

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМУ ПЕРЕВІЗНОГО ПРОЦЕСУ

*Баркалов І.В., головний інженер служби перевезень  
Придніпровської залізниці*

*Таранець О.І., асистент кафедри «Управління експлуатаційною  
роботою» Дніпропетровського національного університету  
залізничного транспорту ім. ак. Лазаряна*

**Ключові слова:** *вантаж, доставка, оптимальний режим,  
перевізний процес, прибуток*

**Вступ.** В умовах розвитку транспортного ринку ключовими питаннями для системи перевезень є своєчасне забезпечення вагонами відповідного типу всіх відправників вантажу відповідно до їхніх заявок.

Аналіз сучасного стану залізничної галузі і перспектив її розвитку диктує необхідність здійснення наступних комплексних заходів, що сприяють розвитку перевезень і вдосконаленню обслуговування клієнтури: подальше закріплення залізничного транспорту на ринку перевезень шляхом розвитку маркетингу, удосконалення тарифної політики; удосконалення організаційної структури управління залізничним транспортом, технології й організації перевізної роботи, автоматизації диспетчерського контролю за просуванням поїздів; перехід до фінансової моделі управління на залізничному транспорті, заснованої на обраній оптимальній формі власності; підвищення ефективності управління інвестиційною діяльністю; подальше стимулювання праці й удосконалення кадрової політики.

Формування прибутку в сфері перевезень передбачає мінімізацію його собівартості шляхом освоєння прогнозованих вантажопотоків оптимальною кількістю вагонів і локомотивів. Це вимагає освоєння не лише нових технологій, але й нових підходів до організації вагонопотоків, тому досить актуальною є задача визначення оптимального режиму перевізного процесу.

**Основний зміст.** Одним з основних підходів, що дозволяє підвищити прибуток від перевезень вантажів, є стратегічне планування. Стратегічне планування забезпечує збалансованість фінансових та реальних інвестицій у динаміці, на рівні, необхідному для підтримання стійкого зросту обсягів послуг залізничного транспорту.

Зміст планування перевізного процесу розглянемо на прикладі техніко-економічного завдання, вирішення якого необхідно

виконувати для визначення заходів з підтримки перевізного процесу в оптимальному режимі.

Розглянемо найпростішу схему доставки вантажів. Вантажовідправник поставляє товари вантажоодержувачу. Транспортні роботи виконує перевізник. Для доставки вантажів необхідно накопичити їх до величини  $Q$ , що дорівнюватиме вантажопідйомності одиниці рухомого складу, завантажити їх на рухомий склад, перевезти до вантажоодержувача, вивантажити і розформувати вивантажену партію вантажу. Таким чином, доставка вантажу від місця виробництва до споживача вимагає почергового виконання трьох видів транспортних робіт: зберігання, навантаження-вивантаження і перевезення. Закінчений цикл транспортних робіт по доставці однієї партії вантажів з місця виробництва до споживача назвемо транспортною операцією. Послідовне виконання транспортних операцій по доставці вантажів з місця виробництва до місця споживання будемо називати перевізним процесом.

Будь-який технологічний процес має режим, при якому досягаються найкращі результати по обраному критерію. Виходячи з народногосподарських вимог, можна вважати, що режим перевізного процесу буде оптимальним в тому випадку, коли досягається мінімум витрат по доставці вантажів на протязі всього часу тривалості перевезення.

Оптимальний режим перевізного процесу характеризується сукупністю параметрів, при яких досягається мінімум витрат з перевезень. Для визначення цих параметрів проаналізуємо формулу загальної вартості доставки вантажів за умовний період часу  $T$ .

Витрати по виконанню кожної  $j$ -ї роботи ( $j = 1,2,3,4,5$ ) умовно поділимо на залежні від часу виконання роботи  $\Delta e_j^p$  та незалежні від робочого часу (постійні) витрати  $e_j^0$ . При цьому загальні витрати за час виробництва робіт будуть  $e_j^p = e_j^0 + \Delta e_j^p$ . На рис.1, а показано перевізний процес при випадках, коли після закінчення першої роботи по першій транспортній операції  $t_{11}$  одразу ж починається перша робота по другій транспортній операції  $t_{21}$ , але при цьому тривалості виконання робіт по одній транспортній операції не рівні.



