

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**УТВЕРЖДАЮ:**

Первый проректор



А.А. Каракозов

20 23 года

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.07 Математическое моделирование в маркшейдерии**

(код и наименование дисциплины согласно учебному плану)

Направление 21.05.04 "Горное дело"  
(специальность) подготовки: (код и наименование направления / специальности)

Направленность (профиль): «Маркшейдерское дело»  
(наименование профиля / магистерской программы / специализации)

Программа: специалитет  
(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Форма обучения: очная, заочная  
(очная, заочная, очно-заочная)

Форма обучения:	Очная	Заочная
Семестр(ы)	10	9
Общая трудоёмкость в з.е./часах	4.5/162	4.5/162
Контактная работа (час.), в том числе:	58	21
лекции (час.)	17	4
лабораторные работы (час.)	34	4
практические (семинарские) занятия (час.)	-	4
Самостоятельная работа (час.), в том числе:	50	123
курсовой проект (работа) (семестр/час.)	10/36	9/18
Контроль (экзамен, час./зачёт)	экзамен, 54 ч.	экзамен, 18 ч.

Донецк, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование в маркшейдерии» составлена в соответствии с учебным планом по направлению подготовки (специальности) 21.05.04 "Горное дело", направленность (профиль) «Маркшейдерское дело» для 2023 года приема по очной и заочной форме обучения.

Составитель:

Доцент кафедры

«Маркшейдерское дело им. Д. Н. Оглоблина»,

кандидат технических наук, доцент Филатова Ирина Викторовна  
(подпись)

Рабочая программа **рассмотрена и принята** на заседании кафедры «Маркшейдерское дело им. Д. Н. Оглоблина».

Протокол от «23» 03 2023 года № 8

Заведующий кафедрой Филатова И.В.  
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **одобрена учебно-методической комиссией** ГОУВПО «ДОННТУ» по специальности 21.05.04 «Горное дело»

Протокол от «29» 03 2023 года № 4

Председатель Борщевский С. В.  
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры «Маркшейдерское дело им. Д. Н. Оглоблина».

Протокол от «\_\_» \_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры «Маркшейдерское дело им. Д. Н. Оглоблина».

Протокол от «\_\_» \_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры «Маркшейдерское дело им. Д. Н. Оглоблина».

Протокол от «\_\_» \_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры «Маркшейдерское дело им. Д. Н. Оглоблина».

Протокол от «\_\_» \_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры «Маркшейдерское дело им. Д. Н. Оглоблина».

Протокол от «\_\_» \_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

## 1. ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины является освоение студентами современных методов разработки и использования инструментальных средств компьютерного моделирования систем в задачах анализа и синтеза сложных систем горного производства.

Основными задачами дисциплины являются:

- изучение и освоение студентами современных методов разработки и использования инструментальных средств компьютерного моделирования, используемых для анализа и синтеза сложных систем на основе моделирования на ЭВМ;

- использование методов и инструментальных средств компьютерного моделирования систем в задачах анализа и синтеза сложных систем горного производства.

В результате освоения дисциплины студент должен:

**знать:**

- особенности общественного развития, вариативность и основные закономерности исторического процесса, роль сознательной деятельности людей.

- контроля соблюдения технико-технологических норм, правил и стандартов при производстве, соблюдения технико-технологических норм, правил и стандартов при производстве маркшейдерско-геодезических работ, организации и проведения полевых и камеральных геодезических работ;

- принципы управления объектами недвижимости предприятия на базе данных кадастра, геодезическую и картографическую основы кадастра недвижимости, типологию кадастров;

- состав сведений государственного кадастра недвижимости об объекте недвижимости; законы и иные нормативно-правовые акты в области недропользования, безопасного ведения работ, связанных с промышленной безопасностью и защитой окружающей среды;

- распорядительные, методические и нормативные документы, регламентирующие деятельность маркшейдерского обеспечения недропользования;

- требования инструкций и других нормативных документов по выполнению маркшейдерско-геодезических работ;

- виды моделей, применяемых при геометризации недр; основы теории геохимического поля П. К. Соболевского;

**уметь:**

- самостоятельно анализировать научную литературу по гуманитарной проблематике, находить, анализировать и оценивать значимость исторических фактов;

- планировать и выполнять геодезические измерения, вычисления и графические построения;

- классифицировать объекты недвижимости, в том числе горного предприятия;

- определять кадастровый номер земельного участка; организовывать трудовые отношения в подразделении маркшейдерского обеспечения недропользования и координировать его деятельность;
- планировать и осуществлять контроль соблюдения технико-технологических норм, правил и стандартов в подразделениях маркшейдерского обеспечения горнодобывающих предприятий.
- методы и технологии горно-геометрического моделирования месторождений твердых полезных ископаемых и горных отводов;
- методы теории вероятности и математической статистики; методологию исследований, теоретические и практические подходы при их проведении методы анализа, систематизации и интерпретации результатов исследований.
- анализировать геологоразведочную и горно-графическую документацию, правила оценки точности измерений; инструктивно-методические требования к точности выполнения маркшейдерских работ.

