разные точки зрения по тому или иному вопросу из-за сложности прошедших событий и правовых явлений, нельзя их отвергать, не разобравшись. При наличии расхождений между авторами необходимо найти рациональное зерно у каждого из них, что позволит глубже усвоить предмет изучения и более критично оценивать изучаемые вопросы. Знакомясь с особыми позициями авторов, нужно определять их схожие суждения, аргументы, выводы, а затем сравнивать их между собой и применять из них ту, которая более убедительна.

Следующим этапом работы с литературными источниками является создание конспектов, фиксирующих основные тезисы и аргументы. Можно делать записи на отдельных листах, которые потом легко систематизировать по отдельным темам изучаемого курса. Другой способ – это ведение тематических тетрадей-конспектов по одной какой-либо теме. Большие специальные работы монографического характера целесообразно конспектировать в отдельных тетрадях. Здесь важно вспомнить, что конспекты пишутся на одной стороне листа, с полями и достаточным для исправления и ремарок межстрочным расстоянием (эти правила соблюдаются для удобства редактирования). Если в конспектах приводятся цитаты, то непременно должно быть дано указание на источник (автор, название, выходные данные, № страницы). Впоследствии эта информация может быть использована при написании текста реферата или другого задания.

При работе с источниками и литературой важно уметь:

- сопоставлять, сравнивать, классифицировать, группировать, систематизировать информацию в соответствии с определенной учебной задачей;
  - обобщать полученную информацию, оценивать прослушанное и прочитанное;
  - фиксировать основное содержание сообщений; формулировать, устно и письменно, основную идею сообщения; составлять план, формулировать тезисы;
  - готовить и презентовать развернутые сообщения типа доклада;
  - работать в разных режимах (индивидуально, в паре, в группе), взаимодействуя друг с другом;
  - пользоваться реферативными и справочными материалами;
  - контролировать свои действия и действия своих товарищей, объективно оценивать свои действия;
  - обращаться за помощью, дополнительными разъяснениями к преподавателю, другим студентам;
  - пользоваться лингвистической или контекстуальной догадкой, словарями различного характера, различного рода подсказками, опорами в тексте (ключевые слова, структура текста, предваряющая информация и др.);
  - использовать при говорении и письме перифраз, синонимичные средства, слова-описания общих понятий, разъяснения, примеры, толкования, «словотворчество»;
  - повторять или перефразировать реплику собеседника в подтверждении понимания его высказывания или вопроса;
  - обратиться за помощью к собеседнику (уточнить вопрос, переспросить и др.);
- использовать мимику, жесты (вообще и в тех случаях, когда языковых средств не хватает для выражения тех или иных коммуникативных намерений).

**Подготовка к промежуточной аттестации.** При подготовке к промежуточной аттестации целесообразно:

- внимательно изучить перечень вопросов и определить, в каких источниках находятся сведения, необходимые для ответа на них;

- внимательно прочитать рекомендованную литературу;
- составить краткие конспекты ответов (планы ответов).

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателей по работе на LMS-платформе, своевременно подключаться к online-занятиям, соблюдать рекомендации по организации самостоятельной работы.

**15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)**

**а) основная литература:**

№ п/п	Источник
1	Филимоненкова, Н. В. Конспект лекций по функциональному анализу : учебное пособие / Н. В. Филимоненкова. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 176 с. — ISBN 978-5-8114-1821-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/212048">https://e.lanbook.com/book/212048</a> (дата обращения: 13.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Филимоненкова, Н. В. Сборник задач по функциональному анализу : учебное пособие / Н. В. Филимоненкова. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 240 с. — ISBN 978-5-8114-1822-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/212057">https://e.lanbook.com/book/212057</a> (дата обращения: 13.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей

**б) дополнительная литература:**

№ п/п	Источник
2	Треногин В. А. Функциональный анализ / А. В. Треногин. — М.:Физматлит, 2002. — 496 с.
3	Лебедев В. И. Функциональный анализ и вычислительная математика / В. И. Лебедев.-М.:Физматлит, 2005. -296 с.
4	Смагина Т. И. Непрерывные математические модели : учебное пособие/ Т. И. Смагина. — Воронеж: Издательско – полиграфический центр Воронежского госуниверситета, 2017. — 60 с. Смагина Т. И. Прикладной функциональный анализ : учебное пособие/ Т. И. Смагина. — Воронеж : Издательско – полиграфический центр Воронежского госуниверситета, 2006. — 46 с.

