



Д. В. Вінівітін

ПрАТ «Полтавський ГЗК»,
м. Горішні Плавні, Україна
e-mail: d.vinivitin@gmail.com

Складання графіка черговості розвантаження автосамоскидів на пункті розвантаження при транспортуванні гірської маси на залізорудному кар'єрі

D. V. Vinivitin

Ferrexpo Poltava Mining, Gorishni Plavni, Ukraine,
e-mail: d.vinivitin@gmail.com

Sheduling of truck priority at dumping point while mined rock transportation in iron-ore mine

Мета. Апробація результатів моделювання роботи вантажно-транспортного комплексу кар'єру все-редині зміни. Формування моделей: визначення структури та типу управління роботою автосамоскидів; призначення маршрутів автосамоскидів для урахування ритмічності надходження гірської маси на перевантажувальні пункти та інтенсивності вантажопотоків у вузьких місцях.

Методика. В основу моделювання покладене імітаційно-оптимізаційне моделювання роботи гірничотранспортного обладнання. На базі статистичних даних формуються закони розподілу параметрів екскаваторного, автомобільного обладнання та параметрів формування гірничої маси на перевантажувальних пунктах. Оптимізація формування графіків роботи обладнання виконується із застосуванням лінійного та цілочислового програмування.

Результати. Сформована методологія формування управлінських дій для гірничотранспортного комплексу кар'єру. Графіки роботи обладнання містять назви пунктів завантаження та розвантаження гірської маси для автосамоскидів, прогностичні значення часу роботи та очікування (простой) обладнання, а також результуючі значення об'ємних та якісних характеристик гірської породи як на окремих пунктах розвантаження, так і в цілому по комбінату.

Наукова новизна. Удосконалено модель оперативного управління роботою вантажно-транспортної ланки кар'єру на змінному інтервалі шляхом введення закономірностей формування графіка обладнання на базі імітаційно-оптимізаційного моделювання.

Практична значущість. Формування графіка роботи одиниць вантажного та транспортного обладнання кар'єру на різних інтервалах його роботи та переформатування його при зміні виробничої ситуації на основі оптимізаційних моделей дозволить підвищити обґрунтованість управлінських дій та зменшити коливання об'ємних та якісних показників гірської маси на пунктах розвантаження. (Іл. 1. Бібліогр.: 5 назв.)

Ключові слова: гірничозбагачувальний комбінат, управління автотранспортом, моделі черговості розвантаження, інтенсивність транспортного потоку.

Постановка проблеми. Комплекс завдань оптимального планування роботи транспорту містить завдання визначення змінно-добових об'ємів транспортування гірничої маси, а також складання розкладів руху транспортних одиниць та графіків розвантаження одиниць з рудою на вході дробильної фабрики.

Найчастіше розглядають модифікацію ситуаційного управління стосовно АСУ процесом кар'єрного транспорту, який як об'єкт управління належить до складних систем. Для нього характерним є те, що величезній кількості можливих станів об'єкта відповідає порівняно невелика кількість припустимих рішень. Тому

в процесі управління доцільно множини можливих ситуацій розбити на класи таким чином, щоб одному класу ситуацій відповідав певний тип рішення [2].

Формулювання мети. У практичній роботі часто буває складно отримати задовільну відповідність між спостереженнями та теоретичними розподілами. Фішер називає 5 етапів, які необхідно пройти при статистико-оптимізаційному аналізі [3]:

1. Планування дослідження, включаючи визначення обсягу вибірки та вибір методики, вибір інтервалу спостереження і тривалості дослідження.

2. Побудова математико-статистичної та оптимізаційної моделі.

3. Оцінка параметрів, що входять до моделі.

4. Перевірка відповідності між моделлю та спостереженнями.

5. Перевірка статистичної значущості та довірчих інтервалів.

Нехай у результаті розв'язання завдання планування об'ємів видобутку корисних копалин за окремими екскаваторними блоками, виходячи з якості корисних копалин α_i , визначено вантажопотоки Q_i . Необхідно, знаючи загальну кількість автосамоскидів на зміну $\sum_{j=1}^a N_j$ та їхню вантажопідйомність q_j , провести оптимальний розподіл транспортних засобів за типами та якістю і скласти графік їх прибуття на пункт розвантаження за критерієм усереднення.

