

В.О. Расцветаев, Л.М. Посулько, А.Л. Ширін, С.С. Жеглов

ОЦІНКА ФАКТОРІВ ОБМЕЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ СХЕМ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ЗАПАСІВ ВУГІЛЛЯ В УМОВАХ ШАХТ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ

Проведено оцінку факторів, які суттєво обмежують ефективність транспортних схем при проведенні підготовчих виробок. Запропоновано нову концепцію визначення факторів, що обмежують ефективність транспортних схем при підготовці запасів вугілля для очисного виймання в умовах шахт Західного Донбасу.

ОЦЕНКА ФАКТОРОВ ОГРАНИЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СХЕМ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ЗАПАСОВ УГЛЯ В УСЛОВИЯХ ШАХТ ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

Проведена оценка факторов, которые существенно ограничивают эффективность транспортных схем при проведении подготовительных выработок. Предложена новая концепция определения факторов, ограничивающих эффективность транспортных схем при подготовке запасов угля для очистной выемки в условиях шахт Западного Донбасса.

ESTIMATION OF FACTORS LIMITING EFFICIENCY OF TRANSPORT SCHEMES WHILE PREPARING COAL RESERVES IN WESTERN DONBAS MINES

Factor assessment which sufficiently limits efficiency of transport schemes while driving development workings was performed. New conception of factor determination that limits transport scheme efficiency while preparing coal reserves for stoped excavation in Western Donbas mines is offered.

ВСТУП

Особливістю розвитку сучасних вугільних шахт є концентрація виробництва з одночасним збільшенням продуктивності очисних вибоїв, що призводить до різкого збільшення вантажопотоків на всіх технологічних лініях.

На шахтах Західного Донбасу, що ведуть видобуток вугілля в складних гірничо-геологічних умовах, координація транспортно-технологічних процесів залишається завданням, яке потребує науково-практичного вирішення. Цьому сприяє низка гірничо-геологічних, гірничотехнічних

і організаційних факторів, які різною мірою стримують розвиток та інтенсифікацію гірничих робіт на вугільних шахтах регіону [1].

В умовах інтенсифікації гірничого виробництва важливим фактором, що визначає збільшення видобутку вугілля, є своєчасна підготовка розвіданих запасів. Як відзначалося раніше, заплановані темпи підготовки нових виїмкових стовпів визначаються швидкістю проведення дільничних пластових виробок, терміном їх безремонтного підтримання, а також пропускною здатністю транспортних магістралей [2].

Останнє особливо актуально при відпрацюванні запасів довгими стовпами за падінням (підняттям) в умовах активного здимання підшоши, коли проведення вентиляційних і збірних хідників ускладнюється необхідністю підривання порід підшоши, ремонту рейкової колії та перекріплення виробок. Експертна оцінка виробничих ситуацій показала, що прогнозування умов поведінки транспортних виробок ускладнюється також неможливістю фізичного моделювання вищезгаданих процесів. У подібних умовах експлуатації гірничотранспортного обладнання особливу увагу слід приділяти методам оперативного керування транспортно-технологічними процесами, які базуються на моделюванні виробничих ситуацій з урахуванням факторів, які суттєво обмежують ефективність роботи транспортних систем.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Через відсутність комплексного підходу до вирішення проблем оперативно-виробничого керування транспортно-технологічними процесами існуючі способи теоретичного моделювання, за допомогою яких вирішуються більшість задач геомеханіки, не завжди ефективні через різноманітності факторів, що впливають безпосередньо на технологію проведення підготовчих виробок в умовах інтенсивного здимання порід підшоши. Тобто вирішення того або іншого питання має сенс з урахуванням припущень у рамках якої-небудь певної моделі. Більше того, результат рішення залежить від структури цієї моделі та рівня впливу факторів на досліджуваний процес.

З метою виявлення факторів, що обмежують пропускну здатність технологічних схем транспорту при комбайновому проведенні підготовчих пластових виробок, на шахтах Західного Донбасу був виконаний аналіз роботи 88 підготовчих вибоїв. За результатами оцінки виробничих ситуацій і втрат часу при комбайновому проведенні

виробок встановлено, що у 15 – 36% випадків причиною зупинки підготовчих вибоїв є нестабільна робота системи шахтного транспорту.

