

УДК 629.114.4+622.271

Куниця А.В., д.т.н., Куниця О.А., інж., Самісько Д.М., інж.

АДІ ДВНЗ «ДонНТУ», м. Горлівка

ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН КАР'ЄРНОГО ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ

Аналіз продуктивності КТК виконано з урахуванням зв'язку між вантажопідйомністю автосамоскида і часом його навантаження. Факторний аналіз продуктивності КТК здійснено з урахуванням безпосередньо процесу навантаження автосамоскида екскаватором і застосуванням: 1) аналітичної геометрії; 2) дрібно-лінійної функції, а також цієї функції, але з урахуванням повного процесу обслуговування автосамоскида.

Введення

Одним із важливих напрямків, що надають можливість підвищити показники роботи кар'єрного транспортного комплексу (КТК), є розвиток методик і моделей, які забезпечують системне функціонування його складових частин [1]. Тільки системне функціонування КТК максимально збільшує показники роботи його складових частин і КТК в цілому. Тому продуктивність гірничого виробництва, що здійснює КТК, залежить від продуктивності забійного екскаватора і автомобілів, що обслуговуються цим екскаватором, характеристик дорожньої траси, часу навантаження і розвантаження і множини інших факторів і їх параметрів.

Аналіз публікацій

Вирішенню задачі системного вибору навантажувального і розвантажувального устаткування і автомобілів з метою забезпечення максимальної провізної можливості КТК присвячено багато робіт, наприклад, [1]. При цьому використовувалися такі методи: 1) економіко-математичні; 2) моделювання; 3) статистично-ймовірнісні; 4) статистичних випробувань і 5) теорія парної кореляції [1].

З аналізу першого методу випливає позитивний висновок: критерієм оптимальності для оцінки роботи КТК є собівартість екскавації і транспортування гірничої маси до бункера дробильно-збагачувальної фабрики (ДЗФ).

Аналіз другого методу дозволяє зробити висновок, що він надає лише тільки «... математическую формулировку задачи» [1], а потім у відповідності «... с целью поставленной задачи выбирается метод решения и алгоритм его реализации на ЭВМ» [1].

При статистично-ймовірнісному методі застосовується теорія масового обслуговування з пуасонівським розподілом часу надходження автомобілів під навантаження і розвантаження за допомогою якої описується ймовірнісний процес подачі автомобіля до екскаватора і бункера ДЗФ з метою виконання процесів навантаження і розвантаження.

Фактично ж за допомогою пуасонівського розподілу, при його використанні для планового управління, визначення часу навантаження і розвантаження автомобілів, їх кількість і кількість екскаваторів визначається з ймовірністю, що не забезпечує узгодженості між показниками роботи складових частин КТК. Внаслідок цього ліквідується системне функціонування КТК і відбувається процес дезорганізації виробничого процесу усього КТК.

При застосуванні методу статистичних випробувань використовується «... весь статистический ряд временных параметров работы погрузочного и транспортного оборудования» [1], і це є позитивним моментом цього методу.

Теорія парної кореляції дозволяє «... выявить, изучить и количественно учесть в инженерных расчетах фактические взаимосвязи между факторами, параметрами и показателями работы автомобильного транспорта ...» [1]. На тій же сторінці стверджується, що «... бо-

лее складної задачею є задача знаходження функціональної взаємозв'язки між продуктивністю автомобілів і рядом важливіших визначаючих факторів».

У [2, 3] виконано факторне дослідження продуктивності автомобіля для здійсненого простого циклу перевезень [3]. Внаслідок цього дослідження фактично виконано за розрахунковою залежністю визначення продуктивності тільки автомобіля. Вказана залежність не описує процес взаємодії між екскаватором і автомобілем, який, як це встановлено теорією парної кореляції, виникає під час навантаження останнього гірничою масою.

Постановка завдання дослідження

Виконаний аналіз публікацій вказує на необхідність виконання факторного дослідження продуктивності не тільки одного автомобіля, а КТК в цілому з урахуванням парної кореляції впливу відомих статистичних характеристик і параметрів екскаватора та автомобіля. Це дозволить визначити можливі варіанти парних кореляцій параметрів екскаватора і автомобіля з наступним вибором, за показником собівартості екскавації і транспортування гірничої маси до бункера ДЗФ, одного остаточного варіанта вказаних вище парних кореляцій за допомогою використання економічно-математичних методів. Це надасть можливість здійснювати планове управління КТК шляхом взаємного узгодження відомих статистичних характеристик і параметрів екскаватора і автомобіля в умовах роботи конкретного кар'єра. Результати дослідження дозволять виконувати інженерні розрахунки, що націлені на забезпечення системного функціонування складових частин КТК з найвищою продуктивністю останнього.