**Владеть:**

- навыками публичной речи, аргументации, ведения дискуссии и полемики;
- навыками работы с геодезическим оборудованием при производстве геодезических работ;
- навыками подготовки документов для кадастрового учета; навыками планирования, управления и координирования деятельностью при производстве маркшейдерско-геодезических работ;
- навыками применения знаний при выполнении требований нормативных документов.
- анализом геологоразведочной и горно-графической документации.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций:

- способность планировать, управлять и координировать деятельность подразделений маркшейдерского обеспечения недропользования осуществлять контроль соблюдения технико-технологических норм, правил и стандартов при производстве маркшейдерско-геодезических работ (ПК-3);
- способность анализировать геодезическую, маркшейдерскую и геологоразведочную информацию с использованием методов теории вероятностей, математической статистики, математического анализа геометризаций, геостатистики, определять закономерности пространственного размещения структурных и качественных показателей месторождения, а также характеристик природных и техногенных процессов (ПК-8).

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ**

Дисциплина относится к Части, формируемая участниками образовательных отношений Блока 1 дисциплин (модулей) учебного плана.

Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин: «Информатика», «Маркшейдерия», «Компьютерные технологии создания горно-графической документации»

Знания, умения и навыки, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при прохождении преддипломной практики, прохождении государственной итоговой аттестации.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов (очная/заочная форма)				
	Всего	В том числе			
		Лекции	Практ. (Семина.)	Лабор.	СРС
1. Понятие математической модели	9/19	2/0	0/0	4/0	3/19
2. Понятие о математическом моделировании	12/18	2/1	0/0	8/0	2/17
3. Методы физического моделирования	11/20	2/1	0/0	6/2	3/17
4. Методы компьютерного моделирования для исследования механических процессов в породном массиве.	16/22	5/1	0/4	8/0	3/17
5. Исследование напряженно-деформированного состояния массива горных пород	17/20	6/1	0/0	8/2	3/17
Контактная работа (дополнительная)	7/9				
Курсовой проект	36/36	0/0	0/0	0/0	36/36
Контроль (экзамен)	54/18				
<b>ИТОГО:</b>	<b>162/162</b>	<b>17/4</b>	<b>-/4</b>	<b>34/4</b>	<b>50/123</b>

#### Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на выработку компетенции
<b>ПК-6</b>	Темы 1, 2, 3, 4, 5
<b>ПК-8</b>	Темы 1, 2, 3, 4, 5

#### 3.2. Лекции

Тема 1. Понятие математической модели.

Содержание темы 1: Понятие математической модели. Основные этапы математического моделирования. Классификация моделей. Требования, предъявляемые к математическим моделям.

Литература к теме 1:

Основная: [1], [2], [3].

Дополнительная: [4], [5].

Тема 2. Понятие о математическом моделировании.

Содержание темы 2: Принцип и операции математического моделирования.



Примеры математических моделей. Основные виды математических моделей, применяемых в горном деле.

Литература к теме 2:

Основная: [\[1\]](#), [\[2\]](#), [\[3\]](#).

Дополнительная: [\[4\]](#), [\[5\]](#).

Тема 3. Методы физического моделирования.

Содержание темы 3: Общие положения. Основные положения теории подобия. Метод центробежного моделирования. Метод эквивалентных материалов. Поляризационно-оптический метод моделирования. Другие методы моделирования.

Литература к теме 3:

Основная: [\[1\]](#), [\[2\]](#), [\[3\]](#).

Дополнительная: [\[4\]](#), [\[5\]](#).

Тема 4. Методы компьютерного моделирования для исследования механических процессов в породном массиве.

Содержание темы 4: Основные уравнения теории упругости. Напряженно-деформированное состояние горного массива вокруг горной выработки кругового сечения. Применение методов конечных разностей для расчетов напряженного состояния массива горных пород. Понятие о вариационных методах решения задач теории упругости.

Литература к теме 4:

Основная: [\[1\]](#), [\[2\]](#), [\[3\]](#).

Дополнительная: [\[4\]](#), [\[5\]](#).

Тема 5. Исследование напряженно-деформированного состояния массива горных пород методом конечных элементов. Применение метода граничных элементов для оценки напряженно-деформированного состояния массива горных пород. Учет нелинейности деформирования массива горных пород. Исследование напряженно-деформированного состояния горного массива методом дискретных элементов.

