

НОВ ПОДХОД ЗА ИЗБОР НА ИЗЧИСЛИТЕЛНА СХЕМА ПРИ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТТА НА ОТКОСИ

Мариана Трифонова

Минно геоложки университет „Св. Иван Рилски“, 1700 София; trifonova.m@gmail.com

РЕЗЮМЕ. Стъпалата на откритите рудници се оформят в скали, които се характеризират с променливи физични, якостни и деформационни свойства и различно поведение. Това води до поява и развитие на свлачищни явления, които могат да нарушат технологичните процеси и дори да ги преустановят. Ето защо е от изключително значение да се извършва постоянна оценка на възможността за поява на такива явления. Често тя се извършва с детерминирани стойности на използваните в изчислителния модел природни и технологични величини. По този начин не се отчитат пълно природните условия, което може да доведе до вземане на неадекватни технологични решения. С цел отчитане вероятностния характер на природната среда и технологичните параметри се предлага вероятностен модел за оценка устойчивостта на открито стъпало в случай на система от пукнатини, формиращи хлъзгателната повърхнина. Представена е и компютърната реализация на модела. С негова помощ се получава набор от стойности за коефициента на устойчивост, които се използват за оценка на вероятността на свличане на стъпалото и влиянието на технологичната намеса върху него.

A NEW APPROACH FOR SELECTING OF CALCULATION SCHEME FOR ASSESSMENT OF SLOPES' STABILITY

Mariana Trifonova

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia; trifonova.m@gmail.com

ABSTRACT. Open cast mines slopes are formed in rocks featuring various physical, strength and deformation properties and different behavior. These circumstances lead to generation and development of landslides that can interfere with technological processes and even suspend them. That's why it is of great importance assessment of probability of such occurrences to be carried out regularly. Such assessment is often carried out using determined values for the natural and technological values applied in the computational model. Such an approach doesn't take completely into account the natural conditions which can lead to inadequate technological decisions making. A probabilistic method for assessment of open cast slope stability in the case of cracks system forming a slip's surface is offered in order probabilistic character of the nature and the technological parameters to be taken into account. A computer realization of the model is offered, too. It helps to calculate a set of values for the stability coefficient that could be used for assessment of the probability of step's slide and the impact of the technological interference on it.

Въведение

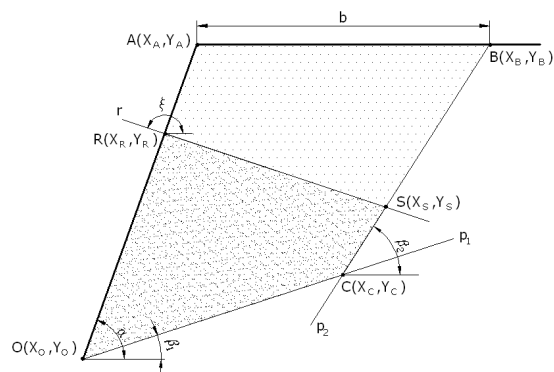
Въпросът за устойчивостта на откосите при проектиране и експлоатация на открити рудници е особено важен. Поради това е бил и ще бъде предмет на разработки от много автори. Определянето на устойчивостта е свързано с две основни групи фактори: природни и технологични. Повечето автори отбелязват, че както природните, така и технологичните фактори имат вероятностен характер. Един от начините да се отчете това в изчислителните схеми при решаване на редица задачи е използването на статистическото моделиране, т.е. прилагане на Метода Монте Карло.

В повечето разработки, обаче, се задава конкретен аналитичен израз за повърхнината на плъзгане. Когато има система от пукнатини, което е природна даденост, задаването на определен аналитичен израз за хлъзгателната повърхнина, деформира модела и го отдалечава от действителността, тъй като траекторията на хлъзгане ще се формира от пукнатините.

Настоящата разработка предлага вероятностен подход за решение този проблем при две системи пукнатини.

