

ловиях гидроотжим может проявиться только при давлении нагнетания более 23,0 МПа. Но как показали горно-экспериментальные работы в подготовительных выработках эффект гидрорыхления пласта и формирование безопасной зоны разгрузки на глубину не менее длины шнура, достигается уже при давлении нагнетания 15,0-16,0 МПа, что значительно ниже давления гидроотжима и гидроразрыва.

Таким образом, результатами аналитических и горно-экспериментальных исследований установлено, что параметры гидроимпульсного воздействия при высоконапорном нагнетании жидкости обеспечивают безопасность работ при гидрорыхлении выбросоопасных пластов в забоях подготовительных выработок при проведении мероприятий через шнуры длиной 4,0-6,0 м. При этом глубина их герметизации должна составлять не менее 2,5 м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила ведения горных работ на пластах склонных к газодинамическим явлениям. Киев: Минуглепром Украины, 2005.-224 с.
2. Бобров И.В., Шатилов В.А. Применение гидроотжима призабойной зоны угольного пласта как способ борьбы с внезапными выбросами угля и газа // Вопросы безопасности в угольных шахтах: Труды МакНИИ, / отв. ред. В.Л. Божко.- М.: «Недра», 1965.- том XVII. - С. 164-181.
3. Шатилов В.А., Яровой А.С. Определение усилий, необходимых для выдвигания призабойной зоны угольного пласта при гидроотжиме // Борьба с выбросами угля и газа, подземными пожарами, безопасность взрывных работ: Сб. научн. статей. - М.: «Недра», 1969.- С.14-17.
4. Борисенко А.А. Теоретические основы гидроотжима и гидрорыхления на угольных шахтах. - М.: «Наука»,1986.- 114 с.
5. Васильев Л.М. Развитие трещин в угольном массиве при импульсном нагнетании в него жидкости // Сб. научн. трудов Механика и разрушение горных пород. - К.: Наук.Думка 1993.- С. 60-65.
6. Васильев Л.М. Механизм формирования горизонтальных нормальных напряжений в массивах горных пород // Горный информационно-аналитический бюллетень МГГУ - М.: Издательство МГГУ, 2008.- С. 190-195.

УДК 624.131.543

Канд. техн. наук, доц. А.В.Зуска,
ас. А.О. Шуліченко
(Національний гірничий університет)

ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМІВ ПОРІД, ЩО ЗМІЩУЮТЬСЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМИ SURFER

Изложена методика автоматизированного определения объемов пород, которые смещаются, с использованием поверхностей на основе стандартной программы Surfer.

DEFINITION OF VOLUMES OF DISPLACED BREEDS WITH USE OF THE PROGRAM SURFER

The technique of the automated definition of volumes of displacing breeds with use of surfaces is stated on the basis of the standard program Surfer.

Поширення зсувів і характер зсувного процесу залежать від інженерно-геологічних умов місцевості, серед яких найбільш важливу роль грають літолого-геологічні, геоморфологічні, кліматичні й інші умови. Велике число факторів обумовлює різку мінливість властивостей гірських порід, що сприяє

порушенню їх стійкості. Тому вірогідність прогнозів зсувних процесів залежить від повноти використання наявної інформації про зсувний об'єкт і методів її аналізу й узагальнення. Небезпека зсувів зв'язана з динамічним впливом гірських порід, що рухаються. Це призводить до руйнування об'єктів і споруд, що знаходяться на тілі і у зоні зсуву.

Для виявлення початку зсувних зміщень необхідна інформація про вихідне положення поверхні схилу і її зміна в часі. Щонайкраще на практиці застосовується апарат теорії апроксимації, що дозволяє аналітично описувати поверхні. Будь-яка поверхня, зображена в ізолініях може бути визначена як геометричне місце точок, що задовольняють рівнянню:

$$z = f(x, y),$$

де z – значення в i -ій точці; а $f(x, y)$ – деяка апроксимуюча функція; x, y – координати в будь-якій прийнятій системі.

