

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СИЛ ІНЕРЦІЇ ПО КРИТЕРІЮ СТІЙКОСТІ БОРТІВ КАР'ЄРА ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ СЕЙСМОБЕЗПЕЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИБУХІВ

По результатам досліджень динамічних навантажень на укоси кар'єру встановлений критерій їх стійкості по допустимому прискоренню в залежності від типу порід, які складають цей укос. Стійкість бортів кар'єра всіх його уступів забезпечується відсутністю руйнування найслабшого шару породи за рахунок дотримання допустимого значення прискорення для даного шару.

По результатам исследований динамических нагрузок на укосы карьера установлен критерий их устойчивости по допустимому ускорению в зависимости от типа пород, которые составляют этот укос. Устойчивость бортов карьера всех его уступов обеспечивается отсутствием разрушения самого слабого пласта породы за счет соблюдения допустимого значения ускорения для данного пласта.

Criterion of stability is established for slope of open-cast mining by results of researches of dynamic loadings. It is calculated according to admissible acceleration depending on type of soils which make this slope. Stability of pit walls of all its quarries face is provided with absence of destruction of the weakest seam of soil by observancing of admissible value of acceleration for this seam.

Вступ. Ведення гірничо – добувних робіт на гірничорудних підприємствах завжди супроводжувалось проблемою по збереженню сейсмостійкості діючих і погашених уступів, які складаються з м'яких та скальних порід. Дана проблема вимагає її вдосконалення в частині вирішення задач, зв'язаних з визначенням критерію оцінки для розрахунку безпечних параметрів багато блокових масових вибухів. В попередніх дослідженнях і публікаціях вирішена одна з головних, в гірничій справі, проблема стійкості бортів кар'єру на основі дотримання його кута падіння але без врахування постійного динамічного впливу від дії СВХ [1], що і є метою даної статті.

Але практика роботи глибоких кар'єрів показала, що значення коефіцієнта запаса стійкості, які рекомендуються, не завжди гарантують надійну і безпечну роботу борту, так як обрушення уступів, що складені різними гірськими породами, відбувається не миттєво, а розвивається у просторі і в часі. Особливо це стосується кар'єрів, де у постійному циклі проводять вибухові роботи з різним наближенням до бортів, адже в цьому випадку потрібно брати до уваги ще і сили, які виникають внаслідок підривання.

Мета і задачі дослідження. Розробка динамічного критерію стійкості бортів кар'єру для розрахунку сейсмомобезпечних параметрів багато - блокових масових вибухів. Для досягнення сформульованої мети були поставлені і виконані наступні задачі:

- визначити найбільш небезпечні точки прикладення сейсмічної сили;
- визначити критерій оцінки стійкості укосів з врахуванням схеми дії сейсмічних сил на уступі, а саме: призма обвалення (метод розрахунку стійкості), коефіцієнт збереження стійкості та критична точка стійкості;

- проведення розрахунку сейсдобезпечних параметрів масового вибуху по визначенню граничної маси ВР, що підривається миттєво за одне сповільнення з врахуванням критерію оцінки стійкості укосів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для розрахунку стійкості укосів та бортів кар'єру скористаємось методом круглоциліндричної поверхні ковзання [2].

При розрахунках стійкості схилу чи зсувного тиску призма ковзання ділиться вертикальними лініями на ряд відсіків. Зазвичай відсіки приймаються такими, що без втрати точності можна було в їх межах приймати поверхню за площину, а контур схилу, дію зовнішніх сил і т.п. практично однорідними (рис. 1).

Розглянемо умови рівноваги i -того відсіку. Усі зовнішні активні сили (вага ґрунту в відсіці, зовнішнє навантаження і т.д.), що діють на i -тий відсік, приводяться до рівнодіючої P_i . останню розкладаємо у точці її прикладення на складові: нормальну P_{Ni} і дотичну P_{Qi} до площини зсуву відсіку.

$$P_{Ni} = P_i \cos \alpha_i; \quad P_{Qi} = P_i \sin \alpha_i;$$

Припускаємо, що центр O і радіус кривизни R поверхні ковзання нам відомі. У цьому методі сили взаємодії між сусідніми відсіками не враховуються, спираючись на те, що сума цих сил повинна дорівнювати нулю, а сумарний момент від них відносно точки O невеликий. Дотична сила від усіх навантажень $P_{Qi} = P_i \sin \alpha_i$ є рушійною силою, яка викликає зсуви укосу.

