

УДК 553.6(470.54)

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТА КАРЬЕРА И ОТВАЛА
ВСКРЫШНЫХ ПОРОД ЗАПАДНОГО УЧАСТКА ЛУНЬЕВСКОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ИЗВЕСТНЯКОВ

А. К. АЛВАНЯН*, К. А. АЛВАНЯН

*ГОУВПО, Пермский государственный национальный
исследовательский университет, Россия*

Методом алгебраического сложения сил произведен расчет устойчивости борта карьера и отвала вскрышных пород для Луньевского месторождения известняков.

Получено, что для заполнения выработанного пространства 15-метровым слоем вскрышных пород достаточен угол откоса 50°. При этом коэффициент запаса устойчивости отвала равен 1,32.

Keywords: deposit, bench, edge of the open-pit mine, assurance factor, simple shear, angle of hade, soil adhesion, internal friction angle, prism of failure.

Луньевское месторождение известняков расположено в Александровском районе Пермского края, в 5 км восточнее станции “Копи”. Оно делится на 3 участка: Южный, Северный и Западный [1].

1. Описание метода. Для расчета устойчивости борта карьера и отвала вскрышных пород известным методом алгебраического сложения сил предполагается, что сдвиг происходит по определенной круглоцилиндрической поверхности (поверхности скольжения), на которой сдвигающие силы превышают удерживающие. Способ построения такой поверхности предложил Г.Л. Фисенко [2], основываясь на основных положениях теории предельного равновесия. Первоначально вычисляется глубина H_{90} , на которой возможно возникновение поверхности скольжения:

$$H_{90} = \frac{2C}{\gamma} \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right), \quad (1)$$

где C – сцепление, МПа; γ – объемный вес пород, МН/м³; φ – угол внутреннего трения, градус.

Далее производится ряд геометрических построений [2, 3], в результате которых получают положение наиболее ослабленной поверхности, по которой возможен сдвиг. На рис. 1 показана схема к построению поверхности скольжения.

* E-mail: Alv-anton@yandex.ru

Фигура, ограниченная с одной стороны контуром борта, с другой – поверхностью скольжения, разбивается на ряд блоков. Определяется площадь (S_i) каждого блока и вычисляется вес (Q_i) блока на один погонный метр борта:

$$Q_i = S_i \gamma. \quad (2)$$

Далее вычисляют нормальные (N_i) и касательные (T_i) составляющие вектора Q_i :

$$N_i = Q_i \cos(\theta_i), \quad T_i = Q_i \sin(\theta_i),$$

где θ_i – углы наклона поверхности скольжения в точках приложения составляющих. Затем вычисляют коэффициент запаса устойчивости:

$$n = \frac{\sum N_i \operatorname{tg} \varphi + CL}{\sum T_i}, \quad (3)$$

где L – длина криволинейной части контура призмы обрушения, м. Согласно [3], n должен быть не менее 1,3.

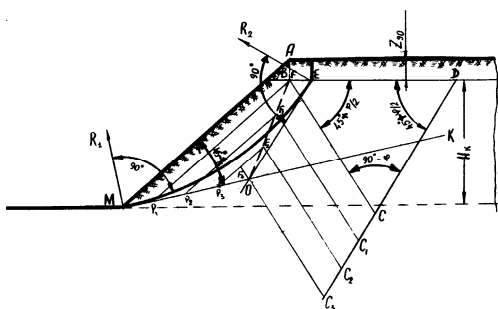


Рис. 1. Схема к построению поверхности скольжения по Г. Л. Фисенко.

Таким образом, для определения запаса устойчивости необходимо знание таких прочностных характеристик слагающих массив пород, как сцепление и угол внутреннего трения.

