

УДК [656.222:656.021.5]-048.34

Р. Г. КОРОБІЙОВА^{1*}, О. І. ПРОКОПА^{2*}

^{1*}Каф. «Транспортний сервіс та логістика», Український державний університету науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 373 15 70, ел. пошта rgkorobyova@gmail.com, ORCID 0000-0002-6424-1079

^{2*}Каф. «Транспортні вузли», Український державний університету науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпро, Україна, тел. + 38 (067) 468 47 11, ел. пошта oleg.prokopa@gmail.com, ORCID 0009-0009-6721-4605

АНАЛІЗ ВПЛИВУ МЕТОДІВ РОЗПОДІЛУ ВАГОНОПОТОКІВ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ МЕРЕЖАХ НА ВЕЛИЧИНУ ТАРИФНИХ ВІДСТАНЕЙ

Мета. Метою цієї статті є дослідження впливу порядку розподілу пропускної спроможності інфраструктури залізничного транспорту на вартість послуг доступу до неї для перевізників. **Методика.** Дослідження у цій роботі виконані на основі методів дослідження операцій. **Результати.** У сучасних умовах залізничний транспорт України стикається з проблемою перевантаження окремих ділянок, особливо на шляху до морських портів та західних прикордонних переходів. Перебування ринку залізничних перевезень у монопольному стані теоретично забезпечує можливість мінімізації середньої відстані та собівартості перевезень на мережі з обмеженням пропускної спроможності. В той же час в Україні склалася ситуація, коли державна монополія самостійно обирає маршрути перевезень вантажів залізничним транспортом, що призводить до надання різним клієнтам послуг, що суттєво відрізняються за вартістю. Реформування ринку залізничних перевезень призведе до утворення перевізників, незалежних від менеджера інфраструктури. При цьому перевізники будуть зацікавленими у зменшенні відстаней перевезень та відповідних витрат на послуги інфраструктури. В роботі розглянуті два підходи до забезпечення рівних умов доступу до перевантажених ділянок: розподіл пропускної спроможності пропорційно між перевізниками та пропорційно до обсягів перевезень. Встановлено, що розподіл пропускної спроможності пропорційно між перевізниками забезпечує середній пробіг на мережі близький до показників, що досягаються, при монопольному стані ринку. При цьому, додаткові обсяги перевезень будуть спрямовуватись на довші напрямки. В таких умовах крупні вантажовідправники та перевізники мають стимули до розвитку пропускної спроможності перевантажених ділянок. **Наукова новизна.** Наукова новизна роботи полягає у тому, що у ній вперше отримано залежності тарифних відстаней від способу організації вагонопотоків на залізничній мережі з обмеженням пропускної спроможності окремих ділянок. **Практична значимість.** Практична значимість результатів дослідження полягає в тому, що вони дозволяють оцінити вплив різних підходів до реформування ринку залізничних перевезень на тарифні відстані, а відповідно, і на собівартість перевезень вантажів для окремих користувачів транспортних послуг.

Ключові слова: залізничний транспорт, перевезення вантажів, пропускна спроможність, вагонопотік, оптимізація

Вступ

Основним елементом транспортної системи України, що забезпечує перевезення вантажів, є залізничний транспорт. Україна має розгалужену залізничну мережу, для якої характерна наявність паралельних ходів. Залізнична мережа України суттєво неоднорідна. Основою мережі є електрифіковані ділянки. На них припадає близько 47% довжини мережі, однак вони забезпечують біля 90% вантажообігу. Зміна структури економіки України після 1991 року та повномасштабне вторгнення Росії, яке розпочалося в 2022 році,

спричинили різке падіння вантажообігу. Це призвело до того, що за значної експлуатаційної довжини мережі поточний вантажообіг становить лише близько 17% від рівня 1990 року. Внаслідок цього, більша частина мережі на сьогодні є малодіяльною, а хронічний дефіцит фінансування призвів до незадовільного технічного стану інфраструктури, що, у свою чергу, збільшує експлуатаційні витрати. Водночас, переорієнтація української економіки на сировинний експорт кардинально змінила логістичні потоки. Це викликало різке зростання

вантажопотоків у напрямку морських портів та західних прикордонних переходів. На окремих стратегічних ділянках обсяги перевезень вже перевищують показники радянського періоду, що призвело до повного вичерпання їхньої пропускної спроможності. Ринок залізничних перевезень в Україні проходить процес реформування для досягнення відповідності вимогам Європейського Союзу. Основним елементом реформи є перехід від монопольної моделі ринку, коли послуги на ньому надає лише один перевізник, до конкурентної, коли різні перевізники будуть змагатися за вантажопотоки.

У зв'язку з цим, дослідження впливу зміни моделі ринку перевезень вантажів залізничним транспортом на умови експлуатаційної роботи залізниць є актуальною задачею для економіки України.

Мета

Метою цієї статті є дослідження впливу порядку розподілу пропускної спроможності інфраструктури залізничного транспорту на вартість послуг доступу до неї для перевізників.

