

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»

Кафедра открытых горных работ

Составитель
В. Ф. Воронков

ГЕОМЕХАНИКА

Методические указания к самостоятельной работе для студентов заочной формы обучения

Рекомендовано учебно-методической комиссией специальности
130403 «Открытые горные работы» в качестве электронного издания
для использования в учебном процессе

КЕМЕРОВО 2012

Рецензенты:

Сысоев А.А., профессор кафедры открытых горных работ

Протасов С.И., председатель учебно-методической комиссии специальности 130403 «Открытые горные работы»

Воронков Владимир Федорович. Геомеханика: методические указания к самостоятельной работе [Электронный ресурс]: для студентов специальности 130403 «Открытые горные работы» заочной формы обучения / сост. В.Ф. Воронков. – Электрон. дан. – Кемерово: КузГТУ, 2012.

Методические указания предназначены для самостоятельного изучения дисциплины «Геомеханика». Они включают темы и разделы дисциплины с указанием литературных источников и разъяснения некоторых наиболее сложных вопросов. В конце каждой темы приведены вопросы для самоконтроля, изученного материала. Здесь же приведены варианты выполнения контрольной работы, порядок проведения расчетов и основные формулы.

© КузГТУ
© В.Ф. Воронков

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплину «Геомеханика» студенты заочной формы обучения по направлению «Горное дело» специальности 130403 «Открытые горные работы» в соответствии с учебным планом изучают в 7 семестре IV курса.

Увеличение глубины и объемов открытых горных работ обуславливает необходимость качественно нового подхода к обеспечению устойчивости откосных сооружений на основе изучения закономерностей геомеханических процессов, происходящих в массивах горных пород, вмещающих карьер, и отвалах для решения следующих проблем: охрана водно-земельных ресурсов; обеспечение высокой безопасности и экономичности горных работ; ускоренное восстановление нарушенных территорий.

«Геомеханика» – наука о механическом состоянии массивов горных пород и механических процессах и явлениях, происходящих в них под действием естественных напряжений и напряжений, вызванных горными работами.

Как учебная дисциплина «Геомеханика» занимает важное место в плане подготовки горных инженеров, так как является научной основой обоснования способов, параметров производственных процессов и технологии открытой разработки месторождений полезных ископаемых, позволяющей обеспечить их безопасность и экономичность.

Главный объект изучения дисциплины – состояние массивов горных пород, вмещающих карьер в естественных и измененных условиях, а также техногенные массивы горных пород.

Основная цель дисциплины - усвоение теоретических основ физических процессов, происходящих в массивах горных пород при разработке полезных ископаемых, и формирование навыков самостоятельного выбора рациональных параметров технологии, обеспечивающих надежность и экономичность проектирования, безопасное ведение горных работ при строительстве и эксплуатации бортов карьеров, уступов и отвалов, на основе всестороннего анализа геомеханических и горнотехнических условий разработки месторождений.

Задачами преподавания дисциплины являются:

- дать знания о роли и приоритетах отечественной науки в области геомеханики при открытых горных работах;
- изучить механические свойства массива горных пород и основные природные факторы, влияющие на них;
- знать естественное напряженное состояние массивов горных пород и изменение его при проведении открытых горных выработок;
- изучить виды деформаций и нарушений устойчивости бортовых и отвальных массивов горных пород;
- изучить теоретические основы описания геомеханических процессов и расчета устойчивости карьерных откосов;
- изучить современные методы контроля и прогноза состояния массивов горных пород при ведении горных работ открытым способом.

В итоге изучения дисциплины студент должен уметь:

- определять основные физико-технические свойства горных пород, обуславливающие их поведение в массивах пород;
- объяснять закономерности напряженно-деформированного состояния породных массивов вокруг горных выработок;
- устанавливать возможный вид деформаций и нарушения устойчивости карьерных откосов;
- выполнять инженерные расчеты сдвиговых деформаций бортовых и отвальных массивов;
- выбирать рациональные профили откосных сооружений.

