

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА АНАЛІЗ СПІВВІДНОШЕННЯ ЧАСУ ОПЕРАЦІЙ ПРОЦЕСУ БУДІВНИЦТВА ВЕРТИКАЛЬНИХ СТВОЛІВ

На основі розробленого програмного забезпечення для широкого діапазону умов досліджена структура прохідницького циклу в умовах його фіксованого часу під час спорудження вертикальних шахтних стволів у міцних породах. Розглянутий взаємозв'язок структури прохідницького циклу і швидкості будівництва ствола.

Ключові слова: алгоритм; програмне забезпечення; Java; швидкість; параметри; об'єктно орієнтоване програмування; родовище, будівництво; шахта.

Постановка проблеми. Завдання реконструкції виробничих потужностей в умовах значних глибин розробки повинне супроводжуватися інтенсивними зусиллями в напрямку досліджень, спрямованими на вдосконалення всіх технологічних процесів, які вимагають відповідної автоматизації для забезпечення достовірності результатів.

Аналіз досліджень і публікацій. Різні аспекти проблеми будівництва шахт на великих глибинах розробки розглядаються в частині, наприклад, дослідження буро-вибухових робіт, проявів гірського тиску, кріплення виробок, що відображено, зокрема, в роботах [1–4]. Разом з тим аналіз раніше опублікованих результатів досліджень і сучасного стану практики проектування і будівництва гірничих виробок вказує на необхідність більш широкого використання комп'ютерних технологій для детального обліку різних особливостей споруди підземних об'єктів і забезпечення оптимальних параметрів ведення робіт, особливо такого важливого напрямку, як організація будівництва шахт, визначення закономірності зміни структури прохідницького циклу.

Постановка завдання. Розробити відповідне програмне забезпечення і дослідити питання організації проходки стволів глибоких шахт, зокрема співвідношення часу операцій для різних гірничо-геологічних умов.

Викладення матеріалу і результати. Виснаження існуючих родовищ на порівняно доступних глибинах (наприклад, глибина деяких кар'єрів в Кривбасі перевищує 400 м) примушує шукати способи вирішення проблеми розвитку сировинної бази гірничої промисловості. Традиційним способом розробки корисних копалин в Криворізькому басейні є підземний. При цьому на шахтах добувають природно багату руду з вмістом заліза 57–59 %. У найближчі 10–15 років запаси руд, що відпрацьовуються на підземних підприємствах за допомогою одного рівня розтину, будуть, в основному, вичерпані.

У 80-ті роки група дослідників, до якої входили академіки М.П. Семененко і Я.М. Белєвцев, проф. Г.В. Тохтуєв та ін. вивчала структури рудних полів і покладів багатих залізних руд на глибоких горизонтах розробки. Згідно з цим дослідженням можна передбачати наявність в Криворізькому басейні, в полях шахт, що діють сьогодні, в діапазоні глибин 1500–2500 м сумарних прогнозних запасів багаті руди близько 730 млн. т. Розтин родовища з глибини понад 1500 м доцільно проводити з використанням другого рівня.

У процесі будівництва стволів становить інтерес зміна питомої ваги основних прохідницьких операцій у різних умовах, що дозволяє оцінювати їхню значущість, ступінь впливу на рівень швидкості проходки, і керуючи продуктивністю обладнання, забезпечувати дотримання необхідних темпів робіт.

Актуальною є розробка відповідного програмного забезпечення, яке б слугувало інструментом оперативного вивчення питань організації проходки виробок. Для автоматизації досліджень нами розроблені алгоритм (рис. 1) і комп'ютерна програма на мові Java (рис. 2).

Перевагою об'єктно орієнтованого програмування є краща модульність програмного забезпечення, велику кількість функцій процедурної мови можна замінити досить обмеженою кількістю класів із своїми методами. Таке програмування є ефективним інструментом розробки програм для дослідження процесів шахтного будівництва. Основні можливості мови Java дуже різноманітні. До них належить, зокрема, наступне: набір стандартних колекцій; наявність простих засобів створення мережових додатків; вбудовані в мову засоби створення багатопоточних додатків; збільшені можливості обробки виняткових ситуацій; уніфікований доступ до баз даних; підтримка узагальнень; автоматичне керування пам'яттю; значний набір засобів фільтрації введення–виведення; паралельне виконання програм. Все це дає можливість ефективно використовувати мову Java для вирішення завдань гірничого виробництва.