Постановка на задачата

Да разгледаме откос с технологични параметри: ъгъл α и височина H (фиг. 1). Предполагаме, че откосът се състои от не повече от 2 литоложки разновидности. Разбира се, откосът може да бъде и еднороден. На този етап представяме разделителната линия Γ между отделните пластове като права, зададена с точка и ъгъл спрямо хоризонта (точка R и ъгъл ξ на чертежа). По-точно



Фиг. 1.

потребителят въвежда само ординатата на точката R , а абсцисата ѝ се изчислява програмно така, че точката да лежи на линията на откоса. Правите p_1 и p_2 дефинират двете системи пукнатини. В този случай хлъзгателната повърхнина представлява начупената линия $OСВ$.

Разделяме масива $OACB$ с вертикални прави на n на брой равни части (ламели). Тогава коефициентът на устойчивост на откоса, който е отношение на задържащите към свличащите сили може да се представи във вида:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n tg\varphi_i P_i \cos\alpha_i + \sum_{i=1}^n c_i l_i}{\sum_{i=1}^n P_i \sin\alpha_i} \quad (1)$$

където:

P_i [t] е теглото на i -та ламела;

α_i [°] - ъгъл на наклона на линията на плъзгане в основата на i -та ламела;

φ_i [°] - ъгъл на вътрешно триене на съответната разновидност в основата на i -та ламела;

c_i [t/m²] – кохезия на съответната разновидност в основата на i -та ламела;

l_i [m]– дължината на линията на плъзгане на i -та ламела.

За да се намери теглото P_i на i -та ламела е необходимо предварително да се намери лицето ѝ, при това с отчитане на отделните литоложки разновидности. Ако в една ламела има и от двете разновидности, то трябва поотделно да се намерят лицата на парченцата от ламелата, попадащи във всяка една от разновидностите. Тогава

$$P_i = S_i^1 \gamma_1 + S_i^2 \gamma_2 \quad (2)$$

където S_i^k е площта на частта от i -тата ламела, попадаща в литоложка разновидност k с обемно тегло γ_k , $k=1,2..$

При разделяне на масива на ламели, в общия случай се получават три вида фигури:

- триъгълници;
- четириъгълници или по-конкретно трапеци;
- петогълници.

Това предполага да може да се смятат лицата на тези три вида фигури. Би могло да се използва добре познатата формула за лице на произволен многоъгълник по зададени координати на върховете му, но в случая фигурите са елементарни и може лицата да се смятат по следния начин: за триъгълниците – полупроизведението от основа и височина към нея, за трапеците – произведението от височината и полусбора от основите им, а петогълниците, които се получават в тази задача, могат да се декомпозират на 2 трапеца. И при трапеците, и при триъгълниците височината h представлява ширината на ламелата и е равна на:

$$h = \frac{\frac{H}{n} + b}{tg\alpha} \quad (3)$$

където b е разстоянието между точките A (горният ръб на откоса) и B (точка от площадката на стъпалото, където излиза пукнатината p_2), както е показано на фиг. 1.

Остава да определим дължините на основите на триъгълниците и трапеците. Масивът $OACB$ се разделя на ламели посредством вертикални прави. Да означим с:

- P_i - пресечните точки на вертикалните прави с хлъзгателната повърхнина;
- Q_i - пресечните точки на вертикалните прави с линията на откоса;
- V_i - пресечните точки на вертикалните прави с разделителната линия r ;

Необходимо е да се намерят координатите на точките P_i , Q_i и V_i , $i=1, 2, \dots, n$. Ако приемем условно $P_0 \equiv O(0,0)$, то:

$$X_{P_i} = X_{Q_i} = X_{V_i} = X_{P_{i-1}} + h \quad (4)$$

за всяко $i=1,2,\dots,n$. По-интересно е пресмятането на ординатите на тези точки, което става по следния начин:

$$Y_{P_i} = \begin{cases} tg\beta_1 X_{P_i} & \text{при } X_{P_i} \leq X_C \\ Y_B + tg\beta_2 (X_{P_i} - X_B) & \text{при } X_{P_i} > X_C \end{cases} \quad (5)$$

$$Y_{Q_i} = \begin{cases} tg\alpha X_{P_i} & \text{при } X_{P_i} \leq X_A \\ H & \text{при } X_{P_i} \geq X_A \end{cases} \quad (6)$$

$$Y_{V_i} = Y_R + tg\xi (X_{P_i} - X_R) \quad (7)$$

Да отбележим, че формула (6) ще се изпълнява, т.е. ще имаме точки V_i само когато X_{P_i} отговаря на условието $X_R \leq X_{P_i} \leq X_S$.

