

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»  
Педагогический институт  
Кафедра функционального анализа

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института



Т. И. Гущина  
«20» января 2021 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине Б1.В.ДВ.10.2 Выпуклый анализ

Направление подготовки/специальность: 44.03.05 - Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)

Профиль/направленность/специализация: Физика и математика

Уровень высшего образования: бакалавриат

Квалификация: Бакалавр

год набора: 2018

Тамбов, 2021

**Автор программы:**

Кандидат физико-математических наук, доцент Григоренко Анна Александровна

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 44.03.05 - Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) (уровень бакалавриата) (приказ Министерства образования и науки РФ от «22» февраля 2018 г. № 125).

Рабочая программа принята на заседании Кафедры функционального анализа «11» января 2021 г. Протокол № 5

Рассмотрена и одобрена на заседании Ученого совета Педагогического института, Протокол от «20» января 2021 г. № 3.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавра.....	5
3. Объем и содержание дисциплины.....	5
4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства.....	6
5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).....	7
6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	9
7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы.....	10



7	Математический и функциональный анализ	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
8	Методы математической физики						+					
9	Общая и экспериментальная физика			+	+	+	+	+	+	+		
10	Основы теоретической физики					+	+	+	+	+		
11	Практикум по решению физических задач					+	+	+	+			
12	Преддипломная практика											+
13	Проблемы современной физики							+	+			
14	Тензорный анализ						+					
15	Уравнения в частных производных					+						
16	Электрорадиотехника							+	+			
17	Элементарная физика	+	+									

## 2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата:

Дисциплина «Выпуклый анализ» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, учебного плана ОП по направлению подготовки 44.03.05 - Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки).

Дисциплина «Выпуклый анализ» изучается в 5 семестре.

## 3. Объем и содержание дисциплины

3.1. Объем дисциплины: 7 з.е.

Заочная: 7 з.е.

Вид учебной работы	Заочная (всего часов)
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>252</b>
Контактная работа	14
Лекции (Лекции)	6
Практические (Практ. раб.)	8
Самостоятельная работа (СР)	229
Экзамен	9

## 3.2. Содержание курса:

№ темы	Название раздела/темы	Вид учебной работы, час.			Формы текущего контроля
		Лекции	Практ. раб.	СР	
		3	3	3	

5 семестр					
1	Выпуклые множества и выпуклые функции.	3	4	110	Опрос; Собеседование
2	Обобщенная дифференцируемость выпуклых функций	3	4	119	Опрос; Собеседование

### Тема 1. Выпуклые множества и выпуклые функции. (ПК-2)

#### Лекция.

Выпуклые множества. Теорема Хана-Банаха и ее следствия. Теоремы отделимости. Топологические свойства выпуклых множеств. Выпуклые функции. Непрерывность выпуклых функций. Замкнутые множества. Сопряженные функции. Теоремы Минковского и Фенхеля-Моро. Сублинейные функции.

#### Практическое занятие.

Решение задач на операции с множествами.

#### Задания для самостоятельной работы.

Изучение конспектов лекций и дополнительной литературы; решение задач и упражнений по образцу. Задачи для самостоятельного решения рекомендуется брать из сборника: Ириарт-Уррути Ж.-Б. Оптимизация и выпуклый анализ. Сборник задач и упражнений.- К.:КИТ, 2004.

### Тема 2. Обобщенная дифференцируемость выпуклых функций (ПК-2)

#### Лекция.

Производная по направлению. Субдифференциал. Основные теоремы о субдифференциале. Принцип Лагранжа в негладких задачах выпуклого программирования.

#### Практическое занятие.

Решение задач на операции с функциями

#### Задания для самостоятельной работы.

Изучение конспектов лекций и дополнительной литературы; решение задач и упражнений по образцу. Задачи для самостоятельного решения рекомендуется брать из сборника: Ириарт-Уррути Ж.-Б. Оптимизация и выпуклый анализ. Сборник задач и упражнений.- К.:КИТ, 2004.