Литература к теме 5:

Основная: [\[1\]](#), [\[2\]](#), [\[3\]](#).

Дополнительная: [\[4\]](#), [\[5\]](#).

### 3.3. Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Тема занятия	Объем, час. очн/заочн	Литература
1	«Анализ прикладной задачи. Статистический, динамический, тепловой анализ в системе Ansys. Расчет на перегрузки и частотный расчет деталей.»	0/4	<a href="#">[1]</a> , <a href="#">[2]</a> , <a href="#">[3]</a> , <a href="#">[4]</a> , <a href="#">[5]</a>
Итого:		0/4	

### 3.4. Лабораторные работы

№ п/п	Тема работы	Объем, час. очн/заочн	Литература
1	Описание программы «Ansys»	4/2	<a href="#">[1]</a> , <a href="#">[2]</a> , <a href="#">[3]</a> , <a href="#">[4]</a> , <a href="#">[5]</a> .
2	«Построение маркшейдерских эскизов с использованием команд черчения Ansys Workbench»	8/2	<a href="#">[1]</a> , <a href="#">[2]</a> , <a href="#">[3]</a> , <a href="#">[4]</a> , <a href="#">[5]</a>
3	«Статистический и динамический анализ в Ansys»	4/0	<a href="#">[1]</a> , <a href="#">[2]</a> , <a href="#">[3]</a> , <a href="#">[4]</a> , <a href="#">[5]</a>
4	Тепловой анализ в системе Ansys	4/0	<a href="#">[1]</a> , <a href="#">[2]</a> , <a href="#">[3]</a> , <a href="#">[4]</a> , <a href="#">[5]</a>
5	Расчет на перегрузки и частотный расчет деталей	6/0	<a href="#">[1]</a> , <a href="#">[2]</a> , <a href="#">[3]</a> , <a href="#">[4]</a> , <a href="#">[5]</a>
Итого:		34/4	

### 3.5. Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час. очн/заочн
1	Изучение лекционного материала	7/34
2	Подготовка к практическим занятиям	0/18
3	Подготовка к лабораторным работам	7/35
4	Выполнение курсового проекта	36/36
5	Выполнение курсовой работы	0/0
Итого:		50/123

### 3.6. Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

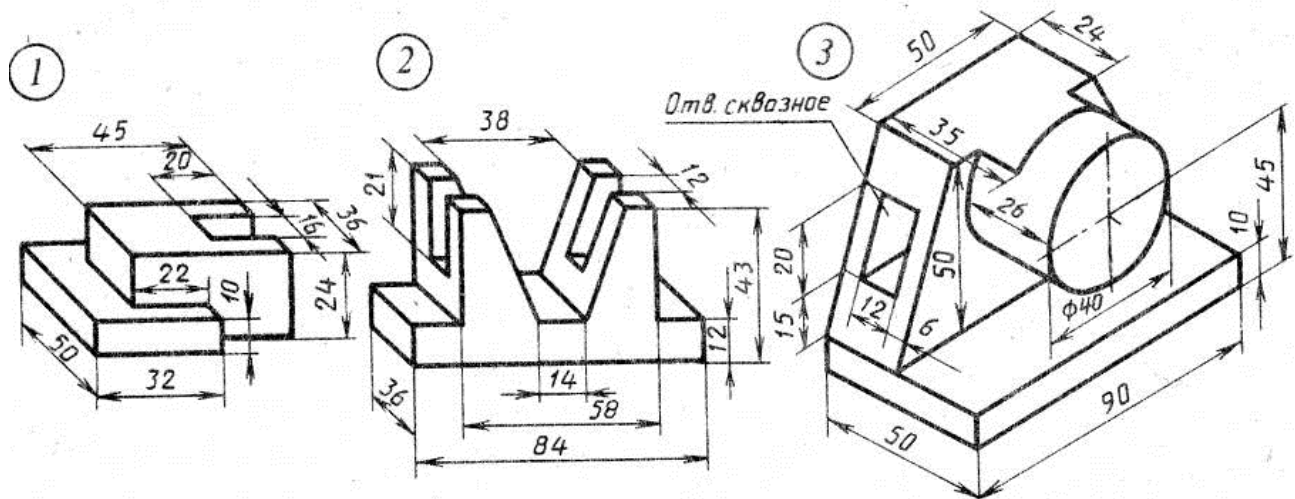
**Курсовой проект** посвящён разработке проекта расчета напряженно-деформированного состояния трех деталей при действующих на них нагрузках.

