

Кузьменко С.В., Сергієнко О.В., Заверкін А.В.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПІД'ЇЗНИХ КОЛІЙ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ З МЕТОЮ СКОРОЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ

Застарілі методики розробки і використання єдиних технологічних процесів на сучасному етапі розвитку залізничного транспорту не дозволяють ефективно керувати транспортним процесом і взагалі, є застарілою формою взаємодії між Укрзалізницею, Підприємством промислового залізничного транспорту та Промисловим підприємством.

В статті проведений аналіз методологічних підходів щодо визначення вагової норми поїздів, на підставі чого були отримані залежності, які дозволяють враховувати більшість факторів, що впливають на економічні показники перевезення вантажу, а саме: регламентують цінову політику при взаємних між елементами транспортної системи: Укрзалізниця – Підприємство промислового залізничного транспорту – Промислове підприємство. Визначення оптимальної ваги поїзда з урахуванням вказаних факторів дозволяє здійснювати оперативне управління підприємством промислового залізничного транспорту та передбачати регулярний перерахунок поточної вартості перевізного процесу в залежності від сформованої економічної ситуації і, відповідно, корисувати технологічний процес з урахуванням можливої зміни маси поїздів і часу транспортного обслуговування, що дозволить мінімізувати витрати підприємства.

Розрахункові дослідження за удосконаленою схемою транспортного обслуговування показують, що при перевезенні вантажу у обсязі 3 млн. т. на рік тепловозом ТЕМ-2 та власними вагонами УЗ між промисловою станцією та станцією примикання Укрзалізниці, які знаходяться на відстані 30 км, зменшення транспортних витрат склало 8,5 млн. грн. на рік.

Визначено, що на сучасному етапі є доцільним застосування методології взаємодії між суб'єктами господарювання у вигляді Оперативного технологічного процесу (ОТП). Він повинен враховувати поточні реалії економічних показників, таких як ставка плати за використання власних вантажних вагонів Укрзалізниці, вартість дизельного палива, заробітна плата персоналу тощо, і використовувати класичні методики тягових розрахунків.

Ключові слова: залізничний транспорт, промислові підприємства, транспортне обслуговування, поїзд, станція, вагова норма, сила тяги, витрати.

Актуальність дослідження. Магістральний і промисловий залізничний транспорт тісно пов'язані у своїй роботі по забезпеченню вимог господарства в вантажних перевезеннях. Кожен з них виконує властиві йому функції: початкові і кінцеві операції виконуються, в основному, промисловим транспортом, а перевезення вантажів від пунктів видобутку і виробництва до пунктів переробки і споживання здійснюються магістральними залізницями.

Взаємодія в роботі станцій і прилеглих до них залізничних цехів і окремих гілок промислових підприємств знаходить вираз в єдиних технологічних процесах (ЄТП), що погоджує в єдине ціле технологію роботи магістральних станцій і прилеглих до них промислових шляхів, заснована на узгодженні перевізного процесу залізниць і виробничого процесу промислових підприємств [1]. Тягові розрахунки сприяють вирішенню таких найважливіших питань в ЄТП, як вибір типу локомотиву і його основних параметрів, розрахунок ваги рухомого складу, часу ходу поїзда на перегонах і оптимальних режимів водіння поїздів; розрахунок гальм; визначення витрати води, палива, електроенергії; обґрунтування вимог до вагонного і колійного господарства з точки зору зменшення опору руху [2].

Теоретичний аналіз дослідження і постановка проблеми. Методологія виробництва тягових розрахунків, яка була розроблена ще за часів СРСР, ґрунтується на максимізації продуктивності локомотива [3-6], яка визначається наступним чином:

$$W_{\text{т}} = \frac{\sum Q' L}{M}, \text{ т-км} \quad (1)$$

де Q' - маса поїздів брутто, т;

L - відстань пробігу поїздів, км;

M – парк локомотивів, що знаходиться в експлуатації, шт.

Якщо розглянути окремий поїзд з локомотивною тягою при сталому русі, то дотична сила тяги локомотива F_0 буде дорівнювати силі опору руху поїзда F_o [5]:

$$F_0 = F_o = (Q + P)(w_0 + ig), \text{ Н} \quad (2)$$

де Q - маса складу брутто, т;

P - маса локомотиву, т;
 w_0 - основний питомий опір руху поїзда, Н/т;
 i - ухил ділянки шляху, ‰;
 g – прискорення вільного падіння.

Якщо виділити з (2) масу складу вагонів та помноживши ліву і праву частину виразу на швидкість руху V [км/год], отримаємо:

$$QV = \frac{F_d V}{(w_0 + ig)} - PV, \quad (3)$$

Враховуючи те, що $N_L = 3,6F_k V$ та $V = \frac{L}{t}$, а також переходячи в (3) до питомої продуктивності локомотива (1), отримаємо:

$$\frac{w_d}{t} = \frac{QL}{t} = \frac{N_L}{3,6(w_0 + ig)} - PV, \quad (4)$$

де N_L - потужність локомотива, Вт.

