

ВЪЗМОЖНОСТ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА СВЛАЧИЩНИ ДВИЖЕНИЯ ЧРЕЗ СПЕЦИАЛНИ ФУНКЦИИ (N-ФУНКЦИИ)

Любомир Кандов

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

РЕЗЮМЕ

При изследване движения на свлачища се оказва възможно да се въведе модел - механизъм, движението на който се описва чрез специални (N-функции). Представеният модел и метод за определяне на зависимости между активните и задържащите сили, позволява да се извършат многобройни изчислителни опити и да се получи окончателната картина на силовите взаимодействия чрез сходящ изчислителен процес.

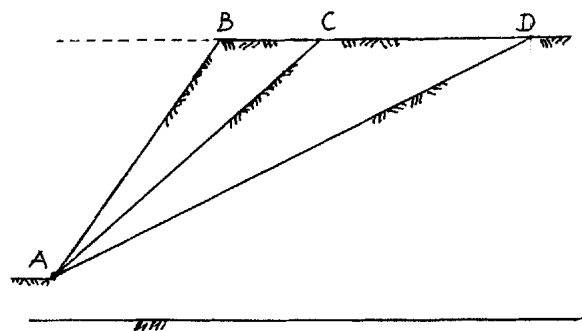
Специалните функции, за които се споменава са подробно описани в монографията на автора (Кандов). Тук ще бъде накратко съобщено каква е тяхната същност и как се използват при задачите свързани със свлачищните движения.

Свлачищните движения имат своя теория, която нито е проста, нито е завършена, за да може при всички случаи да бъде използвана. Ще се ограничим с разглеждане на такива случаи, когато свлачищното движение е равнинно, а скалната среда е в равнинно деформационно състояние. Тук спадат множество крайбрежни и крайпътни движения на склонове и на бордове в открити рудници.

Движенията произлизат главно под действие на гравитацията и имат характерна черта, че никога не се прекратяват, дори за най-малък интервал от време. Центърът на тежестта на всяка ограничена скална среда се непрекъснато понижават в съгласие с принципа на Торичели. Понякога движението е много бавно и лекомислено се забравя неговото съществуване, но има случаи на явно, видимо, дори катастрофално движение, свързано с големи нещастия. Особено важен е следния, за съжаление, многократно преживян случай: до определен момент теренът изглежда спокоен и безопасен, при все, че е добре известно неговото движение. След този момент внезапно настъпва бързо - катастрофално движение и много ни се иска да имаме **правило** (метод, формула и т.н.), с което да откриваме този момент. Да го означим с T_k . Но такава правило няма. Когато според наши сметки няма момент T_k , бързо свличане се случва. И обратно, очакваме да се случи такова свличане - то не се случва. Тук е уместно да посочим два опита да се предсказват катастрофални явления.

В статията (Козлов, Абдылдаев, Ермаков, 1983) на сътрудници от ВНИМИ, е направен опит за априорна

оценка на състоянието на бордове на открит рудник. В ненарушен терен са прекарани три мислени равнини АВ, АС, АД (фиг. 1). И се предполага, че над всяка от тях е изсет скалният масив, а посредством метод на крайните елементи (МКЕ) е изследвано напрегнатото и деформационно състояние. Смята се, че по този начин може да се предскаже състоянието на скалната среда под всяка от равнините и се показва, че са получени съответните полета на напрежения и деформации. И познавайки свойствата на скалите можем да предвидим какво ще се случи. Но нищо не гарантира, че устойчивостта може да се наруши по редица не проявени причини (филтрации на води, тежки товари, динамични влияния, неопознати повърхнини на разхлабване).

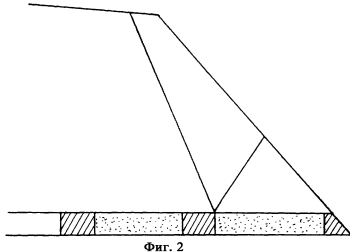


Фигура 1

В дисертацията на (Макаров, 1994) се разглежда повторно изземване на скални масиви с цел използване на полезно изкопаемо останало в целици. Като се има пред вид такова въздействие, може да се предвиди настъпващо разрушение. Отбелязва се, че по изчислителен път може да се докаже бъдещо разрушение. На фиг.2 са ясно разграничени блокове с центрове V_1 и V_2 , които при разрушението трябва да се придвижат, и на фиг.3 се виждат пред-

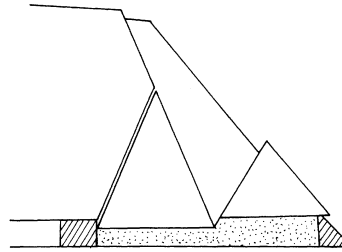
полагаеми техни крайни положения. Но се съобщава, че въпреки точните изчисления и съответни предвиждания, са се проявили само незначителни признаци на разрушение.

