

Выводы.

1. До настоящего времени нет достоверных данных и результатов исследований физико-химических свойств и явлений, протекающих в черноземах при их длительном (до 50 лет и более) хранения на складах, в процессе горнотехнической рекультивации на карьерах Украины.

2. Впервые установлены значения естественной влажности, естественной плотности грунта и плотности скелета грунта и их изменения на глубину до 14 м при хранении чернозема на складах Вольногорского ГМК. Показано, что после 25-летнего хранения чернозема в складе, его влажность составляет от 13 до 23%.

3. С применением рентгенофлуоресцентного анализа впервые определен химический состав чернозема после 25 лет его хранения на складе Вольногорского ГМК, установлено наличие элементов Fe, Si, Ca, Al, K, Mn, Cu, Ti, Zr, Cr, Ni, Zn.

4. Определены направления дальнейших исследований по расширению знаний о физико-химических, биологических и агрохимических свойствах черноземов при их продолжительном хранении в процессе горнотехнической рекультивации на Вольногорском ГМК.

Список литературы

1. Фаткулин Ф.А., Андроханов В.А. Изменение свойств плодородного слоя почвы, складированного в целях рекультивации на угольных разрезах КАТЭКа // Тез. докл. Республ. науч. конф. "Экология и охрана почв засушливых территорий Казахстана". — Алма-Ата, 1991. — С. 216-217.

2. Техноземы: свойства, режимы, функционирование. В.А. Андроханов, С.В. Овсянникова, В.М. Курачев. — Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 2000. — 200 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Дриженком А.Ю.
Надійшла до редакції 10.11.10*

УДК 622.833.5

© Р.О. Дичковський, В.В. Руських, Є.В. Тимошенко

ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНЬ ПРИ ВИСОКОШВИДКІСНОМУ ВИЙМАННІ ТОНКИХ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ

В статті представлені методи аналітичного дослідження технологічних параметрів та напружень масиву гірських порід при високошвидкісному вийманні тонких вугільних пластів. Проведене аналітичне дослідження напружено – деформованого стану масиву гірських порід. Наведені результати аналітичного визначення геометричних та фізичних параметрів масиву гірських порід при високій швидкості посування очисного вибою.

В статье представлены методы аналитического исследования технологических параметров и напряжений в массиве горных пород при высокоскоростной выемке тонких угольных пластов. Проведено аналитическое исследование напряженно-деформированного состояния массива горных пород. Приведены результаты аналитического определения геометрических и физических параметров массива горных пород при высокой скорости подвигания очистного забоя.

In the article the methods of analytical research of technological parameters and rock mass tensions at high speed mining of thin coal seams are presented. The analytical investigation of tensely-deformed state of rock mass is conducted. The results of analytical determination of geometrical and physical parameters of rock mass at high speed wallface moving are resulted.

Вступ. Гірниче виробництво є одним з самих трудомістких, складних і небезпечних видів промислового виробництва. Одним з об'єктів досліджень в гірничій справі є порідний масив із капітальними, підготовчими і очисними виробками. Специфікою їх вивчення є велика тривалість досліджень в часі, значні розміри об'єктів в просторі, недоступність безпосереднього вивчення традиційними методами і засобами. Для проведення досліджень в натурних умовах потрібні значні витрати, а іноді здійснити бажаний експеримент або спостереження технічно дуже складно, небезпечно або принципово неможливо.

У таких випадках на допомогу дослідникам приходять методи математичного або комп'ютерного моделювання. Нині розроблена велика кількість математичних моделей масиву, отриманих на основі строгих аналітичних рішень відповідних задач теорії пружності. У ряді випадків (неоднорідний масив, наявність тріщин, сполучення виробок, що вимагають постановки об'ємної задачі і ін.) аналітичне вирішення таких завдань є досить складним. У цих випадках доцільне використання практичних досліджень зрушень гірського масиву безпосередньо із гірничих виробок.

