

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»**

СОГЛАСОВАНО

Директор ИБСиБ

_____ А.В. Васин

«30» мая 2025 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИФиМ

_____ П.В. Захаров

«12» ноября 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

«Начала функционального анализа»

Разработчик

Кафедра высшей математики

Направление (специальность)
подготовки

06.05.01 Биотехнология и биоинформатика

Наименование ООП

06.05.01_01 Биотехнология и биоинформатика

Квалификация (степень)
выпускника

биотехнолог и биоинформатик

Образовательный стандарт

СУОС

Форма обучения

Очная

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОП

_____ Д.И. Богомаз

«15» апреля 2025 г.

Соответствует СУОС

Утверждена протоколом заседания
кафедры "КВМ"

от «15» апреля 2025 г. № 6

РПД разработал:

Доцент, к.б.н. Д.И. Богомаз

1. Цели и планируемые результаты изучения дисциплины

Цели освоения дисциплины

1. Обобщение фактов, методов и навыков, полученных при изучении математического анализа, линейной алгебры, аналитической геометрии и дифференциальных уравнений.
2. Знакомство с основными структурами и языком функционального анализа, который широко используется в современном математическом моделировании.
3. Применение функционального анализа для обоснования эффективной работы численных методов, которые используются при решении прикладных задач.

Результаты обучения выпускника

Код	Результат обучения (компетенция) выпускника ООП
ОПК-2	Способен использовать специализированные знания фундаментальных разделов математики, физики, химии и биологии для проведения исследований в области биоинженерии, биоинформатики и смежных дисциплин (модулей)
ИД-12 ОПК-2	Использует специализированные знания фундаментальных разделов начал функционального анализа для проведения исследований в области биоинженерии, биоинформатики и смежных дисциплин (модулей)

Планируемые результаты изучения дисциплины

знания:

- Знание фундаментальных разделов начал функционального анализа для проведения исследований в области биоинженерии, биоинформатики и смежных дисциплин (модулей)

умения:

- Умение использовать специализированные знания фундаментальных разделов начал функционального анализа для проведения исследований в области биоинженерии, биоинформатики и смежных дисциплин (модулей)

навыки:

- Владение знаниями фундаментальных разделов начал функционального анализа для проведения исследований в области биоинженерии, биоинформатики и смежных дисциплин (модулей)

2. Место дисциплины в структуре ООП

В учебном плане дисциплина «Начала функционального анализа» относится к модулю «Модуль цифровых компетенций (Digital)».

Изучение дисциплины базируется на результатах освоения следующих дисциплин:

- Высшая математика
- Вычислительная математика
- Дискретная математика и теория алгоритмов
- Анатомия и физиология
- Гистология
- Ботаника высших растений
- Ботаника низших растений
- Введение в профессиональную деятельность
- Основы молекулярной биологии
- Основы физической химии
- Инженерная графика
- Факультатив по математике

3. Распределение трудоёмкости освоения дисциплины по видам учебной работы и формы текущего контроля и промежуточной аттестации

3.1. Виды учебной работы

Виды учебной работы	Трудовое время по семестрам
	Очная форма
Лекционные занятия	30
Лабораторные занятия	14
Самостоятельная работа	55
Часы на контроль	5
Промежуточная аттестация (зачет)	4
Общая трудоёмкость освоения дисциплины	108, ач
	3, зет

3.2. Формы текущего контроля и промежуточной аттестации

Формы текущего контроля и промежуточной аттестации	Количество по семестрам
	Очная форма
Промежуточная аттестация	
Зачеты, шт.	1

4. Содержание и результаты обучения

4.1 Разделы дисциплины и виды учебной работы

№ раздела	Разделы дисциплины, мероприятия текущего контроля	Очная форма		
		Лек, ач	Лаб, ач	СР, ач
1.	Теория сжимающих операторов.			
1.1.	Метрические пространства.	2	1	4
1.2.	Сходимость в метрическом пространстве.	2	1	4
1.3.	Принцип сжимающих операторов и метод простых итераций.	2	1	4

