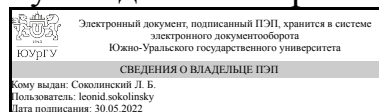


УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления



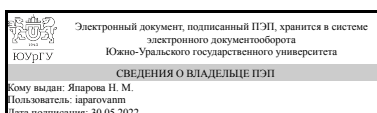
Л. Б. Соколинский

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.О.24 Функциональный анализ
для направления 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные
технологии
уровень Бакалавриат
форма обучения очная
кафедра-разработчик Математическое обеспечение информационных технологий

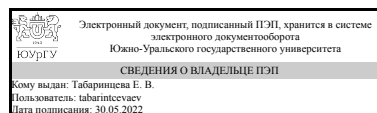
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению
подготовки 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии,
утверждённым приказом Минобрнауки от 23.08.2017 № 808

Зав.кафедрой разработчика,
Д.техн.н., доц.



Н. М. Япарова

Разработчик программы,
к.физ.-мат.н., доц., доцент



Е. В. Табаринцева

1. Цели и задачи дисциплины

- познакомить студентов с классическими результатами и методами функционального анализа -дать представление о понятиях и методах функционального анализа, которые используются в приложениях

Краткое содержание дисциплины

Метрические пространства. Полнота, компактность. Принцип сжимающих отображений. Линейные нормированные пространства. Линейные операторы в линейных нормированных пространствах. Пространство линейных непрерывных операторов. Норма линейного непрерывного оператора. Основные принципы линейного анализа: теорема Банаха-Штейнгауза, теорема Хана-Банаха, теорема Банаха об обратном операторе. Спектр линейного непрерывного оператора. Компактные операторы, примеры. Теоремы Фредгольма. Примеры: интегральные операторы, интегральные уравнения.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|---|
| ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности | Знает: основные результаты теории линейных нормированных пространств и теории линейных операторов Умеет: применять методы функционального анализа для решения математических задач, возникающих в естествознании и технических дисциплинах и для обоснования численных методов Имеет практический опыт: исследования свойств линейных операторов и применения их к решению прикладных задач |

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана | Перечень последующих дисциплин, видов работ |
|---|--|
| 1.О.21 Комплексный анализ, 1.О.14 Алгоритмы и анализ сложности, 1.О.05.02 Математический анализ, 1.О.05.03 Специальные главы математики, 1.О.20 Дискретная математика, 1.О.06 Физика, 1.О.05.01 Алгебра и геометрия | 1.О.26 Прикладные задачи теории вероятностей, 1.О.13 Методы оптимизации и исследование операций, 1.О.08 Теория автоматов и формальных языков |

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

| Дисциплина | Требования |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| 1.О.05.02 Математический анализ | Знает: основы дифференциального и |

| | |
|---------------------------|---|
| | <p>интегрального исчисления, основы теории функций нескольких переменных, необходимые для решения задач, связанных с профессиональной деятельностью Умеет: применять методы дифференциального и интегрального исчисления, основы теории функций нескольких переменных для решения стандартных задач, связанных с фундаментальной информатикой, использовать математический аппарат для аналитического описания процессов и явлений, возникающих в учебно-профессиональной деятельности Имеет практический опыт: применения дифференциального и интегрального исчисления, теории функций нескольких переменных в дисциплинах, связанных с фундаментальной информатикой; решения профессиональных задач с использованием методов математического анализа</p> |
| 1.О.21 Комплексный анализ | <p>Знает: комплексные числа, комплекснозначные функции, конформные отображения, контурные интегралы по комплексной области, вычеты, основные правила интегрирования, признаки сходимости функциональных рядов, свойства аналитических функций Умеет: исследовать функции комплексного переменного на дифференцируемость, вычислять интегралы по контуру в комплексной плоскости, исследовать на сходимость функциональные ряды, применять основные методы комплексного анализа для решения прикладных задач, связанных с фундаментальной информатикой Имеет практический опыт: применения методов теории аналитических функций и теории конформных отображений для решения задач, связанных с профессиональной деятельностью</p> |
| 1.О.06 Физика | <p>Знает: структуру курса дисциплины, рекомендуемую литературу, фундаментальные разделы физики, методы и средства измерения физических величин, методы обработки экспериментальных данных Умеет: применять основные законы физики для успешного решения задач, направленных на саморазвитие обучающегося и подготовку к профессиональной деятельности, использовать знания фундаментальных основ, подходы и методы математики, физики в обучении и профессиональной деятельности, в интегрировании имеющихся знаний, наращивании накопленных знаний, применять математические методы, физические законы и вычислительную технику для решения практических задач, работать с измерительными приборами, выполнять физический эксперимент, обрабатывать результаты измерений, строить графики и проводить графический анализ</p> |

