

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол №8 от 28.02. 2022 г.

Зав. кафедрой  /Хабибуллин Б.Н./

Согласовано:  
Председатель УМК факультета математики  
и информационных технологий

 / Ефимов А.М.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

дисциплина Вышуклость в алгебре  
*(наименование дисциплины)*

Цикл Б1.В.ДВ.02.01 Дисциплины (модули), дисциплины по выбору  
*(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))*

**программа бакалавриата**

Направление подготовки

Направление 01.03.01 Математика

*(наименование ООП ВО направления подготовки или специальности с указанием кода)*

Профиль подготовки  
"Преподавание математики и информатики"

Квалификация  
бакалавр

Разработчики (составители) доцент, к.ф.-м.н., доцент ассистент	 Цыганов Ш.И.
	 Белова А.С.

Для приёма: 2022

Уфа 2022 г.

Составитель: к.ф.-м.н., доцент кафедры высшей геометрии и геометрии Ш.И. Цыганов,  
ассистент кафедры высшей геометрии и геометрии А.С. Белова

Рабочая программа дисциплины актуализирована на заседании кафедры высшей алгебры  
и геометрии протокол №8 от 28.02.2022 г

Дополнения и изменения, внесённые в рабочую программу дисциплины, утверждены на  
заседании кафедры высшей алгебры и геометрии: обновлён фонд оценочных средств.  
протокол №8 от 28.02.2022 г г.

Заведующий кафедрой



/ Б.Н. Хабибуллин/

# Содержание

<b>1</b>	<b>Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (с ориентацией на карты компетенций)</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Место дисциплины в структуре ООП ВО</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Фонд оценочных средств</b>	<b>6</b>
4.1	Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания . . . . .	6
4.2	Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций . . . . .	9
4.3	Рейтинг-план дисциплины . . . . .	9
	Экзамен . . . . .	9
	Образец экзаменационного билета . . . . .	11
	Контрольные работы . . . . .	13
<b>5</b>	<b>Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)</b>	<b>13</b>
5.1	Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины . . . . .	13
5.2	Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины . . . . .	14
<b>6</b>	<b>Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине</b>	<b>15</b>
	<b>Приложение № 1: Содержание рабочей программы</b>	<b>16</b>
	<b>Приложение № 2: Рейтинг-планы</b>	<b>22</b>

# 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (с ориентацией на карты компетенций)

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
1	2	3	4
Знания	1. Знать: -содержание материала по предмету; -основные методы решения задач; -основные теоремы преподаваемой дисциплины.	ПК-1 — способность к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области	
Умения	1. Уметь: -решать задачи по преподаваемой дисциплине; -определять корректность поставленной задачи; -применять на практике знания по предмету.	ПК-1 — способность к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области	
Владения	1. Владеть: - способностью корректно поставить задачу; - классическими и современными методами дисциплины; - понятийным аппаратом предмета.	ПК-1 — способность к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области	

## 2 Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Выпуклость в алгебре и анализе» относится к части Дисциплины по выбору. Дисциплина изучается на 4 курсе в 7 семестре. Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Математический анализ», «Алгебра», «Вещественный анализ», «Комплексный анализ», «Функциональный анализ». Изучение данной дисциплины способствует формированию глубокого понимания концепции выпуклости и ее проявлениям в различных разделах алгебры и математического анализа и является серьезным толчком к изучению ее приложений как в различных разделах «чистой» математики, так и ее приложениях через посредство теорий оптимизации, управления и др.

### **3 Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)**

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

## 4 Фонд оценочных средств

### 4.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции

ПК-1 – способность к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области.