Основна частина

1. Продуктивність КТК з урахуванням зв'язку між вантажопідйомністю автосамоскида і часом його навантаження екскаватором

Системне функціонування складових частин КТК відбувається тоді, коли кожна його складова частина (рис. 1) виконує специфічні власні завдання, але всі ці завдання впливають з однієї мети і сумісно забезпечують її досягнення з найвищою продуктивністю.

Викладене дозволяє графічно описати схему організації процесу перевезень КТК (рис. 1) і розпочати системне факторне дослідження продуктивності КТК.

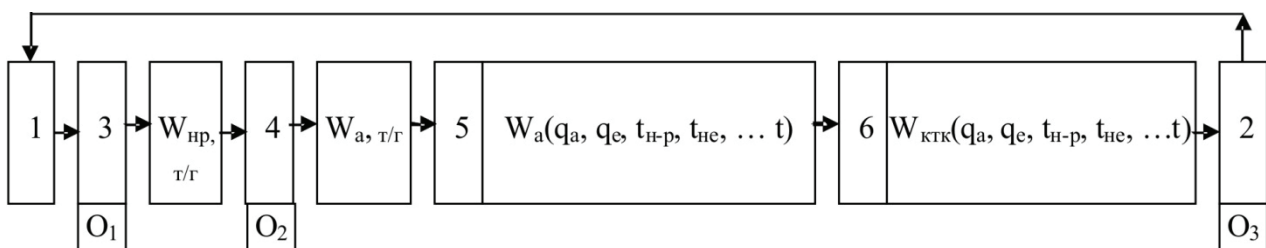


Рис. 1. Схема організації процесу перевезень кар'єрним транспортним комплексом

1 — вантажотворюючий пункт (кар'єр — ВУП); 2 — вантажопоглиблюючий пункт (дробильно-збагачувальна фабрика — ДЗФ), ВПП; 3 — навантажувальне обладнання (екскаватор); 4 — автосамоскид; 5 — вантажопотік КТК; 6 — транспортна продукція; O_1 , O_2 , O_3 — оператори

Процес вантажних перевезень виконується за участю оператора O_2 (рис. 1) одним автосамоскидом 4 від ВУП 1, де утворюється вантажопотік шляхом його навантаження екскаватором 3 за участю оператора O_1 , до ВПП 2, де вантаж попадає, за участю оператора O_3 , до бункера ДЗФ. Саме здійсненням процесу перевезення вантажопотік 5 перетворюється уже у

транспортну продукцію 6 ($mkm/год$). Визначають продуктивність P_m і $P_m^{q_a}$ ($m/год$) такого перевезення згідно залежності (1) або (2) [2]:

$$P_m = \frac{q_a \gamma_c V_m \beta_i}{l_{ib} + V_m \beta_i \sum t_{np}}, m / год; \quad (1)$$

$$P_m^{q_a} = \frac{q_a \gamma_c}{t_p + \sum t_{np}}, m / год, \quad (2)$$

де q_a – вантажопідйомність автосамоскида, т, яка є перемінною;

γ_c — коефіцієнт використання вантажопідйомності автосамоскида;

V_m — технічна швидкість автосамоскида;

β_i — коефіцієнт використання пробіга;

l_{ib} — їздка автосамоскида з вантажем;

P_m — продуктивність КТК без урахування її залежності від вантажопідйомності автосамоскида і часу навантаження, обумовленого характеристиками певного екскаватора;

$P_m^{q_a}$ — продуктивність КТК з урахуванням її залежності від вантажопідйомності одного автосамоскида і часу навантаження, обумовленого характеристиками певного екскаватора;

t_p — підсумкове значення часу руху автосамоскида певної марки у двох напрямках, яке дорівнює часу його руху з вантажем $t_{вант}$ і без нього $t_{нор}$. Тому $t_p = t_{вант} + t_{нор} = const$ (табл. 1).

$\sum t_{np}$ — перемінне підсумкове значення часу навантаження і розвантаження у годинах.

В роботі [3, с. 91] встановлено, що у залежності (1) продуктивність автомобіля від його вантажопідйомності залежить лінійно. У цій роботі не враховано, що підсумкове значення часу навантаження і розвантаження $\sum t_{np}$ також залежить від вантажопідйомності автомобіля.