| | |
|-------------------------------------|--|
| | <p>опытных данных, считать систематические и случайные ошибки прямых и косвенных измерений, приборные ошибки, применять современное физическое оборудование и приборы при решении практических задач Имеет практический опыт: самостоятельного решения учебных и профессиональных задач с применением методов и подходов, развиваемых и используемых в физике, в том числе задач, которые требуют применения измерительной аппаратуры, навыками правильного представления и анализа полученных результатов, владения фундаментальными понятиями и основными законами классической и современной физики и методами их использования, методологией организации, планирования, проведения и обработки результатов экспериментов и экспериментальных исследований, навыками физического эксперимента и умения применять конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей специальности, навыками проведения расчетов, как при решении задач, так и при научном эксперименте, навыками оформления отчетов по результатам исследований; навыками работы с измерительной аппаратурой, в том числе с цифровой измерительной техникой, навыками обработки экспериментальных данных и оценки точности измерений, навыками анализа полученных результатов, как решения задач, так эксперимента и измерений</p> |
| 1.О.05.01 Алгебра и геометрия | <p>Знает: классические методы решения систем линейных алгебраических уравнений, основные понятия теории матриц и определителей, основы векторной алгебры, основы аналитической геометрии на плоскости и в пространстве Умеет: определять условия применения того или иного теоретического аспекта при решении практических задач, применять методы линейной алгебры и аналитической геометрии в теоретических и экспериментальных исследованиях для решения профессиональных задач Имеет практический опыт: применения современного математического инструментария для решения профессиональных задач, математического моделирования в соответствующей области знаний, использования фундаментальных знаний в области алгебры и аналитической геометрии в будущей профессиональной деятельности</p> |
| 1.О.14 Алгоритмы и анализ сложности | <p>Знает: определение базовых понятий теории алгоритмов, алгоритмы сортировки массивов различной сложности, алгоритмы решения задачи коммивояжера, основные подходы к оценке сложности алгоритмов и построению функции трудоемкости, основные определения</p> |

| | |
|--|---|
| | <p>асимптотической оценки функций одной переменной Умеет: разрабатывать алгоритмические решения в профессиональной деятельности с учетом трудоемкости таких решений, проводить сравнительный анализ алгоритмов и их программных реализаций, решающих одну задачу, для поиска оптимального алгоритма решения поставленной задачи, провести построение функции трудоемкости алгоритмов и их программных реализаций и провести асимптотический анализ функции трудоемкости Имеет практический опыт: разработки алгоритмов и программ на языке высокого уровня, проведения сравнительного анализа алгоритмов и их программных реализаций, для решения задач сортировки массивов и коммивояжера, построения функций трудоемкости алгоритмов и их программных реализаций, решающих одну задачу, для поиска оптимального на основе решения задач сортировки одномерных массивов и коммивояжера</p> |
| 1.О.05.03 Специальные главы математики | <p>Знает: основные понятия и результаты теории рядов, многомерных, криволинейных и поверхностных интегралов, теории вероятностей и математической статистики, основные способы применения математики в информатике, влияние математики на информационные технологии Умеет: решать основные задачи из теории рядов, многомерных, криволинейных и поверхностных интегралов, теории вероятностей и математической статистики, применять математические методы в информатике, применять математические результаты в информационных технологиях Имеет практический опыт: владения приемами применения теории рядов, многомерных, криволинейных и поверхностных интегралов, теории вероятностей и математической статистики, основными результатами дисциплины для применения математики в информатике, приемами использования математических методов в информационных технологиях</p> |
| 1.О.20 Дискретная математика | <p>Знает: основные понятия комбинаторики и теории графов, алгоритмы решения простейших задач оптимизации с использованием теории графов, основные методы решения комбинаторных задач Умеет: решать комбинаторные задачи, задавать граф в различных представлениях, решать классические задачи комбинаторики и теории графов, использовать алгоритмы для решения задач на графах Имеет практический опыт: владения методами решения комбинаторных задач и задач на графах, основными принципами</p> |

| | |
|--|---|
| | комбинаторики, основными принципами доказательства утверждений комбинаторики и теории графов, основным понятийным аппаратом комбинаторики и теории графов |
|--|---|

