

Олександр Пуханов, Володимир Будішевський

м. Красноармійськ, м. Донецьк

## ЛОГІСТИЧНА ГРАФ-МОДЕЛЬ ЛАНЦЮГА ПОСТАЧАННЯ ВАНТАЖОПОТОКІВ У СИСТЕМІ ПІДЗЕМНОГО ТРАНСПОРТУ ШАХТИ

*Розглянуто один із напрямків підвищення ефективності роботи підземного транспорту шахти засобами логістичних методів*

**Ключові слова:** вугільна промисловість, підземний транспорт, вантажопотоки, логістична граф-модель.

**Постановка проблеми.** Особливості нинішнього етапу розвитку нашого суспільства пов'язані з загостренням й ускладненням економічних процесів. Інтеграція України в світове промислово-економічне співтовариство вимагає перебудови існуючих технічних рішень виробництва та розробки нових стратегій розвитку економіки. Невід'ємною умовою успіху нашої держави в цій перебудові є втілення наукових розробок в процес виробництва.

Однією з провідних галузей економіки України є вугільна промисловість. Сучасні шахти – це складні комплексні підприємства, оснащені потужною гірничою технікою, від злагодженої роботи яких залежить ефективність виробничих зв'язків між підприємствами паливно-енергетичного комплексу.

Проте, слід зазначити, трудомісткість на підземному транспорті за останні десятиліття зросла в 1,4 рази. Таке положення можна пояснити значним збільшенням протяжності підземних транспортних магістралей, відставанням проходки вертикальних стволів від рівня робочих горизонтів, збільшенням з цієї причини протяжності похилих виробок. Перехід гірничих робіт на великі глибини та збільшення об'єму внутрішньошахтного простору значно ускладнюють структуру підземного транспорту шахти. Внаслідок чого, система підземного транспорту не повною мірою готова до забезпечення перевезень в необхідних обсягах. Крім того, труднощі посилюються різноманіттям зовнішніх і внутрішніх зв'язків та недосконалістю систем шахтного транспорту. Це означає, що технічні можливості очисного комплексу реалізуються лише частково.

Сучасним рішенням зазначеної проблеми є запровадження наукових методів транспортної логістики як усередині гірничо-добувного підприємства, так і зовнішніх – між підприємствами й споживачами.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Теоретичний аналіз технічної, економіко-логістичної, спеціальної наукової літератури свідчить про те, що досліджувана проблема розглядається вченими і дослідниками з різних аспектів. У вивчення технологічних систем гірничих підприємств в останні десятиліття величезний вклад внесли учені С.Ж. Саржанов, Г.І. Нечаєв, Г.В. Бруй, Н.І. Стаднік та ін.; питанням теорії систем підземного транспорту присвячені дослідження Б.Г. Клімова, П.Б. Степанова, Л.Г. Шахмейстера, В.П. Гудалова та ін.; математичний опис роботи транспортних систем й моделювання випадкових процесів та їх прикладний аналіз висвітлено в роботах Ю.Я. Корнева, А.В. Кокоревої, В.В. Олексієва, О.П. Кутаха та ін.; певна увага приділена розробці логістичних моделей оптимального управління потоками (матеріальних, інформаційних, фінансових) в роботах В.І. Бережної, Т.О. Порохні, В.В. Клепікова, А.В. Павленка та ін.; питання побудови трендових моделей промислово-економічних систем та прогнозу економічної діяльності підприємств розглядали Т.І. Грекова, Т.В. Філатова, В.О. Губанов, В.Н. Афанасьєв, М.М. Юзбашев та ін.; напрями підвищення ефективності використання транспортних перевезень з'ясували О.М. Башкатов, О.Е. Олександров, В.В. Габа, О.П. Кузнецов, О.І. Кічка та ін.

**Мета статті.** Виходячи з того, що низка важливих питань стосовно підвищення

економічної ефективності гірничого виробництва розроблена недостатньо і потребує подальших наукових досліджень, розглянуто питання використання наукових підходів в процесі роботи підземного транспорту шахти, зокрема логістичних методів оптимізації ланцюгів постачання вантажопотоків вугілля.