Дисциплина «Геомеханика» изучается в 7 семестре четвертого курса в системе высшего образования по подготовке дипломированных инженеров по специальности «Открытые горные работы». Она базируется на изучении цикла геологических и инженерно-геологических дисциплин, «Физика» (механические свойства твердых тел), «Высшая математика», «Маркшейдерское дело», «Сопроотивление материалов» (теория прочности, напряжения и деформации твердых тел), «Экономика горного производства» и тесно связана с изучением профилирующих дисциплин – «Процессы открытых горных работ», «Технология и комплексная механизация открытых горных работ» и «Проектирование карьеров».

Методические указания включают: программу курса; перечень основных вопросов, рассматриваемых в каждой теме; исходные данные для выполнения контрольной работы; порядок ее выполнения; список рекомендуемой литературы.

Вопросы для самопроверки, помещенные в конце каждой темы, позволяют студенту проверить степень усвоения им пройденного материала.

После изучения основных тем дисциплины, выполняется контрольная работа, которая состоит из графической части на миллиметровой бумаге и расчетно-пояснительной записки. Контрольная работа регистрируется в деканате и передается преподавателю для проверки до очередной экзаменационной сессии.

После изучения дисциплины и защиты контрольной работы усвоение материала контролируется экзаменом.

Методические указания по самостоятельному изучению дисциплины включают следующие основные темы.

1. Введение. Предмет и задачи курса.
2. Массив горных пород и его состояние.
3. Механические свойства горных пород. Особенности механического состояния породных массивов.
4. Напряженное состояние массивов и условия равновесия откосов.
5. Классификация горно-геологических явлений бортов карьеров и отвалов.
6. Природные и техногенные факторы устойчивости массива горных пород.
7. Инженерные методы определения и расчета устойчивости уступов, бортов карьеров и отвалов.
8. Контроль механического состояния породных массивов.

1. Наименование тем и их содержание для самостоятельного изучения дисциплины

1.1. Введение. Предмет и задачи курса

Предмет и задачи курса, связь со смежными дисциплинами. Основные понятия и определения. Терминология. Ведущие отечественные и зарубежные ученые в области геомеханики.

Литература: [1; 2; 3; 5; 6; 8].

Вопросы для самопроверки

1. Какие вопросы изучаются в курсе «Геомеханика»?
2. Какое влияние оказывают геомеханические процессы в массивах горных пород на параметры технологии открытых горных работ?
3. Что является объектом изучения данной дисциплины?
4. Назовите ведущих российских ученых, внесших значительный вклад в развитие геомеханики открытых горных работ.

1.2. Массив горных пород и его состояние

Общие сведения о горных породах и массивах горных пород. Основные инженерно-геологические типы и комплексы горных пород.

Структурно-текстурные характеристики массивов горных пород и методы их учета и оценки.

Литература: [1;2; 5; 7; 10; 13].

Вопросы для самопроверки

1. Что называется массивом горных пород при открытой разработке месторождений полезных ископаемых?
2. Назовите основные структурно-текстурные особенности горных пород.
3. Сколько и какие уровни неоднородности характерны для массивов горных пород при открытой разработке месторождений полезных ископаемых?
4. Что называется системой трещин и какие она имеет параметры?
5. По какому признаку выделяют основные инженерно-геологические типы горных пород?
6. Почему различаются понятия «свойства горных пород» и «свойства массива горных пород»?
7. Три группы инженерно-геологических комплексов горных пород (по Г. Л. Фисенко).

1.3. Механические свойства горных пород. Особенности механического состояния породных массивов

Деформирование и разрушение горных пород. Деформационные свойства горных пород с жесткими кристаллизационными связями, мягких связных и раздельнозернистых горных пород.

Прочностные свойства горных пород и основные факторы, влияющие на них. Паспорт прочности пород.

Реологические свойства горных пород.

Природные и техногенные структурно-механические особенности массива горных пород. Деформируемость и прочность массивов.

Литература: [1; 2; 6; 7; 10; 11; 17].

