



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Математики

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник учебно-методического управления

«29» июня 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Основы функционального анализа

направление подготовки/специальность 01.03.02 Прикладная математика и информатика

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

Форма обучения очная

Санкт-Петербург, 2023

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

Цель освоения дисциплины: вооружить методами современного анализа, используемого в теоретических и прикладных математических исследованиях, а также привить навыки исследовательской работы с помощью логически строгого построения доказательств.

Задача дисциплины: создать фундамент математического образования в области теории сжимающих отображений, теории представления функций посредством обобщенных рядов Фурье в гильбертовом пространстве и теории линейных операторов и функционалов, необходимый для получения профессиональных компетенций бакалавра

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.3 Демонстрирует применение фундаментальных знаний, необходимых для решения сформулированной задачи профессиональной деятельности	<b>знает</b> критерии эффективности варианта решения задачи <b>умеет</b> отыскивать наиболее эффективное решение <b>владеет</b> навыками оценивания полученных результатов

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

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.О.26 основной профессиональной образовательной программы 01.03.02 Прикладная математика и информатика и относится к обязательной части учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Высшая математика	УК-2.1, УК-2.3, УК-2.4

знать:

основы математического анализа.

уметь:

вычислять пределы, находить производные, вычислять интегралы.

владеть:

навыками исследования функций одной и нескольких переменных.

№ п/п	Последующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Проектная практика	ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-2.2, ПК-3.2, ПК-4.3, ПК(Ц)-1.4

2	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-1.4, УК-1.5, УК-1.6, УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4, УК-3.1, УК-3.2, УК-3.3, УК-3.4, УК-3.5, УК-3.6, УК-4.1, УК-4.2, УК-4.3, УК-4.4, УК-5.1, УК-5.2, УК-5.3, УК-6.1, УК-6.2, УК-6.3, УК-6.4, УК-6.5, УК-7.1, УК-7.2, УК-7.3, УК-7.4, УК-8.1, УК-8.2, УК-8.3, УК-8.4, УК-9.1, УК-9.2, УК-9.3, УК-9.4, УК-9.5, УК-10.1, УК-10.2, УК-10.3, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3, ПК-4.4, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5
---	---	--

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

Вид учебной работы	Всего часов	Из них часы на практическую подготовку	Семестр
			4
<b>Контактная работа</b>	48		48
Лекционные занятия (Лек)	16	0	16
Практические занятия (Пр)	32	0	32
<b>Иная контактная работа, в том числе:</b>			
консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР)			
контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР))			
контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача			
<b>Часы на контроль</b>	4		4
<b>Самостоятельная работа (СР)</b>	56		56
<b>Общая трудоемкость дисциплины (модуля)</b>			
<b>часы:</b>	108		108
<b>зачетные единицы:</b>	3		3

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

5.1. Тематический план дисциплины (модуля)

№	Разделы дисциплины	Семестр	Контактная работа (по учебным занятиям), час.						СР	Всего, час.	Код индикатора достижения компетенции
			лекции		ПЗ		ЛР				
			всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку			
1.	1 раздел. Теория сжимающих отображений										
1.1.	Метрические пространства.	4	6					6	12	ОПК-1.3	
1.2.	Полные метрические пространства, принцип вложенных шаров и сжимающих отображений.	4			6			6	12	ОПК-1.3	
1.3.	Применение принципа сжимающих отображений к задачам приближенного решения уравнений: метод простых итераций.	4			6			8	14	ОПК-1.3	
2.	2 раздел. Теория обобщенных рядов Фурье в гильбертовом пространстве										
2.1.	Линейные нормированные и банаховы пространства.	4	6					8	14	ОПК-1.3	
2.2.	Евклидовы и гильбертовы пространства.	4			6				6	ОПК-1.3	
2.3.	Полные ортогональные системы в гильбертовом пространстве.	4			6			12	18	ОПК-1.3	
3.	3 раздел. Теория линейных операторов и функционалов										
3.1.	Линейный ограниченный оператор.	4	4					6	10	ОПК-1.3	
3.2.	Обратный оператор, критерии обратимости.	4			4			6	10	ОПК-1.3	
3.3.	Дискретный и непрерывный спектр оператора.	4			4			4	8	ОПК-1.3	
4.	4 раздел. Контроль										
4.1.	Зачет	4							4	ОПК-1.3	

