

УДК 621.002

## ОПТИМІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ВНУТРІШНЬОЗАВОДСЬКИХ ВАНТАЖОПОТОКІВ ПІДПРИЄМСТВ МАШИНОБУДІВНОГО ПРОФІЛЮ

Заверкін А.В., Кузьменко С.В., Чередниченко С.П.,

## OPTIMIZATION OF TRANSPORT SERVICE OF INTRA FACTORY FREIGHT TRAFFICS OF THE ENTERPRISES OF A MACHINE-BUILDING PROFILE

Zaverkin A., Kuzmenko S., Cherednychenko S.

*Розглянуто роль транспорту на міжцехових перевезеннях промислових підприємств, а саме - машинобудівних заводів. Проведено аналіз впливу різних видів транспорту на технологічний процес. Дано рекомендації перспективного розвитку транспортних комплексів промислових підприємств.*

**Ключові слова:** промислове підприємство, міжцехові перевезення, міжцеховий вантажопотік, технологічний процес виробництва, залізничний транспорт, автомобільний транспорт, спеціальні види транспорту, транспортно-вантажні роботи.

**Вступ.** Велика, і часто змінювана номенклатура виробів, що виготовляються на заводах індивідуального машинобудування призводить до ряду істотних особливостей їх транспортного обслуговування. Перш за все - це значна нерівномірність перевезень за окремим грузопотоком, роздорбленість транспортної партії, великі коливання за часом виконання одного рейсу.

На розглянутих заводах можна виділити дві групи заявок на здійснення міжцехових перевезень:

- планові заявки;
- термінові заявки.

Відмінною особливістю планових заявок є досить повна інформація про майбутній обсяг робіт. Організація перевезень здійснюється за принципом із складу на склад. Зсув термінів виконання таких заявок, протягом зміни, як правило не приводить до витрат від простоїв основного виробництва. Однак, вплив різних виробничих факторів, що виникають в процесі виробництва, призводить до необхідності реалізації частини заявок в обмежений час. Такі термінові заявки на перевезення, як правило, виникають протягом поточної робочої зміни.

Своєчасна обробка термінових заявок негативно позначається на показниках використання рухомого складу, але дозволяє досягти потрібної для

виробництва оперативності перевезень. Недооцінка цього чинника призводить зазвичай до виникнення великих витрат, пов'язаних з простоями основного виробництва.

**Результати досліджень.** Аналіз статистичних даних показує, що питома вага строкових рейсів в загальному обсязі непостійна для різних вантажопотоків. Для вантажопотоків цех-цех вона найбільша і досягає 60% при середній величині 30%, для вантажопотоків склад-цех вона незначна і знаходиться в межах 3-5%. Періоди зміни термінові заявки розподілені рівномірно, але з різною інтенсивністю. В першу половину зміни виконується 60% термінових заявок, в другу половину - 40%.

Дослідження нерівномірності вантажопотоків різної потужності дозволили встановити залежності між середньодобовим обсягом транспортної роботи, вираженим в рейсах, і показниками мінливості цього обсягу у вигляді:

$$\begin{aligned}\sigma &= 2,0 \cdot G^{0,5}; \\ V &= 2,0 \cdot G^{-0,5}; \\ K_n &= 8,3 \cdot G^{-0,34},\end{aligned}$$

де  $\sigma$  - середньоквадратичне відхилення добового обсягу перевезень;

$G$  - математичне очікування змінного обсягу перевезень;

$V$  - коефіцієнт варіації;

$K_n$  - коефіцієнт нерівномірності перевезень.

Таким чином, зі збільшенням обсягу перевезень, відносні показники нерівномірності ( $V$ ,  $K_n$ ) зменшуються, а середньоквадратичне відхилення за абсолютною величиною - росте.

Дослідження законів розподілу добових обсягів транспортних робіт на міжцехових вантажопотоках показало, що в загальному випадку коливання перевезень описуються Гамма-розподілом, для великих обсягів транспортної роботи (36 рейсів за зміну і більше) це розподіл надійно характеризується нормальним законом.

