



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института

С.Е. Гавришев

« 07 » ноября 2018 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИБОРТОВОГО МАССИВА

Специальность  
21.05.04 Горное дело

Направленность (специализация) программы  
Открытые горные работы

Уровень высшего образования – специалитет

Форма обучения  
Очная

Институт	Горного дела и транспорта
Кафедра	Разработки месторождений полезных ископаемых
Курс	III
Семестр	5

Магнитогорск  
2018 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по специальности 21.05.04 Горное дело, утвержденного Министерством образования и науки Российской Федерации от 17.10.2016 г. № 1298.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры разработки месторождений полезных ископаемых «23» октября 2018 г., протокол № 3.

Зав. кафедрой  / С.Е. Гавришев /

Рабочая программа одобрена методической комиссией института горного дела и транспорта «07» ноября 2018 г., протокол № 2.


Председатель  / С.Е. Гавришев /

Рабочая программа составлена: доцент кафедры РМПИ, к.т.н., доцент

 / В.Ю. Заляднов /

Рецензент:  
«ГеоПроект»

заведующий лаборатории ООО «Урал-

 / А.А. Зубков /



## 1 Цели освоения дисциплины

Целями изучения дисциплины «Геомеханическое обоснование устойчивости прибортового массива» являются:

- приобретение теоретических и практических навыков разработки мероприятий по управлению геомеханическими процессами в прибортовом массиве и обеспечению устойчивости бортов карьеров и откосов отвалов;

- развитие у студентов личностных качеств, а также формирование профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 21.05.04 Горное дело.

## 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы подготовки специалиста

Дисциплина «Геомеханическое обоснование устойчивости прибортового массива» входит в вариативную часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения таких дисциплин как: «Математика», «Физика», «Геология», «Геомеханика»: физико-механические свойства пород, условия равновесия и устойчивости откосов горных пород, роль структурного состояния пород на их прочность; основные закономерности развития деформаций откосов открытых выработок.

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы при освоении дисциплин: «Планирование открытых горных работ», «Проектирование карьеров».

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины «Геомеханическое обоснование устойчивости прибортового массива» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
<b>ОПК-9</b> владением методами анализа, знанием закономерностей поведения и управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных сооружений	
Знать:	- физико-механические свойства и классификации горных пород и характеристики породных массивов - методы испытаний горных пород и строительных материалов - основные закономерности развития деформаций откосов открытых выработок
Уметь:	- Использовать справочную литературу для определения свойств горных пород и устойчивых параметров выработок - проводить испытания горных пород и строительных материалов при исследовании их физико-механических свойств, обосновывать параметры устойчивых выработок; - анализировать инженерно-геологические условия разработки месторождений, обосновывать параметры устойчивых откосов бортов и уступов карьеров, определять запас устойчивости откосов открытых горных выработок и отвалов

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
Владеть:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- современными методами исследования физико-механических свойств горных пород и строительных материалов;</li> <li>- геомеханическими методами обоснования высоты и угла откосов</li> <li>- современными методами оценки устойчивости откосов уступов и бортов карьеров;</li> </ul>
<p><b>ПК-7</b> умением определять пространственно-геометрическое положение объектов, осуществлять необходимые геодезические и маркшейдерские измерения, обрабатывать и интерпретировать их результаты</p>	
Знать:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- условия применения известных способов проектирования карьеров, обеспечивающих их безопасную эксплуатацию при минимуме вскрышных работ</li> <li>- условия использования инженерных способов укрепления уступов и упрочнения их пород</li> <li>- основные способы и дренажные схемы предохранения массива бортов от воды</li> </ul>
Уметь:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнять расчеты по укреплению уступов;</li> <li>- выполнять расчеты и обоснование схем укрепления уступов;</li> <li>- выполнять расчеты и обоснование схем укрепления уступов; параметров дренажных схем;</li> </ul>
Владеть:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- методиками расчета укрепления уступов;</li> <li>- современными методами управления состоянием массива горных пород;</li> <li>- Навыками использования специализированных программных комплексов по управлению состоянием массива горных пород.</li> </ul>
<p><b>ПСК-3.4</b> способностью разрабатывать отдельные части проектов строительства, реконструкции и перевооружения объектов открытых горных работ, проектную и техническую документацию с учетом требований промышленной безопасности</p>	
Знать:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Перечень нормативной документации по строительству, реконструкции и перевооружению объектов открытых горных работ</li> <li>- Нормативную документации по строительству, реконструкции и перевооружению объектов открытых горных работ;</li> <li>- Особенности оформления технической документации в соответствии с требованиями нормативной документации.</li> </ul>
Уметь:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Выбрать необходимый нормативный документ соответствующий разрабатываемой части проекта;</li> <li>- Разрабатывать отдельные части проектов строительства, реконструкции и перевооружения объектов открытых горных работ;</li> <li>- Разрабатывать отдельные части проектов строительства, реконструкции и перевооружения объектов открытых горных работ, проектную и техническую документацию с учетом требований промышленной безопасности.</li> </ul>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
Владеть:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Базой нормативной документации по строительству, реконструкции и перевооружению объектов открытых горных работ;</li> <li>- Навыками оформления отдельных частей проектной документации;</li> <li>- Навыками использования специализированных программных комплексов автоматизированного проектирования.</li> </ul>

#### 4 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 131,6 акад. часов;
  - аудиторная – 126 акад. часов;
  - внеаудиторная – 5,6 акад. часов
- самостоятельная работа – 12,7 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

Раздел дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная раб. (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	Лаборат. занятия	практич. занятия				
1. Раздел Введение.								
1.1. Цели и задачи дисциплины, связь со смежными дисциплинами	5	0,5	0,5	0,5		Подготовка к семинарскому занятию	Устный опрос (собеседование)	ОПК-9;
1.2. Современные тенденции развития отрасли	5	0,5	0,5	0,5		Подготовка к семинарскому занятию	Устный опрос (собеседование)	ПК-7;
Итоги по разделу		<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>				
2. Виды деформаций прибортового массива								
2.1 Оползни бортов и отвалов	5	4	4/2И	6/2И	1	Подготовка к тестированию	Тестирование	ОПК-9; ПК-7
2.2 Деформации бортов под влиянием воды	5	2	2	4	1	Подготовка к тестированию	Тестирование	ОПК-9; ПК-7