Аналіз залежності (4) дозволяє зробити наступні висновки:

- збільшення продуктивності локомотива при його постійній потужності стає можливим за рахунок зменшення швидкості руху V , з огляду на те, що зменшуються PV та w_0 , а $\frac{N_L}{[3,6(w_0 + ig)]}$ збільшується;
- при постійній потужності локомотива N_L зменшення швидкості руху V тягне за собою збільшення сили тяги F_d з огляду на те, що $F_d = \frac{N_L}{(3,6V)}$;
- збільшення дотичної сили тяги локомотива на підставі (2) дозволяє забезпечити збільшення вагової норми поїзда для заданих умов руху.
- залежності (1-4) розглядають процес перевезень лише з позицій теоретичної механіки та не враховують великої кількості факторів, які регламентують сучасні економічні аспекти взаємодії підприємств.

З огляду на те, що в минулі роки Міністерство шляхів сполучення СРСР встановлювало нормовані терміни використання вагонів для кожного промислового підприємства з фіксованою ставкою оплати за вказаний термін, а нормовані терміни визначалися завдяки Правил тягових розрахунків [5], то така схема взаємодії була економічно придатною.

На теперішній час Укрзалізниця змінила підхід щодо використання власних вантажних вагонів. З 1999 р. була встановлена лінійна шкала вартості використання вагонів в залежності від часу [6], а з 2009 року по теперішній час ставка оплати за користування вантажними вагонами Укрзалізниці є кусочно-лінійною (рис. 1) [7], що повинно стимулювати вантажовідправників, вантажоодержувачів і транспортні підприємства мінімізувати час користування вагонами.

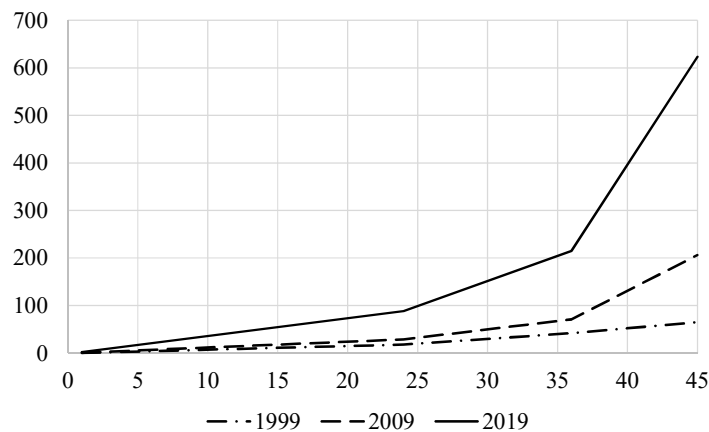


Рисунок 1 – Ставки плати за користування вагонами Укрзалізниці

Аналіз показує, що загальноприйнята схема співпраці в системі Укрзалізниця (УЗ) – Підприємство промислового залізничного транспорту (ППЗТ) – Промислове підприємство (Клієнт) є застарілою і унеможливує оптимізацію перевізного процесу. Відповідно до цього необхідний перегляд поточних підходів щодо транспортного обслуговування підприємствами залізничного транспорту [8].

Мета статті: Удосконалення технологічного процесу роботи підприємств залізничного транспорту із магістральними залізницями за рахунок зміни вагової норми поїзда у залежності від поточних економічних складових.

Задачі дослідження. Для досягнення мети необхідно: розробити удосконалену схему взаємодії УЗ – ППЗТ – Клієнт, яка дозволить оптимізувати вартість перевізного процесу в залежності від сформованої економічної ситуації; отримати залежності, що враховують велику кількість факторів, які регламентують цінову політику при взаєминах між елементами транспортної системи: УЗ – ППЗТ – Клієнт.

Основна частина.

Забезпечення прискорення обороту вагонів Укрзалізниці, якими забезпечують перевезення вантажів від промислового підприємства до станції примикання Укрзалізниці, стає можливим при детальному розгляді всього технологічного ланцюга процесу перевезень і визначенні можливостей щодо зменшення часу знаходження вагонів УЗ при максимізації прибутку ППЗТ.

Загальний час знаходження вагонів на коліях ППЗТ можна визначити з часу перевезень, часу маневрових, приймально-здавальних, технологічних і навантажувальних операцій. Аналітичні залежності, які описують саме ці операції представимо нижче.

Приймально-здавальні і технологічні операції на станційних коліях:

$$t_{cm} = (t_{nz}^e n_{ваг} + t_{mex}) n_{cm}, \text{ год.} \quad (5)$$

де t_{nz}^e - час, що витрачається на приймально-здавальні операції по станції для 1 вагона, год;

$n_{ваг}$ - кількість вагонів в складі поїзда, шт.;

$t_{тех}$ - час, пов'язаний з технологічними операціями по станції (приготування маршруту, відкриття світлофора тощо), год;

n_{cm} - кількість станцій, за якими проходить поїзд, шт.

Навантаження вагонів:

$$t_{нав} = t_{нав}^e n_{ваг}, \text{ год.} \quad (6)$$

де $t_{нав}^e$ - середній час навантаження вагону, год.

Маневрова робота на промисловій станції:

$$t_{ман} = t_{ман}^e n_{ваг} n_{cm}, \text{ год.} \quad (7)$$

де $t_{ман}^e$ - середній час маневрової роботи для складу, год.