След като са пресметнати координатите на точките P_i , Q_i и V_i , $i=1, 2, \dots, n$, няма проблем да се пресметнат дължините на основите на триъгълниците и трапеците. За целта се използва формулата за разстояние между две точки

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (8)$$

където (x_i, y_i) , $i = 1, 2$ са координатите на двете точки.

От величините, участващи в (1), остава да се укаже как се определят α_i и l_i , $i=1, 2, \dots, n$. Ако означим с $|P_{i-1} P_i|$ разстоянието между точките P_{i-1} и P_i , то

$$l_i = \begin{cases} |P_{i-1} C| + |C P_i| & \text{при } X_{P_{i-1}} < X_C < X_{P_i} \\ |P_{i-1} P_i| & \text{във всички останали случаи} \end{cases} \quad (9)$$

$$\alpha_i = \begin{cases} \beta_1 & \text{при } (X_{P_{i-1}} + X_{P_i})/2 < X_C \\ \beta_2 & \text{във всички останали случаи} \end{cases} \quad (10)$$

За да се отчете по-пълно изменчивостта на природната среда и да се построи модел, по-близък до реалността, приемаме, че якостните характеристики $\gamma_i, \varphi_i, C_i, i=1,2$ на двете разновидности, както и величините $H, b, \alpha, \beta_1, \beta_2, \xi$ са случайни. Всички те се изменят в известни граници по съответни вероятностни закони.

Алгоритъмът за намиране на коефициента на устойчивост η е следният:

- чрез прилагане на метода Монте-Карло се намират стойности за гореспоменатите случайни величини в съответствие със статистическите им закони на разпределение и с помощта на равномерно разпределени случайни числа;
- масивът се разделя на n на брой ламели с ширина h ;
- за всяка ламела се определят величините, участващи във формула (1), като се използват формули (2)-(10) и след пресмятане на съответните суми се получава стойност за η .

Горните три пункта се повтарят толкова пъти, колкото е зададено предварително. Така за коефициента на устойчивост се получава съвкупност от стойности, посредством която може да се построи статистическият закон на разпределение на η и да се получат редица числови характеристики.

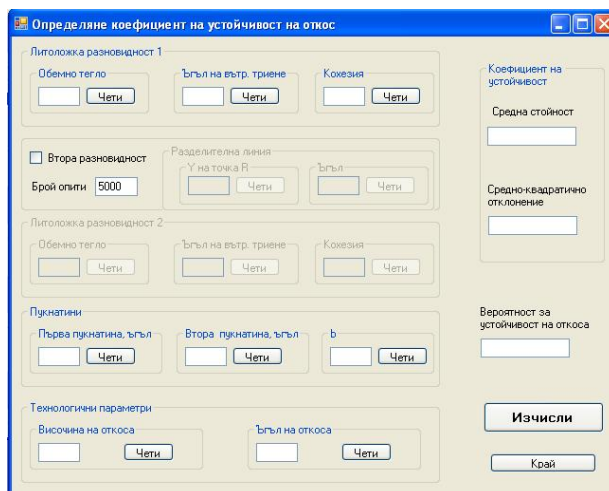
Компютърна реализация

Описаната в горната точка процедура е реализирана програмно в среда на Visual Studio 2008. След стартиране на програмата се появява прозореца от фиг. 2.

В левия панел на прозореца се въвежда необходимата входна информация. По подразбиране се приема еднороден откос. В случай, че има две литоложки разновидности, потребителят трябва да избере чек-боса „Втора разновидност“, при което се разрешават групите контроли „Литоложка разновидност 2“ и „Разделителна линия“. Тогава може да се определи разделителната линия, както и якостните характеристики и на втората разновидност.