2.3 Осыпи, просадки, осадки	5	2	2	4	1	Подготовка к тестированию	Тестирование	ОПК-9; ПК-7
Итоги по разделу		<b>8</b>	<b>8/2И</b>	<b>14/2И</b>	<b>3</b>			
3. Конструкция бортов карьеров								
3.1 Профиль и конструкция борта	5	2	2	4	1	Подготовка к семинарскому занятию	Устный опрос (собеседование)	ПК-7;
3.2 Устойчивость бортов с учетом их криволинейности в плане	5	4	4/2И	5/4И	1	Подготовка к тестированию	Тестирование	ПК-7;
Итоги по разделу		<b>6</b>	<b>6/2И</b>	<b>9/4И</b>	<b>2</b>			
4. Обеспечение устойчивости прибортового массива и отвалов								
4.1 Обеспечение устойчивости при ведении буровзрывных работ	5	2	2/2И	4/2И	1	Подготовка к тестированию	Тестирование	ОПК-9; ПК-7;
4.2 Механические способы укрепления откосов	5	2	2	4/2И	1	Подготовка к тестированию	Тестирование	ОПК-8; ОПК-9;
4.3 Упрочнение массива	5	2	2	2	1	Подготовка к семинарскому занятию	Устный опрос (собеседование)	ОПК-9; ПК-7;
4.4 Способы обеспечения устойчивости отвалов	5	2	2	3	1			
Итоги по разделу		<b>8</b>	<b>8/2И</b>	<b>13/4И</b>	<b>4</b>			
5. Гидрогеологические факторы устойчивости прибортового массива								
5.1 Виды воды в горных породах	5	2	2	3	1	Подготовка к семинарскому занятию	Устный опрос (собеседование)	ОПК-9; ПК-7;
5.2 Основные представления о движении подземных вод	5	2	2	3	1	Подготовка к семинарскому занятию	Устный опрос (собеседование)	ОПК-9; ПК-7;



						тию		
5.3 Расчеты водопритоков к карьерам и дренажным системам	5	2	2/4И	3/4И	1	Подготовка к семинарскому занятию	Устный опрос (собеседование)	ОПК-9; ПК-7;
5.4 Технические средства осушения прибортового массива	5	2	2	3/3И	0,7	Подготовка к семинарскому занятию	Устный опрос (собеседование)	ОПК-9; ПК-7;
Итоги по разделу		<b>8</b>	<b>8/4И</b>	<b>12/7И</b>	<b>3,7</b>			
6. Оформление разделов проектной документации по обоснованию устойчивости прибортового массива								ОПК-9; ПК-7; ПСК-3.4
6.1 Состав раздела обоснования устойчивости. Примеры оформления.	5	4	4/4И	4/4И				ПСК-3.4
6.2 Мероприятия по обеспечению устойчивости прибортового массива	5	1	1	1/1И				ПСК-3.4
Итоги по разделу		<b>5</b>	<b>5/4И</b>	<b>5/5И</b>				
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>5</b>	<b>36</b>	<b>36/14И</b>	<b>54/22И</b>	<b>12,7</b>	<b>Подготовка к экзамену</b>	<b>Экзамен</b>	

<sup>1</sup> – Занятия проводятся в интерактивных формах (т.е. из 54 часов практических занятий 22 часа проводятся с использованием интерактивных методов)

## **5 Образовательные и информационные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Геомеханическое обоснование устойчивости прибортового массива» используются традиционная и модульно - компетентностная технологии.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Геомеханическое обоснование устойчивости прибортового массива» происходит с использованием мультимедийного оборудования.

Лекции проходят в традиционной форме, в форме лекций-информация, лекций-конференций, лекций-консультаций и проблемных лекций. Теоретический материал изложенный и объясненный студентам на лекциях-информациях, подлежит самостоятельному осмыслению и запоминанию. Совокупность докладов по предварительно подготовленной проблематике сделанных на лекции-конференции обеспечивает всестороннее освещение проблемы за счет дополнения и уточнения преподавателем, а также подведением итогов в конце лекции с формулированием основных выводов. Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения. На лекциях – консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы.

При проведении практических занятий используются работа в команде и традиционный семинар.

Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе подготовки домашних заданий, и докладов для практических занятий, при подготовке к итоговой аттестации.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

### **Перечень тем для подготовки к семинарским занятиям:**

1. Виды деформаций прибортового массива
2. Конструкция бортов карьеров
3. Обеспечение устойчивости прибортового массива и отвалов
4. Гидрогеологические факторы устойчивости прибортового массива
5. Оформление разделов проектной документации по обоснованию устойчивости прибортового массива

### **Перечень тем и заданий для подготовки к экзамену:**

1. Оползни бортов карьеров
2. Деформация бортов карьеров под влиянием воды
3. Осыпи, просадки, осадки
4. Оползни отвалов
5. Конструкция борта карьера
6. Расчет параметров устойчивых бортов с учетом их криволинейности в плане
7. Обеспечение устойчивости при ведении БВР
8. Механические способы укрепления откосов
9. Упрочнение массива горных пород и изоляция пород откосов
10. Методы обеспечения устойчивости отвалов
11. Виды воды в горных породах
12. Основные представления о движении подземных вод
13. Расчеты водопритоков к карьерам и дренажным системам
14. Технические средства осушения

## Задания для самостоятельной работы

### Тест № 1

**1 В течении какого времени может протекать оползень:**

- а) несколько минут
- б) несколько часов
- в) несколько суток
- в) несколько лет

**2 При контактных оползнях поверхность скольжения на большей части проходит по:**

- а) ослабленным контактам, представленным трещинами большого протяжения;
- б) поверхностям древних оползней;
- в) контактам слоев, имеющих меньшие значения сцепления и угла внутреннего трения чем породы, слагающие откос

**3 Деформации обрушения характерны для:**

- а) сыпучих пород;
- б) мягких связных пород;
- в) скальных и полускальных трещиноватых пород.

**4 Основной причиной деформации оползня откосов является:**

- а) наличие крупных тектонических трещин в скальных и полускальных породах;
- б) увлажнение массива, сложенного мягкими связными породами;
- в) интенсивная трещиноватость.

**5 Интенсивность деформации осыпания уступа- это:**

- а) скорость заполнения нижней площади уступа продуктами осыпания;
- б) скорость уменьшения ширины верхней площадки уступа за счет осыпания.