Рух по перегону:

$$t_{пер} = L(\bar{v}_{под}^{-1} + \bar{v}_{вив}^{-1}), \text{ год} \quad (8)$$

де $\bar{v}_{под}$ - середня швидкість руху поїзда при подачі вагонів до промислової станції, км/год;

$\bar{v}_{вив}$ - середня швидкість руху поїзда при вивезенні вагонів з промислової станції, км/год;

L - довжина ділянки шляху між станцією примикання залізниці і промислової станцією, км.

Сумарний час, за яким вагони знаходяться на під'їзних шляхах ППЗТ, визначається як:

$$t_{\Sigma}^e = (t_{nz}^e n_{cm} + t_{нав}^e + t_{ман}^e n_{cm}) n_{ваг} + t_{mex} n_{cm} + L(\bar{v}_{под}^{-1} + \bar{v}_{вив}^{-1}), \text{ год.} \quad (9)$$

Час знаходження вагонів у відповідальності ППЗТ:

$$t_{\Sigma}^{nzm} = (t_{nz}^e + t_{ман}^e) n_{ваг} n_{cm} + t_{mex} n_{cm} + L(\bar{v}_{под}^{-1} + \bar{v}_{вив}^{-1}), \text{ год.} \quad (10)$$

Операції щодо маневрової роботи, приймально-здавальні, технологічні, як показує практичний досвід, суттєво змінити практично неможливо, тому і час на їх виконання залишимо без змін. Але час на подавання вагонів до промислового підприємства чи їх вивезення змінити можливо.

Якщо витрати ППЗТ за користування вагонів УЗ будуть перевищувати витрати, які пов'язані із перевезенням вантажу, то є доцільним зменшити кількість вагонів у складі поїзда. Це призведе до зменшення часу на формування поїзду і збільшить швидкість руху поїзда по перегону, що, відповідно, також призведе до зменшення часу на перевезення вантажу.

Раніше було зазначено, швидкість руху поїзда $v=f(Q)$ або $v=f(m^e)$, тому є необхідним визначити дану аналітичну залежність. На підставі [3], можна записати, що сила опору руху поїзда складе:

$$F_o = P(w'_0 + i_e g) + Q(w''_0 + i_e g), \quad (11)$$

де w'_0 , w''_0 - основний питомий опір руху локомотива і вагона, Н/т;

i_e - еквівалентний ухил ділянки перегону, ‰.

Якщо представити основний питомий опір руху локомотива і вагона в наступному вигляді:

$$w'_0 = a' + b'v + c'v^2; \quad w''_0 = a'' + b''v + c''v^2, \quad (12)$$

то залежність (11) після перетворень отримає наступний вигляд:

$$F_o = (Pc' + Qc'')v^2 + (Pb' + Qb'')v + P(a' + i_e g) + Q(a'' + i_e g). \quad (13)$$

В загальному випадку, функція дотичної сили тяги (табл. 1) описується наступним виразом:

$$F_{\partial} = \frac{k}{v}, \quad (14)$$

де k – коефіцієнт, який визначається на підставі тягової характеристики локомотива.

Спільне рішення (13) і (14) дозволяє отримати наступне рівняння:

$$(Pc' + Qc'')v^3 + (Pb' + Qb'')v^2 + [P(a' + i_e g) + Q(a'' + i_e g)]v - k = 0 \quad (15)$$

Прибуток підприємства промислового транспорту визначається наступним чином:

$$П_{пзт} = C_{пзт}^{m-kM} L_{пзт} m^e - (at_{\Sigma}^e + b) \frac{t_{\Sigma}^{nmz} m^e}{t_{\Sigma}^e m_{ваз}^{\mu}}, \text{ грн.} \quad (16)$$

Таблиця 1

Апроксимуючі функції дотичної сили тяги тепловозів промислового транспорту

№ п/п	Тепловоз	Апроксимуюча функція	Достовірність апроксимації, R ²
1.	ЧМЭ3	$F_{\partial} = 3337714 \cdot v^{-1,0713}$	0,9945
2.	ТЭМ2	$F_{\partial} = 2546781 \cdot v^{-1,0498}$	0,9917
3.	ТЭМ7	$F_{\partial} = 3702535 \cdot v^{-1,0161}$	0,9902
4.	ТГМ6А	$F_{\partial} = 1523011 \cdot v^{-0,895}$	0,9925
5.	ТГМ8Э	$F_k = 1063225 \cdot v^{-0,9202}$	0,9939

У відповідності до залежності (16) з'являються наступні важелі максимізації прибутку ППЗТ при перевезенні вантажів: збільшення тарифу на перевезення 1 т-км вантажу, збільшення маси вантажу, що перевозиться, та зменшення часу використання вагонів УЗ на колах незагального користування.

Рішення кубічного рівняння (15) щодо швидкості v за допомогою рівнянь Кардано або Вієта призводить до громіздких залежностей, що не дозволяє в подальшому провести аналіз цільової функції (16) на екстремум. У зв'язку з цим розкладемо ліву частину рівняння (15) в ряд Тейлора, обмежившись першими двома членами ряду, проводячи лінеаризацію кривої в околиці точки швидкості тривалого режиму тепловоза v_p :

$$[P(a' + i_e g) + Q(a'' + i_e g)](v - v_p) - k = 0. \quad (17)$$

Рішенням (17) є наступна залежність:

$$v = v_p + \frac{k}{P(a' + i_e g) + Q(a'' + i_e g)} \text{ або } v = v_p + \frac{k}{P(a' + i_e g) + n_{ваз} m_{ваз}^{op} (a'' + i_e g)}, \quad (18)$$

де $m_{ваз}^{op}$ - маса вагона брутто, т.