Методика досліджень. Автоматизована система управління кар'єрним транспортом являє собою багаторівневу ієрархічну систему, на верхніх рівнях якої розв'язуються завдання календарного планування. Результати розв'язання завдань служать початковими для завдань управління процесом роботи транспорту. Оптимізація функціонування кар'єрного транспорту становить непросте завдання внаслідок достатньої складності системи, величезної кількості ситуацій, що виникають на рівні управління процесом, та значних розмірностей завдань планування та управління [1]. Найчастіше та найуспішніше управління такими складними системами виконують за допомогою імітаційно-оптимізаційного моделювання, яке використовує статистичні розподіли величин на основі спостережень за роботою гірничого обладнання.

Фактичний матеріал. В основу аналізу покладено фактичний матеріал роботи вантажно-транспортного комплексу кар'єрів ВАТ «Полтавський ГЗК» за 2015–2016 рр. Дані щодо об'ємно-масових та часових параметрів відвантаженої, перевезеної і складованої гірської маси містяться у базах даних, що безпосередньо формуються обробкою сигналів від екскаваторів та автосамоскидів і в подальшому передаються до обчислювального центру комбінату.

Викладення основних результатів дослідження. Поточний (оперативний) контроль за роботою кар'єру в цілому по окремих забоях можна проводити в тому випадку, коли у диспетчерської служби кар'єру буде розрахований часовий графік прибуття транспортних засобів на пункт розвантаження. На кар'єрах, де працює автотранспорт, графік прибуття автосамоскидів на розвантаження не складається, оскільки вважається, що у період роботи гірничотранспортне обладнання (екскаватори та автосамоскиди) піддається впливу випадкових факторів (сходження з лінії автосамоскидів, вихід з ладу окремих екскаваторів, неможливість передбачити графік допоміжних робіт тощо).

Однак, як показують дослідження, за окремими забоями та по кар'єру в цілому потрібно намагатися досягти більш або менш рівномірної роботи транспортних засобів. Це дасть можливість розрахувати та моделювати графік черговості розвантаження автосамоскидів на пункті розвантаження з метою отримання наочної картини перебігу процесу усереднення у його динаміці протягом зміни при фіксованих параметрах.

До основних фіксованих параметрів для цього завдання належать:

- об'єми транспортування Q_i за окремими екскаваторними забоями, визначені, виходячи з якості α_i корисних копалин в i -тому екскаваторному блоці;

- продуктивність окремих автосамоскидів в i -тих забоях $P_{ij}^{(T)}$;

- вантажопідйомність q_j транспортних засобів, виділених на оперативну зміну;

- сумарна кількість автосамоскидів j -го типу, виділених на оперативну зміну, N_j ;

- розподіл автосамоскидів за окремими забоями за критерієм мінімуму сумарних витрат на екскавацію та транспортування по кар'єру в цілому.

Організація роботи транспортних засобів за узагальненими графіками буде мати велике значення для внутрішньокар'єрної ланки на глибоких кар'єрах, оскільки перевантаження автосамоскида буде проводитись на естакадах з невеликими лінійними параметрами, що вимагатиме чіткої організації перевантажувальних робіт.

Актуальним є кількість та ємність приймальних (перевантажувальних) пунктів, які б забезпечували безперебійну роботу технологічного транспорту з доставки руди та розкривних порід. На Полтавському гірничо-збагачувальному комбінаті функціонує дев'ять перевантажувальних пунктів, п'ять з яких працює з прийому руди та скали діючого кар'єру комбінату; чотири – на перевантажуванні руди Єристівського ГЗК. На цих пунктах працюють екскаватори типу ЕКГ-10 (8 шт.) та один ЕКГ-8 (рис. 1).

Управління вантажно-транспортним процесом ґрунтується на обробці інформації про стан екскаваторів, автосамоскидів, приймальних пунктів руди та пустої породи, що надходить протягом зміни.

