

**ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Кафедра теории упругости и вычислительной математики  
имени академика А.С. Космодамианского



**УТВЕРЖДАЮ:**

проректор по научно-методической  
и учебной работе

*Е.И. Скафа* Е.И. Скафа

«22» апреля 2020 г.

МП

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
«МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ГЕОМЕХАНИКИ»**

Направление подготовки:	01.04.02 Прикладная математика и информатика
Магистерская программа:	Прикладная математика и информатика
Образовательная программа:	академическая магистратура
Квалификация:	магистр
Форма обучения:	<u>очная</u> , очно-заочная, заочная нужное подчеркнуть

Донецк 2020



УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета математики  
и информационных технологий

И. А. Моисеенко

«16» апреля 2020 г.

МП



Программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) направления подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «12» марта 2015 г. № 228; Порядка организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР № 1171 от «10» ноября 2017 г.; учебного плана и основной образовательной программы Прикладная математика и информатика, направления подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, разработанных в ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет».

Разработчик:

Доцент кафедры теории упругости и  
вычислительной математики имени  
академика А.С. Космодамианского

Р.Н. Нескородев

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теории упругости  
и вычислительной математики имени академика А.С. Космодамианского

Протокол № 11 от «9» апреля 2020 г.  
Заведующий кафедрой

В.И. Сторожев

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией  
факультета математики и информационных технологий

Протокол № 8 от «15» апреля 2020 г.

Председатель учебно-методической  
комиссии факультета

Л.И. Селякова

## 1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Учебная дисциплина «Математические модели геомеханики» относится к циклу базовой части профессионального блока и состоит из одного модуля. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими и сопутствующими дисциплинами – “Современные проблемы прикладной математики и информатики”, “Непрерывные линейные и нелинейные математические модели”, “Вычислительная гидроакустика”.

## 2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

<i>Характеристика учебной дисциплины</i>		
Направление подготовки	01.04.02 Прикладная математика и информатика	
Магистерская программа	Прикладная математика и информатика	
Образовательная программа	академическая магистратура	
Квалификация	магистр	
Количество содержательных модулей	1	
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы	Базовая часть профессионального блока	
Формы контроля (МК, экзамен, зачет)	МК, экзамен	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
Количество зачетных единиц (кредитов)	3	
Год подготовки	2	
Семестр	3	
Количество часов	108	
- лекционных	18	
- практических, семинарских	36	
- лабораторных	-	
- самостоятельной работы	54	
в т.ч. индивидуальное задание	30	
Недельное количество часов,	6	
в т.ч. аудиторных	3	

## 3. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цели и задачи

*Целью изучения дисциплины “Математические модели геомеханики”* является формирование у студентов приемов организации численного моделирования для проведения исследования напряженно-деформированного состояния анизотропных горных пород в нетронутом массиве и вблизи протяженных выработок (штреков, квершлагов), находящихся под воздействием сил гравитации с использованием современных математических моделей, описывающих механическое поведение этих пород.

### *Основными задачами изучения дисциплины являются:*

- рассмотрение методики определения напряженно-деформированного состояния горного массива, обладающего анизотропией общего вида, при воздействии сил гравитации при использовании модели линейно деформируемого упругого массива;
- разработка алгоритмов решения указанных задач и составление вычислительных программ, реализующих эти алгоритмы;
- проведение исследований и установление закономерностей поведения напряженного состояния вблизи выработки эллиптического сечения.

**Требования к результатам освоения дисциплины.** Процесс изучения дисциплины

“Параллельное программирование” направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО РФ по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика (магистерская программа: прикладная математика и информатика):

**а) общекультурных (ОК):**

- способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);
- готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-3)

**б) общепрофессиональных (ОПК):**

- готовностью к коммуникации в устной и письменной формах на государственном языке ДНР и иностранном языке для решения задач профессиональной деятельности (ОПК-1);

способностью использовать и применять углубленные знания в области прикладной математики и информатики (ОПК-4);

**в) профессиональных (ПК):**

**научно-исследовательская деятельность:**

- способностью проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива (ПК-1);
- способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач (ПК-2);

**проектная и производственно-технологическая деятельность:**

- способностью разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач научной и проектно-технологической деятельности (ПК-3);
- способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых задач проектной и производственно-технологической деятельности (ПК-4).