Для проведення детального аналізу причин зупинки підготовчих вибоїв при комбайновому проведенні дільничних пластових виробок транспортно-технологічні схеми були систематизовані за видом гірничопрохідницького устаткування в групи з локомотивною відкаткою породи, з відкочуванням гірничої маси і доставкою допоміжних матеріалів надгрунтовими канатними дорогами та лебідками з кінцевим канатом.

За результатами аналізу роботи діючих технологічних схем комбайнового проведення підготовчих виробок встановлено, що на шахтах регіону транспортне забезпечення підготовчих вибоїв у 36,4% здійснюється електровозами типу АМ-8Д, 39,8% вибоїв обслуговуються надгрунтовими канатними дорогами і в 23,8% – транспортування вантажів виконується лебідками ЛВ-25 з однокінцевою канатною відкаткою.

Наведені комплекти прохідницького і транспортного устаткування відбивають реальний підхід шахт до формування технологічних схем проведення дільничних виробок індивідуально до конкретного вибою з урахуванням його гірничогеологічних особливостей, накопиченого досвіду гірничопрохідницьких робіт і вказівок нормативних документів, що використовуються в регіоні [3].

Згідно діючих рекомендацій [4], для транспортування вантажів по дільничних виробках, залежно від їх просторового розташування і гірничотехнічних умов ведення гірничих робіт, рекомендується застосовувати: локомотивну або канатну відкатку; надгрунтові канатні дороги; самохідні вагони; спеціальні контейнери й інші засоби надгрунтових видів транспорту. Доцільність застосування вказаних видів допоміжного транспорту визначається результатами розрахунків їх тягових характеристик.

Необхідно зазначити, що в умовах активного здимання порід підшоши й інтенсифікації гірничого виробництва існуючі рекомендації щодо підготовки запасів до очисного виймання не дозволяють повною мірою врахувати усі складові технологічного процесу проведення виробок в екстремальних умовах, оскільки явище здимання порід до теперішнього часу залишається маловивченим, непрогнозованим і практично неконтрольованим процесом.

У зв'язку з цим сучасні транспортно-технологічні системи комбайнового проведення дільничних підготовчих виробок повинні враховувати не лише особливості прохідницького і транспортного устаткування, але і передбачати специфіку гірничого виробництва в будь-яких гірничо-геологічних умовах.

Вищевикладене зумовило необхідність проведення експертної оцінки способів підготовки запасів вугілля до очисного виймання, які використовуються в регіоні, з урахуванням особливостей діючих схем комбайнового проведення виробок і причин зупинки підготовчих вибоїв через нестабільну роботу засобів дільничного транспорту та методів їх контролю і керування.

Порівняльна оцінка ефективності традиційних схем керування транспортно-технологічними процесами комбайнового проведення дільничних підготовчих виробок виконувалася методом експертних оцінок. Для кількісної й якісної оцінки показники технологічності були систематизовані у групи згідно з прохідницьким і транспортним устаткуванням, яке використовується у вибоях [5, 6].

При виборі способу переміщення допоміжних матеріалів і транспортування гірничої маси по дільничних пластових виробках, кожному з параметрів оцінки присвоюється певний символ: i_1 – функціональне призначення виробки; i_2 – типова схема роботи комбайна; i_3 – кут падіння; i_4 – потужність пласта; i_5 – наявність включень, прошарків; i_6 – безпека раптових викидів; i_7 – відносна газоносність; i_8 – довжина виробки; i_9 – наявність водоприпли-

вів; i_{10} – гіпсометрія підшоши виробки; i_{11} – стан бічних порід; i_{12} – вологість і липкість гірничої маси; i_{13} – скривлення вісі виробки; i_{14} – величина посування вибою за цикл; i_{15} – крок встановлення кріплення; i_{16} – площа перерізу виробки; i_{17} – частота підривання; i_{18} – коефіцієнт обертальності вагонів; i_{19} – витрати часу на ремонт транспортного обладнання; i_{20} – стан рейкової колії; i_{21} – добовий режим роботи підготовчого вибою; i_{22} – система контролю й управління вантажопотоками; i_{23} – наявність проміжних ланок у транспортному ланцюзі; i_{24} – частка прохідників, залучених для обслуговування транспортних операцій; i_{25} – технологія обміну вагонів.