**Матеріали і результати дослідження.** За результатами дослідження концентрації основних вантажопотоків шахти, які пов'язані з видачею вугілля і гірської маси, можна розробити логістичну модель ланцюга їх переміщень з врахуванням всіх технологічних перетворень. Поставлену задачу вирішуємо шляхом побудови графа внутрішньої транспортної мережі з врахуванням структури ланцюга підземного транспорту відповідно до основних технологічних операцій та комплексного аналізу всіх перетворень вантажопотоків.

Основними вихідними вантажопотоками логістичної системи внутрішньошахтної транспортної мережі є вантажопотоки видачі вугілля, породи або гірської маси та перевезень людей і устаткування, що потребує ремонту. Основними вхідними вантажопотоками є вантажопотоки нового і відремонтованого устаткування, а також людей і допоміжних матеріалів. Побудову логістичної моделі розглянуто на вантажопотоках, які пов'язані з видачею вугілля і гірської маси.

Типовий логістичний ланцюг підземної транспортної мережі шахти має структуру, що складається з наступних виробничих компонентів:

- видобувний комплекс;
- дільничий стрічковий конвеєр;
- бункери: накопичувальний та усереднюючий;
- похилий (бремсберговий) конвеєр;
- магістральний стрічковий конвеєр або локомотивна відкатка;
- скиповий підйом.

Якщо вважати, що пункти  $l_n$  є транспортними вузлами для різних видів транспорту  $k_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) усередині шахти: конвеєрний транспорт  $k_1$ , локомотивна відкатка  $k_2$  і скиповий підйом  $k_3$ , а через  $T$  позначити транспортну мережу всередині шахти, тоді сукупність транспортних вузлів гірничодобувного підприємства  $L$  запишемо як  $L_T$ . Звідси матимемо, що  $L_T \subset L$ , де  $l_n \in L_T$ .

Пункти виробництва і акумуляції продукції з'єднуються комунікаціями, які позначимо відповідно  $(l_n, l_{n+1})_T$ . Вказана комунікація передбачає бути орієнтованою з пункту  $l_n$  в пункт  $l_{n+1}$ , причому на комунікації між  $l_n$  і  $l_{n+1}$  інші транспортні вузли відсутні. Крім того вважаємо, що може бути не більш однієї комунікації з  $l_n$  в  $l_{n+1}$ . Не допускаємо існування комунікацій  $(l_n, l_n)_T$  з початком і кінцем в одному й тому ж пункті.

Позначимо сукупність всіх комунікацій транспорту гірничодобувного підприємства  $L$ , що зв'язують виробничі пункти, через  $A_T$ , тоді матимемо:

$$A_T = \{(l_n, l_{n+1})_T \mid l_n, l_{n+1} \in L_T\}. \quad (1)$$

Таким чином, пара сукупності  $(L_T, A_T)$  інтерпритує граф внутрішньої транспортної мережі  $T$  деякого підприємства  $L$ .

Відповідно до технологічної структури логістична модель ланцюга вантажопотоків внутрішньошахтного транспорту має вигляд (рис. 1).

Використано наступні позначення:

$m_i$  – деякий виробничий елемент;

$v_{p,m_i}^-$  – вихідний вантажопотік продукту  $p_i$  деякого виробничого елемента  $m_i$  перевозиться транспортом  $k_i$ ;

$x_{p_i, l_n}(t)$  – поточний запас продукту  $p_i$ , що знаходиться в резервуючому елементі транспортного вузла  $l_n$ ;

$f_{p,k_i,l_n,l_{n+1}}$  – вантажопотік продукту  $p_i$  перевозиться транспортом  $k_i$  з пункту  $l_n$  в пункт  $l_{n+1}$  ;

$\sum_{i=1}^n f_{p,k_i,l_{n-1},l_n}$  – сумарний вантажопотік продукту  $p_i$ , що перевозиться транспортом  $k_i$  з пункту  $l_{n-1}$  в пункт  $l_n$  ;

$\sum_{i=1}^n f_{p,k_i,l_n,l_{n+1}}$  – сумарний вантажопотік продукту  $p_i$  перевозиться транспортом  $k_i$  з пункту  $l_n$  в пункт  $l_{n+1}$  .