Исходные данные каждому студенту выдаются индивидуально. Студент выполняет разработку конструкции модели, разрабатывает конечно-элементную модель конструкции, проводит статический и динамический анализы напряженно-деформированного состояния всех элементов конструкции, а также выполняет различные анализы напряженно-деформированного состояния всех элементов конструкции.

**Пример задания** на курсовой проект.

Рассчитать напряженно-деформированное состояние трех деталей при действующих на него нагрузках.

### Вариант 1



Деталь 1 изготовлена из стали (модуль Юнга  $E = 2,2 \cdot 10^5$  МПа, плотность  $\rho = 7850$  кг/м<sup>3</sup>, коэффициент Пуассона  $\mu = 0.3$ ). Температура на одну сторону 1520 °С, а для стороны 2 - 500 °С, конвекция выбирается самостоятельно. Для анализа прочности конструкции в условиях эксплуатации необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать конечно-элементную модель конструкции.
2. Провести статический и динамический анализы напряженно-деформированного состояния всех элементов конструкции;
3. Провести тепловой анализ напряженно-деформированного состояния всех элементов конструкции;
4. Провести анализ результатов, полученных на основании проведенных расчётов;
5. Провести оптимизацию модели.

Деталь 2 изготовлена из титана (модуль Юнга  $E = 2 \cdot 10^{11}$  МПа, плотность  $\rho = 2260$  кг/м<sup>3</sup>, коэффициент Пуассона  $\mu = 0.3$ ). Температура на одну сторону 2000 °С, а для стороны 2 - 500 °С, конвекция выбирается самостоятельно. Сосредоточенная сила, приложенная в точке 1 -  $F_1 = 1000$  Н; Сосредоточенная сила, приложенная в точке 2 -  $F_2 = 4000$  Н; Интенсивность распределенной нагрузки, действующей на участке длиной 84 мм -  $q = 500$  Н/м; Для анализа прочности конструкции в условиях эксплуатации необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать конечно-элементную модель конструкции.
2. Провести статический и динамический анализы напряженно-деформированного состояния всех элементов конструкции;
3. Исследовать напряженно-деформированное состояние при растяжении-сжатии.



4. Провести тепловой анализ напряженно-деформированного состояния всех элементов конструкции;
5. Провести анализ результатов, полученных на основании проведенных расчётов;
6. Провести оптимизацию модели.

Деталь 3 изготовлена из нержавеющей стали (модуль Юнга  $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ , плотность  $\rho = 7500 \text{ кг/м}^3$ , коэффициент Пуассона  $\mu = 0.3$ ). Температура на одну сторону  $1520^\circ\text{C}$ , а для стороны 2 -  $500^\circ\text{C}$ , конвенция выбирается самостоятельно. Предел прочности  $600 \text{ МПа}$ . Сосредоточенная сила, приложенная в точке 1 -  $F_1 = 10000 \text{ Н}$ ; Сосредоточенная сила, приложенная в точке 2 -  $F_2 = 4000 \text{ Н}$ ; Интенсивность распределенной нагрузки, действующей на участке длиной  $90 \text{ мм}$  -  $q = 1000 \text{ Н/м}$ ; Для анализа прочности конструкции в условиях эксплуатации необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать конечно-элементную модель конструкции.
2. Провести статический и динамический анализы напряженно-деформированного состояния всех элементов конструкции;
3. Исследовать напряженно-деформированное состояние при растяжении-сжатии.
4. Провести тепловой анализ напряженно-деформированного состояния всех элементов конструкции;
5. Провести анализ результатов, полученных на основании проведенных расчётов;
6. Провести оптимизацию модели.

Окончив все расчеты, необходимо построить соответствующие графики, написать подробный отчет и сделать вывод по результатам расчетов.

Объем учебной нагрузки при выполнении курсового проекта – 36 часов.

Рекомендуемый объем пояснительной записки к курсовому проекту – не более 30 страниц формата А4 (210×297 мм).

Выполнение индивидуального задания по дисциплине учебным планом не предусмотрено.

## **4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

### **4.1. Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций**

*Составляющая компетенции – полнота знаний*

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований;

- минимальный уровень: даны не полные, неточные и неаргументированные ответы на вопросы. Допущено много грубых ошибок. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;
- средний уровень: даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

#### *Составляющая компетенции – умения*

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;
- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы;
- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы;
- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы;
- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения;
- высокий уровень: понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения.

#### *Составляющая компетенции – владение навыками*

- нулевой уровень: не демонстрирует владение навыками выполнения профессиональных задач. Не может выполнить задания;
- минимальный уровень: не демонстрирует владение навыками выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- пороговый уровень: владеет навыками выполнения профессиональных задач на пороговом уровне. Задания выполняет медленно и некачественно;
- средний уровень: владеет навыками выполнения профессиональных задач. Задания выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;
- продвинутый уровень: владеет уверенными навыками выполнения профессиональных задач. Быстро и качественно выполняет задания, иногда допуская незначительные погрешности;

- высокий уровень: владеет уверенными навыками выполнения профессиональных задач. Быстро и качественно выполняет задания, при необходимости демонстрируя творческий подход.