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 56,5 ч. контактной работы

| Вид учебной работы | Всего часов | Распределение по семестрам в часах | |
|--|-------------|------------------------------------|--|
| | | Номер семестра | |
| | | 4 | |
| Общая трудоёмкость дисциплины | 108 | 108 | |
| <i>Аудиторные занятия:</i> | 48 | 48 | |
| Лекции (Л) | 16 | 16 | |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 32 | 32 | |
| Лабораторные работы (ЛР) | 0 | 0 | |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i> | 51,5 | 51,5 | |
| Подготовка к экзамену | 10,5 | 10,5 | |
| Подготовка к контрольным работам | 11 | 11 | |
| Самостоятельное изучение дополнительных вопросов курса | 10 | 10 | |
| Самостоятельное решение задач | 20 | 20 | |
| Консультации и промежуточная аттестация | 8,5 | 8,5 | |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен) | - | экзамен | |

5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | |
|-----------|--|---|---|----|----|
| | | Всего | Л | ПЗ | ЛР |
| 1 | Линейные нормированные пространства | 19 | 7 | 12 | 0 |
| 2 | Линейные операторы в нормированных пространствах | 29 | 9 | 20 | 0 |

5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия | Кол-во часов |
|----------|-----------|---|--------------|
| 1 | 1 | Метрические пространства. Полнота метрических пространств. Принцип вложенных шаров. | 1 |
| 2 | 1 | Непрерывные отображения метрических пространств. Принцип сжимающих отображений. | 1 |
| 3 | 1 | Компактные множества в метрических пространствах. Критерии компактности. | 2 |
| 4 | 1 | Линейные нормированные пространства, примеры. Подпространства, базис. | 1 |

| | | | |
|----|---|---|---|
| | | Лемма о почти перпендикуляре. | |
| 5 | 1 | Гильбертовы пространства. Теорема об ортогональном разложении. | 1 |
| 12 | 1 | Проверочная работа по материалу лекций: метрические пространства | 1 |
| 6 | 2 | Линейные операторы в линейных нормированных пространствах. Непрерывность и ограниченность. Норма оператора. | 1 |
| 7 | 2 | Пространство линейных непрерывных операторов. Сопряженное пространство. Поточечная и равномерная сходимость последовательности линейных операторов. Теорема Банаха-Штейнгауза | 2 |
| 8 | 2 | Сопряженный оператор, его свойства | 1 |
| 9 | 2 | Слабая сходимость в нормированных пространствах | 1 |
| 10 | 2 | Обратный оператор. Теорема Банаха об обратном операторе. Линейные операторные уравнения. | 1 |
| 11 | 2 | Компактные операторы и их свойства. Теоремы Фредгольма. | 2 |
| 12 | 2 | Проверочная работа по материалу лекций: обратный оператор | 1 |

5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара | Кол-во часов |
|-----------|-----------|---|--------------|
| 1 | 1 | Метрические пространства., сходимость в метрических пространствах. | 2 |
| 2 | 1 | Полнота метрических пространств, сепарабельность, пополнение | 2 |
| 3 | 1 | Компактные множества в метрических пространствах. Критерии компактности в конкретных пространствах. | 2 |
| 4 | 1 | Непрерывные отображения метрических пространств. Принцип сжимающих отображений. | 2 |
| 5 | 1 | Линейные нормированные пространства. Примеры, сравнение норм. | 2 |
| 6 | 1 | Пространства суммируемых функций. Понятие об интеграле Лебега. | 2 |
| 7 | 2 | Линейные операторы в нормированных пространствах. Непрерывность и ограниченность. Норма оператора. | 2 |
| 8 | 2 | Линейные функционалы. Продолжение линейного функционала. Теорема Хана-Банаха. | 2 |
| 10 | 2 | Поточечная и равномерная сходимость последовательности линейных операторов. | 2 |
| 11 | 2 | Сопряженные пространства, примеры. Слабая сходимость в нормированных пространствах. | 2 |
| 12 | 2 | Сопряженный оператор | 2 |
| 13 | 2 | Обратный оператор, критерии обратимости. | 2 |
| 14 | 2 | Спектр линейного непрерывного оператора. Классификация точек спектра. | 4 |
| 16 | 2 | Линейные компактные операторы. Спектр компактного оператора. | 2 |
| 18 | 2 | Линейные интегральные уравнения. | 2 |

