

modern state of the transport system infrastructure]. *Naukoemni tehnologiyi*. #3 (51). P. 265–270. [in Ukrainian].

9. Lozova H.M., Klymenko V.V. (2021). Otsiniuvannia efektyvnosti ta konkurentospromozhnosti transportno-lohistychnykh pidpriemstv [Evaluating the efficiency and competitiveness of transport and logistics companies]. *Teoretychni ta prykladni pytannia ekonomiky: zbirnyk naukovykh prats. Vypusk 1 (42)*. pp. 142–155. URL: http://tppe.econom.univ.kiev.ua/data/2021_42/zb42_12.pdf[in Ukrainian].

10. Lagodiienko V., Karyu O., Ohiienko M., Kalaman O., Lorvi Herasimchuk T. Choosing Effective Internet Marketing Tools in Strategic Management. *International Journal of Recent Technology and Engineering*. 2019. Vol. 8. no. 3. P. 5220-5225. <https://www.ijrte.org/wp-content/uploads/papers/v8i3/C5868008310.pdf> [in India]



DOI: <https://doi.org/10.32836/2521-6643-2021.2-62>⁷
УДК 656.078.14

Кузьменко А. І., кандидат технічних наук,
доцент, доцент кафедри транспортних
технологій та міжнародної логістики
Університету митної справи та фінансів
Музикін М. І., кандидат технічних наук,
доцент кафедри транспортних технологій
та міжнародної логістики Університету
митної справи та фінансів
Нестеренко Г. І., кандидат технічних наук,
доцент Українського державного
університету науки і технологій
Стрелко О. Г., доктор історичних наук,
декан факультету управління залізничним
транспортном,
професор Державного університету
інфраструктури та технологій

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПЛАНУ ТА ПОЗДОВЖНЬОГО ПРОФІЛЮ КОЛІЇ НА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОНТРЕЙЛЕРНИХ ПОЇЗДІВ

У статті проаналізовано вплив плану і поздовжнього профілю колії на умови експлуатації контрейлерних поїздів. Визначено економічні показники організації контрейлерних поїздів на напрямку Львів – Мукачєво та порівняно їх

© А. І. Кузьменко, М. І. Музикін, Г. І. Нестеренко, О. Г. Стрелко, 2021

з показниками роботи автомобільного транспорту на маршруті між тими ж містами. Досвід і практика контрейлерних перевезень засвідчила про їхню доцільність та переваги. План і поздовжній профіль залізничної лінії подано у вигляді комбінації окремих реальних еталонних ділянок зазначеного напрямку, в межах якого здійснюються контрейлерні перевезення. Побудовано гістограми розподілу ухилів та кривих на ділянках Львів – Стрий, Стрий – Лавочне, Лавочне – Мукачево. Наведено результати тягово-експлуатаційних розрахунків. Запропоновано систему критеріїв для оцінювання прямих автомобільних і комбінованих (контрейлерних) перевезень. Установлено залежність собівартості перевезень і приведених витрат від їх дальності для автомобільного та контрейлерного перевезення при технічній швидкості 50 км/год.

Ключові слова: контрейлерні перевезення; автомобільний транспорт; поздовжній профіль; вантажні тарифи.

In this paper, the influence of the plan and longitudinal profile of the track on the operating conditions of piggyback trains is analyzed. The economic indicators of the organization of piggyback trains in the direction Lviv – Mukachevo are determined and compared with the indicators of road transport on the route between the same cities. An analysis of recent research and publications on the development of piggyback transport shows that further research in this area is necessary and relevant. The experience and practice of piggyback transportation has shown their feasibility and advantages.

As you know, container transportation is the transportation of loaded trucks or semi-trailers on special railway platforms. That is, this part of the road meets the basic rules for determining the technical, operational and economic performance of railway transport. It should be noted that on the railways, the indication of the group of indicators, including the cost of transportation, among other factors, is significantly influenced by the plan and profile of the track. Therefore, in this paper, the plan and longitudinal profile of the railway line is presented as a combination of individual real reference sections of the specified direction, within which the piggyback transport is carried out.

According to the results of calculations of the volumes of possible cargoes, directions of transportations and terminals where it will be possible to carry out loading and unloading of piggybacks, perspective directions of piggyback trains have been established. Histograms of the distribution of slopes and curves in the sections Lviv – Stryi, Stryi – Lavochno, Lavochno – Mukachevo were constructed. The results of traction and operational calculations are given. The train of the established lengths with evenly distributed weight is accepted as calculation model. The settlement train consists of a locomotive, two passenger cars for drivers and forty or twenty long-base platforms loaded with road trains.

A system of criteria for the evaluation of direct road and combined (piggyback) transportation is proposed. Two variants of cargo delivery organization between Lviv and Mukachevo are compared: automobile and piggyback. The dependence of the cost of transportation and reduced costs on their range for road and piggyback transportation at a technical speed of 50 km/h.

Further scientific research may be aimed at improving the technical component that affects the economic attractiveness of piggyback transport for domestic and foreign indicators. After all, the development of this type of transportation will help strengthen Ukraine's competitive position in the European logistics market.

Key words: piggyback transportation; road transport; longitudinal profile; freight rates.

Постановка проблеми. В Україні велика увага приділяється розвитку транспортної системи країни, її інтеграції в міжнародну транспортну мережу. Дослідження, які проводились Комісією Європейського Союзу стосовно транспорту [1], виявили суттєві переваги контрейлерних перевезень над звичайними автоперевезеннями, адже вони забезпечують: високу швидкість і гарантію доставки вантажів відповідно до графіка руху поїзда; гарантовану безпеку перевезення за будь-яких погодних умов; гарантовану охорону транспортних засобів і вантажів під час руху та стоянки поїзда; значне скорочення часу проходження прикордонного й митного контролю; збереження транспортного засобу, заощадження його моторесурсу та економію палива; збереження автомобільних доріг; збереження екології навколишнього середовища; економію витрат на паливо та оформлення товаросупроводжувальних документів.

На шляху реалізації контрейлерного способу доставки вантажів виникають проблеми, пов'язані зі специфічними умовами перевезень, які виявляються у відсутності вивчених характеристик транспортного процесу, критеріїв ефективності, що відповідають ринковим умовам, теоретичних розробок в галузі створення контрейлерних технологій перевезень [2].

Нині частка ринку транспортно-експедиційних послуг українських автоперевізників на ринку міжнародних перевезень знижується [1]. Серед причин зазначається обмежений обсяг дозволів на в'їзд в ряд країн. Загальний обсяг дозволів для українських автоперевізників не задовольняє фактичної потреби. Впровадження контрейлерних перевезень в Україні на взаємовигідних та привабливих умовах для всіх учасників процесу перевезень може стати подоланням цієї проблеми. Також важливою проблемою є значна завантаженість автомобільних доріг України [1]. Одним із найдієвіших способів з розвантаження міжнародних автомобільних трас також може стати використання контрейлерних перевезень.

Як відомо, контрейлерні перевезення – це транспортування на спеціальних залізничних платформах навантажених фур або напівпричепів. Тобто ця частина шляху відповідає основним правилам визначення техніко-експлуатаційних та економічних показників роботи залізничного транспорту. Слід зауважити, що на залізницях на зазначені групи показників, у тому числі й вартість перевезень, крім інших факторів, суттєво впливають план та профіль колії. Тож методи досліджень, запропоновані у даному дослідженні, дуже актуальні й націлені на популяризацію контрейлерних перевезень серед провідних перевізників нашої країни.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням розвитку контрейлерних перевезень присвячена велика кількість наукових праць, статей та публікацій. Зокрема, в свої працях їх розглядали такі автори, як: Е. М. Воевудський, Г. І. Кирпа, Л. Н. Матюшин, В. К. Мироненко, Є. В. Нагорний, Н. А. Нефедов, Н. В. Пономарьова, Ю. О. Сілантьєва, Б. Н. Стрекалов, Т. В. Харченко та багато інших. Наприклад, у своєму спільному дослідженні [3] С. В. Ширяєва та Т. І. Конрад виконали аналіз організації закордонних автомобільно-залізничних перевезень вантажів, який засвідчив про необхідність подальшого залучення міжнародного досвіду організації змішаних вантажних перевезень. Але вони не враховують ряд факторів, які впливають на виконання перевезень. Тому подальше дослідження даного напрямку необхідне та актуальне.