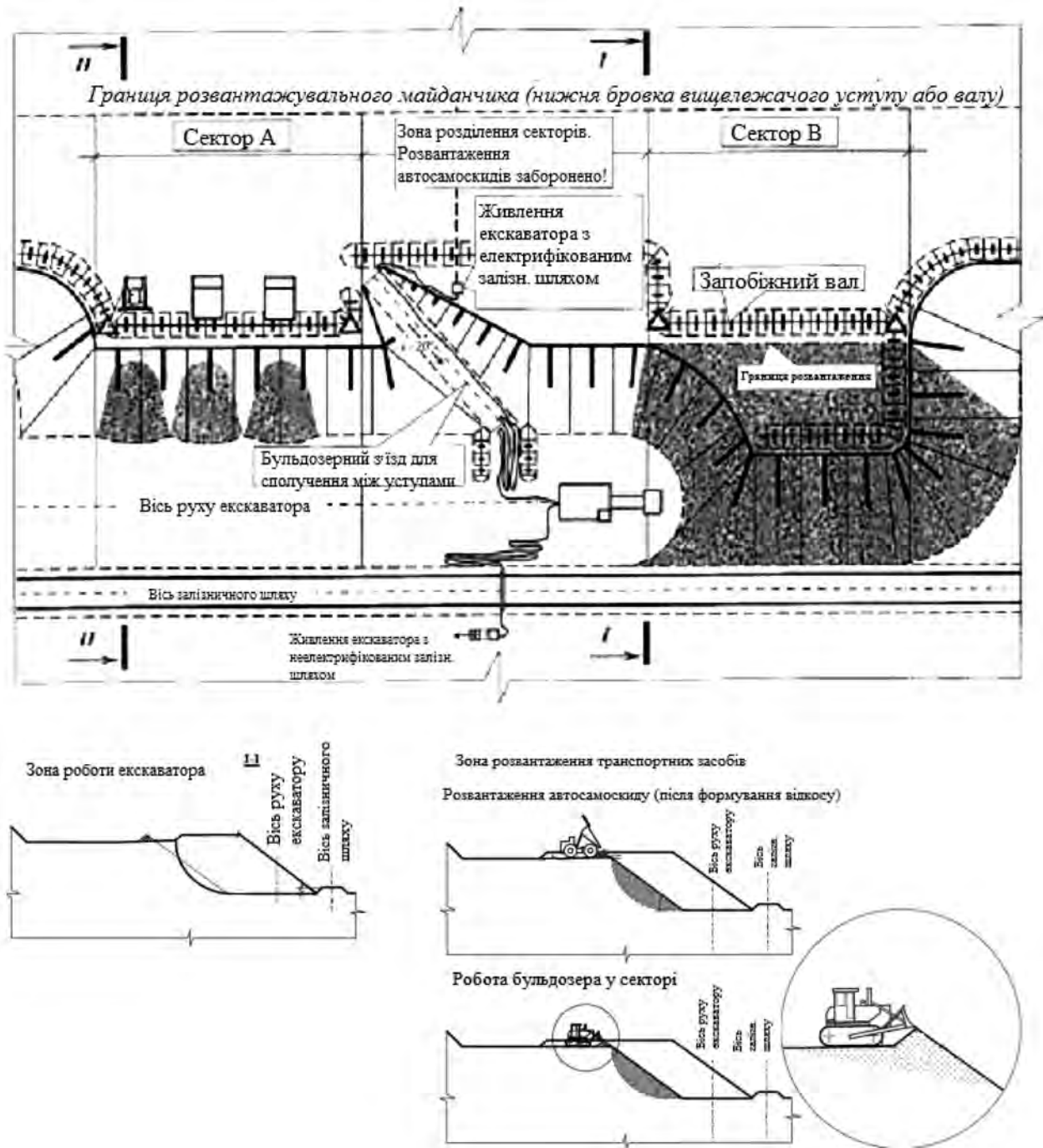


Рис. 1. Схема перевантажувального пункту на Полтавському ГЗК

При плануванні досліджень транспортного потоку потрібно приймати два важливих рішення: визначення тривалості дослідження та визначення розміру прирощення при групуванні результатів вимірювань. Внаслідок періодичних коливань транспортного завантаження розподіл потоку автомобілів залежить від тривалості дослідження. Підрахунок кількості автомобілів на перехресті показує, що прибуття автомобілів до перехрестя протягом усього часу «пік» не є пуассонівським процесом, а потік автомобілів у періоді «пік», що складає частину часу «пік», є пуассонівським. Герлу показав, що транспорт-

ний потік може бути випадковим при спостереженні його протягом одного інтервалу однієї довжини та не випадковим при спостереженні в інтервалі іншої довжини. Іноді інтервал вибирають з огляду на мету дослідження. Так, у завданнях регулювання руху можна вибрати інтервал, що дорівнює тривалості фази для певного напрямку руху або тривалості усього циклу [5].

Другий етап – побудова математико-статистичної моделі, що дає задовільний опис даних, не є статистичним завданням для математика, а належить до сфери вивчення транспортних потоків, спостереження за якими дає статистичний

матеріал. В ідеальному випадку бажана правильна теоретична модель, що ґрунтується на загальних законах та дає опис процесу, для якого були отримані спостереження. Якщо внаслідок складності процесу, що досліджується, побудова правильної теоретичної моделі ускладнена, то необхідно отримати суто емпіричний опис явища, що спостерігається, без будь-якої спроби пов'язати цей опис із теоретичним обґрунтуванням, що базується на знанні транспортного потоку. У будь-якому випадку необхідно досягати максимальної простоти: опис повинен бути простим з математичної точки зору та забезпечувати просту перевірку статистичної значущості.