Як правило, ця функція не може бути знайдена в числовому вигляді із-за складності і “неправильності” поверхні, але її можна апроксимувати, тобто приблизно представити відомої функцією:

$$z = f(x, y) + \varepsilon,$$

де ε – залишок, який не піддається апроксимації. Далше функцію $f(x, y)$ можна розложити в ряд у вигляді

$$f(x, y) = f_1(x, y) + f_2(x, y) + \dots + f_k(x, y)$$

Компоненти $f_k(x, y)$ знаходяться в числовому вигляді під умовою мінімуму квадратів відхилень апроксимуючої поверхні від вихідної. Сума квадратів відхилень фактичної поверхні від розрахункової, підрахована в заданих точках, повинна бути мінімальна $\sum \varepsilon_i^2$. Частіше всього застосовують алгебраїчні апроксимації, розкладаючи $f(x, y)$ за ступенями координат x і y , чи використовують особливі ортогональні багаточлени. Всі існуючі розробки зв'язані з апроксимацією поверхонь переслідують дві мети: найти найкраще і найбільш економне приближення до вихідної поверхні [1].

Комп'ютерне моделювання дозволяє виконати апроксимації для поверхонь будь-якої складності. У дослідницькій практиці апроксимації використовують для аналітичного опису поверхонь і виконання з ними різних дій: додавання, віднімання, інтегрування і диференціювання, для підрахунку об'ємів тіл, обмежених цими поверхнями.

Серед аналітичних методів визначення об'ємів порід широке поширення

одержали методи, що використовують в якості вихідних даних площі поверхонь горизонтальних або вертикальних розрізів. Найбільш точними з них є ті методи, що дозволяють з високою точністю описати поверхню об'єкта при будь-яких просторових його положеннях.

Якщо об'єкт представити як призматичне тіло KM' з основою $KLMN$ (рис. 1), то його об'єм V буде виражати подвійний інтеграл [2]

$$V = \iint_D f(x, y) dx dy.$$

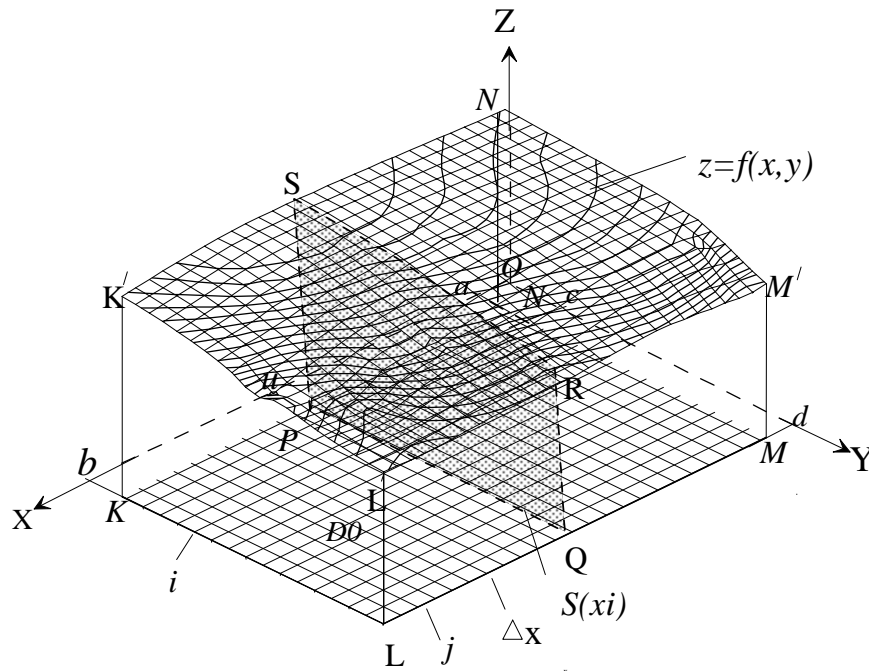


Рис. 1 – Схема комп'ютерного моделювання поверхні

Той же об'єм виходить з перемінної площі $S(x)$ вертикального розрізу $PQRS$, (вона залежить від абсциси Ou) по формулі

$$V = \int_a^b S(x) dx. \quad (1)$$

Площа $PQRS$ (рис. 2) виразиться формулою

$$S(x) = \int_c^d z dy = \int_c^d f(x, y) dy, \quad (2)$$

де c, d – діапазон координат по осі Y .