Показник продуктивності визначає ефективність використання одного автосамоскида за вказаний період часу і характеризує ефективність організації процесу перевезень і системного функціонування складових частин КТК. Даний показник, як відомо [2, 3], залежить від ряду чинників, з яких в умовах КТК частина є керованими організатором перевезень (вантажопідйомність автосамоскида, підсумкове значення часу навантаження і розвантаження) і не керованими, постійними, тобто тими, які визначаються умовами експлуатації (сталими значеннями коефіцієнтів використання вантажопідйомності і використання пробігу автосамоскида, відстані перевезень, технічної швидкості автосамоскида).

Підсумкове значення часу навантаження та розвантаження $\sum t_{np}$ певної марки автосамоскида екскаватором конкретної моделі залежить від відповідних процесів, до яких входять наступні операції: 1) очікування навантаження; 2) маневрування; 3) навантаження; 4) розвантаження. Час очікування навантаження $t_{оч}$ в умовах КТК залежить від черги до екскаватора і має стале значення. Час маневрування t_m складається з часу під'їзду $t_{нид}$ автосамоскида до екскаватора, який має стале значення, і часу від'їзду $t_{вид}$ його від екскаватора. Час розвантаження $t_{роз}$ автосамоскида має стале значення. Сумарний час виконання операцій 1, 2, 4 має стале значення $t_{ном}$, яке дорівнює $t_{ном} = t_{оч} + t_{нид} + t_{вид} + t_{роз} = const$ (табл. 1).

Час навантаження t_n є переміною величиною, значення якої залежить від якості системної роботи кожної складової частини КТК, що утворена парою у складі одного екскаватора і декількох автосамоскидів з певними їх марками, і визначається згідно залежності [1]:

$$t_n = \frac{q_a \gamma_c}{q_e} t_e, година, \quad (3)$$

де q_e – вантажопідйомність ковша екскаватора, враховуючи особливості вантажу, т;

t_e – значення часу циклу навантаження одного ковша екскаватора, год.

Таким чином, підсумкове значення часу навантаження та розвантаження складається з постійної частини $t_{\text{пост}}$, що обумовлена організацією цих процесів і має стале значення, і перемінної частини t_n , що обумовлена організацією безпосередньо процесу навантаження, залежить від вантажопідйомності автосамоскида і визначається згідно залежності (3).

З урахуванням залежності (3) залежність (2) перетворюється у залежність (4), що водночас визначає продуктивність КТК, за умови роботи одного автосамоскида і екскаватора, при умові парної кореляції їх певних марок, і має вигляд

$$P_m^{q_a} = \frac{q_a \gamma_c}{t_p + t_{\text{ноcm}} + \frac{q_a \gamma_c}{q_e} t_e} = \frac{q_a q_e \gamma_c}{t_p q_e + t_{\text{ноcm}} q_e + q_a \gamma_c t_e}, m / \text{год}. \quad (4)$$

2. Факторний аналіз з використанням аналітичної геометрії продуктивності КТК з урахуванням безпосередньо процесу навантаження автосамоскида екскаватором

З метою встановлення графічного виду залежності (4) перетворимо її у залежність:

$$P_m^{q_a} q_a t_e \gamma_c + P_m^{q_a} q_e (t_p + t_{\text{ноcm}}) - q_a q_e \gamma_c = 0, m^2. \quad (5)$$

Позначимо продуктивність $P_m^{q_a}$ символом y , а вантажопідйомність q_a символом x . Тоді залежність (5) перетворюється у залежність (6), яка має вид:

$$y x t_e \gamma_c + y q_e (t_p + t_{\text{ноcm}}) - x q_e \gamma_c = 0, m^2. \quad (6)$$

Залежність (6) описує центральну криву другого порядку, загальний вид якої [4]:

$$a x^2 + 2 b x y + c y^2 + 2 d x + 2 e y + f = 0, m^2. \quad (7)$$

Коефіцієнти при перемінних залежності (6) згідно залежності (7) дорівнюють:

$$1) a = 0; 2) 2b = t_e \gamma_c; 3) c = 0; 4) 2d = -q_e \gamma_c; 5) 2e = q_e (t_p + t_{\text{ноcm}}); 6) f = 0.$$

Визначимо дійсні координати центру гіперболи за допомогою формул [4]:

$$x'_0 = \frac{be - cd}{ac - b^2} = -\frac{q_e (t_p + t_{\text{ноcm}})}{t_e \gamma_c}, m; \quad (8)$$

$$y'_0 = \frac{bd - ae}{ac - b^2} = \frac{q_e}{t_e}, m/\text{годину}. \quad (9)$$