Наступним етапом після того, як буде обра- на функція розподілу параметрів транспортного потоку, що вимірюються, є знаходження оцінок параметрів на основі емпіричних даних. Більшість розподілів, що застосовуються при вивченні транспортних потоків, мають один-два параметри, які можна оцінити, знаючи серед- не та дисперсію, що визначаються за результа- тами вимірювань. Нерідко математичну форму функції розподілу вибирають на основі гра- фічного аналізу результатів спостережень. Такі перевірки корисні у тому відношенні, що вони дозволяють обчислити та дослідити відхилення вимірювань від відповідних теоретичних зна- чень. Наприклад, критерій виключно чутливий до обсягу вибірки. При спробі підібрати теоре- тичний розподіл для даних про інтервали між послідовними автомобілями потоку значення критерію χ^2 -квадрат зростає із збільшенням три- валості дослідження. Більш того, якщо відрізки часу групують з інтервалом 0,5 с, то значення критерію χ^2 -квадрат буде іншим, ніж при виборі інтервалу тривалістю 1 с.

Транспортний потік являє собою рух дис- кретних об'єктів у тривимірній системі. Регулю- вання руху цих об'єктів проводиться як окреми- ми водіями, так і системою в цілому. Крім того, транспортний потік характеризується ще й тим, що тут часові співвідношення між параметрами потоку відрізняються від просторових співвід- ношень (інтенсивність та щільність потоку).

Формулювання завдання складання графіків прибуття автосамоскидів може бути проведене з урахуванням останнього фіксованого параме- тру та без нього. Розглянемо формулювання за- вдання без урахування цього параметру.

Вибір та розрахунок графіків прибуття тран- спортних засобів на пункт розвантаження про- водиться у такому порядку:

1. Виходячи із запланованих об'ємів Q_i та ван- тажопідйомності різних типів автосамоскидів q_j ви- значається необхідна кількість рейсів, яку пови- нен зробити автосамоскид j -го типу з i -го забою:

$$R_{ij} = \frac{Q_i}{q_j} \quad (1)$$

2. При продуктивності j -го автосамоскиду з i -го забою $P_{ij}^{(T)}$ та необхідній кількості рейсів R_{ij} визначити їхню кількість або рознарядку:

$$n_{ij} = \frac{R_{ij}}{P_{ij}^{(T)}} \quad (2)$$

3. Знаючи обмеження щодо кількості авто- самоскидів кожної вантажопідйомності (N_j), необхідно скласти можливу кількість варіантів рознарядки різнотипних автосамоскидів при виконанні наступних обмежень:

$$\sum_{i=1}^m n_{iA} \leq N_A, \dots \quad (3)$$

4. Знаючи необхідну кількість рейсів з i -го за- бою автосамоскидів j -го типу, складаємо можли- ві варіанти щодо необхідної кількості рейсів.

