Министерство образования Российской Федерации

Магнитогорский государственный технический университет им.Г.И. Носова

Факультет горных технологий и транспорта

Кафедра открытой разработки месторождений полезных ископаемых

Курсовая работа

по дисциплине "Основы геомеханики"

по теме: "Разработка обоснованного проекта устойчивого борта карьера"

Проверил: доцент, канд. тех. наук

Черчинцева Т.С.

Выполнил: студент группы 0905

Бондарев К.О.

Магнитогорск 2008

Содержание

[Введение](#_Toc241831983)

[1. Условия залегания и физико-механические свойства пород массива](#_Toc241831987)

[1.1 Определение коэффициента структурного ослабления и удельного сцепления пород в массиве](#_Toc241831988)

[1.2 Обоснование угла внутреннего трения и удельного веса пород в массиве](#_Toc241831989)

[1.3 Усреднение физико-механических свойств массива](#_Toc241831990)

[2. Обоснование устойчивого результирующего угла откоса борта карьера](#_Toc241831991)

[2.1 Определение расчетных усредненных свойств массива](#_Toc241831992)

[2.2 Определение проектного угла устойчивого плоского откоса](#_Toc241831993)

[Заключение](#_Toc241831994)

## Введение

Для глубоких карьеров большое экономическое значение имеет максимально возможное увеличение углов откоса борта: снижение на 2-30 ведет к росту общего объема вскрыши на 5-10 млн. м3 на один километр периметра карьера глубиной около 300 м.

С другой стороны, на необоснованно крутых бортах неизбежно развиваются деформации в виде оползней и обрушений. В этом случае на поддержание транспортных коммуникаций в зонах деформаций затрачивается много времени и средств, приходится прибегать к уменьшению размеров взрывных блоков и увеличивать частоту взрывов. Иногда оползневые борта требуют консервации или перепроектирования карьера, что, в свою очередь, ведет к потерям полезного ископаемого, уменьшению размеров карьера в плане, усложнению технологии горных работ.

Из изложенного напрашивается вывод: в конкретных горнотехнических условиях месторождения необходим поиск оптимальных параметров откоса борта и его уступов.

Таким образом, целью геомеханических изысканий является обоснование оптимальных проектных решений, которые обеспечивают, с одной стороны, экономичность производства, с другой - безопасность горных работ.

Геомеханические исследования включают в себя изучение: физико-механических свойств породного массива и изменение их с глубиной; геологических структурных особенностей залегания пород; взаимосвязи напряжений в массиве и деформаций пород в выработках; прогнозирование вероятных деформаций и мероприятия по их предупреждению.

Исходные данные

m1

Скальные породы сильнотрещиноватые

Песчано-глинистые

отложения

Скальные породы сильнотрещиноватые

Песчано-глинистые

отложения

Песчано-глинистые

отложения

Скальные породы сильнотрещиноватые

H

m2

Руда

Скальные породы среднетрещиноватые

А

Скальные породы среднетрещиноватые

Рисунок Поперечное сечение месторождения по лежачему боку залежи: А -нижняя бровка проектного борта карьера; Н - высота борта карьера

Таблица 1.

Исходные данные

|  |  |
| --- | --- |
| Номер варианта | 1 |
| Глубина карьера, Н, м | 360 |
| Мощность песчано-глинистых отложений, m1, м | 15 |
| Мощность сильнотрещиноватых скальных пород, m2, м | 200 |
| Срок службы карьера, лет | 25 |

Таблица 2.

Физико-механические свойства образцов пород и их структурные особенности в массиве

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип пород и их свойства | | | |
|  | *Песчано-глинистые отложения* | *Сильно трещиноватые скальные* | *Средне трещиноватые скальные* |
| Удельный вес , МН/м3 | ***0,025*** | ***0,034*** | ***0,035*** |
| Удельное сцепление С0, МПа | ***0,03*** | ***11,4*** | ***11,6*** |
| Угол активного внутреннего трения , град | ***21*** | ***33*** | ***30*** |
| Среднее расстояние между трещинами, , м | ***-*** | ***0,24*** | ***0,5*** |

## 1. Условия залегания и физико-механические свойства пород массива

## 1.1 Определение коэффициента структурного ослабления и удельного сцепления пород в массиве

Так как свойства пород заданы для образцов пород, их необходимо пересчитать на условия массива.

