

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

**Кафедра фундаментальной математики**

Авторы-составители: **Еленский Юрий Наполеонович  
Скачкова Елена Александровна**

Рабочая программа дисциплины  
**НЕЛИНЕЙНЫЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ**  
Код УМК 61533

Утверждено  
Протокол №9  
от «22» мая 2020 г.

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Нелинейный функциональный анализ

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **01.03.01** Математика

направленность Программа широкого профиля

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Нелинейный функциональный анализ** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**01.03.01** Математика (направленность : Программа широкого профиля)

**ПК.2** способность математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики

**ПК.4** способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач

**ПК.5** способность передавать результат проведенных физико-математических и прикладных исследований в виде конкретных рекомендаций, выраженных в терминах предметной области изучавшегося явления

**ПК.6** способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при анализе управленческих задач в научно-технической сфере

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	01.03.01 Математика (направленность: Программа широкого профиля)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	11
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	42
<b>Проведение лекционных занятий</b>	14
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	28
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Экзамен (11 триместр)

## **5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины**

### **Нелинейный функциональный анализ. Первый семестр**

#### **Входной контроль**

Знание понятий, утверждения и методов функционального анализа. Решение задач методами функционального анализа. Доказательство теорем функционального анализа.

#### **Производная Фреше. Ряд Тейлора**

Понятия производной Фреше, дифференциалов разных порядков, формулы Тейлора. Понятие ряда Тейлора. Свойства производной Фреше. Разложение нелинейного оператора в ряд Тейлора.

#### **Экстремумы**

Понятие локального экстремума вещественного функционала. Необходимые условия экстремума, достаточные условия экстремума. Нахождение точки локального экстремума функционала, определение их типа.

#### **Итоговое контрольное мероприятие**

Знать понятия нелинейного функционального анализа, формулировки и доказательства теорем, утверждений.

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

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

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

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Глазырина П. Ю. Функциональный анализ. Типовые задачи: Учебное пособие/Глазырина П. Ю..- Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016, ISBN 978-5-7996-1771-4.-216. <http://www.iprbookshop.ru/66213.html>
2. Свешников А. Г., Альшин А. Б., Корпусов М. О. Нелинейный функциональный анализ и его приложения к уравнениям в частных производных/А. Г. Свешников, А. Б. Альшин, М. О. Корпусов.- Москва: Научный мир, 2008, ISBN 978-5-91522-011-8.-400.-Библиогр.: с. 397-399
3. Данилин А. Р. Функциональный анализ для магистрантов: Учебное пособие/Данилин А. Р..- Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2013, ISBN 978-5-7996-0961-0.-192. <http://www.iprbookshop.ru/66614.html>
4. Крепкогорский, В. Л. Функциональный анализ : учебное пособие / В. Л. Крепкогорский. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014. — 116 с. — ISBN 978-5-7882-1650-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/62016.html>

### Дополнительная:

1. Нелинейный анализ и нелинейные дифференциальные уравнения/Под ред. В. А. Треногина, А. Ф. Филиппова.-М.: Физматлит, 2003, ISBN 5-9221-0301-6.-464.
2. Корпусов М. О., Свешников А. Г. Нелинейный функциональный анализ и математическое моделирование в физике: методы исследования нелинейных операторов/М. О. Корпусов, А. Г. Свешников.-Москва: URSS, 2011, ISBN 978-5-396-00363-7.-480.-Библиогр.: с. 468-472

## **9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

<http://www.psu.ru/elektronnye-resursy-dlya-psu> Электронные ресурсы для ПГНИУ

<http://window.edu.ru/> Единое окно доступа к образовательным ресурсам

<http://www.mathnet.ru/> Общероссийский математический портал

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Образовательный процесс по дисциплине **Нелинейный функциональный анализ** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Необходимое лицензионное и (или) свободно распространяемое программное обеспечение:

- приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC»;
- офисный пакет приложений «LibreOffice».

Специализированное программное обеспечение не требуется.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ ([student.psu.ru](http://student.psu.ru)).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Самостоятельная работа студентов: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с



доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Нелинейный функциональный анализ**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции и  
критерии их оценивания**