**6 Вынос частиц пород из приоткосного массива подземными водами – это деформация:**

- а) фильтрационного оползня;
- б) оплывания;
- в) механической суффозии.

**7 Отметьте, что не является причиной деформации суффозии в откосах:**

- а) несоответствие угла устойчивого откоса его высоте;
- б) трещиноватость пород;
- в) трещинные подземные воды в скальных породах;
- г) подземные воды в слабо связных породах.

**8 Поверхность скольжения в откосе отвала при подошвенном оползне:**

- а) частично проходит по телу отвала;
- б) частично захватывает подошву отвала;
- в) не достигает подошвы отвала.

**9 Деформация «надподошвенного оползня» характерна для откосов:**

- а) отвалов;
- б) бортов карьера;
- в) уступов борта карьера.



**4. Свайное укрепление уступов используют:**

- а) для укрепления откосов глинистых пород;                      б) для укрепления отдельных структурных блоков;  
в) для укрепления рыхлых пород.

**5. Необходимая дополнительная удерживающая сила  $\Delta F$ , создаваемая механическим креплением откосов, определяется:**

- а)  $\Delta F = (K_{3y}^{\text{факт}} - K_{3y}^{\text{н}}) \cdot F_{\text{сдв}}$  ;                      в)  $\Delta F = (K_{3y}^{\text{факт}} - K_{3y}^{\text{н}}) \cdot F_{\text{уд}}$  .  
б)  $\Delta F = (K_{3y}^{\text{н}} - K_{3y}^{\text{факт}}) \cdot F_{\text{сдв}}$  ;

**6. Анкерное укрепление уступов нельзя использовать для:**

- а) мягких и рыхлых пород;                      в) полускальных слабо трещиноватых пород.  
б) скальных средне трещиноватых пород;

**7. Устойчивость вогнутых в плане бортов карьера по сравнению с устойчивостью прямолинейных в плане бортов:**

- а) выше;                      в) ниже;  
б) одинаковая

**8. Материалом для контрфорса служит:**

- а) бетон;                      в) галька;  
б) щебень'                      г) песок;  
д) глина.

**9. Снижение неблагоприятного воздействия взрыва на массив может достигаться:**

- а) увеличением массы од-                      б) применением контур-                      в) исключением замедли-  
новременного взрываемого                      ного взрывания наклонных                      телей в схеме коммутации  
заряда;                      скважин;                      зарядов вв;

**10. Быстрохватывающие цементы используются для упрочнения:**

- а) сыпучих пород;                      в) трещиноватых скальных пород.  
б) мягких глинистых пород;

**11. Пьезометрический уровень поверхности воды в скважинах характерен для:**

- а) напорного пласта;                      в) напорного и безнапорного пластов.  
б) безнапорного пласта;

**12. Силы сопротивления, возникающие при движении воды через горную породу характеризует:**

- а) коэффициент водопроницаемости;                      в) коэффициент фильтрации.  
б) коэффициент урвнепроходимости;



- 3. Поверхность скольжения в откосе отвала при подошвенном оползне:**
- а) частично проходит ниже подошвы отвала;  
 б) частично захватывает подошву отвала;  
 в) не достигает подошвы отвала.
- 4. Возможной деформацией откоса отвала скальных пород на глинистом основании является:**
- а) подошвенный оползень;  
 б) подподошвенный оползень;  
 в) надподошвенный оползень.
- 5. Основной причиной деформации оползня откосов является:**
- а) наличие крупных тектонических трещин в скальных и полускальных породах;  
 б) увлажнение массива, сложенного мягкими связными породами;  
 в) интенсивная трещиноватость.
- 6. Наиболее выгодным с экономической точки зрения является борт с:**
- а) прямолинейным профилем;  
 б) вогнутым профилем;  
 в) выпуклым профилем.
- 7. В большинстве случаев углы погашения борта карьера из условия размещения берм составляет:**
- а) 30-40 градусов;  
 б) 50-60 градусов;  
 в) 60-70 градусов.
- 8. Свайное укрепление уступов используют для:**
- а) чрезвычайно трещиноватых скальных пород;  
 б) слабо трещиноватых скальных пород;  
 в) мягких связных пород.
- 9. Анкерное укрепление уступов применяют для:**
- а) слабо трещиноватых скальных пород с падением трещин в выработанное пространство;  
 б) сыпучих пород;  
 в) сильно трещиноватых полускальных пород с падением трещин в выработанное пространство.
- 10. Искусственные улавливающие бермы на бортах карьера используются для предотвращения:**
- а) осадок;  
 б) оползней;  
 в) осыпания.
- 11. Контрфорсы используются для предохранения уступов от:**
- а) оползания;  
 б) просадки;  
 в) осыпания.
- 12. Прочность чрезвычайно трещиноватых скальных пород можно увеличить за счет:**
- а) битумизации;  
 б) силикатизации;  
 в) цементации.





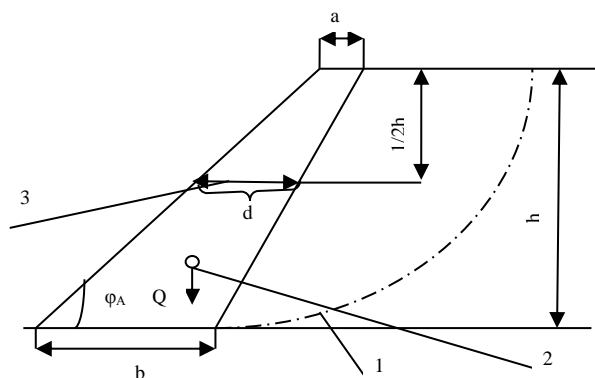


Рис.2. Поперечное сечение уступа, укрепленного контрфорсом: 1 - линия скольжения в уступе; 2 - центр тяжести контрфорса; 3 - средняя ширина контрфорса

### Задача №3

Рассчитать параметры контурной (кольцевой) дренажной завесы из вертикальных совершенных скважин, обеспечивающих достаточное понижение уровня грунтовых вод в центре системы до конца строительства карьера.

Начертить схему завесы в масштабе 1:2000.

Определить время от начала дренажа до достижения расчетного понижения.

Скважины расположены по контуру карьера на расстоянии 40 м от контура карьера. Осушенный водоносный пласт имеет вертикальную мощность 42 м. Исходные параметры для расчетов задаются преподавателем.

