

© А.О. Герасименко¹, А.Л. Ширін¹, І.В. Інюткін¹, П.А. Дьячков¹

¹ Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

ОБҐРУНТУВАННЯ ОБЛАСТІ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ГІРНИЧОТРАНСПОРТНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ШВИДКІСНОГО ПРОВЕДЕННЯ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК

©А. Herasyenko¹, A. Shyrin¹, I. Inyutkin¹, P. Dyachkov¹

¹ Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

JUSTIFICATION OF THE AREA OF EFFICIENT USE OF MINING TRANSPORTATION EQUIPMENT FOR QUICK CONDUCT OF PREPARATORY WORKS

Мета. Визначення потенційних резервів підвищення темпів проведення дільничних підготовчих виробок та розробка заходів щодо забезпечення своєчасного відтворення фронту очисних робіт в умовах інтенсивної розробки вугільних пластів шахт Західного Донбасу (ЗД).

Методика. Комплексна методика визначення області ефективного використання транспортного обладнання для швидкісного проведення підготовчих виробок передбачає експертну оцінку діючих транспортно-технологічних схем на зарубіжних і вітчизняних гірничих підприємствах галузі та обґрунтування експлуатаційних параметрів засобів допоміжного транспорту нового покоління з урахуванням специфічних умов шахт ЗД.

Результати. По результатам оцінки транспортно-технологічних схем проведення пластових підготовчих виробок з породами підшви схильними до здимання доведено, що підвісні монорейкові дороги (ПДМ) з дизельними локомотивами мають ряд переваг над традиційними видами транспортних засобів. Розповсюджені на зарубіжних підприємствах галузі пневмоколісні самохідні машини потребують збільшення проектних перерізів підготовчих виробок та проведення спеціальних заходів по формуванню проїжджої частини та підшви виробок.

Наукова новизна. Обґрунтовано інноваційні технічні рішення щодо підвищення адаптаційної здатності технологічних схем допоміжного транспорту для швидкісного проведення пластових підготовчих виробок з породами підшви, схильними до здимання.

Практична значимість. Доведено, що впровадження технологічних схем допоміжного транспорту на базі використання високоадаптивних ПДМ в обводнених та криволінійних виробках з інтенсивним здиманням порід ґрунту виключає з технологічного циклу трудомісткі та небезпечні операції з обміну навантажених составів на порожні в тупикових заїздах і забезпечує швидкісні темпи проведення підготовчих виробок.

Ключові слова: дизельні ПДМ, ДКН, допоміжний транспорт, самохідні машини, підготовчі виробки, транспортно-технологічна система; швидкісне проведення.

Вступ. Впровадження на шахтах ЗД високопродуктивних механізованих комплексів нового покоління забезпечило високі техніко-економічні показники систем розробки пластів довгими стовпами за повстанням та падінням з збільшенням навантажень на пласт. Однак низькі темпи проведення збірних та бортових хідників, а також складні умови їх підтримки в процесі експлуатації суттєво ускладнюють своєчасну підготовку нових виїмкових стовпів до відпрацювання.

У роботах [1, 2] відзначається, що в умовах інтенсифікації гірничих робіт в технологічній системі видобутку вугілля найбільш «вузькою ланкою» є традиційні схеми допоміжного транспорту. Зумовлено це тим, що відповідно до чинних норм проектування [3] засоби дільничного та магістрального транспорту мають бути максимально уніфіковані. На шахтах регіону для доставки допоміжних матеріалів та обладнання по магістральним виробкам традиційно використовують рейкові види транспорту. Тому для вивозу гірничої маси та доставки вантажів по дільничним пластовим виробкам, залежно від їх розташування, переважно проєктуються транспортно-технологічні схеми з використанням шахтних локомотивів, надгрунтових канатних доріг або кінцевої канатної відкатки.

Шахтними спостереженнями встановлено, що в специфічних умовах проведення дільничних виробок, підготовчі вибої, оснащені енергоємними прохідницькими комбайнами вітчизняного та зарубіжного виробництва, значний час простоюють через низьку адаптаційну здатність рейкових видів транспорту до реальних умов шахтного середовища, що постійно змінюються у просторі та часі. Результати спостережень втрат продуктивної роботи підготовчих вибоїв представлені на рис. 1.



Рис. 1. Показники втрат продуктивної роботи підготовчих вибоїв

Результати оцінки наведених даних дозволили встановити потенційні резерви зниження втрат проведення виробок та високої питомої ваги простоїв підготовчих вибоїв. Доведено, що найбільші втрати темпів проведення підготовчих виробок пов'язані з недосконалістю діючих технологічних схем транспорту, очікуванням порожніх вагонів та ліквідацією аварій на ділянках маневрових робіт при обміні навантажених составів на порожні. Останнє зумовлено тим, що багаточисельні трудомісткі та небезпечні операції з обміну навантажених составів на порожні при типових схемах переважно виконуються вручну без засобів автоматизації виробничих процесів.