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.4</b> способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач</p>	<p><b>ЗНАТЬ:</b> основные понятия и утверждения нелинейного функционального анализа.</p> <p><b>УМЕТЬ:</b> решать различные задачи методами нелинейного функционального анализа.</p> <p><b>ВЛАДЕТЬ:</b> основным понятийным аппаратом нелинейного функционального анализа, навыками теоретического анализа полученных результатов</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает большинства определений основных понятий нелинейного функционального анализа, не имеет представления о многих связях между основными понятиями.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Есть неточности и пробелы в определении основных понятий нелинейного функционального анализа. Есть ошибки в знании связей между некоторыми понятиями.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Знает определения основных понятий нелинейного функционального анализа и связи между этими понятиями. Испытывает трудности при применении этих знаний к решению конкретных задач</p> <p align="center"><b>Отлично</b></p> <p>Знает определения понятий нелинейного анализа, знает связи между этими понятиями. Умеет применять эти знания к решению конкретных задач</p>
<p><b>ПК.6</b> способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при анализе управленческих задач в научно-технической сфере</p>	<p><b>ЗНАТЬ:</b> основные методы анализа управленческих задач в научно-технической сфере</p> <p><b>УМЕТЬ:</b> анализировать управленческие задачи в научно-технической сфере</p> <p><b>ВЛАДЕТЬ:</b> методами математического и алгоритмического моделирования при анализе управленческих задач в научно-технической сфере</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает основные методы анализа управленческих задач в научно-технической сфере.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Знает основные методы анализа управленческих задач в научно-технической сфере. Делает ошибки при их применении в анализе управленческих задач в научно-технической сфере.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Знает основные методы анализа управленческих задач в научно-технической сфере. Применяет их в анализе</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>управленческих задач в научно-технической сфере. Испытывает трудности при применении методов к решению конкретных задач повышенной сложности.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Знает основные методы анализа управленческих задач в научно-технической сфере. Свободно применяет методы анализа управленческих задачи в научно-технической сфере. Способен решать задачи повышенной сложности.</p>
<p><b>ПК.2</b> способность математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики</p>	<p><b>ЗНАТЬ:</b> основные постановки классических задач</p> <p><b>УМЕТЬ:</b> математически корректно ставить естественнонаучные задачи с использованием методов нелинейного функционального анализа.</p> <p><b>ВЛАДЕТЬ:</b> основным понятийным аппаратом и методами нелинейного функционального анализа, навыками постановок прикладных задач</p>	<p style="text-align: center;"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает постановок классических задач математики.</p> <p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Есть неточности и пробелы в постановках задач функционального анализа. Есть ошибки в знании связей между некоторыми понятиями.</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>Знает определения основных понятий нелинейного функционального анализа и связи между этими понятиями. Знает постановки задач и умеет их применять. Испытывает трудности при применении этих знаний к решению конкретных задач</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Знает определения понятий нелинейного анализа, знает связи между этими понятиями. Знает постановки задач и умеет их применять. Умеет применять эти знания к решению конкретных задач</p>
<p><b>ПК.5</b> способность передавать результат проведенных физико-математических и прикладных исследований в виде конкретных рекомендаций, выраженных в терминах предметной области изучавшегося явления</p>	<p><b>ЗНАТЬ:</b> терминологию нелинейного функционального анализа</p> <p><b>УМЕТЬ:</b> интерпретировать результат исследования в терминах нелинейного функционального анализа</p> <p><b>ВЛАДЕТЬ:</b> способами описания результатов конкретных исследований на языке</p>	<p style="text-align: center;"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не может записать результат исследования в терминах нелинейного функционального анализа.</p> <p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Рекомендации, записанные по результатам исследования, не вполне конкретны.</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>Записывает результат исследования в терминах нелинейного функционального анализа, но испытывает трудности в формулировке рекомендаций.</p>

<b>Компетенция</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
	нелинейного функционального анализа	<b>Отлично</b> Записывает результат исследования в терминах нелинейного функционального анализа, дает конкретные и точные рекомендации.

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Экзамен

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p><b>ПК.2</b> способность математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики</p> <p><b>ПК.4</b> способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач</p> <p><b>ПК.5</b> способность передавать результат проведенных физико-математических и прикладных исследований в виде конкретных рекомендаций, выраженных в терминах предметной области изучавшегося явления</p> <p><b>ПК.6</b> способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при анализе управленческих задач в научно-технической сфере</p>	<p>Контрольная работа №1 «Производная Фреше, Ряд Тейлора».</p> <p><b>Письменное контрольное мероприятие</b></p>	<p>Знать понятия производной Фреше, дифференциалов разных порядков, формулу Тейлора, понятие ряда Тейлора. Знать свойства производной Фреше, уметь раскладывать нелинейный оператор в ряд Тейлора</p>

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p><b>ПК.2</b> способность математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики</p> <p><b>ПК.4</b> способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач</p> <p><b>ПК.6</b> способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при анализе управленческих задач в научно-технической сфере</p>	<p>Контрольная работа №2 «Экстремумы».</p> <p><b>Письменное контрольное мероприятие</b></p>	<p>Знать понятие локального экстремума вещественного функционала. Знать необходимые условия экстремума, достаточные условия экстремума. Уметь находить точки локального экстремума функционала, определять их тип</p>

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p><b>ПК.2</b> способность математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики</p> <p><b>ПК.4</b> способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач</p> <p><b>ПК.5</b> способность передавать результат проведенных физико-математических и прикладных исследований в виде конкретных рекомендаций, выраженных в терминах предметной области изучавшегося явления</p> <p><b>ПК.6</b> способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при анализе управленческих задач в научно-технической сфере</p>	<p>Итоговое контрольное мероприятие</p> <p><b>Итоговое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Знать понятия нелинейного функционального анализа, формулировки и доказательства теорем, утверждений.</p>

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### Контрольная работа №1 «Производная Фреше, Ряд Тейлора».

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Умеет находить производную Фреше различных типов нелинейных операторов.	9
Знает свойства производной Фреше и умеет их применять для нахождения производной Фреше.	8
Умеет раскладывать оператор по формуле Тейлора и в ряд Тейлора.	8
Умеет находить дифференциалы Фреше любых порядков.	5

## **Контрольная работа №2 «Экстремумы».**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Умеет находить стационарные точки функционала.	9
Умеет исследовать функционалы различных типов на экстремум.	8
Знает необходимые условия локального экстремума функционала,	8
Знает достаточные условия экстремума функционала.	5

## **Итоговое контрольное мероприятие**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Знает доказательства утверждений курса.	13
Умеет решать основные задачи курса.	10
Знает формулировки утверждений курса.	10
Знает определения понятий курса.	7