

Кравченко О.П., Панайотов К.К.
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИНИ ЧЕРГИ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ ПРИ ОБСЛУГОВУВАННІ НАВАНТАЖУВАЛЬНИХ БУНКЕРІВ БЕЗПЕРЕРВНИХ ВИРОБНИЦТВ

Представлено рішення задачі визначення оптимальної довжини черги вантажних автомобілів, обслуговуючих навантажувальні бункери безперервних виробництв з урахуванням специфіки елементів технологічних маршрутів і режимів роботи вантажного автомобільного транспорту. Встановлено закономірності виникнення черги під навантажувальними бункерами з використанням детермінованих моделей.

Ключові слова: оптимальна довжина черги, детермінована модель, багатоканальна система, масове обслуговування, інтенсивність, потік вимог.

Постановка проблеми. В процесі обслуговування навантажувальних бункерів безперервних виробництв вантажним автомобільним транспортом виникають ситуації простою транспортних засобів під навантаженням і під час повернення з розвантажувального майданчика, що істотно знижує продуктивність рухомого складу. В наслідок цього виникає збільшення транспортних витрат. Ситуація простою транспортних засобів характеризується довжиною черги автомобілів і є небажаною при організації управління вантажними автоперевезеннями. Необхідно визначити умови виникнення ситуації простою під навантажувальними бункерами і закономірності збільшення та зменшення довжини черги автомобілів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішенням подібних задач управління вантажними автомобільними перевезеннями займалися ряд вітчизняних і зарубіжних авторів [1, 2]. Однак в них недостатньо приділено уваги питанням організації управління вантажними автоперевезеннями на технологічних маршрутах безперервних виробництв.

Постановка завдання. В умовах існуючої системи управління вантажними автоперевезеннями на спеціалізованому автотранспортному підприємстві (АТП) необхідно визначити закономірності виникнення, зростання і зменшення черги вантажних автомобілів під навантажувальними бункерами технологічних маршрутів.

Основні результати дослідження. Для перевезення певної кількості вантажу Q на технологічних маршрутах протягом заданого проміжку часу спеціалізоване автопідприємство використовує n автомобілів, вантажопідйомністю g . Нехай s - кількість змін роботи спеціалізованого автопідприємства за заданий період часу T і T_s - тривалість однієї зміни, тоді $T = sT_s$. У цих позначеннях за одну зміну АТП необхідно перевезти $\frac{Q}{s}$ одиниць вантажу. Таким чином, за одну зміну кожен автомобіль повинен зробити $k_s = \frac{Q}{sng}$ ходок.

Для умов технологічного маршруту безперервного виробництва визначена модель обслуговування навантажувальних бункерів:

$$\begin{cases} \sum_{k=1}^{n^*} (t_0^k(m) + t_z + t_v + t_{ez} + t_{e\bar{o}z}) + t_0 \leq \frac{T}{s}, \\ n^* g \geq \frac{Q}{s}. \end{cases} \quad (1)$$

де $t_z, t_v, t_{ez}, t_{e\bar{o}z}$ - час навантаження, розвантаження, поїздки з вантажем, їздки без вантажу відповідно, t_0^k - час простою k -го автомобіля, s - кількість робочих змін автотранспорту, m - кількість навантажувальних бункерів.

Залежно від співвідношення часу $t_z, t_v, t_{e\bar{o}z}, t_{ez}$ як перед пунктом завантаження, так і перед пунктом вивантаження може утворюватися черга. Час простою в черзі може виявитися

величиною, що значно впливає на загальний час перебування автомобіля на маршруті, і, отже, впливає на виконання договірних зобов'язань [3, 4]. Для повноти розгляду в ліву частину нерівності (1) введено час простою в черзі. Оскільки наявність черги є небажаним фактором роботи АТП, необхідно знайти умови, що забезпечують швидке убування черги протягом однієї робочої зміни.