### 5.1. Лекции

№ разд	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций
1	Метрические пространства.	<p>Метрические пространства. Сходящиеся и фундаментальные последовательности в метрическом пространстве. Предельные точки множества, замкнутые множества, замыкание.</p> <p>Определение метрики и примеры основных метрических пространств, конечномерных и бесконечномерных. Шар в</p>

		метрическом пространстве. Сходимость в метрическом пространстве.
4	Линейные нормированные и банаховы пространства.	Нормы, полунормы и линейного нормированного пространства, банахова пространства. Нормированное пространство. Примеры. Размерность линейного пространства, линейное подпространство.
7	Линейный ограниченный оператор.	Определение линейного ограниченного оператора. Свойства ограниченного оператора. Пространство линейных ограниченных операторов. Операторная норма. Равносильность непрерывности и ограниченности линейного оператора

## 5.2. Практические занятия

№ разд	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
2	Полные метрические пространства, принцип вложенных шаров и сжимающих отображений.	Полное метрическое пространство. Принцип сжимающих отображений. Определение полного метрического пространства, примеры, Теорема о пополнении. Принцип вложенных шаров
3	Применение принципа сжимающих отображений к задачам приближенного решения уравнений: метод простых итераций.	Метод простых итераций Применение метода простых итераций для нахождения приближенного решения уравнений разного типа
5	Евклидовы и гильбертовы пространства.	Определение евклидова пространства, гильбертова пространства. Примеры. Неравенство Коши-Буняковского.  Евклидово пространства
6	Полные ортогональные системы в гильбертовом пространстве.	Ортогональные и ортонормированные системы, применение процесса ортогонализации Грамма – Шмидта. Полные ортогональные системы в гильбертовом пространстве, примеры Процесс ортогонализации
8	Обратный оператор, критерии обратимости.	Корректная разрешимость операторных уравнений. Левый и правый обратный оператор, критерии их существования. Примеры. Разрешимость операторных уравнений
8	Обратный оператор, критерии обратимости.	Теоремы о непрерывной обратимости оператора, их приложение к задаче приближенного решения уравнений Непрерывная обратимость оператора
9	Дискретный и непрерывный спектр оператора.	Определение дискретного и непрерывного спектра линейного ограниченного оператора. Примеры  Спектр оператора
9	Дискретный и	Линейный функционал, сопряженное пространство.

	непрерывный спектр оператора.	Определение линейного ограниченного функционала и сопряженного пространства, примеры. Теорема Рисса о представлении линейного функционала. Теорема Хана – Банаха о продолжении линейного функционала.
--	-------------------------------	--

### 5.3. Самостоятельная работа обучающихся

№ разд	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Метрические пространства.	Вычисление метрик и построение шаров в метрических пространствах Вычисление метрических характеристик
2	Полные метрические пространства, принцип вложенных шаров и сжимающих отображений.	Сжимающие отображения Отыскание корней уравнений
3	Применение принципа сжимающих отображений к задачам приближенного решения уравнений: метод простых итераций.	Решение методом итерации систем линейных алгебраических уравнений, трансцендентных уравнений, интегральных уравнений Фредгольма и Вольтерра, задач Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений, сводящихся к интегральному уравнению Вольтерра. Применение метода итераций
4	Линейные нормированные и банаховы пространства.	Вычисление норм. Линейно независимые системы Линейно независимые системы
6	Полные ортогональные системы в гильбертовом пространстве.	Построение ортогональных многочленов Лежандра, Чебышева, Эрмита, Лагерра. Ортогонализации систем Ортогональные системы
7	Линейный ограниченный оператор.	Свойства линейных операторов. Операторная норма Линейные операторы и их свойства
8	Обратный оператор, критерии обратимости.	Построение обратных операторов Варианты построения обратных операторов
9	Дискретный и непрерывный спектр оператора.	Приложения линейного функционала Линейный функционал и его приложения