#### *Обобщенная оценка сформированности компетенций*

- нулевой уровень: на нулевом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- минимальный уровень: на минимальном уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- пороговый уровень: на пороговом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- средний уровень: на среднем уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- продвинутый уровень: на продвинутом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на высоком уровне;
- высокий уровень: на высоком уровне сформированы все составляющие компетенций.

## **4.2 Вопросы к экзамену и пример экзаменационного билета**

### **1. Основные уравнения теории упругости.**

- напряжения, действующие в горном массиве. Привести схему;
- относительные сдвиги;
- условие сплошности деформаций;
- условие равновесия для статического равновесия среды деформирования участка массива горных пород;
- связь напряжений и деформаций;
- Относительное изменение объема и упругая потенциальная энергия объема изотропного горного массива.

### **2. Напряженно-деформированное состояние горного массива вокруг горной выработки кругового сечения.**

- Начальное напряженное состояние. Привести расчетную схему к определению напряженного состояния вокруг одиночной круговой выработки в изотропном однородном массиве;
- граничные условия;
- уравнение равновесия;
- уравнение неразрывности деформаций;
- физическое уравнение связи деформаций с напряжениями;
- Решение уравнения неразрывности;
- компоненты дополнительных напряжений;
- Полные напряжения;
- Компоненты деформаций;
- Радиальные безразмерные сдвиги;
- Анализ закономерности распределения напряжений вокруг пересечения кругового выработки.

### **3. Применение методов конечных разностей для расчетов напряженного**

состояния массива горных пород.

- Идея метода конечных разностей;

- Привести расчетную схему для определения напряжений в плоскости пласта при произвольной

конфигурации выработанного пространства;

- Привести уравнение прогиба плиты;

4. Понятие о вариационных методах решения задач теории упругости.

5. Исследование напряженно-деформированного состояния массива горных пород методом конечных элементов.

- Указать, для каких задач применяется МКЭ;

- Привести схемы с типами конечных элементов;

- узловые перемещения

- горизонтальное перемещение внутри элемента;

- полная деформация элемента;

- матрица жесткости для плоского деформированного состояния;

- система линейных уравнений для решения неизвестных перемещений;

- наиболее важные преимущества МКЭ.

6. Применение метода граничных элементов для оценки напряженно-деформированного

состояния массива горных пород. Метод фиктивных сил.

- Сущность метода граничных элементов;

- задача Фламана. Привести рисунок.

- Задача Кельвина.

- задачи метода граничных элементов;

- метод фиктивных сил.

7. Метод разрывных смещений.

- процедура разрывных перемещений;

- привести рисунок Компонент  $D_x$  и  $D_y$  постоянного разрыва смещений;

- Сдвиги и напряжения в любой точке плоскости от с использованием формул Крауча;

- Влияние отдельного элементарного разрыва смещения на сдвиги и напряжения

произвольной точки бесконечного твердого тела;

- система уравнений для нахождения компонент элементарных разрывов смещений.

8. Учет нелинейности деформирования массива горных пород.

- Этапы деформирования породы;

- Кривая деформирования участка массива горных пород с учетом всех основных нелинейных этапов

- Кривая ползучести горной породы как пример нелинейного ее деформирования

- Учет нелинейности деформирования породы методом переменных секущих модулей (рисунок);

- Иллюстрация метода начальных напряжений, обслуживающего нелинейность деформационной характеристики (рисунок).

9. Исследование напряженно-деформированного состояния горного массива методом дискретных элементов.

- метод дискретных сред

- метод моделирования кинетики. Алгоритм.

10. Понятие математической модели

11. Основные этапы математического моделирования

12. Классификация моделей

13. Требования, предъявляемые к математическим моделям

14. Принцип и операции математического моделирования.

15. Основные виды математических моделей, применяемых в горном деле

16. Методы физического моделирования. Общие положения.

17. Основные положения теории подобия.

18. Метод центробежного моделирования.

19. Метод эквивалентных материалов.

20. Поляризационно-оптический метод моделирования.

21. Методы физического моделирования (вспомогательные).