Відомими даними при визначенні оптимального парку автомобілів можна вважати характеристики часів $t_z, t_v, t_{ez}, t_{eбз}$ і t_0 , які є незалежними випадковими величинами, але ніяк не залежну від них випадкову величину часу очікування в черзі. Причиною виникнення черги перед пунктом завантаження є розкид значень часів, при $t_0 = 0$ (рис.1).

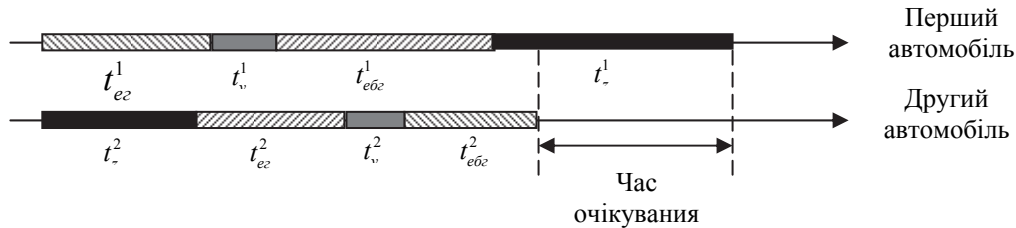


Рис. 1. Схема розподілу часових параметрів

Другий автомобіль почав обслуговуватися, як тільки перший автомобіль виїхав до пункту розвантаження, а вернувся він до пункту завантаження ще до того, як перший автомобіль закінчив завантажуватися. Час дозагрузки першого автомобіля і є час очікування для другого автомобіля. Це означає, що час очікування може визначено як різниця $(t_z^1 + t_v^1 + t_{ez}^1 + t_{eбз}^1) - (t_z^2 + t_v^2 + t_{ez}^2 + t_{eбз}^2)$, якщо ця величина позитивна, і дорівнює нулю в іншому випадку. Тому в якості оцінки середнього часу очікування можна прийняти величину середньоквадратичного відхилення випадкової $T' = t_z + t_v + t_{ez} + t_{eбз} + t_0$ величини.

При розгляді технологічного маршруту завантаження одним бункером вважається, що система загрузки працює за принципом «перший приїхав - перший обслуговується», тобто система обслуговує автомобілі в порядку, природно утворюються черги.

Перший завантажений автомобіль повертається до пункту завантаження через час $t_v(g) + t_{ez} + t_{eбз}$. За цей час встигли завантажитися $n^* = \left[\frac{t_v(g) + t_{ez} + t_{eбз}}{t_z(g)} \right]$ автомобілів. Тут $[x]$ позначає округлення числа x до найближчого цілого числа в меншу сторону. Значить, час простою першого автомобіля складається з часу завантаження, залишилися ще завантаженими $(n - n^* - 1)$ автомобілів (оскільки, завантаженими вже є перший автомобіль і n^* автомобілів завантажених за час руху першого автомобіля по маршруту) і часу дозагрузки автомобіля, що вже знаходиться під завантаженням. Цей час дорівнює відповідно $(n - n^* - 1)t_z(g)$ і

$$\left(\frac{t_v(g) + t_{ez} + t_{eбз}}{t_z(g)} - n^* \right) t_z(g).$$

Величина $n - n^* - 1$ являє собою довжину черги для першого автомобіля. За умови, що $n - n^* - 1 > 0$.

Якщо нерівність $n - n^* - 1 > 0$ не виконується, черга перед першим, що повертається до пункту загрузки, автомобілем відсутня.

Довжина черги перед другим автомобілем дорівнює $n - n_1^* - 1$, оскільки з моменту початку роботи в черзі додався перший автомобіль, а завантаженими вже є перший, другий і n_1^* автомобілів.

Умови

$$\begin{cases} -t_v(g) - t_{ee} - t_{e\bar{e}z} + 3t_z(g) \leq 0; \\ t_v(g) - t_{ee} - t_z(g) \leq 0. \end{cases}$$

забезпечують відсутність черги біля пункту розвантаження і спадання початкової черги біля пункту завантаження.