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС | | | |
|----------------|---|---------|--------|
| Подвид СРС | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на | Семестр | Кол-во |
| | | | |

| | ресурс | | часов |
|--|--|---|-------|
| Подготовка к экзамену | Колмогоров, А. Н. Элементы теории функций и функционального анализа Учеб. для мат. спец. ун-тов. - 5-е изд. - М.: Наука, 1981. - 543 с. ил. Танана, В. П. Введение в теорию линейных операторов Текст учеб. пособие по специальностям (направлениям) "Приклад. математика и информатика" и "Математика" В. П. Танана ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Вычисл. техника ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2008. - 151, [1] с. | 4 | 10,5 |
| Подготовка к контрольным работам | Треногин, В. А. Задачи и упражнения по функциональному анализу Текст В. А. Треногин, Б. М. Писаревский, Т. С. Соболева. - М.: Наука, 1984. - 256 с. Танана, В. П. Введение в теорию линейных операторов Текст учеб. пособие по специальностям (направлениям) "Приклад. математика и информатика" и "Математика" В. П. Танана ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Вычисл. техника ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2008. - 151, [1] с. | 4 | 11 |
| Самостоятельное изучение дополнительных вопросов курса | Колмогоров, А. Н. Элементы теории функций и функционального анализа Учеб. для мат. спец. ун-тов. - 5-е изд. - М.: Наука, 1981. - 543 с. ил. Рудин, У. Функциональный анализ У. Рудин; Пер. с англ. В. Я. Лина; Под ред. Е. А. Горина. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб. и др.: Лань, 2005. - 443 с. Лебедев, В. И. Функциональный анализ и вычислительная математика В. И. Лебедев. - 4-е изд., испр. и доп. - М.: Физматлит, 2000. - 295 с. ил. | 4 | 10 |
| Самостоятельное решение задач | Треногин, В. А. Задачи и упражнения по функциональному анализу Текст В. А. Треногин, Б. М. Писаревский, Т. С. Соболева. - М.: Наука, 1984. - 256 с. | 4 | 20 |

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

| № КМ | Се-местр | Вид контроля | Название контрольного мероприятия | Вес | Макс. балл | Порядок начисления баллов | Учитывается в ПА |
|------|----------|--------------|-----------------------------------|-----|------------|---------------------------|------------------|
|------|----------|--------------|-----------------------------------|-----|------------|---------------------------|------------------|

| | | | | | | | |
|---|---|--------------------------|----------------------|---|---|--|---------|
| 1 | 4 | Текущий контроль | Контрольная работа 1 | 5 | 3 | 0 - задание не решено (решено неверно) 1 - приводятся отдельные этапы решения 2 - решено с замечаниями 3 - решено верно Контрольная работа состоит из трех задач. Контрольная работа выполняется в аудитории, проверка работ выполняется во внеаудиторное время | экзамен |
| 2 | 4 | Текущий контроль | Контрольная работа 2 | 5 | 3 | 0 - задание не решено (решено неверно) 1 - приводятся отдельные этапы решения 2 - решено с замечаниями 3 - решено верно Контрольная работа состоит из трех задач. Контрольная работа выполняется в аудитории, проверка работ выполняется во внеаудиторное время | экзамен |
| 3 | 4 | Текущий контроль | Контрольная работа 3 | 5 | 3 | 0 - задание не решено (решено неверно) 1 - приводятся отдельные этапы решения 2 - решено с замечаниями 3 - решено верно Контрольная работа состоит из трех задач. Контрольная работа выполняется в аудитории, проверка работ выполняется во внеаудиторное время | экзамен |
| 4 | 4 | Текущий контроль | Контрольная работа 4 | 5 | 3 | 0 - задание не решено (решено неверно) 1 - приводятся отдельные этапы решения 2 - решено с замечаниями 3 - решено верно Контрольная работа состоит из трех задач. Контрольная работа выполняется в аудитории, проверка работ выполняется во внеаудиторное время | экзамен |
| 5 | 4 | Промежуточная аттестация | Семестровое задание | - | 2 | 0 - задание не решено (решено неверно) 1 - решено с замечаниями 2 - решено верно | экзамен |
| 6 | 4 | Текущий контроль | Проверочная работа 1 | 1 | 3 | 0 - решено неверно (не решено) 1 - приводятся отдельные этапы решения 2 - решено с замечаниями 3 - решено верно Задание по материалу лекций, выполняется письменно в аудитории. Проверяется во внеучебное время. | экзамен |
| 7 | 4 | Текущий контроль | Проверочная работа 2 | 1 | 3 | 0 - решено неверно (не решено) 1 - приводятся отдельные этапы решения 2 - решено с замечаниями 3 - решено верно Задание по материалу лекций, выполняется письменно в аудитории. Проверяется во внеучебное время. | экзамен |