Вопросы для самопроверки

1. Как проявляется реакция горных пород на действие возрастающей нагрузки?
2. Что характеризуют деформационные свойства пород?
3. Что характеризуют прочностные свойства пород?
4. Что называется компрессией, для каких пород она характерна и как производятся испытания на компрессию?
5. Что называется консолидацией пород?
6. Что называется паспортом прочности пород и как он строится?
7. Зависимость чего показывает график длительной прочности пород?
8. Назовите основное уравнение из теории прочности Мора–Кулона.

1.4. Напряженное состояние массивов и условия равновесия откосов

Основные понятия о напряжениях. Решение плоской задачи объемного напряженного состояния.

Напряженное состояние массива горных пород в естественных условиях и изменение его при проведении открытых горных выработок.

Условия предельного равновесия массивов горных пород. Зависимость между главными напряжениями и характеристиками прочности в условиях предельного равновесия.

Условие равновесия массивов горных пород в откосах. Изменение напряженного состояния массива пород под влиянием воды и климатических факторов.

Литература: [1; 2; 5; 6; 8; 14; 16].

Вопросы для самопроверки

1. Какие причины обуславливают напряжения в массиве горной породы?
2. Почему можно решать плоскую задачу объемного напряженного состояния при расчете устойчивости откосов?
3. Как изменяется напряженное состояние массива пород при проведении открытых горных выработок?
4. Написать условие предельного равновесия в откосах, сложенных реальными горными породами ($K \neq 0$, $\rho \neq 0$, K – сцепление, KPa ; ρ – угол внутреннего трения, град).
5. Что является мерой устойчивости откосов?
6. Как учитываются силы гидростатического взвешивания и гидродинамического давления при расчете устойчивости обводненных откосов?
7. Назовите важнейшие климатические факторы, влияющие на состояние массивов горных пород при открытой разработке месторождений полезных ископаемых.
8. Какие вы знаете виды поверхностей скольжения в откосах, какая поверхность называется потенциальной поверхностью скольжения и на какие части делится призма возможного обрушения?

1.5. Классификация горно-геологических явлений бортов карьеров и отвалов

Классификация деформаций массивов. Осыпи, обрушения, оползни уступов и бортов карьеров.

Деформации бортов карьеров под влиянием воды (фильтрационные деформации).

Особенности деформаций техногенных массивов горных пород (отвалов).

Литература: [1; 6; 7; 11; 9; 12; 13; 16].

Вопросы для самопроверки

1. Назовите отличительные признаки осыпей и обрушения, причины их возникновения.
2. Какие свойства массива горных пород определяют многообразие видов оползней?
3. Назовите основную особенность пльвунов.
4. Охарактеризуйте основные виды деформаций отвалов.
5. Назовите условия возникновения фильтрационного выпора в дне карьера.
6. Три этапа развития оползней.
7. Какие виды деформаций откосов относятся к фильтрационным?

1.6. Природные и техногенные факторы устойчивости массива горных пород

Классификация факторов, определяющих устойчивость массива.

Природные факторы: инженерно-геологические, гидрогеологические, физико-географические.

Техногенные (горнотехнические) факторы: геометрические параметры карьера; способ вскрытия; система разработки и режим горных работ; применяемое горнотранспортное оборудование.

Факторы устойчивости техногенных массивов (отвалов).

Литература: [1; 5; 7; 11; 14; 15].

Вопросы для самопроверки

1. Какие две группы факторов обуславливают геомеханические процессы в массивах горных пород при открытой разработке месторождений?
2. Перечислите факторы инженерно-геологического происхождения.
3. Назовите основные техногенные факторы, влияющие на напряженное состояние массивов горных пород в бортах карьеров и уступах.

1.7. Инженерные методы определения и расчета устойчивости уступов, бортов карьеров и отвалов

Выбор исходных данных для расчета устойчивости. Определение положения поверхности скольжения.

Метод алгебраического сложения сил. Метод расчета с использованием алгебраического сложения сил по плавной криволинейной поверхности скольжения (метод касательных напряжений).

Метод многоугольника сил. Расчет устойчивости нагруженных уступов.

Учет дополнительных нагрузок при ведении взрывных работ. Учет криволинейности бортов карьеров.

Литература: [1; 2; 3; 6; 8; 9; 12; 14; 18].