Згідно рекомендацій [6], результати експертної оцінки транспортно-технологічних схем пластових дільничних виробок, ранжирування факторів (варіантів показників) були зведені в матрицю.

Відповідно до розробленої методики в оцінці кожного експерта виділялися різного виду нестандартні виробничі ситуації, на базі яких формувалися транспортно-технологічні проблеми і завдання їх досліджень.

За результатами експертної оцінки технологічних схем комбайнового проведення виробок, що діють в регіоні, встановлено, що найбільш ефективною в гірничо-геологічних умовах Західного Донбасу є транспортно-технологічна схема проведення виробок комбайном КСП-32 у поєднанні з надгрунтовою канатною дорогою.

Проте, детальний аналіз роботи підготовчих вибоїв із застосуванням наведеного комплекту гірничо-прохідницького устаткування показав різноманітність техніко-економічних показників проведення виробок. Шахтними дослідженнями встановлено, що в реальних умовах на темпи проведення підготовчих дільничних виробок найсуттєвіше впливають гірничо-геологічні, гірничотехнічні й організаційні фактори, характерні для більшості шахт регіону.

На рис. 1, на прикладі підготовчих вибоїв шахтоуправління «Павлоградське»

ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля», обладнаних надгрунтовими канатними дорогами, наведено результати шаттних досліджень структури середньозмінних втрат темпів проведення виробок через відмову діючих схем транспорту [3]. За результатами аналізу наведених даних встановлено, що сумарна кількість випадків зупинки підготовчих вибоїв за зміну у середньому складає 4,4 вип./зм. При цьому максимальна кількість випадків зупинки вибоїв відбувається через несвоєчасну подачу порожніх вагонів, внаслідок відмов у роботі системи дільничного транспорту та неефективного керування організацією транспортно-переміщуваних процесів в умовах невизначеності.

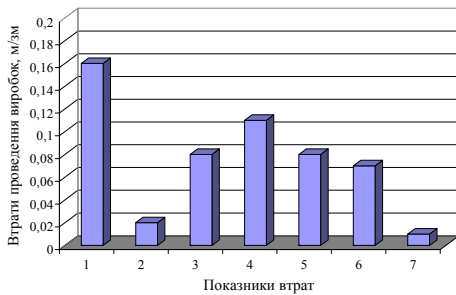


Рис. 1. Середньозмінні показники розподілу випадків зупинки підготовчих вибоїв з вини транспорту: 1 – очікування порожніх вагонів; 2 – аварії вибійного обладнання; 3 – аварії на дільниці магістрального транспорту; 4 – аварії на дільниці дільничного транспорту; 5 – організаційні причини; 6 – інші роботи; 7 – аварії на дільниці конвеєрного транспорту

Внаслідок різноманіття факторів, що стримують пропускну здатність транспортно-технологічних схем, за критерій якості керування процесами транспортування вантажів у протяжних криволінійних виробках з інтенсивним здиманням порід підшови було рекомендовано прийняти комбінований показник втрат темпів проведення дільничних підготовчих виробок, який враховує потенційні можливості факторів, наведених на рис. 1.

Для умов невизначеності наведені специфічні фактори були розділені на дві категорії: типові та нетипові (випадкові). Подальша оцінка показників функціонування транспортно-технологічних схем виконувалась з урахуванням типових і випадкових факторів, які суттєво впливають на темпи проведення похилих підготовчих вибоїв.