### Пример экзаменационного билета:

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»	
Уровень высшего профессионального образования	специалитет
Направление (специальность) подготовки:	(бакалавриат, специалитет, магистратура)
	21.05.04 «Горное дело»
Направленность (профиль):	(код, название)
	«Маркшейдерское дело»
Семестр:	10
Учебная дисциплина:	Математическое моделирование в маркшейдерии

### БИЛЕТ №

1. Требования, предъявляемые к математическим моделям
2. Понятие о вариационных методах решения задач теории упругости.
3. Учет нелинейности деформирования породы методом переменных секущих модулей (рисунок)
4. Указать, для каких задач применяется метод конечных элементов.

Утверждено на заседании кафедры «Маркшейдерское дело» им. Д.Н. Оглоблина»  
(наименование кафедры полностью)

Протокол	№
Зав. кафедрой	
	(подпись) (Ф.И.О.)
Экзаменатор	
	(подпись) (Ф.И.О.)

**КРИТЕРИИ**  
**оценивания экзаменационной работы по дисциплине «Математическое**  
**моделирование в маркшейдерии»**  
**для обучающихся по направлению подготовки 21.05.04 «Горное дело»**  
**направленности (профиля) «Маркшейдерское дело»**

Экзамен проводится письменно по билетам. Билет содержит 4 вопроса, каждый из которых требует конкретного ответа.

- четыре теоретических вопроса отвечены в полном объеме без замечаний или с незначительными замечаниями, на дополнительные вопросы даны правильные ответы, при этом обучающийся владеет материалом, представленном в экзаменационном ответе, и может обосновать все принятые решения – 38...45 баллов;

- три из теоретических вопросов отвечен в полном объеме, один в неполном объеме, на дополнительные вопросы даны в основном правильные ответы, при этом обучающийся владеет материалом, представленном в сводном отчете, и может обосновать все принятые решения – 29...37 балла;

- два из теоретических вопросов отвечены в полном объеме без замечаний или с незначительными замечаниями, ответа на два вопроса не последовало или на два вопроса даны ответы не в полном объеме, на дополнительные вопросы даны в основном правильные ответы, при этом обучающийся владеет материалом, представленном в сводном отчете, и может обосновать все принятые решения – 19...28 балла;

- один из теоретических вопросов отвечен в полном объеме без замечаний или с незначительными замечаниями, ответа на три вопроса не последовало или на три вопроса даны ответы не в полном объеме, на дополнительные вопросы даны в основном правильные ответы, при этом обучающийся владеет материалом, представленном в сводном отчете, и может обосновать все принятые решения – 10...18 балла;

- в прочих случаях – 0...9 балла.

### **4.3 Критерии оценивания**

Оценивание уровня освоения студентом учебного материала дисциплины «Математическое моделирование в маркшейдерии» производится в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации (семестрового контроля). Усредненный итог двух частей балльной оценки освоения дисциплины выставляется в ведомость и зачетную книжку студента. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 60 баллов, итоговая форма контроля - в 40 баллов.

Итоговая оценка по 100-балльной шкале определяется суммой баллов за следующие виды работ согласно таблице:



Виды работ	Максимальное количество баллов (очная/заочная)
Посещение лекций и ведение конспекта	25/20
Выполнение лабораторных работ	25/30
Защита лабораторных работ	10/10
Итоговый контроль	40/40
Итого	100/100

Критерии оценки знания студентов:

«Отлично» - если студент глубоко и прочно усвоил программный материал учебной дисциплины, исчерпывающе, грамотно и логически верно отвечает на поставленные вопросы, не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами и практическими заданиями, правильно обосновывает принятые решения, умеет самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок.

«Хорошо» - если студент твердо знает программный материал учебной дисциплины, грамотно и по существу отвечает на поставленные вопросы, не допускает существенных неточностей в ответах, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми знаниями и навыками при выполнении практических заданий.

«Удовлетворительно» - если студент усвоил только основную часть программного материала учебной дисциплины, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, дает недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий.

«Неудовлетворительно» - если студент не знает значительной части программного материала учебной дисциплины, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет практические задания, задачи.

**Текущий контроль** знаний студентов производится по результатам выполнения лабораторных работ во время контрольных опросов в ходе проведения занятий.

Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ECTS:

Сумма баллов по 100-балльной шкале	Оценка по шкале ECTS	Оценка по государственной шкале
90-100	A	Отлично
80-89	B	Хорошо
75-79	C	
70-74	D	
60-69	E	Удовлетворительно
35-59	FX	
0-34	F*	Неудовлетворительно

\* – с обязательным повторным изучением дисциплины.

#### 4.5. Пример текущего опроса на лабораторных занятиях

Лабораторная работа на тему: Описание программы «ANSYS».

Вопросы при текущем опросе:

1. Для решения каких задач разработана программа «ANSYS»?
2. Какие модули входят в состав программы «ANSYS»?
3. Что представляет собой Workbench?
4. Workbench имеет меню *toolbox*, которое имеет подгруппы. Перечислите их.