Визначимо кут повороту гіперболи у нових системах координат Y'_0 і X'_0 [4]:

$$\text{tg} 2\alpha = \frac{2b}{a - c} = \frac{t_e \gamma_c}{0 - 0} = \infty. \text{ Звідси } 2\alpha = 90^\circ, \text{ а } \alpha = 45^\circ. \quad (10)$$

Якщо визначити елементи гіперболи згідно [4], то вони всі будуть мати певну невизначеність. Це вказує на те, що залежності (4)...(6) у системах координат y і x описують якусь частину гіперболи, і невизначеність значень всіх її елементів пояснюється саме цим. Внаслідок цього не встановлено графічний характер залежностей (4)...(6), і, тому, неможливо виконати математичний аналіз цих залежностей, а без цього неможливо забезпечити системне функціонування складових частин КТК і його в цілому.

3. Факторний аналіз з використанням дрібно-лінійної функції продуктивності КТК з урахуванням безпосередньо процесу навантаження автосамоскида екскаватором

Для того, щоб встановити графічний характер залежностей (4) ... (6) використаємо підхід, що заснований на математичному аналізі дрібно-лінійних функцій. Цей підхід застосований у роботі [3] під час факторного дослідження продуктивності автомобіля самого по собі, зокрема, залежностях (4.44), (4.45) на с. 89 і в таблиці 11 на с. 91 цієї роботи.

У рівнянні (4) поділимо чисельник і знаменник на $t_e \gamma_c$, і отримаємо залежність (11):

$$P_m^{q_a} = \frac{q_a \frac{q_e \gamma_c}{t_e \gamma_c}}{\frac{q_e t_p}{t_e \gamma_c} + \frac{q_e t_{nocm}}{t_e \gamma_c} + \frac{t_e \gamma_c}{t_e \gamma_c} q_a} = \frac{q_a \frac{q_e}{t_e}}{\frac{q_e t_p}{t_e \gamma_c} + \frac{q_e t_{nocm}}{t_e \gamma_c} + q_a} = \frac{a_q q_a}{q_a + c_q}, m / год, \quad (11)$$

де $c_q = \frac{q_e (t_p + t_{nocm})}{t_e \gamma_c}$. Вираз c_q за абсолютним значенням співпадає з виразом x'_0 у (8).

$a_q = q_e / t_e$ — координата положення асимптоти продуктивності процесу транспортування вантажу КТК на вісі $P_m^{q_a}$. Відзначимо, що вираз a_q співпадає з виразом y'_0 у виразі (9). Водночас значення a_q має фізичний зміст, бо це максимально можливе значення продуктивності КТК, при умові використання одного екскаватора і одного автосамоскида певних марок. Відзначимо, що ця продуктивність КТК обмежена значенням продуктивності процесу навантаження автосамоскида 4 екскаватором 3. З цієї точки зору, якщо екскаватор 3 працював сумісно з якимось конвеєрним транспортером, який би безперервно надсилав гірничу масу до бункера ДЗФ 2, то процес транспортування вантажу мав би цю продуктивність. Це рішення можна запропонувати керівництву рудоуправління.

Якщо екскаватор замінити роторною технікою, що буде працювати сумісно з конвеєрним транспортером [5], то продуктивність за її значенням буде ще вищою, ніж q_e / t_e .

Значення продуктивності q_e / t_e , у дійсних умовах КТК, можна було б отримати, якщо у рівнянні (11) відношення $\frac{q_a}{\frac{q_e (t_p + t_{nocm})}{t_e \gamma_c} + q_a}$ дорівнювало б 1. Тоді $q_a = \frac{q_e (t_p + t_{nocm})}{t_e \gamma_c} + q_a$,

що не можливо здійснити ні математично, ні, тим більше, технічно, бо для цього необхідно, щоб $\frac{q_e (t_p + t_{nocm})}{t_e \gamma_c}$ дорівнювало б нулю.

Загалом все це вказує на те, що рівняння (4) ... (6), (11) дійсно описується гіперболою.

Значення продуктивності КТК, що сягає нескінченості, впливає з наявності у гіперболі другої гілки, положення якої можна отримати, коли знаменник рівняння (11) дорівнює 0.

Тоді $q_a = -c_q = -\frac{q_e (t_p + t_{nocm})}{t_e \gamma_c}$ має негативне значення, яке визначає координату по-

ложення асимптоти вантажопідйомності автосамоскида на вісі q_a , при якій продуктивність КТК досягає нескінченості. При цьому вантажопідйомність автосамоскида має негативне значення, що фізично неможливо. Дійсні значення вантажопідйомності автосамоскида технічно і математично змінюються від 0 до максимально можливих позитивних значень.

