

УДК [656.13+656.2]:519.87

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.137.2013.102721>

*Канд. техн. наук С.М. Продащук,
магістри Т.М. Рахматулова,
Ю.І. Кухарчик*

*Cand. of techn. sciences S.M. Prodashyk,
masters T.M. Rahmatuloeva,
Y.I. Kyharchik*

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО І ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ КОНТЕЙНЕРІВ

MATHEMATICAL MODEL OF INTERACTION OF ROAD AND RAIL TRANSPORT IN CASE OF PROCESSING OF CONTAINERS

Представив д-р техн. наук, професор О.М. Озар

Вступ. Незважаючи на світову кризу, останнім часом з'явилась тенденція до розвитку підприємницької діяльності та пов'язане з цим розширення господарських зв'язків, що викликає підвищений попит на організацію перевезень вантажів у міжміському та міжнародному сполученнях.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Відсутність налагодженої системи транспортно-експедиційного обслуговування, що базується на прийнятій у всесвітній практиці термінальній технології руху вантажів, ускладнює процес обміну товаром, знижує ефективність використання рухомого складу транспорту, у цілому негативно позначається на розвитку господарського комплексу.

При оформленні в товарній конторі станції документів на привезений або вивезений автомобілями вантаж не

враховується місце його знаходження на складі. У результаті на вантажних фронтах станції виникають ситуації, коли автомобільний рухомий склад простоє в очікуванні обслуговування біля однієї із секцій складу, в той час як інші секції складу вільні та механізми і обслуговуючий персонал, що працюють у них, очікують подання нових заявок (автомобілів) на обслуговування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемою взаємодії автомобільного та залізничного транспорту займалися Кочнев Ф.П., Сотников І.Б. [1], Правдін Н.В., Негрей В.Я., Подкопаєв В.А. [2], Столяр Т.В., Питченко М.В. [3], Новіков І.В., Кравченко Е.А. [4], Леонтьєв Р.Г., Соколов А.Н., Леонтьєва Н.Р. [5], Николашин В.М. [6], Васьков Ю.М. [7], у працях яких визначено переваги взаємодії

автомобільного та залізничного транспорту при прямому варіанті перевантаження вантажів, але не враховано час простою автомобілів безпосередньо перед обробкою вантажів, приділено увагу якості послуг, вартості перевезень, інтермодальному варіанту перевезення, було досліджено сам процес обслуговування та його покращення для обох видів транспорту. Можна погодитись з деякими авторами у важливості правильної класифікації й повного задоволення транспортних послуг та на їх основі будувати ефективну модель взаємодії окремих видів транспорту на основі принципів логістики та контейнерних перевезень налагодити ланцюг поставок між різними видами транспорту, тим самим покращити результативність їх взаємодії. Перший заступник начальника Одеського МТП у своїй статті звертає увагу на відсутність адекватного і своєчасного розвитку контейнерних терміналів для якісної обробки та дефіцит потужностей українських контейнерних терміналів. Але розглядає проблему виходячи тільки з взаємодії морського та залізничного транспорту.

Постановка проблеми. При обробці вантажу на терміналі виникають окремі затримки, які призводять до зростання правопорушень, забруднення навколишнього середовища, скорочення пропускної спроможності автомобільних доріг, значних втрат часу при обробці вантажів та збільшення витрат.

Взаємодія видів транспорту при організації перевалочних робіт – одна з найбільших проблем у перевізному процесі. Різниця рухомого складу в суміжних видах транспорту за ємністю, технологією обробки, інтервалами прибуття залежить від різних факторів і ускладнює організацію перевалки вантажів. Однак це великі економічні витрати: знижується продуктивність транспортних засобів, «омертвлення капіталу» (вантаж на колесах), псування вантажів, прострочення доставок, а, як наслідок, необхідність мати запаси у вантажоодержувачів.

Для формалізації завдання з удосконалення технології роботи контейнерного пункту (терміналу) станції при взаємодії з автотранспортом запропонована удосконалена модель, що дозволяє виконувати переробку контейнерів за оптимальною технологією.

У статті запропоновано оптимізацію роботи транспортних вузлів шляхом регулювання підходів автомобілів до контейнерної площадки (КП). Було оцінено очікування автомобілями початку вантажних операцій, що обумовлено їх згущеним підходом, шляхом моделювання надходження автотранспорту на контейнерну площадку станції Л. Така оцінка необхідна при вирішенні цілого ряду завдань, пов'язаних з оптимізацією роботи автомобільного та залізничного транспорту в пунктах їх стикування, зокрема при вирішенні завдання регулювання підведення автомобілів до вантажного фронту (контейнерної площадки).