Методика

У сучасних умовах задача розподілу вагонопотоків на мережі залізниць вирішується шляхом розробки плану формування поїздів (ПФП). При розробці плану формування вирішують комплекс завдань, орієнтованих на просування вагонопотоків на ділянках, полігонах і напрямках, які є економічно вигідними, зниження витрат залізниць, пов'язаних з підведенням порожніх вагонопотоків до пунктів навантаження, переробкою і простоями вагонів на станціях, виконанням технічних і вантажних операцій, просуванням поїздів ділянками залізниць, утриманням технічної інфраструктури і штату. На практиці, згідно з [1], напрямки пропуску вагонопотоків на розгалуженій залізничній мережі обираються на підставі техніко-економічного порівняння конкуруючих варіантів. Основною вадою такого підходу є суб'єктивізм при відборі варіантів для порівняння. Для подолання цієї проблеми в роботах [2, 3, 4, 5, 6] для пошуку оптимального розподілу вагонопотоків на мережі використовуються методи дослідження операцій. Проблеми сучасного підходу до розподілу вагонопотоків на мережі пов'язані з тим, що він орієнтований на досягнення

екстремуму усередненого для мережі критерію оптимальності без урахування потреб окремого користувача транспортних послуг. Більше того, монопольний стан ринку залізничних перевезень створює стимули для монополіста до максимізації прибутку не за рахунок зменшення собівартості перевезень, а за рахунок збільшення їх відстані та, відповідно, доходів.

Демоніфікація ринку залізничних перевезень забезпечує вантажовідправникам можливість вибору перевізника на підставі ціни та якості його послуг. При цьому, додатково до ринку послуг, які зараз надаються перевізниками вантажовідправникам, створюється ринок послуг, які надаються менеджером інфраструктури перевізникам. Пропуск поїздів перегонами, відповідно до Директиви 2012/34ЄС [7], віднесено до послуг мінімального пакету доступу. Послуги мінімального пакету доступу надають менеджери інфраструктури, які, як правило, займають монопольне положення на ринку. У зв'язку з цим виникає необхідність регулювання як вартості, так і умов доступу до послуг менеджера інфраструктури. Пропозиція на ринку послуг залізничної інфраструктури визначається пропускною спроможністю мережі, а попит формується потребою в здійсненні пасажирських і вантажних перевезень. Враховуючи те, що пропускна спроможність залізничної інфраструктури є обмеженою, виникають задачі її розподілу між конкуруючими за неї перевізниками. Можливими є задачі розподілу пропускної спроможності перегонів і станцій між перевізниками у часі при формуванні графіка руху поїздів, а також розподіл вагонопотоків перевізників між паралельними напрямками. Також необхідно враховувати, що в процесі перерозподілу пропускної спроможності залізничної мережі менеджер інфраструктури та перевізники мають протилежні цілі:

- менеджер інфраструктури прагне отримати максимальний дохід від наданих послуг;
- перевізники намагаються мінімізувати свої витрати на доступ до колій, щоб збільшити свій прибуток.

Проблемі порівняння різних підходів до розподілу пропускної спроможності залізничної інфраструктури присвячено значну кількість наукових робіт. Зокрема, у дослідженні [8] розглянуто два підходи до розподілу ресурсів на залізниці:

- централізований підхід, за якого управління залізницею є єдиним цілим, орієнтованим на

досягнення системного мінімуму затримок поїздів;

- децентралізований підхід, коли залізниця розглядається як множина окремих підрозділів, що діють окремо.

Критеріями ефективності в обох випадках є мінімізація затримок поїздів та оптимізація платежів за доступ до інфраструктури. В першому випадку вирішення задачі розподілу пропускної спроможності зводиться до задачі нелінійного програмування, у другому – до задачі теорії ігор.

Мінімум загальної тривалості затримок обрано у якості критерію оптимізації розподілу потоків вантажних поїздів і у роботі [9].

Слід зазначити, що через наявність різних цілей у учасників перевізного процесу, використання методів теорії ігор для вирішення задач розподілу пропускної спроможності залізничної інфраструктури є досить поширеним [10, 11].

Відповідно до Директиви 2012/34ЄС [7], основною вимогою функціонування ринку залізничних перевезень є забезпечення рівноправного та недискримінаційного доступу перевізників до залізничної інфраструктури. Порядок дії менеджера інфраструктури у випадку, коли декілька перевізників одночасно претендують на одну і ту ж інфраструктуру. Формальні методи вирішення таких ситуацій представлені в роботах [12, 13]. В [12] для вирішення задачі використано методи адаптивного управління на основі нейронних мереж, а в [13] – методи динамічного програмування.

У цьому дослідженні розглядається проблема розподілу вагонопотоків на залізничній мережі з паралельними напрямками в умовах обмеження пропускної спроможності окремих дільниць.