Точка симетрії гіперболи визначає те максимально можливе значення вантажопідйомності автосамоскида, до якого ще є сенс його збільшувати. Знайдемо положення цієї точки.

Для цього перейдемо до нової системи координат згідно наступних залежностей (рис. 2):

$$P'_m = Y' = Y - a_q = P_m^{q_a} - a_q, m / год; \quad (12)$$

$$q'_a = X' = x + c_q = q_a + c_q, m. \quad (13)$$

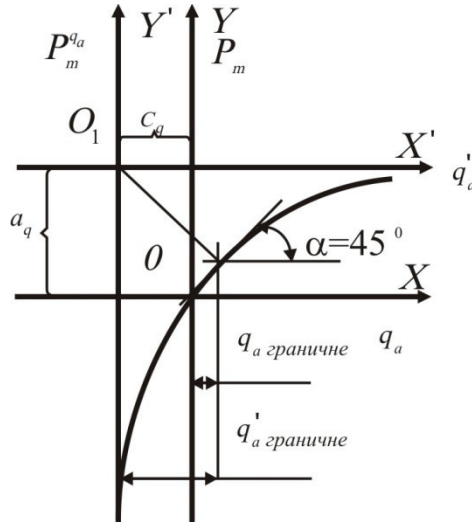


Рис. 2. Характер кривої продуктивності кар'єрного транспортного комплексу

Тоді залежність (12) перетвориться в наступну залежність (14):

$$P'_m = \frac{a_q q_a}{x + c_q} - a_q = -\frac{a_q c_q}{q'_a} = -\frac{q_e^2 (t_p + t_{ном})}{t_e^2 \gamma_c} \frac{1}{q'_a}, m / год. \quad (14)$$

Як відомо, перша похідна $(P'_m)'_{q'_a}$ від виразу (14) за частковою змінною q'_a чисельно дорівнює значенню тангенсу кута α нахилу дотичної до гіперболи у певній її точці, визначеній значенням q'_a , тобто $(P'_m)'_{q'_a} = \operatorname{tg} \alpha$. Відзначимо, що чисельне значення цієї похідної має розмірність $1/год$. Тому умовно відзначимо це тим, що поділимо $\operatorname{tg} \alpha$ на символ t , який чисельно дорівнює 1, а розмірність його — години. Тому похідна $(P'_m)'_{q'_a}$ від виразу (14) має вигляд:

$$(P'_m)'_{q'_a} = -\left(\frac{q_e^2 (t_p + t_{ном})}{t_e^2 \gamma_c} \frac{1}{q'_a} \right)'_{q'_a} = \frac{q_e^2 (t_p + t_{ном})}{t_e^2 \gamma_c} \frac{1}{q'^2_a} = \operatorname{tg} \alpha / t, год^{-1}. \quad (15)$$

Залежність (15) дозволяє визначити граничне значення вантажопідйомності q'_a граничне при певному значенні першої похідної:

$$q'_a \text{ граничне} = \sqrt{\frac{q_e^2 (t_p + t_{ном}) t}{t_e^2 \gamma_c \operatorname{tg} \alpha}}. \quad (16)$$

Залежність (16) дозволяє визначити конкретне значення q'_a граничне при певному значенні похідної $(P'_m)'_{q'_a}$, наприклад, коли $\alpha = 45^\circ$, тоді $\operatorname{tg} \alpha = 1$:

$$q_a' \text{ границне} = \frac{q_e}{t_e} \sqrt{\frac{t(t_p + t_{ном})}{\gamma_c}}, m. \quad (17)$$

При певному значенні похідної $(P_m')_{q_a}$, визначаємо, з виразу (14), продуктивність КТК:

$$P_m' = -\frac{q_e^2(t_p + t_{ном})}{t_e^2 \gamma_c} \frac{1}{q_a'} = -\frac{q_e}{t_e} \sqrt{\frac{(t_p + t_{ном}) t g \alpha}{t \gamma_c}}, m/год. \quad (18)$$

Залежність (18) деталізує той факт, що продуктивність процесу перевезень КТК залежить від таких параметрів: 1) екскаватора — q_e, t_e ; 2) автосамоскида і вантажу — $q_a' \text{ границне}, \gamma_c$; 3) автосамоскида, вантажу, організації процесу перевезень — $t_p + t_{ном}$. Виконуючи розрахунки за залежністю (18) для кожного можливого з'єднання одного автосамоскида і одного екскаватора певних марок, що мають відповідні значення своїх параметрів, отримаємо набір відповідних значень продуктивності процесу перевезень КТК.