При інтенсивній розробці вугільних пластів діючі технологічні схеми та засоби допоміжного рейкового транспорту, рекомендовані нормативними документами [3, 4], виявились мало адаптованими до експлуатації в пластових похилих виробках з породами підшви, схильними до здимання.

Актуальність теми. Згідно з рекомендаціями [5, 6], основними завданнями допоміжного транспорту при проведенні пластових дільничних виробок є забезпечення прийому гірничої маси від технологічних засобів, транспортування її по виробці та своєчасне постачання підготовчих вибоїв необхідними матеріалами

та обладнанням. У зв'язку з цим, процеси комбайнового проведення дільничних виробок пропонується розглядати у взаємодії з процесами транспортування, як транспортно-технологічну систему (ТТС).

Обумовлено це особливостями транспортних та технологічних процесів у дільничних підготовчих виробках шахт ЗД, які характеризуються специфікою ведення гірничих робіт в умовах активного здимання ґрунтів, слабкої стійкості порід покрівлі та високої обводненості вугільних пластів [1]. У зв'язку з цим діючі транспортно-технологічні схеми проведення пластових виробок включають комплекс трудоміських операцій з відновлення проєктного перерізу виробки, періодичної підривки здіблених порід підшоши та баластування розмитих порід ґрунту для вирівнювання знакозмінного профілю рейкового шляху. З урахуванням вищевикладеного при формуванні технологічних схем комбайнового проведення підготовчих виробок до основних показників ефективного використання транспортного обладнання слід віднести його адаптаційні здібності в специфічних умовах гірничого виробництва.

Аналіз сучасного досвіду швидкісного проведення підготовчих виробок показав, що в зарубіжній практиці гірничопрохідницьких робіт [7] найбільш поширеними вважаються технологічні схеми з використанням дизельних підвісних монорейкових доріг (ПДМ) та самохідних вантажно-доставних машин нового покоління.

Відсутність подібних технічних рішень у вітчизняній практиці комбайнового проведення пластових підготовчих виробок обумовили необхідність виконання спеціальних досліджень щодо вибору та обґрунтування принципів дії, параметрів і конструкції нетрадиційних для шахт України транспортних засобів нового покоління.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз світового досвіду вдосконалення техніки та технології комбайнового проведення підготовчих виробок з використанням гірничотранспортного обладнання нового покоління свідчить про наявність в галузі двох технологічних напрямків, що суперечать один одному [5]:

- перший базується на інтенсифікації прохідницьких робіт з застосуванням транспортно-технологічних схем на базі використання гірничого обладнання підвищеної енергоозброєності;
- другий передбачає підвищення темпів проведення виробок і зниження витрат на їх спорудження шляхом ширшого застосування легких, швидкокомтованих конструкцій анкерного кріплення.

Експериментально доведено, що підвищення потужності робочого органу комбайну веде до збільшення його маси та габаритів (для забезпечення стійкості) і в комплексі з пересувними перевантажувачами призводить до збільшення перерізу гірничих виробок. В той же час збільшення перерізу гірничої виробки провокує підвищення гірського тиску на її контурі, що знижує ефективність застосування традиційних схем анкерного кріплення і потребує додаткових заходів на забезпечення експлуатаційних показників транспортних засобів.

За даними дослідження [8] максимальні темпи комбайнового проведення підготовчих виробок на шахтах України не перевищують 200 м/міс, що не відповідає

сучасним вимогам щодо ефективного відпрацювання вугільних пластів очисними комплексами нового покоління, середньодобове навантаження яких досягає 2500-3000 т/добу. Тому своєчасне відтворення фронту очисних робіт в умовах сьогодні є найвужчою ланкою галузі.

За вказаних причин на багатьох шахтах галузі виникають ситуації, коли через недостатні темпи проведення підготовчих виробок затримується своєчасне введення в роботу нових очисних вибоїв та зменшуються планові навантаження на очисні вибої. Означені негативні наслідки призводять до економічних збитків, які суттєво впливають на собівартість добувного вугілля.

Завдання досліджень. У зв'язку з зазначеними фактами актуальним завданням є виявлення потенційних резервів ТТС щодо підвищення темпів проведення підготовчих виробок в умовах інтенсивного здимання порід підпошви та значних притоків води. Основна ідея полягає у використанні високих адаптаційних здібностей та експлуатаційних показників ПДМ з дизельним приводом в підземних виробках складної конфігурації.

Основна частина. Структурно-логічною схемою досліджень раціональних параметрів технологічних схем швидкісного проведення пластових дільничних виробок передбачено виконати пошук потенційних резервів для продуктивного використання засобів допоміжного транспорту нового покоління і встановити область ефективного їх застосування в специфічних умовах шахт ЗД.