Вибір методу дослідження напружено – деформованого стану масиву гірських порід. Науковцями створено велику кількість методів прогнозу напружено – деформованого стану масиву гірських порід при веденні очисних робіт. Основною вимогою, яка враховувалася при виборі методу, є можливість вирішення всіх поставлених задач, причому із максимальною точністю.

Значну кількість робіт, виконаних в цій області, автори умовно розділяють на три основні групи. У першій групі робіт гірський масив представляється суцільним середовищем, деформації в якому відбуваються без порушення суцільності. У другій групі товща порід розглядається як шарувате середовище, представлене консольними балками або плитами. Роботи третьої групи пов'язані з вивченням закономірностей розподілу напружень і деформацій в опорній зоні на основі експериментальних даних. Останні методи можуть бути використані лише в певних умовах або вимагають у кожному конкретному випадку проведення трудомістких експериментів. Внаслідок цього вони не набули широкого поширення і в цьому аналізі не розглядаються.

У роботах першої групи масив розглядається в цілому від покрівлі пласта, що розробляється, до поверхні. До неї належать роботи С.Г. Авершина, Г.І. Грицька, В.В. Власенка, Р.А. Муллера. Товща порід представляється суцільним масивом, який володіє пластичними, пружними, або пружнопластичними властивостями.

Багато науковців вважають, що математичний апарат теорії пружності і пластичності досить складний і трудомісткий, проте із-за неоднорідності властивостей осадкових порід дає лише наближені результати. Крім того, на думку Л.Г. Фісенка [1], представлення товщі порід у вигляді суцільного масиву не до-

зволяє врахувати найважливіші горно-геологічні чинники, такі як наявність породомостів, їх потужність, розташування по висоті і ін.

Останніми роками широке застосування для розрахунку напружено-деформованого стану порід отримав «Метод скінчених елементів», заснований на апроксимації суцільного середовища за допомогою дискретних елементів, які мають довільну форму, взаємодіють один одним через вузли. Цей метод має ряд позитивних сторін. Він забезпечує можливість задавання неоднорідності масиву, регулювання точності розрахунків шляхом згущування сітки елементів, свобода в завданні конфігурації областей і граничних умов, наглядність і ін.

Відомо, що деформація порід в зоні вигину розшаруванням між шарами порід, утворенням порожнин, параметри яких залежать від ряду геологічних і гірничотехнічних чинників. Розшарування має місце не тільки над виробленим простором, але і над масивом. Це призводить до нерівномірного розподілу навантажень в надвугільній товщі, тому при використанні методу скінчених елементів для більшої достовірності результатів розрахунку необхідно знати розміри порожнин розшарування і закон розподілу навантажень по ширині виробок.

Друга група об'єднує роботи учених, які розглядають надвугільний масив як дискретне шарувате середовище. З цієї групи слід виділити роботи В.Д. Слесарева, яким було запропоновано використовувати для розрахунку наближений метод, заснований на теорії плит Г.Н. Кузнецова, методи розрахунку якого базуються на гіпотезі "шарнірних блоків" О.О. Борисова, який на основі розробленого їм об'ємного моделювання встановив ряд положень про характер деформацій порід основної покрівлі. На підставі експериментальних даних і аналізу теорії тонких плит О.О. Борисов довів прийнятність теорії тонких плит для вирішення геомеханічних задач і розробив розрахункову схему, яка є моделлю консольної балки, лежачої на пружній основі. Ця схема передбачає поділ товщі підроблених порід на пачки з породами-мостами в основі закріплюючим навантаженням в затисканнях.

Також з цієї групи слід зазначити роботи співробітників ВНДМІ [2], які розглядають гірський масив шаруватим, що зберігає безперервність деформацій з прослизанням по контактах нашарування. Прийнято, що процес зрушення порід надвугільного масиву протікає у вигляді послідовного вигину плит, а при значних розмірах очисного вироблення - балок-смужок. При цьому допускається, що опускання всіх шарів у вертикальній площині мають однакові величини.