Удельное сцепление - это прочность породы на сдвиг, то есть минимальное касательное напряжение, при котором происходит смещение одной части породы по отношению к другой.

*Интенсивность трещиноватости* - это количество трещин, приходящихся на 1 погонный метр массива , где  - среднее расстояние между трещинами всех систем, м.

Коэффициент структурного ослабления можно определить эмпирической формулой

,

где а - коэффициент, учитывающий прочность образца (Со) и характер трещиноватости, Н - высота откоса, для которого производятся геомеханические расчеты, м. Глинистые наносы можно считать монолитными, для них Ксо = 0,8 и сцепление их в массиве снижается незначительно.

Степень снижения прочности характеризуется величиной коэффициента структурного ослабления , где С, Со - удельное сцепление пород в массиве и образце соответственно, МПа. Зная *Ксо*, можно вычислить для всех типов скальных пород их удельное сцепление в массиве

*С = Ксо \* Со.*

Результаты вычислений представлены в таблице 3.

## 

## 1.2 Обоснование угла внутреннего трения и удельного веса пород в массиве

Угол внутреннего трения пород  - это угол предельного равновесия, при котором одна часть породы относительно другой находится в равновесии при полном отсутствии сцепления между этими частями. Для снижения влияния ошибки в расчете сил трения, которая может привести к завышению расчетной устойчивости откоса, принимают величину tg  всех типов пород в расчетах на 10% ниже: tg  = 0.9 \* tg , откуда

 = arctg (0.9\*tg ).

Удельный вес пород  в равной степени оказывает влияние на величину как касательных (разрушающих) сил, так и сил трения, поэтому в расчетах принимается  = .

Результаты расчетов свойств пород в массиве занесены в таблицу 3 и в таблицу на схеме.

Таблица 3.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | ***в образце*** | | | ***в массиве*** | | | | | | |
| ***породы*** | ***Со*** |  |  | ***l*** |  | ***Kсо*** | ***C*** | ***а*** |  |  |
| *Песчано-глинистые отложения* | 0,03 | 21 | 0,025 | - | - | 0,8 | 0,02 | 0 | 19 | 0,025 |
| *Сильно*  *трещиноватые скальные* | 11,4 | 33 | 0,034 | 0,24 | 4,17 | 0,04 | 0,49 | 3 | 30,3 | 0,034 |
| *Средне трещиноватые скальные* | 11,6 | 30 | 0,035 | 0,5 | 2,0 | 0,05 | 0,56 | 3 | 27,5 | 0,035 |

## 1.3 Усреднение физико-механических свойств массива

Из т. А (нижняя бровка откоса) проводим линию плоского откоса АВ под углом к горизонтали . Дугу линии скольжения проводят следующим образом: от верхней бровки откоса В отмеряют 0,25\*Н - 0,25\* 360 = 90 м, по верхней площадке (т. С). Из конца этого отрезка проводят луч под углом сдвига наиболее прочных пород массива  к вертикали, или 300. Из нижней бровки проводят луч под тем же углом к откосу. Пересечение перпендикуляров, восстановленных к этим лучам в т. А и В, указывает центр дуги линии скольжения. Призма САВ является участком усреднения свойств пород.

Усредненная величина удельного сцепления

,

где *С1. .3*- удельное сцепление пород, *l1. .3*- длина участков линии скольжения:

По схеме находим: *l1 =24 м, l2 = 200 м, l3 = 350 м*

Тогда =0,51 МПа

Усредненный удельный вес пород

,

где  - удельный вес пород всех типов, *m1,2,3* - вертикальная мощность пластов пород всех типов:





Средний по блоку удельный вес определяется как средневзвешенный в соответствии с долевым участием разных типов пород

,

где *S1,2,3*- площадь блока, занимаемая различными породами, *Si* - общая площадь *i-*го вертикального блока.

 0,025 мН/м3

 = 0,033 мН/м3

 0,0345 мН/м3

Величина нормального напряжения , где  - средний по i-му вертикальному блоку удельный вес пород, МН/м3, *hi* - высота i-го блока, м,  - угол между направлением  и вертикалью.

 = 0,025 \* 14 \* cos2 52є = 0,13 мН/м2

 = 0,033 \* 128 \* cos2 45є = 2,11 мН/м2

 = 0,0345 \* 130 \* cos2 25є = 3,68 мН/м2

Усредненный угол внутреннего трения



 = 28,3є

Результаты расчетов усредненных показателей заносим в таблицу на схеме.