#### 4.6 Курсовое проектирование

Аттестация курсовых проектов проводится до начала экзаменационной сессии – для студентов очной формы обучения, до начала экзамена по соответствующей дисциплине – для студентов заочной формы обучения. Если студент очной формы обучения не аттестован по курсовому проекту, то он не допускается к экзамену по данной дисциплине.

Аттестация по курсовым проектам производится в виде ее защиты преподавателю. Дата защиты определяется в соответствии с графиком учебного процесса.

При защите курсовой проекта студенту предоставляется время для выступления, в котором он докладывает об основных результатах проведенного исследования. Предварительно ознакомившись с отзывом, студент дает пояснения по существу критических замечаний по работе, отвечает на вопросы преподавателя, обосновывает свои выводы дополнительными аргументами.

Формой аттестации студента по курсовому проекту является дифференцированный зачет.

При оценке курсового проекта учитываются не только ее содержание, но и результаты защиты.

Общими критериями для выставления оценок с использованием 5-балльной системы оценивания являются:

- «отлично» - изложенный материал фактически верен, поставленные цели и задачи достигнуты, наличие глубоких исчерпывающих знаний в области изучаемого вопроса, грамотное и логически стройное изложение материала, широкое использование дополнительной литературы, демонстрация основных компетенций;

- «хорошо» - наличие твердых и достаточно полных знаний в рамках поставленного вопроса; правильность действий по применению знаний на практике, четкое изложение материала; допускаются отдельные логические и стилистические погрешности;

- «удовлетворительно» - наличие твердых знаний в рамках поставленного вопроса, изложение ответов с отдельными ошибками, исправленными после замечаний научного руководителя; правильные в целом действия по применению знаний на практике;

- «неудовлетворительно» - работа логически не закончена, цели не достигнуты, студент не понимает сущности излагаемого материала, неумение

применять знания на практике, неуверенность и неточной ответов на дополнительные вопросы.

Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ECTS:

Сумма баллов по 100-балльной шкале	Оценка по шкале ECTS	Оценка по государственной шкале
90-100	A	Отлично
80-89	B	Хорошо
75-79	C	
70-74	D	Удовлетворительно
60-69	E	
35-59	FX	Неудовлетворительно
0-34	F*	

\* – с обязательным повторным изучением дисциплины.

Оценка по курсовому проекту объявляется после защиты и выставляется в ведомость и в зачетную книжку студента. В случае получения неудовлетворительной оценки студент очной формы обучения должен устранить имеющиеся недостатки и пройти повторную аттестацию.

Защищенные курсовые работы (проекты) студентам не возвращаются.

## 5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### *I Основная литература*

1. Денисов М.А. Компьютерное проектирование. ANSYS [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / М.А. Денисов ; Урал. федер. ун-т им. первого Президента России Б.Н. Ельцина. - 11 Мб. - Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://ed.donntu.ru/books/cd5873.pdf> – Загл. с экрана.

2. Денисов М.А. Автоматизированное проектирование в ANSYS и Компас-3D [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / М.А. Денисов ; Урал. федер. ун-т им. первого Президента России Б.Н. Ельцина. - 15 Мб. - Екатеринбург : [б.и.], 2015. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://ed.donntu.ru/books/17/cd6849.pdf> – Загл. с экрана.

3. Басов, К. А. ANSYS : справочник пользователя / К. А. Басов. — 2-е изд. — Саратов : Профобразование, 2019. — 640 с. — ISBN 978-5-4488-0064-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/87978.html> .— Режим доступа: для авторизир. пользователей

### *II Дополнительная литература*

4. Банщикова, И. А. Комплекс ANSYS. Анализ устойчивости конструкций : учебное пособие / И. А. Банщикова, М. А. Леган, К. А. Матвеев. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. — 66 с. —

ISBN 978-5-7782-3383-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91221.html> . — Режим доступа: для авторизир. пользователей

5. Гридчин, А. В. Проектирование электронной компонентной базы в ANSYS Workbench : учебное пособие / А. В. Гридчин, В. А. Колчужин, В. А. Гридчин. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2016. — 83 с. — ISBN 978-5-7782-3138-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91692.html> . — Режим доступа: для авторизир. пользователей

## **6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Учебно-методические издания, разработанные в ДОННТУ:**

#### К лекциям:

Конспект лекций учебной дисциплины «Математическое моделирование в маркшейдерии» / [Электронный ресурс] : для обучающихся по специальности 21.05.04 «Горное дело» специализация «Маркшейдерское дело» / ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. маркшейдерского дела им. Д. Н. Оглоблина ; сост.: Филатова И.В.— Электрон. дан. (1 файл). - Донецк: ДОННТУ, 2022. – Систем. требования: Acrobat Reader. (доступ через личный кабинет студента).