Аналіз технологічних схем швидкісного проведення дільничних підготовчих виробок показав, що для ефективної роботи прохідницьких вибоїв, оснащених енергоємними комбайнами нового покоління, вибір потенційних резервів для обґрунтування раціональної схеми транспорту є складним комбінаторним завданням. Обумовлена це тим, що при поширених в регіоні схемах рейкового транспорту для швидкісного проведення пластових виробок необхідно чітко дотримуватись умов технологічності ТТС, тобто:

$$T_{ep.c} + \sum T_m + T_{np.c} \leq T_{kp}, \quad (1)$$

де: $T_{ep.c}$ – час руху навантаженого складу від вибою до сполучення виробок; $\sum T_m$ – сумарний час маневрів щодо обміну навантаженого складу на порожній; $T_{np.c}$ – час руху порожнього складу до навантажувального пункту підготовчого вибою; T_{kp} – час кріплення вибою.

За результатами експертної оцінки технологічних схем проведення пластових виробок, що традиційно застосовуються в регіоні, встановлено, що рівень технічної оснащеності їх засобами привибійного та дільничного транспорту значно нижчий, ніж гірничопрхідницьким обладнанням.

Сучасні комбайнові прохідницькі комплекси забезпечують одночасне руйнування вибою та навантаження відбитої гірничої маси в транспортні засоби, що дозволяє формувати циклічно-потоківу технологію проведення дільничних підготовчих виробок. Але в умовах постійної зміни шахтного середовища, довжини виробок та інтенсивності вантажопотоків породи і допоміжних матеріалів пропускна і адаптаційна здатність ТТС повинна оперативно коригуватися.

Наведені на рис.1 показники втрат продуктивної роботи підготовчих вибоїв підтверджують, що найбільш вагомими причинами зниження експлуатаційних показників комбайнового проведення виробок з вини дільничного транспорту слід вважати втрати часу на очікування порожніх вагонів та недосконалість маневрових операцій щодо обміну навантаженого складу на порожній.

Шахтними дослідженнями встановлено, що при проведенні виїмкових виробок зі складною гіпсометрією пласта регулярно відбуваються відмови та пошкодження рейкових видів транспорту, а також технічні та організаційні вади, що викликають щозмінні втрати часу на виконання основних технологічних операцій та порушення графіку виконання гірничопрохідницьких робіт. За даними ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля», на деяких шахтах регіону середній час очікування порожніх вагонів досягав 60 - 75 хвилин на одну раму кріплення, що призводило до збільшення середнього часу циклу робіт щодо встановлення однієї рами.

З урахуванням вищевикладеного обсяг середньозмінних втрат проведення виробок (метрів проведення на одну раму кріплення) для типових ТТС визначається з урахуванням фактичних обсягів проведення виїмкових виробок за один цикл та технологічного часу виконання одного циклу, тобто.

$$V_{впр} = T_{ном} \cdot \frac{V_{ф}}{T_{ф}}, \text{ м/раму}, \quad (2)$$

де: $T_{впр}$ – втрати часу під час виконання технологічних операцій, хв; $V_{ф}$ – фактичний обсяг проведення виробки за один цикл, м/раму; $T_{ф}$ – фактичний технологічний час виконання одного циклу, хв.

На практиці реальні показники втрат часу при виконанні транспортно-технологічних операцій визначаються шляхом хронометражних спостережень. Для визначення потенційних резервів засобів допоміжного транспорту при комбайновому проведенні похилих пластових виробок виконано оцінку технічних можливостей діючих в регіоні ТТС та сучасних напрямів їх підвищення в зарубіжній практиці. Показники технологічності найбільш поширених в регіоні схем допоміжного транспорту з застосуванням ДКН та з використанням альтернативних видів транспорту в комплексі з комбайном КСП наведено в табл. 1.

В процесі експертної оцінки наведених ТТС розглядалися сфери їх ефективного використання, умови щодо адаптації технологічного обладнання з альтернативними видами транспорту, а також враховувались такі показники як енергоозброєність, матеріаломісткість, складність обслуговування, можливість вести роздільне видалення вугілля і породи з привибійної зони та чисельність виробничого персоналу, необхідного для експлуатації обладнання та його обслуговування. По результатам оцінки встановлено, що найбільш перспективними для специфічних умов ЗД слід вважати ТТС з використанням прохідницьких комбайнів нового покоління типу КСП в комплексі з ДКН та ПДМ.