Зокрема, метою статті [4] є аналіз наявних проблем і перспектив організації контрейлерних перевезень та оцінка ефективності використання даної технології в Україні на прикладі одного з найбільш перспективних маршрутів. Виконати порівняльну оцінку витрат вантажовідправників на перевезення вантажів за різними технологіями між терміналами Дніпро–Ліски і Чоп.

Автори дослідження [2] вважають, що головна мета активізації перевезень у контрейлерному сполученні полягає в переключенні частини вантажопотоків з автомагістралей на залізничний транспорт та в створенні більш збалансованої транспортної системи, що знижує екологічне навантаження і підвищує ефективність міжнародних перевезень. На їхню думку, до об'єктивних чинників, що сприяють розвитку контрейлерних перевезень в Україні, поряд з економією палива і ресурсного пробігу автомобільних транспортних засобів, зниженням імовірностей дорожньо-транспортних подій і схоронністю автодорог, належить також усунення обмежень на масу автопоїздів, зниження залежності перевізних процесів від погодних умов, готовність Укрзалізниці до виконання таких перевезень завдяки наявності спеціалізованих платформ.

У своєму науковому доробку І. С. Рикованова [5] проаналізувала європейський досвід створення та розвитку системи комбінованих перевезень “залізниця-автомобіль”, визначила основні показники діяльності компаній –

членів Міжнародного союзу комбінованих автомобільних та залізничних перевезень (UIRR), що дало можливість обґрунтувати перспективність розвитку системи мультимодальних комбінованих перевезень в Україні як країни-транзитера на шляху “Китай – ЄС”.

У статті [6] авторами також досліджено особливості організації інтермодальних перевезень в Україні. Надано порівняльну характеристику контрейлерних транспортних систем та розраховано собівартість доставки вантажів з використанням даної технології. Представлено проєкт “Чумаки”, що передбачає оптимізацію транспортної логістики міжнародного холдингу “Кюне + Нагель” шляхом запровадження контрейлерних перевезень. Визначено витрати на реалізацію проєкту та окреслено можливі бар’єри для його реалізації.

Авторка дослідження [1] ставила за мету підвищення ефективності доставки вантажів у міжнародному контрейлерному сполученні за критерієм вартості перевезень. Вона виконала багатоваріантний аналіз рівноцінної відстані доставки на основі моделювання контрейлерних перевезень вантажів у міжнародному сполученні.

Виклад основного матеріалу. Першою вдалою спробою організувати курсування поїздів комбінованого транспорту був “Ярослав”. Проєкт засновано у 2003 р. Учасниками та операторами проєкту “Ярослав” виступали ДП “Український державний центр транспортного сервісу “Ліски” з боку України та ООО ПКП “ЛХС” з боку Польщі [7]. Курсування даного поїзда здійснювалось за маршрутом Київ – Славкув. На прохання автоперевізників, маршрут поїзда було продовжено до Луганська. Перевезення автопоїздів цим маршрутом здійснювались за 2,5–3 доби.

У лютому 2005 р. поїзд комбінованого транспорту “Ярослав” зупинив курсування через підвищення польською стороною тарифних ставок. До цього моменту було перевезено у складі поїзда 3,2 тис. автопоїздів [7].

У 2009 р. проєкт було відновлено. 28 березня 2009 р. вирушив поїзд комбінованого типу “Ярослав” у демонстраційний рейс за маршрутом Київ – Славкув. У складі поїзда було 15 платформ із контрейлерами, 12 платформ із контейнерами та 2 пасажирські вагони. Тривалість його руху з Києва до Славкува становила 74 год, швидкість – 600 км на добу. Цього ж року сторони встановили знижки до базових тарифів на перевезення (ООО ПКП “ЛХС” на 30 %, Укрзалізниця – на 20 %) [7].

Не можна обійти увагою також і контейнерні поїзди, адже залізничне сполучення через Сілезьку станцію Славкув має оптимальну довжину та ідеально вписується в програму створення Транс’європейської транспортної мережі (TEN-T) [8]. Перший інтермодальний поїзд прибув до Польщі 5 січня 2020 р. безпосередньо з Китаю по Новому Шовковому шляху. З китайського міста Сіань за 12 днів поїздом пройдено 9,5 тис. км. Це вдвічі швидше, ніж морем. Дебютний контейнеровоз вирушив 24 грудня 2019 р. з міста Сіаня по

ширококоліїному шляху. 45 контейнерів проїхали 9,5 тис. км через Китай, Казахстан, Росію та Україну [8]. До Польщі поїзд в'їхав через прикордонний перехід Ізов – Хрубешув.

“Євротермінал Славкув” розташований недалеко від Домброва – Гурнича, – це найзахідніше місце в Європі, до якого діходить ширококоліїна залізниця. Славкувська ширококоліїна металургійна лінія (LHS) – найдовша лінія в Польщі, призначена для вантажних перевезень. Поєднує польсько-український залізничний прикордонний перехід Хрубешув – Ізов із Сілезьким воєводством. Довжина лінії становить 400 км, вона проходить через п'ять воєводств: Люблінське, Підкарпатське, Свентокшиське, Малопольське та Поморське [8].

За результатами розрахунків обсягів можливих вантажів, напрямів перевезень та терміналів, на яких можна буде здійснювати навантаження–вивантаження контейнерів, виконаних ПАТ “Укрзалізниця”, спільно з АСМАП та представниками Міністерства інфраструктури встановлено перспективні напрямки прямування контейнерних поїздів [9]. Ще 2018 р. відбувся запуск першого тестового контейнерного поїзда з України до Австрії та Італії, транзитом через територію Угорщини. Відправлення таких поїздів можливе з трьох станцій: Вадул-Сірет, Чоп – Захонь та Мостиська 2. Досвід та практика контейнерних перевезень засвідчили їхню доцільність і переваги. Це уможливить розв'язати проблему транзиту через Угорщину і Румунію, зменшить навантаження на українські автошляхи та сприятиме збільшенню транзитних перевезень через територію України [9].

Разом із потенційними операторами перевезень уже відпрацьовувалися варіанти завантаження автомобілів на залізничні платформи як у прикордонних терміналах на території України в м. Чоп ЦТС “Ліски” та Компанії “Єврокар”, так і в терміналах суміжних країн в м. Захоні (Угорщина) та Добра (Словаччина). Оператори порушують питання оренди спеціального залізничного рухомого складу, зокрема Ro-La – платформ [10].

Але зазначені маршрути проходять частково гірською місцевістю, що негативно відображується на цілій низці показників. Тому буде доцільним план і поздовжній профіль залізничної лінії представити у вигляді комбінації окремих реальних еталонних ділянок вказаного напрямку, в межах якого здійснюються контейнерні перевезення. Подальші розрахунки здійснювалися на прикладі ділянок Львівської залізниці. У якості еталонних було прийнято ділянки головного електрифікованого ходу Львів – Стрий – Лавочне – Мукачево. Аналіз плану і поздовжнього профілю цих ділянок подано в табл. 1 та на гістограмах (рис. 1–6).