Розглянемо структуру прохідницького циклу під час будівництва вертикального ствола діаметром у проходці 8 м, що споруджується в породах з коефіцієнтом міцності 16 за шкалою професора М.М. Проїсідження обрано багато варіантів умов, що формуються поєднанням різної (низької, середньої і високої) продуктивності операцій (табл. 1).

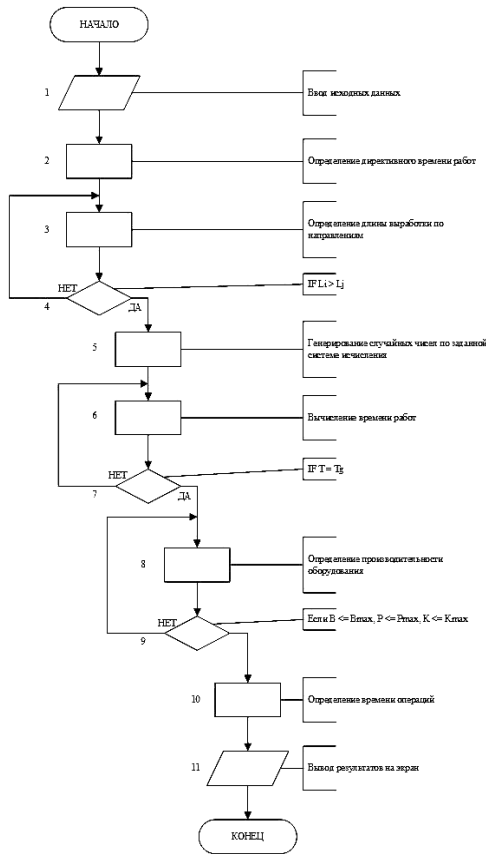


Рис. 1. Алгоритм програми

```

class Box {
    double v, Tms, Tz, luh, Wb, B, Wp, P, Wk, K, tp;
    // показати швидкість
    void volume () {
        System.out.print ("Швидкість проходки виробити, м/мес. ");
        System.out.println (Tms / (Wb / B + Wp / P + Wk / K + tp) * luh);
    }
}

public class NA1 {
    public static void main (String [] args) {
        // TODO Auto-generated method stub
        Box mybox1 = new Box ();
        Box mybox2 = new Box ();
        // присвоить значения экземплярам переменным объекта mybox1
        mybox1.Tms = 462;
        mybox1.Wb = 100;
        mybox1.B = 20;
        mybox1.Wp = 40;
        mybox1.P = 10;
        mybox1.Wk = 20;
        mybox1.K = 10;
        mybox1.tp = 3;
        mybox1.luh = 2;
        /* присвоить другие значения экземплярам переменным объекта mybox2 */
        mybox2.Tms = 462;
        mybox2.Wb = 160;
        mybox2.B = 10;
        mybox2.Wp = 55;
        mybox2.P = 8;
        mybox2.Wk = 15;
        mybox2.K = 25;
        mybox2.tp = 3.5;
        mybox2.luh = 2;
        // показати швидкість проходки першої виробити
        mybox1.volume ();
        // показати швидкість проходки другої виробити
    }
}
    
```

Рис. 2. Програма мовою Java

Таблиця 1

Варіанти умов дослідження

Варіант	Продуктивності операцій					
	характер рівнів			значення		
	буріння шпурів	вантаження породи	кріплення ствола	буріння шпурів, м/год.	вантаження породи, м ³ /год.	кріплення ствола, м ³ /год.
1	2	3	4	5	6	7
1	н*	н	н	10	5	1,25
2	н	н	с**	10	5	2,5
3	н	н	в***	10	5	5
4	н	с	н	10	10	1,25
5	н	с	с	10	10	2,5
6	н	с	в	10	10	5
7	н	в	н	10	20	1,25
8	н	в	с	10	20	2,5
9	н	в	в	10	20	5
10	с	н	н	20	5	1,25
11	с	н	с	20	5	2,5
12	с	н	в	20	5	5
13	с	с	н	20	10	1,25

