

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

**Институт информационных технологий, математики и механики**  
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
решением Ученого совета ННГУ  
протокол от «30» ноября 2022 г. № 13

**Рабочая программа дисциплины**

*Практикум по алгебре*

Уровень высшего образования  
*бакалавриат*

Направление подготовки / специальность  
*01.03.01 Математика*

Направленность образовательной программы  
*Общий профиль*

Форма обучения  
*Очная*

Нижегород

2023 год

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Практикум по математическому анализу относится к обязательной части и является основной математической дисциплиной, без которой невозможна подготовка специалистов высшей квалификации по естественнонаучному и техническому профилю. Курс «Практикум по алгебре» относится к базовой части ОПОП бакалавриата по направлению подготовки «01.03.01 Математика». Индекс дисциплины **Б1.0.36**.

Обязателен для освоения в 1,2 семестрах, первого года обучения.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Обязательная часть	Дисциплина Б1.0.36, «Практикум по алгебре», относится к обязательной части ООП направления подготовки 01.03.01 Математика

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
<b>УК-1</b>  Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	<b>УК-1.1.</b> Знать методы поиска, критического анализа и синтеза информации, основы системного подхода для решения поставленных задач.	<i>Знать основные подходы и методы изучения алгебраических структур.</i>	Зачет
	<b>УК-1.2</b> Уметь осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения	<i>Уметь работать с литературой по алгебре для применения системного подхода для решения поставленных задач.</i>	Зачет

	поставленных задач.		
	<p><i>УК-1.3</i> Владеть основами критического анализа и синтеза информации, системного подхода для решения поставленных задач.</p>	<p><i>Владеть умением критического подхода анализируемой информации.</i></p>	Контрольная работа
<p><i>ОПК-1</i> Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности</p>	<p><i>ОПК-1.1.</i> Знать методы решения задач из области математических и естественных наук</p>	<p><i>Знать об основных теоремах и разделах курса, их месте в научно-исследовательской и педагогической деятельности, в том числе базовые понятия, методы и строгие доказательства фактов разделов дисциплины «Алгебра». На основе вышеперечисленного понимать методы решения задач из различных разделов математических и естественных наук.</i></p>	Собеседование
	<p><i>ОПК-1.2</i> Уметь применять фундаментальные знания, полученные в области математических и естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности.</p>	<p><i>Уметь применять теоретические знания для решения типовых задач изучения различных алгебраических структур.</i></p>	Разноуровневые задачи и задания
	<p><i>ОПК-1.3</i> Иметь навыки теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности в области математических и естественных наук.</p>	<p><i>Владеть техникой доказательства математических утверждений и различными методами и способами отыскания решений стандартных задач алгебры.</i></p>	Контрольная работа

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная форма обучения</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b><u>4</u> ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>144</b>
<b>в том числе</b>	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	
- занятия семинарского типа	<b>96</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>46</b>
<b>КСР</b>	<b>2</b>
<b>Промежуточная аттестация – зачет</b>	

#### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы. Из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Семестр 1						
Решение систем линейных алгебраических уравнений (СЛУ) методом Гаусса. Критерий совместности, несовместности, определенности, неопределенности СЛУ по ступенчатому виду.	3		2		2	1
Отображения множеств. Инъективные, сюръективные, биективные отображения. Ассоциативность произведения отображений. Характеризация инъективных, сюръективных, биективных отображений в терминах произведения отображений.	3		2		2	1
Аксиомы векторного пространства и простейшие следствия из них. Линейная зависимость (независимость) систем векторов. Свойства линейной зависимости. Основная лемма о линейной зависимости. Базис системы векторов. Координаты вектора в базисе. Ранг системы векторов и его свойства.	5		4		4	1

Теорема о ранге матрицы.						
Критерий совместности, несовместности, определенности, неопределенности СЛУ в терминах рангов (теорема Кронекера-Капелли). Фундаментальная система решений ОСЛУ. Связь между решениями СЛУ и ассоциированной ОСЛУ. Линейные многообразия.	3		2		2	1
Линейные отображения векторных пространств и их матрицы. Алгебраические операции над линейными отображениями и матрицами. Свойства матричных операций. Обратная матрица, алгоритм ее нахождения. Элементарные матрицы. Основное свойство элементарных матриц.	5		4		4	1
Перестановки и подстановки. Свойства умножения подстановок. Циклы. Теорема о структуре подстановки. Знак перестановки и подстановки. Разложение подстановок в произведение транспозиций.	5		4		4	1
Определители и их свойства. Метод вычисления определителей приведением к треугольному виду. Разложение определителя по строке (столбцу).	5		4		4	1
Применение теории определителей: вычисление обратной матрицы, метод Крамера решения квадратных СЛУ. Теорема о ранге матрицы в терминах определителей. Метод окаймляющих миноров.	3		2		2	1
Основные алгебраические структуры: группы, кольца, поля. Кольца вычетов.	6		4		4	2
Поле комплексных чисел и его определяющие свойства. Модель поля комплексных чисел, геометрическая интерпретация. Алгебраическая и тригонометрическая формы комплексного числа, операции. Степень и извлечение корня из комплексного числа. Группа корней из единицы.	6		4		4	2
Кольца многочленов от одной переменной и его определяющие свойства. Модель кольца многочленов. Свойства операций над многочленами. Задача о полиномиальной интерполяции. Интерполяционная формула Лагранжа. Теорема о делении с остатком. Теорема Безу. Корни многочлена и их кратности. Производная, определение кратности корня с использованием производной. Теорема Тейлора.	6		4		4	2
Теория делимости в коммутативных областях целостности. Наибольший общий делитель. Евклидовы кольца. Основная теорема арифметики в евклидовом кольце.	6		4		4	2