Якщо прийняти, що $A' = P(a' + i_e g)$ та $A'' = m_{ваз}^{op} (a'' + i_e g)$, то

$$v = \frac{v_p(A' + n_{ваз} A'') + k}{A' + n_{ваз} A''}. \quad (19)$$

Слід зазначити, в своїй більшості промислові підприємства розташовуються на різних відмітках висот щодо станції примикання залізниці. Відповідно до цього, одна з середніх швидкостей руху поїзда або при подачі $\bar{v}_{под}$, або при вивезенні $\bar{v}_{вив}$ вагонів (при русі з верхньої позначки на нижню) буде визначатися технічним станом шляху, обмеженнями швидкості руху тощо, що в залежностях (9, 10) не буде пов'язана з масою поїзда. Для даної роботи прийемо, що середня швидкість руху поїзда при подачі вагонів $\bar{v}_{под}$ є константою, а змінною буде середня швидкість руху поїзда при вивезенні вагонів $\bar{v}_{вив}$, що є дійсним для більшості підприємств вугільнодобувного регіону.

Представимо залежності (9, 10) у наступному вигляді:

$$t_{\Sigma}^e = K_1 n_{ваз} + K_2 n_{ваз} + K_3 + L(\bar{v}_{под}^{-1} + \bar{v}_{вив}^{-1}), \text{ год.} \quad (20)$$

$$t_{\Sigma}^{nmz} = K_1 n_{ваз} + K_3 + L(\bar{v}_{под}^{-1} + \bar{v}_{вив}^{-1}), \text{ год.,} \quad (21)$$

де $K_1 = (t_{пс}^B + t_{ман}^B) n_{ст}$, $K_2 = t_{нав}^B$, $K_3 = t_{мех} n_{см}$ - незмінні коефіцієнти рівнянь.

На підставі (16, 20, 21) отримаємо залежність щодо прибутку ППЗТ при перевезенні вантажу:

$$\begin{aligned} \Pi_{nnzm} = C_{nnzm}^{m-KM} L m_{\text{ваг}}^H n_{\text{ваг}} - a \left[K_1 n_{\text{ваг}} + K_3 + L \left(\bar{v}_{\text{нод}}^{-1} + \frac{A' + n_{\text{ваг}} A''}{v_p(A' + n_{\text{ваг}} A'') + k} \right) \right] n_{\text{ваг}} - \\ - b \frac{K_1 n_{\text{ваг}} + K_3 + L \left(\bar{v}_{\text{нод}}^{-1} + \frac{A' + n_{\text{ваг}} A''}{v_p(A' + n_{\text{ваг}} A'') + k} \right)}{K_1 n_{\text{ваг}} + K_2 n_{\text{ваг}} + K_3 + L \left(\bar{v}_{\text{нод}}^{-1} + \frac{A' + n_{\text{ваг}} A''}{v_p(A' + n_{\text{ваг}} A'') + k} \right)} n_{\text{ваг}}. \end{aligned} \quad (22)$$

Спростимо отриманий вираз:

$$\begin{aligned} \Pi_{nnzm} = C_{nnzm}^{m-KM} L m_{\text{ваг}}^H n_{\text{ваг}} - a \left(K_1 n_{\text{ваг}} + K_3 + \frac{L}{\bar{v}_{\text{нод}}} \right) n_{\text{ваг}} - a \left(\frac{L(A' + n_{\text{ваг}} A'')}{v_p(A' + n_{\text{ваг}} A'') + k} \right) n_{\text{ваг}} \\ - b \frac{(K_1 n_{\text{ваг}} + K_3 + L \bar{v}_{\text{нод}}^{-1}) [v_p(A' + n_{\text{ваг}} A'') + k] + A' + n_{\text{ваг}} A''}{(K_1 n_{\text{ваг}} + K_2 n_{\text{ваг}} + K_3 + L \bar{v}_{\text{нод}}^{-1}) [v_p(A' + n_{\text{ваг}} A'') + k] + A' + n_{\text{ваг}} A''} n_{\text{ваг}}, \end{aligned} \quad (23)$$

Залежність (23) представимо у наступному вигляді:

$$\Pi_{nnzm} = \Pi_1 - \Pi_2 - \Pi_3 - \frac{\Pi_4}{\Pi_5}, \quad (24)$$

де $\Pi_1 = C_{\text{ППЗТ}}^{T-KM} L m_{\text{ваг}}^H n_{\text{ваг}}$, $\Pi_2 = a \left(K_1 n_{\text{ваг}} + K_3 + \frac{L}{\bar{v}_{\text{нод}}} \right) n_{\text{ваг}}$,

$$\Pi_3 = a \left(\frac{L(A' + n_{\text{ваг}} A'')}{v_p(A' + n_{\text{ваг}} A'') + k} \right) n_{\text{ваг}},$$

$$\Pi_4 = b \left\{ (K_1 n_{\text{ваг}} + K_3 + L \bar{v}_{\text{нод}}^{-1}) [v_p(A' + n_{\text{ваг}} A'') + k] + A' + n_{\text{ваг}} A'' \right\} n_{\text{ваг}},$$

$$\Pi_5 = (K_1 n_{\text{ваг}} + K_2 n_{\text{ваг}} + K_3 + L \bar{v}_{\text{нод}}^{-1}) [v_p(A' + n_{\text{ваг}} A'') + k] + A' + n_{\text{ваг}} A''.$$

