

МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ВІДТВОРЕННЯМ ПАРКУ ПОРТОВИХ ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНИХ МАШИН ЗА КІЛЬКОХ ПРИЧАЛІВ

© Постан М.Я., Москвіченко І.М., Роціна Н.В., 2010

Розроблено динамічну модель роботи портового терміналу, до складу якого входить кілька причалів, з урахуванням можливості заміни перевантажувальних машин внаслідок їх фізичного й морального зношення. Досліджено умови існування статистично рівноважного режиму роботи динамічної системи «портовий термінал з кількома причалами».

Ключові слова: портовий термінал, парк перевантажувальних машин, фізичний й моральний знос, заміна машин, рівноважний режим.

The port working by several berths dynamic model taking into account possibility of replacement of transshipment machinery owing to their physical and obsolescence is developed. Living conditions of statistically equilibrium operating mode of dynamic system «port terminal with several berths» are investigated.

Keywords: the port terminal, park of transshipment machinery, physical and an obsolescence, replacement of machinery, an equilibrium mode.

Постановка проблеми

В умовах необхідності прискорення переходу економіки України на шлях інноваційного розвитку першочерговим є питання оновлення основних виробничих фондів портів, стан зношення яких на цей час є критичним. Для морських торговельних портів інноваційне відтворення парків виробничого обладнання також є одним з основних завдань внаслідок того, що від забезпечення високого технологічного рівня портів залежить успіх їхньої інтеграції до європейської та світової транспортних систем.

У зв'язку з вищевикладеним важливістю набуває вирішення питань оптимального управління процесом відтворення парків виробничого обладнання на основі використання апарата економіко-математичного моделювання. У той самий час проблема економіко-математичного моделювання відтворення парків виробничого обладнання з урахуванням одночасно фізичного та морального зношення машин ще далека від свого повного вирішення, незважаючи на її актуальність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В останній час багато досліджень було присвячено оптимізації відтворення парків машин під час урахування тільки їхнього фізичного зношення на підставі математичної теорії надійності [1; 2] та методів дослідження операцій [3; 4]. Дослідження впливу науково-технічного прогресу на процес відтворення обладнання є значно складнішим та потребує відповідного розвитку та узагальнення існуючих методів моделювання.

У [5] було розроблено математичну модель функціонування портового терміналу, на якому працює парк перевантажувальних машин, з урахуванням одночасно їхнього фізичного та морального зношення. При цьому використовувались методи теорії запасів та нелінійної динаміки.

В експлуатаційній практиці портів часто зустрічається ситуація, коли вантажно-розвантажувальні роботи виконуються одночасно на кількох причалах, що входять до складу одного терміналу (портового перевантажувального комплексу). Тому теоретичний і практичний інтерес являє узагальнення результатів попередньої наукової доробки на випадок кількох причалів.

Постановка цілей

Мета роботи – розробити економіко-математичну модель оптимального управління відтворенням парку портових перевантажувальних машин за кількох причалів з одночасним урахуванням фізичного та морального зношення.

Виклад основного матеріалу

Зробимо необхідні припущення й введемо умовні позначення. Через n позначатимемо кількість взаємозамінних причалів. Вважаємо, що на j -му причалі у момент часу t працюють $N_{1j}(t)$ машин старої моделі (тобто порталні крани або контейнерні перевантажувачі). Продуктивність однієї такої машини дорівнює Π_{1j} . Нехай також на j -му причалі діють машини нової моделі, чисельність яких у момент часу t дорівнює Π_{2j} , причому продуктивність однієї такої машини $\Pi_{2j} > \Pi_{1j}$. Отже, загальна чисельність парку перевантажувальних машин на портовому терміналі в момент часу t дорівнюватиме

$$N_1(t) + N_2(t) = \sum_{j=1}^n (N_{1j}(t) + N_{2j}(t)) \cdot$$

Виражаючись мовою теорії масового обслуговування, розглянемо причальний фронт портового терміналу, як багатоканальну систему масового обслуговування з каналами різної продуктивності [6].