**Характеристика еталонних ділянок
за показниками поздовжнього профілю і плану**

Найменування показників	Одиниці виміру	Показники профілю і плану за ділянками		
		Львів–Стрий	Стрий–Лавочне	Лавочне–Мукачево
Довжина	км	74,89	71,77	77,09
Середній ухил	%	3,1	5,3	10,6
Протяжність ухилів крутіше ніж 6 % в процентах від довжини ділянки	%	16,0	41,3	58,2
Протяжність кривих у процентах від загальної довжини ділянки	%	24,5	41,5	52,8
Середній радіус	м	1553	943	827
Прийнята характеристика еталонної ділянки		легка	середньої важкості	важка

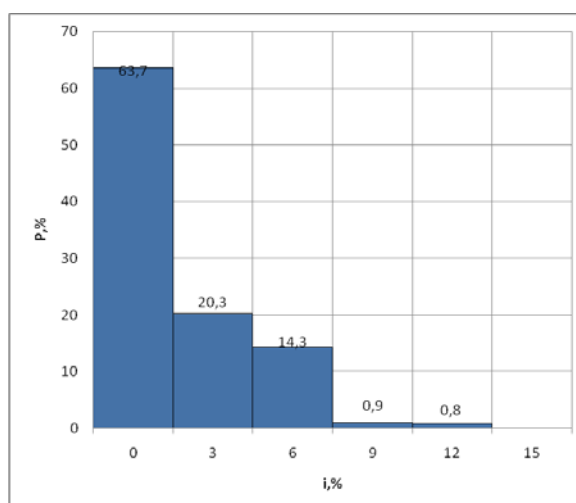


Рис. 1. Гістограма розподілу ухилів на ділянці Львів – Стрий.
Протяжність ухилів $i > 0,006 = 16\%$; $i_{сер} = 0,00031$
(побудовано авторами)

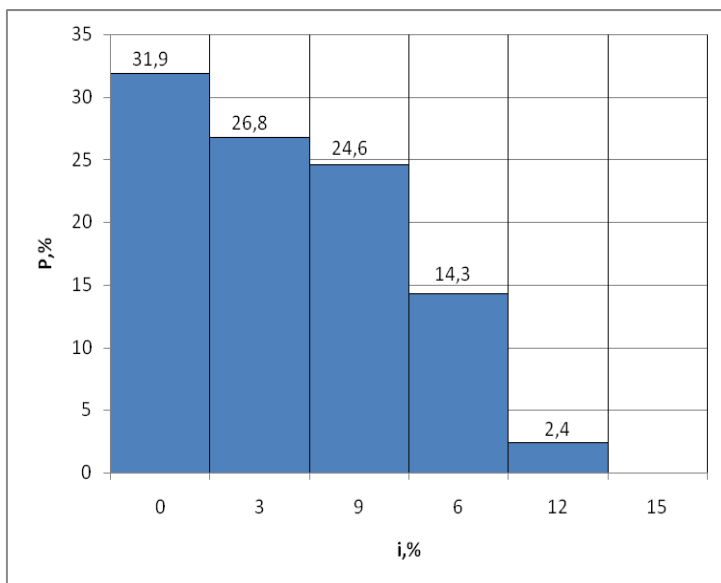


Рис. 2. Гістограма розподілу ухилів на ділянці Стрий – Лавочне.
Протяжність ухилів $i > 0,006 = 41,3 \%$; $i_{сер} = 0,00053$ (побудовано авторами)

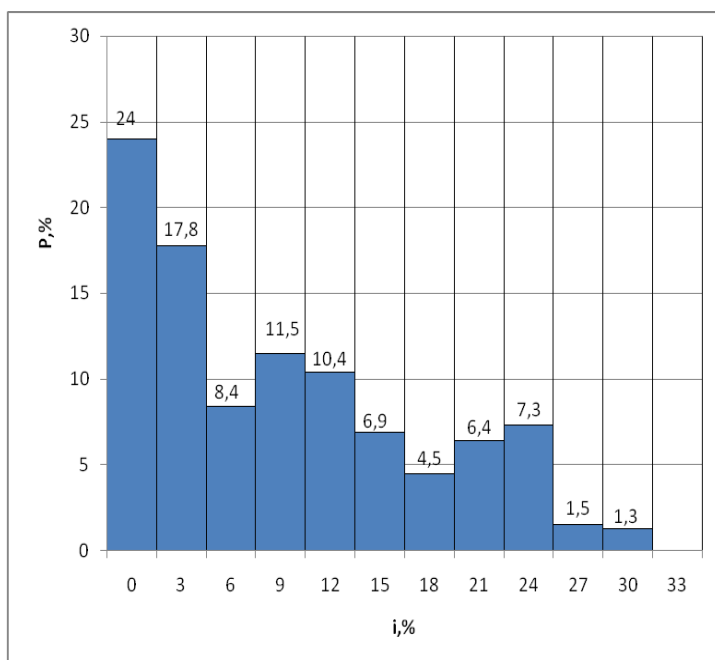


Рис. 3. Гістограма розподілу ухилів на ділянці Лавочне – Мукачево.
Протяжність ухилів $i > 0,006 = 58,2 \%$; $i_{сер} = 0,0106$ (побудовано авторами)

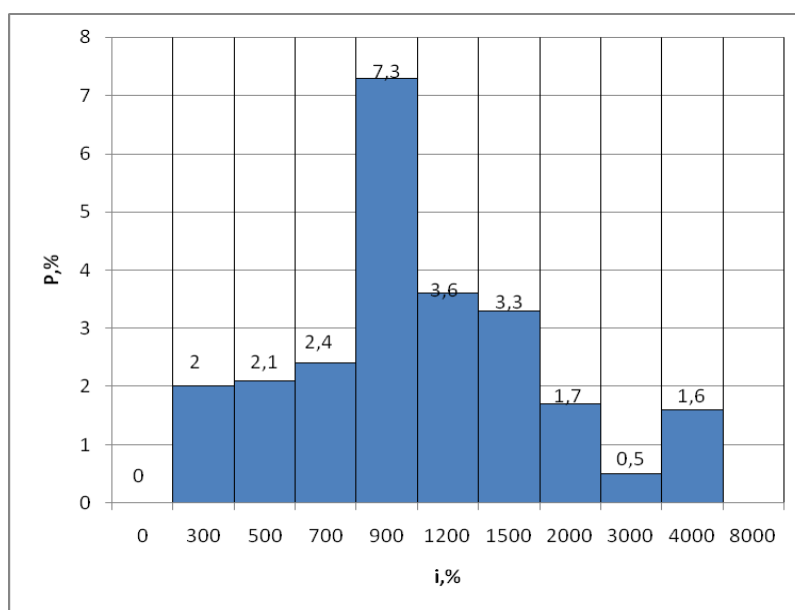


Рис. 4. Гістограма розподілу кривих на ділянці Львів – Стрий.
Протяжність кривих – 24,5 %; $R_{сер} = 1553$ м (побудовано авторами)

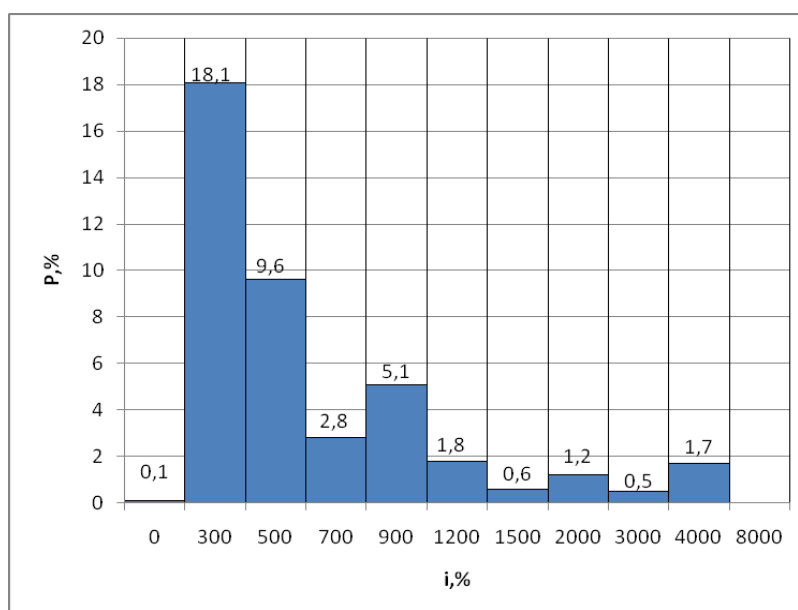


Рис. 5. Гістограма розподілу кривих на ділянці Стрий – Лавочне.
Протяжність кривих – 41,5 %; $R_{сер} = 943$ м (побудовано авторами)