Закінчення табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
14	с	с	с	20	10	2,5
15	с	с	в	20	10	5
16	с	в	н	20	20	1,25
17	с	в	с	20	20	2,5
18	с	в	в	20	20	5
19	в	н	н	40	5	1,25

20	в	н	с	40	5	2,5
21	в	н	в	40	5	5
22	в	с	н	40	10	1,25
23	в	с	с	40	10	2,5
24	в	с	в	40	10	5
25	в	в	н	40	20	1,25
26	в	в	с	40	20	2,5
27	в	в	в	40	20	5

Примітка: н* – низький, с** – середній, в*** – високий

Позначимо експлуатаційні продуктивності буріння шпурів у вибої, навантаження породи та кріплення ствола бетоном відповідно як B , P і K . Розглянемо 1-й варіант умов. У цьому випадку домінуючими є витрати на буріння шпурів, що займають 36,25 % часу прохідницького циклу (рис. 3), далі йде час на навантаження породи, що досягає 29,66 %, кріплення становить 25,78 % часу. Будемо вважати параметри цього варіанта базовими для порівняння з наступними випадками.

У 2-му варіанті швидкість проходки ствола зростає в 1,156 раза за рахунок збільшення в 2 рази експлуатаційної продуктивності кріплення. У даному випадку структура часу прохідницького циклу матиме такий вигляд: 41,91 % займає буріння, 34,28 % навантаження породи і 14,9 % кріплення. Таким чином, відзначається деяке зростання частки буріння (яке тепер домінує особливо сильно) і навантаження, але істотно, в 1,73 раза, знижується питома вага кріплення. У 3-му варіанті у разі зростання в 4 рази експлуатаційної продуктивності кріплення і незмінних інших параметрів швидкість проходки ствола збільшується до 15,66 м/міс. (в 1,26 раза). Структура часу прохідницького циклу матиме такий вигляд: 45,77 % буріння, 37,44 % навантаження породи і 8,13 % кріплення. Як і в попередньому випадку, відзначено зростання питомої ваги часу буріння і навантаження, але зниження частки кріплення. Внаслідок зростання швидкості проходки ствола зростають обсяги робіт: буріння з 152,28 м (у 1-му варіанті умов) до 192,24 м (у 3-му варіанті умов), навантаження породи відповідно з 62,28 м³ в масиві до 78,63 м³; кріплення з 13,54 м³ до 17,09 м³. За умови подвоєння, порівняно з 1-м варіантом умов, продуктивності навантаження породи (варіант 4) швидкість проходки ствола підвищується до 14,69 м/міс. (в 1,18 раза). Структура часу прохідницького циклу виглядатиме так: 42,94 % буріння, 17,56 % навантаження породи і 30,53 % кріплення. У даному випадку в структурі часу циклу трохи вище питома вага буріння і кріплення, але істотно нижче навантаження породи.

За умови збільшення у 2 рази (варіант 10), порівняно з базовим рівнем, експлуатаційної продуктивності бурового устаткування і збереження незмінними значень продуктивності навантаження і кріплення швидкість проходки збільшується в 1,248 раза. Структура часу циклу зміниться на таку: 22,62 % буріння, 37,02 % навантаження породи і 32,18 % кріплення. У структурі часу відносно низька питома вага буріння, але досить висока, і є домінуючою – навантаження породи. Витрати часу на кріплення також великі.

На рисунку 1 наведені результати розрахунку структури прохідницького циклу і відповідної їй швидкості для широкого діапазону варіантів. Однакова швидкість проходки ствола може бути забезпечена різними поєднаннями значень продуктивності операцій. Так, наприклад, швидкість близько 19–20 м/міс. спостерігається при продуктивності буріння $B = 10$ м/год., навантаження $P = 10$ м³/год., кріплення $K = 5$ м³/год. (6-й варіант умов), при цьому в структурі витрат часу домінує буріння (57,34 %), значно нижча питома вага навантаження породи (23,45 %), ще менше кріплення (10,19 %). Водночас зазначена швидкість може мати місце (варіант 8), $B = 10$ м/год., але $P = 20$ м³/год. і $K = 2,5$ м³/год., при цьому структура затрат часу проходки буде виглядати таким чином: 58,37 % буріння, 11,93 % навантаження і 20,75 % кріплення. Можливий також випадок (варіант 13), коли даний темп будівництва забезпечується таким поєднанням значень: $B = 20$ м/год., але $P = 10$ м³/год. і $K = 1,25$ м³/год., тоді структура витрат часу проходки зміниться таким чином: 28,28 % буріння, 23,14 % навантаження і 40,23 % кріплення.