2.	Теория обобщенных рядов Фурье в гильбертовом пространстве.			
2.1.	Линейные пространства, нормированные пространства и пространства со скалярным произведением.	2	1	4
2.2.	Ортогональные системы, полные системы, базисы.	2	1	4
2.3.	Обобщенные ряды Фурье в гильбертовом пространстве, приложение к задачам аппроксимации.	4	2	4
3.	Теория линейных операторов.			
3.1.	Линейный оператор.	2	1	4
3.2.	Обратный оператор.	2	1	4
3.3.	Собственные числа и векторы линейного оператора.	2	1	4
3.4.	Непрерывный оператор.	2	1	3
3.5.	Непрерывно обратимый оператор.	2	1	4
3.6.	Оптимизация функционала.	4	1	6
3.7.	Вариационный и проекционный подходы к решению линейных операторных уравнений.	2	1	6
Итого по видам учебной работы:		30	14	55
Зачеты, ач				5
Часы на контроль, ач				5
Промежуточная аттестация (зачет)		4		
Общая трудоёмкость освоения: ач / зет		108 / 3		

4.2. Содержание разделов и результаты изучения дисциплины

Раздел дисциплины	Содержание
1. Теория сжимающих операторов.	
1.1. Метрические пространства.	Список основных пространств, используемых в курсе. Определение и примеры метрических пространств. Результаты освоения: знание основных пространств курса; умение проверять принадлежность элемента тому или иному пространству и вычислять расстояние между элементами.
1.2. Сходимость в метрическом пространстве.	Определение сходящейся и фундаментальной последовательности. Равномерная и среднеквадратичная сходимость последовательности функций. Определение полного пространства. Результаты освоения: знание основных понятий, связанных со сходимостью; умение определять наличие сходимости для последовательности элементов того или иного метрического пространства; навык проверки и графической иллюстрации равномерной и среднеквадратичной сходимости для последовательности функций.
1.3. Принцип сжимающих операторов и метод простых итераций.	Понятие сжимающего оператора. Теорема о неподвижной точке (принцип сжимающих операторов). Описание метода простых итераций. Априорная и апостериорная оценка числа итераций. Приложение метода простых итераций к решению уравнений разного типа: числовые уравнения, системы линейных алгебраических уравнений, нелинейные функциональные уравнения, интегральные уравнения Фредгольма, задача Коши для дифференциальных уравнений. Результаты освоения: знание принципа сжимающих операторов и метода простых итераций; умение проверять, является ли данный оператор сжимающим; навык использования метода простых итераций для приближенного решения уравнений разного типа; навык алгоритмизации метода простых итераций в прикладных математических пакетах.
2. Теория обобщенных рядов Фурье в гильбертовом пространстве.	