Довжина черги перед k -тим, що повертається до пункту завантаження автомобілем, виражається як $n - n_k^* - 1$, де

$$n_k^* = \left[k \frac{t_v(g) + t_{ee} + t_{e\bar{e}z}}{t_z(g)} \right],$$

а час очікування цього автомобіля дорівнює

$$(n - 2n_k^* - 1)t_z(g) + k(t_v(g) + t_{ee} + t_{e\bar{e}z}),$$

якщо $k \frac{t_v(g) + t_{ee} + t_{e\bar{e}z}}{t_z(g)} < n - 1$.

При виконанні умови

$$\begin{cases} -t_v(g) - t_{ee} - t_{e\bar{e}z} + 3t_z(g) \leq 0, \\ t_v(g) - t_{ee} - t_z(g) \leq 0, \end{cases} \quad (2)$$

задача вибору раціонального парку вантажних автомобілів може бути сформульована як мінімізація транспортних витрат при обмеженнях

$$\begin{cases} \sum_{k=1}^{n^*} (t_0^k + t_z + t_v + t_{ee} + t_{e\bar{e}z}) + t_0 \leq \frac{T}{s}, \\ n^* g \geq \frac{Q}{s}. \end{cases} \quad (3)$$

Завдання вибору раціонального парку автомобілів зводиться до задачі цілочисельного програмування. Різні постановки визначають різну безліч допустимих рішень, серед яких визначається оптимальне рішення.

У таблиці 1 представлений розрахунок довжини черги для деяких даних, для яких виконані умови (1). Наведені дані узгоджені з даними, отриманими при хронометражі роботи вантажних автомобілів на ТОВ «ТК» Вугілля» [5]. Умова $t_{ee} = t_{e\bar{e}z}$, що використовується при обчисленнях, не є принциповою і відповідає руху автомобілів з вантажем і без нього по одному і тому ж маршруту.

З наведених розрахункових даних видно, що черга у всіх випадках поступово зникає до того як всі автомобілі завершили перше коло. Одержимо аналітичні залежності між параметрами завдання, при яких втратами, виникаючими від простоїв автомобілів в черзі, можна не враховувати.

Умову існування черги можна записати як $n - n_k^* - 1 > 0$. Тоді після підстановки для n_k^* отримаємо

$$k < \frac{(n-1)t_z}{t_v + t_{ee} + t_{e\bar{e}z}}.$$

Розрахунок довжини черги вантажних автомобілів

Кількість автомобілів	$n = 6$	$n = 7$	$n = 8$	$n = 6$	$n = 7$	$n = 8$	$n = 6$	$n = 7$	$n = 8$
Значення параметрів	$t_z = 5, t_v = 1, t_{ez} = t_{e\delta z} = 5$			$t_z = 6, t_v = 1, t_{ez} = t_{e\delta z} = 5$			$t_z = 7, t_v = 1, t_{ez} = t_{e\delta z} = 5$		
$k = 1$	4	5	6	5	6	7	5	6	7
$k = 2$	2	3	4	3	4	5	3	4	5
$k = 3$	0	1	2	1	2	3	2	3	4
$k = 4$	0	0	0	0	0	1	0	1	3
$k = 5$	0	0	0	0	0	0	0	0	2
$k = 6$	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Для поступового зникнення черги до того як всі автомобілі завершать перше коло необхідно, щоб $k < n$. Цю нерівність буде виконано, якщо буде справедлива нерівність

$$t_z(1 - 1/n) - t_v < t_{ez} + t_{e\delta z},$$

в яку входить невідома величина n .

При розгляді ситуації з декількома бункерами завантаження на технологічному маршруті, кількість яких позначимо символом m передбачається, що $m < n$, тому що в протилежному випадку черга перед пунктом завантаження не утворюється.

Незважаючи на те, що за наявності декількох бункерів завантаження, завантаженими опиняються одразу кілька автомобілів, на трасу за маршрутом «пункт завантаження - пункт розвантаження», вони не можуть вийти одночасно і рухаються лише послідовно.