## 2. Обоснование устойчивого результирующего угла откоса борта карьера

## 2.1 Определение расчетных усредненных свойств массива

Коэффициент запаса устойчивости - это величина, показывающая относительное превышение прочности массива по сравнению со сдвигающимися напряжениями. Для карьеров со сроком службы до 25 лет можно принять Кзу=1,3, более 25 лет - Кзу =1,4.

По условию срок службы карьера 25 лет, значит, Кзу = 1,3.

Для определения угла откоса борта с заданным запасом используют известную зависимость H = f (a), где Н - высота откоса, а = его угол, Кзу = 1.

Параметры определим по расчетным механическим свойствам:

 = 0,51/1,3 = 0,39 МПа

 = arctg (tg 28,3є / 1,3) = 22,5є

Расчетная высота вертикального обнажения пород:

 = (2\*0,39/0,034) \*ctg (45є - (22,5є /2)) = 34 м

H' = Н / Н90 (р) = 360/35 = 10,59

## 2.2 Определение проектного угла устойчивого плоского откоса

По величине H' и  на графике Фисенко определяем угол устойчивого откоса =35є.

На схеме поперечного сечения месторождения строим результирующую линию устойчивого откоса борта под углом .

3. Построение наиболее вероятной линии скольжения в проектном борту

Это теоретически обоснованное положение поперечного сечения поверхности, по которой деформация сдвига пород откоса вероятна в наибольшей степени, то есть расчетная величина коэффициента запаса устойчивости по ней является минимальной.

Определим фактическую высоту вертикального обнажения усредненных пород массива

 = = 50 м

На глубине Н90 от верхней площадки борта проводим горизонтальную линию.

Из верхней бровки откоса опустим вертикальный луч, который является линией направления наибольшего главного напряжения в точке а, из которой проводят луч под углом сдвига  = 45є - 28,3є/2 = 30,85є к вертикали. Этот угол является постоянной величиной, определяющей в каждой точке массива направление касательных напряжений (сдвига) по отношению к направлению наибольших главных напряжений.

Средний угол наклона дуги линии скольжения

 = (35+28,3) /2= =31,65є.

Вертикаль из т. d показывает вероятное положение трещины отрыва при деформации откоса. Размер площадки fc называют шириной призмы скольжения.

4. Расчет общей устойчивости проектного плоского откоса борта

Использование усредненных свойств пород в расчетах обуславливает значительные ошибки в определении угла откоса с заданными Кзу. Поэтому требуется проверка проектного откоса по условию его устойчивости.

Для откосов, сложенных разнопрочными породами, для расчета величины коэффициента запаса устойчивости обычно используют "метод алгебраического сложения сил".

Расчет сил в блоках выполнен по формулам:











Таблица 4.

Расчет сил по линии скольжения

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер блока i | Ширина В, м | Высота h, м | Удельный вес пород γ, мН/м3 | Сила тяжести Р, мН | Угол сдвига β, град | Касательная сила Т, мН | Нормальная сила N, мН | Угол внутреннего трения φ, град | Сила трения Fт, мН | Удельное сцепление С, МПа | Длина основания блока L, м | Сила сцепления Fс, мН |
| 1 | 50 | 50 | 0,034 | 85 | 48 | 63,2 | 56,9 | 30,3 | 33,2 | 0,49 | 76 | 37,2 |
| 2 | 51 | 70 | 0,034 | 121,4 | 47 | 88,8 | 82,8 | 30,3 | 48,4 | 0,49 | 72 | 35,3 |
| 3 | 50 | 82 | 0,034 | 139,4 | 40 | 89,6 | 106,8 | 30,3 | 62,4 | 0,49 | 66 | 32,3 |
| 4 | 52 | 88 | 0,035 | 160,0 | 37 | 96,4 | 127,9 | 27,5 | 66,6 | 0,56 | 65 | 36,4 |
| 5 | 50 | 89 | 0,035 | 155,8 | 33 | 84,9 | 130,7 | 27,5 | 68,0 | 0,56 | 60 | 33,6 |
| 6 | 50 | 83 | 0,035 | 145,3 | 25 | 61,4 | 131,7 | 27,5 | 68,6 | 0,56 | 57 | 31,9 |
| 7 | 51 | 71 | 0,035 | 126,7 | 22 | 47,5 | 117,5 | 27,5 | 61,2 | 0,56 | 55 | 30,8 |
| 8 | 52 | 55 | 0,035 | 100,1 | 19 | 32,6 | 94,6 | 27,5 | 49,2 | 0,56 | 55 | 30,8 |
| 9 | 51 | 37 | 0,035 | 66,0 | 15 | 17,1 | 63,8 | 27,5 | 33,2 | 0,56 | 53 | 29,7 |
| 10 | 50 | 27 | 0,035 | 47,3 | 11 | 9 | 46,4 | 27,5 | 24,2 | 0,56 | 51 | 28,6 |
| Сумма сил | - | - | - | - | - | 590,5 |  |  | 515,0 |  |  | 326,6 |