Аналіз співвідношення швидкостей проходки виробки за варіантами (табл. 2) показує, що перехід до варіантів з більш високим значенням продуктивності засобів буріння у відповідних випадках призводить до зростання таких співвідношень (наприклад, якщо темпи робіт у варіантах 9 і 1 відрізняються в 1,814 раза, то у варіантах 18 і 10 вже в 2,279 раза, а у варіантах 27 і 19 – ще помітніше, в 2,804 раза).

Таблиця 2

Співвідношення швидкостей проходки за варіантами

Варіант	1 до 1	2 до 1	3 до 1	4 до 1	5 до 1	6 до 1	7 до 1	8 до 1	9 до 1
Співвідношення швидкостей	1	1,155	1,261	1,183	1,424	1,58	1,311	1,609	1,814

Варіант	10 до 10	11 до 10	12 до 10	13 до 10	14 до 10	15 до 10	16 до 10	17 до 10	18 до 10
Співвідношення швидкостей	1	1,211	1,352	1,251	1,596	1,852	1,426	1,898	2,279
Варіант	19 до 19	20 до 19	21 до 19	22 до 19	23 до 19	24 до 19	25 до 19	26 до 19	27 до 19
Співвідношення швидкостей	1	1,25	1,429	1,3	1,754	2,125	1,525	2,194	2,804