До типових факторів було віднесено: i_3 – кут падіння; i_7 – відносна газоносність; i_8 – довжина виробки; i_9 – наявність водоприпливів; i_{13} – скривлення вісі виробки; i_{14} – величина посування вибоєм за цикл; i_{16} – площа перерізу виробки; i_{18} – коефіцієнт обертальності вагонів; i_{20} – стан рейкової колії; i_{21} – добовий режим роботи підготовчого вибою; i_{22} – система контролю й управління вантажопотоками; i_{23} – наявність проміжних ланок у транспортному ланцюзі; i_{25} – технологія обміну вагонів.

До «випадкових факторів» були віднесені швидкість виконання робіт, пов'язаних з ліквідацією аварійних ситуацій і проявів гірського тиску: i_{12} – вологість і липкість гірничої маси; i_{17} – частота підривання; i_{21} – добовий режим роботи підготовчого вибою; i_{22} – система контролю й управління вантажопотоками та ін.

За результатами аналізу було встановлено, що суттєвий вплив на темпи проведення виробок здійснює такий організаційний фактор, як залучення професійних прохідників для ремонту транспортного обладнання і обслуговування маневрових операцій з обміну навантажених вагонів на порожні.

Виходячи з вищесказаного і враховуючи динаміку зміни стану гірського масиву була висунена гіпотеза, що темпи комбайнового проведення підготовчих виробок залежать від взаємного впливу великої кількості гірничо-геологічних, технологічних, організаційних і інших факторів, що визначають ту або іншу схему привибійного транспорту і транспорту по виробці. В умовах інтенсифікації гірничого виробництва виникає необхідність комплексного підходу до вирішення завдань своєчасного

забезпечення фронту очисних робіт, який передбачає аналіз і синтез виробничих ситуацій, виявлення діапазону дії факторів, що суттєво впливають на процеси проведення виробок, а також моделювання транспортних процесів та функцій системи контролю і керування ними в складних гірничо-геологічних умовах.

Необхідно зазначити, що при розгляді основних факторів, що найбільш суттєво впливають на процеси комбайнового проведення виробок, традиційні транспортно-технологічні схеми були представлені у вигляді моделі, що відображає сукупність технологічних параметрів для конкретних гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов шахт Західного Донбасу.

Для оцінки поданої вище проблеми цілком прийнятна і вирішувана модель факторного аналізу, яка є досить прийнятним наближенням до багатьох реальних ситуацій гірничого виробництва [7]. Цю модель можна представити як рівняння множинної регресії

$$Z_i = X_{i,1}F_1 + X_{i,2}F_2 + X_{i,3}F_3 + \dots + X_{i,k}F_k + V, \quad (1)$$

де Z_i – значення i -ї змінної;

X_i – регресійні коефіцієнти;

$F_{1\dots k}$ – фактори, загальні для усіх змінних;

V – фактор, характерний тільки для змінної Z_i .

Суть рівняння (1) виражається в тому, що кожна змінна може бути представлена у вигляді суми внесків кожного з вищеперелічених факторів. З іншого боку, аналогічним чином кожен з k факторів виражається у вигляді лінійної комбінації спостережуваних змінних:

$$F_j = Y_{j,1}Z_1 + Y_{j,2}Z_2 + Y_{j,3}Z_3 + \dots + Y_{j,p}Z_p,$$

де $Y_{j,i}$ – значення j -го фактора на i -ту змінну або факторні навантаження;

p – кількість змінних.

Найбільш ефективною формою представлення й обробки експериментальних даних є матриця, стовпці якої відповідають різним параметрам і властивостям, а рядки – окремим об'єктам, явищам, режимам, що описуються набором конкретних значень параметрів. У даному випадку перелічені вище фактори, що впливають на швидкість проведення виробок, занесені в матрицю як параметри (рядки), а конкретні їх значення для даних гірничотехнічних умов – у стовпці. Результатом вищезгаданих дій є кореляційна матриця.

Кореляційна матриця розраховується, як правило, з використанням коефіцієнта лінійної кореляції Пірсона. Слід зазначити, що при достатньому числі спостережень коефіцієнт лінійної кореляції Пірсона досить стійкий до використання при розрахунках результатів порядкових вимірів. Крім того, використовуючи комп'ютеризовану процедуру, яка широко застосовується у низці сучасних статичних програм, за допомогою факторного аналізу можна отримати якісне рішення поставленої задачі.