Тези два примера потвърждават разбирането, че пряко експериментирание при свлачищата е невъзможно, нито по изчислителен път, нито чрез някакви физически експерименти. Недостатъкът на опитите чрез МКЕ се състои в



Фиг. 2

това, че не може да се извършат в голям брой, защото голямата загуба на време при съставяне на входната информация не може да се повтаря многократно (десетки пъти), а такава необходимост съществува. Опитът от дисертацията на А.Б.Макаров ни навежда на мисълта, че може във всички случаи да се мисли за движения на блокове.



Фигура 3

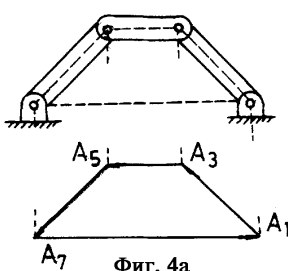
Методът, който се предлага в настоящата работа има характерна черта, че като изчислителен опит, може да се повтори голям брой пъти без да е необходима голяма входна информация. Входната информация се състои от проекции на векторите, от които се състоят n -ъгълниците. Числото n не е голямо число. N -ъгълниците произлизат от различни (многобройни) избори на повърхнини на разхлабване при използване на една и съща изчислителна програма, при едни и същи активни сили приложени върху блоковете и при едни и същи физико-механични константи на скалите. И като критерий за верността на изчислителната работа се явява фактът, че силовите взаимодействия между блоковете трябва да клонят към една единствена картина на взаимодействия, т.е. към нещо определено и независимо от случайните фактори. Крайният резултат във всички случаи е определяне на сили. И естествено, ако изборът на случайните повърхнини на разхлабване е несполучлив, процесът за сходимост ще бъде дълъг или водещ до абсурд. Напротив, при спо-

лучлив избор на повърхнини на разхлабване процесът ще бъде кратък и ще води до естествени повърхнини на разхлабване, които се проявяват в зависимост от опознаването на геоложките и хидрогеоложките условия. Получените сили ще бъдат адекватни на реалните условия.

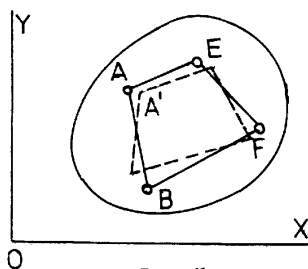
СЪЩНОСТ НА МЕТОДА НА N -ФУНКЦИИТЕ

Голям брой движения на материални системи може да се моделират чрез използване на движещи се многоъгълници.

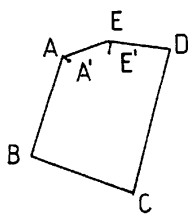
Лостовият механизъм на фиг.4а е един пример. На него съответства четириъгълник $A_1A_3A_5A_7$. На фиг.4б е схематически изобразено тяло в равнинно деформационно състояние. Фиксирани са множество точки, които може да



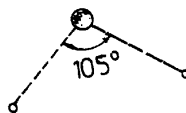
Фиг. 4а



Фиг. 4б

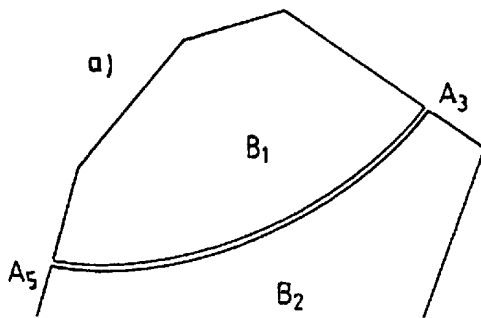


Фиг. 4с



Фиг. 4д

бъдат съединени с отсечки по произволен начин, и от тях да се образуват n -ъгълници. Един от тях е векторният четириъгълник $ABFE$. След деформация на тялото се получава друг четириъгълник $A'B'F'E'$ - начертан пунктирано. Преместванията AA' , BB' , FF' , EE' може да се ефективно определят чрез предложения метод. На фиг. 4с е изобразен петоъгълник трасиран върху земна повърхност



Фигура 5

с мислено определени точки - върхове. съответният реален петоъгълник върху терен съдържа неизбежни грешки AA' , BB' , ..., които може да се определят по същия метод. Друга област на приложение представлява изучаване движения на молекули, атомите на които може да се разглеждат като върхове на n -ъгълници.