На підставі отриманої залежності (24) дослідимо її на екстремум для чого отримаємо першу похідну щодо прибутку ППЗТ в залежності від кількості вагонів поїзда:

$$\frac{d}{dn_{\text{ваг}}} (\Pi_{nnzm}) = \frac{d}{dn_{\text{ваг}}} (\Pi_1) - \frac{d}{dn_{\text{ваг}}} (\Pi_2) - \frac{d}{dn_{\text{ваг}}} (\Pi_3) - \frac{d}{dn_{\text{ваг}}} \left(\frac{\Pi_4}{\Pi_5} \right). \quad (25)$$

Отримаємо похідні щодо складових виразу (25):

$$\frac{d}{dn_{\text{ваг}}} (\Pi_1) = \frac{d}{dn_{\text{ваг}}} (C_{nnzm}^{m-KM} L m_{\text{ваг}}^H n_{\text{ваг}}) = C_{nnzm}^{m-KM} L m_{\text{ваг}}^H; \quad (26)$$

$$\frac{d}{dn_{\text{ваг}}} (\Pi_2) = \frac{d}{dn_{\text{ваг}}} \left[a \left(K_1 n_{\text{ваг}} + K_3 + \frac{L}{\bar{v}_{\text{нод}}} \right) n_{\text{ваг}} \right] = 2a K_1 n_{\text{ваг}} + K_3 + \frac{L}{\bar{v}_{\text{нод}}}; \quad (27)$$

$$\begin{aligned} \frac{d}{dn_{\text{ваг}}} (\Pi_3) = \frac{d}{dn_{\text{ваг}}} \left(a \frac{L(A' + n_{\text{ваг}} A'')}{v_p(A' + n_{\text{ваг}} A'') + k} n_{\text{ваг}} \right) = a \left(\frac{L(A' + n_{\text{ваг}} A'')}{v_p(A' + n_{\text{ваг}} A'') + k} \right) + \\ + A'' \frac{(v_p(A' + n_{\text{ваг}} A'') + k) - L v_p(A' + n_{\text{ваг}} A'')}{(v_p(A' + n_{\text{ваг}} A'') + k)^2}; \end{aligned} \quad (28)$$

Оскільки остання складова у виразі (25) є дробовою, виразимо її наступним чином^

$$\frac{d}{dn_{\text{ваг}}} \left(\frac{\Pi_4}{\Pi_5} \right) = \frac{\Pi_5 \frac{d}{dn_{\text{ваг}}} (\Pi_4) - \Pi_4 \frac{d}{dn_{\text{ваг}}} (\Pi_5)}{(\Pi_5)^2}, \quad (29)$$

та отримаємо похідні для складових залежності (29):

$$\begin{aligned} \frac{d}{dn_{\text{ваг}}} (\Pi_4) = \frac{d}{dn_{\text{ваг}}} \left\{ b \left\{ \begin{aligned} &(K_1 n_{\text{ваг}} + K_3 + L \bar{v}_{\text{нод}}^{-1}) [v_p(A' + n_{\text{ваг}} A'') + k] \\ &+ A' + n_{\text{ваг}} A'' \end{aligned} \right\} n_{\text{ваг}} \right\} = \\ = b \left\{ (K_1 n_{\text{ваг}} + K_3 + L \bar{v}_{\text{нод}}^{-1}) [v_p(A' + n_{\text{ваг}} A'') + k] + A' + n_{\text{ваг}} A'' \right\} + \\ + A'' + K_1 [v_p(A' + n_{\text{ваг}} A'') + k] + A'' v_p(K_1 n_{\text{ваг}} + K_3 + L \bar{v}_{\text{нод}}^{-1}); \end{aligned} \quad (30)$$

$$\begin{aligned} \frac{d}{dn_{\text{ваг}}} (\Pi_5) = \frac{d}{dn_{\text{ваг}}} \left\{ \begin{aligned} &(K_1 n_{\text{ваг}} + K_2 n_{\text{ваг}} + K_3 + L \bar{v}_{\text{нод}}^{-1}) [v_p(A' + n_{\text{ваг}} A'') + k] + \\ &+ A' + n_{\text{ваг}} A'' \end{aligned} \right\} = \\ = (K_1 + K_2) [v_p(A' + n_{\text{ваг}} A'') + k] + A'' v_p(K_1 n_{\text{ваг}} + K_2 n_{\text{ваг}} + K_3 + L \bar{v}_{\text{нод}}^{-1}) + A''. \end{aligned} \quad (31)$$