Як модель залізничної мережі у цьому дослідженні використовується орієнтований граф $G(V, E)$, вершинами якого є станції $v_i \in V$ (де V – множина вершин графа; i – індекс вершини, $i = \overline{1..n}$; n – загальна кількість вершин), а дугами $e_{ij} \in E$ – дільниці між станціями (тут E – множина дуг графа; i, j – індекси початкової і кінцевої вершини дуги). Напрямок дуги вказує напрям перевезень по колії дільниці. Множину вершин графа V розділено на три підмножини: вершини, що відповідають пунктам відправлення V^S , вершини, що відповідають пунктам призначення V^D та транзитні вершини V^T . Кожній вершині множини V^S та V^D у відповідність поставлено тип вантажу q_i та його

обсяг g_i . При цьому вважається, що на мережі виконується перевезення r типів вантажів. Прийнято, що кожна вершина відправляє, або приймає вантаж лише одного типу, при цьому для однієї станції призначення вантажу існує лише одна станція відправлення. Якщо станція відправляє, чи приймає декілька типів вантажів, то відповідні їй вершини дублюються. Вершинам множини V^S відповідають обсяги перевезень з додатними значеннями обсягів вантажу $g_{i,q}$; Вершинам множини V^D відповідають обсяги перевезень з від'ємними значеннями обсягів вантажу g_i ; для вершин множини V^T $g_i = 0$. Прийнято, що залежність витрат на перевезення від відстані близька до лінійної. У зв'язку з цим дугам орграфа у відповідність поставлено відстань перевезення c_{ij} . Також у відповідність дугам орграфа у поставлено обмеження пропускної спроможності d_{ij} . Змінними у задачі є обсяги вантажу $x_{ij,q}$, що перевозяться по дугам. Задача має наступні обмеження.

Обмеження за обсягами вантажів, у вершинах

$$\sum_{j=1}^n x_{ij,q} - \sum_{i=1}^n x_{ij,q} = g_{i,q}, \text{ при } i \neq j, e_{ij} \in E. \quad (1)$$

Обмеження за загальним обсягом вантажів на мережі

$$\sum_{i=1}^n g_{i,q} = 0. \quad (2)$$

Обмеження за обсягами перевезень на дугах

$$\sum_{q=1}^r x_{ij,q} \leq d_{ij}. \quad (3)$$

Критерієм оптимізації є мінімізація загальної відстані перевезень

$$\sum_{q=1}^r \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij,q} \rightarrow \min, \text{ при } i \neq j, e_{ij} \in E \quad (4)$$

Відповідно до формулювання задачі вона може бути віднесена до багатопродуктових задач лінійного програмування з обмеженнями пропускної спроможності. Задача має вироджений характер так як для кожного типу вантажу існує лише один пункт відправлення та призначення. Для вирішення задачі можуть бути використані методи дослідження операцій.

Результати

Як приклад залізничної мережі у цій статті розглянуто мережу, наведену на рис. 1. В цій мережі перевезення виконуються між 5-ма вершинами відправлення до 5-ти вершин призначення. Пропускна спроможність дуг 1-16, 12-14 та 16-17 є обмеженою. У випадку відсутності цих обмежень кращий план перевезень реалізується у тому випадку, коли вантаж кожного типу перевозиться за

найкоротшим маршрутом. Як приклад на рис. 1 представлено найкоротші маршрути перевезень кожного вантажу. В табл. 1 наведено значення

середньої відстані перевезень для кожної станції відправлення та в цілому для мережі.

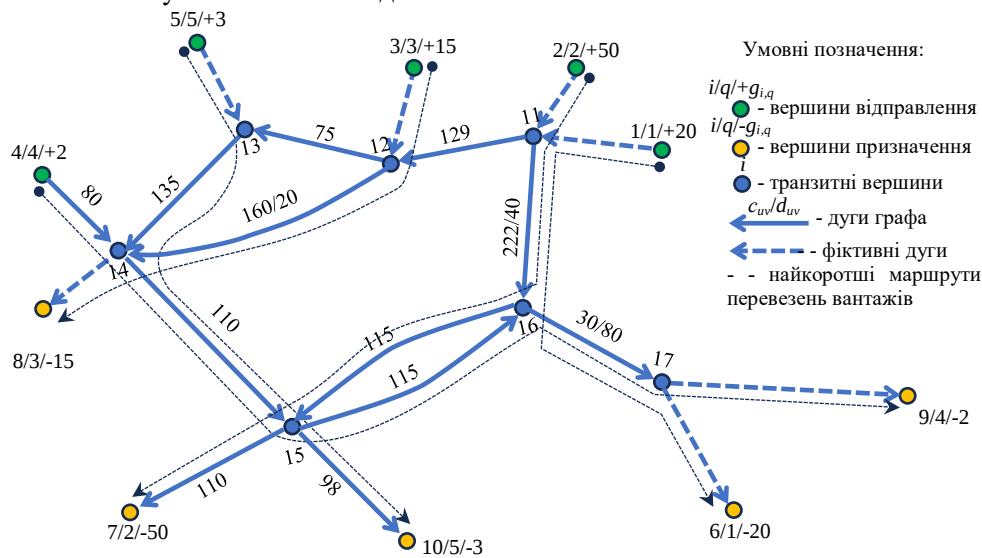


Рис 1. Залізнична транспортна мережа із зазначенням найкоротших напрямків перевезень

Таке рішення не може бути покращено і може бути використано при побудові початкового плану перевезень.