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Первый этап (уровень)	Знать: содержание материала по предмету, основные методы решения задач, основные теоремы преподаваемой дисциплины	Отсутствие знаний	Частичные знания содержания материала по предмету, основных методов решения задач, основных теорем преподаваемой дисциплины	Полные и четкие, но содержащие отдельные пробелы знания содержания материала по предмету, основных методов решения задач, основных теорем преподаваемой	Полные и четкие знания содержания материала по предмету, основных методов решения задач, основных теорем

Второй этап (уровень)	1. Уметь: решать задачи по преподаваемой дисциплине, определять корректность поставленной задачи, применять на практике знания по предмету	Отсутствие умений	Фрагментарные умения решать задачи по преподаваемой дисциплине, определять корректность поставленной задачи, применять на практике знания по предмету	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения решать задачи по преподаваемой дисциплине, определять корректность поставленной задачи, применять на практике знания по предмету	Сформированное умение решать задачи по преподаваемой дисциплине, определять корректность поставленной задачи, применять на практике знания по предмету
Третий этап (уровень)	Владеть: способностью корректно поставить задачу, классическими современными методами дисциплины, понятийным аппаратом предмета	Отсутствие владений	В целом успешные, но не систематические владения способностью корректно поставить задачу, классическими современными методами дисциплины, понятийным аппаратом предмета	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы владения способностью корректно поставить задачу, классическими современными методами дисциплины, понятийным аппаратом предмета	Успешные владения способностью корректно поставить задачу, классическими современными методами дисциплины, понятийным аппаратом предмета

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (для экзамена: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10; для зачета: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

Экзамены:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов),
- хорошо – от 60 до 79 баллов,
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов,
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

Зачеты:

- зачтено – от 60 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов),
- не зачтено – от 0 до 59 баллов.



## 4.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап	Знать: содержание материала по предмету, основные методы решения задач, основные теоремы преподаваемой дисциплины	ПК-1 - способностью к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области	Контрольная работа, доклад на семинаре
2-й этап	Уметь: решать задачи по преподаваемой дисциплине, определять корректность поставленной задачи, применять на практике знания по предмету	ПК-1: способностью к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области.	Контрольная работа, доклад на семинаре
3-й этап	Владеть: способностью корректно поставить задачу, классическими современными методами дисциплины, понятийным аппаратом предмета	ПК-1: способностью к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области.	Контрольная работа, доклад на семинаре

## 4.3 Рейтинг-план дисциплины

Рейтинг-план дисциплины представлен в приложении № 2.

### Экзамен

Экзамен (зачет) является оценочным средством для всех этапов освоения компетенций.

Структура экзаменационного билета: билет состоит из 2 вопросов.

#### Вопросы к экзаменам

1. Выпуклые операции (сумма по Минковскому, замыкание, относительная внутренность, выпуклая оболочка).
2. Размерность выпуклого множества. Непустота относительной внутренней.
3. Теорема Каратеодори. Выпуклая оболочка компактного подмножества.

4. Вторая теорема отделимости (в конечномерном случае).
5. Первая теорема отделимости (в конечномерном случае).
6. Четыре эквивалентных определения выпуклой функции.
7. Неравенство Йенсена.
8. Непрерывность собственных выпуклых функций.
9. Формула для относительной внутренней надграфика выпуклой функции.
10. Замкнутые выпуклые функции.
11. Опорные гиперплоскости. Их связь с субдифференциалом функции.
12. Монотонность, выпуклость и замкнутость субдифференциала.
13. Непустота субдифференциала в точках относительной внутренней эффективной области.
14. Ограниченность и неограниченность субдифференциала.
15. Дифференцируемость выпуклых функций: два критерия существования производной выпуклой функции в точке.
16. Критерий непрерывной дифференцируемости выпуклой функции на множестве.
17. Критерий разрешимости системы выпуклых неравенств.
18. Теорема Каруша-Куна-Таккера. Условие Слейтера.
19. Индикаторная функция.
20. Опорная функция.
21. Функция Минковского.
22. Выпуклые операции и их свойства.
23. Выпуклая двойственность. Теорема Фенхеля-Моро.
24. Теорема о биполяре, теорема о втором сопряженном конусе.
25. Неравенство Юнга. Связь субдифференциалов функции и ее сопряженной.
26. Теорема Моро-Рокафеллара о субдифференциале суммы. Субдифференциал инфимальной конволюции.
27. Теорема Дубовицкого-Милютинина о субдифференциале максимума.
28. Теорема о двойственности понятий строгой выпуклости и гладкости.
29. Двойственная выпуклая задача. Теорема о связи прямой и двойственной задач.