<p>2.1. Линейные пространства, нормированные пространства и пространства со скалярным произведением.</p>	<p>Определения линейного пространства и подпространства, линейно независимой системы, линейной оболочки, конечномерных и бесконечномерных линейных пространств.</p> <p>Определения нормы, скалярного произведения. Связь между скалярным произведением, нормой и метрикой. Формулы нормы и скалярного произведения в основных пространствах. Неравенства Гельдера и Коши-Буняковского. Банахово и гильбертово пространства. Весовые пространства Лебега.</p> <p>Результаты освоения: знание основных понятий и формул; умение проверять линейность пространства, линейную независимость системы и вычислять размерность пространства; умение отличать конечномерные пространства и подпространства от бесконечномерных; умение вычислять норму и скалярное произведение в конкретном пространстве, использовать неравенства Гельдера и Коши -- Буняковского.</p>
<p>2.2. Ортогональные системы, полные системы, базисы.</p>	<p>Определение ортогональных элементов и систем. Теорема Пифагора. Теорема об ортогонализации. Ортогональные системы многочленов Лежандра, Чебышева I и II рода, Лагеррра, Эрмита.</p> <p>Определение полной системы и ортогонального базиса. Примеры: тригонометрические, полиномиальные и др. базисы.</p> <p>Результаты освоения: знание основных ортогональных базисов (тригонометрических, полиномиальных); умение проверять ортогональность и полноту данной системы; умение проводить ортогонализацию системы.</p>
<p>2.3. Обобщенные ряды Фурье в гильбертовом пространстве, приложение к задачам аппроксимации.</p>	<p>Разложение вектора по ортогональной системе в конечномерном и в бесконечномерном пространствах. Определение ряда Фурье.</p> <p>Теорема о сходимости ряда Фурье. Приложение ряда Фурье к задаче аппроксимации: качество сходимости, сравнение тригонометрический и полиномиальной аппроксимации, сравнение ряда Фурье и ряда Тейлора.</p> <p>Результаты освоения: знание определения, условий и особенностей сходимости ряда Фурье по произвольному ортогональному базису; умение использовать ряды Фурье для аппроксимации функций и проводить графическую иллюстрацию сходимости (с реализацией в прикладных математических пакетах); умение анализировать скорость сходимости в зависимости от выбора базиса.</p>
<p>3. Теория линейных операторов.</p>	

3.1. Линейный оператор.	<p>Определение линейного оператора. Линейный дифференциальный оператор порядка n, линейный дифференциальный операторов второго порядка с начальными или граничными условиями, оператор Штурма-Лиувилля. Линейные интегральные операторы Фредгольма и Вольтерры.</p> <p>Результаты освоения: знание понятия линейного оператора и типов линейных операторов; умение проверять линейность оператора.</p>
3.2. Обратный оператор.	<p>Определение обратного оператора, критерий обратимости для линейного оператора. Обратимость линейных дифференциальных операторов второго порядка с начальными и граничными условиями.</p> <p>Результаты освоения: знание основных понятий и фактов; умение находить множество значений оператора, проверять критерий обратимости и строить обратный оператор.</p>
3.3. Собственные числа и векторы линейного оператора.	<p>Определение собственного числа и собственного вектора линейного оператора. Системы собственных функций для симметричных интегральных и дифференциальных операторов, задача Штурма-Лиувилля. Применение собственных векторов для решения линейных операторных уравнений.</p> <p>Результаты освоения: знание основных понятий и фактов; умение находить собственные числа и векторы для линейных операторов разного типа; умение находить решение линейного операторного уравнения в виде ряда по собственным векторам оператора (с реализацией в прикладных математических пакетах).</p>
3.4. Непрерывный оператор.	<p>Определение непрерывного оператора, критерий непрерывности для линейного оператора. Определение нормы линейного непрерывного оператора. Непрерывность интегральных операторов, условия для непрерывности линейных дифференциальных операторов.</p> <p>Результаты освоения: знание основных понятий и фактов; умение проверять непрерывность оператора, оценивать и вычислять операторную норму.</p>

