

УДК 656.073.2

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ СУМАРНИХ ВИТРАТ НА ВИКОНАННЯ НАВАНТАЖУВАЛЬНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ РОБІТ ВІД ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ

Северин О.О., Шуліка О.О., Потаман Н.В.

RESEARCH OF THE DEPENDENCE OF TOTAL COSTS ON THE PERFORMANCE OF LOADING AND UNLOADING OPERATIONS FROM THE MAIN INDICATORS OF MECHANIZATION DEVICES WORK

Severin O.O., Shulika O.O., Potaman N.V.

В роботі приведені результати дослідження залежності загальних витрат на виконання навантажувально-розвантажувальних робіт від основних техніко-експлуатаційних показників для заданих умов експлуатації в транспортних вузлах. Також у роботі запропоновано методику вибору раціональної технології навантажувально-розвантажувальних робіт для основних груп вантажів.

Ключові слова: технологія навантажувально-розвантажувальних робіт, витрати, регресійна модель.

Вступ. Варіативність виконання навантажувально-розвантажувальних робіт (НРР) першочергово залежить від умов виконання вантажних робіт та від характеристик засобів механізації, які при цьому використовуються. Комплексна механізація вантажних робіт в транспортних вузлах дозволить значно зменшити як вартість вантажних робіт, так і вартість доставки вантажів в цілому. Це може значною мірою сприяти підвищенню ефективності доставки вантажів автомобільним транспортом.

Постановка проблеми. Процес доставки вантажів є складним технологічним процесом, що складається з великої кількості операцій, набір яких обумовлений вибором з можливих альтернатив виконання етапів доставки вантажів [1]. Транспортні вузли є одним із найбільш складних елементів технологічних систем доставки, які являють собою сукупність технічних, технологічних, комерційних та правових рішень із залученням безлічі посередників для організації та виконання процесу доставки.

На сучасному етапі розвиток транспортних вузлів полягають у використанні логістичного підходу до управління. Підхід полягає в забезпеченні потокових процесів в рамках системи з позиції єдиного ланцюга доставки. Інтеграція

складових управління здійснюється на технічному, технологічному, економічному, методологічному рівнях, а мінімізація витрат часу і ресурсів досягається шляхом оптимізації наскрізного управління матеріальними, інформаційними та фінансовими потоками [2]. Тому питання визначення раціональних значень показників роботи засобів механізації при виконанні вантажних робіт у транспортних вузлах, при яких сумарні витрати на виконання навантажувально-розвантажувальних робіт будуть мінімальні, є актуальним.

Аналіз публікацій. Питанням підвищення ефективності НРР на автомобільному транспорті приділяється увага вчених М.Ф. Дмитриченка [3], Л.О. Заборського [4], А. К. Пашкова [5], А.И. Осипенка [6], С.Г. Ігумнова [7] та інших. При цьому, у переважній більшості робіт пропонується підвищення ефективності НРР за рахунок оптимізації параметрів роботи автомобільного транспорту, а це не повною мірою дозволяє врахувати технічні та технологічні характеристики роботи НРМ при виборі раціонального засобу механізації для мінімізації витрат на виконання НРР.

На основі результатів попередніх досліджень та аналізу залежності вантажності засобів механізації навантажувально-розвантажувальних машин (НРМ), на прикладі роботи козлового крану з'ясовано, що до основних показників роботи НРМ відносяться: обсяг перевантажуваного вантажу Q , вантажність НРМ q_m , час виконання одного циклу $T_{ц}$, коефіцієнт використання вантажності НРМ k_{em} та коефіцієнт використання робочого часу k_v [2].

Мета дослідження. Визначення залежності загальних витрат на виконання НРР від основних техніко-експлуатаційних показників роботи НРМ для заданих умов експлуатації.