Таблиця 1

Середні відстані перевезень для початкового плану перевезень наведеного на рис. 1

Вершина	Відстань
1	252
2	447
3	160
4	335
5	343
В середньому	349,9

Якщо при перевезеннях за таким планом на мережі не має дуг з повністю використаною пропускною спроможністю і обмеження (3) виконується для усіх дуг, то такий початковий план є оптимальним.

Дуги графа з повністю використаною пропускною спроможністю так, що

$$\sum_{q=1}^r x_{ij,q} = d_{ij}.$$

будемо називати насиченими. Дуги графа для де плановий потік перевищує пропускну спроможність і не виконується умова (3) будемо називати перевантаженими. У прикладі, зображеному на рис. 1, перевантаженою є дуга 11-16 так, як її пропускну спроможність складає 40 одиниць, а плановий потік, що пропускається нею, складає 70 одиниць

Якщо при початковому розподілі на мережі є перевантажені дуги, то необхідно виконати перерозподіл вагонопотоків з них на дуги з незаповненою пропускною спроможністю. При вирішенні прикладної задачі розподілу вагонопотоків на мережі порядок цього перерозподілу буде суттєво впливати на показники ефективності окремих вантажовідправників та перевізників і, фактично, визначати умови їх доступу до послуг інфраструктури залізничного транспорту загального користування.

Якщо перевезення на мережі виконує один перевізник, як це відбувається зараз в Україні, то перерозподіл виконується без урахування впливу на умови перевезень вагонів окремих вантажовідправників. Оптимальний план перевезень з урахуванням обмежень (1)-(3) може бути встановлено з використанням ітераційного алгоритму шляхом перенесення вагонопотоків з перевантажених дуг на дуги з резервом пропускної спроможності так, що на кожній ітерації критерій оптимальності збільшується на мінімально-можливу величину у порівнянні з попереднім планом. Оптимальний план перевезень, що враховує обмеження пропускної спроможності для випадку, коли мережу обслуговує один перевізник, наведено на рис. 2. Необхідно відмітити, що наведений на рис. 2 план оптимальний план перевезень не є єдиним. На рис. 3. наведено інший план перевезень з таким же значенням критерію оптимальності (4). В табл. 2 наведено значення середньої відстані

перевезень для кожної станції відправлення та в цілому для мережі для розподілу вагонопотоків, зображеного на рис. 2 та 3. Через наявність

обмежень пропускної спроможності середня відстань перевезень на мережі збільшилась на 3%.

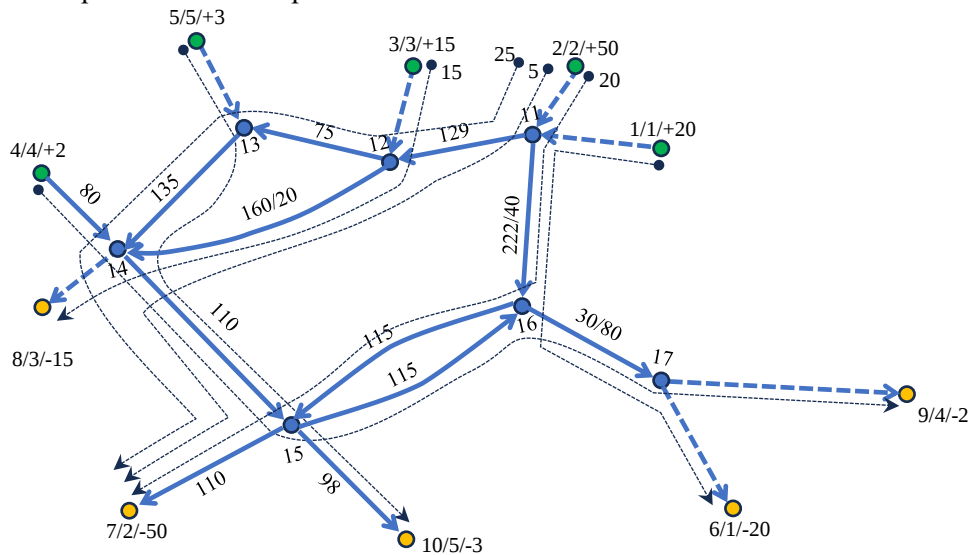


Рис 2. Варіант 1 оптимального плану перевезень, що враховує обмеження пропускної спроможності для випадку, коли мережу обслуговує один перевізник