Таким чином, в роботах цієї групи надвугільний масив розглядається як шарувате середовище, деформація якого відбувається із порушенням суцільності по контакту нашарування.

Проте, методи розрахунків, описані в більшості цих робіт, дозволяють вирішувати лише декотрі питання, визначити, наприклад, крок посадки основної покрівлі, конвергенцію бічних порід, навантаження на механізоване кріплення. Вони не дозволяють вирішувати всі геомеханічні завдання в комплексі, не враховують деякі гірничотехнічні і технологічні чинники.

Всі геомеханічні параметри, які мають бути обґрунтовані в цій роботі, можуть бути встановлені при використанні методу, розробленого в Національ-

ному гірничому університеті О.В. Савостьяновим. Цей метод враховує вплив геологічних, гірничотехнічних і виробничих факторів на стан гірського масиву в процесі ведення очисних робіт, що дозволяє вирішувати цілий ряд технологічних завдань, зокрема при різних способах управління покрівлею.

Метод розрахунку досить детально викладений у ряді робіт [3, 4] тому немає необхідності в його докладному описі. Відзначимо лише, що у вказаному методі модель надвугільної товщі представлена у вигляді пакету тонких плит, нежорстко затиснених по контуру очисної виробки і навантажених нерівномірно розподіленим навантаженням від маси підроблених порід.

Зміна швидкості посування очисного вибою врахована шляхом використання залежностей зміни модуля деформації порід над виробленим простором E_n і коефіцієнта жорсткості системи β від часу, які отримані на основі теоретичних і експериментальних досліджень.

При відомих параметрах епюр навантажень і обчислених коефіцієнтах, що характеризують закон розподілу цих епюр, проводиться розрахунок опускань і деформацій шару породи.

Обґрунтування аналітичних методів дослідження геометричних та фізичних параметрів гірського масиву. Спостереженнями в натурних умовах і моделюванням встановлено, що розвиток зрушення шаруватих порід при їх підробці або надпрацюванні відбувається у вигляді пошарового вигину тонких плит, не жорстко затиснених по контуру виробки. На початку при невеликих прольотах над і під виробкою формуються порожнини. Криві вигину шарів мають точки, де кривизна вигину міняє знак. Точки є межею сумісних деформацій шарів в масиві і по мірі видалення від контура виробки, зміщуються у бік виробленого простору.

По мірі видалення від розрізної печі (збільшення прольоту) опускання зростають, підняття підошви зменшується, частина маси підроблених шарів породи передається на підошву або на шар, що пролягає нижче. Над виробленим простором по мірі опускання шарів порід на підошву відбувається часткове або повне відновлення нормального навантаження до навантаження, що відповідає гравітації. Аналіз вимірювань, виконаних в різних умовах, показав, що для рівножорстких шарів закон зміни нормальних навантажень від межі очисних робіт до середини виробки практично є лінійним. Тільки за наявності породи – моста лінійність розподілу навантаження порушується, наближаючись до експоненти, і її максимальне значення в цьому випадку перевищує сили гравітації в 1,3-1,5 рази.

Маса підроблених порід, що зависають у межах над масивом, розподіляється по ширині виробки нерівномірно. За наявності порожнин нормальне навантаження від точки, де кривизна вигину шару міняє знак до середини виробки, відсутнє. По мірі видалення від цієї точки у бік масиву вона збільшується до максимуму з подальшим зниженням до сил гравітації (рис 2.3). При цьому максимум, як показали спостереження, віддалений від лінії, що проходить нормально до нашарування через межу масиву (вибою). З часом розміри порожнин змінюються до повного їх закриття, що викликає перерозподіл нормальних навантажень на рівні кожного шару породи. При закритті порожнин з'являється нормальне навантаження і під виробленим простором. Максимум її розташову-

ється над серединою виробки, мінімум – в точці, де кривизна вигину шару міняє знак. Межа реакції по відношенню до даного шару розповсюджується до точки, де момент шару, що пролягає нижче, що вигинає, міняє знак.