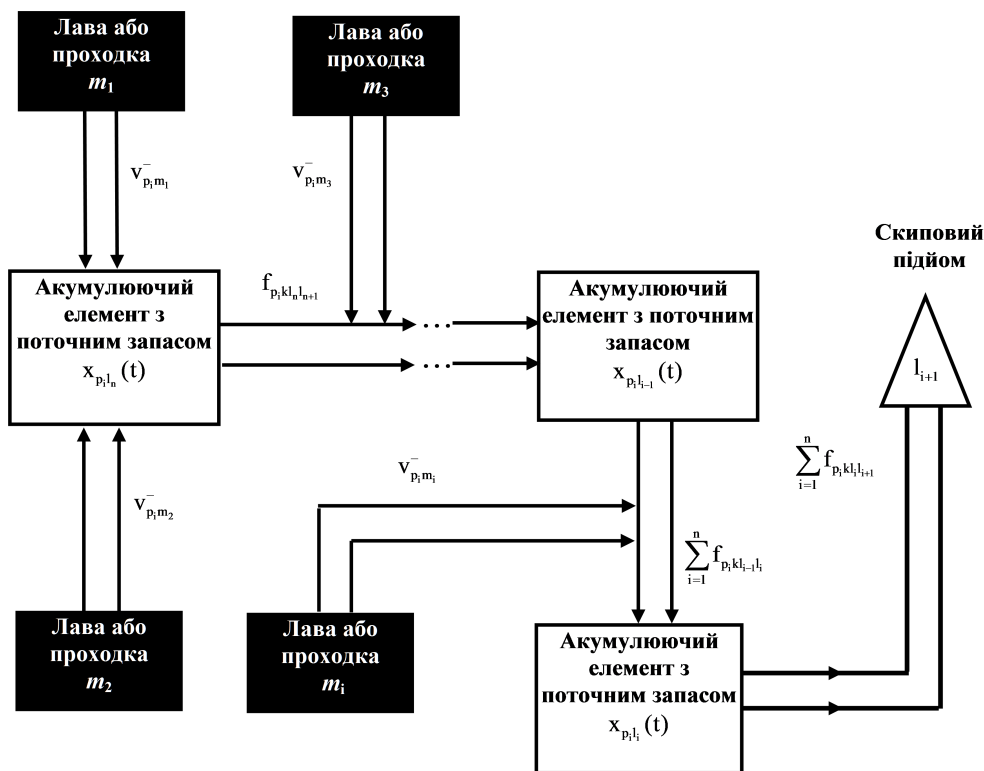


Рис. 1 Логістична модель ланки ланцюга вантажопотоків підземного транспорту шахти

Вважаємо, що при транспортуванні вантажопотоку зміна його величини не відбувається або ці зміни настільки малі, що ними можна нехтувати. Таким чином, зміна величини вантажопотоку можлива лише в пунктах, де відбувається злиття або перевантаження: вантажопотоки можуть надходити з декількох конвеєрів на один конвеєр; з декількох конвеєрів в бункер з подальшим транспортуванням або проходити через акумуляючий вузол з подальшим транспортуванням.

Слід зауважити, що в безбункерному ланцюгу конвеєрів, де транспортні вузли  $l_n$  по суті є пунктами перевантаження з одного конвеєра на інший, зміна величини вантажопотоку відбувається за рахунок злиття або відтоку з іншими вантажопотоками. Використання бункерів дозволяє майже повністю усунути прості лав з вини транспорту і підвищити коефіцієнт машинного часу видобувної техніки.

При дослідженні вантажопотоків припускаємо, що всі ланки транспортної системи працюють в номінальному безаварійному режимі; приймальна здатність конвеєрів і ємкість акумуляючих елементів не накладають будь-яких обмежень на вантажопотоки;

у транспортній мережі дотримується закон збереження вантажопотоку, тобто вантажопотік без втрат надходить до кінцевого пункту.