4. Факторний аналіз з використанням дрібно-лінійної функції продуктивності КТК з урахуванням повного процесу обслуговування автосамоскида екскаватором

Час повного обслуговування $t_{обс}$ екскаватором самоскида є підсумком часу: 1) очікування $t_{оч}$; 2) маневрування при під'їзді $t_{нід}$; і від'їзді $t_{від}$; 3) навантаження t_n при значенні вантажопідйомності самоскида, що визначається згідно залежності (3) або (22) (табл. 1, 2).

При цьому необхідно здійснити перехід до дійсних систем координат для значень вантажопідйомності згідно (12) і (13), які отримують вирази формул (19) і (20):

$$P_m^{q_a} = P_m' + a_q = -\frac{q_e}{t_e} \sqrt{\frac{(t_p + t_{ном}) t g \alpha}{t \gamma_c}} + \frac{q_e}{t_e} = \frac{q_e}{t_e} \left(1 - \sqrt{\frac{(t_p + t_{ном}) t g \alpha}{t \gamma_c}} \right), m/год; \quad (19)$$

$$\begin{aligned} q_a \text{ границне} &= q_a' \text{ границне} - c_q = \frac{q_e}{t_e} \sqrt{\frac{t(t_p + t_{ном})}{\gamma_c t g \alpha}} - \frac{q_e(t_p + t_{ном})}{t_e \gamma_c} = \\ &= \frac{q_e}{t_e} \left(\sqrt{\frac{t(t_p + t_{ном})}{\gamma_c t g \alpha}} - \frac{t_p + t_{ном}}{\gamma_c} \right), m. \end{aligned} \quad (20)$$

Залежність (20) дозволяє при відомій вантажопідйомності автомобіля визначити $t g \alpha$

$$t g \alpha = \left(\frac{q_e}{t_e} \right)^2 \frac{t(t_p + t_{ном})}{\gamma_c} \left(q_a^2 + 2q_a \frac{q_e}{t_e} \frac{(t_p + t_{ном})}{\gamma_c} + \left(\frac{q_e}{t_e} \right)^2 \left(\frac{t(t_p + t_{ном})}{\gamma_c} \right)^2 \right)^{-1}. \quad (21)$$

Тоді і формула (3) для цього випадку отримує новий вираз, який має вигляд:

$$t_n = \frac{q_e}{t_e} \left(\sqrt{\frac{t(t_p + t_{ном})}{\gamma_c t g \alpha}} - \frac{t_p + t_{ном}}{\gamma_c} \right) \frac{\gamma_c}{q_e} t_e = \sqrt{\frac{\gamma_c t(t_p + t_{ном})}{t g \alpha}} - (t_p + t_{ном}), год. \quad (22)$$

Тоді значення повного часу обслуговування автомобіля екскаватором $t_{обс}$ має вигляд:

$$t_{обс} = t_{оч} + t_{нід} + t_{від} + t_n, год. \quad (23)$$

Значення часу однієї їздки $t_{їздки}$ має вигляд:

$$t_{їздки} = t_n + t_p + t_{nocm}, \text{ зод.} \quad (24)$$

З рівнянь (23) і (24) випливає, що екскаватор зможе обслуговувати N_a^3 автомобілів:

$$\begin{aligned} N_a^3 &= \frac{t_n + t_p + t_{nocm}}{t_{oc} + t_{nid} + t_{vid} + t_n} = \frac{t_n + t_p + t_{oc} + t_{nid} + t_{vid} + t_{poz}}{t_{oc} + t_{nid} + t_{vid} + t_n} = \\ &= 1 + \frac{t_p + t_{poz}}{t_{oc} + t_{nid} + t_{vid} + t_n}, \text{ кількість самоскидів.} \end{aligned} \quad (25)$$

Тоді продуктивність КТК $P_3^{N_a}$ у складі одного екскаватора і N_a^3 самоскидів досягає:

$$P_3^{N_a} = \frac{q_e}{t_e} \left(1 - \sqrt{\frac{(t_p + t_{nocm})tg\alpha}{t\gamma_c}} \right) \left(1 + \frac{t_p + t_{poz}}{t_{oc} + t_{nid} + t_{vid} + t_n} \right), m / \text{зод.} \quad (26)$$

Кількість перевезених тонн за рік цим КТК $P_3^{N_a}$ рік буде становити:

$$P_3^{N_a} \text{ рік} = \frac{q_e}{t_e} \left(1 - \sqrt{\frac{(t_p + t_{nocm})tg\alpha}{t\gamma_c}} \right) \left(1 + \frac{t_p + t_{poz}}{t_{oc} + t_{nid} + t_{vid} + t_n} \right) T_n Z_{змін} D_{роб} \alpha_{вук}, m. \quad (27)$$

де $\alpha_{вук}$ — коефіцієнт використання рухомого складу.