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

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

В объем самостоятельной работы по дисциплине включается следующее:

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

Залогом успешного освоения этой дисциплины является обязательное посещение лекционных и практических занятий, так как пропуск одного (тем более, нескольких) занятий может осложнить освоение разделов курса. На практических занятиях материал, изложенный на лекциях в рамках выполнения практических заданий, решения тестов.

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

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

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

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

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

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

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (модуля)	Код и наименование индикатора контролируемой компетенции	Вид оценочного средства
1	Метрические пространства.	ОПК-1.3	устный опрос, решение задач
2	Полные метрические пространства, принцип вложенных шаров и сжимающих отображений.	ОПК-1.3	устный опрос, решение задач
3	Применение принципа сжимающих отображений к задачам приближенного решения уравнений: метод простых итераций.	ОПК-1.3	решение задач
4	Линейные нормированные и банаховы пространства.	ОПК-1.3	устный опрос
5	Евклидовы и гильбертовы пространства.	ОПК-1.3	устный опрос

6	Полные ортогональные системы в гильбертовом пространстве.	ОПК-1.3	решение задач
7	Линейный ограниченный оператор.	ОПК-1.3	устный опрос
8	Обратный оператор, критерии обратимости.	ОПК-1.3	решение задач
9	Дискретный и непрерывный спектр оператора.	ОПК-1.3	устный опрос
10	Зачет	ОПК-1.3	

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

Для проверки сформированности индикатора достижения компетенции ОПК-1.3

Контрольная работа 1.

Тема. Метода простых итераций для нахождения приближенного решения уравнений разного типа.

Вариант 1

Дано конечное уравнение с вещественной неизвестной.

а) Преобразовать уравнение к виду, пригодному для применения принципа сжимающих отображений.

б) Методом простых итераций найти приближенные решения с точностью  $\epsilon$ , используя априорную и апостериорную оценки числа итераций.

Для вычислений использовать математические пакеты.

Вариант 2

Дана система линейных уравнений с четырьмя неизвестными.

а) Преобразовать систему к виду, пригодному для применения принципа сжимающих отображений.

б) Методом простых итераций найти приближенные решения с точностью  $\epsilon_1$  и с точностью  $\epsilon_2$ , используя априорную и апостериорную оценки числа итераций.

в) Найти точное решение системы и сравнить с приближенными.

Для вычислений использовать математические пакеты.

Контрольная работа 2.

Тема. Решение задач аппроксимации с помощью частичных сумм рядов Фурье.

Вариант 1

Дана функция в гильбертовом пространстве со стандартным скалярным произведением. Для функции в этом пространстве требуется найти

а. многочлен наилучшего приближения первой степени;

б. многочлен наилучшего приближения второй степени.

Построить графики функции и полученных многочленов.

Вариант 2

Аппроксимировать функцию двумя способами: при помощи тригонометрической системы и многочленов Лежандра. Число – порядок аппроксимации. Построить графики функции и полученных аппроксимаций. Сравнить точность аппроксимаций в метрике пространства.

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



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

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

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

7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Примерный перечень вопросов:

1. Метрика, примеры основных метрических пространств.
2. Сходящиеся и фундаментальные последовательности. Замкнутые множества, замыкание.
3. Полные метрические пространства. Теорема о пополнении. Примеры.
4. Принцип вложенных шаров (теорема с доказательством).
5. Принцип сжимающих отображений (теорема с доказательством).
6. Применение принципа сжимающих отображений к задачам приближенного решения уравнений: метод простых итераций (общая схема).
7. Применение принципа сжимающих отображений к приближенному решению конечных уравнений.
8. Применение принципа сжимающих отображений к приближенному решению систем линейных уравнений.
9. Применение принципа сжимающих отображений к приближенному решению трансцендентных функциональных уравнений.
10. Применение принципа сжимающих отображений к приближенному решению интегральных уравнений.