В цьому випадку черга перед першим, що повертається до пункту завантаження автомобілем, дорівнюватиме $n - n_k^*(m) - m$. Аналогічно визначаються величини

$n_k^*(m) = \left[\left[\frac{k-1}{m} + 1 \right] m \frac{t_v(g) + t_{ez} + t_{e\delta z}}{t_z(g)} \right]$ і довжини черги перед k -им, що повертається до пункту

завантаження, автомобілем $n - n_k^*(m) - m$. Тут величина $\left[\frac{k-1}{m} + 1 \right]$ враховує той факт, що одночасно завантажуються відразу m автомобілів, які знову приходять до пункту завантаження «майже одночасно». Це залежить від організації роботи пункту розгрузки, який зазвичай являє собою майданчик породного відвалу або вантажний майданчик залізнодорожного вузла.

В ситуації, коли всі m автомобілів можуть розвантажитися одночасно, довжина черги змінюється тільки для автомобілів з порядковим номером k , що задовольняє співвідношення $m+1 < k \leq 2m+1$. Потім - для $2m+1 < k \leq 3m+1$ і т.д. Умова існування черги перед k -им автомобілем висловлюється нерівністю $n - n_k^*(m) - m > 0$.

Умова поступового зникнення черги до того як всі автомобілі завершать перший цикл транспортного обслуговування, тобто умова $k < n$, набуває (у разі завантажувальних бункерів) вид

$$t_z(n - m) < (m + n - 1)(t_{ez} + t_{e\delta z} + t_v).$$

Оскільки в цю умову входить невідома величина n , то для попередньої оцінки можна вимагати виконання формально більш сильної нерівності $t_z < (t_1 + t_2 + t_v)$.

Висновки. Визначення закономірностей виникнення черги, її убування і зростання перед навантажувальними бункерами технологічних маршрутів є етапом вирішення задачі вибору раціонального парку вантажних автомобілів спеціалізованого автотранспортного підприємства. Це дозволяє вдосконалити організацію управління вантажними автомобільними перевезеннями на спеціалізованих автопідприємствах за рахунок зменшення часу простою транспорту під навантажувальними бункерами і знизити транспортні витрати.

1. Перебийніс О.В. Управління транспортно-логістичними системами підприємств АПК: дис. канд. екон. наук: 08.06.01 / Харківський національний аграрний ун-т ім. В.В. Докучаєва. - Х., 2005. - 132 с.

2. Зырянов И.В., Цымбалова А.Н. Показатели работы технологического автотранспорта на карьерах АК «Алросса» // Горный журнал. - 1999. - №5. - С. 73-75.

3. Нагорний Є.В. Комерційна робота на автомобільному транспорті: підручник / Є.В. Нагорний, Н.Ю. Шраменко; Харк. нац. автомоб.-дорож. ун-т. – Х.: ХНАДУ, 2010. – 323 с.
4. Дадонов М.И. Повышение эффективности работы карьерного автомобильного транспорта методами и средствами оперативного управления: Дис. канд. техн. наук: 05.22.10 / Кемеровский национальный технический университет. – Кемерово, 1999. – 122 с.
5. Панайотов К.К. Исследование ситуации на погрузочных бункерах технологических маршрутов на имитационной модели / Материали IV міжвузівської науково-технічної конференції викладачів, молодих вчених та студентів. «Енерго- та ресурсозберігаючі технології при експлуатації машин та устаткування» – Донецьк: Донецький інститут залізничного транспорту, 2012. – С. 156-158