В силу коливання величини транспортної партії, нестійкості маршрутів і мінливості часу виконання вантажно-розвантажувальних операцій, час виконання одного рейсу змінюється в значних межах. При цьому зміна часу виконання одного рейсу також добре описується Гамма-розподілом. Зв'язок між параметрами розбіжності в часі і величиною часу рейсу виражається з достатнім ступенем вірогідності коефіцієнтом варіації ( $V_\tau$ ), який дорівнює  $V_\tau = 0,635$ .

Зміни в технології та організації виконання підйомно-транспортних робіт впливають на середню величину рейсу, але закон розподілу, що описує цей рейс - зберігається.

Істотний вплив на економічну ефективність внутрішньозаводських транспортних процесів надає організація роботи транспорту.

В даний час застосовуються такі її форми:

- децентралізована, з постійним закріпленням засобів за підрозділами;
- робота по постійно діючому маршруту;
- робота з оперативного маршруту, що розробляється на кожну зміну;
- робота по системі «викликів», з диспетчеризацією кожного рейсу;
- лімітована система роботи.

Найбільш поширеною є децентралізована система. До переваг її слід віднести пристосованість до змін маршрутів слідування вантажів, велику оперативність у виконанні термінових рейсів. Однак ця форма є найбільш неекономічною.

На заводах масового і серійного виробництва застосовується робота транспорту за постійно діючими маршрутами і жорстким графіками роботи. Для постійних обсягів транспортної роботи ця форма організації виявляється найекономічнішою. В умовах коливання обсягів перевезень і наявності «термінових» заявок можуть з'явитися випадки порожніх рейсів, викликаних розбіжністю моментів відправлення вантажу і часу заїзду транспорту.

На заводах серійного виробництва останнім часом широко використовується робота транспорту за оперативними маршрутами. Ця форма краще, ніж постійні маршрути пристосована до коливань обсягу перевезень, проте на її ефективність негативно позначається наявність термінових рейсів.

Широке поширення на підприємствах, в останній час, отримала організація роботи транспорту по системі викликів. В цьому випадку диспетчеризується кожен рейс транспортного засобу. При наявності коштів оперативного зв'язку між диспетчерами, водіями і замовниками ця форма є найпродуктивнішою.

Досить широко останнім часом поширюється лімітована форма роботи транспорту. Дана форма має всі переваги децентралізованої системи, і в ряді випадків, зводиться до закріплення транспортного засобу на час виконання транспортної роботи за підрозділом.

Розглянемо умови ефективного застосування різних форм організації роботи транспорту. Так, організація постійно діючих маршрутів доцільна, якщо витримується умова

$$\frac{a}{\epsilon} < 1 - P_0 - \alpha \cdot P_1. \quad (1)$$

Організація  $q$  кількості рейсів по постійно діючим графіком вигідно при дотриманні умови:

$$\sum_{i=q+1}^n P_i - \alpha \cdot P_{q+1} \cdot (q+1) < \frac{a}{\epsilon} < \sum_{i=q}^n P_i - \alpha \cdot P_q \cdot q. \quad (2)$$

Організація оперативних маршрутів вигідна за умови:

$$\frac{\delta}{\epsilon} < 1 - \alpha. \quad (3)$$

Постійне закріплення транспорту виявляється доцільним за умови:

$$N > \frac{T_{np} \cdot \psi}{\epsilon - \delta}. \quad (4)$$

У формулах (1-4) прийняті наступні позначення:

$a, \delta, \epsilon, \delta$  - вартість виконання одного рейсу по постійно діючому маршруту, виклику, оперативному маршруту і при закріпленні транспорту за підрозділом;

$P_i$  - ймовірність виникнення  $i$ -ї кількості рейсів;

$\alpha$  - питома вага строкових рейсів в загальному обсязі перевезень по грузопотоку;

$N$  - сумарна кількість рейсів, що виконується для потреб підрозділу;

$T_{np}$  - сумарний час простоїв транспорту через відсутність роботи;

$\psi$  - вартість години простою транспортного засобу.