Результати досліджень. Загальні витрати $B_{заг}$ на виконання НРР за період складаються з

капітальних вкладень B_k поточних витрат B_n , виплат за позиковий капітал $B_{нк}$ і суми з основних виплат $B_{ов}$:

$$B_{заг} = B_k + B_n + B_{нк} + B_{ов} \quad (1)$$

$$B_{заг} = \begin{cases} \frac{X_m \cdot C_m}{100} \cdot (P_o \cdot 1,03 + P_p) + (B_{чр} + B_{вн}) \cdot D_e + (C_{мо} \cdot Q - 1,3 \cdot (B_{чр} + B_{вн}) \cdot D_e) \cdot \frac{H_{ндв}}{100 + H_{ндв}}, \\ \text{якщо } C_{мо} \cdot Q \cdot (1 - \frac{H_{ндв}}{100 + H_{ндв}}) + (B_{чр} + B_{вн}) \cdot D_e - ((\frac{1,3 \cdot H_{ндв}}{100 + H_{ндв}} - 1) + \frac{X_m \cdot C_m \cdot P_p}{100} + \frac{B_a \cdot H_a}{100}) \cdot \frac{H_n}{100} \leq 0; \\ \frac{X_m \cdot C_m}{100} \cdot (P_o \cdot 1,03 + P_p \cdot (1 - \frac{H_n}{100})) + (B_{чр} + B_{вн}) \cdot D_e \cdot (1 + \frac{H_n}{100} - 1,3 \cdot \frac{H_{ндв}}{100 + H_{ндв}}) + C_{мо} \cdot Q \cdot \frac{H_{ндв}}{100 + H_{ндв}} \times \\ \times (1 + \frac{H_n}{100}) - (\frac{1,3 \cdot H_{ндв}}{100 + H_{ндв}} - 1 - \frac{B_a \cdot H_a}{100}) \cdot \frac{H_n}{100}, \\ \text{якщо } C_{мо} \cdot Q \cdot (1 - \frac{H_{ндв}}{100 + H_{ндв}}) + (B_{чр} + B_{вн}) \cdot D_e - ((\frac{1,3 \cdot H_{ндв}}{100 + H_{ндв}} - 1) + \frac{X_m \cdot C_m \cdot P_p}{100} + \frac{B_a \cdot H_a}{100}) \cdot \frac{H_n}{100} > 0, \end{cases} \quad (2)$$

- де X_m - кількість НРМ, од.;
- C_m - ціна НРМ, грн;
- P_o - розмір початкового внеску за лізингом, %;
- $B_{чр}, B_{вн}$ - витрати відповідно за час чистої роботи й внутрішньозмінного простою механізму протягом доби відповідно, грн;
- D_e - дні експлуатації НРМ за період, дн.
- P_p - відсоток виплат за лізинговою угодою, %;
- $C_{мо}$ - тариф за тонно-операцію НРМ, грн/т;
- $H_{ндв}$ - ставка податку на додану вартість, %;
- H_n - ставка податку на прибуток, %;
- B_a - сумарна балансова вартість НРМ на початок періоду,
- H_a - норма амортизаційних відрахувань, %.



Рис. 1. Схема проведення дослідження

Проведення дослідження залежності загальних витрат від основних технічно-експлуатаційних показників мають на меті спростити вивчення процесу НРР для реальних умов з урахуванням дії

В результаті декомпозиції складових критерію ефективності цільова функція має наступний вигляд:

значної низки випадкових чинників виробничого середовища. При дослідженні враховані технічно-економічні характеристики моделей козлових кранів вантажністю від 1,8 т до 32 т.

Блок-схема алгоритму вибору раціональної технології НРР за критерієм найменших витрат на виконання НРР представлена на рисунку 1.

Для виконання експериментальних досліджень шляхом моделювання параметрів моделі було проведено повнофакторний експеримент. Для урахування всіх можливих варіантів поєднання рівнів варіювання вхідних факторів був розроблений план проведення повного факторного експерименту у вигляді матриці, що включає 32 серії дослідів, та визначені рівні варіювання чотирьох вхідних факторів (табл.1). Фрагмент матриці планування повного факторного експерименту наведений у таблиці 2.

Для обробки результатів експериментальних досліджень прийнято використовувати інструментарій регресійного аналізу. Визначення функціональної залежності загальних витрат на перевантаження вантажу від параметрів проведено в наступній послідовності: формування альтернативних гіпотез про вид регресійної моделі; визначення коефіцієнтів регресійних моделей за висунутими альтернативними гіпотезам; оцінка адекватності отриманих регресійних моделей і вибір найбільш адекватної.