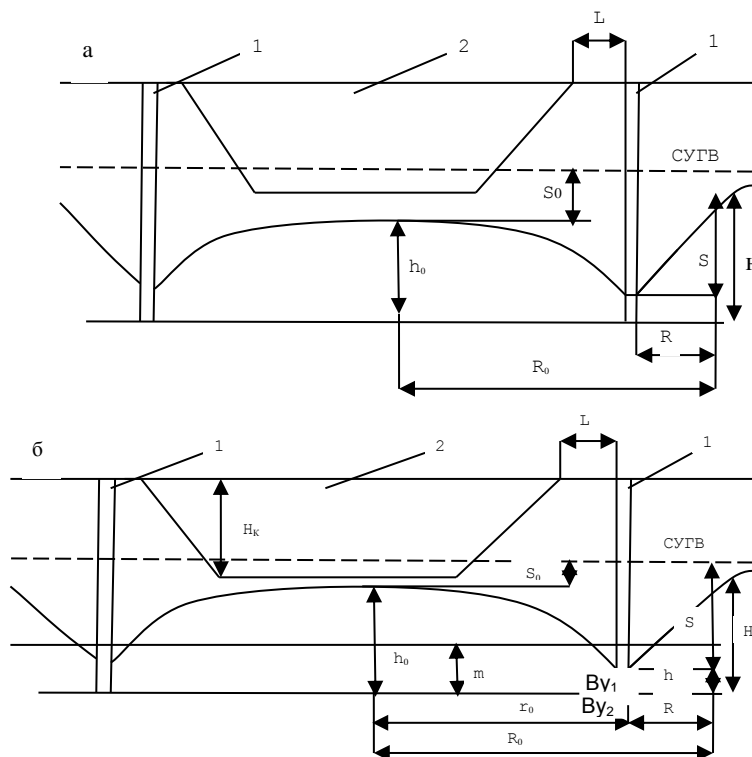


Рис.3. Схема кольцевой дренажной завесы  
а) в безнапорных условиях; б) в напорных условиях: СУГВ - статический уровень подземных вод; 1 - диаметрально расположенные дренажные скважины кольцевой завесы; 2 - карьер на момент сдачи его в эксплуатацию

#### Задача №4

На обводненном рабочем уступе глинистых песков пройдена опережающая дренажная траншея. Требуется построить на поперечном сечении уступа конечное и промежуточные положения депрессионных кривых через время  $t$ ,  $t_1$  и  $t_2$ . Расчетные точки депрессионных кривых принять на расстоянии  $X_1$  от траншеи:  $X_1 = 0,3 \cdot R_t$ ;  $X_2 = 0,5 R_t$ ;  $X = R_t$

где  $R_t$  - расчетный радиус депрессионной воронки, м. Определить притоки воды на  $t_1$ -е,  $t_2$ -е и  $t_3$ -е сутки. Исходные условия задаются преподавателем.

Опережающая дренажная траншея на рабочем уступе предотвращает попадание подземных вод в область призмы скольжения уступа.

Наибольшая эффективность осушения достигается заглублением дна траншеи в подошву водоносного пласта (рис.4).

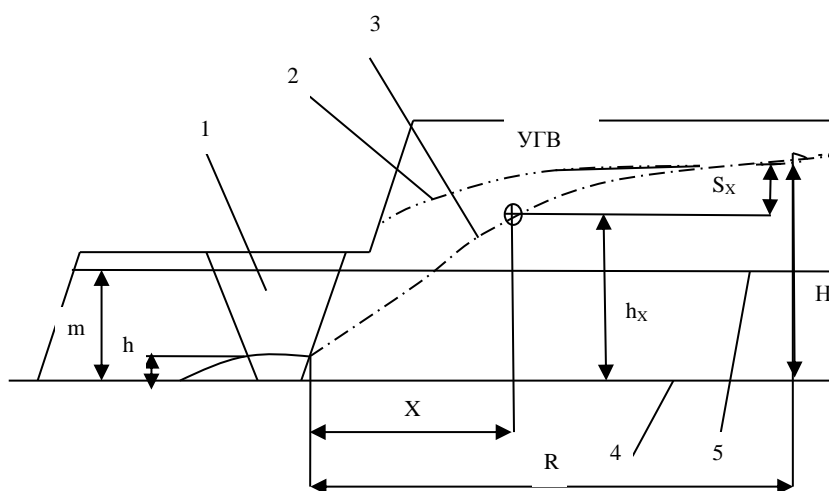
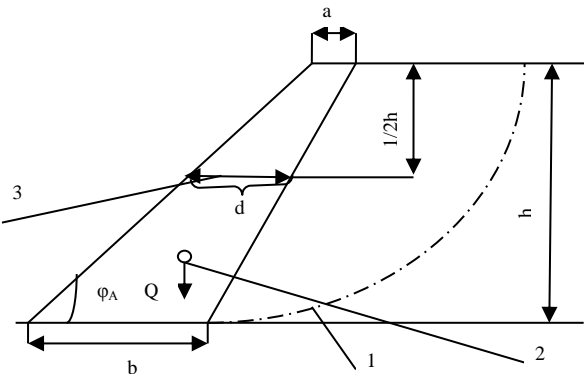
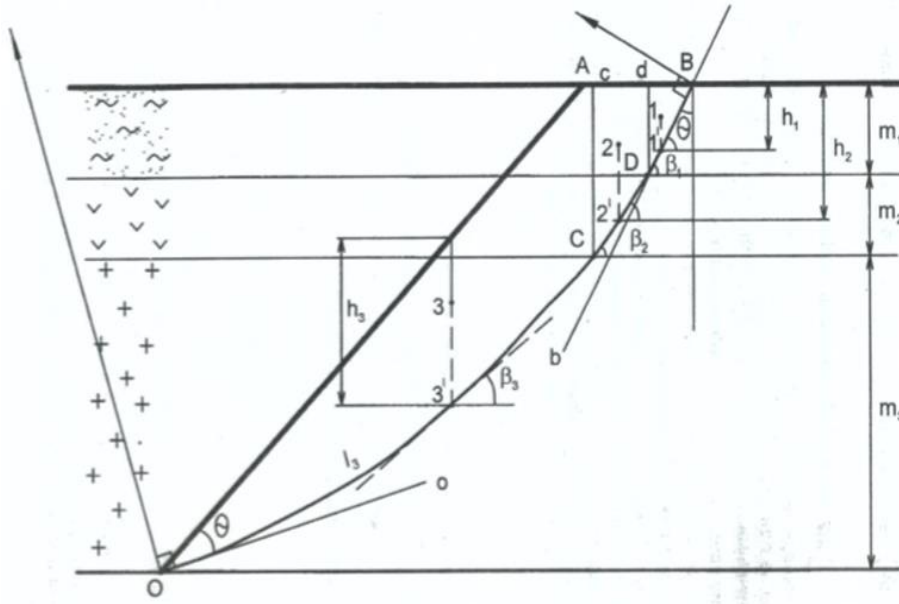