<p>3.5. Непрерывно обратимый оператор.</p>	<p>Определение непрерывно обратимого оператора, критерий непрерывной обратимости для линейного оператора.</p> <p>Устойчивость решения операторного уравнения, оценка точности приближенного решения через норму невязки. Анализ условий непрерывной обратимости дифференциального оператора Штурма-Лиувилля и интегрального оператора Фредгольма.</p> <p>Результаты освоения: знание основных понятий и фактов; умение проверять непрерывную обратимость оператора; умение находить приближенное решение операторного уравнения с заданной точностью, контролируя норму невязки (с реализацией в прикладных математических пакетах).</p>
<p>3.6. Оптимизация функционала.</p>	<p>Определение функционала. Теорема Рисса о представлении линейного непрерывного функционала в гильбертовом пространстве. Оптимизация функционала путем дифференцирования, первая вариация и градиент функционала, уравнение Эйлера -- Лагранжа. Приближенная оптимизация функционала методом Ритца.</p> <p>Результаты освоения: знание основных понятий, связанных с функционалами, и принципов оптимизации функционала; умение проверять линейность функционала, вычислять градиент функционала интегрального типа, проводить оптимизацию функционала точными и приближенными методами, в том числе методом Ритца с реализацией в прикладных математических пакетах.</p>
<p>3.7. Вариационный и проекционный подходы к решению линейных операторных уравнений.</p>	<p>Описание вариационного и проекционного подходов к приближенному решению линейных операторных уравнений.</p> <p>Примеры конкретных методов: метод Галеркина и метод наименьших квадратов, вывод расчетных формул, условия сходимости.</p> <p>Результаты освоения: знание области приложения, принципа действия и условий сходимости вариационных и проекционных методов; умение использовать методы Галеркина и наименьших квадратов для приближенного решения линейных операторных уравнений разного типа (дифференциальных, интегральных); навык алгоритмизации этих методов в прикладных математических пакетах; умение анализировать условия и скорость сходимости, проводить графическую иллюстрацию результата.</p>

5. Образовательные технологии

Традиционные технологии (лекции и практические занятия) с некоторыми изменениями. В связи с ограниченным количеством учебного времени и высоким уровнем абстрактности дисциплины используется режим обзорных лекций. Обзорные лекции ограничиваются небольшим количеством формальных данных и в основном посвящены разностороннему обсуждению ключевых математических идей, что соответствует обобщающему характеру дисциплины. Практические занятия посвящены групповым и индивидуальным консультациям по отдельным задачам из расчетно-графических работ.

6. Лабораторный практикум

№ раздела	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ач
		Очная форма
1.	Теория сжимающих операторов.	3
2.	Теория обобщенных рядов Фурье в гильбертовом пространстве.	4
3.	Теория линейных операторов.	7
Итого часов		14

7. Практические занятия

Не предусмотрено

8. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Аудиторные занятия не предполагают полное изложение теоретического и практического материала: проводятся в режиме обзорных лекций и консультаций по задачам. СРС включает подробный разбор теоретического материала по учебному пособию [1] (пункт 9.2 РПД) и самостоятельное освоение методов решения расчетно-графических работ по учебному пособию [2] (пункт 9.2 РПД).

Примерное распределение времени самостоятельной работы студентов

Вид самостоятельной работы	Примерная трудоемкость, ач
	Очная форма
Текущая СР	
работа с лекционным материалом, с учебной литературой	8
опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
самостоятельное изучение разделов дисциплины	12
выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	2
подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	12
подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	4
Итого текущей СР:	38
Творческая проблемно-ориентированная СР	
выполнение расчётно-графических работ	13
выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
работа над междисциплинарным проектом	0
исследовательская работа, участие в конференциях, семинарах, олимпиадах	4
анализ данных по заданной теме, выполнение расчётов, составление схем и моделей на основе собранных данных	0
Итого творческой СР:	17
Общая трудоемкость СР:	55

9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Адрес сайта курса

https://hmath.spbstu.ru/educational_work/

9.2. Рекомендуемая литература

Основная литература

№	Автор, название, место издания, издательство, год (годы) издания	Год изд.	Источник
1	Филимоненкова Н.В. Конспект лекций по функциональному анализу: Санкт-Петербург: Лань, 2015.	2015	ИБК СПбПУ
2	Филимоненкова Н.В. Сборник задач по функциональному анализу: Санкт-Петербург: Лань, 2015.	2015	ИБК СПбПУ

Ресурсы Интернета

1. Треногин В.А. Функциональный анализ : учебник.— Изд. 3-е, испр. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002.— 488 с.: <http://bookre.org/reader?file=443580&pg=2>
2. Лебедев В.И. Функциональный анализ и вычислительная математика: учеб.пособие. — Изд. 4-е, перераб. и доп. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.— 296 с.: <http://bookre.org/reader?file=443535>

9.3. Технические средства обеспечения дисциплины

Лекционный курс в потоке не более 100 студентов читается традиционным образом: используется доска и пишущее средство (мел, фломастер), отдельные лекции сопровождаются презентацией демонстрационного материала на большой экран через проектор. В потоке более 100 студентов дополнительно необходимо использование микрофона и интерактивной доски для трансляции текущих записей на большой экран.