При автоматизованому обчисленні об'єму тіла з досить високою точністю для визначення площ вертикальних розрізів застосовують формулу трапеції,

яка дає загальну площу трапецій, показаних на рис. 2

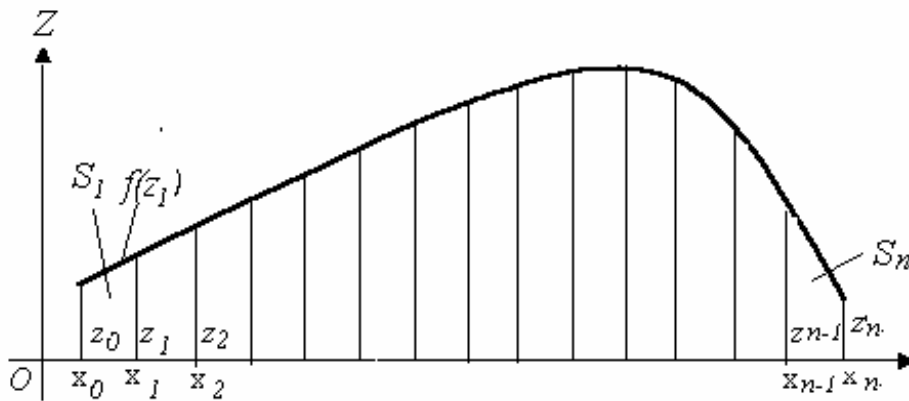


Рис. 2 – Площа вертикального перерізу

$$\int_c^d f(y)dy \approx \frac{d-c}{n} \left[\frac{z_0 + z_n}{2} + z_1 + z_2 + \dots + z_{n-1} \right]$$

і Сімпсона [2]

$$\int_c^d f(y)dy \approx \frac{d-c}{3n} \left[\frac{z_0 + z_n}{2} + (z_1 + z_2 + \dots + z_{n-1}) + 2 \left(\frac{z_{1/2} + z_{3/2}}{2} + \dots + \frac{z_{n-1/2}}{2} \right) \right].$$

Ця формула дає площу криволінійних трапецій.

При побудові поверхні схилу, використовують координати точок, розосереджених на його площі на початок спостережень. При побудові поверхні зміщення схилу використовують просторове зміщення точок за відповідний період спостережень

Діапазон апроксимуючої поверхні полягає в границях максимальних і мінімальних координат точок спостережень, що розбиваються на рядки j і стовпці i . Точність визначення об'ємів і площ залежить від величини проміжків рядків і стовпців (рис. 2).

Зазначений вище алгоритм використаний для комп'ютерного моделювання поверхонь, визначення об'ємів мас і площ використаний у запропонованій авторами програмі Surfer.

Дана програма дозволяє з високою точністю описати поверхні об'єктів, підрахувати об'єми тіл, а також досліджувати по графічних зображеннях поверхонь динаміку мас порід, що зміщуються, по площі і в часі.

Програма обчислює об'єми не тільки тривимірних тіл, обмежених верхньою і нижньою поверхнями, але й об'єми тіл шляхом підсумовування і вирахування різночасних поверхонь зміщень об'єкта.

Найбільш загальна задача зазначеної програми це обчислення об'єму будь-якого тіла об'єкта, укладеного між двома поверхнями [3].

Кожна з поверхонь може бути або горизонтальною площиною, або сітковою функцією обумовленою сітковим файлом. Якщо обидві поверхні визначаються сітковими файлами, то ці файли повинні мати однакові діапазони зміни координат X , Y і однакову кількість рядків і стовпців. Програма Surfer порівнює сіткові вузли поверхонь виходячи з положення цих вузлів у файлі, а не на основі їх координат X , Y .