Ймовірність виникнення заданої кількості рейсів можна визначити за формулою:

$$P_{(x)} = \frac{0,25^{0,25 \cdot G}}{\Gamma(0,25 \cdot G)} \cdot e^{-0,25 \cdot x} \cdot x^{0,25 \cdot G - 1}, \quad (5)$$

де  $G$  - середній обсяг по грузопотоку в рейсах за зміну;

$x$  - задана кількість рейсів;

$\Gamma$  - Гамма-функція.

Аналіз залежностей (1-5) показує, що умови ефективного застосування різних форм організації залежать від обсягу транспортних робіт по грузопотоку або підрозділу і питомої ваги строкових рейсів в загальному обсязі перевезень.

Встановлено області доцільного застосування різних форм організації роботи транспорту. Наприклад, для електровізків різного типу застосування постійно діючих маршрутів виявляється доцільним при обсязі перевезень по окремому грузопотоку не менше 4-6 рейсів за зміну. Оперативні маршрути виявляються вигідними лише в умовах відносно стабільних перевезень, коли питома вага строкових рейсів не перевищує 10-30%. Передача транспорту на термін виявляється доцільною, якщо для потреб підрозділу виконується послідовно більше одного рейсу в будь-якому напрямку. Лімітована система виявляється вигідною в умовах нестійкості вантажопотоків, малого обсягу перевезень за окремим грузопотоком та значній кількості термінових заявок. Постійне закріплення транспорту за підрозділом виявляється доцільним, якщо для його потреб протягом зміни виконується 20-30 рейсів і завантаження транспортних засобів на окремих вантажопотоки незначне.

Визначення необхідної кількості транспортних засобів, що працюють в умовах нерівномірності перевезень, в даний час проводиться з урахуванням коефіцієнта нерівномірності вантажопотоку. Для умов роботи транспорту на заводах індивідуального виробництва характерні дуже великі коефіцієнти нерівномірності, і використання їх в якості поправочних коефіцієнтів може призвести до суттєвих помилок.

Систему міжцехових перевезень можна віднести до багатоканальної однофазної системи масового обслуговування замкнутого типу з необмеженим часом очікування і пріоритетним обслуговуванням частини заявок. Особливості системи полягає в практично одночасному надходженні планових заявок і великих коливаннях змінних обсягів транспортної роботи при практичній рівності кількості заявок. Характеристики даної системи визначено методом імітаційного моделювання, для чого була розроблена модель міжцехових перевезень машинобудівного заводу. Обробка результатів моделювання дозволила встановити залежність між найважливішими характеристиками і параметрами системи, що вивчається.

На підставі цих залежностей отримана формула по визначенню необхідної чисельності транспортних засобів  $N_i$  з використанням поправочного коефіцієнта  $K_n$ , що враховує нерівномірність перевізного процесу:

$$N_i = \frac{G_i}{W_i} \cdot K_n, \quad (6)$$

де  $W_i$  - змінна продуктивність транспортного засобу.

За своєю структурою наведена формула не відрізняється від використовуваних в даний час, але вони різні по суті.

У формулі (6) застосований поправочний коефіцієнт  $K_n$  замість коефіцієнта нерівномірності  $K_n$ . Поправочний коефіцієнт  $K_n$  (рис.1) залежить від середньозмінного обсягу робіт  $G$  і часу простою строкової заявки в очікуванні початку обслуговування  $t_{oc}$ .