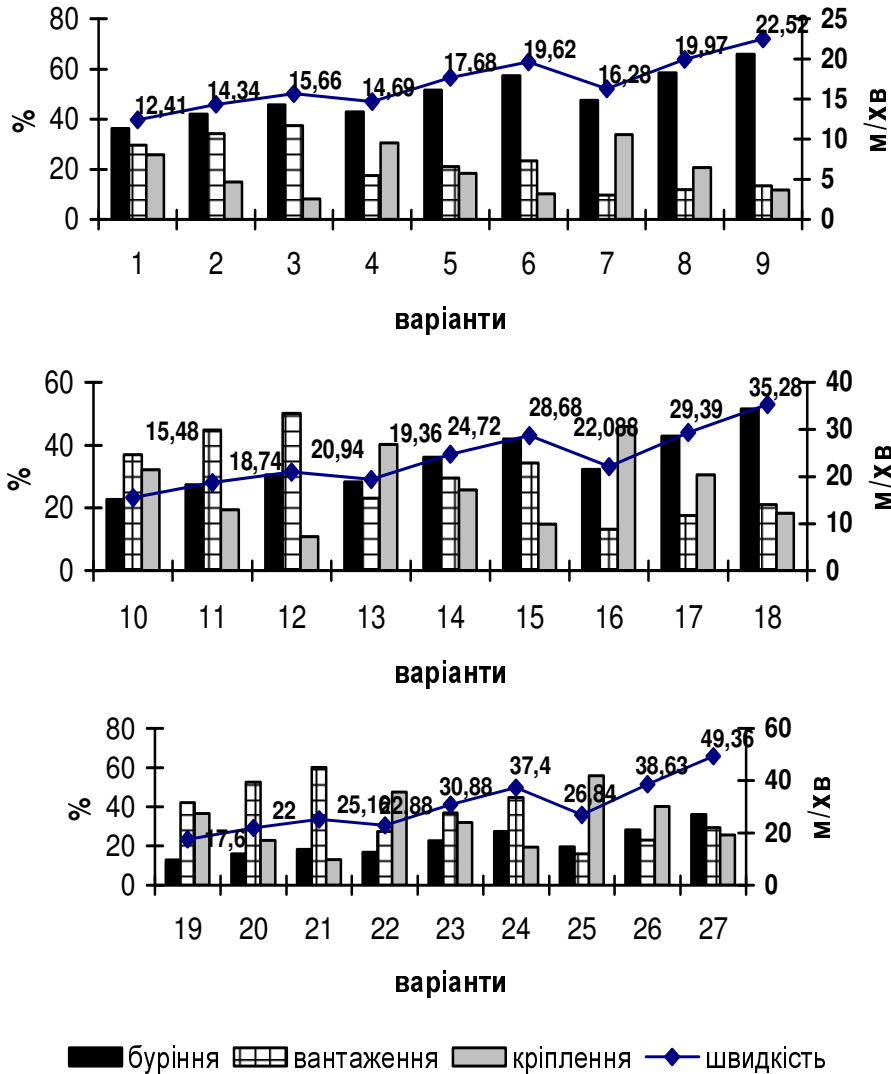


Рис. 3. Питома вага часу операцій та швидкість проходки ствола

Висновки. Таким чином, встановлено, що за інших рівних умов, збільшення в 2 рази експлуатаційної продуктивності навантаження породи призводить до дещо більшого зростання швидкості проходки ствола, ніж таке саме збільшення продуктивності кріплення.

У разі зростання експлуатаційної продуктивності якої-небудь, розглянутої нами операції проходницького циклу, в умовах фіксованого часу такого циклу, за незмінних інших умов, відбувається зростання швидкості проходки ствола, що залежить від значимості операції. Певні значення швидкості проходки ствола можуть бути досягнуті різними поєднаннями експлуатаційних продуктивностей основних операцій. В умовах конкретної шахти можна буде підтримувати ту чи іншу швидкість проходки ствола за допомогою оптимальних для цих умов значень поєднання експлуатаційних продуктивностей операцій. У міцних породах доцільнішими є варіанти, в яких має місце порівняно низька продуктивність бурового обладнання, але висока засобів навантаження і кріплення.

Список використаної літератури:

1. Шашенко А.Н. Математическая модель огибающей виброакустического зондирующего сигнала неоднородного породного массива / А.Н. Шашенко, В.Н. Журавлев, М.С. Дубицкая // Науковий вісник Нац. гірничого ун-ту. – 2013. – № 1. – С. 57–61.
2. Шашенко А.Н. Критерии оценки устойчивости пород почвы горных выработок / А.Н. Шашенко,

- А.В. Солодянкин* // Науковий вісник Нац. гірничого ун-ту. – 2007. – № 1. – С. 44–49.
3. *Мартовицький А.В.* Обґрунтування комплексу ефективних заходів із підвищення стійкості виробок шахт ПАТ „ДТЕК Павлоградвугілля“ / *А.В. Мартовицький* // Науковий вісник Нац. гірничого ун-ту. – 2012. – № 3. – С. 45–53.
 4. *Литвинский Г.Г.* Метод прогноза пучения почвы в горных выработках / *Г.Г. Литвинский, Э.В. Фесенко* // Уголь Украины. – 2004. – № 1. – С. 9–11.
 5. Руководство для программиста на Java: 75 рекомендаций по написанию надежных и защищенных программ / *Ф.Лонг, Д.Мохиндра, Р.Сикорд* и др. ; пер. с англ. —М. : Вильямс, 2014. – 256 с.
 6. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования / *Э.Гамма, Р.Хелм, Р.Джексон* и др. ; пер. с англ. – СПб. : Питер, 2001. – 368 с.
 7. *Грэхем И.* Объектно-ориентированные методы. Принципы и практика / *И.Грэхем* ; пер. с англ. – М. : Вильямс, 2004. – 879 с.
 8. *Блох Дж.* Java. Эффективное программирование / *Дж.Блох* ; пер. с англ. – М. : Лори, 2002. – 224 с.
 9. *Седжвик Р.* Алгоритмы на Java / *Р.Седжвик, К.Уэйн* ; пер. с англ. – М. : Вильямс, 2013. – 848 с.
 10. *Шилдт Г.* Java. Полное руководство / *Г.Шилдт* ; пер. с англ. – М. : Вильямс, 2012. – 1104 с.
 11. *Хорстман С.* Java 2. Библиотека профессионала. Основы / *С.Хорстман, Г.Корнелл* ; пер. с англ. ; под ред. *В.В. Вейтмана*. – М. : Вильямс, 2007. – 896 с.

ХАРІН Сергій Анатолійович – доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерних і інформаційних технологій.

Наукові інтереси:

- проблеми гірничої справи;
- інформаційні технології.

Стаття надійшла до редакції 30.09.2014