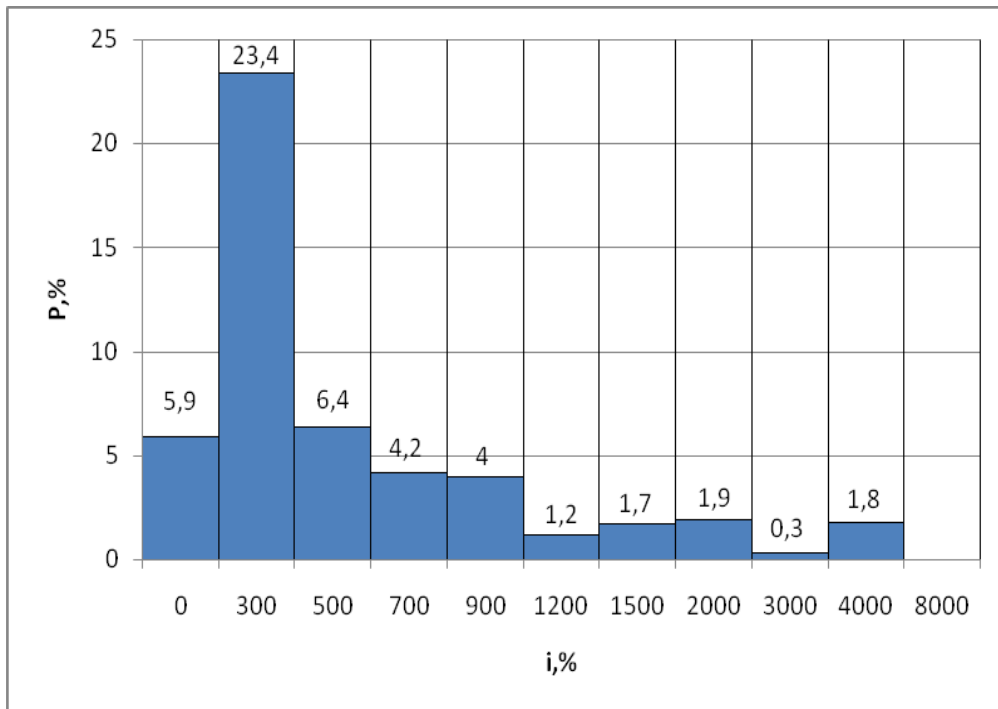


Рис. 6. Гістограма розподілу кривих на ділянці Лавочне – Мукачево.
Протяжність кривих – 52,8 %; $R_{сер} = 827$ м (побудовано авторами)

Для реальних еталонних ділянок за розробленою програмою виконано тягові та експлуатаційні розрахунки [11].

В якості розрахункової моделі прийнято поїзд довжиною L_n з рівномірно розподіленою масою. Під час руху поїзда додатковий опір від ухилу змінюється поступово, в міру переходу поїзда з одного елемента поздовжнього профілю на інший. Середній ухил під поїздом визначався за формулою:

$$i_{сер} = \sum_{j=1}^k \frac{i_j \cdot L_j}{L_n}, \quad (1)$$

де L_j – частина довжини поїзда, яка знаходиться на ухилі i_j ;

k – кількість елементів профілю.

Основні характеристики локомотивів, прийнятих до досліджень, подано в табл. 2.

Таблиця 2

Основні характеристики локомотивів

Показник	Локомотиви	
	ВЛ-11	2М62
Осьова характеристика	2о-2о-2о-2о	2(3о-3о)
Рід служби	Вантажний	Вантажний
Потужність годинного режиму, <i>кВт</i>	5360	2х1470
Тривала швидкість, <i>км/год</i>	46,7	20,0
Маса локомотива, <i>т</i>	184	2х120
Сила тяги дотична, <i>кГс</i>	46000	40000
Сила тяги під час руху, <i>кГс</i>	62600	71400
Довжина по осях автозчеплення, <i>м</i>	33	33

Тягові розрахунки виконані для кількох розрахункових станів (табл. 3). Розрахунковий поїзд складається з локомотива, двох пасажирських вагонів для водіїв і сорока або двадцяти довгобазових платформ, які завантажені автопоїздами.

Таблиця 3

Маса складу в різних типах автопоїздів на платформі

Показник	Позначення	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
Марка тягача	–	МАЗ-6422	Mercedes	МАЗ-5432
Марка напівпричепа	–	МАЗ-9398	Schmitz	МАЗ-9397
Маса тягача	q_T	9,050	9,050	7,050
Маса напівпричепа	$q_{нп}$	6,300	6,500	5,800
Вантажопідйомність напівпричепа	$q_{вп}$	32,400	26,200	20,000
Маса платформи	$q_{пл}$	24,000	24,000	24,000
Маса пасажирського вагону	$q_{в}$	52,000	52,000	52,000
Маса складу нетто	$Q_{нетто}$	1130	910	730
Маса складу брутто	$Q_{брутто}$	2800	2600	2300

У табл. 3 подано розрахункові дані за умов розміщення сорока платформ у складі поїзда.

Маса складу за цих умов визначається за формулами:

$$Q_{\text{брутто}} = 2 \cdot q_v = (q_m + q_{\text{нп}} + q_{\text{ен}} + q_{\text{пл}}) \cdot S; \quad (2)$$

$$Q_{\text{нетто}} = (q_{\text{ен}} \cdot a) \cdot S, \quad (3)$$

де S – кількість платформ у складі поїзда;

a – коефіцієнт використання вантажопідйомності напівпричепа.

В якості прикладу в табл. 4 наведено результати тягово-експлуатаційних розрахунків для ділянки Львів – Стрий при сорока платформах у складі поїзда.

Таблиця 4

**Результати тягово-експлуатаційних розрахунків
для ділянки Львів – Стрий**

Швидкість, км/г		Напрямок туди/ звідти	Час, хв	Механічна робота, ткм	Вартість пробігу		Витрати електроенергії	
max	min				грн/ поїзд	Грн /км	кВт год/ поїзд	кВт год/ км
90	77	туди	59	882	6350,7	83,6	3085	76,5
90	76	звідти	60	859	6260,8		3008	
80	73	туди	63	754	5931,3	79,2	2640	72,3
80	72	звідти	63	768	5931,3		2688	
70	66	туди	69	650	5332,2	71,2	2276	66,2
70	66	звідти	69	688	5332,2		2408	
60	58	туди	78	568	4373,6	58,4	1987	58,5
60	59	звідти	78	603	4373,6		2112	

Для встановлення впливу параметрів плану і поздовжнього профілю на вартість пробігу контрейлерного поїзда в табл. 5, 6 наведено порівнювальні дані для легкої і важкої за параметрами траси ділянок.

Аналіз даних (табл. 5, 6) засвідчує, що під час переходу від легкого до важкого ухилу і плану лінії вартість пробігу контрейлерного поїзда збільшується в середньому у 1,6 – 1,7 раза для прийнятих вихідних даних.