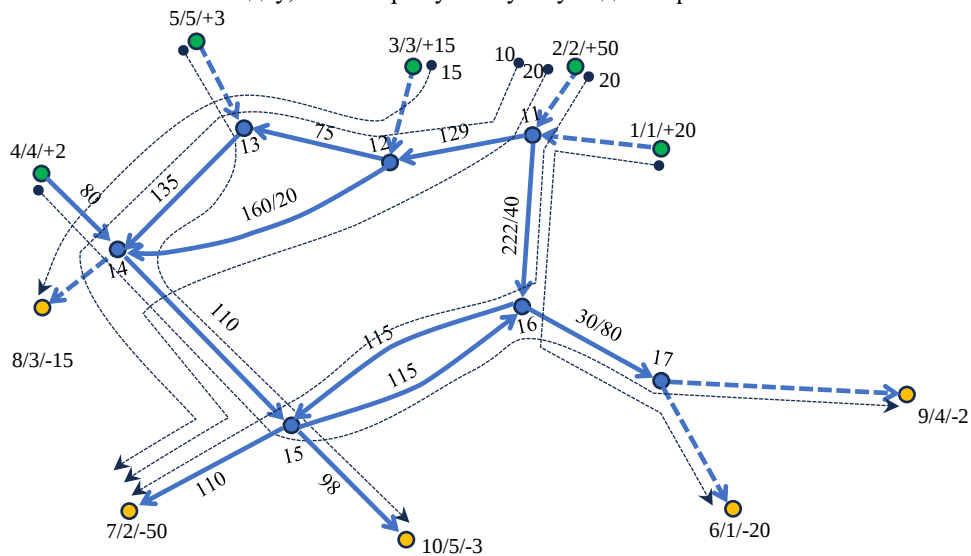


Рис 3. Варіант 2 оптимального плану перевезень, що враховує обмеження пропускної спроможності для випадку, коли мережу обслуговує один перевізник

Таблиця 2

Середні відстані перевезень для планів перевезень наведених на рис. 2 та 3

Вершина	Відстань	
	Варіант 1	Варіант 2
1	252	252
2	465,2	450,2
3	160	210
4	335	335
5	343	343
В середньому	360,0	

У випадку появи у плані перевезень насичених дуг та відправлення частини вагонопотоку по маршрутам, що не забезпечують найкоротшу відстань перевезень, виникає проблема віднесення додаткового пробігу на вантажовідправників. При цьому існує два підходи. Перший, який використовувався в Україні до 1996 року, полягає у тарифікації перевезень за найкоротшою відстанню та пропорційному збільшенні плати за перевезень для усіх вантажовідправників. Недоліком такого підходу було те, що в умовах появи великої кількості малодіяльних ділянок, що не використовувались

**Тарифні відстані перевезень для планів
перевезень наведених на рис. 2 та 3**

Вершина	Найкоротша відстань		ПФП			
			Варіант 1		Варіант 2	
	Від-стань	%	Від-стань	%	Від-стань	%
1	259,3	103	252	100	252	100
2	459,9	103	559	125	509	114
3	164,6	103	160	100	210	131
4	344,7	103	335	100	335	100
5	352,9	103	343	100	343	100
В середньому	360,0	103	412,1	118	393,4	112

для транзитного руху, фактичні напрямки перевезень не відповідали тарифним. Другий, який використовується в Україні в сучасних умовах полягає у визначенні тарифної відстані перевезення вантажів у відповідності з порядком направлення вагонопотоків (планом формування поїздів). При такому підході на підставі затвердженого порядку направлення вагонопотоків у Тарифному керівництві №4 залізниць України (ТР4) відстань між транзитними пунктами. План формування поїздів розробляється на розрахункові (збільшені) прогнозні обсяги роботи. Він передбачає спрямування вагонопотоків виключно за одним напрямком в якості якого приймається напрямок, що забезпечує економічну ефективність для перевізника і цей напрямок визначає транзитну відстань у ТР 4. Порядок направлення вагонопотоків не містить алгоритму дій у випадку наявності альтернативних планів перевезень. Тому рішення щодо пріоритетності направлення вагонопотоків по коротким перевантаженим напрямкам приймаються суб'єктивно. Наявність резервів пропускної спроможності на маршрутах більшої довжини забезпечує перевізнику можливість отримання більших прибутків без зміни регульованих державою тарифів на перевезення тому він не має стимулів до ліквідації дефіциту пропускної спроможності на коротших напрямках. Відкориговані відстані перевезень для вказаних способів віднесення додаткових пробігів на вантажовідправників наведено у табл. 3.

Аналіз даних табл. 2 показує, що основний вплив на відстані перевезень здійснюють не ділянки з обмеженням пропускної спроможності, а особливості подання відстаней у ТР 4, що передбачає лише один маршрут. При цьому, АТ Укрзалізниця не зобов'язана виконувати перевезення за тим маршрутом, який використовується для тарифікації і в оперативних умовах за наявності резервів пропускної спроможності вона може спрямовувати вагонопотоки за коротшими напрямками. При цьому через вибір Укрзалізницею вагонопотоків різних вантажовідправників для заповнення насичених дуг тарифні відстані для конкретного вантажовідправника можуть суттєво збільшуватися. Слід зазначити, що план формування поїздів є внутрішнім документом АТ Укрзалізниця і не підлягає перевірці.