Таблиця 1

Значення вхідного фактору	Рівні варіювання вхідних факторів	
	-1	+1
$X1 - Q, т$	15250	152500
$X2 - q_m, т$	1,8	32
$X3 - T_{чр}, с$	30	300
$X4 - k_{ем} (k_{зк})$	0,2	1
$X5 - k_v$	0,2	1

Таблиця 2

Матриця планування повного факторного експерименту

Серія досліджу	Рівні варіювання вхідних факторів				
	X1	X2	X3	X4	X5
1	+	+	+	+	+
2	+	+	+	+	-
...
31	-	+	-	+	-
32	+	-	+	-	+

Аналitична залежність для визначення сумарних витрат на перевантаження вантажу дозволяє віднести до множини альтернативних гіпотез про вид функціональної залежності зведених витрат $B_{заг}$ від параметрів наступні: гіпотеза про лінійну (3) та ступеневу (4) залежності:

$$B_{заг}^1 = a_0 + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + a_3 \cdot X_3 + a_4 \cdot X_4 + a_5 \cdot X_5, \quad (3)$$

$$B_{заг}^2 = a_0 \cdot X_1^{a_1} \cdot X_2^{a_2} \cdot X_3^{a_3} \cdot X_4^{a_4} \cdot X_5^{a_5}, \quad (4)$$

де $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$ – коефіцієнти регресійної моделі.

В якості основного інструменту для визначення коефіцієнтів регресійних моделей при обробці результатів експериментальних досліджень використано функції пакету аналізу MS Excel (Data Analysis – Regression). Функції пакету аналізу для побудови регресійних моделей надають можливість отримати наступні результати [8]: значення коефіцієнтів функції регресії; значення коефіцієнту детермінації та пов'язані із ним величини; результуючі показники дисперсійного аналізу та критеріальної статистики для перевірки значимості моделі регресії; по кожному коефіцієнту регресії – середньоквадратичне відхилення та інші статистичні характеристики, що дозволяють перевірити значимість коефіцієнту; - значення функції регресії та залишки – різниця між вихідними значеннями змінної та розрахунковими значеннями функції регресії.

У таблиці 3 надані результати регресійного аналізу. Серед перевірених гіпотез найбільш адекватною є ступенева залежність. Більш того, значення коефіцієнту детермінації, близького до 1, говорить про те, що отримана залежність є практично функціональною.

Примітка: * позначені коефіцієнти, що є найбільш значимими і які ввійдуть в кінцевий варіант регресійної залежності.

Таким чином, отримуємо наступну регресійну модель залежності сумарних витрат на перевантаження вантажу від параметрів моделі:

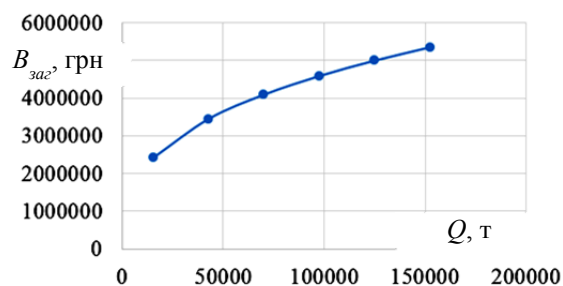
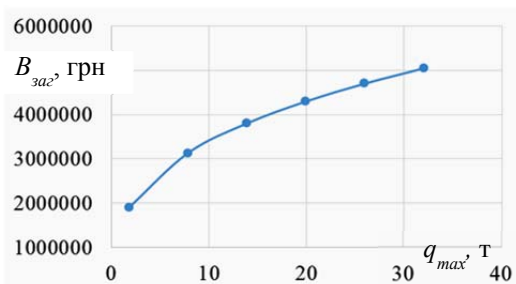
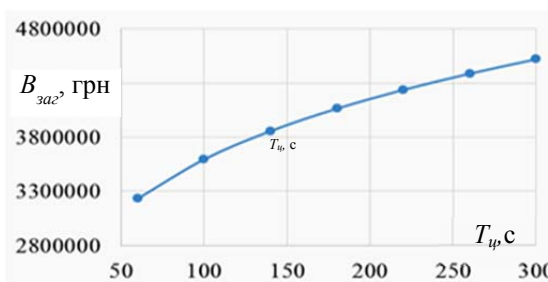
$$B_{заг} = 10205,44 \cdot Q^{0,345} \cdot q_m^{0,339} \cdot T_{ц}^{0,208} \cdot k_{ем}^{-0,208}. \quad (5)$$