Перевага цієї програми полягає у тому, що вона реалізує три методи обчислення об'ємів: метод трапецій, метод Сімпсона і метод Сімпсона "три восьмих". Різниця значень, отриманих цими методами, може служити якісною оцінкою точності обчислення об'ємів. Якщо значення об'ємів, обчислені трьома методами близькі між собою, то вони є достатнім наближенням до справжнього об'єму. Якщо ж три методи дають, істотно, різні результати, то, імовірно, всього, варто збільшити щільність сітки і повторити обчислення об'ємів.

За остаточний об'єм об'єкта можна прийняти середнє арифметичне з трьох результатів. Відносну похибку обчисленого об'єму оцінюють шляхом порівняння результатів трьох методів і виражають у відсотках від середнього значення.

$$\frac{1}{m} = \frac{(V_{\max} - V_{\min}) \cdot 100\%}{V_{\text{сред}}}$$

де $\frac{1}{m}$ - відносна похибка; V_{\max} - найбільший об'єм з результатів, отриманих трьома методами; V_{\min} - найменший з результатів; $V_{\text{сред}}$ - середнє арифметичне з трьох результатів.

Розглянемо обчислення об'єму мас порід, що зміщуються, з використанням поверхонь на прикладі поверхонь зміщень, отриманих за результатами геодезичних спостережень зсувного процесу на схилі балки "Євпаторійська" у програмі Surfer. Перша поверхня визначає положення схилу між поточним періодом спостережень і початковим. Друга поверхня визначає положення схилу між поточним і попереднім періодами.

При побудові поверхні зміщень зсувного схилу використовуються координати точок спостережень X , Y і їх просторове зміщення Z у часі. Поверхню між поточним і попереднім циклами задаємо як верхню, а поверхню між поточними і початковим циклами як нижню. У цьому випадку у всіх точках зсувного схилу верхня поверхня може розташовуватися як вище нижньої поверхні, так і нижче.

Порядок обчислення площ і об'ємів в програмі Surfer

1. Перед початком розрахунків створюються масиви вихідних даних поверхонь $Z_i = f_i(X, Y)$ в текстовому файлі [bxt], де X_i , Y_i - координати точок; Z_i

– просторове їх зміщення.

2. В меню Grid програми Surfer вибрати команду Data. На панельному вікні Open Data знаходимо ім'я потрібного файлу [bxt]. Після відкриття діалогового вікна Scattered Data Interpolation перевірити вихідні дані для побудови сіткових файлів в [GRD] (рис. 3).

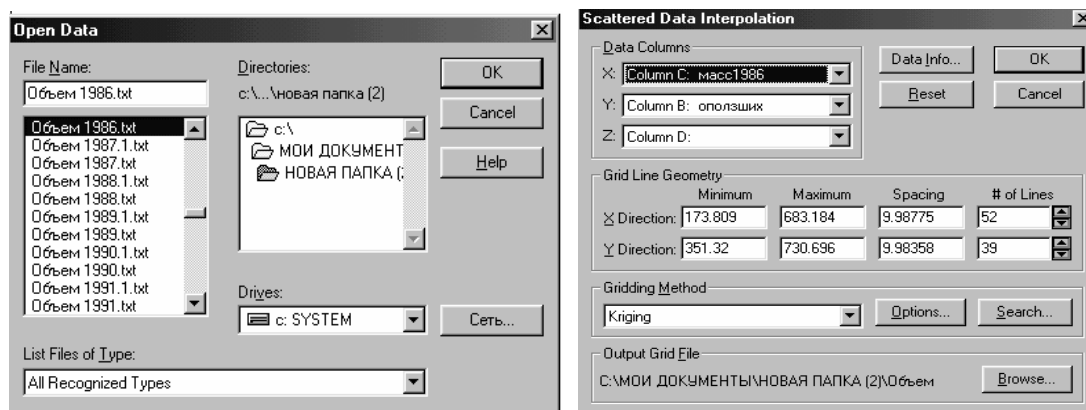


Рис. 3- Вид меню програми Surfer

Сіткові файли представляють мережу контрольних точок з однаковим діапазоном зміни координат і тим самим числом рядків і стовпців. Для наочності сіткових файлів можна скористатися вікном редактора вузлів мережі Grid Node Editor (рис. 4).