Таблиця 1

Переваги та недоліки ТТС комбайнового проведення пластових підготовчих виробок

ТТС транспортні засоби		Область застосування					Переваги	Недоліки
		L, м	R, м	α , град	V, м/с			
1	ДКНТ + ВГ 3,3	2000	12	10	2,0	При закінченні проходки дорога вирішує питання щодо механізованої доставки людей і транспортування матеріалів.	Мала вантажопідйомність складу при великих кутах нахилу, залежність від профілю і стану рейкової колії	
2	СП63 + 1ЛУ80 + ВГ 3,3	1500	10	10	0,5	Висока продуктивність та відсутність простоїв вантажної машини внаслідок заміни завантажених вагонеток порожніми.	Великі витрати електричної енергії та складність обслуговування .	
3	БП+СВ	≥ 2000	15	12	1,0	Відсутність необхідності настилання рейкової колії.	Додаткові роботи з підшою, великий переїз виробки	
4	СП63 + 1ЛУ80 + ПДМ	≥ 2000	12	30	2,0	Висока адаптаційна здатність Не має обмежень щодо довжини транспортування	Потребує додаткового кріплення покрівлі	

Для визначення експлуатаційних показників технологічних схем комбайнового проведення виробок функціональні зони гірничотранспортного обладнання традиційно діляться на характерні блоки, такі як: навантаження породи у транспортні засоби; транспортування гірничої маси по виробці; зони обміну завантажених складів на порожні та блок розвитку транспортних мереж.

При формуванні ТТС для швидкісного проведення підготовчих виробок з використанням транспортно-обладнання нового покоління ставилась умова максимального об'єднання розгалужених у часі і просторі традиційних транспортних операцій в єдиний технологічний процес. Тому для визначення показників ефективності транспортно-технологічних операцій при зміні напрямку вантажопотоку з дільничних виробок на магістральні було сформовано блок їх сполучення в якому витрати часу на виконання багаточисельних та трудомістких маневрових операцій (МО) з обміну завантажених складів на порожні розглядалось поелементно. Необхідність виконання таких ротацій обумовлена результатами експертної оцінки експлуатаційних показників та технічного стану діючих в регіоні ТТС [7].

Базовими елементами аналізованих функціональних блоків є рухомий склад, рейковий шлях та його компоненти, що забезпечують обмін завантажених складів вагонів на порожні. Техніко-економічні показники роботи елементів ТТС по вивозу гірничої маси з прохідницького вибою і доставки допоміжних матеріалів визначались по результатам розрахунків їх експлуатаційних параметрів згідно з рекомендаціями [9]. Аналітичні залежності та критерії оцінки експлуатаційних параметрів ТТС для характерних процесів і операцій при транспортуванні гірничої маси ДКН в типових умовах шахтного середовища наведені в табл. 2.

Алгоритм оцінки експлуатаційних параметрів елементів ТТС при
комбайновому проведенні підготовчих виробок з використанням ДКН