Вопросы для самопроверки

1. Какие допущения определяют применение метода алгебраического сложения сил по круглоцилиндрической поверхности скольжения?

2. Определение средневзвешенных и расчетных характеристик прочностных свойств массива горных пород.

3. Перечислите инженерные методы расчета устойчивости откосных сооружений в карьере, их сущность.

4. Как учитывается воздействие БВР, горнотранспортного оборудования и потока подземных вод на устойчивость откосов?

5. Почему должна учитываться кривизна бортов и уступов карьера, и как это осуществляется при расчетах их устойчивости?

6. Как используется график зависимости угла откоса борта плоского профиля от его высоты?

7. Расчет фактического коэффициента запаса устойчивости при использовании метода касательных напряжений.

8. Как определяются прочностные характеристики массива горных пород по паспорту прочности?

1.8. Контроль механического состояния породных массивов

Сущность и задачи наблюдений. Инструментальные наблюдения:

маркшейдерско-геодезические; свето-дальномерный способ измерения деформаций откосов; инклинометрические измерения деформаций.

Инженерно-геофизические методы наблюдений: электрометрический; звукометрический; электромагнитный; тензометрический.

Инженерно-геологические и гидрогеологические наблюдения: визуальные; замеры притоков воды; измерение порового давления.

Паспортизация деформаций откосов на карьерах и отвалах.

Литература: [5; 6; 9; 13; 14].

Вопросы для самопроверки

1. Каковы цели и задачи наблюдений за состоянием откосов на карьере?
2. Как определяются деформации оседания и выпирания?
3. Каковы возможности инженерно-геофизических методов наблюдений за состоянием откосов?
4. Как осуществляется паспортизация деформаций откосов карьеров и отвалов?

2. Темы при самостоятельной подготовке к практическим занятиям

1. Изучение физических и физико-химических свойств горных пород, определяющих поведение их в массиве. Способы и приборы для их определения.

2. Изучение физико-механических и реологических свойств горных пород. Способы и приборы для их определения. Построение паспорта прочности горных пород.

3. Расчет устойчивости откоса борта (уступа) карьера методом алгебраического сложения сил по круглоцилиндрической поверхности скольжения.

3. Контрольная работа

***Тема: Расчет устойчивости борта карьера плоского профиля
методом алгебраического сложения сил
по круглоцилиндрической поверхности скольжения***

3.1. Исходные данные

Расчетный коэффициент запаса устойчивости принять равным 1,2.

Породы, слагающие борт, – сухие.

Залегание слоев принять горизонтальным.

Номограмма – график зависимости между высотой плоского откоса и его углом для различных значений расчетных характеристик представлен на рис. 3.1.