Факториальность кольца многочленов от одной переменной. Неприводимые многочлены над полем действительных чисел и полем комплексных чисел.						
Локализация корней: теорема Штурма.	4		2		2	2
Поле частных коммутативной области целостности. Поле рациональных дробей от одной переменной с коэффициентами из поля. Разложение рациональной дроби на простейшие.	4		2		2	2
Кольцо многочленов от $n$ переменных над полем: существование и единственность с точностью до изоморфизма. Полиномиальные функции. Факториальность кольца многочленов от $n$ переменных над полем. Лемма Гаусса.	4		2		2	2
Симметрические многочлены. Теорема Виета. Основная теорема о симметрических многочленах. Дискриминант и результат.	5		2		2	3
<b>Семестр 2</b>						
<b>Векторное (линейное) пространство.</b> Линейная зависимость, базис, размерность. Подпространства, сумма и пересечение подпространств, прямая сумма. Координаты, матрица перехода от одного базиса к другому.	9		8		8	1
<b>Линейные отображения</b> (операторы), действия с ними, их матрицы. Ядро, образ, ранг, дефект линейного отображения. Инвариантные подпространства. Собственные числа и векторы. Характеристический и минимальный многочлен оператора (матрицы). Жорданова форма линейного оператора (матрицы).	16		12		12	4
<b>Билинейные (полуторалинейные) и квадратичные формы.</b> Изменение матрицы квадратичной (полуторалинейной) функции при изменении базиса. Методы Лагранжа и Якоби приведения симметричной (эрмитовой) билинейной формы к каноническому виду. Закон инерции. Положительно определенные квадратичные формы.	10		6		6	4
<b>Евклидово (унитарное) пространство.</b> Скалярное произведение, свойства. Ортогональные векторы. Ортонормированные базисы и ортогональные матрицы. Процесс ортогонализации Грама–Шмидта. Ортогональное дополнение подпространства.	10		6		6	4
<b>Линейные операторы евклидовых и унитарных пространств.</b> Соответствие между линейными операторами	14		10		10	4

и билинейными формами в евклидовом пространстве. Сопряженный оператор. Свойства. Матрица сопряженного оператора. Инвариантные подпространства относительно сопряженного. Самосопряженные (эрмитовы) операторы и их свойства. Спектр самосопряженного оператора. Приведение квадратичной формы к главным осям. Пары форм. Ортогональные (унитарные) операторы, их свойства, эквивалентные определения. Матрица ортогонального оператора, свойства собственных чисел и собственных векторов ортогонального оператора. Канонический вид ортогонального (унитарного) оператора.						
<b>Тензоры.</b> Сопряженное векторное пространство, двойственный базис. Определение тензора, координаты тензора. Операции над тензорами.	10		6		6	4
Промежуточная аттестация зачет						
КСР	2					
<b>Итого</b>	144		48		96	46

Семинарские занятия организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает выполнение проекта, решение прикладной задачи кейса.

На проведение семинарских занятий в форме практической подготовки отводится 96 часов.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП: решение математических проблем, соответствующих направленности (профилю) образования, возникающих при проведении научных и прикладных исследований.
- компетенций - УК-1, ОПК-1.

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках занятий семинарского типа.

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Выполнение домашних практических заданий с последующей проверкой и обсуждением. Изучение литературы и проработка теоретического материала лекционных занятий. Образовательный материал для самостоятельной работы студента:

1. Кострикин А. И., Манин Ю. И. - Линейная алгебра и геометрия: учеб. пособие для студентов мех.-мат. Специальностей вузов., 1980, 1986, 2005, 2008 (В библиотеке ННГУ более 50 экз.)

2. Кузнецов М.И., Муляр О.А., Хорева Н.А., Чебочко Н.Г. "ЗАДАЧИ ПО ТЕОРИИ ГРУПП. ЧАСТЬ I.". Практикум. 2010, ФЭОР. – URL: [http://www.unn.ru/books/met\\_files/teor\\_gr.pdf](http://www.unn.ru/books/met_files/teor_gr.pdf)
3. Кузнецов М.И., Муляр О.А., Чебочко Н.Г. Задачи по теории групп. Ч. II. Практикум. 2015. ФЭОР. – URL: [http://www.unn.ru/books/met\\_files/mulyar.pdf](http://www.unn.ru/books/met_files/mulyar.pdf)
4. Кузнецов М.И. "ЗАДАНИЕ ГРУПП ОБРАЗУЮЩИМИ И ОПРЕДЕЛЯЮЩИМИ СООТНОШЕНИЯМИ". Учебно-методическое пособие. 2014 ФЭОР. – URL: [http://www.unn.ru/books/met\\_files/generators.pdf](http://www.unn.ru/books/met_files/generators.pdf).