Проведемо заміни в коефіцієнтах отриманих похідних (26 – 31) наступним чином:

$$\frac{d}{dn_{\text{ваг}}} (\Pi_1) = M_{11}, \quad (32)$$

де $M_{11} = C_{nzm}^{m-km} Lm_{\text{газ}}^H$.

$$\frac{d}{dn_{\text{газ}}} (I_2) = M_{21}n_{\text{газ}} + M_{22}, \quad (33)$$

де $M_{21} = 2aK_1; M_{22} = K_3 + \frac{L}{\bar{v}_{\text{под}}}$.

$$\frac{d}{dn_{\text{газ}}} (I_3) = \frac{M_{31}n_{\text{газ}} + M_{32}}{(M_{33}n_{\text{газ}} + M_{34})^2}, \quad (34)$$

де $M_{31} = v_p A''^2 (1 - L); M_{32} = A'' [v_p A' (1 - L) + k]; M_{33} = v_p A''; M_{34} = v_p A' + k$.

$$\frac{d}{dn_{\text{газ}}} (I_4) = M_{41}n_{\text{газ}}^2 + M_{42}n_{\text{газ}} + M_{43}, \quad (35)$$

де $M_{41} = bK_1 v_p A''; M_{42} = b(K_1 v_p A' + K_1 k + K_3 v_p A'' + L v_p A'' \bar{v}_{\text{под}}^{-1} + A'') + 2K_1 v_p A'';$
 $M_{43} = bk(K_3 + L \bar{v}_{\text{под}}^{-1}) + bA' + A'' + K_1 v_p A' + K_1 k + K_3 v_p A'' + L \bar{v}_{\text{под}}^{-1}$.

$$\frac{d}{dn_{\text{газ}}} (I_5) = M_{51}n_{\text{газ}} + M_{52}, \quad (36)$$

де $M_{51} = 2(K_1 + K_2)A'' v_p; M_{52} = (K_1 + K_2)(A' v_p + k) + A'' v_p (K_3 + L \bar{v}_{\text{под}}^{-1}) + A''$.

Представимо аналогічним чином вирази щодо Π_4 і Π_5 із рівняння (24)

$$\Pi_4 = (N_{41}n_{\text{газ}}^2 + N_{42}n_{\text{газ}} + N_{43})n_{\text{газ}}, \quad (37)$$

де $N_{41} = bK_1 v_p A''; N_{42} = b[K_1 v_p A' + K_1 k v_p + (K_3 + L \bar{v}_{\text{под}}^{-1} v_p A'' + A'')]; N_{43} = (K_3 + L \bar{v}_{\text{под}}^{-1})(v_p A' + k)$.

$$\Pi_5 = N_{51}n_{\text{газ}}^2 + N_{52}n_{\text{газ}} + N_{53}, \quad (38)$$

де $N_{51} = (K_1 + K_2)v_p A''; N_{52} = (K_1 + K_2)(v_p A' + k) + (K_3 + L \bar{v}_{\text{под}}^{-1} + 1)A''; N_{53} = (K_3 + L \bar{v}_{\text{под}}^{-1})(v_p A' + k)$.

На підставі (29) і (35 – 38) отримуємо залежність похідної щодо дробового виразу:

$$\frac{d}{dn_{\text{газ}}} \left(\frac{\Pi_4}{\Pi_5} \right) = \frac{M_{41}n_{\text{газ}}^2 + M_{42}n_{\text{газ}} + M_{43}}{N_{51}n_{\text{газ}}^2 + N_{52}n_{\text{газ}} + N_{53}} - \frac{(N_{41}n_{\text{газ}}^2 + N_{42}n_{\text{газ}} + N_{43})(M_{51}n_{\text{газ}} + M_{52})}{(N_{51}n_{\text{газ}}^2 + N_{52}n_{\text{газ}} + N_{53})^2} n_{\text{газ}}. \quad (39)$$

Таким чином, на підставі (25) остаточно маємо:

$$\frac{d}{dn_{\text{газ}}} (I_{nzm}) = M_{11} - (M_{21}n_{\text{газ}} + M_{22}) - \frac{M_{31}n_{\text{газ}} + M_{32}}{(M_{33}n_{\text{газ}} + M_{34})^2} - \frac{M_{41}n_{\text{газ}}^2 + M_{42}n_{\text{газ}} + M_{43}}{N_{51}n_{\text{газ}}^2 + N_{52}n_{\text{газ}} + N_{53}} + \frac{(N_{41}n_{\text{газ}}^2 + N_{42}n_{\text{газ}} + N_{43})(M_{51}n_{\text{газ}} + M_{52})}{(N_{51}n_{\text{газ}}^2 + N_{52}n_{\text{газ}} + N_{53})^2} n_{\text{газ}}. \quad (40)$$

Для отримання екстремальних значень прибутку ППЗТ відносно кількості вагонів у складі поїзда потрібно вирішити наступне рівняння:

$$M_{11} - (M_{21}n_{\text{газ}} + M_{22}) - \frac{M_{31}n_{\text{газ}} + M_{32}}{(M_{33}n_{\text{газ}} + M_{34})^2} - \frac{M_{41}n_{\text{газ}}^2 + M_{42}n_{\text{газ}} + M_{43}}{N_{51}n_{\text{газ}}^2 + N_{52}n_{\text{газ}} + N_{53}} + \frac{(N_{41}n_{\text{газ}}^2 + N_{42}n_{\text{газ}} + N_{43})(M_{51}n_{\text{газ}} + M_{52})}{(N_{51}n_{\text{газ}}^2 + N_{52}n_{\text{газ}} + N_{53})^2} n_{\text{газ}} = 0 \quad (41)$$