И тук можем да отбележим, че движещите се блокови свлачищни системи, също може да се представят чрез движещите се равнинни n -ъгълници. По-долу се показва как може да се извърши такова моделиране в най-прост случай. Нека бъде разгледан произволен скален масив, който се състои от два блока B_1 и B_2 - фиг. 5а. За тяхното релативно движение в момент T_k може да се направят следните предположения.

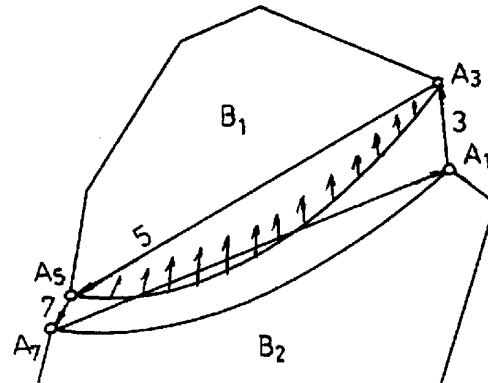
- 1) Откъсване на скалната маса B_1 от B_2 по "линия" (цилиндрична повърхнина) A_5A_3 .
- 2) Плъзгане на B_1 по повърхнина A_1A_7 на B_2 . Тази повърхнина е или равнина или кръгов цилиндър. Друга възможност за избор на плъзгателна повърхнина не съществува.
- 3) Плъзгане на точка A_3 (ръб на B_1) по повърхнина A_1A_7 , която може да има какво да е некръгово очертание.

При използване на принципа на виртуалните премествания трябва да се имат предвид следните предпоставки:

- може да се приеме едното от телата B_1 и B_2 за неподвижно (нека приемем B_2 за неподвижно);
- може да се приеме B_1 за абсолютно твърдо тяло и да се редуцират силите приложени върху A_5A_3 за неподвижна точка $A_5 \equiv A_7$ или за неподвижна точка $A_3 \equiv A_1$. Следователно приемат се равни на нула дължините на отсечките A_5A_7 и A_3A_1 ;

- при преместване силите са неизменни и имат реалните стойности в момент T_k ;
- при редуцията по метода описан в (Кандов) възникват три активни момента M_3 , M_4 и M_5 . Сборът на трите виртуалните работи е

$$\delta A = M_3 \delta q_3 + M_4 \delta q_4 + M_5 \delta q_5$$



Фигура 6

- посоките на силите може да бъдат от B_2 към B_1 или обратно, включително смесен случай. При виртуално преместване се извършва граничен преход $A_5 \rightarrow A_7$ и $A_3 \rightarrow A_1$ и ако се получи определено уравнение $\delta A = 0$, зависимостта е вярна, адекватна на реална зависимост между силите. Разбира се всичко до тук се мисли при предположението, че през скалния блок преминава една вероятна повърхнина A_1A_3 на разхлабване, която е произволно избрана. От зависимостта $\delta A = 0$ се получават зависимости между сили, с които си взаимодействат двете тела, и може в съгласие с експериментално определените физикомеханични свойства да се провери доколко повърхнината A_3A_5 е близо до катастрофа. Тук именно се проявява предимството на предложения метод. Може да трасираме не една, а огромен брой повърхнини на различни места в първоначалния блок. И може да се проследи дали резултатите водят (конвергират към) нещо неизменно определено и в съгласие с всички други естествени условия на скалната маса.

Уравненията, чрез които може да се определят взаимодействията между активните и задържащите сили са следните:

- 1) Кинематични уравнения

$$\delta q_3 = \delta q_5 P_{543} + \delta q_6 P_{643} + \delta q_7 P_{743} + \delta q_8 P_{843}$$

$$\delta q_4 = \delta q_5 P_{534} + \delta q_6 P_{634} + \delta q_7 P_{734} + \delta q_8 P_{834}$$

- 2) Общото уравнение на статиката

$$M_1 \delta q_1 + M_2 \delta q_2 + M_3 \delta q_3 + M_4 \delta q_4 + M_5 \delta q_5 + M_6 \delta q_6 + M_7 \delta q_7 + M_8 \delta q_8 = 0$$

Тъй като виртуалните премествания, при запазване на връзките, са произволни, приемаме, че звеното B_2 е в покой. Следователно $\delta q_1 = 0$ и $\delta q_2 = 0$. Ще редуцираме всички сили приложени по повърхнината A_3A_5 за точка A_3 , при което възниква редукиционен момент M_5 . Чрез него са взети под внимание всички сили на триене и тангенциални кохезионни сили. Виртуалното преместване $\delta q_6 = 0$, защото векторът \vec{a}_5 не се разтяга, а M_7 и M_8 са равни на нула защото няма сили, които се пренасят през звеното 7. И така от общото уравнение на статиката остава

$$M_3\delta q_4 + M_4\delta q_4 + M_5\delta q_5 = 0$$

където се замества с

$$\delta q_3 = \delta q_5 p_{543} \quad \delta q_4 = \delta q_5 p_{534}$$

и се съкращава с δq_5 .