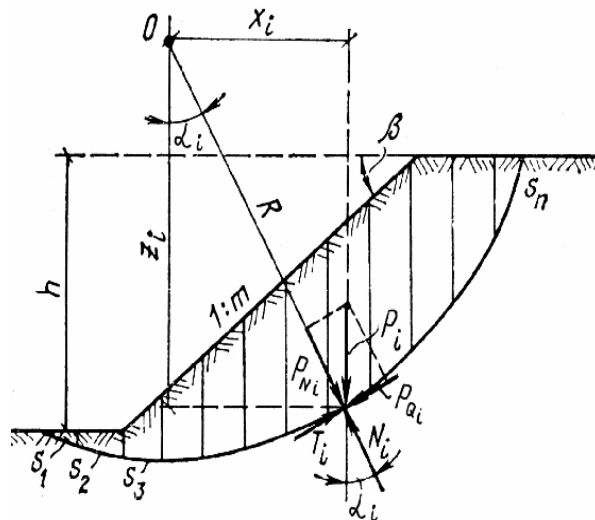


Рис.1. Схема рівнодіючих сил на i -тий відсік

Сила опору зсуву сипучого тіла, яка знаходиться за поверхнею ковзання (реакція), може бути представлена у вигляді суми сил тертя і зчеплення:

$$T_i = N_i \tan \varphi_i + c_i s_i$$

де N_i – нормальна реакція опори; s_i – довжина дуги поверхні ковзання; φ_i – кут внутрішнього тертя в межах дуги s_i ; c_i – питоме зчеплення в межах дуги s_i .

Із рівняння проекції усіх сил на нормаль до площадки відсіку отримаємо

$$N_i = P_{Ni} = P_i \cos \alpha_i$$

Друге рівняння проекції залишається незадовільним, так як сили взаємодії між відсіками не розглядаються. Умова рівноваги укосів зводиться до рів-

няння моментів усіх сил, що діють на сповзаючу призму, відносно центру O поверхні ковзання.

Але такий підхід не враховує зміну характеристик порід по міцності (сил зчеплення), які відбуваються при динамічному (імпульсному) режимі навантаження.

Врахування сейсмічної дії при розрахунку протизсувних утримуючих конструкцій відбувається додаванням до розрахункових зусиль так званої інерційної сейсмічної сили S_{ci} . Сейсмічна сила S_{ci} наближено визначається як частка від маси ґрунту, яка перетерплює сейсмічний вплив.

$$S_{ci} = \frac{a_c}{g} P_i \quad (1)$$

де a_c – сейсмічне прискорення; g – прискорення вільного падіння.

Маючи на увазі, що коефіцієнт динамічної сейсмічності $\mu = a_c/g$, отримаємо

$$S_{ci} = \pm \mu \cdot P_i. \quad (2)$$

Найбільш небезпечні точки прикладення сейсмічної складової визначаються графічно по кожному відсіку у центрі його тяжіння.

Направлення сили S_{ci} рекомендується рахувати найбільш несприятливим. У зв'язку з цим будемо приймати, що сейсмічні сили у кожному відсіку зсувного блоку направлені паралельно основі відсіку. Умова рівноваги відкосів зводиться до рівняння моментів усіх сил, які діють на сповзаючу призму, відносно центру O поверхні ковзання.

$$\sum P_i x_i + R \sum S_{ci} - \frac{R}{k} \sum T_i = 0$$

де R – радіус, що описує поверхню призми обвалення.

При цьому сили опору зсуву зменшаться у k раз з врахуванням необхідності забезпечити певний запас стійкості відкосу проти руйнування.

$$K_c = \frac{R \sum T_i}{\sum P_i x_i + R \sum S_{ci}}$$

Тоді коефіцієнт виражається

$$K_c = \frac{R \sum P_i \cos \alpha_i \tan \varphi_i + R \sum c_i s_i}{\sum P_i x_i + R \sum S_{ci}}$$

Враховуючи, що $\cos \alpha_i = x_i/R$, остаточно отримаємо значення коефіцієнту запасу стійкості

$$K_c = \frac{\sum P_i \cos \alpha_i \tan \varphi_i + \sum c_i s_i}{\sum P_i \cos \alpha_i + \sum S_{ci}} \quad (3)$$

Значення коефіцієнту динамічної сейсмічності μ для розрахунку природних схилів рекомендують приймати по таблиці 1. При розрахунку штучних відкосів (насипи доріг, греблі т.д.) значення коефіцієнту із таблиці 1 слід (приблизно) збільшувати у 1,5 рази.