**В результате изучения учебной дисциплины студент должен:**

***Знать:***

- основные соотношения плоской теории упругости анизотропного тела;
- процедуру решения плоской задачи теории упругости анизотропного тела при помощи функций обобщенных комплексных переменных;
- основные методы численного решения задач плоской теории упругости;
- о существовании точных решений и использовании их для анализа достоверности приближенных решений;
- основных команд пакета MATLAB для практической реализации на ПК перечисленных алгоритмов.

***Уметь:***

- работать с пакетом MATLAB, использовать стандартные подпрограммы;
- осуществлять выбор модели в механике горных пород с выработками;
- осуществлять постановку задач о напряженном состоянии в горном массиве;
- составлять алгоритмы и программы численного исследования напряженного состояния вблизи подземных выработок при действии сил гравитации;
- осуществлять тестирование программ и оценивать достоверность полученных результатов;
- представлять результаты исследований в виде наглядных иллюстраций (графиков, линий уровня, поверхностей).

***Владеть:***

- навыками программирования в математических пакетах;

- навыками проведения численных исследований с использованием программных средств.
- технологией применения пакетов прикладных программ для решения научных и практических задач.

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Курс дисциплины "Математические модели геомеханики" предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа студента.

Материал излагается с использованием объяснительно-иллюстративных, эвристических и исследовательских методов преподавания. В учебном процессе применяются активные и интерактивные формы проведения занятий (разбор конкретных ситуаций, дискуссия, полемика), внеаудиторная самостоятельная работа, балльно-рейтинговая система оценки успеваемости, личностно-ориентированное обучение, проблемное обучение, блочно-модульное обучение.

Самостоятельная работа студентов предусматривает выполнение индивидуальных заданий, подготовку к лабораторным занятиям, изучение учебной литературы.

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
<b>Содержательный модуль 1</b>	
<b>Тема 1.</b> Построение модели механики горных пород с выработкой и введение в систему MATLAB.	Введение в механику горных пород. Выбор модели в механике горных пород с выработками. Преобразование упругих постоянных при повороте координатных осей. Основные команды и стандартные подпрограммы пакета MATLAB. Полная система уравнений теории упругости анизотропного тела. Составление алгоритмов и создание подпрограмм формирующих матрицы упругих постоянных.
<b>Тема 2.</b> Обобщенная плоская деформация в анизотропном полупространстве с выработками.	Обобщенная плоская деформация для горного массива с горизонтальными выработками. Интегрирование уравнений равновесия в перемещениях. Перемещения и напряжения в массиве с выработками. Перемещения и напряжения в сплошном анизотропном массиве от действия собственного веса. Создание алгоритмов и подпрограмм по определению комплексных параметров, входящих в выражения для перемещений и напряжений, учитывающих влияние выработок.
<b>Тема 3.</b> Граничные условия. Массив с выработкой эллиптического сечения.	Граничные условия для незакрепленных и жестко подкрепленных выработок в дифференциальной форме. Интегрированные граничные условия для незакрепленных и жестко подкрепленных выработок. Выработка эллиптического. Незакрепленная выработка. Закрепленная выработка. Точные решения. Построение программы определения напряжений и перемещений в сплошном массиве от действия сил тяжести.
<b>Тема 4.</b> Создание алгоритмов и программ для численного исследования напряженного состояния массива.	Создание алгоритмов и программы решения задач с неподкрепленной или жестко подкрепленной выработкой. Исследования на границе. Графические средства и функции пакета MATLAB. Интерпретация результатов. Исследования на границе области. Создание алгоритмов и программ исследования напряжений и перемещений в окрестности выработки. Анализ и исследование точных решений.