Кожен шар порід має п'ять характерних точок, що визначають параметри епюри навантажень на даний шар. Місцеположення цих точок залежить від природних і тимчасових факторів, а також технологічних параметрів [5].

У прийнятій моделі для розрахунку напружено-деформованого стану (НДС) порід при підробці і надпрацюванні необхідно спочатку встановити абсциси характерних точок, потім визначити нормальні навантаження і реакції в цих крапках, ухваливши лінійний закон їх розподілу.

Для встановлення параметрів затискання шару використана розрахункова схема у вигляді напівнескінченної балки-смушки на податливій підставі, завантаженою зосередженою силою і власною вагою вищестоящих порід. На основі цієї схеми встановлений зв'язок між параметрами затискання, жорсткістю шару, податливістю підстави (тривалою міцністю пласта або вміщуючих порід), глибиною залягання і часом.

Абсциси решти точок пов'язані з місцеположенням точок, де кривизна вигину шаруючи або момент, що вигинає, міняють знак, а також довжиною граничного прольоту, залежного за інших рівних умов від потужності пласта, що виймається, і способу управління покрівлею. Встановити місцеположення цих крапок можливо за наявності закономірностей зміни поперечних сил, моменту, що вигинає, кутів нахилу поперечних перетинів і опускання шару при підробці або недоробці. З цією метою при відомих параметрах епюри навантаження і реакції даного шару породи інтеграцією її по ділянках отримані вирази зміни поперечних сил. Вони апроксимовані рядами Фур'є по синусах. Використовуючи загальновідомі положення опору матеріалів і граничні умови, встановлені вказані вище закономірності, в яких основними величинами є коефіцієнти ряду Фур'є, пов'язані з параметрами епюри навантаження і реакції даного шару.

Для визначення параметрів епюр навантажень і встановлення закономірностей, необхідних для детального розрахунку напружено-деформованого стану будь-якого шару порід, початковими даними є стратиграфічний розріз порід по розвідувальній свердловині, що включає глибину залягання шарів породи підосви і покрівлі, їх нормальну потужність, тип, кут падіння, потужність пласта, що виймається. Крім того, до початкових даних відносяться технологічні параметри і тимчасові фактори.

Аналітичне визначення технологічних параметрів та напружень. Основною метою проведення моделювання є визначення закономірностей впливу швидкості посування лави на напружено – деформований стан масиву гірських порід навколо очисної виробки для безпечного ведення гірничих робіт при відпрацюванні тонких вугільних пластів.

Для аналітичного визначення технологічних параметрів та напружень при високошвидкісному вийманні тонких вугільних пластів, як зазначено вище, буде використовуватися комплекс програмного забезпечення до ПЕОМ для визначення напружено – деформованого стану порід шаруватого гірського масиву при веденні гірничих робіт.

Проте основним недоліком цього методу та побудованої на його основі програмного забезпечення є неможливість дослідження технологічних параметрів та напружень при швидкостях посування очисного вибою більше 5 м/добу. Виходячи з рівнянь рішення поставленої задачі визначення впливу швидкості посування очисного вибою на стан гірського масиву і деформаційної характеристики бічних порід не має подальшого визначення при значеннях цього параметру понад 5 м/добу. Це пояснюється тим, що визначник квадратичної матриці перетворюється у 0 або 1 і далі досліджувані параметри не змінюються.

Щоб дослідити потрібні параметри та напруження при високій швидкості посування лави необхідно розглянути наступне математичне завдання. Відомі значення деякої функції f утворюють таблицю:

Таблиця 1

Значення функції f .

x	x_1	x_2	x_n
$f(x)$	y_1	y_2	y_n

Необхідно побудувати аналітичну залежність $y = f(x)$, що найближче описує результати експерименту. Побудуємо функцію $y = f(x, a_0, a_1, \dots, a_k)$ так, щоб сума квадратів відхилень зміряних значень y_i від розрахункових $f(x_i, a_0, a_1, \dots, a_k)$ була найменшою (рис 1).