Зміна ринку залізничних перевезень в Україні пов'язана з імплементацією до вітчизняного законодавства директив Європейського Союзу. У відповідності з Європейськими принципами послуги мінімального пакету доступу до інфраструктури залізничного транспорту які надаються менеджером інфраструктури перевізникам повинні забезпечувати виконання вимог рівноправності. В цьому дослідженні розглядаються два критерії рівноправного доступу до ділянок мережі з обмеженням пропускної спроможності:

- на перевантажених ділянках усі перевізники мають право на виділення однакової долі пропускної спроможності, але не більше ніж їх потреба (варіант 3);

- на перевантажених ділянках усі перевізники мають право на виділення долі пропускної спроможності пропорційно до заявлених обсягів (варіант 4).

В табл. 4 наведено значення середньої відстані перевезень для кожної станції відправлення та в цілому для мережі для розподілу вагонопотоків, зображеного на рис. 4 та 5.

Аналіз даних, наведених у табл. 4 показує, що при рівномірному розподілі обмеженої пропускної спроможності ділянок між перевізниками між перевізниками перевагу отримують перевізники з невеликими обсягами роботи. При цьому, додаткові обсяги крупних перевізників розподіляються на напрямки, що мають більшу собівартість. Через це крупні вантажовідправники та перевізники мають стимули до розвитку пропускної спроможності перевантажених ділянок. Потенційно, такий

порядок стимулює розвиток та підтримання конкурентного ринку. Напроти, при розподілі пропускної спроможності перевантажених ділянок пропорційно до обсягів перевезень перевагу отримують крупні перевізники. Вантажопотоки менших перевізників будуть витіснятись на напрямки, що мають більшу собівартість. Враховуючи, суттєве збільшення тарифних відстаней Вантажовідправники та перевізники при цьому будуть зацікавлені в укрупненні для встановлення контролю за існуючими перевантаженими ділянками.

Таблиця 4

Тарифні відстані перевезень для планів перевезень наведених на рис. 4 та 5

Вершина	Відстань			
	Варіант 3		Варіант 4	
	Від-стань	%	Від-стань	%
1	252	100	398	158
2	504,4	113	483	108
3	176,7	110	190	119
4	335	100	335	100
5	343	100	343	100
В середньому	384,4	110	407,4	116

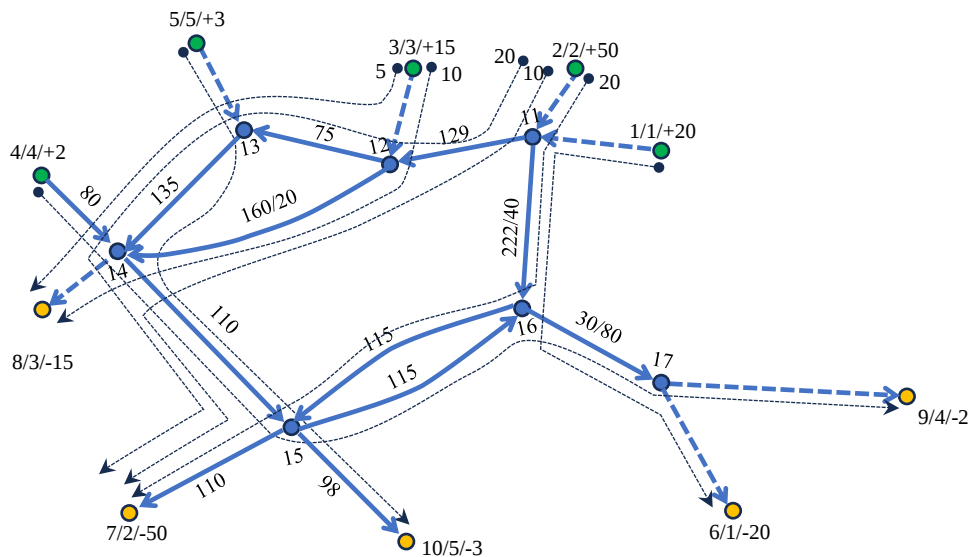


Рис 4. Варіант 3 оптимального плану перевезень, що враховує обмеження пропускної спроможності для випадку, коли мережу обслуговує один перевізник