## Тематический план

Содержательный модуль 1												
Названия содержательных модулей и тем	Количество часов											
	Очная форма обучения						Заочная форма обучения					
	всего	В т.ч.					всего	В т.ч.				
		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа
<b>Тема 1.</b> Построение модели механики горных пород с выработкой и введение в систему MATLAB.	25	8	4	-	6	7						
<b>Тема 2.</b> Обобщенная плоская деформация в анизотропном полупространстве с выработками. Перемещения и напряжения в массиве под действием сил гравитации.	28	10	4	-	6	8						
<b>Тема 3.</b> Граничные условия. Массив с выработкой эллиптического сечения.	26	8	5	-	6	7						
<b>Тема 4.</b> Создание алгоритмов и программ для численного исследования напряженного состояния массива.	29	10	5	-	6	8						
<b>Итого по содержательному модулю 1</b>	108	36	18	-	24	30						
<b>Всего по дисциплине</b>	108	36	18	-	24	30						

## 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕКЦИОННЫХ, ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

### Темы лекционных занятий

№ п/п	Название темы	Количество часов
1	Предмет и задачи геомеханики. Объекты и методы геомеханических исследований. Внутреннее строение и физические свойства Земли.	2
2	Возраст земной коры. Классификация и формы залегания горных пород.	2
3	Выбор модели в механике горных пород с выработками.	2
4	Преобразование упругих постоянных при повороте координатных осей.	2
5	Полная система уравнений теории упругости анизотропного тела.	2
6	Обобщенная плоская деформация для горного массива с	2

	горизонтальными выработками.	
7	Перемещения и напряжения в массиве с выработками.	2
8	Перемещения и напряжения в сплошном анизотропном массиве от действия собственного веса.	2
9	Граничные условия. Незакрепленная выработка.	2
10	Граничные условия. Жестко подкрепленная выработка.	2
11	Массив с выработкой эллиптического сечения. Незакрепленная выработка.	2
12	Массив с выработкой эллиптического сечения. Жестко подкрепленная выработка.	2
13	Горный массив с произвольно расположенными выработками эллиптического сечения	2
14	Аппроксимация границы области частями эллиптических контуров с гладким стыкованием элементов.	2
15	Основные уравнения трехмерной теории вязкоупругости.	2
16	Преобразование уравнений состояния.	2
17	Определение реологических параметров.	2
18	Модель вязкоупругого массива горных пород.	2
	<b>ВСЕГО</b>	<b>36</b>

### Темы практических занятий

<i>№ п/п</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Рабочая среда MATLAB. Простейшие команды. Форматы чисел.	2
2	Операторы, константы, переменные и функции.	2
3	Формирование векторов и матриц. Операции над массивами.	2
4	М-файлы. Файлы-программы и файл-функции.	2
5	Реализация алгоритмов преобразования упругих констант при повороте координатных осей.	2
6	Программирование разветвляющихся и циклических процессов.	2
7	Построение и решение основной системы алгебраических уравнений.	2
8	Графические возможности системы MATLAB.	2
9	Графическая интерпретация полученных результатов.	2
	<b>ВСЕГО</b>	<b>18</b>

## 6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

### Организация самостоятельной работы студентов

<i>№ п/п</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Выбор модели в механике горных пород с выработками.	3
2	Преобразование упругих постоянных при повороте координатных осей.	3

3	<i>Индивидуальное задание № 1</i>	7
4	Полная система уравнений теории упругости анизотропного тела.	3
5	Перемещения и напряжения в массиве с выработками.	3
6	<i>Индивидуальное задание № 2</i>	8
7	Обобщенная плоская деформация для горного массива с горизонтальными выработками.	3
8	Перемещения и напряжения в сплошном анизотропном массиве от действия собственного веса.	3
9	<i>Индивидуальное задание № 3</i>	7
10	Массив с выработкой эллиптического сечения. Незакрепленная выработка.	3
11	Массив с выработкой эллиптического сечения. Жестко подкрепленная выработка.	3
12	<i>Индивидуальное задание № 4</i>	8
	<b>ВСЕГО</b>	<b>54</b>

## 7. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

### **Индивидуальная работа ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПОВЕДЕНИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ВБЛИЗИ ВЫРАБОТКИ ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО СЕЧЕНИЯ**

**Цель:** овладение технологией математического моделирования в среде MATLAB для проведения исследования напряженного состояния вблизи выработок

#### **Задания:**

1. По заданным упругим постоянным породных образцов составить алгоритмы и программы построения матриц коэффициентов деформаций и модулей упругости в зависимости от углов поворота плоскости изотропии относительно главных осей координат.
2. Для полученных упругих постоянных составить программы нахождения комплексных параметров, входящих в выражения для перемещений и напряжений, учитывающих влияние выработок.
3. Составить программу определения напряжений и перемещений в сплошном массиве от действия сил тяжести.
4. Для заданных параметров эллиптической выработки составить программу определения напряженного состояния вблизи контура на площадках, нормальных и касательных к нему. Оценить достоверность полученных результатов, построить различные варианты графиков.