У ході роботи необхідно розглянути дві технології обробки на вантажному фронті: регульований підхід автомобілів до складів (контейнерної площадки), коли документи на вантажі видаються з урахуванням рівномірного завантаження механізмів обслуговування, та нерегульований підхід автотранспорту. Порівняння проводиться за сумою автомобіле-годин (хвилин) простою в очікуванні вантажних операцій протягом усього періоду роботи автотранспорту за добу для розглянутих варіантів.

Виклад основного матеріалу. Економічна ефективність регулювання підходу автомобілів виражається різницею автомобіле-годин простою при регульованому і нерегульованому підходах.

Максимальна переробна спроможність вантажного фронту

$$P_{\text{м}} = \frac{\gamma(24 - T_{\text{неп}}) + t_n}{\frac{t_{\text{с}} * m_n * t_n}{m_{\text{ф}}}} * m_n, \quad (1)$$

де γ – коефіцієнт, що характеризує знаходження механізмів у ремонті;

T_p – середнє перебування в ремонті навантажувально-розвантажувальних механізмів, доб;

$T_{пер}$ – тривалість регламентованих перерв у роботі фронту, год;

$П_m$ – максимальна переробна спроможність, ваг;

t_e – тривалість вантажних операцій, год;

$m_{ф}$ – розмір вантажного фронту, ваг.

Визначено, що максимальна переробна спроможність КП становить 132 контейнери за добу.

Для розрахунку тривалості простою автомобілів біля контейнерної площадки в очікуванні обслуговування побудовано графік їх надходження, який наведено на рис. 1. Графік побудовано на основі моделювання інтервалів підходу автомобілів до контейнерної площадки, а також даних про моделі автомобілів, що працюють на ввозі-вивозі вантажів, нормуючий час їх простою під вантажними операціями та частки поїздок, виконаних автомобілями різних марок.

Інтервали надходження автомобілів до контейнерної площадки

$$\tau = \frac{60}{k * \lambda_a} * \ln \prod_{i=1}^k \xi \quad , \quad (2)$$

де K – параметр Ерланга у розподілі інтервалів між прибуттям автомобілів до контейнерної площадки;

λ_a – середньогодинна інтенсивність надходження автомобілів до контейнерної площадки, авто.год;

ξ_i – випадкове число, рівномірно розподілене в інтервалі $[0,1]$.

Слід урахувати, що інтенсивність надходження автомобілів до контейнерної площадки відрізняється за періодом доби. Так, наприклад, протягом перших двох-трьох годин роботи автотранспорту середньогодинна інтенсивність прибуття

автомобілів суттєво перевищує середньогодинну інтенсивність надходження автотранспорту в інші періоди доби, а параметр Ерланга в розподілі інтервалів між надходженням автомобілів у ранкові години менше. Тому середньогодинна інтенсивність надходження автомобілів визначається окремо для ранкових годин та для іншого часу роботи

$$\lambda_a = \frac{N_e * \gamma_E}{T_p} \quad , \quad (3)$$

де N_e – загальне число поїздок, виконаних автомобілями за добу;

γ_e – частка поїздок автомобілів у період доби, що розглядається;

T_p – розглянутий період доби, год.

Одночасно з моделюванням інтервалів надходження автомобілів складається розклад їх підходу до контейнерної площадки. Якщо прийняти, що перший автомобіль прибув в $t_1 = 8:00$, а змодельований інтервал, через який прибуде наступний автомобіль, $\tau_1 = 13$ хв, то час прибуття другого автомобіля буде $t_2 = t_1 + \tau_1 = 8:13$, третього – $t_3 = t_1 + \tau_1 + \tau_2$ і т.д.

Майже всі розрахунки залежать від часу підходу автомобілів до КП та їх простою перед обслуговуванням, тобто носять імовірнісний характер. Тому необхідно дослідити їх закономірності та визначити закони розподілу. Одним з найвідоміших законів розподілу є розподіл Ерланга. Характеристиками інтервалів у потоках є математичне очікування, тобто середнє значення, середньоквадратичне відхилення, коефіцієнт варіації, який характеризує ступінь нерівномірності потоку.

Згідно з [8] проведено визначення виду функції розподілу випадкових величин. Вихідними даними для встановлення законів розподілу часу виконання технологічних операцій та їх очікування є статистичний матеріал,

зібраний на станції Л за період 2009-2012 рр.

$$n \geq \frac{0,25 * 2t}{\varepsilon}, \quad (4)$$

де t – число середньоквадратичних відхилень, яке визначає інтервал нормального розподілу з ймовірністю $P(t)$;

ε – допустима помилка, що встановлюється в залежності від природи явища, яке досліджується.