Таким чином, в матричній формі математичне рішення – відображення факторизації кореляційної матриці можна представити у вигляді

$$H = F + F',$$

де H – кореляційна матриця;

F – факторна редукована матриця;

F' – факторна транспонована матриця.

Кореляційна матриця – це матриця парних кореляцій спостережуваних змінних, де на головній діагоналі лежать не одиниці, а значення, що відповідають впливу тільки загальних для цих змінних факторів. Аналогічно, факторна редукована матриця є не що інше, як факторні навантаження тільки загальних факторів.

Таким чином, для вирішення поставленої задачі за допомогою факторного аналізу необхідно врахувати, що процедура факторизації полягає в переході до матриці факторних навантажень і побудови факторної діаграми.

Кінцевою метою для вирішення поставленої задачі із застосуванням факторного аналізу є виділення і зменшення кількості факторів, які здійснюють найбільший вплив на збільшення швидкості проведення підготовчих дільничних виробок, тобто полягає в оцінці гіпотези про мінімальне значення загальних факторів, які оптимально відтворюють у наявній кореляції.

При вирішенні цієї задачі застосовувалося спеціальне програмне забезпечення, за допомогою якого можна легко обробити і графічно відобразити результати розрахунків. Для цього представлені вище значення величин експертної оцінки вводилися як початкові дані для розрахунку. Після цього виконувався розрахунок за допомогою функції – факторний аналіз.

Слід відзначити, що у сучасних комп'ютерних статичних програмах використовуються різні методи факторизації кореляційної матриці, але найбільш давнім і часто використовуваним залишається метод головних факторів.

Після проведення комп'ютерного розрахунку матриці факторних навантажень необхідно визначити мінімальну кількість факторів, у цьому випадку це фактори, що найбільш впливають на темпи проведення підготовчих дільничних виробок (рис. 2).

Перевіряти <-----	Факторна навантаження після вращающ...	
Фактор	1	2
x1	-2,393	
x2	2,443	
x3	2,504	
x4	-2,603	
x5	2,416	
x6	2,463	
x7	-2,596	
x8	2,512	
x9	2,522	

Рис. 2. Результати розрахунків

У процесі розрахунку виникає потреба у визначенні величини власного значення кожного фактора. Виділення факторів закінчується, коли після різкого падіння величини власного значення змінюються несуттєво, і графік набирає вигляду горизонтальної лінії (рис. 3).

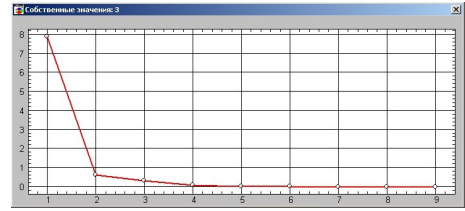


Рис. 3. Величини власного значення кожного фактора при розрахунку дев'яти змінних

Інший, не менш важливий розрахунковий показник кожного фактора, – відсоток з'ясовної дисперсії змінних, таких, що містяться в кореляційній матриці. Завдання полягає в тому, щоб, з одного боку, вибрати деяку мінімальну кількість факторів, які б, з іншого боку, пояснювали досить великий відсоток усієї дисперсії змінних. Тобто для виконання цих двох вимог треба дотримуватися наступної умови – сумарний вплив основних факторів на увесь процес у цілому зобов'язаний бути не менше 70 – 85%.

Після чого можна графічно відобразити фактори, що найбільше впливають на процес проведення виробок, до і після процедури обертання осей (рис. 4).