## 8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1. Трансверально-изотропный материал и его упругие характеристики. Примеры трансверально-изотропных материалов.
2. Полная система уравнений теории упругости анизотропного тела.
3. Обобщенная плоская деформация для горного массива с горизонтальными выработками.
4. Перемещения и напряжения в массиве с выработками.
5. Перемещения и напряжения в сплошном анизотропном массиве от действия собственного веса.



6. Операторы, константы, переменные и функции системы MATLAB.
7. Формирование векторов и матриц. Операции над массивами.
8. Программирование разветвляющихся процессов в MATLAB.
9. Программирование циклических процессов в MATLAB.
10. Графические возможности пакета MATLAB.

## 9. ОБРАЗЕЦ МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

### ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет математики и информационных технологий

Направление подготовки:	<b>01.04.02 Прикладная математика и информатика</b>
Магистерская программа:	<b>Прикладная математика и информатика</b>
Программа подготовки:	<b>академическая магистратура</b>
Семестр	<b>III</b>
Учебная дисциплина	<b>Математические модели геомеханики</b>

### МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

#### ВАРИАНТ №1

1. Трансверально-изотропный материал и его упругие характеристики.
2. Перемещения и напряжения в массиве с выработками.
3. Формирование векторов и матриц. Операции над массивами.
4. Программирование циклических процессов в MATLAB.

Утверждено на заседании кафедрой теории упругости и вычислительной математики имени академика А.С. Космодамианского, протокол № \_\_\_\_ от “\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой  
Преподаватель

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### Критерии оценивания модульного контроля

<i>Номер задания</i>	<i>Количество баллов</i>
Задание 1	10
Задание 2	10
Задание 3	10
Задание 4	10
<b>Всего</b>	<b>40</b>

## 10. ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

### *Теоретические вопросы к экзамену*

1. Модели механики горных пород с выработками.
2. Основные символы и конструкции системы MATLAB.
3. Изотропная среда, ее упругие характеристики: модуль Юнга, коэффициент Пуассона, модуль сдвига.
4. Операции над матрицами и массивами в системе MATLAB.
5. Трансверально-изотропный материал и его упругие характеристики. Примеры трансверально-изотропных материалов.
6. Операторы присваивания, арифметические и логические выражения языка MATLAB.

7. Полная система уравнений теории упругости анизотропного тела.
8. Операции сложения и вычитания матриц, а также их умножения.
9. Обобщенная плоская деформация для горного массива с горизонтальными выработками.
10. Операции деления матриц (левое и правое) в MATLAB.
11. Перемещения и напряжения в сплошном анизотропном массиве от действия собственного веса.
12. Графические возможности пакета MATLAB.
13. Граничные условия для незакрепленной выработки.
14. Программирование разветвляющихся процессов в MATLAB.
15. Граничные условия для жестко подкрепленных выработок.
16. Программирование циклических процессов в MATLAB.
17. Распределение напряжений вблизи круговой незакрепленной выработки.
18. Сценарии, процедуры и функции в системе MATLAB. Передача параметров.
19. Распределение напряжений вблизи жестко подкрепленной круговой выработки.
20. Операции деления матриц (левое и правое) в MATLAB.

**Образец экзаменационного билета**

**ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Факультет математики и информационных технологий

<i>Направление подготовки:</i>	<b>01.04.02 Прикладная математика и информатика</b>
<i>Магистерская программа:</i>	<b>прикладная математика и информатика</b>
<i>Программа подготовки:</i>	<b>академическая магистратура</b>
<i>Семестр</i>	<b>III</b>
<i>Учебная дисциплина</i>	<b>Математические модели геомеханики</b>

**БИЛЕТ №1**

1. Модели механики горных пород с выработками.
2. Основные символы и конструкции системы MATLAB.
3. Распределение напряжений вблизи круговой незакрепленной выработки.