2. Обоснование физико-механических свойств. Сцепление и угол внутреннего трения – необходимые величины для расчета устойчивости борта карьера – обычно определяются по паспорту прочности, который получают по результатам лабораторных испытаний образцов. Однако при выполнении данной работы отдельных испытаний не выполнялось, в связи с этим необходимые характеристики были приняты по аналогии с показателями пород Южного участка Луньевского месторождения, полученных по результатам испытаний:

$$\varphi = 20^\circ, \quad C = 2,69 \text{ МПа}, \quad \gamma = 0,02 \text{ МН/м}^3.$$

Для использования прочностных характеристик в дальнейших расчетах необходимо перейти от сцепления в образце к сцеплению в массиве, определяемому по известной формуле Г.Л. Фисенко:

$$C_m = \frac{C}{1 + a \operatorname{Ln} H/b}, \quad (4)$$

где C – сцепление в образце; a – коэффициент, зависящий от сцепления в монолите ($a=5,0$); H – глубина карьера (60 м); b – средний размер элементарного структурного блока (0,5 м). Полученное значение C_m составило 0,11 МПа.

Для расчета устойчивости отвала были приняты табличные свойства вскрышных пород: $\varphi=15^\circ$, $C=0,065 \text{ МПа}$, $\gamma=0,018 \text{ МН/м}^3$. Т.к. отвал предполагается отсыпаться на слабое наклонное основание глин, были приняты следующие характеристики контакта отвал–основание: $C=0,01 \text{ МПа}$, $\varphi=10^\circ$.

3. Расчет коэффициента запаса устойчивости борта карьера. Расчеты были выполнены для наиболее опасного участка борта карьера.

Согласно проекту разработки, угол наклона борта карьера на конец отработки составит 50° , высота 60 м. Глубина H_{90} , вычисленная по формуле (2), составит 15,7 м. Все геометрические построения выполнялись с помощью программного продукта “Компас”. Полученная по результатам геометрических построений призма возможного обрушения представлена на рис. 2, а. Результаты

расчетов представлены в таблице. Полученный коэффициент запаса устойчивости $n > 1$, однако, имеет невысокое значение $\approx 1,1$. В связи с этим был выполнен расчет устойчивости борта с учетом отсыпки в выработанное пространство карьера 15-метрового внутреннего отвала [1].

Результаты расчета коэффициента запаса устойчивости

Описание расчета	Сумма удержив. сил, МН	Сумма сдвиг. сил, МН	φ , град.	Длина призмы обрушения, м	C , МПа	Коэффициент запаса устойчивости, n
Борт карьера без внутр. отвала	15,409	12,692	20	75,56	0,11	1,097
Борт карьера с 15-метровым слоем внутр. отвала	7,738	6,256	20	51,07	0,11	1,348
Внешний отвал породы	30,975	11,877	15	61,13 64*	0,11 0,01*	1,319

Примечание: * – характеристики по контакту четвертичные глины–подошва отвала.

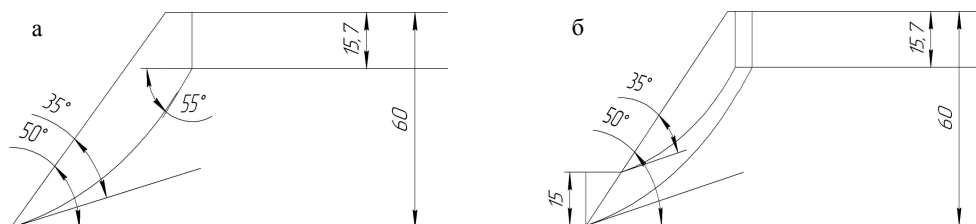


Рис. 2. Схематический чертеж к построению призмы обрушения для борта карьера: без внутреннего отвала (а), с внутренним отвалом (б) (М-б 1:1000).

Призма обрушения, полученная с учетом внутреннего отвала, представлена на рис. 2, б. Результаты расчетов представлены в таблице. В данном случае n имеет достаточно высокое значение и составляет 1,348. Это говорит о допустимости использования проектного угла наклона борта и, в целом, об его устойчивости.

Таким образом, выполненные расчеты свидетельствуют о том, что выбор угла откоса 50° является обоснованным в случае заполнения выработанного пространства 15-метровым слоем вскрышных пород [1].