11. Линейные нормированные пространства и подпространства, примеры основных нормированных пространств.
12. Евклидовы пространства, примеры основных евклидовых пространств.
13. Ортогональные и ортонормированные системы, теорема об ортогонализации (с доказательством).
14. Многочлены Лежандра с выводом первых четырех многочленов с помощью процесса ортогонализации.
15. Многочлены Чебышева 1-го и 2-го рода с выводом первых трех многочленов с помощью процесса ортогонализации.
16. Многочлены Лагерра с выводом первых трех многочленов с помощью процесса ортогонализации.
17. Многочлены Эрмита с выводом первых трех многочленов с помощью процесса ортогонализации.
18. Полные ортогональные системы в евклидовом пространстве, примеры.
19. Постановка задачи о разложении по ортогональной системе в гильбертовом пространстве, ряд Фурье.
20. Решение задачи о нахождении ближайшего элемента, неравенство Бесселя.
21. Сходимость ряда Фурье в гильбертовом пространстве, равенство Парсеваля.
22. Теорема об изоморфизме гильбертовых пространств (с доказательством).
23. Пространство линейных ограниченных операторов.
24. Непрерывность линейного оператора. Теорема о равносильности непрерывности и ограниченности (с доказательством).
25. Обратные операторы, критерии существования.
26. Корректная разрешимость операторных уравнений. Теоремы о непрерывной обратимости оператора.
27. Спектр оператора, дискретный и непрерывный.
28. Симметричный оператор и теорема о спектральном разложении, ее применение к решению операторных уравнений.
29. Линейные функционалы, сопряженное пространство, теорема Хана-Банаха.
30. Теорема Рисса о представлении линейного функционала (с доказательством)

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

1. Вычисление расстояния, нормы, скалярного произведения в основных пространствах.
2. Применение принципа сжимающих отображений для приближенного решения уравнений разного типа.
3. Аппроксимация функции частичной суммой ряда Фурье по указанной ортонормированной системе.
4. Вычисление нормы линейного ограниченного оператора, вычисление спектра.

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

Курсовая работа (проект) учебным планом не предусмотрены.

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

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся. Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п. 7.3.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета. Зачет проводится в форме собеседования.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС
<b><u>Основная литература</u></b>		
1	Асташова И. В., Функциональный анализ, Москва: Евразийский открытый институт, 2011	<a href="http://www.iprbookshop.ru/11120.html">http://www.iprbookshop.ru/11120.html</a>
2	Глазырина П. Ю., Дейкалова М. В., Коркина Л. Ф., Функциональный анализ. Типовые задачи, Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016	<a href="http://www.iprbookshop.ru/66213.html">http://www.iprbookshop.ru/66213.html</a>
3	Крепкогорский В. Л., Функциональный анализ, Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014	<a href="http://www.iprbookshop.ru/62016.html">http://www.iprbookshop.ru/62016.html</a>
<b><u>Дополнительная литература</u></b>		
1	Ревина С. В., Сазонов Л. И., Функциональный анализ в примерах и задачах, Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2009	<a href="http://www.iprbookshop.ru/47190.html">http://www.iprbookshop.ru/47190.html</a>

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

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

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Курс Moodle "Основы функционального анализа"	<a href="https://moodle.spbgasu.ru/enrol/index.php?id=424">https://moodle.spbgasu.ru/enrol/index.php?id=424</a>

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Архив препринтов по физике, математике, компьютерным наукам, статистике, биологии, финансам.	<a href="http://www.arxiv.org">www.arxiv.org</a>

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

Наименование	Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)
Microsoft Windows 10 Pro	Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

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

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