**в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:**

№ п/п	Ресурс
1.	Смагина Т.И. Прецизионно-вариационные методы в прикладных задачах:[Электронный ресурс] : учебное пособие. / Т. И. Смагина. — Воронеж: Воронежский госуниверситет, 2016. — Свободный доступ из интрасети ВГУ. — Windows 2000; Adobe Acrobat Reader. — URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m16-37.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m16-37.pdf</a>
2.	<a href="http://www.elib.vsu.ru">www.elib.vsu.ru</a> — Зональная научная библиотека ВГУ
3.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15295">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15295</a>

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)**

№ п/п	Источник
1	Смагина Т. И. Непрерывные математические модели : учебное пособие/ Т. И. Смагина. — Воронеж: Издательско – полиграфический центр Воронежского госуниверситета, 2017. — 60 с.
2	Смагина Т. И. Прикладной функциональный анализ : учебное пособие/ Т. И. Смагина. — Воронеж: Издательско – полиграфический центр Воронежского госуниверситета, 2006. — 46 с.

**17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

При реализации дисциплины проводятся лекции, практические занятия, самостоятельная работа, в том числе с применением ПК. При выполнении объемных вычислений рекомендуется использовать один из пакетов «Математика», «Mathcad», «Maple»

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:** ОС Windows 8 (10), интернет-браузер (Google Chrome, Mozilla Firefox). ПО Adobe Reader.  
394018, г. Воронеж, площадь Университетская, д. 1, пом. 10, 11, 12, 15, 20, 124, 214, 216, 226, 329, 433, 435, 407п

**19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций**

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Раздел 1. Метод малого параметра Раздел 2. Проекционные методы Раздел 3. Метод моментов в банаховом пространстве Раздел 4. Метод Ньютона-Канторовича	ОПК - 1	ОПК - 1.1 ОПК - 1.3	<i>Собеседование по темам КИМ 1</i>
Промежуточная аттестация форма контроля - экзамен				Перечень вопросов см. ниже

**20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания**

**20.1. Текущий контроль успеваемости**

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: 1) опрос студентов в ходе изучения курса, 2) собеседование по экзаменационным билетам, 3) выполнение практических заданий (см. КИМ 1).

**П.1: Перечень вопросов для опроса студентов в ходе изучения разделов курса «Прикладной функциональный анализ»**

**Раздел 1. Метод малого параметра**

1. Дать определение степенного ряда.
2. Что называется радиусом сходимости степенного ряда?
3. Сформулировать теорему Абеля.
4. Дать определение аналитической функции.
5. Дать определение ряда Тейлора
6. В чём заключается метод малого параметра?
7. Как оценивается радиус сходимости степенного ряда?

**Раздел 2. Проекционные методы**



1. Какая система называется координатной системой?
2. Какая система называется проекционной?
3. Дать определение оператора ортогонального проектирования.
4. В чём заключается метод моментов решения операторного уравнения?
5. Какие частные случаи моментов Вы знаете?
6. Выписать расчётные формулы метода Галёркина.
7. Выписать расчётные формулы метода Наименьших квадратов.
8. Почему важно, чтобы при решении краевой задачи проекционным методом краевые условия были нулевыми?
9. Как свести задачу с ненулевыми краевыми условиями к задаче с однородными краевыми условиями?