Використовуючи ті самі міркування, що і у [5], неважко показати, що динамічна імовірнісна модель відтворення парку машин у цьому разі матиме такий вигляд:

$$Q_1(t) = Q_1(0) + S(t) - \int_0^t \sum_{j=1}^n [P_{1j}N_{1j}(\tau) + P_{2j}N_{2j}(\tau)] \alpha_j(\tau) d\tau; \quad (1)$$

$$Q_2(t) = Q_2(0) + \int_0^t \sum_{j=1}^n [P_{1j}N_{1j}(\tau) + P_{2j}N_{2j}(\tau)] \alpha_j(\tau) d\tau - W \int_0^t I(Q_1(\tau) + Q_2(\tau) > 0) d\tau; \quad (2)$$

$$\frac{d}{dt} N_{1j}(t) = I_{1j}^{(1)} - I_{2j}^{(1)} N_{1j}(t) N_{2j}(t) - m_{1j} N_{1j}(t); \quad (3)$$

$$\frac{d}{dt} N_{2j}(t) = I_{1j}^{(2)} - m_{2j} N_{2j}(t), \quad j = 1, 2, \dots, m. \quad (4)$$

Змінні й параметри, що використовуються під час запису рівнянь (1)–(4), мають такий зміст:

$Q_1(t)$ – кількість вантажу, що перебуває в момент часу t на транспортних засобах (суднах), які знаходяться під вивантаженням або в очікуванні вивантаження у черзі до вільного причалу;

$Q_2(t)$ – кількість вантажу, що перебуває на складі в момент часу t (вважаємо, що увесь вантаж під час вивантаження з судна безпосередньо йде на склад);

$S(t)$ – загальна кількість вантажу, що надійшов у порт (на портовий термінал) у проміжку часу $(0, t]$;

W – інтенсивність вивезення вантажу зі складу суміжним видом транспорту в припущенні, що він вивозиться рівномірно за часом;

$a_j(t)$ дорівнює 1, якщо j -й причал у момент часу t зайнятий, і дорівнює нулю в протилежному випадку;

$I_1^{(1)}, I_1^{(2)}$ – інтенсивності закупівлі машин першого (застарілого) і другого (нового) типу відповідно;

$-I_2^{(1)} N_1(t) N_2(t)$ – інтенсивність вибуття (списання) застарілих машин у результаті їхніх заміन новими машинами;

$-m_{1j} N_{1j}(t)$ і $-m_{2j} N_{2j}(t)$ – інтенсивності списання морально застарілих і нових машин відповідно до їхнього повного фізичного зношення;

$I(A)$ – індикатор події A , тобто $I(A) = 1$, якщо подія A відбувається, й $I(A) = 0$ – у протилежному випадку.

Вважаємо далі, що

$$S(t) = \sum_{i=1}^{v(t)} g_i,$$

де $v(t)$ – кількість навантажених суден, що прибули до порту в проміжку $(0, t]$, причому

$$P\{v(t) = k\} = \frac{(\Lambda t)^k}{k!} e^{-\Lambda t}, \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

(Λ – інтенсивність пуассонівського потоку суден; g_1, g_2, \dots – вантажопідйомності суден, які загалом можна вважати взаємно незалежними випадковими величинами з однією й тією самою функцією розподілу $G(x) = P\{g_1 \leq x\}$).

Стационарний імовірнісний розподіл випадкового процесу $(Q_1(t), Q_2(t), a_1(t), \dots, a_n(t))$ може бути знайдений методами, наведеними у [2], у разі $G(x) = 1 - e^{-x/g}, x \geq 0$.

