

ОЦЕНКА НА УСТОЙЧИВОСТТА НА ОТКОСИ С ОТЧИТАНЕ НА ПРЕКЪСНАТОСТТА НА МАСИВА

Пешка Стоева, Георги Трапов, Паулин Златанов

¹Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София

РЕЗЮМЕ. В откритите рудници едно от най-важните условия за нормалната работа на минните машини и осигуряване на безопасността на хората е отчитане влиянието на прекъснатостта на масива. Тя се проявява под различни форми (микро, макропрекъснатост). Някои от дефектите (пукнатини) заемат различно положение в пространството и обуславят активизирането на деформационните процеси. Съставен е алгоритъм и компютърен стохастичен модел, чрез който се отчитат някои от отрицателните въздействия при мобилизирането на дефектите.

ESTIMATION OF STABILITY OF SLOPES BY MASSIF DISCONTINUITY

Peshka Stoeva, Georgi Trapov, Paulin Zlatanov

¹University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia

ABSTRACT. In open pits one of the most important conditions for normal work of mining machines and security of the workers is the discontinuity of the massif. It appears in various forms (micro- or macro- discontinuity). Some of the failures are situated in different directions in the massif and determine the activity of deformation processes. An algorithm and a stochastic computer model are worked out with the help of which some negative effects of the organization of failures can be read.

По време на строителството на минни и строителни обекти в плиоценският басейн на Марица изток (България) се проявяват деформации, резултат от различните форми на прекъснатостта на масива. Глините от надвъглищният комплекс в откритите рудници имат различни физични свойства и ниско съпротивление. Всичко това довежда до активизиране на деформационните процеси. Наблюдават се големи деформации, както в откосите на бордовете, така също и в основата им. Тези деформации имат отрицателно влияние върху:

- откоса като цяло;
- технологията на изземването на откритката;
- сигурността на работниците и на минните машини;
- естествените терени;
- инфраструктурните елементи.

Условията за развитие на минните работи трябва да отговарят на следните изисквания:

- минимални нарушения на селскостопански терени;
- параметрите на откосите да бъдат в границите на техническите изисквания за устойчивост.

Специфичните особености на съществуване на откосите са предпоставка за наличие на технологичен и икономически риск (Алонсо 76), (Златанов и др. 2004).

Дълговременните наблюдения за механизма на деформиране на откосите дават възможност да се установи схема за деформиране чрез сложна потенциална хлъзгателна повърхнина (фигура 1). Секторът FK, който се

формира в съществуващият откос, е почти права линия; другата част (KVED) на хлъзгателната повърхнина е крива линия (част от окръжност или парабола), която пресича основата на откоса. В зависимост от структурата и повърхнината на свличане, хлъзгателната повърхнина излиза в петата на откоса (т. А), или на известно разстояние пред нея (т. D). Дълбочината (H_1) на потенциалната повърхнина се изменя в определени граници.

За конкретният случай, откосът е изграден от три пласта от плиоценски глини, които разглеждани отдолу нагоре са: черни органични с дебелина H_1 ; синьозелени с дебелина H_2 и жълтокафяви пясъчливи глини с дебелина H_3 .

Свойствата на трите литоложки разновидности се изменят в известни граници по съответни вероятностни закони. В този случай могат да се установят минимални, максимални и средни стойности на параметрите на глинестите разновидности, които са посочени в таблица 1. Таблица 1.

Физични и механични свойства на глините

Литоложки разновидности	Граници	$\gamma, \text{g/cm}^3$	$\phi, ^\circ$	$C \cdot 10^5 \text{ Pa}$
Жълтокафяви глини (плиоценски)	минимална стойност	1,84	5	3
	средна стойност	1,90	7	5
	максимална стойност	1,92	10	10

Синьозелени глини (плиоценски)	минимална стойност	1,75	3	3
	средна стойност	1,80	4	4
	максимална стойност	1,87	5	8
Черни глини (плиоценски)	минимална стойност	1,50	0	0
	средна стойност	1,64	3	2
	максимална стойност	1,68	4	3

Условията за деформиране на откоса се усложняват от наличието на различни форми на прекъснатост на масива. Техните характеристики са посочени в таблица 2.