### **Раздел 3. Метод моментов в банаховом пространстве**

1. Дать определение линейного ограниченного функционала.
2. Как формулируется метод моментов в банаховом пространстве?
3. В чём заключается метод коллокаций решения операторного уравнения?
4. Дать рекомендации по выбору узлов коллокации.

### **Раздел 4. Метод Ньютона-Канторовича**

1. Дать определение дифференциала Фреше.
2. Дать определение дифференциала Гато.
3. Как связана дифференциалы Фреше и Гато?
4. Дать определение условия Липшица.
5. Описать формулы метода Ньютона-Канторовича.
6. Описать формулы модифицированного метода Ньютона-Канторовича.
7. Выписать расчётные формулы модифицированного метода Ньютона-Канторовича решения краевой задачи для дифференциального уравнения второго порядка.

#### *Описание технологии проведения*

Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

#### *Требования к выполнению заданий (или шкалы и критерии оценивания)*

**Оценка «5» (отлично)** выставляется, если обучающийся показывает всесторонние и глубокие знания программного материала, знание основной и дополнительной литературы; последовательно и четко отвечает на вопросы билета и дополнительные вопросы; уверенно ориентируется в проблемных ситуациях; демонстрирует способность применять теоретические знания для анализа практических ситуаций, делать правильные выводы, проявляет творческие способности в понимании, изложении и использовании программного материала; подтверждает полное освоение компетенций, предусмотренных программой.

**Оценка «4» (хорошо)** выставляется, если обучающийся показывает полное знание программного материала, основной и дополнительной литературы; дает полные ответы на теоретические вопросы, допуская некоторые неточности; правильно применяет теоретические положения к оценке практических ситуаций; демонстрирует хороший уровень освоения материала и в целом подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой.

**Оценка «3» (удовлетворительно)** выставляется, если обучающийся показывает знание основного материала в объеме, необходимом для предстоящей профессиональной деятельности; при ответе на вопросы не допускает грубых ошибок, но испытывает затруднения в последовательности их изложения; не в полной мере демонстрирует способность применять теоретические знания для анализа практических ситуаций, подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой на минимально допустимом уровне.

**Оценка «2» (неудовлетворительно)** выставляется, если обучающийся имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала по разделу; не способен аргументированно и последовательно его излагать, допускает грубые ошибки в ответах, неправильно отвечает на задаваемые преподавателем вопросы или затрудняется с ответом; не подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой.

## П. 2: Перечень вопросов для проведения тестирования по дисциплине

### Вопросы с вариантами ответов

Критерий оценивания	Шкала оценок
Верный ответ	1 балл
Неверный ответ	0 баллов

1. Как связана дифференциалы Фреше и Гато?

а) никак

б) если дифференциал Фреше существует, то и дифференциал Гато существует.

Ответ: б)

2. Важно ли, чтобы при решении краевой задачи проекционным методом краевые условия были нулевыми?

а) да

б) нет

Ответ: а)

3. Нужно ли выполнение условия Липшица при применении метода Ньютона-Канторовича?

а) да

б) нет

Ответ: а)

### Вопросы с кратким текстовым ответом

Критерий оценивания	Шкала оценок
Должен быть сформулирован ответ из указанных вариантов (один или несколько) или аналогичные по сути ответы с альтернативными терминами и определениями	2 балла
Неверный ответ	0 баллов

1. Приведите пример разновидности функционального ряда

Ответ: Наиболее популярной разновидностью функционального ряда является степенной ряд.

2. В чем отличие области сходимости ряда от интервала сходимости ряда?

Ответ: Термины очень похожи, область сходимости ряда – это чуть более детализированный интервал сходимости ряда.