Основні положення методики визначення раціональної дальності контрейлерних перевезень повинні також враховувати план та поздовжній профіль траси. Згідно з пунктом 12.2 “Збірника тарифів на перевезення вантажів залізничним транспортом у межах України” та пов’язані з ними послуги [12], плата за перевезення вантажів контрейлерними відправками у власних вагонах у складі контрейлерних поїздів визначається за контрейлеро-кілометр за ставками: 2,2 грн для порожнього контрейлера та 3,5 грн – для завантаженого. Але, як свідчать дослідження, ці значення можуть збільшуватись на 0,2 грн/контрейлер/км під час проїзду складних ділянок.

Таблиця 5

**Порівнювальні дані за вартістю пробігу поїзда
(склад із 40 платформ)**

Ходова швидкість V_x , км/год.	Вартість пробігу C_0 , грн/поїздо-км для ділянок		Коефіцієнт збільшення вартості k_f
	Львів – Стрий	Лавочне – Мукачево	
40	9,84	16,23	1,65
50	11,11	17,52	1,58
60	12,39	18,80	1,52
70	13,67	20,09	1,47

Таблиця 6

**Порівнювальні дані за вартістю пробігу поїзда
(склад із 20 платформ)**

Ходова швидкість V_x , км/год	Вартість пробігу C_0 , грн/поїздо-км для ділянок		Коефіцієнт збільшення вартості, k_f
	Львів – Стрий	Лавочне – Мукачево	
40	6,7	9,83	1,47
50	7,72	12,83	1,66
60	8,74	15,82	1,81
70	9,75	18,83	1,93

З іншого боку, вартість одного кілометра пробігу автомобіля буде набагато більшою. Розрахунок вартості перевезення вантажу автомобільним транспортом зазвичай ґрунтується на базі основних витрат, необхідних для транспортування. Тарифи можуть різнитися у компаній, що надають схожі послуги, і це залежить від типів і видів вантажу, маршруту, перевезення, наявності певних умов транспортування. Можна виділити кілька основних аспектів, з яких і формується сума доставки вантажів [13]:

1. Дальність. Це один із ключових чинників, що впливає на ціну доставки. Розрахунок кілометражу залишається актуальним навіть у тому випадку, якщо транспортні тарифи не прив'язані до ціни перевезень вантажу за кілометр. При цьому тарифи відрізняються в межах міста і за його межами, а також по різних регіонах держави. Особливо високими вони будуть на досліджуваному полігоні, адже більша частина маршруту пролягає у складних гірських умовах.

2. Витрати на обслуговування транспортного засобу. Від цього пункту також залежить ціна необхідної доставки. Розрахунок здійснюється з урахуванням коефіцієнта зносу автомобіля, витрати палива, суми на обслуговування та інших технічних характеристик. Необхідно зазначити, що для аналізованого маршруту Львів – Мукачево ці витрати також дещо більші середніх, адже в складних умовах експлуатації транспортних засобів витрати на їх обслуговування збільшуються.

3. Послуги, пов'язані з експедируванням і охороною. Вони також беруться до уваги, коли потрібно розрахувати вартість вантажоперевезення, але дорожні умови на їх величину майже не впливають.

4. Вид вантажу та маса відправлення. Різні типи вантажів потребують певних умов перевезення: додержання швидкісного режиму, акуратність водіння, правильний вибір виду транспортного засобу тощо.

5. Роботи, пов'язані з навантаженням і розвантаженням. Вони враховуються у разі, якщо вантажовідправник не виконує ці операції особисто. У цьому випадку тариф на транспортування залежатиме від механізації навантажувально-розвантажувальних робіт, наявності або відсутності упаковки (контейнера) і подібних пунктів.

6. Географія перевезення вантажу. Іноді навіть між одними й тими ж самими пунктами відправлення та призначення можливі декілька варіантів маршрутів, що різняться дорожніми умовами. Відповідно й тарифна вартість проїзду 1 км для них буде різною. Наприклад, дороги державного значення популярніші й зазвичай на них сума перевезень нижча у порівнянні з вартістю доставки у віддалену місцевість, де погано розвинена транспортна інфраструктура.

7. Крім основних витрат, в тарифи враховуються також додаткові, які входять у кінцеву суму за перевезення вантажу. Серед них виділяються витрати, необхідні для оформлення митних документів і документів транзиту; засоби для необхідного маркування товарів; сума упаковки та інших пакувальних матеріалів; оплата складських послуг тощо.

За даними [14], тарифна вартість варіюється у межах від 25,5 до 45,8 грн/км, а на найважчих ділянках сягає 63 грн/км. На рис. 7 зображено динаміку зміни цін на перевезення вантажів територією України у тентованому автомобілі для розрахункової ваги 20 тонн за дев'ять останніх місяців 2021 р.

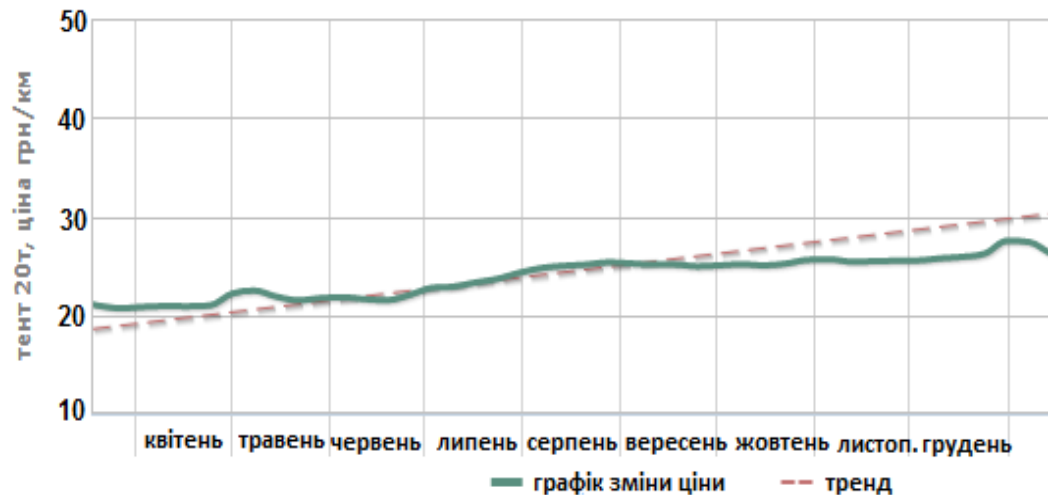


Рис. 7. Динаміка зміни цін на перевезення вантажів територією України (тент, 20 тонн) [14]

Визначальним показником у виборі виду транспорту для вантажних перевезень вважають собівартість перевезень і питомі капітальні вкладення в основні та оборотні засоби. Однак середні (звітні) показники за собівартістю перевезень залізничним та автомобільним транспортом зіставляти не можна, тому що їх розраховано за різних величин вантажонапруженості й дальності перевезень. При цьому на автомобільному транспорті в собівартість не враховано витрати на утримання колійного господарства (дорожня складова). У пропонованій [15] методиці для обґрунтування раціональної сфери контрейлерних перевезень враховано вищезазначені недоліки. При цьому було розглянуто чотири групи критеріїв (рис. 8).



Рис. 8. Система критеріїв для оцінювання прямих автомобільних і комбінованих перевезень (запропоновано авторами)

Так як в економічних показниках відображуються практично всі аспекти роботи транспорту, то під час порівняння варіантів (автомобільне або контейнерне перевезення) передусім розглядалися економічні критерії, а вже потім враховувались інші.