Рис.4. Схема осушения дренажной траншеей: 1 - опережающая дренажная траншея; 2,3 - депрессионные кривые до и после осушения; 4- подошва водоносного пласта; 5 - кровля водоносного пласта в напорных условиях

## 7. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

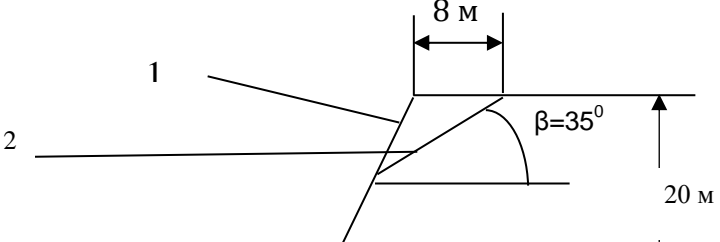
### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

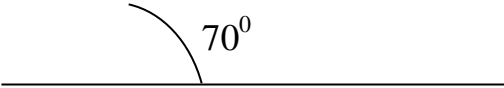
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ОПК-9</b> владением методами анализа, знанием закономерностей поведения и управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных сооружений		
Знать	- физико-механические свойства и классификации горных пород и характеристики породных массивов - методы испытаний горных пород и строительных материалов - основные закономерности развития деформаций откосов открытых выработок	<p><b>Перечень тем и заданий для подготовки к экзамену:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оползни бортов карьеров</li> <li>2. Деформация бортов карьеров под влиянием воды</li> <li>3. Осыпи, просадки, осадки</li> <li>4. Оползни отвалов</li> </ol> <p><b>Выполнение теста №1</b></p>
Уметь:	- Использовать справочную литературу для определения свойств горных пород и устойчивых параметров выработок - проводить испытания горных пород и строительных материалов при исследовании их физико-механических свойств, обосновывать параметры устойчивых выработок; - анализировать инженерно-геологические условия разработки месторождений, обосновывать параметры устойчивых откосов бортов и уступов карьеров, определять запас устойчивости откосов открытых горных выработок и отвалов	<p>Рассчитать параметры и составить паспорт укрепления уступа контрфорсом. Высота уступа 10 м, угол откоса уступа <math>55^\circ</math>. Длина укрепляемого участка 250 м. Остальные исходные данные у преподавателя.</p>  <p>Рис.1. Поперечное сечение уступа, укрепленного контрфорсом: 1 - линия скольжения в уступе; 2 - центр тяжести контрфорса; 3 - средняя ширина контрфорса</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- современными методами исследования физико-механических свойств горных пород и строительных материалов;</li> <li>- геомеханическими методами обоснования высоты и угла откосов</li> <li>- современными методами оценки устойчивости откосов уступов и бортов карьеров;</li> </ul>		<p style="text-align: center;"><b>Усреднение свойств пород в массиве</b></p> <p>Инженерные методы расчетов устойчивости откосов ориентированы на однородный массив пород. Поэтому для массива борта с различными литологическими разностями пород требуется определение средневзвешенных характеристик <math>\bar{c}</math>, <math>\bar{\varphi}</math>, <math>\bar{\gamma}</math>.</p> <p>Для усреднения используют ориентировочно построенные откос борта и линию скольжения. Для этого принимают угол откоса борта <math>\alpha_0 = 35-45^\circ</math> [2, с. 61] и строят линию результирующего откоса ОА (рис. 2).</p>  <p>От точки А откладывают горизонтальное расстояние от верхней бровки, примерно равное <math>0,25H</math> (точка В), и проводят плавную дугу ВО таким образом, чтобы касательные к ней в точках О и В составляли угол, равный величине.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		$\Theta' = 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \quad (5)$ <p>где <math>\varphi</math>- угол внутреннего трения тех пород, которые составляют большую часть массива, град.</p> <p>Для этого строят лучи Оо и Вв и восстанавливают к ним в точках О и В перпендикуляры. Точка пересечения перпендикуляров является центром дуги ОВ.</p> <p>Усредненное удельное сцепление</p> $\frac{\sum_{i=1}^n C_i * \ell_i}{\sum_{i=1}^n \ell_i} \quad (6)$ <p>где <math>C_i</math>- удельное сцепление в массиве тех пород, которые соответствуют 1-м отрезкам построенной линии скольжения, МПа;</p> <p><math>\ell_i</math>- длина i-го участка линии скольжения, который соответствует 1-му типу пород, м;</p> <p>n - число разностей пород, пересекаемых линией скольжения.</p> <p>Удельный вес пород при горизонтальном и пологом залегании слоев усредняется в соответствии с их мощностью</p> $\bar{\gamma} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i * \gamma_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (7)$ <p>где <math>m_i</math> - вертикальная мощность i-го слоя пород, м;</p> <p><math>\bar{\gamma}</math>- удельный вес пород i-го слоя, Н/м<sup>3</sup>;</p> <p>n - число слоев пород, попавших в призму скольжения ОАВ.</p> <p>Для усреднения угла внутреннего трения требуется призму ОАВ разделить вертикальными линиями, выходящими из точек пересечения кривой ОВ с контактами слоев пород (линии Сс и Dd). В результате ориентировочная призма скольжения разделена на вертикальные блоки: 1- DdB; 2 - CcDd; 3 - OacC. Для каждого блока находят центр тяжести (точки 1,2,3) и проектируют их вертикально на линию скольжения (точки 1',2',3'). Для этих точек рассчитывают нормальные напряжения</p>