Величину поправочного коефіцієнту можна визначити за формулою:

$$K_n = \frac{11,3}{l_n \cdot t_{oc} + 0,7G^{0,5}}. \quad (7)$$

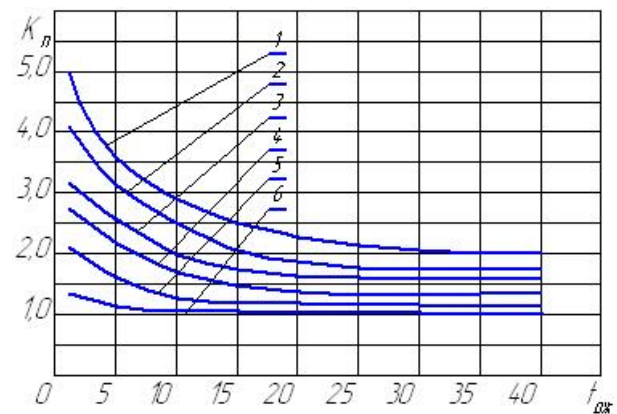


Рис. 1. Залежність поправочного коефіцієнта  $K_n$  від часу простою строкової заявки в очікуванні обслуговування  $t_{oc}$  для різних обсягів робіт  $G$   
 1 –  $G=6,0$ ; 2 –  $G=12,0$ ; 3 –  $G=20,0$ ; 4 –  $G=30,0$ ;  
 5 –  $G=60,0$ ; 6 –  $G=120,0$

Для стабільних вантажопотоків, наприклад вантажопотоків склад-цех, де термінові рейси практично відсутні, величину поправочного коефіцієнту можна визначити за формулою:

$$K_n^{kp} = 2,66 \cdot G^{-0,16}. \quad (8)$$

На рис.2 наведені значення  $K_n^{kp}$  в залежності від обсягу транспортної роботи. Тут же для порівняння показано зміна коефіцієнта нерівномірності.

При виборі оптимальної кількості транспортних засобів важливо правильно визначити допустимий час простою строкової заявки в очікуванні початку обслуговування  $t_{oc}$ . Витрати виробництва, пов'язані з несвоєчасністю транспортного обслуговування виникають тільки після певного проміжку часу  $\tau_\alpha$ , після надходження заявки на виконання перевезень,

що пояснюється наявністю резервних запасів продукції на робочих місцях.

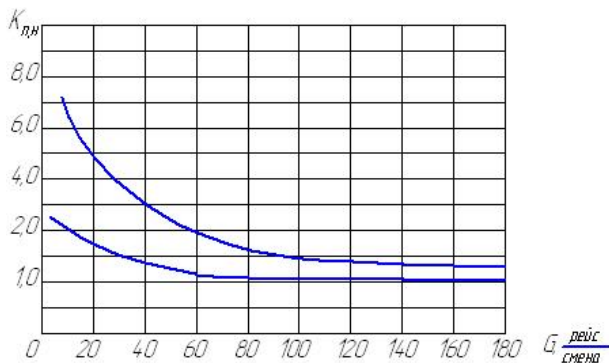


Рис. 2. Залежність поправочного коефіцієнту  $K_n$  і коефіцієнту нерівномірності перевезень  $K_n$  від обсягу транспортної роботи  $G$

Аналіз показує, що оптимальна величина  $t_{оч}$  збігається з  $\tau_\alpha$ . При децентралізованій системі перевезень  $\tau_\alpha$  в середньому дорівнює часу циклу використовуваних для перевезень транспортних засобів.

В даний час при перевезенні дрібних і тарноштучних вантажів на заводах індивідуального машинобудування в основному використовуються електровізки, для яких середня величина циклу дорівнює  $\tau_\alpha = 30$  хв, якщо для перевезення застосовуються автомашини -  $\tau_\alpha = 40$  хв. Ці значення і можна прийняти при призначенні допустимого часу простою строкової заявки. В даному випадку це означає, що вибираючи кращу форму централізованого транспортного обслуговування, необхідно забезпечити не гіршу оперативність виконання перевезень, ніж при децентралізованій системі.