Аналітична характеристика об'єкту	Критерії оцінки параметрів системи
<p>Блок навантаження породи у вагони Об'єм гірничої маси $Q_{пз}$ з одного циклу проходки</p> $Q_{пз} = S \cdot l_u \cdot \gamma_u \cdot k_p, \text{ м}^3$ <p>Середнє значення вантажопотоку</p> $u_1 = \frac{S \cdot L_n \cdot \gamma_u}{60 \cdot t_p}, \text{ т/хв}$	<p>S – перетин виробітку в проходці, м^2; γ_u – щільність вугілля та породи в масиві, т/м^3; l_u – рух забою за цикл, м; k_p – коефіцієнт руйнування породи; t_p – час роботи комбайна з навантаження протягом зміни, ч; a_2 – ємність порожніх вагонеток на вантажному пункті; a_3 – надходження вагонів на вантажний пункт (випадкове число) за інтервал Δt; a_1 – ємність завантажених вагонеток на вантажному пункті; L_n – середньозмінний темп проходки, м;</p>
<p>Блок транспорту по виробці Допустима кількість вагонів по міцності зчеплення, $шт$</p> $z = \frac{P_{cu}}{(m_0 + m) \cdot g \cdot (\omega \cdot \cos \alpha + \sin \alpha)}$ <p>Запас міцності тягового каната</p> $S = Q(\sin \alpha + 0,02 \cos \alpha) + 0,3q_2 L_k \cos \beta + 0,1Q_m + 0,2L_k$ <p>Сила тяги холостої гілки, H</p> $F_{1-2} = g \cdot p_k (\omega_k \cdot \cos \alpha - \sin \alpha) \cdot l$ <p>Сила тяги вантажної гілки, H</p> $F_{3-4} = g \cdot (Z(m_0 + m) + m_{\delta\delta}) \times (\omega \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) + g \cdot p_k (\omega_k \cdot \cos \alpha + \sin \alpha) \cdot l$	<p>V_e – ємність вагонетки, м^3; ρ_s – коефіцієнт заповнення вагонетки; γ – насипна маса вантажу, т/м^3; P_{cu} – допустиме навантаження на зчепку, кН; m_0 і m – маса тари та вантажу вагонетки, кг; ω – коефіцієнт опору руху вагонетки ($\omega = 0,015$); α – кут нахилу виробітку, град; g – прискорення вільного падіння $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; P_k – погонна маса тягового каната, ($P_k = 1,85 \text{ кг/м}$); ω_k – коефіцієнт опору руху вагонетки ($\omega = 0,2$); l – максимальна довжина дороги, м; Z – кількість завантажених вагонеток; $m_{\delta\delta}$ – маса буксиральної вагонетки, кг; $V_n = 2 \text{ м/с}$ – номінальна швидкість руху тягового органу; η – ККД приводної станції ($\eta = 0,8$); Q – максимальна вага складу, Н; β – середньозважений кут нахилу знакозмінної виробки (для виробок з одностороннім ухилом $\beta = \alpha$), град; $0,02$ – коефіцієнт опору руху складу; $0,3$ – коефіцієнт опору переміщенню каната; $0,1$ і $0,2$ – коефіцієнти, що враховують опір обертанню блоків та роликів на трасі; q – погонна вага каната, Н/м; Q_n – вага натяжного вантажу в гіві каната, що збігає зі шківів, Н; $k_c = 0,9$ – коефіцієнт зниження швидкості; дороги.</p>
<p>Блок сполучення дільничних та магістральних виробок для зміни напрямку вантажопотоку Загальний час виконання маневрів,</p> $t_3 = t_1 + t_2 \dots + t_n$ <p>Тягове зусилля приводного блоку, H</p> $F_{н-с} = F_{1-2} + F_{3-4}$ <p>Потужність приводу, кВт</p> $N = \frac{F_{н-с} \cdot V_n}{1000 \cdot \eta}$ <p>Продуктивність за зміну,</p> $Q_p = \frac{3,6 \cdot m \cdot Z}{T}$	<p>L_p – довжина розминовки, м; R_{\min} – мінімальний радіус закруглення колії; C – тип стрілочних переводів; Θ_m – сумарний час маневрів на парі, с; t_3 – час руху електровоза на маневрових роботах; t_1 і t_2 – час руху із завантаженими вагонетками та час переведення стрілочних переказів на розминовку; t_n – час заїзду з порожняковим складом; P – тип рейок, шпал; S_k – ширина колії; i – ухил шляху; α – підуклонка рейкової колії; Δh – перевищення однієї рейки над іншою; ΔS_k – розширення (звуження) колії; k – кількість шляхів на ділянці; L_n – довжина прямолінійної ділянки, км; L_p – відстань між розминовками, км; R_B – радіуси закруглення, м; n – кількість стрілочних переказів; S_p – розрахункове розривне (сумарне всіх дротів у канаті) зусилля, Н; $[n]$ – допустимий запас міцності каната; $[n] = 6$ – при транспортуванні людей; $[n] = 5$ – під час транспортування вантажів</p>

Слід відзначити, що при застосуванні рейкових видів транспорту в нетипових умовах експлуатації, традиційно застосовувані методики не враховують негативний вплив випадкових факторів на продуктивність транспортних заходів. Тому діапазон ефективної дії ТТС у межах функціонального блоку сполучення дільничних та магістральних виробок для зміни напрямку вантажопотоку рекомендовано визначати експериментально або за допомогою комп'ютерного моделювання з урахуванням технічних характеристик траси та експлуатаційних параметрів транспортного обладнання, що використовується.

Для визначення потенційних резервів комбайнового проведення протяжних дільничних виробок зі складною гіпсометрією пластів у технологічний час

прохідницького циклу крім основних операцій з руйнування вибою та встановленням кріплення уведено терміни щодо виконання допоміжних транспортних операцій, що не поєднані з руйнуванням масиву та кріпленням, тобто характерних для блоку сполучення дільничних та магістральних виробок де виконуються трудомісткі операції щодо зміни напрямку вантажопотоку та обміну завантажених вагонів на порожні.

На практиці для виконання таких операцій в гирлі виробки спеціально облаштовують заїзди (горизонтальні, похилі, тупикові) або замкнуті розминовки [10]. Більш того, для обслуговування операцій з обміну вагонів у тупикових заїздах, як правило, використовують два електровози, а зі складу прохідницької ланки додатково виділяють одного-двох гірників, що суттєво знижує темпи проведення виробок.

Типові операції з обміну навантажених составів на порожні в тупикових заїздах і критерії їх оцінки наведені в табл.2, а фрагменти ТТС щодо їх виконання із застосуванням електровозів на рис. 2.