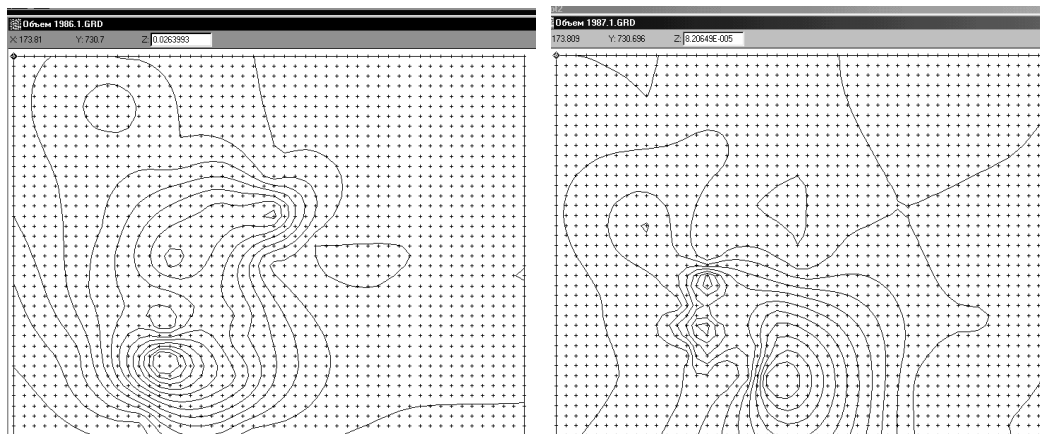


Рис. 4 – Сітки вихідних точок поверхонь зміщень сіткових файлів для визначення об'ємів

3. В меню Grid вибрати команду Volume і задати ім'я сіткового файлу, наприклад, [Об'єм 1987 р. GRD], що буде використовуватися за верхню поверхню Upper Surface. Заданий файл відобразиться в груповому вікні верхньої поверхні.

Для відображення сіткового файлу нижньої поверхні (Lower Surface) у груповому вікні Lower Surface вибрати опцію Grid File і командою Browse відкриється панель вікна Open Grid, де вказати сітковий файл [Об'єм 1986р. GRD]. За допомогою клавіші Grid Info перевірити параметри верхньої і ниж-

ньої поверхонь (рис. 5). Верхня або нижня поверхні визначаються горизонтальною площиною ($Z = 0$). Можна задати рівень цієї площини, ввівши потрібне значення " $Z = \dots$ ". Це значення задається в одиницях виміру координати Z .

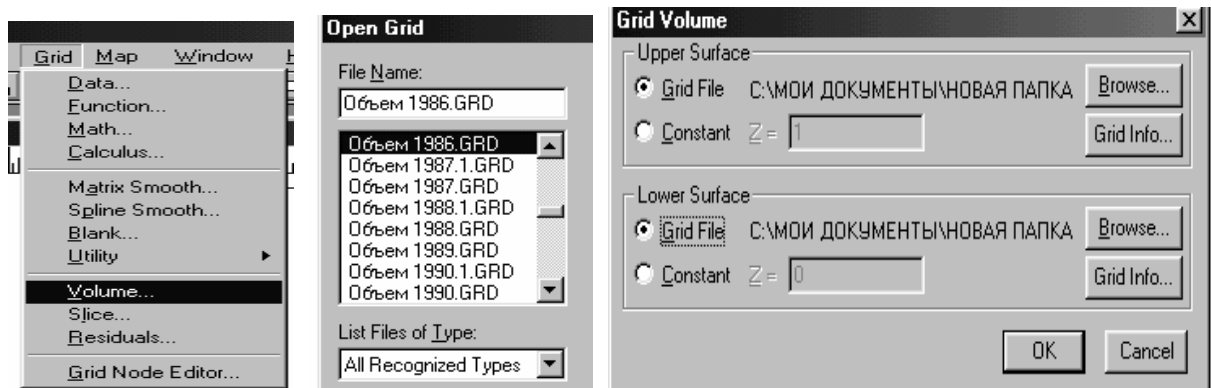


Рис. 5 – Вид меню програми Surfer

4. Якщо після введення всі параметри панелі Grid Volume задані правильно, то програма почне обчислення об'ємів і площ. По закінченні обчислень автоматично відкриється вікно редактора (Editor), що містить результати виконаних обчислень об'ємів і площ (рис. 6).