При виборі раціональної технології виконання вантажно-розвантажувальних робіт для заданого виду транспорту як критерій оптимізації можна використовувати наведені витрати, необхідні для здійснення перевезень

$$\begin{aligned} Z_j &= C_j + E_n \cdot K_j; \\ Z_j &= Z_{ji} + Z_{ji}^H + Z_{ji}^P + Z_{ji}^K + Z_{ji}^C + Z_{ji}^T + Z_{ji}^D, \end{aligned} \quad (9)$$

де  $Z_j$  - сумарні наведені витрати по вантажопотоку;

$C_j$  - сумарні поточні витрати по вантажопотоку;

$E_n$  - нормативний коефіцієнт ефективності;

$K_j$  - сумарні капітальні вкладення, необхідні для здійснення перевезень по вантажопотоку;

$Z_{ji}$  - наведені витрати по експлуатації  $i$ -го виду транспорту;

$Z_{ji}^H; Z_{ji}^P$  - відповідно, приведені витрати на виконання навантажувальних і розвантажувальних робіт на вантажопотоці  $j$ ;

$Z_{ji}^K$  - витрати на комплектування вантажу;

$Z_{ji}^C$  - витрати на супровід і експедицію вантажу;

$Z_{ji}^T$  - витрати на укрупнення вантажних одиниць (тару, піддони, контейнери);

$Z_{ji}^D$  - витрати на спорудження й експлуатацію доріг і транспортних комунікацій.

При визначенні складових формули (9) доцільно розділити витрати на дві групи:

- залежні від обсягу робіт;

- залежні від часу експлуатації.

Наприклад, витрати по експлуатації транспортного засобу і на вантажопотоці  $j$  можна визначити за формулою:

$$\begin{aligned} Z_{ji} &= C_{ij}^A + C_{ij}^3 + C_{ij}^{рем} + C_{ij}^{ш} + C_{ij}^{мон} + E_n \cdot K_{ij} = u^L L + u^T T_i; \\ u^L L &= C_{ij}^A + C_{ij}^{рем} + C_{ij}^{ш} + C_{ij}^{мон}; \\ u^T T_i &= C_{ij}^3 + E_n \cdot K_{ij}, \end{aligned} \quad (10)$$

де  $C_{ij}^A$  - витрати на амортизацію транспортних засобів;

$C_{ij}^3$  - витрати по заробітній платі (основна, додаткова);

$C_{ij}^{рем}$  - витрати на ремонт та утримання транспортних засобів;

$C_{ij}^{ш}$  - витрати на шини;

$C_{ij}^{мон}$  - витрати на паливо і енергію;

$u^L$  - сумарні питомі витрати, що залежать від пробігу транспортних засобів;

$u^T$  - сумарні питомі витрати, що залежать від часу експлуатації транспортного засобу на грузопотоке;

$L$  - сумарний пробіг транспортного засобу по вантажопотоку за рік;

$T_i$  - сумарний час залучення транспортного засобу для роботи на вантажопотоці.

Варіант транспортного обслуговування міжцехових вантажопотоків можна вважати оптимальним, якщо використовуваний склад транспортного устаткування, організація роботи транспорту і технологія виконання вантажно-розвантажувальних робіт забезпечують оперативне обслуговування основного виробництва і, в той же час, сумарні витрати на утримання обладнання і транспортних засобів є мінімальними в порівнянні з іншим варіантом.

Цільова функція в цьому випадку визначається вираженням:

$$\sum_{j=1}^m z_j + \sum_{i=1}^n z_i^{nocm} + \sum_{i=1}^n z_i^{np} = \sum_{i=1}^n z_i \rightarrow \min; \quad (11)$$

де  $z_i^{nocm}$  - постійна частина витрат для кожного виду транспорту, що включає зміст гаражно-ремонтної бази і технічні засоби управління перевезеннями;

$z_i^{np}$  - витрати по простоїв транспортного устаткування, викликаним або необхідністю резервування транспортних засобів для погашення нерівномірності перевезень, або неможливістю завантаження транспортного засобу.

Обмежують умовами є:

1. Умова виконання обсягу робіт по кожному вантажопотоку

$$\sum_{i=1}^n G_{ji} = G_j;$$

де  $G_{ji}$  - обсяг робіт, що виконується і-им видом транспорту по j-ому вантажопотоку;

$G_j$  - сумарний обсяг робіт по вантажопотоку.