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения | Критерии оценивания |
|------------------------------|---|---|
| экзамен | <p>При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (Положение о БРС утверждено приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179, в редакции приказа ректора от 10.03.2022 г. № 25-13/09). Оценка за дисциплину формируется на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля. Отлично: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 85...100 %. Хорошо: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 75...84 %. Удовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60...74 %. Неудовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 %.</p> <p>Если студент не согласен с оценкой, полученной по результатам текущего контроля, студент проходит мероприятие промежуточной аттестации в виде письменной контрольной работы (семестровой работы). Контрольная работа проводится в очной форме (в аудитории в соответствии с расписанием экзаменационной сессии). Работа состоит из трех заданий (один вопрос по теоретическому материалу курса и две задачи). На выполнение работы отводится один час. В этом случае оценка за дисциплину рассчитывается на основе полученных оценок за контрольно-рейтинговые мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации. Фиксация результатов учебной деятельности по дисциплине проводится в день экзамена при личном присутствии студента.</p> | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения | № КМ | | | | | | |
|-------------|--|------|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| ОПК-1 | Знает: основные результаты теории линейных нормированных пространств и теории линейных операторов | + | + | + | + | + | + | + |
| ОПК-1 | Умеет: применять методы функционального анализа для решения математических задач, возникающих в естествознании и технических дисциплинах и для обоснования численных методов | | | + | + | + | + | + |
| ОПК-1 | Имеет практический опыт: исследования свойств линейных операторов и применения их к решению прикладных задач | + | + | + | + | + | + | + |

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Кудрявцев, Л. Д. Курс математического анализа Т. 1 Учебник для физ.-мат. и инж.-физ. специальностей вузов: В 3 т. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1988. - 712 с. ил.

2. Вся высшая математика Т. 6 Учеб. для вузов М. Л. Краснов, А. И. Киселев, Г. И. Макаренко и др. - М.: УРСС, 2003. - 254 с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Колмогоров, А. Н. Элементы теории функций и функционального анализа Учеб. для мат. спец. ун-тов. - 6-е изд., испр. - М.: Наука, 1989. - 623 с. ил.

2. Рудин, У. Основы математического анализа У. Рудин; Пер. с англ. В. П. Хавина. - 4-е изд., стер. - СПб. и др.: Лань, 2004. - 319 с.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Функциональный анализ и его приложения
2. Сибирский математический журнал
3. Математические заметки

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Методические указания по курсу "Функциональный анализ" (составитель Е.В. Табаринцева)

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Методические указания по курсу "Функциональный анализ" (составитель Е.В. Табаринцева)

Электронная учебно-методическая документация

| № | Вид литературы | Наименование ресурса в электронной форме | Библиографическое описание |
|---|---------------------------|---|---|
| 1 | Дополнительная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Хелемский А.Я. Лекции по функциональному анализу. М.: МЦНМО, 2014 https://e.lanbook.com/book/56415 |
| 2 | Дополнительная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Павлов Е.А. Основы функционального анализа: учебное пособие . Издательство "Лань, 2020 https://e.lanbook.com/book/116362 |

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Math Works-MATLAB (Simulink R2008a, SYMBOLIC MATH)(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Вид занятий | № ауд. | Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий |
|-------------|------------|--|
| Лекции | 486 (3) | компьютер с доступом в Интернет и проектор |