5. Знаючи розрахунковий час зміни $T_{зм.р}$ (ста- ціонарний режим), визначимо інтервали при- буття автосамоскидів за варіантами

$$t_{инт ij} = \frac{60T_{зм.р} - t_{н.з.}}{R_{ij}} \quad (4)$$

При завершальному виборі можливих варі- антів розподілу автосамоскидів необхідно вра- ховувати такі обмеження:

- інтервал прибуття автосамоскидів j -го типу з i -го забою повинен бути більшим або дорівню- вати середньому часу циклу завантаження j -го автосамоскиду в i -му забої:

$$t_{инт ij} \geq t_{ц.зав. ij} \quad (5)$$

- за пропускнуою здатністю пункту розванта- ження:

$$\frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m R_{ij} t_{роз j}}{60x_n} \leq T_{зм.р}, \quad (6)$$

де $t_{ц}$ – час завантаження j -го автосамоскиду в i -му забої, хв; x_n – можлива кількість автосамоскидів, що розвантажуються одночасно; R_{ij} – необхідна кількість рейсів з i -го забою автосамоскидів j -го типу; $t_{роз j}$ – час розвантаження j -го автосамоски- ду на приймальному пункті;

- виходячи із середнього циклу руху j -го ав- тосамоскиду з i -го забою $t_{рух ij}$ та розрахунково- го інтервалу прибуття вантажів на пункт роз- вантаження проводиться розрахунок можливих варіантів стаціонарних похвилинних графіків прибуття автосамоскидів за кожним забоєм. Час прибуття k -го рейсу з i -го забою можна визначи- ти, знаючи R_{ij} , $t_{рух ij}$, $t_{инт ij}$ за виразом:

$$t_{пр ij}^{(k)} = t_{рух ij} + (R_{ijk} - 1)t_{инт ij}. \quad (7)$$

Нескладно помітити, що залежно від вибраних інтервалів прибуття автосамоскидів з i -го забою буде й різна періодичність надходження корисних компонентів на пункті розвантаження, а формування стаціонарного похвилинного графіка дозволяє наблизити розрахункові графіки до фактичних графіків прибуття автосамоскидів на діючому ГЗК. Оскільки автосамоскиди всередині групи можуть прибувати на пункт розвантаження відповідно до стаціонарного графіка, випереджаючи його чи запізнюючись, маючи, таким чином, свободу руху в межах 3–4 хв на кожен рейс. При порушенні графіка прибуття водій автосамоскиду, що вивівся з графіка, повинен на наступному циклі (рейсі) потрапити до своєї групи. Такі графіки дозволяють визначити час повного усереднення $t_{п.у.}$ «одиничних об'ємів», що надходять з усіх забоїв кар'єру.

Заздалегідь складений графік прибуття транспортних засобів на пункт розвантаження може служити програмою черговості розвантаження автосамоскидів на розвантажувальних пунктах та повинен контролюватись протягом зміни оператором диспетчерської служби. Усе гірничотранспортне обладнання комбінату облаштовано системою диспетчеризації Wenco (виробник Канада), яка дозволяє оптимізувати роботу усього гірничо-транспортного комплексу. У світі розповсюджені ряд аналогічних систем: Modular Mine System (ПАР), ВІСТ (Росія), Pitram (Авс) та інші. Ці системи в основному аналізують фактичні дані роботи гірничотранспортного комплексу (ГТК), як за кількістю обсягів та відстанню транспортування гірської маси, так і за її якісними показниками. Важливою складовою роботи ГТК є планування роботи на наступний період часу (зміна, доба, декада) залежно від фактично виконаних обсягів минулого періоду. Цю інформацію можна брати з діючих систем, наприклад Wenco, та згідно з розробленими алгоритмами планувати обсяги транспортування гірничої маси та складання графіка черговості розвантаження на пунктах перевантажування на визначений період часу.