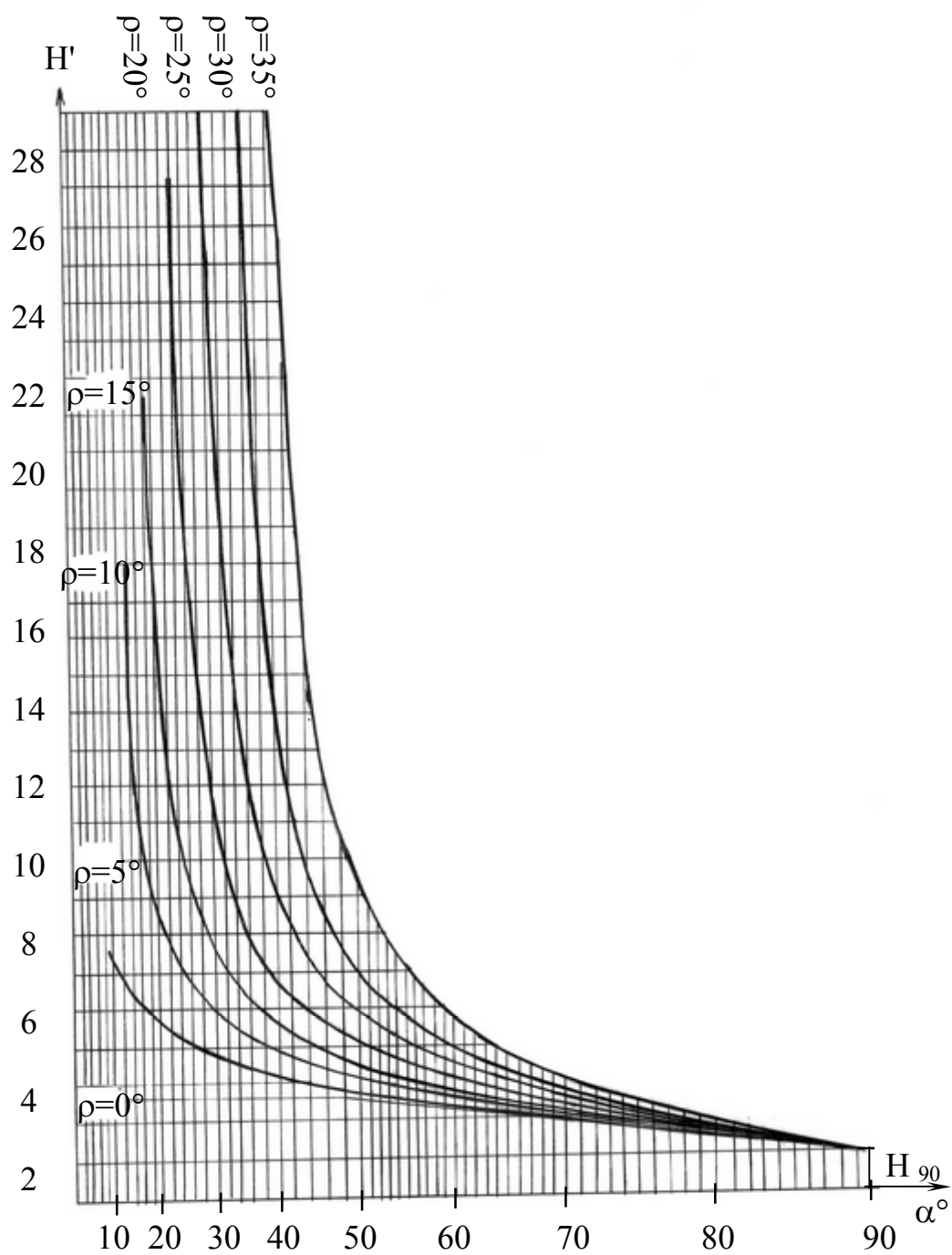


Рис. 3.1. График зависимости между высотой плоского откоса и его углом для различных значений расчетных характеристик

Строение борта карьера по вариантам представлено в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Вариант	Высота борта Н, м	Мощность слоев, м				Строение борта карьера
		m ₁	m ₂	m ₃	m ₄	
1	60	8	15	24	13	1, 3, 4, 5
2	44	6	8	10	24	2, 4, 5, 6
3	75	11	30	16	20	2, 3, 4, 6
4	68	7	12	11	38	1, 4, 5, 6
5	90	10	20	14	46	1, 2, 3, 7
6	119	12	14	42	51	2, 3, 4, 7
7	35	9	9	6	11	1, 3, 5, 6
8	45	7	5	10	23	1, 2, 3, 6
9	80	15	31	7	27	2, 3, 4, 5
10	55	6	18	8	23	1, 2, 4, 5
11	77	9	14	15	39	1, 2, 5, 6
12	95	14	11	32	38	3, 4, 5, 6
13	83	11	23	7	42	3, 4, 6, 7
14	135	16	50	25	44	2, 5, 6, 7
15	65	12	3	16	34	1, 5, 6, 7
16	70	7	13	23	27	1, 3, 6, 7
17	126	13	20	47	46	1, 2, 3, 6
18	50	8	11	5	26	1, 3, 4, 6
19	92	10	37	24	21	1, 4, 6, 7
20	115	14	46	25	30	1, 4, 6, 7
21	120	18	9	32	61	1, 3, 4, 7
22	90	15	28	22	25	2, 3, 6, 7
23	130	6	23	41	60	3, 5, 6, 7
24	100	12	29	38	31	2, 3, 5, 6
25	127	17	16	45	49	1, 2, 6, 7
26	38	5	6	8	19	1, 2, 3, 4
27	74	11	6	24	33	3, 4, 5, 7

Примечание. Порядок нумерации слоев сверху вниз.