### 4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства

#### 4.1. Распределение баллов:

Балльно-рейтинговые мероприятия не предусмотрены

#### 4.2 Типовые оценочные средства текущего контроля

### Опрос

#### Тема 1. Выпуклые множества и выпуклые функции.

1. Выпуклые множества в банаховом пространстве. Выпуклая оболочка множества, выпуклые комбинации точек этого множества, их связи.
2. Теорема Каратеодори о выпуклой оболочке множеств в .
3. Операции Минковского с множествами. Свойства этих операций.
4. Понятие конуса и выпуклой конической оболочки.
5. Выпуклые функции. Неравенство Иенсена. Функция Минковского и опорная функция множеств.

## Собеседование

### Тема 1. Выпуклые множества и выпуклые функции.

1. Выпуклые множества и выпуклые функции
2. Обобщенная дифференцируемость выпуклых функций.

#### 4.3 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена

#### Типовые вопросы экзамена (ПК-2)

1. Выпуклые множества в банаховом пространстве. Выпуклая оболочка множества, выпуклые комбинации точек этого множества, их связи.
2. Теорема Каратеодори о выпуклой оболочке множеств в  $\mathbb{R}^n$ .
3. Операции Минковского с множествами. Свойства этих операций.
4. Понятие конуса и выпуклой конической оболочки.
5. Выпуклые функции. Неравенство Иенсена. Функция Минковского и опорная функция множеств.

#### Типовые задания для экзамена (ПК-2)

Типовые задания для экзамена

1. Пусть множество  $M \subset \mathbb{R}^n$  выпукло и  $a \in M$ . Доказать, что множество выпукло и всюду плотно в  $M$ .
2. Показать, что замкнутость множества не гарантирует замкнутости множества даже на плоскости.
3. Найти опорную функцию отрезка  $[a, b]$ .
4. Найти функцию Минковского эллипсоидального тела вида  $\{x \in \mathbb{R}^n : x^T A x \leq 1\}$ .
5. Найти полярное множество  $M^\circ$ , где  $e_1, \dots, e_n$  – базисный вектор в пространстве  $\mathbb{R}^n$ .

#### 4.4. Шкала оценивания промежуточной аттестации

Оценка	Компетенции	Дескрипторы (уровни) – основные признаки освоения (показатели достижения результата)
«отлично»	ПК-2	Отлично приводит доказательства утверждения теории выпуклого анализа, решает задачи этой теории, применяет полученные навыки в других областях математического знания и дисциплинах естественнонаучного содержания
«хорошо»	ПК-2	Хорошо приводит доказательства утверждения теории выпуклого анализа, решает задачи этой теории, применяет полученные навыки в других областях математического знания и дисциплинах естественнонаучного содержания
«удовлетворительно»	ПК-2	Удовлетворительно приводит доказательства утверждения теории выпуклого анализа, решает задачи этой теории, применяет полученные навыки в других областях математического знания и дисциплинах естественнонаучного содержания
«неудовлетворительно»	ПК-2	Не приводит доказательства утверждения теории выпуклого анализа, не решает задачи этой теории, не применяет полученные навыки в других областях математического знания и дисциплинах естественнонаучного содержания

## 5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

### 5.1 Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся:

Приступая к изучению дисциплины, в первую очередь обучающимся необходимо ознакомиться содержанием рабочей программы дисциплины (РПД), которая определяет содержание, объем, а также порядок изучения и преподавания учебной дисциплины, ее раздела, части.

Для самостоятельной работы важное значение имеют разделы «Объем и содержание дисциплины», «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» и «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы».

В разделе «Объем и содержание дисциплины» указываются все разделы и темы изучаемой дисциплины, а также виды занятий и планируемый объем в академических часах.

В разделе «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» указана рекомендуемая основная и дополнительная литература.

В разделе «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы» содержится перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, необходимых для освоения дисциплины.

## 5.2 Рекомендации обучающимся по работе с теоретическими материалами по дисциплине

При изучении и проработке теоретического материала необходимо:

- просмотреть еще раз презентацию лекции в системе MOODLe, повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной дополнительной литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники, профессиональные базы данных и информационные справочные системы;
- ответить на вопросы для самостоятельной работы, по теме представленные в пункте 3.2 РПД.
- при подготовке к текущему контролю использовать материалы фонда оценочных средств (ФОС).