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде работы с рекомендованной обязательной и дополнительной литературой, подготовке к зачету. Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

## 5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю),

включающий:

### 5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала.  Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований.  Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний.  Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.  Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.  Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений .  Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.  Имели место грубые	Продemonstrированы основные умения.  Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены	Продemonstrированы все основные умения.  Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены	Продemonstrированы все основные умения.  Решены все основные задачи .  Выполнены все задания, в полном	Продemonstrированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным	Продemonstrированы все основные умения,.  Решены все основные задачи. Выполнены все задания,



	я от ответа	ошибки.	все задания но не в полном объеме.	все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	объеме, но некоторые с недочетами.	недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	в полном  объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможнос ть оценить наличие навыков вследствие отказа обучающего я от ответа	При решении стандартных задач не продемонстр ированы базовые навыки.  Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальны й  набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстр ированы базовые навыки  при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстри рованы базовые навыки  при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстр ированы навыки  при решении нестандартн ых задач без ошибок и недочетов.	Продемонстр ирован творческий подход к решению нестандартн ых задач

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
<b>зачтено</b>	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	<b>удовлетворител ьно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворит ельно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

**5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.**

**5.2.1 Контрольные вопросы**

<i>вопросы</i>	<i>Код формируемой компетенции</i>
<b>Семестр 1</b>	
1. Системы линейных уравнений. Эквивалентные системы, свойства. Теорема об элементарных преобразованиях.	УК-1, ОПК-1
2. Приведение системы к ступенчатому виду.	УК-1, ОПК-1
3. Теоремы о совместности и определенности систем линейных уравнений. Следствия.	УК-1, ОПК-1
4. Определители второго и третьего порядков. Вывод правила Крамера для систем из 2-х уравнений с двумя неизвестными.	УК-1, ОПК-1
5. Перестановки, транспозиции символов в перестановке. Теорема о расположении перестановок в ряд. Следствие.	УК-1, ОПК-1
6. Порядки, инверсии, четность перестановки. Теорема перемены четности на противоположную при транспозиции. Следствие.	УК-1, ОПК-1
7. Подстановки. Четность подстановки. Произведение подстановок. Свойства произведения.	УК-1, ОПК-1
8. Транспозиции, свойства. Теорема о разложении подстановки в произведение транспозиций. Следствия.	УК-1, ОПК-1
9. Циклы, свойства. Разложение подстановки в произведение циклов. Теорема о декременте.	УК-1, ОПК-1
10. Определители и их свойства.	УК-1, ОПК-1
11. Миноры и алгебраические дополнения. Лемма произведении минора на его алгебраическое дополнение.	УК-1, ОПК-1
12. Теорема Лапласа. Следствия.	УК-1, ОПК-1
13. Умножение элементов строки (столбца) на свои и чужие алгебраические дополнения.	УК-1, ОПК-1
14. Правило Крамера для системы из $n$ уравнений с $n$ неизвестными	УК-1, ОПК-1
15. Линейные арифметические пространства. Линейная зависимость. Свойства линейной зависимости независимости. Линейные оболочки. Подпространства.	УК-1, ОПК-1
16. Базисы, эквивалентные определения, стандартный базис в $R^n$ . Лемма о линейно независимой системе, следствие.	УК-1, ОПК-1
17. Теорема о базисе. Размерность.	УК-1, ОПК-1
18. Ранг системы векторов. База системы векторов.	УК-1, ОПК-1

19. Ранг матрицы (горизонтальный, вертикальный, минорный). Теорема о равенстве рангов матрицы и матрицы полученной из данной перестановкой строк (столбцов).	<i>УК-1, ОПК-1</i>
20. Теорема о равенстве горизонтального, вертикального минорного рангов. Следствия.	<i>УК-1, ОПК-1</i>
21. Теорема Кронекера-Капелли.	<i>УК-1, ОПК-1</i>
22. Общий метод исследования совместности и решения системы линейных уравнений. Следствия для однородных систем.	<i>УК-1, ОПК-1</i>
23. Однородные системы уравнений. Свойства, теорема о фундаментальной системе решений.	<i>УК-1, ОПК-1</i>
24. Связь между решениями неоднородной и приведенной однородной системы.	<i>УК-1, ОПК-1</i>
25. Сложение и умножение матриц. Свойства сложения и умножения.	<i>УК-1, ОПК-1</i>
26. Определитель произведения матриц.	<i>УК-1, ОПК-1</i>
27. Ранг произведения матриц.	<i>УК-1, ОПК-1</i>
28. Обратная матрица. Определение, необходимое и достаточное условие существования.	<i>УК-1, ОПК-1</i>
29. Алгебраические операции. Теорема об обобщенной ассоциативности. Группы, кольца, поля.	<i>УК-1, ОПК-1</i>
30. Определение поля комплексных чисел. Алгебраическая форма. Свойства операции сопряжения.	<i>УК-1, ОПК-1</i>
31. Тригонометрическая форма комплексного числа. Умножение и деление комплексных чисел в тригонометрической форме. Свойства модуля.	<i>УК-1, ОПК-1</i>
32. Свойства степеней. Формула Муавра. Извлечение корня n-ой степени из комплексного числа.	<i>УК-1, ОПК-1</i>
33. Группа корней n-ой степени из единицы.	<i>УК-1, ОПК-1</i>
34. Первообразные корни.	<i>УК-1, ОПК-1</i>
35. Делимость целых чисел. Свойства.	<i>УК-1, ОПК-1</i>
36. НОД и НОК. Свойства. Алгоритм Евклида.	<i>УК-1, ОПК-1</i>
37. Взаимно простые числа. Свойства, критерий взаимной простоты.	<i>УК-1, ОПК-1</i>
38. Простые числа и их свойства. Решето Эратосфена. Теорема Евклида.	<i>УК-1, ОПК-1</i>
39. Основная теорема арифметики, следствия из нее.	<i>УК-1, ОПК-1</i>
40. Построение кольца многочленов. Степень многочлена, свойства степени. Теорема о целостности кольца многочленов.	<i>УК-1, ОПК-1</i>