Враховуючи значну кількість пунктів навантаження і розвантаження, обмежену пропускну здатність ділянок трас, залізничних станцій, технічний стан вантажно-транспортної техніки і шляхів, формування і керування оптимальними вантажопотоками в кар'єрі практично неможливе без спеціального програмного забезпечення [4].

На Полтавському ГЗК з 2006 року успішно функціонує геоінформаційна система K-Mine (виробник Кривбасакадемінвест, Україна), яка інтегрована із системою диспетчеризації Wenco

та має можливість одним з технологічних модулів розраховувати вантажопотоки гірничої маси в кар'єрі за різних виробничих ситуацій, у тому числі і порядку черговості розвантаження автосамоскидів на пунктах перевантажування.

При розв'язанні завдання перерозподілу автосамоскидів між екскаваторами протягом зміни необхідно враховувати такі основні умови:

1. Розподіл обмежується кількістю N_a автосамоскидів, що обслуговують вантажопотік, тобто певну групу екскаваторів:

$$\sum_r^R x_r \leq N_a \quad (8)$$

де x_r – шукана кількість автосамоскидів, що виділяється для r -го екскаватора; R – кількість екскаваторів, що обслуговують вантажопотік.

2. Кількість автосамоскидів, що направляються до r -го екскаватора, не повинна перевищувати певної максимально припустимої кількості $n_{a.п.}$:

$$x_r \leq n_{a.п.} \quad (9)$$

3. Розподіл автосамоскидів повинен забезпечувати найбільш рівномірне виконання екскаваторами змінних планових об'ємів робіт:

$$\begin{cases} \frac{\Delta t}{T_{pr}} q_{ar} x_r - Z V_{rt} \gamma_{mr} \geq 0; \\ Z \rightarrow \max. \end{cases} \quad (10)$$

де Δt – тривалість періоду часу, що залишився до закінчення зміни, хв; T_{pr} – тривалість рейсу автосамоскидів, що обслуговують r -й екскаватор, хв; q_{ar} – вантажопідйомність автосамоскидів, що обслуговують r -й екскаватор, т; V_{rt} – об'єм робіт r -го екскаватора згідно з плановим завданням, що залишився до кінця зміни, м³; γ_{mr} – густина порід у забої r -го екскаватора, т/м³; Z – коефіцієнт виконання екскаватором змінного планового завдання, % або частки одиниці.

Дуже важливим аспектом формування маршрутів автомобілів є управління параметрами загальнокар'єрного автомобільного транспортного потоку. Слід визнати, що знання інтервалів часу та відстаней між послідовними автомобілями іноді більш важливе, ніж знання інтенсивності або щільності потоку, оскільки воно більш повно відбиває істинний характер транспортного потоку. Інтервали часу та відстані між послідовними автомобілями і є тими «цеглинами», на яких побудований весь транспортний потік.

Відстань між послідовними автомобілями потоку може бути різною. В одних випадках вона може лише незначно переважати довжину автомобіля, а в інших буває достатньо великою. Аналогічно коливається й інтервал часу між послідовними автомобілями. Ця мінливість у часі й

просторі є найбільш примітною характеристикою транспортного потоку. Якими б однорідними не були умови руху транспортного потоку, інтервали часу між послідовними автомобілями можуть коливатись у широких межах. Тому не дивно, що вивчення відстаней та інтервалів часу між послідовними автомобілями потребує застосування методів математичної статистики та теорії ймовірностей, особливо при відшуканні теоретичних розподілів, що відповідають емпіричним розподілам.