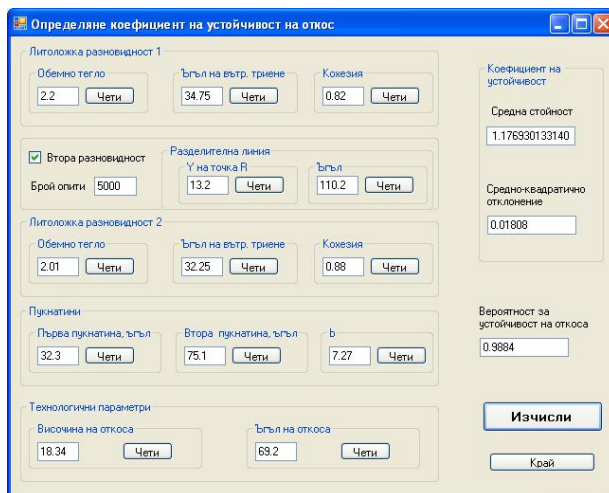
За всяка от входните величини има предвидени по два начина за въвеждане, които са представени чрез две контроли: текстово поле и команден бутон с надпис „Чети“. Тези начини съответстват на двата подхода за тълкуване на съответната величина: детерминиран и вероятностен. В случай, че дадена величина се приема за детерминирана, то нейната единствена стойност се въвежда в предвиденото за нея текстово поле. Ако някой от входните параметри се представя с вариационен ред, т.е. приема се за случаен, трябва да се избере предвиденият за него бутон „Чети“, при което се отваря нов прозорец, в който е необходимо да се определи текстов файл, съдържащ

натрупаните за въпросния параметър множество стойности. След прочитане на файла се намира кумулативната функция за този параметър, с която функцията се работи по-нататък в програмата, а в текстовото поле на параметъра (вляво от съответния бутон „Чети“) се визуализира средната му стойност.



Фиг. 2. Основен прозорец на програмата за изчисляване на коефициента на устойчивост

При избор на бутон „Изчисли“ в десния панел на прозореца се визуализират получените за коефициента на устойчивост оценки при условие, че е въведена всичката необходима входна информация. В противен случай излиза съобщение за липсващи данни. Естествено чрез бутон „Край“ се приключва работата с програмата. На фиг. 3 е представен прозорец от изпълнението на програмата с примерни данни.



Фиг. 3.

Изводи и заключение

Отчитането на вероятностния характер на някои технологични параметри и на свойствата на разновидностите дава възможност построеният модел да опише адекватно поведението на масива в условия на напуканост. Наред с това могат да се получат и вероятностни оценки за свлачищния процес на откоса.

Предложената схема твърде добре описва реално срещани ситуации с наличие на две и повече системи пукнатини. Методът може да се използва с голям успех за оценка на вероятността за устойчивост на откос и съответно риска да настъпят в масива свлачищни процеси. Получените резултати са в съответствие с извършени наблюдения на движението на откоси.

Представената задача може да бъде обобщена за по-голям брой литоложки разновидности, при това с произволна геометрия, което е предмет на бъдеща разработка.

Литература

Обретенов А. 1978. *Вероятности и статистически методи*, С., Наука и изкуство.

Соболь И. М. 1972. *Метод Монте-Карло*, М., Наука.

Стоева П., Г. Трапов, П. Златанов. 2006. Оценка на устойчивостта на откоси с отчитане на прекъснатостта на масива. *Год. МГУ „Св. Ив. Рилски“*, т. 49, св. II, Добив и преработка на минерални суровини, 71-73.

Стоева П., П. Златанов., Е. Александрова. 2005. *Устойчивост на откоси и отводняване в открити рудници и кариери*. С.

Трапов Г., П. Златанов. 2009. Оптимизиране устойчивостта на откос по метода на случайното търсене. *Годишник на Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“*, свитък II, стр. 91 - 94, София, 19 – 20 октомври 2009.

Христов Ст. Г. 1978. *Устойчивост и отводняване на откосите*. С., Техника.

Alonso E. 1976. Risk analysis of slopes and its application to slopes in Canadian sensitive clays. *Géotechnique*, 26,3, p.p. 453-472,