REFERENCES

1. Perebyinis O.V. *Upravlinnia transportno-lohistychnymy systemamy pidpriemstv APK*. Diss. kand. ekon. nauk. [Managing transport and logistics systems of agricultural enterprises. Diss. kand. ekon. nauk]. Kharkiv, 2005. 132 p.
2. Zyryanov I.V., Tsymbalova A.N. Pokazateli raboty tekhnologicheskogo avtotransporta na kar'erakh AK «Alrossa» [Performance indicators of technological motor vehicles in the quarries of AK "Alrossa"]. *Gornyy zhurnal*. 1999. №5, pp. 73-75.
3. Nahornyi Ye.V. Shramenko N.Yu. *Komertsiiina robota na avtomobilnomu transporti* [Commercial work on automobile transport]. Kharkiv: KhNADU Publ., 2010. 323 p.
4. Dadonov M.I. *Povyshenie effektivnosti raboty kar'ernogo avtomobil'nogo transporta metodami i sredstvami operativnogo upravleniya*: Dis. kand. tekhn. nauk [Improving the efficiency of the career motor transport by methods and means of operative management. Diss. kand. tekhn. nauk]. Kemerovo, 1999. 122 p.
5. Panayotov K.K. Issledovanie situatsii na pogruchozhnykh bunkerakh tekhnologicheskikh marshrutov na imitatsionnoy modeli [Research into the situation on the loading bunkers of technological routes on the simulation model]. *Materyaly IV mizhvuzivskoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii vykladachiv, molodykh vchenykh ta studentiv*. «Enerho- ta resursozberihaiuchi tekhnologii pry ekspluatatsii mashyn ta ustatkuvannia». Donetsk: Donetskyy instytut zaliznychnoho transportu, 2012, pp. 156-158.

Кравченко А.П., Панайотов К.К. К определению длины очереди грузовых автомобилей при обслуживании погрузочных бункеров непрерывных производств.

Представлено решение задачи определения оптимальной длины очереди грузовых автомобилей, обслуживающих погрузочные бункеры непрерывных производств, с учетом специфики элементов технологических маршрутов и режимов работы грузового автотранспорта. Установлены закономерности возникновения очереди под погрузочными бункерами с использованием детерминированных моделей.

Ключевые слова: оптимальная длина очереди, детерминированная модель, многоканальная система массового обслуживания, интенсивность потока требований.

Kravchenko A., Panayotov K. Determine queue length of trucks that service loading bunkers continuous production.

A solution to the problem of determining the optimal length of the queue of trucks serving the loading bunkers continuous production-specific elements of technological routes and modes of freight transport. The regularities of the queue for loading bunkers using deterministic models.

Keywords: optimal length of the queue of trucks, deterministic model, multichannel queuing system, the flow rate requirements.

АВТОРИ:

КРАВЧЕНКО Олександр Петрович, доктор технічних наук, професор, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, завідувач кафедри автоніки та управління на транспорті, e-mail: avtoap@ukr.net

ПАНАЙОТОВ Костянтин Константинович, здобувач кафедри автоніки та управління на транспорті, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, e-mail: zskot@yandex.ru

АВТОРЫ:

КРАВЧЕНКО Александр Петрович, доктор технических наук, профессор, Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, заведующий кафедрой автоніки и управления на транспорте, e-mail: avtoap@ukr.net

ПАНАЙОТОВ Константин Константинович, соискатель кафедры автоніки и управления на транспорте, Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, e-mail: zskot@yandex.ru

AUTHORS:

KRAVCHENKO Alexander, Doctor of Science in Technology, Professor, East Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl, Head of Avtonika and Transport Management Department, e-mail: avtoap@ukr.net

PANAIOTOV Konstantin, Competitor of the Department avtoniki and Transport Management, East Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl, e-mail: zzkot@yandex.ru

РЕЦЕНЗЕНТ:

РУДЗИНСЬКИЙ В.В., доктор технічних наук, професор, Житомирський державний технологічний університет, заведувач кафедри автомобілів і механіки технічних систем, Житомир, Україна.

РЕЦЕНЗЕНТ:

РУДЗИНСКИЙ В.В., доктор технических наук, профессор, Житомирский государственный технологический университет, заведующий кафедрой автомобилей и механики технических систем, Житомир, Украина.

REVIEWER:

V. RUDZINSKII, Doctor of Science in Technology, Professor, Zhytomyr State Technological University, Head of Car Mechanics and Technical Systems Department, Zhitomir, Ukraine.

Стаття надійшла в редакцію 06.09.2014р.