Собівартість перевезень визначається грошовим вираженням поточних витрат на виконання одиниці перевезень:

$$C_i = \frac{E_i}{(p \cdot L)_i}, \quad (4)$$

де E_i – експлуатаційні витрати, грн, які визначаються за формулою:

$$E_i = E_{np} + E_{час} + E_{дор}, \text{ грн}, \quad (5)$$

де E_{np} , $E_{час}$, $E_{дор}$ – експлуатаційні витрати, пов’язані відповідно з пробігом, (паливо, мастило, технічне обслуговування та ін.), з часом (заробітна платня, амортизаційні відрахування та ін.) та із утриманням колійного господарства дорожня складова);

pL – вантажообіг (обсяг, помножений на дальність перевезення), *т-км*;

i – варіант перевезення.

Іншим критерієм є мінімум витрат праці на доставку продукції від складу відправника до складу одержувача, тобто приведені витрати на всьому шляху прямування. Зазначений критерій має такий вигляд:

– під час прямих автомобільних перевезень

$$P_a = E_a + Ш_a + E_n \cdot (K_a + C_a), \quad (6)$$

– під час контрейлерних перевезень

$$P_{a-з} = P_a + P_з, \quad (7)$$

де P_a – приведені витрати на перевезення автомобільним транспортом, *грн*;

$P_з$ – приведені витрати на перевезення залізничним транспортом, які визначаються за формулою:

$$P_з = E_з + Ш_з + E_n \cdot (K_з + C_з) + C_{зб} + C_{нро}, \quad (8)$$

де E_a , $E_з$ – поточні річні експлуатаційні витрати відповідно під час автомобільних та залізничних перевезень;

$Ш_a$, $Ш_з$ – шкода, яку спричиняє транспорт навколишньому середовищу;

K_a , $K_з$ – одночасні капітальні вкладення та вартість рухомого складу;

C_a , $C_з$ – вартість вантажної маси (зворотні фонди);

$C_{зб}$, $C_{нро}$ – витрати відповідно на зберігання та навантажувально-розвантажувальні операції на станціях;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних витрат, який приймається 0,15 – 0,12.

У визначенні експлуатаційних і капітальних витрат на залізничному транспорті враховувались: вид тяги, кількість головних колій, план та профіль колії, маса поїзда та ін. При виконанні розрахунків для автомобільного транспорту враховувались тип і вантажопідйомність автотранспортних засобів, категорії доріг, швидкості руху та ін. Вихідні дані, що були прийняті для розрахунків, подано в табл. 7.

Витратні ставки при автомобільних перевезеннях

Найменування	Позначення	Одиниця вимірювання	Величина
Витрати, пов'язані з пробігом	e_{np}	у.о./км	24,715
Втрати, пов'язані з часом	$e_{час}$	у.о./год	340,000
Витрати з утримання доріг	$e_{дор}$	у.о./т/км	0,713
Коефіцієнт використання пробігу	b	–	0.800
Коефіцієнт використання вантажопідйомності вагонів	a	–	0,870
Коефіцієнт використання автопарку	k_n	–	0,700
Тривалість перебування автомобілів у наряді	$t_{нар}$	год	12
Тривалість перебування автомобіля під навантаженням/вивантаженням	$t_{нев}$	год	1,5
Витратна ставка під час використання автомобіля з дизельним двигуном	U_a	у.о./км	3,88

Спочатку було виконано розрахунок витрат при прямому автомобільному перевезенні. Поточні експлуатаційні витрати визначалися за формулою:

$$E_a = \frac{e_{np} \cdot L}{a \cdot b \cdot q_{ен}} + \frac{e_{час} (L + b \cdot V_{mex} \cdot t_{нар})}{a \cdot b \cdot q_{ен} \cdot V_{mex}} + \frac{e_{дор} \cdot L}{a}, \text{ у.о./м} \quad (9)$$

де e_{np} , $e_{час}$, $e_{дор}$ – витратні ставки відповідно до прийнятих вихідних даних для розрахунку (див. табл. 7);

$q_{ен}$ – вантажопідйомність напівпричепу, т.

Збиток від забруднення атмосфери викидами автомобільного транспорту при використанні автомобілів з дизельними двигунами розраховується за формулою:

$$E_a = \frac{U_a \cdot L}{a \cdot b \cdot q_{en}}, \text{ у.о./}m \quad (10)$$

де U_a – витратна ставка при використанні автомобіля з дизельним двигуном (див. табл. 7).

Капітальні вкладення в рухомий склад і постійні засоби автотранспорту визначалися за формулою:

$$E_a = \frac{100 \cdot (C_a + C_b) \cdot t_c}{365 \cdot \kappa_n \cdot t_{нар} \cdot a \cdot b \cdot q_{en} \cdot V_{mex}}, \text{ у.о./}m \quad (11)$$

де C_a, C_b – вартість відповідно автотранспортного засобу і виробничо-технічної бази, віднесена до одного автомобіля, у.о.;

t_c – час однієї поїздки, год., який визначається за формулою:

$$t_c = \frac{L + b \cdot V_{mex} \cdot t_{np}}{b \cdot V_{mex}}, \text{ год.} \quad (12)$$

Матеріальні засоби, які знаходяться в обігу, розраховуються за формулою, яка аналогічна для обох видів транспорту:

$$C = \frac{100 \cdot C_e + O_a}{365}, \text{ у.о./}m \quad (13)$$

де O_a – обіг автомобіля, год., який визначається за формулою:

$$O_a = \frac{t_e + t_r}{24}, \text{ год.} \quad (14)$$

де t_e – втрати часу на заїзди для технічного обслуговування, ремонту, заправки та ін. (орієнтовно прийнято $t_e = 0,021$, год.);

C_e – вартість 1 m вантажу, грн.

За умов різних вихідних даних (дальності перевезення вантажів, швидкості руху, вантажопідйомності автотранспортних засобів та ін.) були визначені собівартість перевезень, питомі капітальні вкладення та якісні показники (витрата палива, необхідна кількість автопоїздів).

Про ступінь зниження собівартості перевезень із зростанням відстані при різній технічній швидкості і вантажопідйомності напівпричепів яскраво свідчать залежності, показані на рисунку 9. Більш інтенсивне зниження собівартості перевезень спостерігається при дальності до 200 – 250 км. Для більших значень відстані зниження собівартості незначне.

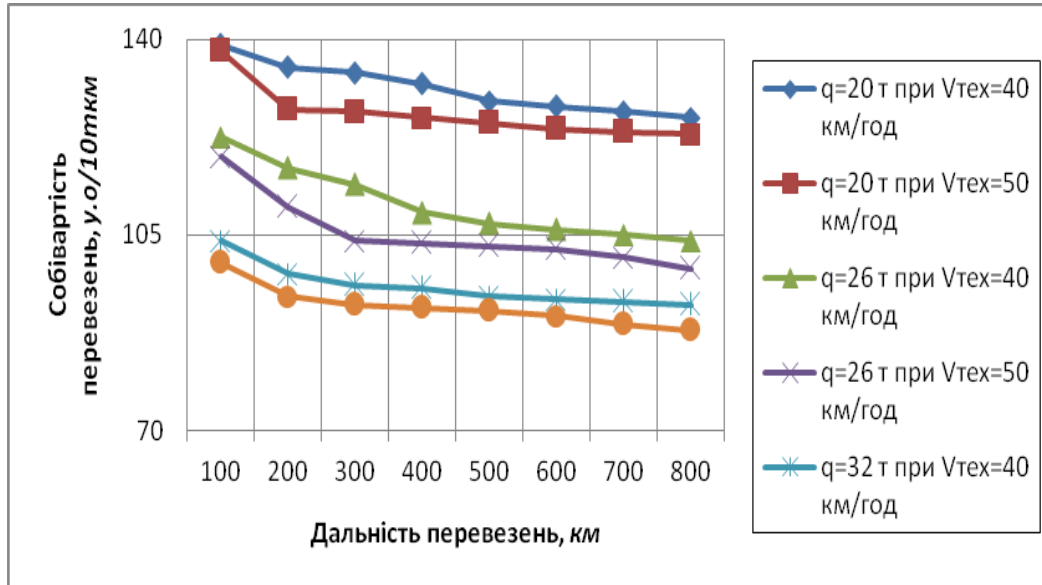


Рис. 9. Залежність собівартості перевезень від дальності перевезень і вантажопідйомності автомобілів (побудовано авторами)

Експлуатаційні витрати при залізничних перевезеннях (організації контрейлерних поїздів) розраховуються за формулою [16]:

$$E_z = e_{np} + e_{фр} + e_{рух} + e \cdot L + e_{mex} \cdot N_{mex} + e_{nz} + e_{зб}, грн./т \quad (15)$$

де e_{np} , $e_{фр}$, $e_{рух}$, e_{mex} , e_{nz} , $e_{зб}$ – витратні ставки відповідно на навантаження-розвантаження, формування і розформування составів, рух поїздів, обслуговування на технічних станціях, утримання постійних засобів і зберігання вантажів (див. табл. 8).