VOLUME COMPUTATIONS		VOLUMES	
UPPER SURFACE		Approximated Volume by	
Grid File:	C: Объем 1987.1.GRD	Trapezoidal Rule:	1021.61
Grid size as read:	50 cols by 39 rows	Simpson's Rule:	1021.21
Delta X:	10.3954	Simpson's 3/8 Rule:	1018.85
Delta Y:	9.97647	CUT & FILL VOLUMES	
X-Range:	173.809 to 683.184	Positive Volume [Cut]:	2906.78
Y-Range:	351.59 to 730.696	Negative Volume [Fill]:	1885.76
Z-Range:	-0.0018 to 0.232	Cut minus Fill:	1021.02
LOWER SURFACE		AREAS	
Grid File:	C: Объем 1986.1.GRD	Positive Planar Area	
Grid size as read:	50 cols by 39 rows	[Upper above Lower]:	95996.9
Delta X:	10.3953	Negative Planar Area	
Delta Y:	9.98368	[Lower above Upper]:	97110.2
X-Range:	173.81 to 683.18	Blanked Planar Area:	0
Y-Range:	351.32 to 730.7	Total Planar Area:	193107
Z-Range:	-0.0091 to 0.1341		

Рис. 6 – Результати розрахунку об'ємів і площ

Об'єм між двома поверхнями – це значення як позитивних, так і негативних об'ємів і він являє собою суму позитивних (Cut) і негативних (Fill) об'ємів.

Зведення про площі плоских ділянок поверхонь в обчисленнях представлені як позитивні, негативні і горизонтальні площі плоских ділянок поверхні об'єкта. Ті ділянки об'єкта, де верхня і нижня поверхні мас, що зміщуються, збігаються, включаються в позитивні плоскі ділянки. При необхідності ре-

зультати обчислень можна зберегти в текстовому ASCII файлі.

При обчисленні об'ємів інженерно-геологічних шарів, запасу корисних копалин, об'ємів порід, що змішуються, нерідко приходиться виконувати з поверхнями математичні дії: додавати і віднімати [4].

Для цього в меню Grid командою Math, відкрити діалогову панель математична сітка (Grid Math) і ввести вхідні файли сітки *A* (Input Grid File *A*) і сітки *B* (Input Grid File *B*) в [GRD], які будуть вихідними поверхнями *A* і *B*. Файл сітки виходу *C* (Output Grid File *C*) представляє сумарну поверхню $C = f(A+B)$ або поверхню різниці $C = f(A-B)$. Отриманий файл можна зберегти, привласнивши йому нове ім'я (рис. 7).