Крім відстані та інтервалу часу між послідовними автомобілями та інтервалів запізнення, при описі процесу злиття потоків необхідно розглядати такі додаткові змінні, як швидкість основного потоку, швидкість автомобілів, що входять до основного потоку, відносна швидкість руху, інтенсивність основного потоку та інтенсивність другорядного потоку.

До важливих параметрів, що описують прийнятність інтервалів при виїзді на магістраль, належать: критичний інтервал, відсоток автомобілів, що очікують при виїзді на магістраль, середня тривалість очікування прийнятного інтервалу автомобілем, що зупинився, середня довжина черги та сумарний час очікування на в'їзді.

Знання ймовірності того, що це значення буде перебільшене, як правило, буває більш важливе, ніж знання ймовірності появи цього значення.

Головне призначення завдань, що описують рух транспортних потоків, полягає в тому, щоб з'ясувати, чи зможе середня пропускна здатність дороги у середньому забезпечити проходження потоку і чи не будуть при цьому безперервно виникати транспортні перевантаження. Однак внаслідок випадкових коливань інтенсивності руху одна лише гарантія того, що пропускна здатність автомагістралі у середньому може забезпечити проходження транспортного потоку, не виключає утворення тимчасових або навіть постійних перевантажень.

Основна ідея теорії масового обслуговування полягає у тому, що перевантаження проявляє себе через затримку, яка викликається перериванням потоку. Як правило, потік є дискретним, як, наприклад, прибуття автомобілів на завантаження/розвантаження; але він може бути і безперервним, як, наприклад, транспортний потік, що входить у вузьке місце дороги та виходить з нього.

У розглянутих моделях розглядалися головним чином події, що відбуваються у деякій точці простору або в деякий момент часу. При розробці планів оптимізації роботи усієї дорожньої системи (ділянка дороги протяжністю

кілька кілометрів з рухом автомобілів в одному напрямку) використовуються моделі двох типів. Першою з них є модель для оцінки транспортного завантаження біля вузького місця, а другою – модель оптимізації інтенсивності транспортних потоків.

В обох моделях як контрольний параметр використовується повна пропускна здатність дороги та робиться спроба у кожному вузькому місці підтримувати транспортне навантаження менше за пропускну здатність.

Транспортне навантаження у вузькому місці дороги утворюється за рахунок автомобілів, що в'їжджають на магістраль із в'їздів, що примикають до неї та розташовані перед вузьким місцем. Якщо відома інтенсивність кожного такого потоку, то можна оцінити транспортне навантаження у вузькому місці. Цей метод виявився цінним при розробці планів регулювання потоків, що в'їжджають на магістраль вільного руху.

Для аналізу та планування роботи дорожньої системи в ustalеному режимі можуть використовуватися моделі лінійного програмування. У найпростішому вигляді модель має такий ви-

гляд: максимізувати $F = \sum_{j=1}^n X_j$

за умов

$$\sum_{j=1}^n A_{jk} \cdot X_j \leq B_k, \quad k = 1, \dots, n, \quad k = 1, \dots, n,$$

$$X_j \leq D_j, \quad j = 1, \dots, n,$$

$$X_j \geq 0.$$

У цій моделі X_j – інтенсивність j -го вхідного потоку; D_j – транспортне навантаження на j -му в'їзді; B_k – пропускна здатність k -го вузького місця; A_{jk} – ймовірність того, що автомобіль, що потрапляє на магістраль з j -го в'їзду, пройде через k -е вузьке місце. Побудована модель максимізує вихідний потік системи. Перша система обмежень вимагає, щоб у кожному вузькому дорожньому транспортне навантаження не перевищувало повної пропускної здатності у певному напрямку. Друга система обмежень вимагає, щоб інтенсивність вхідного потоку не перевищувала транспортного навантаження при будь-якому вхідному потоці. Третя система обмежень гарантує можливість рішення.

У цій моделі можуть бути використані й інші співвідношення: обмеження, що встановлюють максимальну довжину черги на усіх регульованих в'їздах; обмеження, що зрівнюють довжину черги на усіх регульованих в'їздах; обмеження, які гарантують, що транспортне навантаження не перевищить пропускної здатності вузького місця дороги на найбільш відповідальній смузі руху.