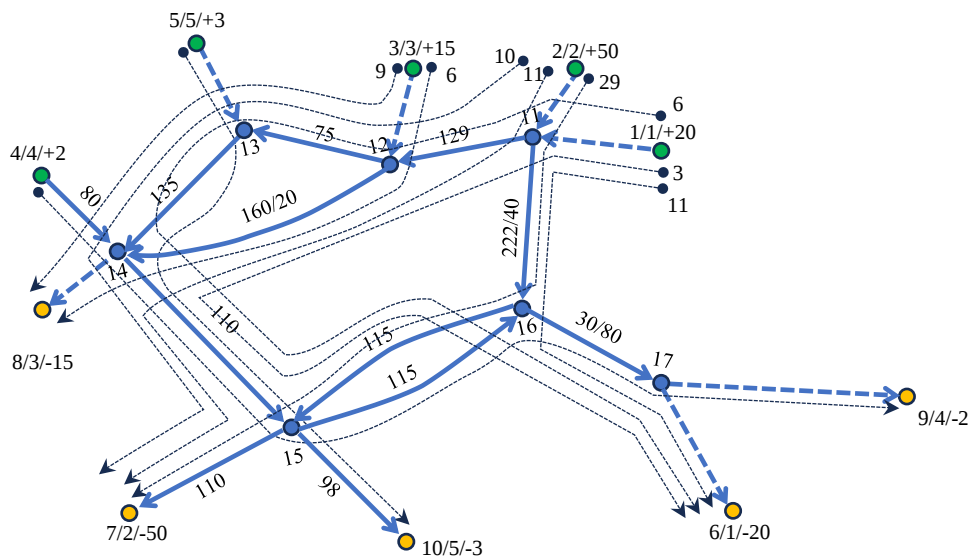


Рис 5. Варіант 4 оптимального плану перевезень, що враховує обмеження пропускної спроможності для випадку, коли мережу обслуговує один перевізник

Перебування ринку залізничних перевезень у монопольному стані пов'язано з очікуванням, що задоволення попиту на цьому ринку є більш ефективним за умов відсутності конкуренції у зв'язку з істотним зменшенням транспортних витрат в міру збільшення обсягів перевезень. Виконані дослідження підтверджують, що наявність на мережі одного перевізника дозволяє скоротити відстані перевезень на мережі з обмеженням пропускної спроможності. Однак, прийнята в Україні система визначення тарифних відстаней на підставі плану формування поїздів призводить до завищення тарифних відстаней у порівнянні з випадком, коли перевезення здійснюються незалежними перевізниками.

Наукова новизна та практична значимість

Наукова новизна роботи полягає у тому, що у ній вперше отримано залежності тарифних відстаней від способу організації вагонопотоків на залізничній мережі з обмеженням пропускної спроможності окремих ділянок.

Практична значимість результатів дослідження полягає в тому, що вони дозволяють оцінити вплив різних підходів до реформування ринку залізничних перевезень на тарифні відстані, а відповідно, і на собівартість перевезень вантажів для окремих користувачів транспортних послуг.

Висновки

1. У сучасних умовах залізничний транспорт України стикається з проблемою перевантаження окремих ділянок, особливо на шляху до морських портів та західних прикордонних переходів. Існуючі методи розподілу вагонопотоків, що є частиною розробки плану формування поїздів, були розроблені ще за часів планової економіки. Їх головний недолік полягає в тому, що вони орієнтовані виключно на мінімізацію витрат для залізниці як монополіста. Однак, цей підхід не враховує інтереси інших учасників ринку, таких як власники вантажів і незалежні перевізники. Через це виникає необхідність вдосконалення методів, що дозволить враховувати різні цілі та забезпечити ефективніший розподіл вагонопотоків в умовах конкурентного ринку.

2. Перебування ринку залізничних перевезень у монопольному стані теоретично забезпечує можливість мінімізації середньої відстані та собівартості перевезень на мережі з

обмеженням пропускної спроможності. В той же час в Україні склалася ситуація, коли державна монополія самостійно обирає маршрути перевезень вантажів залізничним транспортом, що призводить до надання різним клієнтам послуг, що суттєво відрізняються за вартістю. Більше того, наявність резервів пропускної спроможності на маршрутах більшої довжини забезпечує перевізнику можливість отримання більших прибутків без зміни регульованих державою тарифів на перевезення. Тому АТ Укрзалізниця не має стимулів до ліквідації дефіциту пропускної спроможності на напрямках, що забезпечують менші тарифні відстані перевезень.

3. Реформування ринку залізничних перевезень призведе до утворення перевізників, незалежних від менеджера інфраструктури. При цьому перевізники будуть зацікавленими у зменшенні відстаней перевезень та відповідних витрат на послуги інфраструктури. В роботі розглянуті два підходи до забезпечення рівних умов доступу до перевантажених ділянок: розподіл пропускної спроможності пропорційно між перевізниками та пропорційно до обсягів перевезень. Встановлено, що розподіл пропускної спроможності пропорційно між перевізниками забезпечує середній пробіг на мережі близький до показників, що досягаються, при монопольному стані ринку. При цьому, додаткові обсяги перевезень будуть спрямовуватись на довші напрямки. В таких умовах крупні вантажовідправники та перевізники мають стимули до розвитку пропускної спроможності перевантажених ділянок.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Інструктивні вказівки з організації вагонопотоків на залізницях України : наказ Укрзалізниці від 29.12.2004 № 1028-ЦЗ. Київ : ТОВ «Швидкий рух», 2005. 100 с.
2. Папахов О. Ю., О कोरोков А. М., Логвінов О. М. Зміна розрахункових складових для оперативного розподілу вагонопотоків на мережі залізниць. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна*. 2007. Вип. 17. 162-164.
3. Вернигора Р. В., Папахов О. Ю., Логвінова Н. О. Аналіз залізничної інфраструктури з паралельними ходами напрямку Знам'янка–Одеса. *Наука та прогрес транспорту*. 2012. Вип. 42. 74–79. <https://doi.org/10.15802/stp2012/9285>.
4. Nesterenko G. I., Chibisov Yu. V. Optimal route selection when distributing the freight trainflow in the railway junction with the consideration of the level of the traffic capacity saturation. *Вісник Східноукраїнського*

національного університету ім. В. Даля. 2012. 3(174). 138-143.