У зв'язку із суттєвою нелінійністю отриманої залежності, аналітичне вирішення виразу (41) відносно кількості вагонів $n_{\text{газ}}$ є недоцільним і більш ефективним стає варіант чисельного вирішення даної залежності за умови, що максимальна допустима кількість вагонів є позитивною величиною і не перевищує значення кількості вагонів, яка може бути отримана за класичними методиками Правил тягових розрахунків [3].

Висновки.

1. Представлена модель транспортного обслуговування промислових підприємств дозволяє враховувати більшість факторів, які впливають на економічні показники перевезення вантажу. Застарілі методики розробки і використання ЄТП на сучасному етапі не дозволяють ефективно керувати транспортним процесом і взагалі, є застарілою формою взаємодії між Укрзалізницею, Підприємством промислового залізничного транспорту та Промисловим підприємством.

2. Отримана залежність щодо оптимальної кількості вагонів і, відповідно, ваги поїзда дозволяє здійснювати оперативне управління підприємством промислового залізничного транспорту та передбачати регулярний перерахунок поточної вартості перевізного процесу в залежності від сформованої економічної ситуації і, відповідно, коригувати технологічний процес з урахуванням можливої зміни маси поїздів і часу транспортного обслуговування.

3. Розрахункові дослідження за удосконаленою схемою транспортного обслуговування показують, що при перевезенні вантажу у обсязі 3 млн. т. на рік тепловозом ТЕМ-2 та власними вагонами УЗ між промисловою станцією та станцією примикання Укрзалізниці, які знаходяться на відстані 30 км, та іншими початковими даними зменшення транспортних витрат склало 8,5 млн. грн. на рік.

4. На сучасному етапі є доцільним застосування методології взаємодії між суб'єктами господарювання у вигляді Оперативного технологічного процесу (ОТП). Він повинен враховувати поточні реалії економічних показників, таких як ставка плати за використання власних вантажних вагонів Укрзалізниці, вартість дизельного палива, заробітна плата персоналу, та ін., і використовувати класичні методики тягових розрахунків.

Література

1. Яневич В.З. Дослідження та оптимізація процесу перевезення вантажів залізничним транспортом / В.З. Яневич, А.М. О कोरोков // Транспортні системи та технології перевезень. Збірник наукових праць ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна, 2014. – Вип. 7. – С. 73 – 79.
2. Луханін М. Тяга поїздів – ресурсозберігаючі традиції та інновації бережливого виробництва на одеській залізниці. Частина VI // Українські залізниці, № 11 (17), 2014. – с. 50-55.
3. Кузьмич В.Д., Руднев В.С., Френкель С.Я. Теорія локомотивної тяги: Учебник для вузов ж.-д. транспорта / Под ред. В.Д. Кузьмича. — М.: Издательство «Маршрут», 2005. — 448 с.
4. Техника тяговых расчетов: учеб.-метод. пособие / С.Я.Френкель; М-во образования Респ. Беларусь, Белорус, гос. ун-т трансп. - Гомель: БелГУТ. 2007. - 72 с.
5. Правила тягових розрахунків для поїзної роботи по електровозах ЧС7, ЧС8, ДЕ1, ДС3, 2ЕЛ5, 2ЕС5К, тепловозах ТЕП150, ТЕМ103, дизель-поїздах ДЕЛ-02, електропоїздах ЕПЛ2т, ЕПЛ9т – К.: Державна адміністрація залізничного транспорту України. 2010.
6. Наказ Міністерства транспорту і зв'язку України від 2.02.1999 р. №53.
7. Наказ Міністерства транспорту і зв'язку України від 26.03.2009 р. №317.
8. Бутько Т.В. Формування методики визначення кількості великовагових поїздів на залізничному напрямку / Т.В. Бутько, Д.О. Григоренко // Організація перевезень і управління на транспорті. Збірник наукових праць УкрДАЗТ, 2013. – Вип. 140. – С. 48 – 55.