Таблиця 1

Сейсмічна бальність району	1-6	7	8	9	10	11	12
Коефіцієнт динамічної сейсмічності, μ	0,00	0,025	0,05	0,1	0,25	0,50	>0,75

Для розрахунку коефіцієнту динамічної сейсмічності μ для уступів та бортів кар'єра більш правильно буде виразити його, використовуючи рівняння методу круглоциліндричної поверхні ковзання. Для цього розкладемо інерційну сейсмічну силу на вертикальні і горизонтальні складові (рис.2) відповідно

$$S_{C.B.i} = \pm S_{c.i} \sin \xi;$$

$$S_{C.G.i} = \pm S_{c.i} \cos \xi,$$

де ξ - кут виходу сейсмічного імпульсу до горизонту.

Вплив вертикальної та горизонтальної складових сейсмічного прискорення на ступінь стійкості різний. Складова $S_{C.B.i}$ у певні моменти коливання здатна розвантажити вагу призми обвалення. Складова $S_{C.G.i}$ може збільшувати зсувні сили. Зазвичай $S_{C.B.i}$ і $S_{C.G.i}$ приймають як такі, що діють у напрямку зниження ступеню стійкості уступу та борта кар'єра.

Визначимо плечі сил $S_{C.B.i}$ і $S_{C.G.i}$ відносно центру обертання призми обвалення відповідно n і m . Використовуючи метод круглоциліндричної поверхні ковзання, можна записати

$$\mu = \frac{\sum (P_i \cos \alpha_i \operatorname{tg} \varphi + c_i l_i) R}{\sum (P_i \sin \alpha_i) R + S_{C.G.} m + S_{C.B.} n}, \quad (4)$$

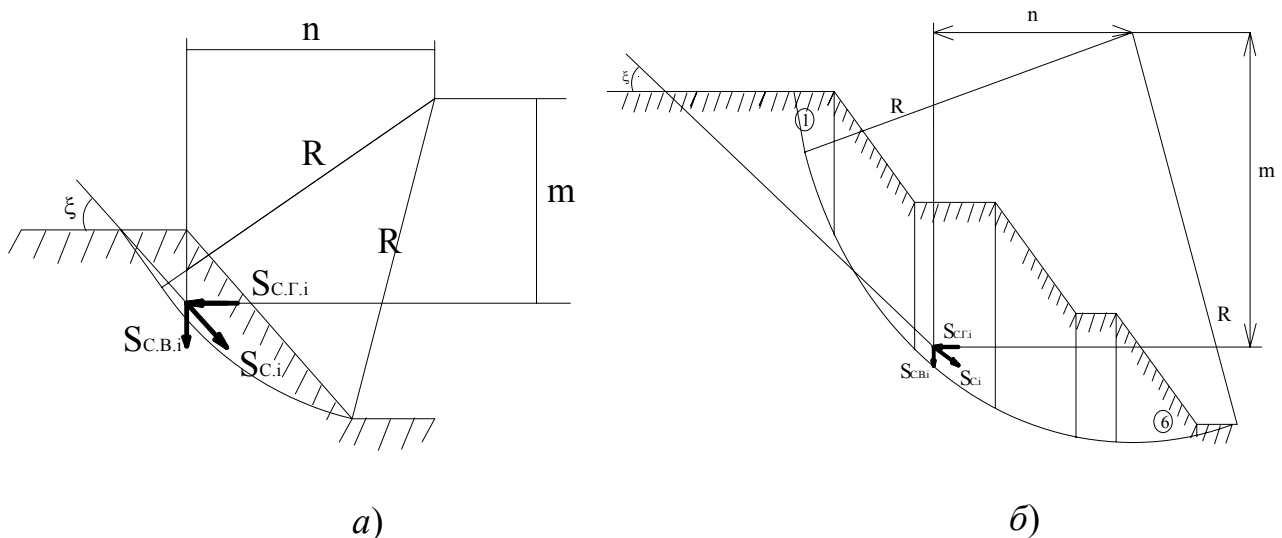


Рис.2. Схема дії сейсмічної сили: а) на уступ кар'єру; б) на борт кар'єру

По Н.Н. Маслову [3], вплив сил інерції на зміну стійкості уступу (борту) може бути представлено як збільшення його крутизни на кут

$$\delta_c = \operatorname{arctg} \mu. \quad (5)$$

З формули (5) випливає, що при прискоренні a земна поверхня випробовує нахил на кут δ_c , а ступінь стійкості укошу знижується. Одиниця прискорен-

ня, як показують дослідження [4], є ефективним критерієм стійкості укосів при веденні ВР у кар'єрі.