41. Делимость в кольце многочленов. Теорема о делении с остатком. Схема Горнера.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
42. НОД и НОК. Существование НОД. Алгоритм Евклида нахождения НОД.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
43. Взаимно простые многочлены. Критерий взаимной простоты. Свойства.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
44. Неприводимые многочлены.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
45. Теорема о разложении многочлена в произведение неприводимых унитарных. Следствия.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
46. Корни многочленов. Теорема Безу.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
47. Кратность корня. Теорема о количестве корней многочлена. Следствия.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
48. Производная многочлена. Критерий кратности корня $\alpha$ . Связь между кратностью корня многочлена и кратностью данного корня в производной.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
49. Алгебраически замкнутое поле, разложение на неприводимые над алгебраически замкнутым полем. Основная теорема алгебры. Неприводимые многочлены над $\mathbb{R}$ , разложение на неприводимые над $\mathbb{R}$ .	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
50. Комплексно сопряженные корни многочлена из $\mathbb{R}[x]$ .	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
51. Неприводимые многочлены над $\mathbb{R}$ . Разложение на неприводимые над полем $\mathbb{R}$ .	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
52. Локализация корней. Лемма о модуле старшего члена. Следствия. Системы Штурма. Теорема Штурма. Теорема о существовании системы Штурма	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
<b>Семестр 2</b>	
1. Аксиомы векторного пространства. Следствия из аксиом. Примеры векторных пространств. Подпространства, примеры.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
2. Линейная комбинация, линейная оболочка системы векторов. Линейная зависимость, свойства.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
3. Эквивалентные определения базиса, примеры. Конечномерные, бесконечномерные пространства.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
4. Лемма о линейно независимой системе. Теорема о количестве векторов в базисе, размерность.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
5. Теорема о дополнении до базиса. Свойство бесконечномерных пространств.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
6. Теорема о монотонности размерности.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
7. Координаты вектора в базисе, матрица перехода, ее невырожденность, формула изменения координат при переходе к новому базису.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>

8. База системы векторов и ранг системы векторов.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
9. Сумма и пересечение подпространств, линейная оболочка объединения.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
10. Теорема о размерности суммы и пересечения подпространств	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
11. Прямая сумма. Критерий прямой суммы.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
12. Линейные отображения векторных пространств, свойства, примеры. Матрица линейного отображения в базисах. Матричная запись. Формула преобразования матрицы линейного отображения при замене базисов.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
13. Матрица линейного оператора. Матричная запись. Координаты образа вектора. Формула преобразования матрицы линейного оператора при замене базиса.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
14. Теорема о задании линейного отображения на базисе. Теорема о соответствии между линейными отображениями и матрицами.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
15. Ядро и образ линейного отображения. Теорема о ранге и дефекте.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
16. Инъективные линейные отображения.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
17. Сумма линейных отображений, произведение на число, композиция. Их матрицы.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
18. Обратное отображение, его матрица. Изоморфизм векторных пространств. Теорема об изоморфизме конечномерных векторных пространств.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
19. Алгебра линейных операторов. Эквивалентные условия невырожденности.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
20. След матрицы, след линейного оператора.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
21. Инвариантные подпространства, собственные векторы. Собственные значения линейного оператора и корни характеристического многочлена. Инвариантность характеристического многочлена.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
22. Теорема о линейной независимости собственных векторов.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
23. Диагонализуемость линейного оператора.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
24. $\lambda$ -матрицы, элементарные преобразования лямбда-матриц, эквивалентные лямбда-матрицы, каноническая форма.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
25. Приведение лямбда-матрицы к каноническому виду элементарными преобразованиями.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>