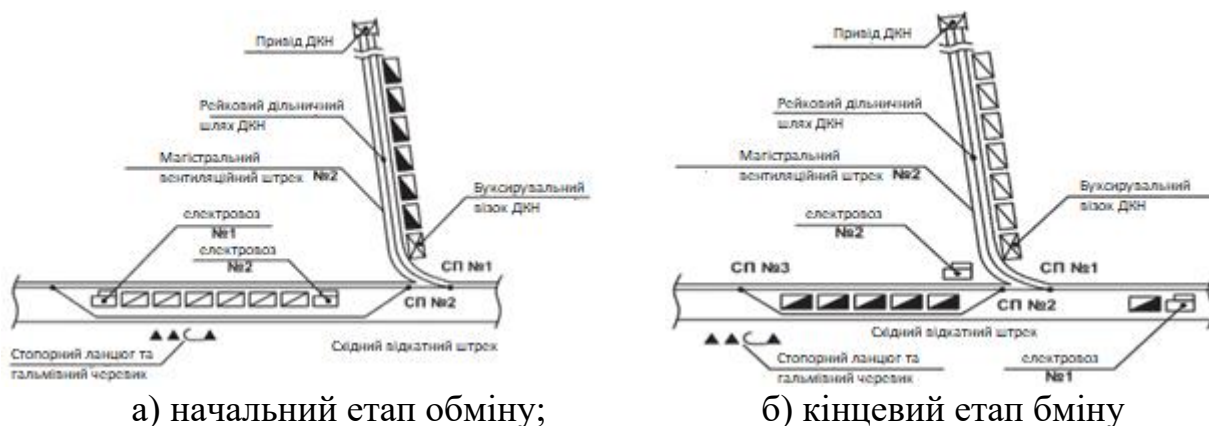


Рис. 2. Фрагменти ТТС щодо виконання операцій з обміну навантажених составів на порожні в зонах поєднання дільничних та магістральних виробок

Слід зазначити, що характерні для більшості шахт регіону технології управління маневровими операціями та процесами переміщення вантажів канатними дорогами в обводнених та криволінійних виробках з інтенсивним здиманням порід ґрунту належать до категорії найбільш трудомістких та небезпечних [9].

В специфічних умовах шахт ЗД до негативних факторів, що суттєво впливають на експлуатаційні показники надґрунтових рейкових видів транспорту з перевезенням гірничої маси в шахтних вагонах слід також віднести поступове зниження протягом зміни корисного об'єму кузовів шахтних вагонів з причин налипання породи в процесі транспортування в підземних виробках зі знакозмінним профілем рейкового шляху. Процес налипання породи в кузові при динамічних коливаннях шахтних вагонів, що виникають в процесі транспортування вантажів по рейкових шляхах зі знакозмінним профілем до тепер малодосліджений. За рекомендаціями [11] при інтенсифікації процесу вивезення гірничої маси з підготовчих вибоїв необхідно враховувати коефіцієнт зниження корисного об'єму

кузова шахтних вагонів μ' , який залежить від їх конструктивних характеристик, а саме:

$$\mu' = \frac{S_k}{m \cdot h} = 1 - \frac{(\delta' + 0,107m)}{h}, \quad (3)$$

де m – ширина вагона, м; h – висота вагона від головки рейок до верхньої кромки кузова, м; l – довжина кузова по верхній кромці, м; μ – коефіцієнт використання об'єму шахтного вагона; S_k – корисна площа поперечного перерізу кузова, м²; μ' – коефіцієнт використання поперечного перерізу вагона; δ' – зазор між головою рейки та днищем кузова, м.

Наведені результати досліджень особливостей експлуатації рейкових видів транспорту при проведенні пластових похилих виробок з породами підшви схильними до здимання обумовили необхідність розробки для умов шахт ЗД ТТС з альтернативними видами транспорту. В зарубіжній практиці для інтенсифікації процесів проведення підготовчих виробок широко використовуються підвісні монорейкові дороги (рис. 3) та самохідні пневмоколісні вантажні машини.



Рис. 3. Підвісний дизельний локомотив типу DLZ110F-5 фірми «Ferrit»

При інтенсифікації гірничопрохідницьких робіт в умовах шахт ЗД особливо актуальне використання ПДМ з дизельним локомотивом для доставки великотоннажних вантажів в підземних виробках складної конфігурації. Порівняльні характеристики дизель локомотивів відомих зарубіжних фірм наведені в табл.3.

До показників ефективності дизельних ПДМ відносяться їх високі продуктивність та адаптаційна здатність в криволінійних виробках з знакозмінним профілем шляху.

Технічна продуктивність ПДМ з дизельним локомотивом, м³/хв:

$$\Pi_m = \frac{60V_{KH} K_3}{T_{\text{ц}}}, \quad (4)$$

де V_{KH} – номінальна місткість підвісної вагонетки; K_3 – коефіцієнт заповнення підвісної вагонетки; $T_{\text{ц}}$ – тривалість робочого циклу машин

Таблиця 3

Порівняльні характеристики дизель локомотивів

Технічні показники	KPCS-148, (Becker) Німеччина	DZL 210F-5, (Ferrit) Чехія	DZ2000 3+3, (Scharf) Німеччина
Потужність двигуна, макс., кВт	148	142	130
Макс. кут нахилу підвісного шляху, град	30	30	30
Тягове зусилля, кН	80/120	165	120
Максимальна швидкість, м/сек	2,5	2,8	2,6
Витрата палива, г/кВт/ч	229	224	220
Рівень шуму, дБа	80,0	80,0	80,0
Місткість паливного бака, л	150	150	140
Місткість водяного бака охолодження вихлопних газів, л	0-сухая закрита система	0-сухая закрита система	200
Габарити (довжина, ширина, мм)	800/16500	800/16500	800/20960
Повна вага, включаючи паливо, олію, воду, кг	7700	6500	10500
Діаметр приводного ролика, мм	340 или 395	355 (400)	450