Висновки

1. Автомобільні транспортні потоки на сучасних кар'єрах відзначаються великою інтенсивністю та значною щільністю, що спричиняє необхідність складання графіка черговості розвантаження автосамоскидів на пункті розвантаження з метою отримання наочної картини перебігу процесу усереднення у його динаміці протягом зміни при фіксованих параметрах.

2. Перерозподіл автотранспортних засобів між пунктами завантаження та розвантаження ґрунтується на обробці інформації про стан екскаваторів, автосамоскидів, приймальних пунктів руди та пустої породи, що надходить протягом зміни.

3. При описі транспортних потоків на кар'єрі обов'язково потрібно з'ясувати, чи зможе середня пропускна здатність дороги у середньому забезпечити проходження потоку і чи не будуть при цьому безперервно виникати транспортні перевантаження.

Бібліографічний список / References

1. Кежиев Х. Х. Рудничные системы управления качеством минерального сырья / Х. Х. Кежиев, Г. Г. Ломоносов. – М.: Изд. МГУ, 2008. – 295 с.

Kejiev, H. H., Lomonosov, G. G. (2008), *Mine control system by the quality of mineral raw material*, Moscow, Russia, 295 p.

2. Трубецкой М. Г. Справочник. Открытые горные работы / М. Г. Трубецкой, Потапов М. Г., Виницкий К. Е., Мельников Н. Н. и др. – М.: Горное бюро, 1994. – 590 с.

Trubetskoi, M. G., Potapov, M. G., Vinnitskiy, K. E., Melnikov, N. N. (1994), *Reference Book. Open-pit mining*, Moscow, Russia, 590 p.

3. Шупов Л. П. Математические модели усреднения / Л. П. Шупов. – М.: Недра, 1978. – 287 с.

Shupov, L. P. (1978), *Mathematical models of up-scaling*, Moscow, Russia, 287 p.

4. Рудько Г. І. Геоінформаційні технології в надрокористуванні / Г. І. Рудько, М. В. Назаренко, С. А. Хоменко, О. В. Нецький, І. А. Федорева. – К.: Академпрес, 2011. – 336 с.

Rudko, G. I., Nazarenko, M. V., Homenko, S. A., Netzkiy, O. V., Fedoreva, I. A. (2011), *Geologic information technology in subsurface management*, Kyiv, Ukraine, 336 p.

5. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими / Д. Дрю. – М.: Транспорт, 1972. – 424 с.

Drew D. (1972), *The theory of transport streams and their management*, Moscow, Russia, 424 p.

Purpose. *Approbation of the results of design of work of a loading-transport complex of quarry inside of the shift. Forming of models: determinations of the structure and management type by work of the dumptracks; setting of routes of the dumptracks for the account of rhythm of receipt of mountain mass on the shifting points and intensities of traffic goods in narrow spaces.*

Methodology. *The imitation-optimization design of work of mine transport equipment is fixed in basis of design. On the base of statistical data laws of distribution of parameters of power-shovel, motor-car equipment and parameters of forming of mountain mass are formed on the shifting points. Optimization of forming the charts of work of equipment is executed with the use of the linear and integer-valued programming.*

Findings. *In the article methodology of forming of administrative influences is formed for the mine transport complex of quarry. The charts of work of the equipment contain pointing of points of loading and unloading of the mountain mass and quality descriptions of mountain breed both on the items of unloading and on the whole on a combine.*

Originality. *An operative case frame is improved by work of a loading-transport link of quarry on a removable interval by introduction of conformities to law of forming of chart of equipment on the base of imitation-optimization design.*

Practical value. *Forming of chart of work of pieces of loading and transport equipment of quarry on the different intervals of his work and reformatting of him at the change of productive situation on basis.*

Key words: *mining processing plant, management by motor transport, models of unloading order, intensity of a transport stream.*

**Рекомендована до друку
д. т. н. М. С. Четвериком**

Поступила 15.02.2017

**Metallurgical and Mining
Industry**

www.metaljournal.com.ua