References

1. Ianevych V.Z. Doslidzhennia ta optymizatsiia protsesu perevezennia vantazhiv zaliznychnym transportom / V.Z. Yanevych, A.M. Okorokov // Transportni systemy ta tekhnolohii perevezen. Zbirnyk naukovykh prats DNUZT im. akad. V. Lazariana, 2014. – Vyp. 7. – S. 73 – 79.
2. Lukhanin M. Tiaha poizdiv – resursozberihaiuchi tradytsii ta innovatsii berezhlyvoho vyrobnytstva na odeskii zaliznytsi. Chastyina VI // Ukrainski zaliznytsi, № 11 (17), 2014. – s. 50-55.
3. Kuzmych V.D., Rudnev V.S., Frenkel S.Ia. Teoryia lokomotyvnoi tiahuy: Uchebnyk dlia vuzov zh.-d. transporta / Pod red. V.D. Kuzmycha. — M.: Yzdatelstvo «Marshrut», 2005. — 448 s.
4. Tekhnyka tiahovykh raschetov: ucheb.-metod. posobyie / S.Ia.Frenkel; M-vo obrazovanyia Resp. Belarus, Belorus, hos. un-t transp. - Homel: BelHUT. 2007. - 72 s.
5. Pravyla tiahovykh rozrakhunkiv dlia poiznoi roboty po elektrovozakh ChS7, ChS8, DE1, DS3, 2EL5, 2ES5K, teplovozhakh TEP150, TEM103, dyzel-poizdakh DEL-02, elektropoizdakh EPL2t, EPL9t – K.: Derzhavna administratsiia zaliznychnoho transportu Ukrainy. 2010.
6. Nakaz Ministerstva transportu i zviazku Ukrainy vid 2.02.1999 r. №53.
7. Nakaz Ministerstva transportu i zviazku Ukrainy vid 26.03.2009 r. №317.
8. Butko T.V. Formuvannia metodyky vyznachennia kilkosti velykovahovykh poizdiv na zaliznychnomu napriamku / T.V. Butko, D.O. Hryhorenko // Orhanizatsiia perevezen i upravlinnia na transporti. Zbirnyk naukovykh prats UkrDAZT, 2013. – Vyp. 140. – S. 48 – 55.

Устаревшие методики разработки и использования единых технологических процессов на современном этапе развития железнодорожного транспорта не позволяют эффективно управлять транспортным процессом и вообще являются устаревшей формой взаимодействия между Укрзалізницею (УЗ), підприємством промислового залізничного транспорту і промисловим підприємством.

В статье проведен анализ методологических подходов к определению весовой нормы поездов, на основании чего были получены зависимости, позволяющие учитывать большинство факторов, влияющих на экономические показатели перевозки груза, а именно регламентирующих ценовую политику при взаимоотношениях между элементами транспортной системы УЗ - Предприятие промышленного железнодорожного транспорта - Промышленное предприятие. Определение оптимального веса поезда при учете указанных факторов позволяет осуществлять оперативное управление предприятием промышленного

железнодорожного транспорта и предусматривать регулярный пересчет текущей стоимости перевозочного процесса в зависимости от сложившейся экономической ситуации и, соответственно, корректировать технологический процесс с учетом возможного изменения массы поезда и времени транспортного обслуживания, что позволит минимизировать расходы предприятия.

Расчетные исследования по усовершенствованной схеме транспортного обслуживания показывают, что при перевозке груза в объеме 3 млн. т. в год тепловозом ТЭМ-2 и собственными вагонами УЗ между промышленной станцией и станцией примыкания УЗ, которые находятся на расстоянии 30 км, уменьшение транспортных расходов составило 8,5 млн. грн. в год. Определено, что на современном этапе целесообразно применение методологии взаимодействия между субъектами хозяйствования в виде оперативного технологического процесса (ОТП). Он должен учитывать текущие реалии экономических показателей, таких как ставка платы за использование собственных грузовых вагонов УЗ, стоимость дизельного топлива, заработная плата персонала и т.д., и использовать классические методики тяговых расчетов.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, промышленные предприятия, транспортное обслуживание, поезд, станция, весовая норма, сила тяги, расходы.

Outdated methods of development and use of unified technological processes at the present stage of railway transport development do not allow to manage the transport process effectively and, in general, is an outdated form of interaction between Ukrzaliznytsia (UZ), Industrial Railway Transport Enterprise and Industrial Enterprise.

The article analyzes the methodological approaches for determining the weight of trains, based on which the dependences were obtained, which allow taking into account most of the factors affecting the economic performance of freight, namely: regulate pricing policy in the relationship between elements of the transport system: Ukrzaliznytsia railway transport - Industrial enterprise. Determining the optimal weight of the train in accordance with these factors allows to fulfill the operational management of industrial railway transport and provide regular recalculation of the transportation process current cost depending on the current economic situation and, accordingly, adjust the process to take into account possible changes in train weight and transport time to minimize enterprise costs.

Estimated studies under the improved transport service scheme show that when transporting cargo in the amount of 3 million tons per year by TEM-2 locomotive and UZ own cars between the industrial station and the Ukrzaliznytsia adjacent station, which are located at a distance of 30 km, the reduction of transport costs, 5 mln. for a year. It is determined that at the present stage it is expedient to apply the methodology of interaction between business entities in the form of Operational Technological Process (OTP). It must take into account the current realities of economic indicators, such as the rate of payment for the Ukrzaliznytsia's own freight cars exploitation, the cost of diesel fuel, staff salaries, etc., and use the classic methods of traction calculations.

Keywords: railway transport, industrial enterprises, transport services, train, station, weight rate, traction, costs.

Кузьменко С.В. – канд.тех.наук, доцент, директор навчально-наукового інституту транспорту і будівництва Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, e-mail: kuzmenkocv@ukr.net

Сергієнко О.В. – канд.тех.наук, доцент, доцент кафедри машинобудування та прикладної механіки Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, e-mail: sergienko.o.v@gmail.com.

Заверкін А.В. – канд.тех.наук, доцент, доцент кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, e-mail: zawerkin@ukr.net.