Таблиця 3

Результат регресійного аналізу

Значення коефіцієнтів рівняння регресії	Гіпотеза про вид рівняння регресії	
	Лінійний ($B_{заг}^1$)	Ступеневий ($B_{заг}^2$)
a_0	222871,6*	10205,44
a_1	17,9	0,345
a_2	67316,8	0,339
a_3	6168,7	0,208
a_4	-1850603	-0,208
a_5	862456,8	10205,44
Значення коефіцієнту детермінації	0,732861	0,865049

На рисунках 2-5 надані залежності загальних витрат на виконання НРР від основних показників роботи НРМ для заданих умов експлуатації, отримані на підставі регресійної моделі (5).

Рис. 2. Залежність сумарних витрат від обсягу вантажу ($q_m=16,9$ т, $T_{ц}=180$ с, $k_{ем}=0,6$)Рис. 3. Залежність сумарних витрат від вантажності ($Q=68625$ т, $T_{ц}=180$ с, $k_{ем}=0,6$)Рис. 4. Залежність сумарних витрат від часу циклу ($Q=68625$ т, $q_m=16,9$ т, $k_{ем}=0,6$)

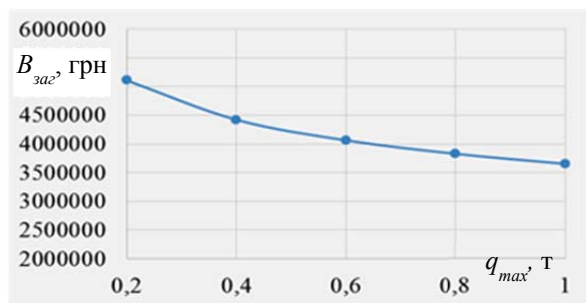


Рис. 5. Залежність сумарних витрат від коефіцієнта використання вантажності ($Q=68625$ т, $q_m=16,9$ т, $T_u=180$ с)

Висновки. При здійсненні навантажувально-розвантажувальних робіт в транспортних вузлах важливим шляхом підвищення ефективності роботи НРМ є зниження сумарних витрат на виконання НРР. Визначення залежностей загальних витрат на виконання НРР від основних техніко-експлуатаційних показників роботи НРМ для заданих умов експлуатації показує, що величина зведених витрат має пряму нелінійну залежність від обсягу вантажу, вантажності крана та часу робочого циклу і зворотну нелінійну залежність від коефіцієнта використання його вантажності. Це дозволить визначити оптимальні параметри роботи НРМ, а значить і раціональну технологію НРР в цілому. Застосування даного підходу дозволяє знизити сумарні витрати на НРР до 10%.

Література

1. Шуліка О.О. Формування процесу доставки тарноштучних вантажів автомобільним транспортом у міжміському сполученні: дис. ... кандидата техн. наук: спец. 05.22.01 / Ольга Олександрівна Шуліка. – Харків, ХНАДУ, 2017. – 232 с.
2. Северин О.О., Шуліка О.О. Визначення залежності вантажності козлового крана від основних показників роботи на автотранспорті / О.О. Северин, О.О. Шуліка // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – Харків: ХНТУСГ, – 2018. – Вип. 12, С. 191-196.
3. Транспортні технології в системах логістики / [М. Ф. Дмитриченко, П. Р. Левковець, А. М. Ткаченко та ін.]. – К.: Інформавтор, 2007. – 676 с.
4. Заборський Л.О. Методичні основи організації транспортно-технологічних процесів у системах доставки вантажів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.22.01 «Транспортні системи». – Одеса : Одеськ. нац. морськ. ун-т, 2008. – 20 с.
5. Пашков А. К. Складское хозяйство и складские работы / А.К. Пашков, Ю. Н. Полярин. – М.: ИКТ «Академкнига», 2003. – 366 с.
6. Осипенко А. И. Транспортное перегрузочное оборудование / А. И. Осипенко. [консп. лекций]. – Красноярск: Енисейский филиал ФГОУ ВПО НГАВТ, 2009. – 88 с.
7. Игумнов С. Г. Стропальщик. Грузоподъемные краны и грузозахватные приспособления: учеб. пособие/ С. Г.

Игумнов. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 64 с.

8. Галушко В. Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте / В. Г. Галушко. – К.: Вища школа, 1976. – 232 с.