У таблиці 2 представлена допустима величина одиниці прискорення для вказаних гірничих об'єктів, складених різними гірничими породами.

Аналіз літературних [5] і отриманих нами експериментальних даних дав змогу виразити залежність допустимих значень інтенсивності впливу СВХ на укоси (в одиницях прискорення) від приведеної відстані до допустимої маси групи зарядів, що одночасно підриваються ($\text{м/кг}^{1/3}$) у графічному вигляді, що показаний на рис.3. Залежність, яка представлена на рисунку, в аналітичному вигляді записується наступним чином:

$$\bar{r} = r / Q_{sp}^{1/3} = 4,6 \cdot a^{-2/3}, \quad \text{м/кг}^{1/3}, \quad (6)$$

а допустима маса зарядів, що підриваються одночасно, визначається з виразу:

$$Q_{sp} = \left(\frac{r}{\bar{r}} \right)^3, \quad \text{кг.}$$

Таблиця 2

Значення допустимих одиниць прискорення для укосів

Гірничі породи	Допустиме значення одиниці прискорення, a
М'які породи, наноси	0,15
Скельні породи:	
- сильно тріщинуваті з глиною і високою пористістю	0,50
- значно тріщинуваті	0,90
- середньо тріщинуваті	1,30
- слабо тріщинуваті	1,90
- дуже міцні і монолітні, практично без тріщин	2,25



Рис.3. Залежність допустимих значень інтенсивності впливу СВХ на укоси (в одиницях прискорення) від приведеної відстані до допустимої маси групи зарядів, що одночасно підриваються ($\text{м/кг}^{1/3}$)

Дані для побудови рисунку 3

a	$\lg a$	$\bar{r} = r/Q^{1/3}$	$\lg r/Q^{1/3}$
0,15	-0,82	16,2	1,21
0,50	-0,30	7,24	0,86
0,90	-0,05	5,00	0,70
1,30	0,11	3,89	0,59
1,90	0,28	3,00	0,48
2,25	0,35	2,70	0,43

На основі встановлених допустимих значень інтенсивності впливу СВХ на укуси (в одиницях прискорення) було здійснено подальший розрахунок сейсдобезпечних параметрів вибухових робіт для різних типів порід, які занесені до табл.3. Побудовано графік для м'яких та скельних із сильною і середньою тріщинуватістю порід (рис. 4). Для скельних порід, допустимі значення одиниці прискорення яких більші 1.3, графік не будували, так як такі породи практично не зустрічаються.

Таблиця 3

r	Q(a=0.15)	Q(a=0.50)	Q(a=0.9)	Q(a=1.3)	Q(a=1.9)	Q(a=2.25)
10	0.2312	2.5684	8.3217	17.3625	37.0880	52.0106
20	1.8496	20.5472	66.5736	138.9000	296.7040	416.0848
30	6.2424	69.3468	224.6859	468.7875	1001.3760	1404.2860
40	14.7968	164.3776	532.5888	1111.2000	2373.6320	3328.6780
50	28.9000	321.0500	1040.2130	2170.3130	4636.0000	6501.3250
60	49.9392	554.7744	1797.4870	3750.3000	8011.0080	11234.2900
70	79.3016	880.9612	2854.3430	5955.3380	12721.1800	17839.6400
80	118.3744	1315.0210	4260.7100	8889.6000	18989.0600	26629.4300
90	168.5448	1872.3640	6066.5190	12657.2600	27037.1500	37915.7300
100	231.2000	2568.4000	8321.7000	17362.5000	37088.0000	52010.6000