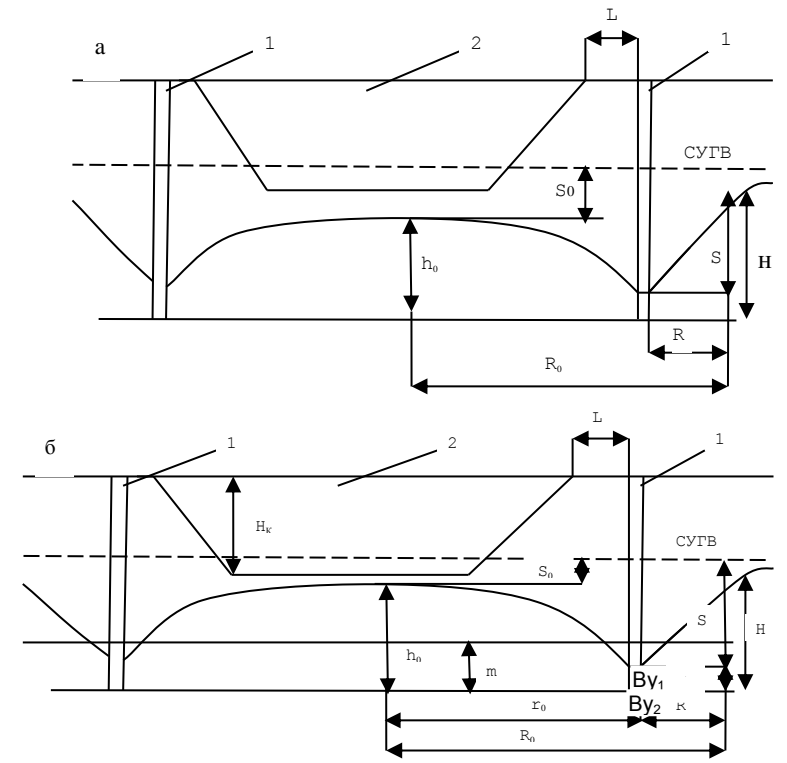
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		$\sigma_i = \bar{\gamma}_i * h_i * \cos^2 \beta_i \quad (8)$ <p>где <math>\bar{\gamma}_i</math> - средний удельный вес пород i-го блока Н/м<sup>3</sup>  <math>h_i</math> - высота i-го блока, замеренная по вертикале, проходящей через проекции центров тяжести 1', 2', 3' м;  <math>\beta_i</math> - угол наклона линии скольжения в i-й точке i-го блока  Удельный вес пород в каждом блоке должен быть усреднённым, если в него попадают различные слои</p> $\bar{\gamma}_i = \sum_{\gamma=1}^m \frac{f_{\gamma}}{f_i} * \gamma_{\gamma} \quad (9)$ <p>где <math>f_i</math>, - площадь i-го блока в поперечном сечении, м<sup>2</sup>;  <math>f_{\gamma}</math> - площадь, занимаемая у-й породой в i-м блоке, м<sup>2</sup>;  <math>\gamma_{\gamma}</math> - удельный вес у-й породы, Н/м<sup>3</sup>; m  m - число слоев пород, входящих в вертикальный i-й блок. Например, для второго блока</p> $\bar{\gamma} = \frac{f_{cCdD}}{f_{CDDE}} * \gamma_2 + \frac{f_{cCdD}}{f_{CEDE}} * \gamma_1 \quad (10)$ <p>где <math>\gamma_1</math> □□ - глинистые породы, Н/м<sup>3</sup>;  <math>\gamma_2</math> - песчано-глинистые породы, Н/м<sup>3</sup>.  Величина усредненного угла внутреннего трения</p> $\bar{\varphi} = \operatorname{arctg} \frac{\sum_{i=1}^n l_i * \sigma_i * \operatorname{tg} \varphi_i}{\sum_{i=1}^n l_i * \sigma_i} \quad (10)$ $\bar{\varphi} = \operatorname{arctg} \frac{\sum_{i=1}^n l_i * \sigma_i * \operatorname{tg} \varphi_i}{\sum_{i=1}^n l_i * \sigma_i} \quad (10)$
<b>ПК-7</b> умением определять пространственно-геометрическое положение объектов, осуществлять необходимые геодезические и маркшейдерские измерения, обрабатывать и интерпретировать их результаты		

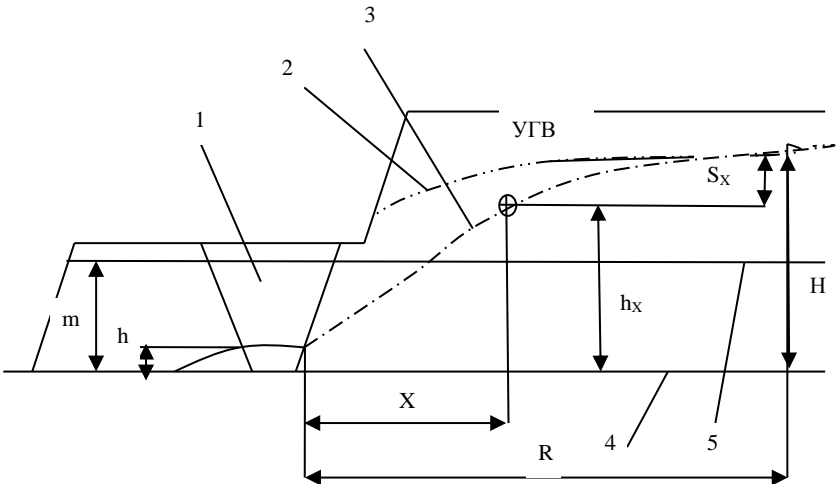
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Знать:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- условия применения известных способов проектирования карьеров, обеспечивающих их безопасную эксплуатацию при минимуме вскрышных работ</li> <li>- условия использования инженерных способов укрепления уступов и упрочнения их пород</li> <li>- основные способы и дренажные схемы предохранения массива бортов от воды</li> </ul>	<p><b>Перечень тем и заданий для подготовки к экзамену:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Конструкция борта карьера</li> <li>2. Расчет параметров устойчивых бортов с учетом их криволинейности в плане</li> </ol> <p><b>Выполнение теста №2</b></p>
Уметь:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнять расчеты по укреплению уступов;</li> <li>- выполнять расчеты и обоснование схем укрепления уступов;</li> <li>- выполнять расчеты и обоснование схем укрепления уступов; параметров дренажных схем;</li> </ul>	<p>Рассчитать параметры и составить паспорт свайного укрепления на участке уступа длиной 120 м. Длина укрепляемого участка 150 м. Прочность бетона на срез 5 МПа. Прочностные свойства поверхности ослабления и плотность пород уточнить у преподавателя. Параметры уступа и поверхности ослабления показаны на рис.2.</p> 