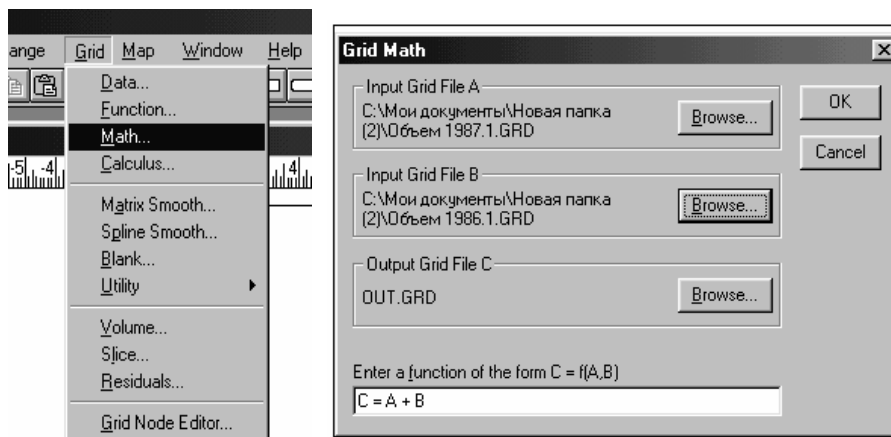


Рис. 7 – Зберігання файлу

Задачі додавання поверхонь виникають при підрахунку сумарних потужностей відкладень інженерно-геологічних шарів, потужності зсувного тіла або об'єму мас, що змішуються, за визначений період відносно початку спостережень. В нашому випадку сумарна поверхня *C* - поверхня ґрунтових мас, що змістилися, за зазначені періоди спостережень Поверхня різниці – поверхня ґрунтових мас, що змістилися в 1987 році відносно 1986 року. Віднімання однієї поверхні з іншої дає можливість підрахувати об'єми мас, що зміщуються, визначити поверхню ковзання зсувного тіла, відстань від поверхні рельєфу до рівня підземних вод і вирішити ряд інших задач.

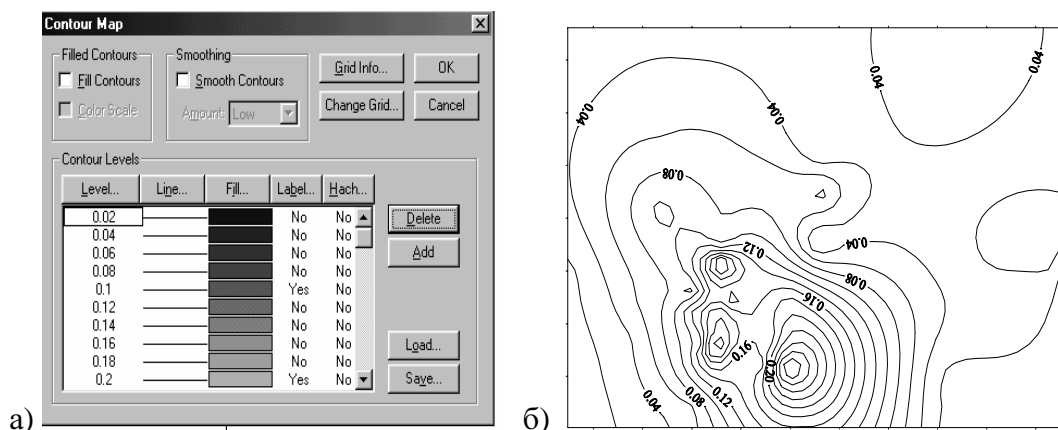
Об'єм сумарної поверхні або поверхні різниці визначається в тій же послідовності, що і при підрахунку об'ємів між двома поверхнями зазначеної в п. 2.

Крім сіткових файлів математичні поверхні зсувних мас можна представити графічними зображеннями у вигляді планів в ізолініях, або тримірними графіками блок-діаграм. Такі зображення дають можливість не тільки дослідити динаміку поверхні схилу, але визначити напрямок зсувних мас і ділянки інтенсивних зміщень.

Для отримання графічного зображення сумарної поверхні зміщень, чи різниці на плані в ізолініях необхідно в меню Map командою Contour відкрити вікно Open Grid і виділити потрібний файл. Клавішею ОК відкриється панель діалогового вікна (Contour Map), на якій задати рівень ізоліній, товщину лі-

ній, їх висоти і позначення. (рис. 8, а).

Командою ОК відкриється графік поверхні в ізолініях (рис. 8, б).