**Витратні ставки при залізничних перевезеннях
під час організації контрейлерних перевезень**

Найменування	Позначення	Одиниця вимірювання	Величина
Витрати на виконання початкових та кінцевих операцій	$e_{фр}$	грн./т	488,33
Витрати на рух поїзда	$e_{рух}$	грн./т-км	0,28
Пропуск поїздів через технічні станції без переробки вагонів	$e_{бп}$	грн./т	3,8
Те ж – з переробкою	$e_{зп}$	грн./т	46,19
Навантаження та розвантаження платформ	$e_{нв}$	грн./т	1,89
Витрати на утримання постійних засобів	$e_{пз}$	грн./т-км	35,43
Утримання складів і зберігання вантажів на станціях	$e_{зб}$	грн./т	4,50
Коефіцієнт нерівномірності перевезень	γ	—	1,10-1,15

Вартість локомотивного парку і парку платформ для організації контрейлерних перевезень визначається за формулою:

$$K_z = k_{рл} \cdot N_{лок} \cdot Ц_{лок} + k_{рп} \cdot N_{пл} \cdot Ц_{пл}, \text{ у.о.} \quad (16)$$

де $N_{лок}$, $N_{пл}$ – кількість відповідно платформ і локомотивів;

$k_{рл}$, $k_{рп}$ – коефіцієнти, які враховують резерв рухомого складу (локомотивів та платформ відповідно);

$Ц_{лок}$, $Ц_{пл}$ – вартості, відповідно, локомотиву і платформи.

Вартість вантажів, які знаходяться в процесі перевезень, розраховано за формулою (4), яка однакова як для автомобільного, так і для залізничного транспорту, що виконує контрейлерні перевезення.

Наступним кроком було визначено вартісні показники по варіантах перевезення (суто автомобільному та контрейлерному, тобто залізничному). На рисунку 10 наведено графіки собівартості перевезень $C_e(a)$, $C_e(z)$ та питомих приведених витрат $\Pi_{\text{TKM}}(a)$, $\Pi_{\text{TKM}}(z)$ під час перевезення вантажів автомобільним та залізничним транспортом при однаковій технічній (ходовій) швидкості 50 км/год. У даному випадку мається на увазі, що (а) – це показники для автомобільного транспорту, а (з), відповідно, – для залізничного під час здійснення контрейлерного перевезення.

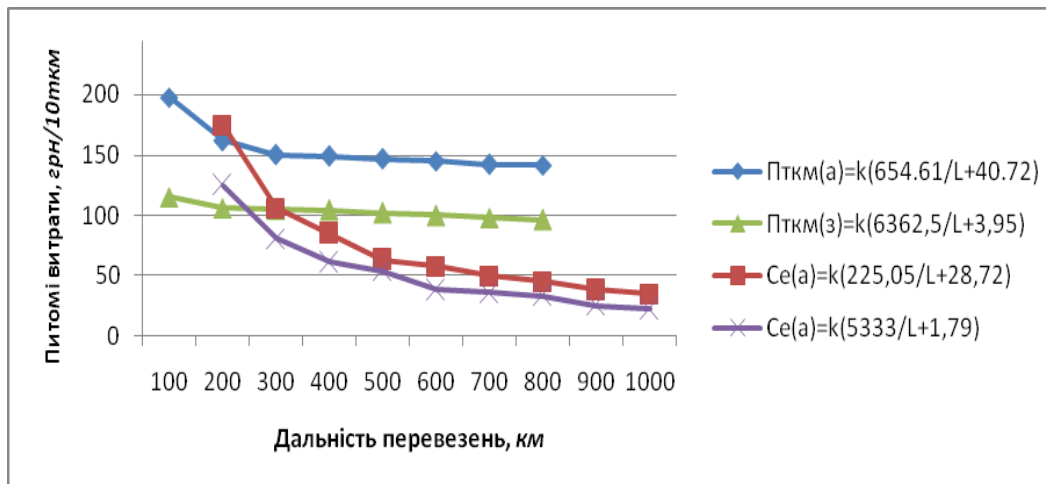


Рис. 10. Залежність собівартості перевезень і приведених витрат, які віднесено до 10 т-км, від дальності перевезень для автомобільного та залізничного транспорту при технічній швидкості 50 км/год. (побудовано авторами)

Аналіз залежності $C_e(z)$ показав, що у відмінності від автотранспорту при збільшенні дальності собівартість перевезень залізничним транспортом різко знижується. При однаковій дальності перевезень рівність приведених витрат $\Pi_{\text{TKM}}(a) = \Pi_{\text{TKM}}(z)$ має місце при відстані 150 – 160 км, рівність собівартості перевезень $C_e(a) = C_e(z)$ – при дальності 190 – 200 км для прийнятих вихідних даних.

Якщо нормативний коефіцієнт ефективності капітальних витрат E_n буде дорівнювати 0,15, тобто буде аналогічним для того, що розглядався на автомобільному транспорті, приведені витрати зростуть за рахунок підви-

щення вартості засобів, які знаходяться в обігу, і вартості рухомого складу. Умова рівності $P_{\text{ТКМ}}(a) = P_{\text{ТКМ}}(z)$, як і собівартість перевезення, буде мати місце при дальності перевезень біля 200 км.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі. Перспективність розвитку контрейлерних перевезень в Україні пов'язана із можливістю: по-перше, забезпечувати високі швидкості доставки при дотриманні режиму праці і відпочинку водіїв; по-друге, задовольняти екологічні вимоги в різних країнах до автомобільного транспорту; по-третє, знизити собівартість перевезень, що підвищить конкурентоспроможність національних перевізників; по-четверте, поступово інтегрувати національну транспортну систему до європейської. Але є ряд чинників, що негативно впливають на подальший розвиток даного виду перевезень. У роботі було досліджено вплив плану і поздовжнього профілю колії на умови експлуатації контрейлерних поїздів та економічні показники організації маршрутів за участю автомобільного та залізничного транспорту. Подальші наукові розвідки можуть бути націлені на удосконалення технічної складової, яка впливає на економічну привабливість контрейлерних перевезень для вітчизняних та іноземних показників. Адже розвиток даного виду перевезень сприятиме посиленню конкурентних позицій України на ринку логістичних послуг Європи.