Наведемо приклад логістичної граф-моделі всіх комунікацій внутрішнього шахтного транспорту ВАТ вугільної компанії «Шахта Красноармійська-Західна №1» (рис. 2). Дані взято із затвердженого Мінвуглепромом України плану гірничих виробок по пласту d, за 2006 – 2007рр.

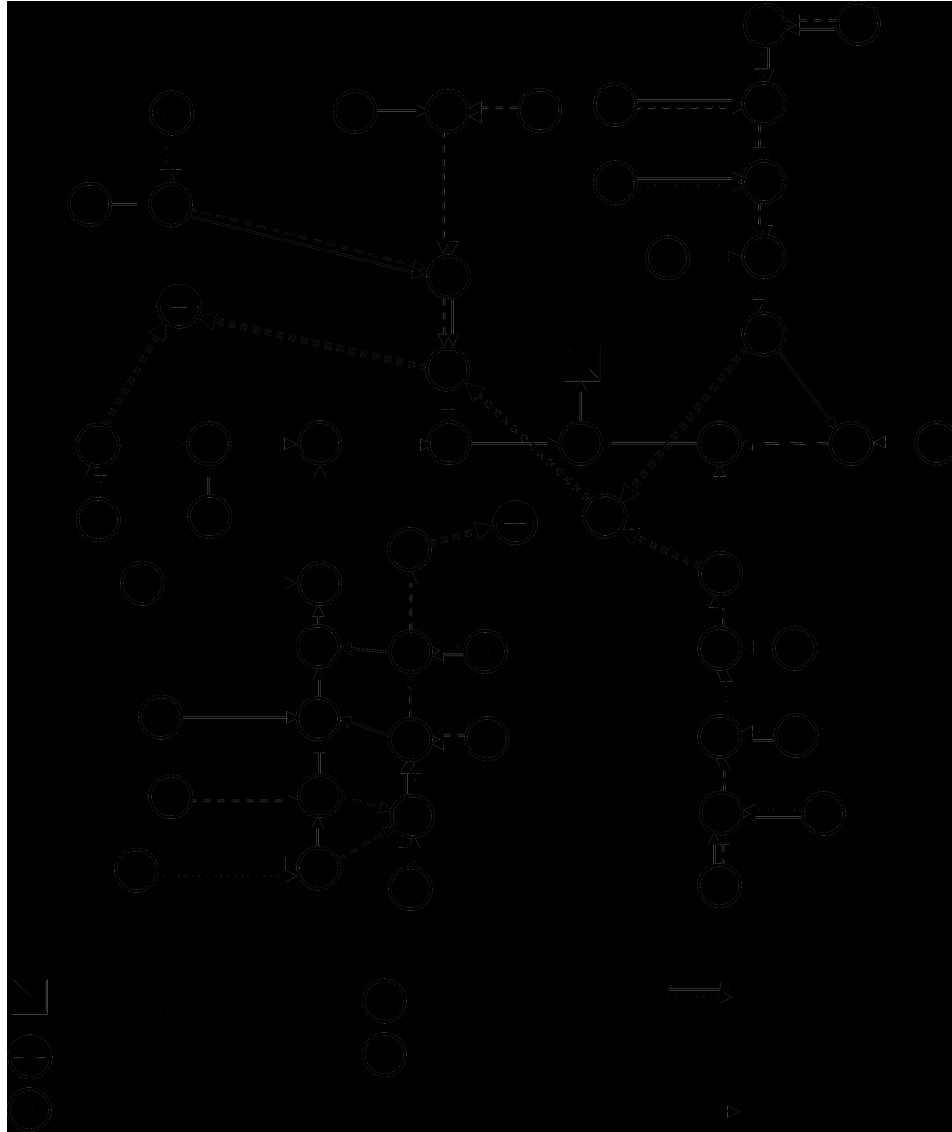


Рис. 2 Логістична граф-модель внутрішньошахтної транспортної мережі ВАТ вугільної компанії «Шахта Красноармійська-Західна №1» па пласту d

В процесі переміщення по транспортним виробкам вихідні вантажопотоки очисних забоїв зазнають перетворення, які, слідуючи [8], можна записати в операторній формі як:

$$\Gamma_{Кл_n} = T_i \sum_j \Gamma_{н_n}, \quad (2)$$

де  $\Gamma_{к_n}$  – вектор-функція кінцевого вантажопотоку вузла  $I_n$  ;

$\Gamma_{пн_{n,j}}$  – вектор-функція початкового вантажопотоку вузла  $I_n$  ;

$T_i$  – оператор перетворень вузла  $I_n$  .