Рисунок 1 – Графік елементів перевізного процесу

Перша робота по третій транспортній операції  $t_{31}$  починається з деякою затримкою після закінчення  $t_{21}$ . Тривалість виконання роботи  $t_{41}, t_{42}, t_{43}, t_{44}$  по четвертій транспортній операції збільшені вдвічі, а  $t_{45}$  – втричі у порівнянні з тривалістю виконання відповідних робіт за попередніми транспортними операціями. Час виконання всіх робіт по п'ятій транспортній операції зменшено вдвічі порівняно з тривалістю робіт по першій транспортній операції. У всіх випадках приймалося, що кожна наступна робота може бути почата тільки після закінчення попередньої. Прийняті умовні випадки відповідають явищам, які мають місце в практиці перевезень, коли з різних причин з'являються перебої в надходженні вантажів, затримки або дострокове виконання транспортних робіт, має місце нерівність тривалості виконання робіт за однією і тією ж транспортною операцією. У нижній частині рис. 1, б показано графік завантаження технічних засобів, що виконують транспортні роботи, які відповідають даному перевізному процесу. Введемо позначення часу виконання транспортних робіт і перерв у роботах:  $t_{11}, t_{10/1}, t_{12}, t_{11/2}, t_{13}, \dots, t_{21}, t_{20/1}, t_{22}, \dots$ , де перша цифра індексу це порядковий номер транспортної операції, друга – порядковий номер транспортної роботи (накопичення вантажів до відправлення; 2 – навантаження; 3 – перевезення; 4 – вивантаження; 5 – розформування відправки) та дробовий індекс – неробочий час на виробничих об'єктах між попередньою (чисельник) та наступною (знаменник) роботою.

Загальну вартість доставки вантажів  $E$  за плановий період часу  $T$  тоді можна записати в наступному вигляді:

$$\begin{aligned} & e_1^p t_{11} + e_1^0 t_{10/1} + \dots + e_5^p t_{15} + e_5^0 t_{14/5} \\ & e_1^p t_{21} + e_1^0 t_{20/1} + \dots + e_5^p t_{25} + e_5^0 t_{24/5} \\ & \dots \\ & \dots \\ & \dots \\ & e_1^p t_{k1} + e_1^0 t_{k0/1} + \dots + e_5^p t_{k5} + e_5^0 t_{k4/5} \end{aligned}$$


---


$$E = e_1^p \sum_1^k t_{i1} + e_1^0 \sum_1^k t_{i0/1} + \dots + e_5^p \sum_1^k t_{i5} + e_5^0 \sum_1^k t_{i4/5}$$

де  $i = 1, 2, 3, \dots, k$  – кількість транспортних операцій за плановий період  $T$ , що розглядається.

Необхідно також врахувати витрати по поверненню рухомого складу до місця навантаження  $\sum_1^5 e_j^n \sum_1^k t_{ij}^n$ .

Відомо, що витрати на утримання складів залежать від величини відправки вантажу  $Q$ , витрати на навантаження та вивантаження – від інтенсивності виробництва цих робіт  $M^H$  та  $M^B$ , витрати по пересуванню вантажів – від дальності пробігу рухомого складу у

навантаженому стані  $L$  та порожньому  $L^0$ , а також від вантажопідйомності  $D$  та швидкості руху  $v$  рухомого складу. При цьому

$$Q = \alpha D,$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт використання вантажопідйомності. Аналітичні рівняння цих залежностей наступні:

$$\begin{aligned} e_1^p &= \varphi_1(\alpha, D); e_1^0 = \varphi_1^0(\alpha, D); e_2^p = \varphi_2(M^H, D, v); \\ e_2^0 &= \varphi_2^0(M^H, D, v); e_3^p = \varphi_3(D, v); e_3^0 = \varphi_3^0(D, v) \\ e_4^p &= \varphi_4(M^B, D, v); e_4^0 = \varphi_4^0(M^B, D, v); e_5^p = \varphi_4(\alpha, D); \\ e_5^0 &= \varphi_5^0(\alpha, D); e_j^p = \varphi_j^p(D, v). \end{aligned}$$

Відомі також аналітичні вирази часу роботи технічних засобів:

$$t_{i1} = \frac{\alpha_i D}{q_t}; t_{i2} = \frac{\alpha_i D}{M_i^p}; t_{i3} = \frac{\alpha_i D}{v_i}; t_{ij}^p = \frac{L_i^0}{v_i}; t_{i4} = \frac{\alpha_i D}{M_i^B}; t_{i5} = \frac{\alpha_i D}{q_t},$$

де  $q_t$  – інтенсивність надходження вантажів.

Неробочий час на виробничих об'єктах  $t_{i \frac{j}{j+1}}$  можна підрозділити на прості, викликані впливом випадкових факторів (метеорологічна обстановка, ушкодження і т.ін.)  $t_\lambda$ , та прості внаслідок нерівності інтенсивності послідовно виконуваних робіт  $t_x$ . Обидві ці групи простоїв піддаються розрахункам.