2. Умови своєчасності виконання перевезень

$$t_{oc} = \tau;$$

дана умова дорівнює рівнянню

$$N_{ji} = N_{ji}^P \cdot K_{nj};$$

де  $N_{ji}$  - кількість транспортних засобів, необхідна для своєчасного виконання перевезень в умовах нестійкості перевізного процесу;

$N_{ji}^P$  - кількість транспортних засобів, певне за умови рівномірного завантаження транспорту;

$K_{nj}$  - поправочний коефіцієнт, що враховує нерівномірність перевізного процесу, визначається по залежностям (7) і (8).

**Висновки.** На машинобудівних заводах індивідуального виробництва є великі резерви при виконанні підйомно-транспортних робіт на міжцехових вантажопотоках. Найбільший ефект від раціоналізації підйомно-транспортних робіт можна отримати, вирішуючи комплексно питання вибору прогресивних засобів транспорту, технології виконання вантажно-розвантажувальних робіт і організації роботи транспортних засобів на окремих вантажопотоках.

#### Л і т е р а т у р а

1. Мандрица В.М., Краев В.Н. Прогнозирование перевозок грузов на автомобильном транспорте. М.:Транспорт, 1981 – 152с.

2. Организация, планирование и управление в автотранспортных предприятиях / Под ред. М.П.Улицкого. - М.: Транспорт, 1994.-328с.
3. Бережной В.И., Бережная Е.В. Методы и модели управления материальными потоками микрологистической системы автопредприятия.- Ставрополь: Интеллект-сервис, 1996.-155с.

#### References

1. Mandritsa V.M., Kraev V.N. Prognozirovaniye perevozok gruzov na avtomobilnom transporte. M.:Transport, 1981 – 152s.
2. Organizatsiya, planirovaniye i upravleniye v avtotransportnyih predpriyatiyah / Pod red. M.P.Ulitskogo. - M.: Transport, 1994.-328s.
3. Berezhnoy V.I., Berezhnaya E.V. Metody i modeli upravleniya materialnyimi potokami mikrologi-sticheskoj sistemyi avtopredpriyatiya.-Stavropol: Intellekt-servis, 1996.-155s

**Заверкин А.В., Кузьменко С.В., Чердниченко С.П. Оптимизация транспортного обслуживания внутривоздских грузопотоков предприятий машиностроительного профиля**

*Рассмотрена роль транспорта на межцеховых перевозках, в частности - на машиностроительных предприятиях. Проведен анализ влияния разнообразных видов транспорта на технологический процесс. Даны рекомендации для перспективного развития транспортных комплексов промышленных предприятий.*

**Ключевые слова:** промышленное предприятие, межцеховые перевозки, технологический процесс производства, железнодорожный транспорт, автомобильный транспорт, специальные виды транспорта, транспортно-погрузочные работы.

**Zaverkin A., Kuzmenko S., Cherednychenko S. Optimization of transport service of intra factory freight traffics of the enterprises of a machine-building profile**

*The role of transport is considered on transportations of industrial enterprises, namely – machine-building plants. The analysis of influence of different types of transport is conducted on a technological process. The prospects of development of transport complexes of industrial enterprises are recommended.*

**Keywords:** industrial enterprise, mezhcekhovye transportations, mezhcekhovoy traffic of goods, technological process of production, railway transport, motor transport, special types of transport, transport-freight works.

**Заверкин А.В.** – к.т.н., доцент кафедры «ЗАТ і ПТМ», СХУ ім. В. Даля, м. Сєверодонецьк, Україна.

**Кузьменко С.В.** – к.т.н., доцент директор навчально-наукового інституту транспорту і логістики СХУ ім. В.Даля, м. Сєверодонецьк, Україна.

**Чердниченко С.П.** – к.т.н., доцент кафедри «ЗАТ і ПТМ», СХУ ім. В. Даля, м. Сєверодонецьк, Україна.

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

Стаття подана 15.04.2018.