Окончателно се получава

$$(a) p_{543}M_3 + p_{534}M_4 + M_5 = 0$$

$$p_{543} = \frac{\vec{n} \cdot (\vec{a}_5 \times \vec{a}_4)}{\vec{n} \cdot (\vec{a}_4 \times \vec{a}_3)} = \frac{\vec{n} \cdot (\vec{a}_5 \times \vec{a}_4^\circ)}{\vec{n} \cdot (\vec{a}_4^\circ \times \vec{a}_3^\circ)} a_3$$

$$p_{534} = \frac{\vec{n} \cdot (\vec{a}_5 \times \vec{a}_3)}{\vec{n} \cdot (\vec{a}_3 \times \vec{a}_4)} = \frac{\vec{n} \cdot (\vec{a}_5 \times \vec{a}_3^\circ)}{\vec{n} \cdot (\vec{a}_3^\circ \times \vec{a}_4)} a_4$$

$$M_3 = \vec{n} \cdot (\vec{a}_3 \times \vec{R}_5) = \vec{n} \cdot (\vec{a}_3^\circ \times \vec{R}_5) a_3$$

$$M_4 = \vec{a}_4 \times R_5 = \vec{a}_4^\circ \times \vec{R}_5 a_4$$

Като се замести в (а) се вижда, че в знаменателите величините (модулите) a_3 и a_4 , които клонят към нула се съкращават и се получава уравнение в краен вид

$$\frac{\vec{n} \cdot (\vec{a}_5 \times \vec{a}_4^\circ)}{\vec{n} \cdot (\vec{a}_4^\circ \times \vec{a}_3^\circ)} \vec{n} \cdot (\vec{a}_3^\circ \times \vec{R}_5) + \frac{\vec{n} \cdot (\vec{a}_5 \times \vec{a}_3^\circ)}{\vec{n} \cdot (\vec{a}_3^\circ \times \vec{a}_4^\circ)} \vec{a}_4^\circ \cdot \vec{R}_5 + M_5 = 0$$

Препоръчана за публикуване от катедра "Техническа механика" на МТФ

Този факт показва, че е определена зависимост между активните и задържащите сили в краен вид (т.е. без вариации с δ) и тази зависимост може да се използва при определянето на напрегнатото и деформационно състояние на ограничената скална област.

ИЗВОДИ

1) Предложеният начин на решение може да се приложи за голямо множество скални блокове, на които се изследва стабилността, напрегнатото и деформационното състояние.

2) Разгледано е само едно виртуално преместване, но следва да се разгледат още две, което поради краткост на изложението не е извършено

3) Класическият метод на изследване на напрегнатото състояние чрез механиката на непрекъснатите среди е необходим, но е недостатъчен, защото съществуват възможности за неустойчивост по много други непроявени причини. Следователно разбиването на средата в блокове и установяването на тяхното устойчиво равновесие е също необходимо. То е в много случаи непредвидимо по класическите методи.

4) Недостатъчно е също установяването на устойчивостта на блоковата система, защото трябва да се познава напрегнатото състояние вътре във всеки блок, където може да се появят точки или области на разрушение. И тук именно има голяма полза от МКЕ, който не е нужно да се многократно прилага с различни входни информации.

ЛИТЕРАТУРА

- Кандов Л., Инвариантно представяне на уравненията на движение на сложни механични системи (издание на МГУ).
- Козлов Ю.С., Э.К. Абдылдаев, И.И. Ермаков. 1983. Использование упруголастических решений состояния оценке устойчивости и напряженного состояния однородных откосов. ВНИМИ, Ленинград.
- Макаров А.Б. 1994. Управление движением и горным давлением при повторной разработке геологических рудных залежей. Дисертация на с.уч.ст. дтн, Москва, Геолого-разведочная академия.
- Кандов Л., Ст.Христов, Л.Ковачев, Н.Йончева, М. Трифонова, Ив. Вълчев, К. Беличев. 1997. Изследване на устойчивост на откосите в откритите рудници и кариери по гранично състояние. Договор на МГУ с МОН, г.