Якщо підставити отримані залежності в формулу загальної вартості доставки вантажів, то отримаємо вираз

$$E = f(M^p, M^B, M_i^p, M_i^B, \alpha, \alpha_i, D, v, v_i, L, L_i^0, q_i, t_\lambda, t_x).$$

Визначення оптимальних параметрів перевізного процесу полягає в мінімізації функції:

$$\begin{aligned} f(M^p, M^B, M_i^p, M_i^B, \alpha, \alpha_i, D, v, v_i, L, L_i^0, q_t, t_\lambda, t_x) &\rightarrow \min, \\ \text{де } i &= 1, 2, 3, \dots, k; \\ t &= 1, 2, 3, \dots, T. \end{aligned}$$

Щодо даного прикладу перевізний процес можна розглядати як керуючу систему, в якій об'єктом управління є робота технічних засобів вантажовідправника, перевізника та вантажоодержувача, що забезпечують задані перевезення. Режим перевізного процесу характеризує поєднання величин параметрів  $M^p, M^B, M_i^p, M_i^B, \alpha, \alpha_i, D, v, v_i, L, L_i^0$ . Фактори, що впливають характеризують поєднання величин параметрів  $q_t, t_\lambda, t_x$ , а також варіанти новітніх досягнень науки і техніки, що змінюють функціональні залежності параметрів один від одного.

Перевізний процес можна вважати стабільним, якщо вантажі надходять рівномірно, а вплив випадкових факторів зведено до мінімуму. При цьому втручання в хід процесу буде також мінімальним. Коли перевізний процес стабільний, то завжди є можливість на стійкий період спеціалізувати відповідно до конкретних умов технічні засоби і різними правилами зафіксувати

оптимальну технологію (наприклад, суміщену технологію на ряді напрямків змішаних залізнично-повітряно-автомобільних сполучень). Однак при змінному характері умов перевезень для досягнення мінімуму витрат з доставки вантажів потрібно частіше визначати оптимальний режим перевізного процесу.

Визначення в конкретних умовах найкращого поєднання величин параметрів і розробка технічних, організаційних, фінансових та інших заходів з підтримання перевізного процесу в оптимальному режимі є змістом планування перевізного процесу.

З формального запису задачі оптимального планування перевізного процесу можна зробити деякі висновки, що характеризують умови її вирішення.

По-перше, внаслідок дуже складних залежностей між кількома невідомими параметрами в одному рівнянні для знаходження мінімуму функції потрібно застосовувати метод послідовних наближень. Приватні завдання планування перевізного процесу на оптимум повинні вирішуватися в комплексі і поетапно.

По-друге, для забезпечення оптимального режиму перевізного процесу стосовно до розглянутого прикладу необхідно, щоб потужність технічних засобів постійно відповідала оптимальним параметрам перевізного процесу. При плануванні перевізного процесу доводиться мати справу з перспективними, річними, кварталними, місячними і добовими змінами вантажних потоків. Так як параметри технічних засобів не змінюються протягом всього їх терміну служби або тривалості серійного будівництва, то при плануванні перевізного процесу виникають три різні типи завдань:

а) визначення структури технічних засобів на перспективу. Завдання полягає в тому, щоб визначити зміни вантажного потоку на запланований період і структуру технічних засобів, яка забезпечить мінімальні витрати за цей період;

б) розподіл роботи між існуючими в наявності і тими, що поставляються технічними засобами на полігонах, ділянках і лініях в оперативних умовах, коли більш достовірно відомі зміни вантажного потоку;

в) визначення заходів з підтримання оптимального режиму перевізного процесу в умовах, коли вантажі й транспортні засоби перебувають у русі відповідно до раніше заданих планом.

Вирішення цих задач належить до функцій оперативного планування і перспективного диспетчерського керівництва перевізним процесом.

По-третє, показники ефективності планів повинні бути ув'язані з відповідними економічними показниками. Такими показниками є при перспективному плануванні наведені через нормативний термін окупності будівельні і експлуатаційні витрати, при оперативному плануванні - експлуатаційні витрати.

**Висновки.** У статті розглянуті питання, щодо визначення оптимального режиму перевізного процесу. Коопероване використання технічних засобів дає можливість значно знизити час непродуктивних простоїв, поліпшити їх завантаження, а також зменшити витрати з утримання та будівництва технічних засобів.

**Перелік використаних джерел.**

1. Гаджинский А. М. Логистика: Учебник для высших и средних специальных учебных заведений.— 2-е изд.— М.: Информационно-внедренческий центр «Маркетинг», 1999. — 228 с.
2. Ансофф, И. Стратегическое управление. - Под ред. Л.И. Евенко. М.: Экономика, 2004.- 358 с.
3. Inbound logistics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.inboundlogistics.com/cms/issue/2013-09/>