Кількість $N_{КТК}$ таких КТК, яка забезпечує виконання річного плану $Q_{рік}$, визначається:

$$\begin{aligned} N_{КТК} &= Q_{рік} (P_3^{N_a} \text{ рік})^{-1} = \\ &= Q_{рік} \left(\frac{q_e}{t_e} \left(1 - \sqrt{\frac{(t_p + t_{nocm})tg\alpha}{t\gamma_c}} \right) \left(1 + \frac{t_p + t_{poz}}{t_{oc} + t_{nid} + t_{vid} + t_n} \right) T_n Z_{змін} D_{роб} \alpha_{вук} \right)^{-1}. \end{aligned} \quad (28)$$

Єдиний КТК цього рудоуправління може складатися з різних складових його частин, кожна з яких утворюється поєднанням у пари певних марок одного екскаватора і декількох автосамоскидів з різними технічними показниками. Тому підрахунки за виразами (19) – (28) необхідно виконувати для кожної складової частини КТК окремо, тому що кожна з них має свої відповідні значення q_e, t_e, γ_c, q_a граничне, q_a граничне, $P_m^i, P_m^{q_a}, t_{обс}, t_{їздки}, t_p, t_{nid}, t_{vid}, t_n$. Але це не дає остаточної відповіді на питання, яка складова частина єдиного КТК рудоуправління має переваги і який же склад цих складових частин він повинен мати, щоб у нього були найкращі показники, бо кожна складова частина має різні значення вказаних вище показників, виконуючи той же обсяг річного плану $Q_{рік}$, а $Q_{рік}$ є спільним для складових частин КТК.

Остаточно визначити найкращий склад КТК можна, використовуючи економічні показники.

У таблиці 1 наведено значення деяких параметрів, що мають відношення до технологічного процесу вантажних кар'єрних перевезень, який відбувається у Комсомольському рудоуправлінні. Можливі розрахункові параметри технічного системного функціонування різних складових частин КТК Комсомольського рудоуправління наведено у таблиці 2.

Таблиця 1
Характеристики автосамоскида, екскаватора і процесу вантажних кар'єрних перевезень у Комсомольському рудоуправлінні

Екскаватор	$q_a, m, \phi. (1)$	$\gamma_c, \phi. (1)$	$q_e, m, \phi. (3)$	Час		Час $t_n, год., с. 4$	Час складові постійного значення часу				Час $t_m, год., с. 3$	Час $t_{пост}, год., с. 3$
				$t_{вант}, год., с. 3$	$t_{пор}, год., с. 3$		Час $t_{он}, год., с. 3$	Час $t_{мд}, год., с. 3$	Час $t_{від}, год., с. 3$	Час $t_{роз}, год., с. 3$		
ЕКГ-5	40	0,759	12,6	0,0958	0,0722	0,03542	0,0075	0,0061	0,005	0,0133	0,0111	0,0319
ЕКГ-5	110	0,759	12,6	0,0958	0,0722	0,0974	0,0083	0,0067	0,0077	0,03	0,0125	0,0508
ЕКГ-8	40	0,759	20,8	0,0958	0,0722	0,0260	0,0075	0,0061	0,005	0,0133	0,0111	0,0319
ЕКГ-8	110	0,759	20,8	0,0958	0,0722	0,0715	0,0083	0,0067	0,0077	0,03	0,0125	0,0508
ЕКГ-10	40	0,759	26	0,0958	0,0722	0,0230	0,0075	0,0061	0,005	0,0133	0,0111	0,0319
ЕКГ-10	110	0,759	26	0,0958	0,0722	0,06326	0,0083	0,0067	0,0077	0,03	0,0125	0,0508

Таблиця 2
Розрахункові параметри технічного системного функціонування різних складових частин кар'єрного транспортного комплексу Комсомольського рудоуправління