30. Двойственная задача линейного программирования.
31. Теорема о гомеоморфности выпуклых компактных множеств.
32. Теорема Брауэра.
33. Теорема Радона.
34. Теорема Хелли.

#### Образец экзаменационного билета

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА ВЫСШЕЙ АЛГЕБРЫ И ГЕОМЕТРИИ**

**Экзаменационный билет № 1**

по курсу «Выпуклость в алгебре и анализе»

(2018 – 2019 уч. год)

1. Теорема Хелли (15 баллов)
2. Неравенство Йенсена (15 баллов)

Преподаватель Хабибуллин Б.Н. /\_\_\_\_\_/

Зав. кафедрой Хабибуллин Б.Н. /\_\_\_\_\_/

Устанавливается следующая градация перевода оценки из 100-балльной в четырехбалльную:

Экзамены:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов),
- хорошо – от 60 до 79 баллов,
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов,
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

Зачеты:

- зачтено – от 60 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов),
- не зачтено – от 0 до 59 баллов.

Примерные критерии оценивания ответа на экзамене (только для тех, кто учится с использованием модульно-рейтинговой системы обучения и оценки успеваемости студентов):

Критерии оценки (в баллах):

- 25-30 баллов выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;
- 17-24 баллов выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;
- 10-16 баллов выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;
- 1-10 баллов выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

Посещение лекционных и практических (семинарских, лабораторных) занятий оценивается в суммах до 6 и 10 баллов соответственно, однако эти баллы являются штрафными и вычитаются преподавателем из набранных студентами баллов в ходе текущего и рубежного контроля по следующей схеме:

- за пропуски лекционных занятий
  - за 25 % пропусков вычитается 1 балл
  - за 50 % пропусков вычитается 4 балла
  - за 75 % пропусков вычитается 6 баллов
  - за 100 % пропусков – студент не допускается до итоговых испытаний
- за пропуски практических (семинарских, лабораторных) занятий
  - за 20 % пропусков вычитается 2 балла
  - за 40 % пропусков вычитается 5 баллов
  - за 50 % пропусков вычитается 7 баллов
  - за 75 % пропусков вычитается 10 баллов
  - более 75 % пропусков – студент не допускается до итоговых испытаний.

Студент, набравший по итогам текущего и рубежного контроля менее 35 возможных баллов или пропустивший более 75 % практических (семинарских, лабораторных) занятий, до экзамена по данной дисциплине не допускается. В этом

случае он изучает не освоенные им темы, выполняет соответствующие задания на платной основе в сроки, установленные деканатом для ликвидации задолженностей. Баллы, полученные таким образом, прибавляются к количеству баллов, набранных студентом в семестре.

### **Контрольные работы**

Для рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов предусмотрено проведение двух контрольных работ. Каждая контрольная работа состоит из четырех объемных заданий. Задача считается правильно решенной, если студентом приведено подробное и полное ее решение. Каждое задание оценивается в 2-4 балла. В случае, если студент не справляется с более чем половиной заданий по обоим контрольным, он не допускается к сдаче экзамена. У каждого студента есть возможность пересдать контрольную работу.

#### **Примерный вариант контрольной работы**

Каждому свои пары выпуклых функций и множеств.

1. Найти конволюцию двух выпуклых функций (3 балла).
2. Описать выпуклую оболочку двух множеств (3 балла).
3. Построить опорные и индикаторные функции для заданных множеств (3 балла)
4. Выписать явно функционалы Минковского для заданных множеств (3 балла).

Описание методики оценивания:

12 баллов выставляется студенту, если все задачи решены верно; 9 баллов выставляется студенту, если 3 задачи решены верно; 6 баллов выставляется студенту, если 2 задачи решены верно; 3 балла выставляется студенту, если 1 задача решена верно.

## **5 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **5.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

#### **Основная литература**

- [1] Магарил-Ильяев Г.Г., Тихомиров В.М. Выпуклый анализ и его приложения. Изд. 2-е, исправл. - М.: Едиториал УРСС, 2003. - 176 с.
- [2] Рокафеллар Р. Выпуклый анализ. М., Мир, 1973.
- [3] Половинкин Е.С., Балашов М.В. Элементы выпуклого и сильно выпуклого анализа. М., Физматлит, 2004.
- [4] Лейхтвейс К. Выпуклые множества. Пер. с нем. — М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1985, — 336 с.