Експлуатаційна змінна продуктивність ПДМ, $m^3/хв$:

$$P_e = \frac{60V_{кн} K_3 t_{зм} K_n}{T_{ц}}, \quad (5)$$

де K_n – коефіцієнт використання ПДМ за часом протягом зміни; $t_{зм}$ – тривалість зміни.

При використанні дизельних ПДМ важливо враховувати витрати палива $Q_{дм}$ та мастил Q_m .

Досвід використання нерейкових видів транспорту (самохідних машин) на вугільних шахтах України і методики визначення їх експлуатаційних параметрів відсутні. В той же час на рудних родовищах з видобутку урану широко використовуються самохідні вантажодоставні машини (ВДМ) відомих зарубіжних фірм [12]. На діючих рудниках галузі при проведенні підготовчих виробок в якості основних показників ефективності ВДМ розглядаються їх продуктивність, максимальна швидкість та тривалість одного рейсу транспортної машини (хв).

За відсутності галузевих рекомендацій зарубіжні зразки вантажно-доставних машин нового покоління в більшості випадків впроваджуються у діючі технологічні схеми транспорту з характеристиками підземних виробок, які не відповідають експлуатаційним показникам самохідного обладнання високого технічного рівня. Як наслідок новітні зразки вантажно-доставних машин експлуатуються на підприємствах галузі в нетипових умовах експлуатації без методично обґрунтованого урахування реальних умов експлуатації і впливу обмежуючих чинників.

Згідно [12] продуктивність самохідних машин:

$$Q_{св} = 60 \cdot V_{куз} \cdot K_3 \cdot \gamma \cdot K_6 \div t_p \cdot K_n, \quad (6)$$

де $V_{\text{куз}}$ – ємність кузова транспортного засобу; K_n – коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку (за відсутності ємності, що акумулює $k_n = 1,5$, при наявності – $k_n = 1,25$, при транспортуванні гірської маси з прохідницького вибою $k_n = 2$); $k_b = 0,9$ – коефіцієнт використання машини; k_z – коефіцієнт заповнення кузова ($k_z = 0,95$).

Тривалість (хв) одного рейсу транспортної машини:

$$t_p = t_{\text{зав}} + t_{\text{об}} + t_{\text{роз}} + t_{\text{м.з.}} + t_{\text{м.р.}} + t_{\text{розм}}, \quad (7)$$

де $t_{\text{зав}}$, $t_{\text{об}}$, $t_{\text{роз}}$ – час відповідно завантаження вантажонесучої ємності, руху машини від вибою до пункту розвантаження і назад, розвантаження, хв; $t_{\text{м.р}}$, $t_{\text{м.з}}$ – тривалість (хв) маневрів у вибої та біля місць розвантаження, $t_{\text{м.р}}$, $t_{\text{м.з}} = 0,5$ хв; $t_{\text{розм}}$ – тривалість (хв) очікування машини на розминовках.

При роботі машини в комплексі з бункером - перевантажувачем:

$$t_{\text{пог}} = V_b \div V_p \times V_{\text{куз}} \quad (8)$$

де V_b – ємність бункера-перевантажувача; V_p – швидкість розвантаження бункера - перевантажувача; $V_{\text{куз}}$ – ємність кузова.

Тривалість (хв) руху машини у вантажному та порожняковому напрямках:

$$t_p = 60L \div k_{c.x} (V_b^{-1} \times V_{\text{пор}}^{-1}) \quad (9)$$

Швидкість (км/год) руху у вантажному V_b і порожняковому $V_{\text{пор}}$ напрямках визначається або прийняттям значень згідно з практичними даними, або за тяговими характеристиками двигунів машин. Коефіцієнт, що враховує середньоходову швидкість руху, приймається залежно від довжини транспортування: при $L < 0,3$ км $k_{c.x} = 0,6$; при $L > 0,3$ км $k_{c.x} = 0,75$.

Після проведеного аналізу можна зробити висновок, що для специфічних умов шахт ЗД найбільш оптимальною схемою дільничного транспорту за більшістю показників є система з використанням дизельних ПДМ. Застосування цієї технологічної схеми дозволяє найбільш раціонально використовувати транспортні машини в гірничо-геологічних та гірничо-технічних умовах регіону.

Висновки та перспективні напрямки подальших досліджень. Проведений аналіз доводить, що застосування ПДМ, як транспортний комплекс, на вугільних шахтах України має економічні та технологічні переваги.