*Описание технологии проведения:*

Текущая аттестация проводится на занятии одновременно во всей учебной группе в виде теста в электронной образовательной среде «Электронный университет ВГУ», адрес курса — <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=15295>. Тест составляется из материалов ФОСа, формируется системой автоматически путём добавления случайных вопросов, количество которых соответствует имеющимся образцам билетов. Большая часть вопросов проверяется автоматически, проверки преподавателем с ручным оцениванием требуют только отдельные вопросы, представленные в форме эссе. Ограничение по времени на каждую попытку — 30 минут»

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

### Собеседование по экзаменационным билетам. Перечень вопросов к экзамену

1. Степенные ряды. Теорема Абеля. Радиус сходимости степенного ряда.
2. Аналитические абстрактные функции. Теоремы о непрерывности аналитической функции.
3. Теорема о дифференцируемости аналитической функции. Ряд Тейлора.
4. Теорема о непрерывной обратимости оператора I-A.
5. Метод малого параметра.
6. Оценка радиуса сходимости ряда решения.
7. Решение интегрального уравнения методом малого параметра.
8. Оценка радиуса сходимости ряда для решения.
9. Дифференцирование нелинейных операторов. Дифференциал Фреше.
10. Дифференциал Гато, его связь с дифференциалом Фреше.
11. Дифференцирование оператора суперпозиции.
12. Формула конечных приращений Лагранжа в интегральной форме. Условие Липшица.
13. Метод Ньютона-Канторовича решения нелинейного уравнения. Теорема о сходимости.
14. Модифицированный метод Ньютона. Формулировка принципа сжимающих отображений.
15. Теорема о сходимости модифицированного метода Ньютона.
16. Применение метода Ньютона к решению краевой задачи для уравнения второго порядка. Получение расчётных формул.

**Составной частью экзамена является реализация на персональном компьютере (ПК) одного из изучаемых методов.**

#### Пример практического задания (КИМ 1).

Модифицированным методом Ньютона найти приближённое решение нелинейной краевой задачи

$$-\ddot{x} = -x/(1+t) + \dot{x}^2, x(0) = 2, x(1) = 1.$$

Соответствующую линейную задачу решить одним из трех методов:

- 1) методом Галеркина, взяв в качестве координатной системы:
  - а) тригонометрические полиномы; либо
  - б) алгебраические полиномы;
- 2) методом наименьших квадратов, взяв в качестве координатной системы:
  - а) тригонометрические полиномы; либо
  - б) алгебраические полиномы;
- 3) методом коллокаций. В качестве узлов коллокации использовать нули многочлена Чебышева.

Приближённое решение сравнить с точным решением задачи  $x^*(t) = [5 - (1+t)^2]^{1/2}$ .

---

#### Описание технологии проведения

Средство промежуточного контроля усвоения разделов дисциплины, организованное в виде собеседования преподавателя и обучающегося.

---

*Требования к выполнению заданий, шкалы и критерии оценивания*

**Оценка “отлично”** ставится, если студент строго обосновывает свой ответ на вопросы билета, правильно отвечает на дополнительные вопросы, умеет грамотно объяснить решение задачи, владеет методами интегрирования дифференциальных уравнений и систем, методами решения разностных уравнений, знает доказательства теорем, умеет строить математические модели с помощью дифференциальных уравнений.

**Оценка “хорошо”** ставится, если студент демонстрирует полное усвоение материала, предусмотренного программой, грамотно отвечает на вопросы билета и дополнительные вопросы. Умеет решать большую часть задач, предусмотренных программой курса. Допускаются неточности второстепенного значения при ответе на дополнительные вопросы.

**Оценка “удовлетворительно”** ставится, если студент усвоил материала, предусмотренный программой курса. На вопросы билета дает ответы в целом правильные, но они являются неполными. Умеет решать большую часть задач, предусмотренных программой курса, но допускает неточности при объяснении решения.

**Оценка “неудовлетворительно”** ставится, если студент не может ответить грамотно на вопросы билета, затрудняется при решении задач, предусмотренных программой курса. На дополнительные вопросы отказывается отвечать.

Задания раздела 20.1, п. 2 рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных знаний по результатам освоения данной дисциплины.