Номер варианта соответствует сумме трех последних цифр номера зачетной книжки студента.

Свойства, определяющие поведение горных пород в массиве, представлены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

№ п/п	Породы, слагающие борт	Удельный вес пород γ , кН/м ³	Сцепление пород в массиве К, КПа	Угол внутреннего трения ρ , град
1	Суглинки четвертичные	18,9	53,4	24
2	Глина	21,7	57,2	27
3	Алевролиты выветрелые	22,6	58,6	26
4	Алевролиты	23,8	78,4	33
5	Аргиллиты выветрелые	20,1	65,5	25
6	Аргиллиты	24,2	86,1	32
7	Песчаники на глинистом цементе	25,7	74,6	35

3.2. Общий порядок выполнения контрольной работы

1. Определяется вариант.

2. Выбираются исходные данные по варианту с составлением таблицы. Например:

Вариант 8

Высота борта Н, м	Мощность слоев m, м	Строение борта	Удельный вес пород γ , кН/м ³	Сцепление пород в массиве К, КПа	Угол внутреннего трения ρ , град
45	7	1 – суглинки четвертичные	18,9	53,4	24
	5	2 – глина	21,7	57,2	27
	10	3 – алевролиты выветрелые	22,6	58,6	26
	23	6 – аргиллиты	24,2	86,1	32

3. Для построения ориентировочной поверхности скольжения определяют средневзвешенные по мощности характеристики массива горных пород.

4. Определяют расчетные характеристики.

5. Вычисляют величину H_{90} , приведенное значение высоты уступа, по графику-номограмме (см. рис. 3.1) определяют угол откоса, рассчитывают ширину призмы возможного обрушения.

6. На миллиметровой бумаге строят ориентировочную поверхность скольжения.

7. Сделав на ориентировочной поверхности скольжения, необходимые измерения производят вторичное взвешивание прочностных характеристик массива по длине поверхности скольжения в пределах слоя с учетом нормального напряжения на поверхности скольжения в середине слоя.

8. Повторяют расчет по пп. 4-5.

9. На миллиметровой бумаге строят основную поверхность скольжения.

10. Проводят проверочные расчеты методом алгебраического сложения сил.

11. По результатам расчетов делается вывод.

12. Приводится список использованной литературы.

Более подробно порядок расчета изложен в работе [1; 2; 3; 5]. Также можно использовать методический подход к расчету, изложенный в работе [6].

3.3. Основные расчетные формулы для выполнения контрольной работы

1. Высота вертикальной площадки отрыва (H_{90})

$$H_{90} = \frac{2K_n}{\gamma_{ср.вз.}} \cdot ctg\left(45 - \frac{\rho_n}{2}\right), \text{ м}$$

где K_n – расчетное значение сцепления пород в массиве, КПа;
 ρ_n – расчетное значение угла внутреннего трения пород, град;
 $\gamma_{ср.вз.}$ – средневзвешенный удельный вес пород, кН/м^3 .

2. Ширина призмы возможного обрушения (d)

$$d = \frac{2H \left[1 - ctg\alpha \cdot tg\left(\frac{\alpha + \rho_n}{2}\right) \right] - 2H_{90}}{ctg\left(45 - \frac{\rho_n}{2}\right) + tg\left(\frac{\alpha + \rho_n}{2}\right)}, \text{ м}$$

где α – угол откоса борта карьера, град.

3. Нормальное напряжение на поверхности скольжения в середине слоя (σ_i)

$$\sigma_i = h_i \cdot \cos^2 \varphi_i \cdot \gamma_{ср.вз.} \text{ КПа}$$

где h_i – глубина залегания поверхности скольжения в середине слоя, м; φ_i – угол наклона поверхности скольжения в середине слоя, град.

4. Приведенное значение высоты уступа (H')

$$H' = \frac{H}{H_{90}},$$

где H – высота борта карьера, м.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

1. Гальперин, А. М. Геомеханика открытых горных работ: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов «Горное дело». – М. Горная книга, 2012. – 480 с.