Доцільною є подальша розробка технологічних схем проведення та кріплення підготовчих виробок для конкретних гірничо-геологічних та гірничотехнічних умов з використанням ПДМ як єдиного транспортного засобу.

Надалі рекомендується промоделювати вплив транспортного комплексу на гірський масив та кріплення гірничих виробок під час транспортування високо-тонажних вантажів. Розробити рекомендації різних швидкісних режимів роботи та змоделювати динамічні навантаження на аркове кріплення від транспортування негабаритних одиниць техніки.

Перелік посилань

1. Посунько, Л.М., Расцветаев, В.О., & Ширін, А.Л. (2017). *Удосконалення транспортно-технологічних схем проведення дільничних виробок при розширенні меж вугільних шахт: монографія.*

2. Ширін, Л.Н. (2005). *Обґрунтування параметрів енергозберігаючих технологічних схем підземного транспорту в умовах відпрацювання спільних запасів шахт «Павлоградська» та «Тернівська» ВАТ «Павлоградвугілля».*
3. СОУ 10.1.00185790.007. *Транспорт шахтний локомотивний. Перевезення людей і вантажів в виробках з ухилом від 0,005 до 0,05 %.* (2006). Київ.
4. *Єдині норми виробітку (часу) на гірничопідготовчі роботи для вугільних шахт.* (2004). Київ.
5. Расцветаев, В.О., Посунько, Л.М., Ширін, А.Л., & Жеглов, С.С. (2015). *Оцінка факторів обмеження ефективності транспортних схем при підготовці запасів вугілля в умовах шахт Західного Донбасу.* Дніпропетровськ.
6. Ширін, Л. Н., Коровяка, Є. А., Посунько, Л. М., Расцветаев, В. О., & Шаріна, В. С. (2018). *Поширення області ефективного застосування підвісних монорейкових доріг в умовах відпрацювання похилих вугільних пластів.* *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*, 55, 255–266 http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpngu_2018_55_27
7. Herasymenko, A.O., Rastsvietaiev, V.O., & Shyrin, A.L. (2023). *Selection of the means of auxiliary transportation facilities and adaptation of their parameters to specific operation conditions.* *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2, 40–46. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-2/040>
8. Yanko, S.V., Hrebenkyn, S.S., & Briukhanov, A.M. (2003). *Sovremennye problem provedeniya i podderzhaniya hornykh vyrabotok na glubokikh shakhtakh: monografii.*
9. Коптовець, О.М., Коровяка, Є.А., Яворська, В.В., Ширін, Л.Н., & Барташевський, С.Є. (2023). *Проектування транспортних систем і комплексів гірничих підприємств.* Дніпро: Журфонд
10. Денищенко, А. В. (2011). *Шахтні канатні дороги. монографія.* <https://tst.nmu.org.ua/ua/MONOGRAFIA.pdf>
11. Shyrin A., Rastsvetaev V., & Morozova T. (2012). *Estimation of reliability and capacity of auxiliary vehicles while preparing coal reserves for stoping.* *Technical and Geoinformational Systems in Mining.*, 105–108. <https://doi.org/10.1201/b13157-19>
12. Shirin, L., Inyutkin, I., & Herasymenko, A. (2022). *Problems and prospects of self-propelled delivery equipment use in terms of uranium deposit development.* *Актуальні проблеми уранової промисловості: X Міжнар. наук.-практ. конференція.* Алмати, Республіка Казахстан.

ABSTRACT

Purpose. Determination of potential reserves for increasing the pace of district preparatory works and development of measures to ensure timely reproduction of the front of cleaning works in the conditions of intensive development of coal seams of mines of Western Donbass.

The methods. The comprehensive methodology for determining the area of effective use of transport equipment for the rapid implementation of preparatory works involves an expert assessment of the current transport and technological schemes at foreign and domestic mining enterprises of the industry and the justification of the operational parameters of the new generation of auxiliary transport, taking into account the specific conditions of the mines of Western Donbass.

Findings. According to the results of the evaluation of the transport and technological schemes for carrying out stratum preparatory works with bottom rocks prone to heaving, it has been proven that suspended monorail roads with diesel locomotives have a number of advantages over traditional types of vehicles. Air-wheeled self-propelled machines distributed at foreign enterprises of the industry require an increase in the design cross-sections of the preparatory products and the implementation of special measures for the formation of the carriageway and the sole of the products.

The originality. Innovative technical solutions to increase the adaptability of technological schemes of auxiliary transport for the rapid implementation of reservoir preparatory works with bottom rocks prone to swelling are substantiated.

Practical implementation. It has been proven that the recommended technical solutions meet the requirements of timely preparation of new mining pillars in the conditions of intensification of cleaning works and are considered as a promising direction for improving the current schemes of auxiliary transport for mines in the region.

Keywords: *auxiliary transport, diesel suspended monorail roads, fast track, preparatory works, self-propelled machines, transport and technological system.*