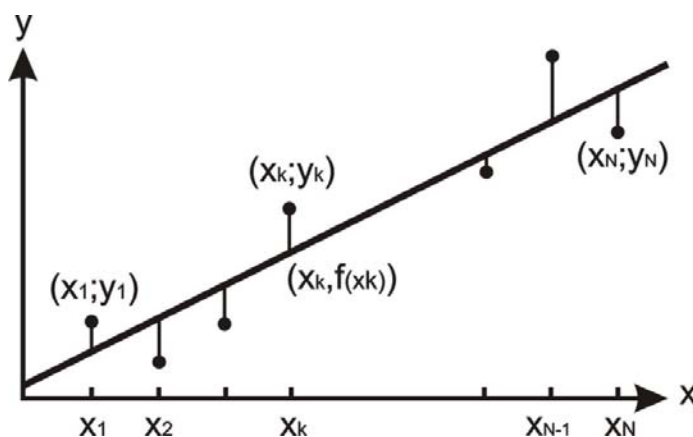


Рис 1. Графік функції $y = f(x, a_0, a_1, \dots, a_k)$

Математично це завдання рівносильне наступній: знайти значення параметрів $a_0, a_1, a_2, \dots, a_k$, при яких функція набувала б мінімального значення.

$$S(a_0, a_1, \dots, a_k) = \sum_{i=1}^n [y_i - f(x_i, a_0, a_1, \dots, a_k)]^2. \quad (1)$$

Це завдання зводиться до вирішення системи рівнянь:

$$\frac{ds}{da_0} = 0; \quad \frac{ds}{da_1} = 0; \quad \frac{ds}{da_k} = 0; \quad (2)$$

Якщо параметри a_i входять в залежність $y = f(x, a_0, a_1, \dots, a_k)$ лінійно, то ми отримуємо систему лінійних рівнянь:

$$\frac{ds}{da_j} = 0; \quad \sum_{i=1}^n (-f(x_i, a_0, a_1, \dots, a_k)) \frac{df}{da_j} = 0; \quad j = 0, 1, \dots, k, \quad (3)$$

Вирішивши систему (3), знайдемо параметри a_0, a_1, \dots, a_k і отримаємо залежність $y = f(x, a_0, a_1, \dots, a_k)$.

Для подальших розрахунків необхідно визначити параметри функції $y = ax + b$, де залежне значення y – функція незалежного значення x , значення a – коефіцієнти, відповідні кожною незалежною змінною x , а b – постійна. При цьому необхідно звернути увагу, що y , x і a можуть бути векторами. Складемо функцію S :

$$S = \sum_{i=1}^n [y_i - ax_i - b]^2; \quad (4)$$

Продиференціюємо вираз (4) по a і b , сформуємо систему лінійних рівнянь, вирішивши які ми отримаємо наступні значення параметрів:

$$a = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}; \quad b = \frac{n \sum x_i^2 y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}; \quad (5)$$

Підібрана пряма називається лінією регресії y на x , а a і b називаються коефіцієнтами регресії.

Чим менше величина

$$z = \sum_{i=1}^n (y_i - ax_i - b)^2;$$

тим більше обґрунтовано припущення, що таблична залежність описується лінійною функцією. Існує показник, що характеризує тісноту лінійного зв'язку між x та y , який називається коефіцієнт кореляції. Він розраховується по формулі:

$$r = \frac{\sum (x_i - M_x)(y_i - M_y)}{\sqrt{\sum (x_i - M_x)^2 \sum (y_i - M_y)^2}} = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum (x_i^2 - (\sum x_i)^2) (n \sum (y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

Коефіцієнт кореляції r і коефіцієнт регресії a зв'язані співвідношенням:

$$a = \frac{Dy}{Dx} r$$

де D_y, D_x - середньоквадратичне відхилення значень x і y .

$$D_x = \frac{\sum (x_i - M_x)^2}{n} \quad M_x = \frac{\sum x_i}{n} \quad D_y = \frac{\sum (y_i - M_y)^2}{n} \quad M_y = \frac{\sum y_i}{n}$$

Значення коефіцієнта кореляції задовольняє співвідношенню $-1 \leq r \leq 1$. Чим менше відрізняється абсолютна величина r від одиниці, тим ближче до лінії регресії розташовуються експериментальні точки. Якщо коефіцієнт кореляції дорівнює нулю, то змінні x , y називаються некорельованими. Якщо $r = 0$, то це тільки означає, що між x та y не існує лінійного зв'язку, але між ними може існувати залежність, відмінна від лінійної.