Практические занятия проводятся в компьютерном классе либо в обычной аудитории, если студенты пользуются собственными ПК. Необходимое программное обеспечение -- один из прикладных математических пакетов: Maple, MathLab, Mathematica, MathCad.

При выполнении расчетно-графических работ студенты пользуются собственными ПК.

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционный курс в потоке не более 100 студентов читается традиционным образом: используется доска и пишущее средство (мел, фломастер), отдельные лекции сопровождаются презентацией демонстрационного материала на большой экран через проектор. В потоке более 100 студентов дополнительно необходимо использование микрофона и интерактивной доски для трансляции текущих записей на большой экран.

Практические занятия проводятся в компьютерном классе либо в обычной аудитории, если студенты пользуются собственными ПК. Необходимое программное обеспечение -- один из прикладных математических пакетов: Maple, MathLab, Mathematica, MathCad.

При выполнении расчетно-графических работ студенты пользуются собственными ПК.

11. Критерии оценивания и оценочные средства

11.1. Критерии оценивания

Для дисциплины «Начала функционального анализа» формой аттестации является зачёт. Оценивание качества освоения дисциплины производится с использованием рейтинговой системы.

Зачёт

Для получения зачёта необходимо набрать минимум 50 баллов из 100.

Итоговая оценка выставляется по сумме баллов, заработанных в течение семестра за освоение практической части курса (0 – 270 баллов) и за прохождение одного или двух этапов зачета (0 – 200 баллов).

I. Первый этап предназначен для студентов с количеством баллов за практику 100 – 149: письменный тест по основным понятиям и фактам курса.

50 баллов	80% правильных ответов
30 баллов	60% правильных ответов + успешная отработка ошибок
0 баллов	менее 60% правильных ответов

II. Второй этап предназначен для студентов, которые по итогам практических занятий или практических занятий и первого этапа экзамена набрали не менее 150 баллов: ответ по билету, содержащему два вопроса, с предварительной подготовкой; ответы на дополнительные вопросы по всему материалу курса.

150 баллов	Ответ на вопросы билета содержит правильно и полноценно изложенный теоретический материал по данным темам (в объеме электронного конспекта лекций). Приведены точные формулировки понятий и фактов, грамотно изложены доказательства большинства из них, приведены примеры обсуждаемых конструкций. Ответ может содержать небольшие погрешности и сокращения, не искажающие принципиально суть материала. При ответе на дополнительные вопросы проявлены глубокие знания и способность свободно ориентироваться в материале всего курса: понимание смысла, теоретических нюансов и взаимосвязей различных конструкций.
------------	---

90 баллов	<p>Ответ на вопросы билета содержит базовый теоретический материал по данным темам, без второстепенных деталей: приведены в основном точные формулировки понятий и фактов, грамотно изложены доказательства только некоторых основных фактов, приведены примеры только некоторых обсуждаемых конструкций.</p> <p>При ответе на дополнительные вопросы проявлено уверенное владение всем материалом базовой части курса: формулировки основных понятий/фактов и примеры приводятся быстро и грамотно.</p>
30 баллов	<p>Ответ на вопросы билета содержит около 50% от базового материала по данным темам: изложен только один из двух вопросов билета; или оба ответа содержат много погрешностей в формулировках понятий и фактов (однако не до полного искажения сути материала); или при наличии верных формулировок отсутствуют доказательства фактов либо примеры обсуждаемых конструкций.</p> <p>При ответе на дополнительные вопросы проявлено не вполне устойчивое владение материалом базовой части курса: формулировки основных понятий и фактов приводятся медленно, с погрешностями, грамотная версия достигается путем доработки.</p>
0 баллов	<p>Ответ на вопросы билета содержит менее 40% от базового материала по данным темам либо его устное обсуждение не демонстрирует понимания изложенного материала.</p> <p>При ответе на дополнительные вопросы проявлено неустойчивое владение материалом базовой части курса: формулировки основных понятий и фактов приводятся очень медленно, с принципиальными ошибками.</p>