References

1. Shullka O.O. Formuvannya protsesu dostavki tarnosh-tuchnih vantazhiv avtomobilnim transportom u mizhmiskomu spoluchenni: dis. ... kandidata tehn. nauk: spets. 05.22.01 / Olga Oleksandrivna Shullka. – Harkiv, HNADU, 2017. – 232 s.
2. Severin O.O., Shullka O.O. Vznachennya zalezhnosti vantazhnosti kozlovogo kranu vid osnovnih pokaznikiv roboti na avtotransportі / O.O. Severin, O.O. Shullka // Tehnichnyi servis agropromislivogo, liso-vogo ta transportnogo kompleksiv. – Harkiv: HNTUSG, – 2018. – Vip. 12, S. 191-196.
3. Transportni tehnologiyi v sistemah logistikі / [M. F. Dmitrichenko, P. R. Levkovets, A. M. Tkachenko ta In.]. – K.: Informavtor, 2007. – 676 s.
4. Zaboriskiy L.O. Metodichni osnovi organizatsiyi transportno-tehnologichnih protsesiv u sistemah dostavki vantazhiv : avtoref. dis. na zdobuttya nauk. stupenya kand. tehn. nauk : spets. 05.22.01 «Transportni sistemi». – Odesa : Odesk. nats. morsk. un-t, 2008. – 20 s.
5. Pashkov A. K. Skladske hazayaystvo i skladskie raboty / A.K. Pashkov, Yu. N. Polyarin. – M.: IKTs «Akademkniga», 2003. – 366 s.
6. Osipenko A. I. Transportnoe peregruzochnoe oborudovanie / A. I. Osipenko. [konsp. lektсий]. – Krasnoyarsk: Eniseyskiy filial FGOU VPO NGAVT, 2009. – 88 s.
7. Igumnov S. G. Stropalschik. Gruzopod'emnyie kranii i gruzozahvatnyie prispособleniya: ucheb. posobie/ S. G. Igumnov. – M.: Izdatelskiy tsentr «Akademiyа», 2007. – 64 s.
8. Galushko V. G. Veroyatnostno-statisticheskie me-todyi na avtotransporte / V. G. Galushko. – K.: Vischa shkola, 1976. – 232 s.

Северин А.А., Шуліка О.А., Потаман Н.В. Исследование зависимости суммарных затрат на выполнение погрузо-разгрузочных работ от основных показателей работы средств механизации.

В работе приведены результаты исследования зависимости общих затрат на выполнение погрузочно-разгрузочных работ от основных технико-эксплуатационных показателей для заданных условий эксплуатации в транспортных узлах. Также в работе предложена методика выбора рациональной технологии погрузочно-разгрузочных работ для основных групп грузов.

Ключевые слова: технология погрузо-разгрузочных работ, затраты, регрессионная модель.

Severin O.O., Shulika O.O., Potaman N.V. Research of the dependence of total costs on the performance of loading and unloading operations from the main indicators of mechanization devices work

The paper presents the results of the determination of the dependence of the total costs on the performance of loading and unloading operations from the main technical and operational indicators for specified operating conditions in transport hubs. It has been proved that the value of the consolidated costs had a direct nonlinear dependence on the

volume of cargo, crane load and time of the working cycle and the inverse nonlinear dependence on the coefficient of carrying capacity. It will determine the optimal parameters of the work of mechanization devices, and hence the rational technology of the loading and unloading operations as a whole. The application of this approach allows reducing the total expenses for loading and unloading operations up to 10%. In addition, the method of choosing rational technology of loading and unloading works for the basic groups of cargoes has been offered in the work.

Key words: *technology of loading and unloading, costs, regression model*

Северин Олександр Олександрович – к.т.н., доцент, доцент кафедри транспортних технологій Харківського автомобільно-дорожнього університету, e-mail: saa.severin@ukr.net.

Шуліка Ольга Олександрівна – к.т.н., асистент кафедри транспортних технологій Харківського автомобільно-дорожнього університету, e-mail: s_olga_h@ukr.net,

Потаман Наталя Володимирівна – к.т.н., доцент, доцент кафедри транспортних технологій Харківського автомобільно-дорожнього університету, e-mail: potaman81@ukr.net.

Рецензент: д.т.н., проф. Горбунов М.І.

Стаття подана 29.03.2018.