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		 <p data-bbox="958 507 2078 571">Рис.2. Схема поперечного сечения уступа: 1- откос; 2 - поверхность ослабления</p>
Владеть:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- методиками расчета укрепления уступов;</li> <li>- современными методами управления состоянием массива горных пород;</li> <li>- Навыками использования специализированных программных комплексов по управлению состоянием массива горных пород.</li> </ul>	<p data-bbox="1301 624 1742 679" style="text-align: center;"><b>Определение оптимального угла результирующего откоса борта</b></p> <p data-bbox="949 687 2089 775">Между высотой откоса и его углом наклона к горизонтали существует связь, зависящая от свойств пород массива <math>\alpha=f(\bar{H}, \bar{C}, \bar{\gamma}, \bar{\varphi})</math> Эта зависимость представлена графически в нормативной документации.</p> <p data-bbox="949 783 2089 839">Для определения оптимального угла откоса требуется определить масштаб графика (относительную высоту откоса)</p> $\dot{H} = \frac{H}{H_{90(p)}} \quad (11)$ <p data-bbox="1249 935 1843 959" style="text-align: center;">где H - высота откоса проектируемого борта, м;</p> <p data-bbox="949 967 2067 1023"><math>H_{90(p)}</math> - высота вертикального обнажения пород с учетом необходимого запаса устойчивости, м.</p> <p data-bbox="1003 1031 2033 1054">Величина <math>H_{90(p)}</math> определяется расчетными свойствами усредненных пород <math>C_p</math> и <math>\varphi_p</math>:</p> $\dot{H} = \frac{\bar{c}}{K_{3y}}; \quad \varphi_p = \arctg \frac{tg \bar{\varphi}}{K_{3y}} \quad (12)$ <p data-bbox="949 1158 2078 1214">где <math>K_{3y}</math> - коэффициент запаса устойчивости, принятый в соответствии со сроком службы откоса</p> $H_{90(p)} = \frac{2C_p}{\gamma} * ctg(45^\circ - \frac{\varphi}{2}) \quad (14)$
<p><b>ПСК-3.4</b>          способностью разрабатывать отдельные части проектов строительства, реконструкции и перевооружения объектов открытых горных работ, проектную и техническую документацию с учетом требований промышленной безопасности</p>		



Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Знать:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Перечень нормативной документации по строительству, реконструкции и перевооружению объектов открытых горных работ</li> <li>- Нормативную документацию по строительству, реконструкции и перевооружению объектов открытых горных работ;</li> <li>- Особенности оформления технической документации в соответствии с требованиями нормативной документации.</li> </ul>	<p><b><i>Перечень тем и заданий для подготовки к экзамену:</i></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обеспечение устойчивости при ведении БВР</li> <li>2. Механические способы укрепления откосов</li> <li>3. Упрочнение массива горных пород и изоляция пород откосов</li> <li>4. Методы обеспечения устойчивости отвалов</li> <li>5. Виды воды в горных породах</li> <li>6. Основные представления о движении подземных вод</li> <li>7. Расчеты водопритоков к карьерам и дренажным системам</li> <li>8. Технические средства осушения</li> </ol> <p><b>Выполнение теста №3</b></p>
Уметь:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Выбрать необходимый нормативный документ соответствующий разрабатываемой части проекта;</li> <li>- Разрабатывать отдельные части проектов строительства, реконструкции и перевооружения объектов открытых горных работ;</li> <li>- Разрабатывать отдельные части проектов строительства, реконструкции и перевооружения объектов открытых горных работ, проектную и техническую документацию с учетом требований промышленной безопасности.</li> </ul>	<p>Рассчитать параметры контурной (кольцевой) дренажной завесы из вертикальных совершенных скважин, обеспечивающих достаточное понижение уровня грунтовых вод в центре системы до конца строительства карьера.</p> <p>Начертить схему завесы в масштабе 1:2000.</p> <p>Определить время от начала дренажа до достижения расчетного понижения.</p> <p>Скважины расположены по контуру карьера на расстоянии 40 м от контура карьера. Осушенный водоносный пласт имеет вертикальную мощность 42 м. Исходные параметры для расчетов задаются преподавателем.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		 <p data-bbox="952 1149 2083 1276"> <b>Рис.3. Схема кольцевой дренажной завесы</b>  а) в безнапорных условиях; б) в напорных условиях: СУГВ - статический уровень подземных вод; 1 - диаметрально расположенные дренажные скважины кольцевой завесы; 2 - карьер на момент сдачи его в эксплуатацию </p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>На обводненном рабочем уступе глинистых песков пройдена опережающая дренажная траншея. Требуется построить на поперечном сечении уступа конечное и промежуточные положения депрессионных кривых через время <math>t</math>, <math>t_1</math> и <math>t_2</math>. Расчетные точки депрессионных кривых принять на расстоянии <math>X_1</math> от траншеи: <math>X_1 = 0,3 \cdot R_t</math>; <math>X_2 = 0,5 R_t</math>; <math>X = R_t</math></p> <p>где <math>R_t</math> - расчетный радиус депрессионной воронки, м. Определить притоки воды на <math>t_1</math>-е, <math>t_2</math>-е и <math>t_3</math>-е сутки. Исходные условия задаются преподавателем.</p> <p>Опережающая дренажная траншея на рабочем уступе предотвращает попадание подземных вод в область призмы скольжения уступа.</p> <p>Наибольшая эффективность осушения достигается заглублением дна траншеи в подошву водоносного пласта (рис.4).</p>  <p>Рис.4. Схема осушения дренажной траншеей: 1 - опережающая дренажная траншея; 2,3 - депрессионные кривые до и после осушения; 4- подошва водоносного пласта; 5 - кровля водоносного пласта в напорных условиях</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Владеть:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Базой нормативной документации по строительству, реконструкции и перевооружению объектов открытых горных работ;</li> <li>- Навыками оформления отдельных частей проектной документации;</li> <li>- Навыками использования специализированных программных комплексов автоматизированного проектирования.</li> </ul>	<p>Расчёт сумм сдвигающих и удерживающих сил по наиболее вероятной линии скольжения:</p> <p>Удельный вес пород в вертикальном блоке определяется как средневзвешенная величина</p> $\gamma_{\text{бл}} = \frac{\gamma_1 \cdot S_1 + \gamma_2 \cdot S_2}{S} \quad (20)$ <p>где <math>\gamma_1</math>- и <math>\gamma_2</math>- удельный вес пород, слагающих вертикальный блок призмы скольжения, МН/м<sup>3</sup>;</p> <p><math>S_1</math> и <math>S_2</math> - площадь сечения блока, занимаемая соответствующими породами, м<sup>2</sup>;</p> <p><math>S</math> - общая площадь сечения блока.</p> <p>Упрощенно можно определить</p> $\gamma_{\text{бл}} = q_1 \cdot \gamma_1 + q_2 \cdot \gamma_2 \quad (21)$ <p>где <math>q_1</math> и <math>q_2</math> - приблизительная доля площади блока, занимаемая соответствующим типом пород, доли ед.</p> <p>Сила тяжести, МН</p> $P_i = b_i \cdot h_i \cdot \gamma_i \quad (22)$ <p>Угол сдвига <math>\beta</math> определяют замером угла между касательной в средней точке основания блока и горизонталью (см. рис. 8)</p> <p>Касательная сила является составляющей силы тяжести (см. рис. 8) и определяется</p> $T_i = P_i \cdot \sin \beta_i \quad (23)$ <p>Нормальная составляющая силы тяжести</p> $N_i = P_i \cdot \cos \beta_i \quad (24)$ <p>Сила трения</p> $F_{ri} = N_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i \quad (25)$ <p>Угол внутреннего трения принимают тот, который соответствует породам в основании вертикального блока.</p> <p>Длина линии скольжения <math>l</math> равна длине основания блока (см. рис. 8).</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>Удельное сцепление, МПа, в каждом блоке определяют породы основания блока.</p> <p>Сила сцепления</p> $F_{ci} = l_i * C_i \quad (26)$ <p>Удерживающими силами являются силы трения и сцепления</p> $\sum_{i=1}^n F_{уд} = \sum_{i=1}^n F_T + \sum_{i=1}^n F_c \quad (27)$ <p>Сдвигающими силами являются касательные Т.</p> <p>Суммы сил определяют суммированием расчётных величин соответствующих граф табл. 4. Тогда коэффициент запаса устойчивости борта</p> $K_{зy} = \frac{\sum_{i=1}^n F_T + \sum_{i=1}^n F_c}{\sum_{i=1}^n T_i} \quad (28)$ <p>Где n-число расчётных вертикальных блоков в призме скольжения (n=10-12).</p>