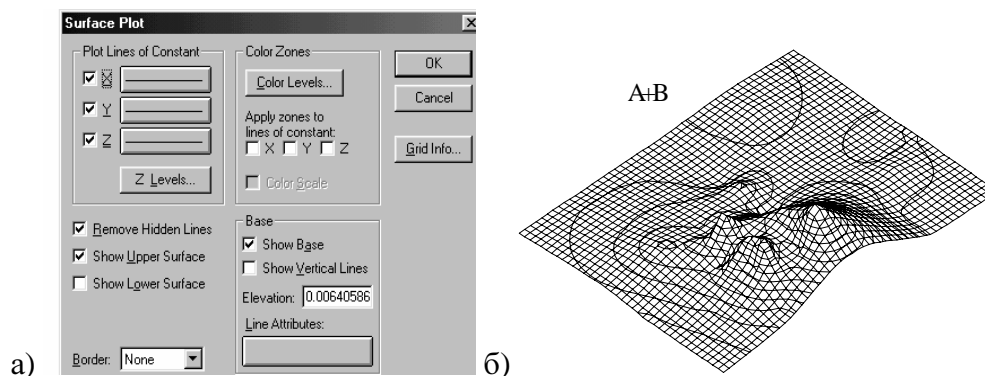
а – панель діалогового вікна побудови контурної карти ізолініях;

б – графік поверхні в ізолініях

Рис. 8 – Побудова контурних графічних зображень:

Якщо є необхідність побудувати поверхню у вигляді блок-діаграми в меню карта (Map) вибрати команду поверхня (Surface). У відкритому вікні Open Grid знайти потрібний файл, який відзначиться на діалоговій панелі поверхневий графік (Surface Plot) (рис. 9, а).

Зробити необхідні корективи вихідних даних і після натискання клавіші ОК з'явиться поверхневий графік цифрової моделі поверхні схилу, що зміщується (рис. 9, б).



а – панель діалогового вікна; б – тривимірний поверхневий графік

Рис. 9 – Побудова поверхневого графіка

Висновки. Рекомендована методика визначення об'ємів мас гірських порід, з використанням поверхонь за допомогою програми Surfer дає можливість з високою точністю описувати поверхні любої складності і отримувати об'єми мас, що зміщуються, які можна в процесі роботи корегувати відносно точності. Графічні зображення дозволяють досліджувати зсувні зміщення по площі і в часі, а також прогнозувати подальші зсувні процеси на ділянках ін-

тенсивних зміщень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Берлянт А.М. Картография. М.: Аспект Пресс, 2001.– 332 с.
2. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. – М.: Изд. Наука, 1977.– 870 с
3. Хил Ф. OpenGL. Программирование компьютерной графики. Для профессионалов. – СПб.: Питер, 2002. –1088 с.
4. Григоренко А.Г. Измерение смещений оползней. – М.: Недра, 1988. – 141 с.

УДК 622.647.2

Канд. техн. наук Р.В. Кирия,
м.н.с. Д.Д. Брагинец, м.н.с. Т.Ф. Мищенко
(ИГТМ НАН Украины)

ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УСРЕДНЯЮЩИХ И АККУМУЛИРУЮЩИХ БУНКЕРОВ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛИНИЙ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

В роботі викладено алгоритм статистичного моделювання функціонування усереднюючих та акумулюючих бункерів при різних режимах їх роботи. Дано порівняльний аналіз результатів статистичного і математичного моделювання.

IMITATION MODELS OF FUNCTIONING AVERAGING AND ACCUMULATING BUNKERS OF COAL MINE CONVEYER LINES

The algorithm of statistical modeling of functioning of averaging and accumulating bunkers in different operating regimes is expounded. The comparative analysis of results of statistical and mathematical modeling is given.

В настоящее время основным видом транспорта шахт с высоконагруженными лавами является конвейерный транспорт.

Основными факторами, снижающими эффективность работы конвейерных линий, являются их низкая пропускная способность и невысокий коэффициент использования конвейеров по производительности. Это связано с ненадежной работой конвейерного транспорта и значительной неравномерностью поступающих из лав грузопотоков.

Для повышения пропускной способности и коэффициента использования по производительности в конвейерных линиях применяются аккумулярующие и усредняющие бункеры.

Усредняющие бункеры уменьшают неравномерность грузопотока, что позволяет использовать конвейеры с меньшей приемной способностью.

Аккумулярующие бункеры позволяют накапливать некоторое количество груза в случае остановки подбункерной конвейерной линии по различным причинам.

Так как объем усредняющих и аккумулярующих бункеров в шахте ограничен, то возникает задача определения минимального объема, достаточного для выполнения бункерами необходимых функций.