Коэффициент запаса устойчивости

, где  -

удерживающие силы: сумма сил трения и сумма сил сцепления соответственно,  - сдвигающие силы: сумма касательных сил, МН.

 = = 1,43

Принятый проектный угол откоса борта  удовлетворяет условию устойчивости откоса с усредненными свойствами пород.

5. Расчет местной устойчивости проектного откоса из глинистых пород

Прочность усредненных пород значительно выше прочности пород наносов, поэтому часть откоса принадлежащая слабым породам, требует проверки его устойчивости и соответствующей корректировки борта.

Расчет коэффициента запаса местной устойчивости этой части откоса можно выполнить методом "касательных напряжений".

 = = 2,2 м

 = 45є - 19є/2 = 35,5є

 = (35+19) /2= =27є.

Вычертим схему поперечного сечения части откоса по глинистым наносам в масштабе 1: 200 или 1: 500, построим наиболее вероятную линию скольжения, используя свойства глинистых наносов и высоту, равную их вертикальной мощности m1. Наметим равномерно расположенные расчетные точки линии скольжения 0,1,. .6. и рассчитаем для каждой точки:

Касательные напряжения 

Сопротивление пород сдвигу 

Все результаты замеров и расчетов заносим в таблицу 5.

Таблица 5

Касательные напряжения и сопротивление сдвигу

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| номер расчетной точки | высота пород над точкой h, м | угол сдвига β, град | сопротивление пород сдвигу, МПа | касательные напряжения, МПа |
| 0 | 0 | 4 | 0,02 | 0,00 |
| 1 | 3,2 | 12 | 0,046 | 0,016 |
| 2 | 5,2 | 24 | 0,057 | 0,048 |
| 3 | 6,0 | 37 | 0,053 | 0,072 |
| 4 | 5,8 | 46 | 0,044 | 0,073 |
| 5 | 3,5 | 55 | 0,03 | 0,041 |
| 6 | 2,2 | 90 | 0,02 | 0,00 |

Строим координатную сетку, у которой горизонтальной осью служит развертка линии скольжения, вертикальная - ось касательных напряжений, и эпюры  и  по полученным результатам (таб.5).

Замеряем площади построенных эпюр и определяем коэффициент запаса устойчивости  = 60,9/63,1 = 0,97

Если расчетный Кзу <1.5, то следует уменьшить угол откоса на песчано-глинистых породах.

Принимаем Кзу = 1.5

 = = 1,3 м

 = arctg (tg 19є / 1,5) = 12,9є

 = 0,02/1,5 = 0,013 МПа

Относительная высота откоса:

H'гл = Нгл / Нгл90 (р) = 15/1,3 = 11,5

По величине H'гл и φргл определяем угол αгл = 20є по графику Фисенко - зависимости между высотой и углом плоского откоса.

В соответствии с полученными результатами отстраиваем верхнюю часть борта карьера под углом  на общей схеме.

В результате всех предыдущих расчетов и построений получаем результирующую линию откоса борта. Полный проект борта по заданному разрезу необходимо отстроить с конструктивными элементами: уступами и горизонтальными площадками.

## Заключение

В ходе выполнения данной работы были проведены геомеханические исследования, включающие в себя изучение физико-механических свойств массива; взаимосвязь напряжений и деформаций пород в массиве; геологические структурные особенности залегания пород. А также были рассмотрены некоторые инженерные методы расчета устойчивости пород.

В результате были обоснованы параметры устойчивости откосов борта карьера и его уступов.