Таблица 2.
Характеристики на пукнатините

Литоложки разновидности	Дължина на пукнатините, см	Наклон на пукнатините, °
Жълтокафяви глини (плиоценски)	Минимална 0,5	Минимален 40
	Средна 3,0	Среден 43
	Максимална 5,0	Максимален 45
Синьозелени глини (плиоценски)	Минимална 0,5	Минимален 40
	Средна 3,0	Среден 43
	Максимална 5,0	Максимален 45
Черни глини (плиоценски)	Минимална 0,5	Минимален 20
	Средна 8,0	Среден 25
	Максимална 10	Максимален 30

Има редица теоретични и теоретично – приложни разработки (Александрова, 1998-99), в които се предлагат интересни подходи за оптимизиране на параметрите на откосите.

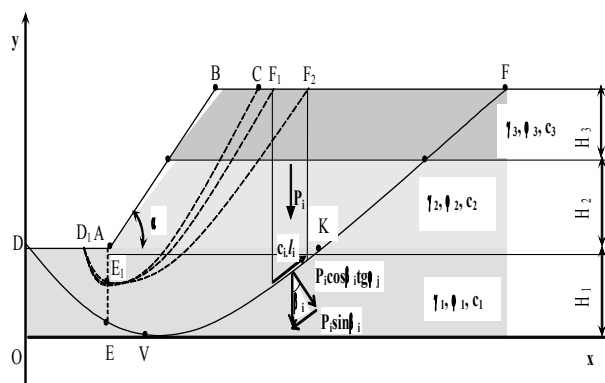
В настоящата работа се прави оценка на емпиричния риск по отношение на устойчивостта на откосите, (респективно сигурността на околната среда, работните и неработните бордове и на инфраструктурата). За целта е съставен математичен модел в съответствие с установената схема на деформиране.

Параметрите на откоса (ъгълът α и височините H_1 , H_2 и H_3) и конфигурацията на потенциалната хлъзгателна повърхнина са представени в декартова координатна система на фигура 1. Повърхнината на деформиране на откосите, при пренебрежима прекъснатост на масива, може да се опише с парабола от вида

$$Y(x) = Ax^2 + Bx + C. \quad (1)$$

За да се определи рискът, свързан с деформационното поведение на многослоен масив, се извършва вероятно компютърно моделиране (Златанов, Стоева 1990). Този начин на моделиране позволява да се отрази

възможно най-пълно изменението на входните параметри, при което се запазват логическите връзки и количествените отношения. Необходимата статистическа информация за изследваните случайни величини се получава след обработка на данни от лабораторните експерименти за характеристиките на плиоценския масив, или такива, получени чрез измерване върху графична документация (за техническите параметри). Изходната статистическа информация, като: ъгъл на откоса (α), мощности на пластове (H_1 , H_2 , H_3), обемно тегло ($\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$); ъгъл на вътрешно триене ($\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$); кохезия (c_1, c_2, c_3); дължини и наклони на пукнатините, се използва за формиране на необходимите за вероятностния модел емпирични разпределения на тези характеристики.



Фигл 1. Схема за деформиране чрез сложна потенциална хлъзгателна повърхнина

Геометричните параметри, използвани за откоса са резултат на директни наблюдения in situ. Ъгълът на откоса (α) е приет в граници от 49° до 55° със средна стойност 50° . Височината H_1 е от 6 до 10 м със средна стойност 8 м. Височината H_2 е от 12 до 20 м със средна стойност 14 м. Височината H_3 е от 10 до 18 м със средна стойност 14 м. Височината на откоса ($H = H_2 + H_3$) е в границите от 12 до 22 м.

Моделирането започва с определяне на статистическите разпределения на α , H_1 , H_2 , H_3 , физичните и механичните параметри, прилагани в модела, както и на характеристиките на напукаността на масива.