11.2. Оценочные средства

Оценочные средства для практической части курса (текущий контроль): расчетно-графические работы, проверочные тесты. Список заданий для расчетно-графических работ см. в учебном пособии [2] из списка рекомендуемой литературы (пункт 9.2 РПД).

Оценочные средства для теоретической части курса (промежуточная аттестация в форме зачета): тест по основным понятиям и фактам курса (I этап), список вопросов для развернутого ответа по билету (II этап).

Пример теста по основным понятиям и фактам курса

1. Дайте определение бесконечномерного линейного пространства.
2. Сформулируйте принцип сжимающих операторов.
3. Что такое ортогональный (ортонормированный) базис в гильбертовом пространстве? Приведите несколько примеров ортогональных базисов с указанием соответствующих пространств.

4. Каков критерий непрерывности для линейного оператора? Что такое норма линейного непрерывного оператора?
5. Для какой задачи применяется метод Ритца, какова его цель и принцип действия?

Список вопросов для билетов

1. Метрическое пространство, основные метрические пространства.
2. Сходимость в метрическом пространстве, основные виды функциональной сходимости, полное метрическое пространство.
3. Принцип сжимающих операторов (с доказательством).
4. Метод простых итераций, априорная и апостериорная оценки числа итераций.
5. Приложение метода простых итераций к решению разных типов уравнений.
6. Линейное пространство, подпространство, размерность.
7. Нормированные пространства и пространства со скалярным произведением, основные банаховы и гильбертовы пространства (в том числе весовые пространства Лебега).
8. Ортогональные системы, теорема Пифагора (с доказательством), линейная независимость ортогональной системы (с доказательством).
9. Процесс ортогонализации (теорема с доказательством), описание систем ортогональных многочленов.
10. Полные системы и ортогональные базисы. Примеры ортогональных базисов тригонометрического и полиномиального типа.
11. Ряд Фурье: определение, условия сходимости (с доказательством).
12. Связь частичной суммы ряда Фурье с ортогональной проекцией и поиском элемента наилучшего приближения (с обоснованием).
13. Особенности сходимости ряда Фурье: качество сходимости, сравнение тригонометрической и полиномиальной аппроксимации, связь рядов Фурье и Тейлора.
14. Линейный оператор, основные типы линейных дифференциальных и интегральных операторов.
15. Обратимый оператор, критерий обратимости (с доказательством).
16. Собственные числа и собственные векторы линейных операторов. Свойство собственных векторов симметричных операторов (с доказательством). Применение для решения линейных уравнений.
17. Симметричность оператора Штурма-Лиувилля (с доказательством), задача Штурма-Лиувилля.
18. Непрерывность оператора, критерий непрерывности линейного оператора (с доказательством). Норма линейного непрерывного оператора, схема вычисления нормы.
19. Непрерывность интегрального оператора Фредгольма.
20. Условия непрерывности для линейных дифференциальных операторов.
21. Непрерывная обратимость оператора, критерий непрерывной обратимости линейного оператора (с доказательством и следствиями).