## 5.3 Рекомендации по работе с научной и учебной литературой

Работа с основной и дополнительной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к устному опросу на семинарских занятиях, к дебатам, тестированию, экзамену. Она включает проработку лекционного материала и рекомендованных источников и литературы по тематике лекций.

Конспект лекции должен содержать реферативную запись основных вопросов лекции, в том числе с опорой на размещенные в системе MOODLe презентации, основных источников и литературы по темам, выводы по каждому вопросу. Конспект может быть выполнен в рамках распечатки выдачи презентаций лекций или в отдельной тетради по предмету. Он должен быть аккуратным, хорошо читаемым, не содержать не относящуюся к теме информацию или рисунки.

Конспекты научной литературы при самостоятельной подготовке к занятиям должны содержать ответы на каждый поставленный в теме вопрос, иметь ссылку на источник информации с обязательным указанием автора, названия и года издания используемой научной литературы. Конспект может быть опорным (содержать лишь основные ключевые позиции), но при этом позволяющим дать полный ответ по вопросу, может быть подробным. Объем конспекта определяется самим студентом.

В процессе работы с основной и дополнительной литературой студент может:

- делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);
- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора);
- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);
- создавать конспекты (развернутые тезисы).

## 5.4. Рекомендации по подготовке к отдельным заданиям текущего контроля

Собеседование предполагает организацию беседы преподавателя со студентами по вопросам практического занятия с целью более обстоятельного выявления их знаний по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. Все члены группы могут участвовать в обсуждении, добавлять информацию, дискутировать, задавать вопросы и т.д.



Устный опрос может применяться в различных формах: фронтальный, индивидуальный, комбинированный. Основные качества устного ответа подлежащего оценке:

- правильность ответа по содержанию;
- полнота и глубина ответа;
- сознательность ответа;
- логика изложения материала;
- рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи;
- своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе;
- использование дополнительного материала;
- рациональность использования времени, отведенного на задание.

Устный опрос может сопровождаться презентацией, которая подготавливается по одному из вопросов практического занятия. При выступлении с презентацией необходимо обращать внимание на такие моменты как:

- содержание презентации: актуальность темы, полнота ее раскрытия, смысловое содержание, соответствие заявленной темы содержанию, соответствие методическим требованиям (цели, ссылки на ресурсы, соответствие содержания и литературы), практическая направленность, соответствие содержания заявленной форме, адекватность использования технических средств учебным задачам, последовательность и логичность презентуемого материала;
- оформление презентации: объем (оптимальное количество), дизайн (читаемость, наличие и соответствие графики и анимации, звуковое оформление, структурирование информации, соответствие заявленным требованиям), оригинальность оформления, эстетика, использование возможности программной среды, соответствие стандартам оформления;
- личностные качества: ораторские способности, соблюдение регламента, эмоциональность, умение ответить на вопросы, систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам программы;
- содержание выступления: логичность изложения материала, раскрытие темы, доступность изложения, эффективность применения средств ИКТ, способы и условия достижения результативности и эффективности для выполнения задач своей профессиональной или учебной деятельности, доказательность принимаемых решений, умение аргументировать свои заключения, выводы.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1 Основная литература:

1. Мельников Н. Б., Артемьева Л. А. Прикладной функциональный анализ: задачи с решениями : учебное пособие. - Москва: Московский Государственный Университет, 2015. - 108 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=595432>
2. Кутузов А. С. Введение в функциональный анализ : учебное пособие. - Москва|Берлин: Директ-Медиа, 2020. - 482 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=571413>
3. Ревина С. В., Сазонов Л. И. Функциональный анализ в примерах и задачах : учебное пособие. - Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2009. - 120 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240944>
4. Данилин А. Р. Функциональный анализ : учебное пособие. - Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2012. - 200 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=239528>
5. Треногин В. А. Функциональный анализ : учебник. - 3-е изд., испр.. - Москва: Физматлит, 2002. - 488 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82613>