Изследването за намиране на потенциална хлъзгателна повърхнина с минимален коефициент на устойчивост се извършва с компютърна програма VARIAR 3 в следната последователност:

- Площадката на откоса BF се разделя на равни части с големина BC. Подобно разделяне се извършва в дълбочина под т. А. Приема се, че местата на излизане на хлъзгателната повърхнина пред петата на откоса са различни, но в границите на интервала AD;

- С помощта на равномерно разпределени случайни числа и в съответствие с емпиричните закони за изменение на ъгъла на откоса (α) и на височините H_1, H_2 и H_3 , при условие $H_2 + H_3 = H = \text{const}$ се определят геометричните параметри на откоса;

- За дефинирания вече профил може да се определят множество хлъзгателни повърхнини, всяка от които минава през точките F_1, E_1, D_1 ;

- Изчисляват се параметрите за всеки пласт от долу нагоре (на първи пласт - γ_1, φ_1, c_1 ; на втори пласт γ_2, φ_2, c_2 ; на трети пласт - γ_3, φ_3, c_3 - фигура 1) с помощта на случайни числа и в съответствие със статистическите им закони на разпределение;

- Изчисляват се в съответствие с вероятностните закони на разпределение дължините и ъглите на наклона на пукнатините. Ако наклонът на генерираната пукнатина е близък (в рамките на $2^0 - 3^0$) до наклона на параболата се предполага, че хлъзгането ще стане по пукнатината, поради избирателната възможност за мобилизация на местата с малки съпротивления.

- Коефициентът на устойчивост (FS) се определя по класическата дефиниция като отношение между задържащите (пасивните) и свличащите (активните) сили.

Извършено е изследване и анализ на сто (100) потенциални хлъзгателни повърхнини на базата на критерия на коефициента на устойчивост. Избира се повърхнина с минимална стойност на FS.

Най-ниският коефициент измежду повърхнините с минимална стойност на коефициента на устойчивост за конкретните данни (таблица 1) е $FS = 0,953$.

При същите условия извадковото средно (FS_m) и съответното средно квадратично отклонение σ са: $FS_m = 1,08$; $\sigma = 0,04$;

Рискът за възникване на деформации и свлачища се дефинира с помощта на класическата формула за вероятност:

$$R = 1 - \frac{n}{m}, \quad (2)$$

където n е броят на опитите, при които пасивните сили са по-големи или равни на активните, т.е. $FS \geq 1$; m – общият брой на проведените компютърни експерименти.

Емпиричният риск при конкретните данни от таблица 1 е: $R = 23\%$.

При наличие на обемна напуканост и при мобилизация на максимален брой пукнатини се получава значително намаляване на коефициента на устойчивост. При това

положение рисковият фактор се увеличава на 31%. Това ни задължава да изменяме параметрите на откоса, тъй като свойствата на глините и характеристиките на напукаността са природна даденост.

Анализът на резултатите от вероятностното моделиране показва, че с нарастването на височината (H) на откоса рискът нараства, а коефициента на устойчивост намалява.

Оказва се, че рискът нараства с нарастване на обемното тегло на литоложките разновидности, т.е. обемното тегло е определящо, а ъгълът на вътрешно триене и кохезията имат подчинено значение. С други думи активните сили нарастват с нарастване на обемното тегло при една и съща височина на откоса и по-често са по-големи от пасивните.

От изложението става ясно, че емпиричният риск за откоса по отношение на неговата устойчивост може да се използва като измерител за възможността да настъпят неблагоприятни деформационни процеси.

Предложеният метод може да се използва с голям успех за различни случаи за оценка на риска на многослоен масив. Получените резултати съответствуват на наблюденията "in situ".

Литература

- Александрова Е. 1998-99. Алгоритъм за оптимизиране откосите на външните насипища в Източномаришкия басейн. *Годишник на МГУ, том XLII, свитък II: Минно дело, София*.
- Alonso E. *Risk analysis of slopes and its application to slopes in Canadian sensitive clays*. Géotechnique, 26,3, p.p. 453-472, 1976.
- Fissenko G. 1965. *Stabilité des bords des mines à ciel ouvert et des terrils*. Moscou, Nedr., (rus.), p.p. 379.
- Zlatanov P., P. Stoeva. 1990. *Application de la technique d'ordinateur au calcul de stabilité des bords des mines à ciel ouvert construites dans un massif à plusieurs couches*. Proceedings Six-th Inter. Congress, Inter. Ass. of Engineering Geology, Balkema, Rotterdam, p.p. 2341-2345.
- Zlatanov P., P. Stoeva, R. Kachikova, G. Trapov. 2004. Computer model of the estimation to risk by construction of the non-productive deposits. *Colloque les risques en Genie Civil – 18/19 mars 2004 – Tunisie*.