#### К лабораторным и практическим работам:

**Методические указания по выполнению лабораторных, практических и самостоятельных работ по дисциплине «Математическое моделирование в маркшейдерии»** [Электронный ресурс] : для обучающихся по специальности 21.05.04 «Горное дело» специализация «Маркшейдерское дело» / ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. маркшейдерского дела им. Д. Н. Оглоблина ; сост.: А. Н. Грищенко, А. А. Канавец, А.В. Тонофа. – Электрон. дан. (1 файл). - Донецк : ДОННТУ, 2020. – Систем. требования: Acrobat Reader.

#### К курсовому проекту:

**Методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Математическое моделирование в маркшейдерии»** [Электронный ресурс] : уровень проф. высш. образования «специалист» специальность 21.05.04 «Горное дело» специализация «Маркшейдерское дело»/ ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. маркшейдерского дела им. Д. Н. Оглоблина ; сост.: А. Н. Грищенко, А. А. Канавец, А.В. Тонофа. – Электрон. дан. (1 файл). - Донецк : ДОННТУ, 2020. – Систем. требования: Acrobat Reader.

### **Электронно-информационные ресурсы**

Электронно-библиотечная система Донецкого национального технического университета. – Донецк : НБ ДОННТУ. – URL: <http://library.donntu.ru/ebs.php> . — Текст : электронный.

Научно-техническая библиотека Донецкого национального технического университета. – Донецк : НБ ДОННТУ, 1999 -2022. — URL: <http://library.donntu.ru/> . — Текст : электронный.

Научная электронная библиотека ELIBRARY.RU – Режим доступа:  
<http://elibrary.ru/> – Текст : электронный.

Лань : электронно.-библ. система. – Санкт-Петербург : Лань, сор. 2011–2021.  
– URL: <https://e.lanbook.com/> . – Режим доступа : для авторизир. пользователей. –  
Текст : электронный.

Электронная библиотека Горное образование – URL: <http://library.gorobr.ru/>

### **Internet-ресурсы**

1. [www.ansys.com](http://www.ansys.com);
2. [www.itascagroup.com](http://www.itascagroup.com)

## **7.МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Учебная аудитория № 11.318, учебный корпус 11, для проведения занятий лекционного и лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (мультимедийное оборудование: ноутбук (ОС – Windows 8.1 Professional x86/64 (академическая подписка Dream Spark Premium), Libre Office 3.3.0.4 (лицензия GNU LGPL v3+ и MPL 2.0), мультимедийный проектор, экран; специализированная мебель: доска аудиторная, столы аудиторные, стулья ученические; демонстрационные стенды и плакаты).

2. Компьютерный класс № 11.321, учебный корпус 11, для проведения занятий лекционного типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации компьютер (мультимедийное оборудование: компьютер Sempron LE-1150 (ОС – Windows XP Professional x 64 (академическая подписка DreamSparkPremium), Libre Office 3.3.0.4 (бесплатная версия), AutoCad 2010 (студенческая бесплатная версия), монитор Samsung 550B, компьютер 486 с принтером EPSON 1050, компьютер C-2-766 (2 шт.), компьютер IBM PC 386/387, компьютер IBM Pentium 150 Mhz, компьютер P IV-3.0 Ghz (2 шт), компьютер Pentium 166 Mhz, компьютер P-IV-2.4 Ghz-800Mhz, компьютер Pentium PC1-233, компьютер PC-C-366/64/10,1, компьютер C-2,8; принтер HP Desk Jet 1220C, принтер-плоттер Croma 24, CAD, сканер Compact 4800 A-4, сканер GT-15000, сканер SJ-IIIp, сканер HP 3800; мультимедийный проектор, экран; специализированная мебель: доска аудиторная, столы аудиторные, стулья ученические; демонстрационные стенды и плакаты); светокопировальные столы (2 шт.)

3. Помещения для самостоятельной работы с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации: читальные залы, учебные корпуса 2, 3 (Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (ЭИОС ДОННТУ) и электронно-библиотечную систему (ЭБС IPRbooks), а также возможностью индивидуального неограниченного доступа обучающихся в ЭБС и ЭИОС посредством Wi-Fi с персональных мобильных устройств. ОС – Microsoft Windows 7, Open Office 2.0.3 – общественная лицензия MPL 2.0/Grubloaderfor

ALT Linux – лицензия GNU LGPL v3/ Mozilla Firefox – лицензия MPL 2.0, Moodle (Modular Object – Oriented Dynamic Learning Environment) – лицензия GNU GPL).