4. Расчет устойчивости отвала горных пород на слабом наклонном основании. Отвал вскрышных пород предполагается отсыпать на слабое наклонное основание четвертичных глин. В связи с этим методика построения поверхности скольжения несколько отличается от таковой для борта карьера. Подробное изложение методики построения поверхностей скольжения приведено в [4]. При этом угол входа поверхности скольжения вычисляется по формуле

$$\theta = \frac{\pi}{4} + \frac{1}{2}(\rho - \rho') - \frac{1}{2} \arcsin \left(\frac{\sin \rho'}{\sin \rho} \right),$$

где ρ, ρ' – углы внутреннего трения для основного массива и слабого основания соответственно. Вычисленный по данной

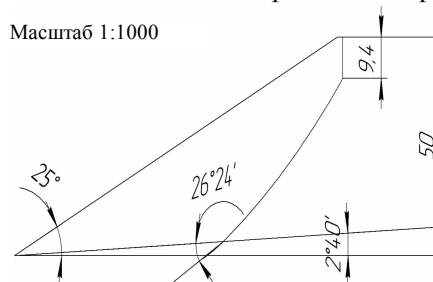


Рис.3. Схематический чертеж к построению призмы обрушения для внешнего отвала породы.

формуле угол входа поверхности скольжения составил $26,4^\circ$. Согласно проекту разработки, угол наклона отвала составил 25° , высота 50 м. Построенная с учетом наклонного слабого основания призма обрушения отвала приведена на рис. 3. Результаты расчетов приведены в таблице.

Таким образом, отсыпанный согласно проекту отвал обладает достаточно высоким запасом устойчивости $n = 1,32$.

Поступила 06.02.2013

ЛИТЕРАТУРА

1. **Алванян А.К., Бузилов С.А.** Рабочий проект разработки и рекультивации Западного участка Луньевского месторождения известняков. Пермь, 2012.
2. **Фисенко Г.Л.** Устойчивость бортов карьеров и отвалов. М.: Недра, 1965.
3. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов, уступов и отвалов строящихся и эксплуатирующихся карьеров. Л.: ВНИМИ, 1972.
4. **Попов И.И., Шпаков П.С., Поклад Г.Г.** Устойчивость породных отвалов. Алма-Ата: Наука, 1988.

Ա. Կ. ԱԼՎԱՆՅԱՆ, Կ. Ա. ԱԼՎԱՆՅԱՆ

ԼՈՒՆԵՎՍԿԻ ԿՐԱՔԱՐԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԻ ԱՐԵՎՍՏՅԱՆ ՍԱՍԻ
ԲԱՅԱՀԱՆՔԻ ԵՎ ՍԱԿԱՔԱՑՄԱՆ ԱՊԱՐՆԵՐԻ ԼՑԱԿՈՒՅՏԻ ԿՈՂԵՐԻ
ԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ՀԱՇՎԱՐԿ

Ա մ փ ո փ ո մ

Ուժերի հանրահաշվական գումարի եղանակով կատարվել է Լունևսկի կրաքարային հանքավայրի բացահանքի և մակաբացման ապարների լցակույտի կողերի կայունության հաշվարկ:

Ստացվել է, որ 15 մետրանոց շերտով պոչհանքի մշակված տարածությունը լցնելու համար բավարար է 50° անկյան թեքությունը: Այս դեպքում թափոնակույտի պաշարի կայունության գործակիցը հավասար է 1,32:

A. K. ALVANIAN, K. A. ALVANIAN

PIT WALLS AND OVERBURDEN DUMP STABILITY CALCULATION
OF LUNEVSKY LIMESTONE DEPOSIT WESTERN SECTION

Summary

With the help of algebraic addition of strength and substance method was calculated the pit wall stability and overburden dump for Lunevsky limestone deposit.

Executed calculations are evidence of the fact that the choice of dump angle 50° is substantiated in case, if worked out areas were filled by 15 m overburden dump layer.