За $t \rightarrow \infty$ з рівнянь (3), (4) випливають такі формули для знаходження стаціонарних значень чисельності машин, що діють на причалах:

$$N_{1j}^* = \frac{I_{1j}^{(1)} m_{2j}}{m_{1j} m_{2j} + I_{2j}^{(1)} I_{1j}^{(2)}}, \quad (5)$$

$$N_{2j}^* = \frac{I_{1j}^{(2)}}{m_{2j}}, \quad j = 1, 2, \dots, N.$$

Інноваційна активність керівництва портового терміналу виражається у виборі $2n$ параметрів

$$I_{11}^{(2)}, I_{12}^{(2)}, \dots, I_{1n}^{(2)}, I_{21}^{(1)}, I_{22}^{(1)}, \dots, I_{2n}^{(1)}.$$

Нехай, наприклад:

$$I_{1j}^{(2)} = I_{2j}^{(1)}, \quad j = 1, 2, \dots, n,$$

тобто для машин, що діють на усіх причалах, інтенсивності закупівель нових машин збігаються з інтенсивностями заміщення машин старого зразка новими. Позначимо

$$x_j = I_{1j}^{(2)} = I_{2j}^{(1)}.$$

Тоді можна поставити завдання знаходження таких значень

$$x_j, \quad j = 1, 2, \dots, n,$$

які б мінімізували сумарні експлуатаційні витрати, тобто

$$R(x_1, \dots, x_n) = \sum_{j=1}^n (I_{1j} p_j + I_{2j} q_j) + \sum_{j=1}^n (r_{1j} N_{1j}^* + r_{2j} N_{2j}^*) + r_3 M Q_2^* \rightarrow \min \quad (6)$$

за умов

$$\sum_{j=1}^n (\Pi_{1j} N_{1j}^* + \Pi_{2j} N_{2j}^*) > \Lambda g, \quad (7)$$

де r_1 і r_2 – експлуатаційні витрати для машин старого і нового зразка відповідно ($r_1 > r_2$); r_3 – витрати на зберігання одиниці вантажу на складі в одиницю часу; p_j і q_j – середня вартість однієї машини відповідно старого і нового типу, призначеної для j -го причалу.

Висновки

Розроблена динамічна модель відтворення парку портових перевантажувальних машин з урахуванням їхнього фізичного й морального зношення у разі кількох причалів дає змогу визначити оптимальні терміни й обсяги заміни старих машин на машини інноваційного типу. Варто також зазначити, що отримані результати дають можливість розробляти методики оцінки економічної ефективності заміни машин на основі методу чистої приведеної вартості NPV , оскільки за їх допомогою можна оцінювати поточні доходи й витрати, пов'язані з експлуатацією машин і відновленням їхнього парку.

Перспективи подальших досліджень

Використовуючи наведений підхід, у подальших наукових дослідженнях можна розробляти й аналізувати подібні динамічні моделі функціонування портових терміналів з урахуванням відновлення їх перевантажувального обладнання та різноманітних технологічних особливостей, зокрема, з урахуванням раптових відмов машин та їх ремонту, організацією періодичних ремонтів тощо.

1. Ширяева Л.В. Методы и модели управления воспроизводством парков оборудования. Вероятностный подход: монография / Л.В. Ширяева. – Одесса: Астропринт, 2008. – 256 с. 2. Постан М.Я. Экономико-математические модели смешанных перевозок / М.Я. Постан. – Одесса: Астропринт, 2006. – 376 с. 3. Кудрявцев Е.М. Исследование операций в задачах, алгоритмах и программах / Е.М. Кудрявцев. – М.: Радио и связь, 1984. – 183 с. 4. Акоф Р. Основы исследования операций / Р. Акоф, М. Сасиени. – М.: Мир, 1971. – 533 с. 5. Роцина Н.В. Динамическая модель воспроизводства портовых перегрузочных машин с учетом их физического и морального изношения / Н.В. Роцина, И.М. Москвиченко // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: зб. наук. праць. – Одеса: ОНМУ, 2009. – Вип. 16. – С. 11–19. 6. Гнеденко Б.В. Введение в теорию массового обслуживания / Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко. – М.: Наука, 1966. – 301 с.