## Дополнительная литература

- [1d] Б. Н. Хабибуллин, “Теорема Хелли и сдвиги множеств. I”, Уфимск. матем. журн., 6:3 (2014), 98–111 <http://www.mathnet.ru>
- [2d] Б. Н. Хабибуллин, “Теорема Хелли и сдвиги множеств. II. Опорная функция, системы экспонент, целые функции”, Уфимск. матем. журн., 6:4 (2014), 125–138 <http://www.mathnet.ru>
- [3d] В. М. Тихомиров, “Выпуклый анализ”, Анализ – 2, Итоги науки и техн. Сер. Современ. пробл. мат. Фундам. направления, 14, ВИНТИ, М., 1987 <http://www.mathnet.ru>

### 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1. «Электронный читальный зал». Содержит учебную и научную литературу разных издательств, а также издания преподавателей БашГУ. 2 способа регистрации:
  - Зайти в читальный зал №2 (физ.-мат. корпус БашГУ, 2 этаж), пройти в Зал Доступа к электронной информации и зарегистрироваться,
  - Войти на страницу с ТЕРРИТОРИИ ВУЗА (то есть с любого компьютера, подключенного к локальной сети БашГУ): Зайти через сайт библиотеки БашГУ: [www.bashlib.ru](http://www.bashlib.ru) — ЭЛЕКТРОННО-БИБЛИОТЕЧНЫЕ СИСТЕМЫ — Электронный читальный зал — Кликнуть последовательно кнопки [инструкция по Ip вуза](#) и [инструкция по коду активации с любого компьютера](#) и действовать далее по указанным инструкциям.

После регистрации доступ возможен с любого компьютера. В «Электронном читальном зале» (<https://bashedu.bibliotech.ru>) можно можно, в частности, ознакомиться электронными вариантами учебников и пособий, приведенных в списках «Основная литература» и «Дополнительная литература».

2. <http://172.16.0.253/moodle> — внутривузовская система компьютерного тестирования БашГУ. После регистрации (физ.-мат. корпус БашГУ, 524 ауд.) можно записаться на курсы по матанализу, размещенные на этом сайте, и пройти компьютерное тестирование.
3. <http://dmvn.mexmat.net/calculus.php> — материалы для студентов Мех-Мата МГУ и др. вузов: конспекты лекций, программы экзаменов, задачи с контрольных и зачетов по анализу, алгебре, логике, теории вероятностей, программированию, физике и др.
4. <http://ihtik.lib.ru> — «Библиотека Ихтика» (Ихтиотека) — содержит около 220 тыс. книг. «Категорически разрешается и приветствуется использование, развитие, переработка и распространение материалов этого портала любыми способами и в любых формах».

5. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics.htm> — электронная библиотека сайта EqWorld — содержит DjVu- и PDF-файлы учебников, учебных пособий, сборников задач и упражнений, конспектов лекций, монографий, справочников и диссертаций по математике, механике и физике.
6. «Электронная библиотека БашГУ» <http://www.bashlib.ru/echitzal/>
7. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.bashlib.ru/echitzal/>
8. ЭБС «ЛАНЬ» <http://www.bashlib.ru/echitzal/> Приводятся ссылки на специальные сайты, перечень лицензионного или находящегося в свободном доступе программного обеспечения, необходимые для изучения данной дисциплины.

## **6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

<b>Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий</b>	<b>Вид занятий</b>	<b>Наименование оборудования, программного обеспечения</b>
1	2	3
Аудитория 511	Лекции	Компьютер, мультимедийный проектор, экран, доска
Аудитория 511	Семинарские занятия	Компьютер, мультимедийный проектор, экран, доска

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины Выпуклость в алгебре и анализе

очная

*форма обучения*

3 курс, 6 семестр

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	5/180
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	67.2
лекций	32
практических / семинарских	32
лабораторных	0
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем)	3.2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СРС) включая подготовку к экзамену/зачету	112.8

Форма(ы) контроля:

экзамен 6 семестр

зачет    семестр





1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Выпуклые операции (сумма по Минковскому, замыкание, относительная внутренность, выпуклая оболочка). Размерность выпуклого множества. Непустота относительной внутренности. Теорема Каратеодори. Выпуклая оболочка компактного подмножества. Вторая теоремы отделимости (в конечномерном случае). Первая теорема отделимости (в конечномерном случае). Четыре эквивалентных определения выпуклой функции. Неравенство Йенсена.	24	6	6	0	20	[1]	1, [1d-3d]	Д/р

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	Непрерывность собственных выпуклых функций. Формула для относительной внутренней надграфика выпуклой функции. Замкнутые выпуклые функции. Опорные гиперплоскости. Их связь с субдифференциалом функции. Монотонность, выпуклость и замкнутость субдифференциала. Непустота субдифференциала в точках относительной внутренней эффективной области.	32	6	6	0	20	[1-3]	[1d-3d] : 2	Д/р, Контрольная работа
3	Ограниченность и неограниченность субдифференциала. Дифференцируемость выпуклых функций: два критерия существования производной выпуклой функции в точке. Критерий непрерывной дифференцируемости выпуклой функции на множестве. Критерий разрешимости системы выпуклых неравенств. Теорема Каруша-Куна-Таккера. Условие Слейтера.	32	6	6	0	20	[1]	[1d-3d] : 3	Д/р

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	Индикаторная функция. Опорная функция. Функция Минковского. Выпуклые операции и их свойства. Выпуклая двойственность. Теорема Фенхеля-Моро. Теорема о биполяре, теорема о втором сопряженном конусе. Неравенство Юнга. Связь субдифференциалов функции и ее сопряженной. Теорема Моро-Рокафеллара о субдифференциале суммы. Субдифференциал инфимальной конволюции. Теорема Дубовицкого-Милютинина о субдифференциале максимума.	32	6	6	0	20	[1-3]	[1d-3d] : 4	Д/р
5	Теорема о двойственности понятий строгой выпуклости и гладкости. Двойственная выпуклая задача. Теорема о связи прямой и двойственной задач. Двойственная задача линейного программирования. Теорема о гомеоморфности выпуклых компактных множеств.	28	4	4	0	20	[1-3]	[1d-3d] : 5	Д/р

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	Теорема Брауэра. Теорема Радона. Теорема Хелли.	20.8	4	4	0	12.8	[1,4]	[1d-3d] : 6	Контрольная работа, экзамен
	Всего часов	176.8	32	32	0	112.8			

Выпуклость в алгебре и анализе

Направление подготовки  
01.03.01 «Математика»

• 3 курс, 6 семестр

## 1. Рейтинг-план (экзамен)

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Минимальный балл	Максимальный балл
1	2	3	4	5
<b>Выпуклые множества</b>				
<b>Текущий контроль</b>			<b>0</b>	<b>25</b>
1. Аудиторная работа, работа на семинаре			0	9
2. Домашняя работа	0.5	8		4
<b>Рубежный контроль</b>				
Контрольная работа	3	4		12
<b>Выпуклые функции</b>				
<b>Текущий контроль</b>			<b>0</b>	<b>20</b>
1. Аудиторная работа				6
2. Домашняя работа	0.5	8		4
<b>Рубежный контроль</b>			<b>0</b>	<b>10</b>
Выступление на семинаре				10
<b>Двойственность</b>				
<b>Текущий контроль</b>			<b>0</b>	<b>25</b>
1. Аудиторная работа, работа на семинаре			0	9
2. Домашняя работа	0.5	8		4
<b>Рубежный контроль</b>			<b>0</b>	<b>10</b>
Контрольная работа	3	4		12
<b>Поощрительные баллы</b>				
1. Студенческая олимпиада или конкурс рефератов			0	5
2. Волонтерская работа при проведении олимпиад и конференций			0	5
<b>Посещаемость</b>				
1. Посещение лекционных занятий			-6	0
2. Посещение семинарских занятий			-10	0
<b>Итоговый контроль</b>			<b>0</b>	<b>30</b>
Экзамен			0	30
Итого			45	100