5. Vernigora, R. V., Papakhov, O. Y., Logvinova, N. O. (2013). Mathematical model of transportation of raw material and finished products of mining and metallurgical enterprises by railway directions with parallel motion. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2013. (3). 93-102. URL: <https://nvngu.in.ua/index.php/en/component/jdownloads/finish/45-03/733-2013-3-vernigora/0>

6. Kisselyova O., Abdirassilov Z., Vakhitova L., Izbairova A., Uvaliyeva A. Optimization of container traffic distribution on the railway network. *E3S Web Conf*. 363 (2022) 01016. Published online: 2022-12-14. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202236301016>.

7. Directive 2012/34/EU of the European Parliament and of the Council of 21 November 2012 establishing a single European railway area (recast) Text with EEA relevance : Current consolidated version: 01.01.2019. EUR-Lex : web-site. <http://data.europa.eu/eli/dir/2012/34/oj>.

8. Harker P.T., Hong S. Pricing of track time in railroad operations: An internal market approach Transportation Research Part B: Methodological. 1994. 28 (3). 197-212, [https://doi.org/10.1016/0191-2615\(94\)90007-8](https://doi.org/10.1016/0191-2615(94)90007-8).

9. Borndörfer R., Klug T., Schlechte T., Fügenschuh A., Schang T., Schüllndorf H. The Freight Train Routing

Problem for Congested Railway Networks with Mixed Traffic. *Transportation Science*. 2016. 50(2):408-423. <https://doi.org/10.1287/trsc.2015.0656>

10. Lang M., Laperrouza M., Finger M. Competition Effects in a Liberalized Railway Market. *Journal of Industry, Competition and Trade*. 2011. 13(3). 375-398. <https://doi.org/10.1007/s10842-011-0117-2>

11. Savelsbergh, M., Talebian M. Cost allocation under competition: a new rail access charging policy. *EURO Journal on Transportation and Logistics*. 2018. 8. 511-534. <https://doi.org/10.1007/s13676-018-0133-z>.

12. Бут'ко Т. В., Харланова С. В., Коваленко М. В. Формалізація процедури розподілу пропускної спроможності залізничної мережі в умовах недискримінаційного доступу до інфраструктури. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2022. 27 (2). 3-10.

13. Aldanazarov K., Toktamyssova A., Karsybayev Y., Korobiova R., Kozachenko D. Improving Transport Logistics of Extractive Industry Products in the Context of Capacity Constraints on the Railways. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2022. 6. 129-134. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2022-6/129>.

Надійшла до редколегії 03.04.2025.

Прийнята до друку 05.06.2025.

R. KOROBIOVA, O. PROKOPA

ANALYSIS OF THE IMPACT OF CAR-FLOW DISTRIBUTION METHODS ON TARIFF DISTANCES ON RAILWAY NETWORKS

Purpose. The purpose of this article is to investigate the impact of the method of distributing railway transport infrastructure capacity on the cost of access services for carriers. **Methodology.** The research in this paper is based on operations research methods. **Findings.** In current conditions, Ukraine's railway transport faces the problem of overloading certain sections, especially on routes to seaports and western border crossings. A monopolistic state of the railway transport market theoretically allows for the minimization of average distance and transportation cost on a network with capacity constraints. At the same time, a situation has developed in Ukraine where the state monopoly independently chooses routes for freight transport, which leads to different clients receiving services that vary significantly in cost. Reforming the railway transport market will lead to the emergence of carriers independent of the infrastructure manager. In this case, carriers will be interested in reducing transportation distances and the corresponding costs for infrastructure services. The paper considers two approaches to ensuring equal access to overloaded sections: distributing capacity proportionally among carriers and distributing it proportionally to the volume of traffic. It has been established that distributing capacity proportionally among carriers ensures an average network mileage close to the figures achieved under a monopolistic market state. At the same time, additional transport volumes will be directed to longer routes. Under these conditions, large freight shippers and carriers are incentivized to develop the capacity of overloaded sections. **Scientific Novelty.** The scientific novelty of the work lies in the fact that it is the first to obtain dependencies of tariff distances on the method of organizing car-flows on a railway network with capacity constraints on certain sections. **Practical Significance.** The practical significance of the research results lies in their ability to assess the impact of different approaches to reforming the railway transport market on tariff distances and, consequently, on the cost of freight transport for individual users of transport services.

Keywords: railway transport, freight transport, capacity, car-flow, optimization