26. Теорема о единственности канонического вида. Следствия. Инвариантные множители.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
27. Унимодулярные лямбда-матрицы. Свойства. Эквивалентность элементарных преобразований лямбда-матриц и умножения на элементарные матрицы.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
28. Критерий эквивалентности лямбда -матриц.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
29. Деление с остатком матричных многочленов.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
30. Критерий подобия матриц.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
31. Канонический вид характеристических матриц для жордановых клеток.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
32. Канонический вид характеристических матриц для жордановых матриц. Критерий подобия жордановых матриц.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
33. Приведение матрицы к жордановой нормальной форме. Критерий диагонализруемости.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
34. Жорданова форма матриц 2-го и 3-го порядков.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
35. Подстановка матрицы, оператора в многочлен, аннулирование многочлена, минимальный многочлен, примеры, свойство. Теорема о минимальном многочлене. Теорема Гамильтона-Кэли.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
36. Билинейные формы. Однозначность определения на базисе. Матрица билинейной формы. Закон изменения матрицы при переходе к другому базису.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
37. Симметрические, кососимметрические формы. Квадратичная форма, поляризация квадратичной формы, канонический вид.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
38. Приведение квадратичной формы к каноническому виду методом Лагранжа.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
39. Ранг квадратичной формы. Нормальный вид квадратичной формы над $\mathbb{C}$ . Теорема об эквивалентности квадратичных форм над $\mathbb{C}$ .	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
40. Закон инерции квадратичных форм над $\mathbb{R}$ .	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
41. Сигнатура. Теорема об эквивалентности квадратичных форм над $\mathbb{R}$ .	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
42. Метод Якоби.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
43. Положительно определенные квадратичные формы. Эквивалентные определения. Критерий Сильвестра.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
44. Евклидовы пространства, скалярное произведение, свойства. Длина вектора, неравенство Коши-Буняковского,	<i>УК-1 , ОПК-1</i>

следствия, угол между векторами.	
45. Ортогональные системы векторов. Ортонормированный базис. Скалярное произведение в о.н.б. Матрица Грама.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
46. Процесс ортогонализации Грама-Шмидта.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
47. Существование о.н.б. Дополнение до о.н.б.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
48. Ортогональное дополнение подпространства. Свойства.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
49. Теорема об ортогональном дополнении, следствие. Ортогональные проекции, расстояния.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
50. Изоморфизм евклидовых пространств.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
51. Ортонормированные базисы и ортогональные матрицы.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
52. Теорема о соответствии между линейными операторами и билинейными формами в евклидовом пространстве. Следствия.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
53. Сопряженный оператор. Свойства. Матрица сопряженного оператора. Инвариантные подпространства относительно сопряженного.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
54. Симметрические операторы и их свойства. Теорема об ортогональности собственных векторов симметрического оператора.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
55. Теорема о спектре симметрического оператора.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
56. Критерий симметрического оператора.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
57. Теорема о диагонализированности симметричной матрицы. Приведение квадратичной формы к главным осям.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
58. Ортогональные операторы, их свойства, эквивалентные определения.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
59. Матрица ортогонального оператора, свойства собственных чисел и собственных векторов ортогонального оператора.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
60. Лемма о комплексном характеристическом корне ортогонального оператора, следствие.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
61. Теорема об инвариантных подпространствах ортогонального оператора.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
62. Теорема о каноническом виде ортогонального оператора.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
63. Унитарные пространства.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>
64. Двойственное пространство. Однозначность определения линейной функции на базисе.	<i>УК-1 , ОПК-1</i>

65. Теорема о двойственном базисе, следствие. Канонический изоморфизм в евклидовом пространстве.	УК-1, ОПК-1
66. Канонический изоморфизм между пространством и дважды сопряженным.	УК-1, ОПК-1
67. Матрица перехода в двойственных базисах. Законы изменения координат векторов и ковекторов в тензорных обозначениях.	УК-1, ОПК-1
68. Тензоры. Координаты тензора. Закон изменения координат тензора.	УК-1, ОПК-1
69. Операции над тензорами.	УК-1, ОПК-1
70. Разложимые тензоры. Базис в $T_p^q(V)$ .	УК-1, ОПК-1

### 5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции УК-1

№1. Найдите матрицу  $X$ , если известно, что:

$$X * \begin{pmatrix} 6 & 8 \\ 1 & 5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 20 & 34 \\ 33 & 77 \end{pmatrix}$$

Ответы:

$$+ : X = \begin{pmatrix} 3 & 2 \\ 4 & 9 \end{pmatrix} \quad - : X = \begin{pmatrix} 8 & 5 \\ 3 & 7 \end{pmatrix}$$

$$- : X = \begin{pmatrix} 3 & 6 \\ 4 & 1 \end{pmatrix} \quad - : X = \begin{pmatrix} 5 & 1 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}$$

№2. Произведение матрицы  $\begin{pmatrix} 1 & 8 & 6 \\ 3 & 2 & 4 \end{pmatrix}$  на транспонированную по отношению к ней матрицу равно:

$$+ : \begin{pmatrix} 101 & 43 \\ 43 & 29 \end{pmatrix} \quad - : \begin{pmatrix} 130 & 43 \\ 43 & 72 \end{pmatrix}$$

$$- : \begin{pmatrix} 43 & 101 \\ 43 & 29 \end{pmatrix} \quad - : \begin{pmatrix} 43 & 29 \\ 101 & 43 \end{pmatrix}$$



№3. Найдите  $x$ ,  $y$  и  $z$ , если известно, что определитель матрицы  $\begin{pmatrix} x-1 & 2 & 4 \\ y-2 & 3 & 1 \\ z+6 & -2 & 3 \end{pmatrix}$  равен -25,

определитель матрицы  $\begin{pmatrix} -2 & x+1 & 5 \\ 1 & y & -3 \\ 4 & z+6 & 2 \end{pmatrix}$  равен -71, и определитель