2. Воронков, В. Ф. Геомеханика открытых горных работ: учеб. пособие [электронный ресурс] для студ. спец. 130403 / ФГОУ ВПО «КузГТУ». – Кемерово, 2011. – 61 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90625&type=utchposob:common>

3. Бахаева, С. П. Расчет устойчивости откосов при открытой геотехнологии: учеб. пособие [электронный ресурс] / ФГОУ ВПО «КузГТУ». – Кемерово, 2011. – 158 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90548&type=utchposob:common>

4. Попов, В.Н. Устойчивость отвалов скальных пород: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Маркшейд. дело» направления подгот. «Горное дело» / В.Н. Попов, Б.В. Несмеянов, С.В. Попов. – М.: Горная книга, 2010. – 122 с.

7.2. Дополнительная литература

5. Гальперин, А. М. Геомеханика открытых горных работ: учебник для вузов / Моск. гос. горн. ун-т. - М.: Изд-во МГГУ, 2003. – 473 с.

6. Астафьев, Ю.П. Управление состоянием массива горных пород при открытой разработке месторождений полезных ископаемых: учебник для вузов / Ю. П. Астафьев, Р. В. Попов, Ю. М. Николашин. – Киев; Донецк: Вища школа, 1986. – 272 с.

7. Арсентьев, А. И. Устойчивость бортов и осушение карьеров: учебник / А. И. Арсентьев, И. Ю. Букин, В. А. Мироненко. – М.: Недра, 1982. – 165 с.

8. Галустьян, Э. Л. Геомеханика открытых горных работ: Справочное пособие. – М.: Недра, 1992. – 271 с.

9. Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах: утв. Госгортехнадзором РФ 16.03.1998г. / М-во топлива и энергетики РФ, РАН, Гос. науч-исслед. ин-т горн. геомеханики и маркшейд. дела, Межотрасл. науч. центр ВНИМИ, 1998. – 208 с.

10. Штумпф, Г. Г. Геомеханика : учеб. пособие / Г. Г. Штумпф; Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово: КузГТУ, 2000. – 115 с.

11. Геомеханика [Электронный ресурс]: учеб. пособие для вузов по направлению "Горное дело" / П. В. Егоров [и др.]; ГОУ ВПО "Кузбас. гос. техн. ун-т". – Кемерово, 2002. – 339 с.
<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90265&type=utchposob:common>

12. Зубков, А. В. Геомеханика и геотехнология / РАН, Урал. отд-ние, Ин-т горн. дела. – Екатеринбург, 2001. – 335 с.

13. Демин, А. М. Оползни в карьерах: анализ и прогноз : / РАН, Всерос. ин-т науч. и техн. информации. – М.: ГЕОС, 2009. – 79 с.

14. Попов, В. Н. Управление устойчивостью карьерных откосов: учебник для студентов вузов направления подгот. «Горн. дело» / В. Н. Попов, П. С. Шпаков, Ю. Л. Юнаков / М.: Горная книга, 2008. – 683 с.

15. Проскуряков, Н. М. Управление состоянием массива горных пород : учебник для горн. специальностей вузов. – М.: Недра, 1991. – 368 с.

16. Голик, В. И. Управление состоянием массива : учебник для студентов, магистров и аспирантов вузов, обучающихся по направлению подготовки 650100 "Прикладная геология", по горн.-геолог. специальности / В. И. Голик, Т. Т. Исмаилов. – М.: МГГУ, 2005. – 374 с.

7.3. Учебно-методические материалы

17. Воронков, В. Ф. Свойства, определяющие поведение горных пород в массиве : методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Геомеханика» для студентов спец. 130403 «Открытые горные работы» очной формы обучения / ФГБОУ ВПО «КузГТУ». – Кемерово, 2012. – 21 с.

18. Воронков, В. Ф. Инженерные методы расчета устойчивости бортовых и отвальных массивов: методические указания по выполнению расчетно-графических работ по дисциплине «Геомеханика» для студентов спец. 130403 «Открытые горные работы» / Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 2008. – 20 с.