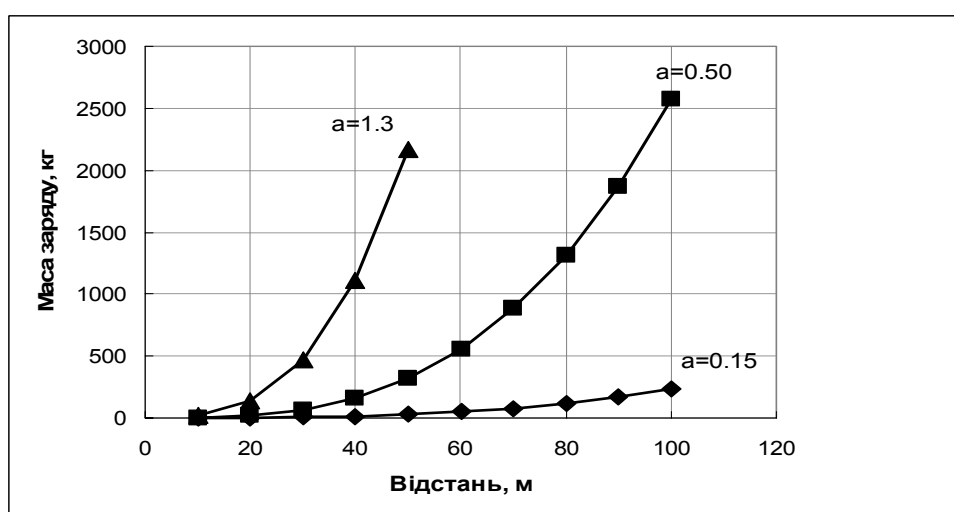


Рис.4. Графік визначення сейсдобезпечних параметрів вибухових робіт для укусу кар'єра, що складений різними типами порід

З графіку видно, що якщо борт складений різними породами, параметри вибухових робіт вибирають по найслабшій породі. При виконанні таких умов можна забезпечити стійкість усього борта кар'єра.

Висновки.

1. Графічно встановлені найбільш небезпечні точки прикладення сейсмічної сили, що визначаються по кожному відсіку у центрі його тяжіння.

2. Отримано залежність приведеної відстані від прискорення (критерій стійкості відкосу), за допомогою якої вибираємо допустимі, для стійкості укусу, параметри вибуху.

3. Стійкість бортів кар'єра всіх його уступів забезпечується відсутністю руйнування найслабшого шару породи за рахунок дотримання допустимого значення прискорення для даного шару.

Список літератури

1. Несмашний Є. О. Розвиток методів розрахунку стійкості бортів та відвалів залізородних кар'єрів / Є. О. Несмашний, Г. І. Ткаченко // Вісник КТУ. – 2004. – № 3. – С. 54 – 58.
2. Фисенко Г. Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов / Фисенко Г. Л. – М.: Недра, 1965.
3. Маслов Н. Н. Механика грунтов в практике строительства / Маслов Н. Н. – М.: Стройиздат, 1977.
4. Физика взрыва /Под редакцией Л.П. Орленко// - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. - 832 с.
5. Бойко В.В. Оценка сейсмобезопасности сооружений при воздействии на них взрывных волн с учетом их спектральных характеристик / Бойко В.В., Кузьменко А.А., Хлевнюк Т.В.// Вісник НТУУ «КПІ».Серія «Гірництво». – 2008. – №16. – С.3 – 13.
6. Кузьменко А. А. Распространение сейсмозрывных волн в многослойном горном массиве /Кузьменко А. А., Хлевнюк Т.В., Чала О. Н.// Вісник НТУУ «КПІ».Серія «Гірництво». – 2010. – №19. – С.15 – 20.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Собком Б.Ю.
Надійшла до редакції 04.11.10*

УДК622.271.3

© Ю.Д. Баранов, А.В. Зберовский

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМОВ ПРИ ИХ ДЛИТЕЛЬНОМ ХРАНЕНИИ В ПРОЦЕССЕ ГОРНОТЕХНИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

В работе приведены результаты экспериментальных исследований физико-химических свойств черноземов при их длительном хранении в процессе горнотехнической рекультивации.

У роботі наведені результати експериментальних досліджень фізико-хімічних властивостей чорноземів при їхньому тривалім зберіганні в процесі гірничотехнічної рекультивациі.

The results of experimental researches of physical and chemical properties of humus are at their protracted storage in the process of mining recultivation.

При добыче полезных ископаемых из оборота неизбежно изымаются сельскохозяйственные и лесные угодья, соответственно возрастают и площади нарушенных земель. Сохранить ценные угодья, если в недрах земли залегают