матрицы  $\begin{pmatrix} 3 & 1 & x \\ -5 & -1 & y-2 \\ 4 & 5 & z+2 \end{pmatrix}$  равен -45:

$\therefore x = 2, y = 1, z = -1$   $\therefore x = -1, y = 2, z = 1$

$\therefore x = 1, y = -1, z = 2$   $\therefore x = 2, y = -1, z = 1$

№4. В линейном пространстве  $K_3[x]$  многочленов переменной  $x$  степени не выше третьей элемент  $x^2 + 7x + 9x^3 + 3$  имеет в базисе  $1, x, x^2, x^3$  координаты:

- 3, 7, 1, 9
- 4, 0, 6, 8
- 2, 1, 8, 5
- 4, 2, 1, 9

№5. В линейном арифметическом пространстве система векторов  $e_1 = (1, 0, \dots, 0)$ ,  $e_2 = (0, 1, 0, \dots, 0)$ , ...,  $e_n = (0, 0, \dots, 1)$  является:

- линейно независимой
- линейно зависимой
- линейной
- независимой

№6. Два вектора в евклидовом пространстве ортогональны, если их скалярное произведение равно:

- 1
- 2
- 3
- 0

### 5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции УК-1, ОПК-1 Семестр 1.

1) Вычислить  $\sqrt[3]{\frac{(1+i)^8(-\sqrt{3}+i)^6}{(-1-i)^3}}$

2) Решить матричное уравнение

$$X \cdot \begin{pmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 2 & 1 & 0 \\ 1 & -1 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 3 \\ 4 & 3 & 2 \\ 1 & -2 & 5 \end{pmatrix}$$

3) Найти наибольший общий делитель многочленов

$$f = x^5 + x^4 - x^3 - 3x^2 - 3x - 1$$

$$g = x^4 - 2x^3 - x^2 - 2x + 1$$

- 4) Вычислить  $2A^{-1} - BA - 3E$ , где

$$A = \begin{pmatrix} -1 & 2 & -1 \\ 4 & -2 & 3 \\ 2 & 3 & 1 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 1 \\ -4 & 2 & 1 \\ 2 & 2 & 1 \end{pmatrix}.$$

- 5) Отделить кратные множители многочлена

$$f = x^5 - 10x^3 - 20x^2 - 15x - 4$$

- 6) Пользуясь схемой Горнера разделить  $f = x^4 + 2ix^3 - x^2 - 3x + 7 + i$  с остатком на  $x+i$  и вычислить  $f(-i)$ .

- 7) Исследовать систему на совместность в зависимости от значения параметра  $\lambda$  и найти общее решение системы

$$\begin{cases} 8x_1 + 6x_2 + 3x_3 + 2x_4 = 5 \\ -12x_1 - 3x_2 - 3x_3 + 3x_4 = -6 \\ 4x_1 + 5x_2 + 2x_3 + 3x_4 = 3 \\ \lambda x_1 + 4x_2 + x_3 + 4x_4 = 2 \end{cases}$$

- 8) Исследовать систему на совместность в зависимости от значения параметра  $\lambda$  и найти общее решение системы

$$\begin{cases} x_1 - x_2 - x_3 - 4x_4 = -2 \\ 2x_1 + 3x_2 + 6x_3 + 8x_4 = 5 \\ x_1 - 6x_2 - 9x_3 - 20x_4 = -11 \\ 4x_1 + x_2 + 4x_3 + \lambda x_4 = 2 \end{cases}$$

- 9) Разложить многочлен  $f = x^5 - 5x^4 + 7x^3 - 2x^2 + 4x - 8$  по степеням  $x-2$ . Определить кратность корня  $x_0 = 2$ .

- 10) Вычислить определитель

$$\begin{vmatrix} -5 & -7 & -2 & 2 & -2 & 16 \\ 0 & 0 & 4 & 0 & -5 & 0 \\ 2 & 0 & -2 & 0 & 2 & 0 \\ 6 & 4 & 6 & -1 & 15 & -5 \\ 5 & -4 & 10 & 1 & 14 & 6 \\ 3 & 0 & -2 & 0 & 3 & 0 \end{vmatrix}$$

- 11) Методом Штурма отделить корни полинома

$$f = x^5 - 5x^3 - 10x^2 + 2$$

- 12) Исследовать совместность, найти общее решение и частное решение системы уравнений.

$$\begin{cases} 3x_1 + 4x_2 + x_3 + 2x_4 + 3x_5 = 2 \\ 5x_1 + 7x_2 + x_3 + 3x_4 + 4x_5 = 3 \\ 4x_1 + 5x_2 + 2x_3 + x_4 + 5x_5 = 3 \\ 7x_1 + 10x_2 + x_3 + 6x_4 + 5x_5 = 4 \end{cases}$$

- 13) Вычислить определитель

$$\text{a) } \begin{vmatrix} 2 & 3 & 0 & - & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 3 & - & 0 & 0 \\ - & - & - & - & - & - \\ - & - & - & - & - & - \\ 0 & 0 & 0 & - & 2 & 3 \\ 3 & 0 & 0 & - & 0 & 2 \end{vmatrix} \quad \text{б) } \begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 2 & 3 & 4 & 1 \\ 3 & 4 & 1 & 2 \\ 4 & 1 & 2 & 3 \end{vmatrix}$$