Список використаних джерел:

1. Денис О. В. Підвищення ефективності доставки вантажів у міжнародному контрейлерному сполученні. дис. ... канд. тех. наук 05.22.01 – транспортні системи. Київ: НТУ, 2021. 198 с.
2. Чапенко О. С. Розвиток контрейлерних перевезень вантажів і проблеми їх впровадження. *Двадцять другі економіко-правові дискусії*. 29.11.2017. URL: <http://www.spilnota.net.ua/ua/article/id-2169/>
3. Ширяєва С. В., Конрад Т. І. Аналіз закордонного досвіду організації автомобільно-залізничних перевезень вантажів. *Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія*. 2012. Вип. 10. С. 292–297.
4. Вернигора Р. В., Журавель І. Л., Єльнікова Л. О. Дослідження ефективності застосування контрейлерної технології перевезення вантажів в Україні. *Транспортні системи та технології перевезень*. 2021. Вип. 22. С. 56–66. DOI: <https://doi.org/10.15802/tstt2021/247884>
5. Рикованова І. С. Контрейлерні перевезення: європейський досвід та проблеми і перспективи розвитку в Україні. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. 2020. Вип. 32. С. 74–80. DOI: <https://doi.org/10.32782/2413-9971/2020-32-12>

6. Горбась І. М., Федоренко М. А. Проектування контрейлерних перевезень в Україні. *Електронне наукове фахове видання «Ефективна економіка»*. 2020. №5. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.5.90>

7. Ярослав (поїзд). URL: [https://www.wiki.uk-ua.nina.az/%D0%AF%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BB%D0%B0%D0%B2_\(%D0%BF%D0%BE%D1%82%D1%8F%D0%B3\).html](https://www.wiki.uk-ua.nina.az/%D0%AF%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BB%D0%B0%D0%B2_(%D0%BF%D0%BE%D1%82%D1%8F%D0%B3).html)

8. Здибель Г. Перший контейнерний поїзд з Китаю до Польщі прибуває в Славкув. URL: <https://asstra.com.ua/ukr/novini-asstra/2020/1/pershij-kontejnernij-poizd-z-kitayu-do-polshhi-pribuvae-v-slavkuv/>

9. Лавренюк Ю. Міністерство інфраструктури приступило до відновлення контрейлерних перевезень. URL: <https://mtu.gov.ua/news/29666.html>

10. Савченко К. Без розвинутої мультимодальної інфраструктури ми нікуди не поїдемо. *Автор Rail.insider*. 2020. URL: <https://www.railinsider.com.ua/savchenko-bez-rozvyunutoyi-multymodalnoyi-infrastruktury-my-nikudy-ne-poividemo/>

11. Гребенюк П. Т., Долгунов А. Н., Скворцова А. И. Тяговые расчеты: Справочник / Под ред. Гребенюка. М.: Транспорт, 1987. 272 с.

12. Збірник тарифів на перевезення вантажів залізничним транспортом у межах України та пов'язані з ними послуги. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0340-09#Text>

13. Офіційний сайт ПП “Транс-Атлас”. URL: <https://trans-atlas.com.ua/ua/article/94>

14. Динаміка зміни цін на перевезення вантажів Україна, тент 20 тонн (статистика цін на перевезення Україна вантажів автомобільним транспортом 20 тонн за останній рік). URL: <https://della.ua/price/local/>

15. Савенко А. С., Музыкина Г. И. Экономическая эффективность контрейлерных перевозок на железных дорогах Украины. *Залізничний транспорт України*. 1999. № 5. С. 22–23.

16. Кірдіна О. Г., Коловойда Н. В., Шамрай А. Є. Підходи до обліку експлуатаційних витрат підприємств залізничного транспорту. *Вісник економіки транспорту та промисловості*. 2019. № 68. С. 279–288.

References:

1. *Denys O. V.* Pidvyshchennia efektyvnosti dostavky vantazhiv u mizhnarodnomu kontreilernomu spoluchenni. dys. ... kand. tekhn. nauk 05.22.01 – transportni systemy. Kyiv: NTU, 2021. 198 p.
2. *Chapenko O. S.* Rozvytok kontreilernykh perevezen vantazhiv i problemy yikh vprovadzhennia. *Dvadtsiat druhi ekonomiko-pravovi dyskusii*. 29.11.2017. URL: <http://www.spilnota.net.ua/ua/article/id-2169/>
3. *Shyriaieva S. V. & Konrad T. I.* Analiz zakordonnoho dosvidu orhaniazatsii avtomobilno-zaliznychnykh perevezen vantazhiv. *Upravlinnia proektamy, systemnyi analiz i lohistyka. Tekhnichna seriia*. 2012. Issue 10. P. 292-297.
4. *Vernyhora R. V., Zhuravel I. L. & Yelnikova L. O.* Doslidzhennia efektyvnosti zastosuvannia kontreilernoi tekhnolohii perevezennia vantazhiv v Ukraini. *Transportni systemy ta tekhnolohii perevezen*. 2021. Issue 22. P. 56-66. DOI: <https://doi.org/10.15802/tstt2021/247884>
5. *Rykovanova I. S.* Kontreilerni perevezennia: yevropeiskyi dosvid ta problemy i perspektyvy rozvytku v Ukraini. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho natsionalnoho universytetu*. 2020. Issue 32. P. 74-80. DOI: <https://doi.org/10.32782/2413-9971/2020-32-12>
6. *Horbas I. M. & Fedorenko M. A.* Proektuvannia kontreilernykh perevezen v Ukraini. *Elektronne naukove fakhove vydannia «Efektyvna ekonomika»*. 2020. №5. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105-2020.5.90>
7. Yaroslav (poizd). URL: [https://www.wiki.uk-ua.nina.az/%D0%AF%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BB%D0%B0%D0%B2_\(%D0%BF%D0%BE%D1%82%D1%8F%D0%B3\).html](https://www.wiki.uk-ua.nina.az/%D0%AF%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BB%D0%B0%D0%B2_(%D0%BF%D0%BE%D1%82%D1%8F%D0%B3).html)
8. *Zdybel H.* Pershyi konteinernyi poizd z Kytaiu do Polshchi prybuvaie v Slavkuv. URL: <https://asstra.com.ua/ukr/novini-asstra/2020/1/pershij-kontejnernij-poizd-z-kitayu-do-polshhi-pribuvae-v-slavkuv/>
9. *Lavreniuk Yu.* Ministerstvo infrastruktury prystupilo do vidnovlennia kontreilernykh perevezen. URL: <https://mtu.gov.ua/news/29666.html>
10. *Savchenko K.* Bez rozvynutoi multymodalnoi infrastruktury my nikudy ne poidemo. Avtor Rail.insider. 2020. URL: <https://www.railinsider.com.ua/savchenko-bez-rozvynutoyi-multymodalnoyi-infrastruktury-my-nikudy-ne-poyidemo/>
11. *Hrebenuk P. T., Dolhunov A. N. & Skvortsova A. Y.* Tiahovye raschety: Spravochnyk / Pod red. Hrebenuka. M.: Transport, 1987. 272 p.

12. Zbirnyk taryfiv na perevezennia vantazhiv zaliznychnym transportom u mezhakh Ukrainy ta poviazani z nymy posluhy. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0340-09#Text>

13. Ofitsiyni sait PP “Trans-Atlas”. URL: <https://trans-atlas.com.ua/ua/article/94>

14. Dynamika zminy tsin na perevezennia vantazhiv Ukraina, tent 20 tonn (statystyka tsin na perevezennia Ukraina vantazhiv avtomobilnym transportom 20 tonn za ostannii rik). URL: <https://della.ua/price/local/>

15. *Savenko A. S. & Muzykyna H. I.* Ekonomycheskaia efektyvnost kontreilernykh perevozok na zheleznykh dorohakh Ukrainy. *Zaliznychnyi transport Ukrainy*. 1999. № 5. P. 22-23.

16. *Kirdina O. H., Kolovoida N. V. & Shamrai A. Ye.* Pidkhody do obliku ekspluatatsiinykh vytrat pidpriemstv zaliznychnoho transportu. *Visnyk ekonomiky transportu ta promyslovosti*. 2019. № 68. S. 279-288.