Для того, щоб перевірити, чи значущо відрізняється від нуля коефіцієнт кореляції, можна використовувати критерій Стьюдента. Обчислене значення критерію визначається по формулі:

$$t = \frac{\sqrt{n-1}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Значення t порівнюється зі значенням, узятим таблиці розподілу Стюдента відповідно до рівня значущості α і числом ступеню свободи $n-2$. Якщо t більше табличного, то коефіцієнт кореляції значущо відмінний від нуля.

За допомогою даної функції розраховуємо статистику для ряду із застосуванням методу найменших квадратів, щоб обчислити пряму лінію, яка щонайкраще апроксимує, наявні дані і потім повертає масив, який описує отриману пряму. Функцію також можна об'єднувати з іншими функціями для обчислення інших видів моделей, що є лінійними по невідомим параметрах, включаючи поліноміальні, логарифмічні, експоненціальні і статечні ряди. Оскільки повертається масив значень, функція повинна задаватися у вигляді формули масиву. Якщо формула вводиться як формула масиву, то повертається наступна статистика по регресії, яка відображена в таблиці 2.

Таблиця 2

Загальний вид статистики по регресії

	A	B	C	D	E	F
1	a_n	a_{n-1}	...	a_2	a_1	b
2	se_n	se_{n-1}	...	se_2	se_1	se_b
3	r_2	se_v				
4	F	d_f				
5	SS_{per}	$SS_{ост}$				

При цьому рівняння множинної регресії матиме наступний вигляд:

$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + b$$

При виконанні розрахунків по даній методиці для напружено-деформованого стану масиву гірських порід при високошвидкісному вийманні тонких вугільних пластів, а саме опускання, переміщення і деформації при швидкостях посування більш 5м/добу статистика по регресії матиме наступний вигляд, який представлений в таблиці 3.

Виходячи з таблиці 3, рівняння для подальших розрахунків матимуть вигляд:

$$y = 4,98x_1 - 13,78x_2 - 103,11x_3 + 135,7 - \text{для опускань};$$

$$y = 0,61x_1 - 0,17x_2 - 33,46x_3 + 37,83 - \text{для деформацій};$$

$$y = 0,67x_1 - 0,45x_2 - 66,19x_3 + 26,04 - \text{для переміщень},$$

при точності обчислень в 95,13%.

При існуючому підході не жорстко защемлених плит методу Національного гірничого університету вплив швидкості руху очисного вибою на величину опускання порід покрівлі визначається шляхом рішення відомим методом квадратичної матриці, з елементів, що вказують на кількість кроків довжин очисного вибою та швидкостей його посування.

Ці рівняння дають можливість з високим ступенем збіжності визначати названі величини при різних гірничо-геологічних умовах.

Вид статистики по регресії для розрахунку опускань, деформацій і переміщень при швидкості посування очисного забою понад 5 м/добу

А) для опускань:

	A	B	C	D
1	-103,108	-13,7818	4,982606	135,7039
2	90,85802	0,735477	6,677052	77,6003
3	0,951277	51,99709		
4	130,1622	20		
5	1055757	54073,94		

Б) для деформацій

	A	B	C	D
1	-33,4638	-0,17074	0,6058	37,83128
2	13,75248	0,122316	0,894216	11,71419
3	0,951277	51,99709		
4	5,790471	20		
5	856,1423	985,691		

В) для переміщень

	A	B	C	D
1	68,19412	-0,45259	0,664926	26,0395
2	101,8289	0,905677	6,621133	86,73652
3	0,951277	51,99709		
4	0,156762	20		
5	1270,729	54040,6		

Аналітичні дослідження та застосовані принципи і математичні механізми вимагають певної абсолютизації вихідних даних тому, для перевірки отриманих результатів автор передбачає проведення шахтних експериментальних досліджень поведження гірського масиву при збільшенні швидкості посування вибою понад 5 м/добу.