## 6.2 Дополнительная литература:

1. Вулих Б. З. Введение в функциональный анализ : монография. - Москва: Государственное издательство физико-математической литературы, 1958. - 354 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=479685>
2. Коллатц Л. Функциональный анализ и вычислительная математика. - Москва: Мир, 1969. - 448 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456959>
3. Иосида К. Функциональный анализ. - Москва: Мир, 1967. - 623 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459742>
4. Вулих Б. З. Введение в функциональный анализ. - Москва: Гос. изд-во физико-математической лит., 1958. - 351 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233615>  
перераб. и доп.. - Москва: Физматлит, 2005. - 294 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68363>
6. Экланд И., Тетам Р. Выпуклый анализ и вариационные проблемы. - Москва: Мир, 1979. - 399 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=455164>
7. Колмогоров А. Н. Элементы теории функций и функционального анализа. : монография. - Москва: Издательство Московского университета, 1954. - 159 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=479687>
8. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа : учебник. - 4-е изд., перераб.. - М.: Наука, 1976. - 543 с.

## 6.3 Иные источники:

1. 4. Электронный справочник «Информо» - [www.informio.ru](http://www.informio.ru)
2. Электронные ресурсы Российской государственной библиотеки <http://olden.rsl.ru/ru/networkresources> - <http://olden.rsl.ru/ru/networkresources>
3. Электронные ресурсы Российской госуда<http://olden.rsl.ru/ru/networkresources> - <http://olden.rsl.ru/ru/networkresources>
4. Электронная библиотека учебников для вузов - <http://4du.ru/>
5. Электронная библиотека учебников - <http://studentam.net/content/category/1/2/5/>
6. Электронная библиотека РУКОНТ - <https://rucont.ru/>
7. электронная библиотека. - <http://www.aup.ru/books/>
8. Федеральный портал «Российское образование» - <http://www.edu.ru/> - <http://www.edu.ru/>
9. Федеральный портал «Российское образование» - <http://www.edu.ru/> - <http://www.edu.ru/>
10. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/> - <http://school-collection.edu.ru/>
11. Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки –<http://obrnadzor.gov.ru> - <http://obrnadzor.gov.ru>
12. Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система - <http://www.biblioclub.ru>

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее материально-техническое обеспечение: учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы.

Учебные аудитории и помещения для самостоятельной работы укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы укомплектованы компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования, обеспечивающие тематические иллюстрации (проектор, ноутбук, экран/ интерактивная доска).

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

ABBY FineReader 8.0 Professional Edition

Adobe Reader XI (11.0.08) - Russian Adobe Systems Incorporated 10.11.2014 187,00 MB 11.0.08

Libre Office 3.3

Microsoft Office Enterprise 2007

Microsoft Office Профессиональный плюс 2007

Office 2007, 2010, 2016

Операционная система Microsoft Windows XP SP3

Операционная система Microsoft Windows 7, 8, 10

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. IPR BOOKS: электронно-библиотечная система. – URL: <http://www.iprbookshop.ru>

2. Государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» . – URL: <https://rusneb.ru>

3. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка». – URL: <https://cyberleninka.ru>

4. Научная электронная библиотека eLIBRARY.ru. – URL: <https://elibrary.ru>

5. Научная электронная библиотека Российской академии естествознания. – URL: <https://www.monographies.ru>

6. Российская национальная библиотека. – URL: <http://nlr.ru>

7. Российская государственная библиотека. – URL: <https://www.rsl.ru>

8. Тамбовская областная универсальная научная библиотека им. А.С. Пушкина. – URL: <http://www.tambovlib.ru>

9. Юрайт: электронно-библиотечная система. – URL: <https://urait.ru>

10. Электронный каталог Фундаментальной библиотеки ТГУ. – URL: <http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyij-katalog>

11. Электронная библиотека ТГУ. – URL: <https://elibrary.tsutmb.ru/>

12. Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки. – URL: <http://obrnadzor.gov.ru/ru>

### **Электронная информационно-образовательная среда**

[https://auth.tsutmb.ru/authorize?response\\_type=code&client\\_id=moodle&state=xyz](https://auth.tsutmb.ru/authorize?response_type=code&client_id=moodle&state=xyz)

Взаимодействие преподавателя и студента в процессе обучения осуществляется посредством мультимедийных, гипертекстовых, сетевых, телекоммуникационных технологий, используемых в электронной информационно-образовательной среде университета.