При $\varepsilon=0,05$; $P(t)=0,95$; $t=1,96$ обсяг вибірки повинен бути не менше 384 значень. Таким чином, обсяг вибірки випадкових величин, що розглядається, репрезентативний.

На основі статистичних даних побудовано графік залежності надходження автомобілів від часу доби.

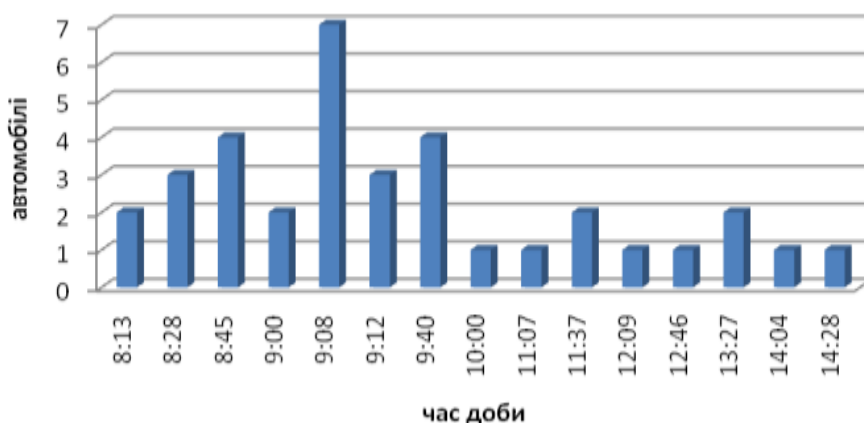


Рис. 1. Графік надходження автомобілів

При регульованому підході автомобілів кожний наступний автомобіль прямує до тієї секції контейнерної площадки, яка вільна від обслуговування, чи до тієї, де обслуговування закінчиться найближчим часом.

Після побудови графіка обробки автомобілів на контейнерній площадці розраховано автомобілегодини простою в очікуванні обслуговування та економічну ефективність при регульованому підході автомобілів.

Визначено, що на досліджуваному об'єкті, конкретно контейнерній площадці станції Л, працюють автомобілі ЗИЛ-130 та ГАЗ-53А, час роботи автотранспорту 8:00 – 15:00. Число поїздок за добу складає 35,

при чому 60 % поїздок виконується автомобілями ЗИЛ-130. Тривалість обслуговування автомобілів складає біля контейнерної площадки: ЗИЛ-130 – 20 хв, ГАЗ-53А – 14 хв. З 8:00 до 10:00 виконується 40 % всіх поїздок автомобілів. Параметр Ерланга в розподілі інтервалів між прибуттям автомобілів у ці години $K=2$, а в інші години роботи (с 10:00 до 15:00) – $K=3$.

Для обчислення необхідних даних для побудування графіка надходження автомобілів біля контейнерної площадки необхідно розрахувати математичне очікування надходження автомобілів до контейнерної площадки:

$$M(X) = \sum_{i=1}^l x_i * p = x_1 * p_1 + x_2 * p_2 + \dots + x_n * p_n, \quad (5)$$

де x – інтервали підходу автомобілів до контейнерної площадки;

p – час підходу автомобілів до контейнерної площадки;

i – кількість автомобілів;

l – максимальна кількість автомобілів.

Визначено, що математичне очікування дорівнює 1,38.

Інтенсивність вхідного потоку автомобілів:

- для періоду 8:00 – 10:00

$$\lambda_a = \frac{35 \cdot 0,4}{2} = 7_{\text{авто.год}};$$

- для періоду 10:00 – 15:00

$$\lambda_a = \frac{35 \cdot 0,6}{5} = 4,2_{\text{авто.год}}$$

Моделювання інтервалів надходження автомобілів виконується також для двох періодів роботи автотранспорту:

- для періоду 8:00 – 10:00

$$\tau = -4,2854 \ln(\zeta * \zeta);$$

- для періоду 10:00 – 15:00

$$\tau = -4,7619 * \ln(\zeta * \zeta * \zeta).$$

При розрахунку інтервалів надходження автомобілів ураховуються випадкові числа, обчислені за формулою (5).

Після розрахунків побудовано діаграми простоїв автомобілів на контейнерній площадці та підраховано автомобілегодини простою, які відображено на рис. 2 та 3.