14) Вычислить определитель

$$\text{a) } \begin{vmatrix} 3 & 4 & 4 & - & - & 4 \\ 4 & 3 & 4 & - & - & 4 \\ 4 & 4 & 3 & - & - & 4 \\ - & - & - & - & - & - \\ - & - & - & - & - & - \\ 4 & 4 & 4 & - & - & 3 \end{vmatrix} \quad \text{б) } \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & 4 & 9 & 16 \\ 1 & 8 & 27 & 64 \end{vmatrix}$$

15) Найти общее решение и фундаментальную систему решений

$$\begin{cases} x_1 + x_2 - 3x_4 - x_5 = 0 \\ x_1 - x_2 + 2x_3 - x_4 = 0 \\ 4x_1 - 2x_2 + 6x_3 + 3x_4 - 4x_5 = 0 \\ 2x_1 + 4x_2 - 2x_3 + 4x_4 - 7x_5 = 0 \end{cases}$$

16) Вычислить  $\sqrt[4]{\frac{(1-i)^4(-1+i\sqrt{3})^{12}}{i^{11}}}$

17) Найти обратную матрицу для

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 2 & 1 & 2 \\ 2 & 4 & 3 & 1 \\ 1 & 3 & 3 & 0 \\ 2 & 1 & 0 & 3 \end{pmatrix}.$$

18) Найти обратную матрицу для

$$A = \begin{pmatrix} 3 & -3 & 3 & -2 \\ -2 & 3 & -1 & 3 \\ 2 & -2 & 1 & -2 \\ -2 & 2 & -2 & 1 \end{pmatrix}$$

19) Найти общее решение и фундаментальную систему решений

$$\begin{cases} 7x_1 + x_2 + 5x_3 - x_4 - 4x_5 = 0 \\ x_1 + 6x_2 - 11x_3 + 3x_4 - x_5 = 0 \\ -x_1 + 3x_2 - 7x_3 + 2x_4 = 0 \\ -x_1 - 2x_2 + 3x_3 - x_4 + x_5 = 0 \end{cases}$$

20) Методом окаймляющих миноров найти ранг матрицы

$$\begin{bmatrix} 7 & 1 & 5 & -1 & -4 \\ 1 & 6 & -11 & 3 & -1 \\ -1 & 3 & -7 & 2 & 0 \\ -1 & -2 & 3 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

21) Разложить многочлен  $f = x^5 - 1$  на неприводимые множители над  $\mathbb{C}$  и над  $\mathbb{R}$ .

22) Найти максимальную линейно независимую подсистему системы векторов

$$\begin{aligned} &(7, 2, -9, 3, -19) \\ &(2, 3, -5, 1, -8) \\ &(3, 1, -4, 5, -12) \\ &(-2, -1, 3, -2, 7) \end{aligned}$$

23) Методом Штурма отделить корни многочлена  $f = x^5 + 5x^4 + 10x^2 - 5x - 3$ .

24) Найти значения многочлена  $f = x^5 + 5x^4 + 10x^2 - 5x - 3$  и всех его производных в точке  $x = -2$ .

25) Найти общее решение и фундаментальную систему решений

$$\begin{cases} 2x_1 + 7x_2 + 4x_3 + 5x_4 + 8x_5 = 0 \\ 4x_1 + 4x_2 + 8x_3 + 5x_4 + 4x_5 = 0 \\ x_1 - 9x_2 - 3x_3 - 5x_4 - 14x_5 = 0 \\ 3x_1 + 5x_2 + 7x_3 + 5x_4 + 6x_5 = 0 \end{cases}$$

26) Решить уравнение  $X \begin{pmatrix} 0 & 2 & -1 \\ 1 & 1 & -1 \\ -2 & -5 & 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 2 \\ -2 & 1 & 0 \\ -1 & 2 & -1 \end{pmatrix}$ .

## Семестр 2.

1. Найти матрицу перехода от базиса  $v_1=(1, 1, 1)$ ,  $v_2=(1, 1, 0)$ ,  $v_3=(-1, 0, -1)$  к базису  $u_1=(1, 2, 0)$ ,  $u_2=(2, 2, 1)$ ,  $u_3=(2, 1, 2)$ .
2. Найти базисы суммы и пересечения линейных оболочек систем векторов  $\langle(1,1,1,1),(-1,-2,0,1)\rangle$  и  $\langle(-1,-1,1,0),(2,2,0,1)\rangle$ .
3. Выяснить является преобразование пространства  $R^3$  линейным и если да, то найти его матрицу в базисе  $e_1 = (1,1,1)$ ,  $e_2 = (-1,1,1)$ ,  $e_3 = (1,2,3)$ :

А)  $\varphi(x_1, x_2, x_3) = (3x_1 - x_2, x_1 + x_3, x_2 - x_3)$ .

Б)  $\varphi(x_1, x_2, x_3) = (x_2, x_1 x_2, x_3)$ .