Під перетворенням вантажопотоку розуміємо процес взаємодії вантажопотоку і транспортного засобу або взаємодія (об'єднання, розподілення) самих вантажопотоків [4].

Врахування відомостей щодо концентрації вантажопотоків вугілля, породи або гірської маси в транспортних вузлах дає можливість значно підвищувати ефективність функціонування системи транспортної мережі всередині шахти як на рівні вибору основних параметрів її складових компонентів (конвеєрів, бункерів, локомотивної відкатки, канатних транспортних установок, що зустрічаються досить рідко, скипів і навантажувально-розвантажувальних комплексів), так і на рівні зворотних зв'язків із врахуванням динаміки процесів, що відбуваються в ланцюгах вантажопотоків гірської маси (терміном подачі потягів під завантаження і розвантаження, швидкістю роботи навантажувально-розвантажувальних транспортних механізмів і машин, інтервалами розвантаження бункерів і роботою скипового підйому та ін.) з тим, аби виключити як надлишок або недолік гірської маси в пунктах вантажних операцій, так і простої окремих ланок логістичної системи транспортної мережі або холості режими їх роботи. Іншими словами, забезпечується збалансована робота логістичної системи паливно-енергетичного комплексу.

**Висновки.** Використання методів транспортної логістики спрямовано на згладжування нерівномірностей функціонування транспортної мережі та концентрації вантажопотоків в ній: утворення заторів, «пробок» або невчасної подачі вугілля в пункти призначення. Логістична граф-модель ланцюга переміщення вантажопотоків підземного транспорту є динамічним структурно-функціональним синтезом, який відображає всі особливості гірничого виробництва та розкриває можливості його удосконалення:

- підвищення рівня ефективності роботи транспортної мережі;
- скорочення часу транспортування;
- зниження транспортних витрат;
- зниження собівартості вугілля.

#### Література

1. Бережная В.И. Виды логистических потоков и их моделирование / В.И. Бережная, Т.А. Порожня // Сб. науч. труд. – Ставрополь: СевКав ГТУ, 2002. – Вып. 3. – С. 112-119. – Серия «Экономика».
2. Проектування транспортних систем енергоємних виробництв. /В.О. Будішевський, В.О. Гутаревич, О.О. Пуханов та ін. Під ред. В.О. Будішевського, А.О. Суліми.– Донецьк, 2008.– 454с.
3. Степанов П.Б. Модель транспортно-технологических преобразований грузопотоков электровозной откатки / Степанов П.Б., Попов С.М., Юркович Е.М. // Известия вузов. Горный журнал. – 1986. – №6. – С. 61-65.
4. Сычев А.А. Организация работы транспортного узла в составе транспортного коридора: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.22.01 / А.А. Сычев / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2009. – 19с.
5. Уотерс Д. Логистика: управление цепью поставок: Пер. с англ.– М.: ЮНИТИ, 2003.– 503с.

*Рассмотрено одно из направлений повышения эффективности работы подземного транспорта шахты средствами логистических методов.*

**Ключевые слова:** угольная промышленность, подземный транспорт, грузопотоки, логистическая граф-модель.

*One of directions of increase of efficiency of work of underground transport of mine is considered by facilities of logistic methods.*

**Keywords:** coal industry, underground transport, traffics of goods, logistic count-model.

Пуханов О.О.

старший викладач кафедри «Електромеханіка і автоматика»,  
КП ДонНТУ, м. Красноармійськ, Донецька обл., Україна  
mail: puhanov@rambler.ru

Будішевський В.О.

к.т.н., проф. завідувач кафедри «Гірничозаводський транспорт  
і логістика», ДонНТУ, м. Донецьк, Україна

Рецензент: д.т.н., доцент Гого В.Б.