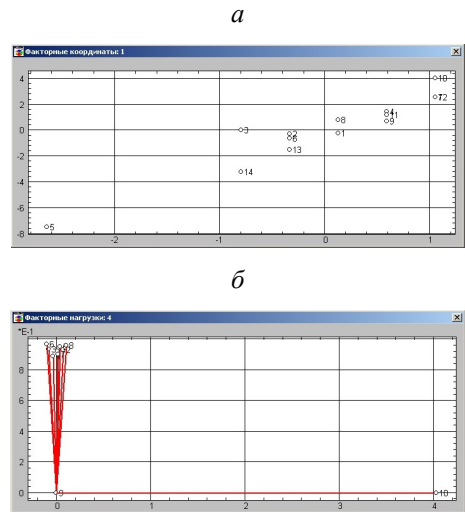


Рис. 4. Розподіли в кореляційному полі факторів, що впливають на процес комбайнового проведення виробок: а – до процедури обертання; б – після процедури обертання

За результатами аналізу та синтезу отриманих розрахункових і графічних даних встановлено, що на темпи проведення дільничних підготовчих виробок в умовах шахт Західного Донбасу і їх пропускну здатність найбільше впливають фактори, пов'язані з необхідністю ліквідації наслідків здимання порід підшоши.

ВИСНОВКИ

За отриманими результатами можна зробити висновок, що при здиманні порід підшоши в технологічному процесі проведення дільничних підготовчих виробок спостерігається нестабільність роботи рейкових видів транспорту і, як наслідок,

зниження швидкості проведення і збільшення часу підготовки виїмкових стовпів. Обумовлено це низькою адаптаційною здатністю діючих технологічних схем і традиційних рейкових видів транспорту при проведенні підготовчих виробок в умовах активного здимання порід підшоши.

Аналізуючи фактори, що обмежують пропускну здатність виробок з надгрунтовими видами транспорту, можна констатувати, що виходом з ситуації, що склалася в галузі, є створення технологічних схем допоміжного транспорту на базі застосування нетрадиційного устаткування з підвищеною адаптаційною здатністю, яке забезпечуватиме ефективну роботу системи в складних гірничо-геологічних умовах.



СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Перспективы развития адаптационных систем вспомогательного транспорта в условиях шахт Западного Донбасса / Л.Н. Ширин, Л.Н. Посулько, В.А. Расцветаев // Школа подземной разработки: материалы междунар. науч.-практ. конф., 17 – 22 сентября 200 г. – Д.: НГУ, 2007. – С. 296 – 301.

2. Проведение, крепление и поддержание горных выработок: науч. сообщ. / Ин-т горн. дела им. А.А. Скочинского. – М.: ИГД, 1990. – 144 с.

3. Посулько Л.Н. Обоснование параметров транспортно-технологических схем проведения участковых выработок при расширении границ шахтных полей: дисс. ... канд. техн. наук: 05.15.02 / Посулько Людмила Николаевна. – Д., 2010. – 166 с.

4. Технологические схемы подземного транспорта выемочных участков на угольных шахтах (для пологих пластов с углом падения до 18°). – Ин-т горного дела им. А.А. Скочинского. – М., 1972. – С. 74 – 75.

5. Комплексная оценка транспортно-технологических схем комбайнового проведения подготовительных выработок в условиях шахт Западного Донбасса / В.А. Расцветаев, М.Г. Дятленко, Л.Н. Посулько, А.Л. Ширин // Проблемы горного дела и экологии горного

производства: материалы V междунар. науч.-практ. конф., 14-15 мая 2010 г. – Антрацит, 2010. – С. 36 – 41.

6. Транспортно-складська логістика гірничих підприємств: навч. посіб. / за ред. В.О. Будішевського, Л.Н. Ширіна. – Д.: НГУ, 2010. – 433 с.

7. Ширин Л.Н. Повышение эффективности работы монорельсовых дорог при подготовке запасов угля к очистной выемке: монография / Л.Н. Ширин, В.А. Расцветаев, А.И. Коваль. – Д.: НГУ, 2014. – 144 с.

ПРО АВТОРІВ

Расцветаев Валерій Олександрович – к.т.н., доцент кафедри транспортних систем і технологій Національного гірничого університету.

Посулько Людмила Миколаївна – к.т.н., доцент кафедри транспортних систем і технологій Національного гірничого університету

Ширін Артем Леонідович – асистент кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Національного гірничого університету.

Жеглов Сергій Сергійович – студент групи П1м-14-5м Національного гірничого університету.