Екскаватор	$q_a, m, \phi. (1)$	$\operatorname{tg} \alpha, \text{ при } q_a, \phi. 21$	α	$P_m^{q_a}, m/год, \phi. 4$	$x_0, T, \phi. 8$	$y_0, m/год, \phi. 9$	$q_a \text{ границе } T, \text{ при } \alpha = 45^\circ, \phi. 20$	$t_{обс}, год, \phi. 23$	$t_{гздки}, год, \phi. 24$	$N_a^3, штук, \phi. 25$	$P_a^{N_a}, m/год, \phi. 26$	$P_a^{N_a}, m/рік, \phi. 27$	$N_{КТК}, \phi. 28$
ЕКГ-5	40	2,74	$69^{\circ}57'$	128,57	225,75	857,14	214,1	0,0542	0,2355	4(4,3)	514,28	1776907	1,07
ЕКГ-5	110	1,66	$58^{\circ}57'$	240,03	247,09	857,14	213,1	0,1180	0,3161	2(2,7)	480,06	1658673	1,15
ЕКГ-8	40	2,975	$71^{\circ}25'$	134,40	307,76	1168,5	291,9	0,0447	0,2259	5(5,0)	672	2321851	0,82
ЕКГ-8	110	1,4369	$55^{\circ}10'$	287,65	336,86	1168,5	290,5	0,0922	0,2903	3(3,1)	862,95	2981609	0,64
ЕКГ-10	40	3,0551	$71^{\circ}53'$	124,02	347,6	1319,8	329,7	0,0417	0,223	5(5,3)	620,1	2142530	0,89
ЕКГ-10	110	2,088	$64^{\circ}25'$	295,96	380,46	1319,8	328,1	0,0842	0,2822	3(3,3)	887,88	3067746	0,62

Висновки

1. Доведено, що використання результатів аналізу продуктивності лише одного вантажного автомобіля є не повним, і тому залишаються шляхи покращення перевізного процесу.

2. Продуктивність перевізного процесу з урахуванням зв'язку між вантажопідйомністю автомобіля і часом його навантаження описується гіперболою, центр якої не співпадає з початком системи координат з дійсними значеннями продуктивності і вантажопідйомності, який визначається згідно залежностей (19) і (20).

3. Вираз $\sqrt{\frac{(t_p + t_{ном})tg\alpha}{t\gamma_c}}$ складової частини залежності (19) є коефіцієнтом зниження

продуктивності перевізного процесу у залежності від показників, що містить ця частина.

4. Залежність (21) є похідною від продуктивності перевізного процесу за вантажопідйомністю автомобіля у залежності від показників, що містить залежність (21).

5. Значення похідної за залежністю (21) для існуючих складових частин КТК в умовах Комсомольського рудоуправління лежать у межах 1,5 – 3,0 годин⁻¹ (стовпчик 3 таблиці 2).

6. Ступінь використання продуктивності перевізного процесу (стовпчик 5 табл. 2) відносно її максимально можливого значення (стовпчик 7 табл. 2) для існуючих складових частин КТК в умовах Комсомольського рудоуправління може лежати у межах 10 – 28%.

7. Підвищити продуктивність перевізного процесу в умовах Комсомольського рудоуправління можна шляхом підвищення вантажопідйомності до значень, коли значення похідної за залежністю (21) досягає 1, і зменшення показників, що містить вираз у пункті 3 висновків.

Подальший розвиток роботи, що планується

1. Виконати аналіз продуктивності перевізного процесу з урахуванням сумісного зв'язку між вантажопідйомністю автомобіля, часом його навантаження і руху.

2. Розробити методіку визначення економічної ефективності перевізного процесу, що здійснюється складовими частинами кар'єрного транспортного комплексу згідно пункту 1.

Список літератури

1. Васильев М.В., Сироткин З.Л., Смирнов В.П. Автомобильный транспорт карьеров. — М.: Недра, 1973. — 280 с.
2. Теория транспортных процессов и систем: Учеб. для вузов / А.В. Вельможин, В.А. Гудков, Л.Б. Миротин. — М.: Транспорт, 1998. — 167 с.
3. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки. — 2-е изд., перераб. и доп. — К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. — 447 с.
4. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. — М.: Физматгиз, 1959. — 608 с.
5. Как вехи истории их имена // Голос Экибастуза [Электронный ресурс]. — №34 от 23.08.2007. — Режим доступа к журн.: http://www.golos.ekibastuz.kz/?izdanie=34_2007&id=4

Стаття надійшла до редакції 07.04.08

© Куниця А.В., Куниця О.А., Самісько Д.М., 2008