Висновок. При збільшенні швидкості посування очисного вибою змінюються деформаційні характеристики, що вимагають застосування існуючих підходів до зміни технологічної ситуації у лаві. Виходячи із проведеного дослідження досить точно оцінюється зрушення гірських порід за допомогою методики не жорстко зацемлених балок, що була розроблена в Національному гірничому університеті і отримала назву «метод НГУ».

При посуванні очисного вибою зі швидкістю понад 5 м/добу необхідно вносити доповнення до згаданої методики. Це вирішується шляхом розв'язку диференційних рівнянь з використанням принципів лінійної регресії, на основі статистичних даних, отриманих при шахтних експериментальних дослідженнях. Дані диференційні рівняння вирішуються на основі складання квадратич-

них матриць, що вказують на кількість кроків довжин очисного вибою та швидкостей його посування. Визначені рівняння, дають можливість з високим ступенем збіжності встановлювати стан гірського масиву і деформаційні характеристики бічних порід. Ступінь достовірності отриманих результатів залежить від кількості введених до рівняння статистичних даних гірничо-геологічної будови масиву та параметрів техніко-технологічної ситуації очисного вибою.

Список літератури

1. Фисенко Л.Г. Некоторые вопросы сдвижения горных пород при разработке глубоких горизонтов угольных шахт // Исследования проявления горного давления на глубоких горизонтах.-Л.: Недра, 1971. – С. 337-346.
2. Борисов А.А. Механика горных пород и массивов.- М.: Недра, 1980. – 360 с.
- 3.Савостьянов О.В., Клочков В.Г. Керування станом масиву гірських порід. Навчальний посібник. – К.: НМК ВО, 1992. – 276с.
- 4.Савостьянов А.В. Управление состоянием массива горных пород. ДГИ. – Д.: 1984. – 164 с. – Деп. в УкрНИИТИ 1984, № 383Ук-84.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Бузилом В.І.
Надійшла до редакції 10.11.10*

УДК 624.159.1 +539.3

© Н.В.Зуєвська

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИБУХОВОГО АРМУВАННЯ ПРОСАДНОГО ҐРУНТУ ЖОРСТКИМ ЗАПОВНЮВАЧЕМ

Розглянуто математичне моделювання процесу армування просадних лесових ґрунтів шляхом впровадження в них твердого матеріалу (щебеню) за допомогою енергії вибуху.

Рассмотрено математическое моделирование процесса армирования просадочных лесовых ґрунтов путем внедрения в них твердого материала (щебня) с помощью энергии взрыва.

The mathematical simulation is considered process of reinforcing of settlement loess soils by introduction in them of hard material (crushed stone) by energy of explosion.

Задачі з дослідження особливостей взаємодії проникаючого тіла і природного середовища часто виникають на практиці. Теорія удару з великими швидкостями вперше була розроблена К.П. Станюковичем, Х.А. Рахматулліним, Зелдовичем і Райзером [1 - 3]. Цій темі присвячені численні дослідження [4,5], де приймаються різні гіпотези про взаємодіючі об'єкти.

В роботі розглядається математична модель проникнення щебеню в ґрунтовий масив при динамічному впливі на нього вибуху циліндричного заряду ВР (рис 1), що дозволяє описувати напружено-деформований стан ґрунту і частинок щебеню при різних фізико-механічних і геометричних параметрах аналізованих об'єктів.

При цьому процес розбивається на два етапи. На першому етапі розглядається рух частинок щебеню і продуктів вибуху при миттєвій хвильовій детонації. На другому досліджується процес руху щебеню та ґрунту.