#### **б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Открытая разработка месторождений полезных ископаемых» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 3 теоретических вопроса.

##### **Показатели и критерии оценивания экзамена:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

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

##### **а) Основная литература:**

1. Казикаев, Д.М., Козырев, А.А., Каспарьян, Э.В., Иофис, М.А. Управление геомеханическими процессами при разработке месторождений полезных ископаемых [Электронный ресурс]: Учебное пособие. - М.: Издательство «Горная книга», 2016. - 490 с.: ил. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/101757/#1> — Загл. с экрана.

2. Кириченко, Ю.В. Геомеханика: инженерно-геологическое обеспечение управления состоянием массивов горных пород [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.В. Кириченко, В.В. Ческидов, С.А. Пуневский. - М.: Изд. Дом МИСиС, 2017. - 90 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/105287/#2> — Загл. с экрана.

##### **б) Дополнительная литература:**

1 Боровков, Ю.А. Управление состоянием массива пород при подземной геотехнологии [Электронный ресурс]: Учебное пособие. - СПб.: Издательство «Лань», 2018. - 240 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/103066/#2> — Загл. с экрана.

##### **в) Методические указания:**

1. К.В. Бурмистров, В.Ю. Заляднов Управление состоянием массива: методические указания к практической работе по дисциплине «Управление состоянием массива»

для студентов специальности 130400 «Горное дело», специализации №3 «Открытые горные работы». Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013, 18 с.

2. Кузнецова Т.С. Основы геомеханики. Метод. указания по выполнению расчетно-графической работы по дисциплинам «Геомеханика», «Основы геомеханики». Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. – 29 с.

#### г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение:

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7	Д-1227 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
Kaspersky Endpoint Security для бизнеса-Стандартный	Д-300-18 от 21.03.2018	28.01.2020
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно

Интернет-ресурсы:

Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) [Электронный ресурс]. – URL: <https://elibrary.ru/defaultx.asp> – Загл. с экрана.

Поисковая система Академия Google (Google Scholar) [Электронный ресурс]. – URL: <https://scholar.google.ru/> – Загл. с экрана.

Моделирование деформаций бортов и уступов карьеров методом конечно-дискретных элементов реализованным в компьютерной программе [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.youtube.com/watch?v=WtVo1Uvl6IE&feature=youtu.be> – Загл. с экрана.

### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: лаборатория геомеханики и технологии ОГР	Лабораторные установки, измерительные приборы для выполнения лабораторных работ: Динамометр электронный сжатия ДСМ-1/4-1МГ4 до 1 кН; Прибор компрессионный для испытания грунтов ПКГ-Ф; Прибор для определения сопротивления грунтов сдвигу ГП-30; Шкаф сушильный ШС-0,25-20; Весы лабораторные электронные ARC120 Adventure кл. точности II ( гос. реестр № 18785-00);
Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: лаборатория геомеханики и физики горных пород	Пресс гидравлический ПСУ-125 Измеритель времени и скорости распространения ультразвука Пульсар-2.1; Каппаметр КМ-7 карманный измеритель магнитной восприимчивости; Весы лабораторные ВК-3000 кл. точности высокий II ( гос. реестр РФ № 48026-11); Весы неавтоматического действия МП-150 (МП ВДА «Гулливёр 06») кл. точности III; Стенд для моделирования на эквивалентных материалах;

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
	Лаборатория полевая ПЛЛ-10;
	Макет для определения трещиноватости горных пород.
Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Доска, мультимедийный проектор, экран
Помещения для самостоятельной работы обучающихся	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования Инструменты для ремонта лабораторного оборудования