Рис. 2. Діаграма простоїв від загального часу роботи КП при нерегульованому підході автомобілів

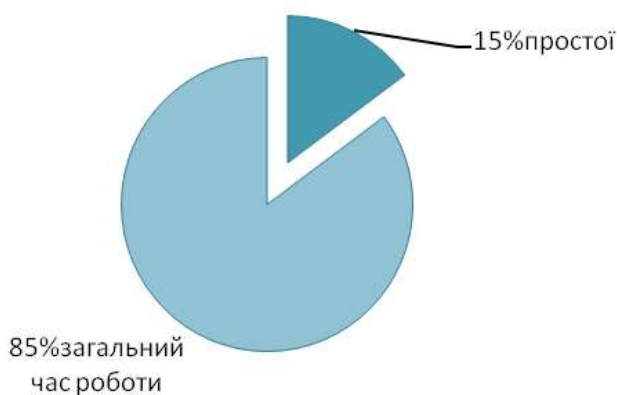


Рис. 3. Діаграма простоїв від загального часу роботи КП при регульованому підході автомобілів

Після моделювання роботи визначено:

- при нерегульованому підході автомобілів до контейнерної площадки – 181 хв;

- при регульованому підході автомобілів до контейнерної площадки – 73 хв.

Висновок. При використанні раціональної технології роботи КП економія від скорочення простою

автомобілів в очікуванні обслуговування при регулюванні їх підходів до контейнерної площадки дорівнює 108 хв на добу чи 1,8 авто.год. Також якщо враховувати, що всі автомобілі, що працюють на станції, знаходяться в оренді, скорочення простою дозволить мінімізувати експлуатаційні витрати за рахунок зменшення орендної плати за машини.

Список літератури

1. Кочнев, Ф.П. Управление эксплуатационной работой железных дорог [Текст]: учебник / Ф.П. Кочнев, И.Б. Сотников. – М.: Транспорт, 1990. – 235 с.
2. Правдин, Н.В. Взаимодействие различных видов транспорта [Текст]: учебник / Н.В. Правдин, В.Я. Негрей, В.А. Подкопаев. – М.: Транспорт, 1989. – 136 с.
3. Столяр, Т.В. Математическая модель взаимодействия автомобильного и железнодорожного транспорта на терминале [Текст] / Т.В. Столяр, А.В. Пытченко // Автомобильный транспорт. – 2010. – № 14. – С. 109-114.
4. Новиков, И.В. Особенности организации интермодальной перевозки грузов в контейнерах автомобильным и железнодорожным транспортом [Текст] / И.В. Новиков, Е.А. Кравченко // Проблемы современной экономики. – 2011. – Т. 56, № 65. – С. 91-94.
5. Леонтьев, Р.Г. Классификация видов транспортных услуг [Текст] / Р.Г. Леонтьев, А.Н. Соболев, Н.Р. Леонтьева // Транспорт: наука, техника, управление. – 2009. – № 79. – С. 26-37.
6. Николашин, В.М. Логистические принципы контейнерных перевозок и оптимизации цепей поставок товаров [Текст] // Транспорт: наука, техника, управление. – 2009. – № 1. – С. 30-36.
7. Васьков, Ю.М. Пути привлечения транзитных контейнерных грузопотоков в порты Украины [Текст] // BlackSeaLines. – 2007. – № 9. – С. 15-16.
8. Смехов, А.А. Математические модели процессов грузовой работы [Текст] / А.А. Смехов. – М.: Транспорт, 1982. – 256 с.

Ключові слова: взаємодія видів транспорту, контейнерна площадка, інтенсивність підходу автомобілів, обслуговуючі операції, транспортні послуги, перевізні операції.

Анотації

Стаття присвячена актуальній на сьогоднішній день проблемі ефективної взаємодії автомобільного й залізничного транспорту, важливості правильної класифікації та повного задоволення транспортних послуг і на їх основі побудована ефективна модель взаємодії окремих видів транспорту на принципах логістики та сучасних схем контейнерних перевезень. Це дозволить налагодити ланцюг поставок між різними видами транспорту, тим самим покращити результативність їх взаємодії.

Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме эффективного взаимодействия автомобильного и железнодорожного транспорта, важности правильной классификации и полного удовлетворения транспортных услуг, и на их основе определена эффективная модель взаимодействия отдельных видов транспорта на принципах логистики и современных схем контейнерных перевозок. Это позволит наладить схемы поставок между различными видами транспорта, тем самым улучшить результативность их взаимодействия.

The article is devoted to the actual to date the problem of effective interaction of automobile and railway transport, the importance of proper classification and complete satisfaction of transport services, and on their basis to build an effective model of interaction of individual types of transport, on the basis of the principles of logistics and container transportation. To establish a supply chain between the different modes of transport, thus improving the effectiveness of their interaction.