22. Устойчивость решения операторного уравнения. Контроль за точностью приближенного решения линейного операторного уравнения через величину невязки и норму обратного оператора.
23. Условия для положительной определенности оператора Штурма-Лиувилля.
24. Условия для непрерывной обратимости интегрального оператора Фредгольма.
25. Функционал (линейный, непрерывный), теорема Рисса о представлении линейного непрерывного функционала в гильбертовом пространстве (с доказательством).
26. Оптимизация функционала путем дифференцирования, уравнение Эйлера – Лагранжа (со схематичным выводом).
27. Оптимизация функционала методом Ритца (с доказательством сходимости).
28. Вариационный подход к приближенному решению линейных операторных уравнений. Вариационное описание метода Галёркина и метода наименьших квадратов (с выводом расчетных формул).
29. Проекционный подход к приближенному решению линейных операторных уравнений. Проекционное описание метода Галёркина и метода наименьших квадратов (с выводом расчетных формул).
30. Условия сходимости метода наименьших квадратов и метода Галеркина (с доказательством). Классические случаи применения этих методов.

12. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

При изложении дисциплины «Функциональный анализ» студентам прикладных специальностей в техническом вузе рекомендуется построить учебный процесс на принципах, отличных от традиций классического университета.

1. Ограничить лекции небольшим количеством формальных данных и посвятить разностороннему обсуждению ключевых математических идей. Такой подход оправдан для функционального анализа, поскольку этот курс подводит итог накопленному опыту при изучении других разделов высшей математики.
2. Использовать для изложения некоторых тем заранее подготовленные презентации с логическими схемами, таблицами, графическими изображениями и анимацией, которые позволяют более наглядно демонстрировать сложные математические конструкции, чем записи и рисунки от руки на доске.
3. Сделать курс практико-ориентированным. Акцентировать внимание на приложении формального аппарата функционального анализа к методам вычислительной математики и предусмотреть апробирование этих методов с использованием электронных вычислительных средств (прикладных математических пакетов).

По принципу 3 построены учебные пособия [1], [2] (пункт 9.2 РПД). В каждом модуле пособия [1] сюжетная линия проходит путь от введения основных понятий к доказательству ключевых теорем, имеющих прямой выход к широко известным численным методам.

В пособии [2] каждый из изучаемых модулей завершается блоком расчетно-графических заданий, решение которых предполагает как теоретический анализ, так и численную реализацию расчета на компьютере в одном из прикладных математических пакетов. Объем расчетов таков, что их невозможно проделать вручную. Для алгоритмизации расчетов достаточно владеть элементарными навыками программирования в одном из прикладных математических пакетов Maple, Matlab, Mathcad, Mathematica и т.д.. Так, в первом модуле, посвященном теории сжимающих операторов, имеется широкая подборка уравнений, для которых следует применить принцип сжимающих операторов и в одном из математических пакетов найти приближенное решение методом простых итераций. Второй модуль, посвященный теории рядов Фурье в гильбертовом пространстве, завершается задачами на аппроксимацию функции частичной суммой ряда Фурье по тригонометрической системе или по одной из полиномиальных систем. Третий модуль, посвященный теории линейных операторов и оптимизации функционалов, содержит несколько типов задач с использованием математических пакетов: поиск решения дифференциального или интегрального уравнения в виде ряда Фурье по собственным функциям оператора, решение интегрального уравнения методом замены ядра на вырожденное, приближенная минимизация функционала методом Ритца, приближенное решение дифференциальных или интегральных уравнений методом Галёркина и методом наименьших квадратов.

Поскольку учебное пособие [2] содержит образцы решений либо указания к решению всех задач, то практические занятия целесообразно проводить в режиме консультаций: каждый студент самостоятельно в собственном темпе осваивает метод решения той или иной задачи, аудиторное время используется для ответов на коллективные и индивидуальные вопросы по задачам и для экспертизы готовых решений.

При проведении практических занятий необходимо уделить повышенное внимание специфическим проблемам, связанным с различиями схоластической (учебной, книжной) и компьютерной математики.

13. Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.