Утверждено на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики имени академика А.С. Космодамианского, протокол № \_\_\_\_ от “\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой  
Экзаменатор

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Критерии оценивания экзамена**

<i>Номер задания</i>	<i>Количество баллов</i>
Задание 1	20
Задание 2	20
Задание 3	10
<b>Всего</b>	<b>50 баллов</b>

## 11. ОБРАЗЕЦ ТЕСТОВОГО ЗАДАНИЯ *(не предусмотрено программой)*

## 12. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

По курсу предполагается проведение промежуточной аттестации в виде модульного контроля, выполнение индивидуальной работы и экзамена. Экзамен сдают студенты с целью повышения рейтинга.

*Распределение баллов, которые могут получить студенты  
в процессе изучения дисциплины*

Организационно учебная работа студента	СРС		Всего
	Индивидуальная работа	Модульный контроль	
Мах 20 баллов	мах 40 баллов	мах 40 баллов	100 баллов

*Шкала соответствия баллов национальной шкале*

Оценка по шкале ECTS	Оценка по 100-балльной шкале	Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачет)	Оценка по государственной шкале (зачет)
<b>A</b>	90-100	5 (отлично)	зачтено
<b>B</b>	80-89	4 (хорошо)	зачтено
<b>C</b>	75-79	4 (хорошо)	зачтено
<b>D</b>	70-74	3 (удовлетворительно)	зачтено
<b>E</b>	60-69	3 (удовлетворительно)	зачтено
<b>FX</b>	35-59	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи	не зачтено
<b>F</b>	0-34	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов	не зачтено

## 13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной доской. Практические занятия проводятся в компьютерном классе, оборудованном компьютерами с лицензионным программным обеспечением, доступом к сети Интернет, столами, доской.

## 14. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

№ п/п	Наименование	Кол-во экземпляров в библиотеке ДонНУ	Наличие электронной версии в ЭБС
<i>Основная литература</i>			
1.	Нескороев, Р.Н. Математические модели геомеханики [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Р.Н. Нескороев; ГОУ ВПО “Донецкий национальный университет”. – Донецк: ДонНУ, 2019. – электронные данные (1 файл).	10	+
2.	Нескороев, Р.Н. Реализация математических моделей	0	+

	геомеханики в среде пакета Matlab [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие для студентов направления подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика / Р.Н. Нескороев; ГОУ ВПО “Донецкий национальный университет”. – Донецк: ДонНУ, 2019. – электронные данные (1 файл).		
3.	Нескороев Н. М. Напряжения вокруг выработок в анизотропном горном массиве: Учебное пособие / Н.М. Нескороев, Р.Н. Нескороев. – Донецк: ДонНУ, 2003. – 148с.	10	-
<b>Дополнительная литература</b>			
4.	Николаев, И.Ю. Общая геология [Электронный ресурс]: конспект лекций / И. Ю. Николаев; ГОУ ВПО “Донецкий национальный университет”. – Донецк: ДонНУ, 2016. – электронные данные (1 файл).	6	+
5.	Страницы истории горной механики / В.И. Полтавец, Б.А. Грядущий, С.Я. Петренко, А.Н. Коваль. – Донецк: Вебер, 2009. – 411 с.	1	-
6.	Самарский А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – М.: Физматлит, 2002. – 320 с.	3	-
7.	Введение в математическое моделирование: Учеб. Пособие. / В.Н. Ашихмин, М.Б. Гитман, И.Э. Келлер и др.; Под ред. П. В. Трусова. – М.: Логос, 2004. – 439 с.	10	-
8.	Кривилев А.В. Основы компьютерной математики с использованием системы MATLAB: Учеб. пособие / А. Кривилев. – М.: Лекс-Кн., 2005. – 492 с.	5	-

## 15. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ -

### 16. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Операционная система Windows, математический пакет MATLAB (на занятиях используется пробная студенческая версия).

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики имени академика А.С. Космодамианского с изменениями (без изменений) на 20 \_\_\_\_ год.

Протокол № \_\_\_\_ от “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий. кафедрой

\_\_\_\_\_ В.И. Сторожев

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теории упругости и вычислительной математики имени академика А.С. Космодамианского с изменениями (без изменений) на 20 \_\_\_\_ год.

Протокол № \_\_\_\_ от “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий. кафедрой

\_\_\_\_\_ В.И. Сторожев