4. Найти матрицу линейного оператора, переводящего векторы  $v_1=(1, 0, 1)$ ,  $v_2=(0, 1, 1)$ ,  $v_3=(1, 1, 0)$  в векторы  $u_1=(4, 4, 5)$ ,  $u_2=(5, 3, 4)$ ,  $u_3=(3, 5, 3)$ , соответственно.
5. Линейный оператор  $F$  задан в базисе  $\{v_1=(1, 1, 0), v_2=(0, 1, 1), v_3=(1, 0, 1)\}$ :  $F(a_1 v_1 + a_2 v_2 + a_3 v_3) = 2a_1 v_1 + 2a_2 v_2 - 2a_3 v_3$ , где  $a_1, a_2, a_3$  – координаты вектора в базисе  $\{v_1, v_2, v_3\}$ . Найти матрицу оператора  $F$  в базисе  $\{u_1, u_2, u_3\}$  и значение оператора  $F$  на векторе  $u = u_1 + 2u_2 + u_3$ , где  $u_1=(1, 1, 1)$ ,  $u_2=(0, 1, 1)$ ,  $u_3=(0, 0, 1)$ .

6. Матрица оператора  $\varphi$  в базисе  $a_1=(1, 1)$ ,  $a_2=(1, 0)$  равна  $\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 2 & 1 \end{pmatrix}$ ,

матрица оператора  $\psi$  в базисе  $b_1=(-1, -1)$ ,  $b_2=(1, 2)$  равна  $\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$ .

Найти матрицу оператора  $\varphi + \psi$  в базисе  $\{b_1, b_2\}$ .

7. Найти базис ядра и образа оператора, заданного в стандартном базисе матрицей

$$\begin{pmatrix} 1 & 4 & 2 \\ 1 & 5 & 3 \\ -1 & 2 & 4 \end{pmatrix}.$$

8. Найти собственные значения и собственные векторы линейного оператора заданного

матрицей  $\begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 3 & 2 & 3 \\ -2 & 0 & 0 \end{pmatrix}$ .

9. Является ли диагонализируемым линейный оператор над  $R$ , заданный в стандартном

базисе матрицей  $\begin{pmatrix} -1 & 3 & -1 \\ -3 & 5 & -1 \\ -3 & 3 & 1 \end{pmatrix}$ .

10. Найти жорданову форму матрицы  $\begin{pmatrix} -1 & 3 & -1 \\ -3 & 5 & -1 \\ -3 & 3 & 1 \end{pmatrix}$ .

11. Найти нормальный вид в области вещественных чисел и невырожденное преобразование, приводящее к этому виду, для квадратичной формы

$$f = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + 4x_1x_2 + 4x_1x_3 + 4x_2x_3.$$

12. Найти канонический вид и ортогональное преобразование, приводящее  $f$  к каноническому виду (приведение к главным осям),

$$f = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + 4x_1x_2 + 4x_1x_3 + 4x_2x_3.$$

13. Процессом ортогонализации Грама-Шмидта построить ортонормированный базис линейной оболочки системы векторов  $u_1 = (1, 2, -1)$ ,  $u_2 = (0, 3, -2)$ ,  $u_3 = (2, 1, 0)$ .

14. Найти ортогональную проекцию и ортогональную составляющую вектора  $x = (3, 1, 2)$  на линейное подпространство  $L$ , натянутое на векторы:  $v_1 = (1, 2, -1)$ ,  $v_2 = (2, -2, 1)$ .

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Кострикин А. И. - Введение в алгебру. М.: Физматлит, 2004. (В библиотеке ННГУ более 50 экз.)
2. Курош А. Г. Курс высшей алгебры. – СПб.: Лань, 2003. (В библиотеке ННГУ более 100 экз.)
3. Проскуряков И. В. Сборник задач по линейной алгебре. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2010. (В библиотеке ННГУ более 40 экз.)

б) Дополнительная литература:

1. Ильин В. А., Ким Г. Д. - Линейная алгебра и аналитическая геометрия: учеб. для студентов ун-тов и техн. вузов, обучающихся по специальностям "Математика", "Прикладная математика и информатика". - М.: Проспект : Изд-во Моск. ун-та, 2012. - 400 с. (В библиотеке ННГУ более 40 экз.)
2. Беклемишева Л. А., Петрович А. Ю., Чубаров И. А. Сборник задач по аналитической геометрии и линейной алгебре. – М.: Физматлит, 2004. (В библиотеке ННГУ более 30 экз.)
3. Фаддеев Д. К., Соминский И. С. - Задачи по высшей алгебре: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по мат. специальностям. 2001, 2007, 2008 (В библиотеке ННГУ более 100 экз.)

в) Интернет-ресурсы

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используется электронный курс «Алгебра 1 курс (математика, ФММ, МиММ)»

<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=4485>

«Алгебра 2 курс (математика)»

<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=4486>

созданные в системе электронного обучения ННГУ - <https://e-learning.unn.ru/>.

<http://www.lib.unn.ru/>

Университетская библиотека ONLINE <http://www.biblioclub.ru>

Библиотека "Лань" <http://e.lanbook.com/>

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебная аудитория, оснащенная партами, стульями, учебной доской, мелом.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО ННГУ - бакалавриат по направлению подготовки 01.03.01 Математика.

Автор (ы): к.ф.-м.н., доц. Любимцев О.В.

Заведующий кафедрой: д.ф.м.н., проф. Золотых Н.Ю.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 30 ноября 2022 года, протокол № 3.