

УДК 656.225

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕДАВАННЯ КОНТЕЙНЕРОПОТОКУ ІЗ ЗЕРНОВИМИ ВАНТАЖАМИ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗА УЧАСТЮ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Д-р техн. наук Д. В. Ломотко, канд. техн. наук В. М. Ільчишин,
д-р філос. М. Д. Ломотко, асп. О. Ф. Афанасова

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY FOR TRANSFER CONTAINER FLOW WITH GRAIN CARGO WHEN TRANSPORTED BY RAILWAY

Dr. Sc. (Tech.) D. V. Lomotko, Cand. Tech. Sc. V. M. Pchyshyn,
PhD M. D. Lomotko, Postgraduate Student O. F. Afanasova

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.211.2025.327284>



***Анотація.** Проаналізовано статистичні дані, що показало, що логістична система держави пристосувалася до умов воєнного стану, і протягом останніх двох років спостерігається стабільне щорічне зростання обсягів перевезень контейнерних вантажів на 30 %. Частка експортних логістичних ланцюгів, де задіяні сухопутні прикордонні переходи, досягла 64 %, що актуалізує проблему взаємодії суміжних видів транспорту.*

Сучасною тенденцією є перевезення зернових вантажів у контейнерах: у 2021 році частка зернових становила 8 %, а у 2024 році зросла до 39 % загального контейнерообігу. Встановлено, що сукупна потреба в переробці контейнерів на сухопутних міждержавних переходах у середньому становить 47 % наявної переробної спроможності прикордонних контейнерних терміналів. З метою зменшення черг на прикордонних переходах із вагонів, завантажених зерновими вантажами, запропоновано частину зернового вантажопотоку перевозити в контейнерах.

Дослідження особливості функціонування прикордонного контейнерного зернового терміналу показали, що, незалежно від його типу, існують аналогічні за технологією обробки контейнерів функціональні ділянки. Їхня відмінність полягає лише в переробній спроможності функціональних ділянок, що визначена місткістю транспортних засобів із зерном, кількістю залученої техніки та корисною площею терміналу.

Недостатня переробна спроможність прикордонних зернових контейнерних терміналів зумовлює формування черг із транспортних засобів, що призводить до фінансових втрат. Проаналізовано складові непродуктивного простою транспортних засобів. Доведено, що технологічний варіант перевезення зернового вантажу в контейнерах є економічно вигіднішим, ніж варіанти перевезення автотранспортом і у вагонах-зерновозах ЦТЛ у сезон. Для перевезення зерна у власних вагонах-зерновозах і вагонах ЦТЛ у міжсезоння контейнерний варіант перевезення є вигідним за тривалості очікування в черзі до п'яти діб. Застосування запропонованих підходів передбачено удосконалити шляхом урахування стохастичної природи технологічних параметрів і використати як систему підтримки ухвалення рішень оперативних працівників і логістів.

***Ключові слова:** залізничний транспорт, морський транспорт, автотранспорт, зернові вантажі, взаємодія, контейнер, термінал.*

***Abstract.** A statistical analysis was conducted, which showed that the state's logistics system has adapted to the conditions of martial law and over the past two years there has been a stable*

annual growth in container cargo transportation by 30 %. The share of export logistics chains involving land border crossings has reached 64 %, which makes the problem of interaction between adjacent modes of transport relevant.

The current trend is the transportation of grain cargo in containers: in 2021, the share of grain was 8 %, and in 2024 it increased to 39 % of the total container turnover. It was established that the total need for container processing at land interstate crossings is on average 47 % of the available processing capacity of border container terminals. In order to reduce queues at border crossings from wagons loaded with grain cargo, it was proposed to transport part of the grain cargo flow in containers.

Studies of the peculiarities of the functioning of the border container grain terminal showed that, regardless of its type, there are functional areas similar in terms of container processing technology. Their difference lies only in the processing capacity of functional areas, which is determined by the capacity of vehicles with grain, the number of equipment involved and the useful area of the terminal.

Insufficient processing capacity of border grain container terminals leads to the formation of queues of vehicles, which leads to financial losses. The components of unproductive downtime of vehicles have been analyzed. It has been proven that the technological option of transporting grain cargo in containers is more economically advantageous than the options for transportation by road and in grain wagons of the CTL in season. When transporting grain in its own grain wagons and in CTL wagons in the off-season, the container transportation option is advantageous when the waiting time in the queue is up to 5 days. The application of the proposed approaches is expected to be improved by taking into account the stochastic nature of technological parameters, and used as a decision support system for operational workers and logisticians.

Keywords: railway transport, sea transport, motor transport, grain cargo, interaction, container, terminal.

Вступ. Останнім часом у системах доставлення вантажів ефективно застосовують мультимодальні перевезення, тобто перевезення різними видами транспорту. Ця технологія особливо приваблива для перевезення вантажів у міжнародному сполученні. У цих логістичних ланцюгах важливу роль відіграють пункти передавання вантажопотоків з одного виду транспорту на інший, оскільки транспортні системи різних країн часто є слабо інтегрованими між собою. З іншого боку, світова тенденція до зростання обсягів контейнерних перевезень, нестача спеціалізованого рухомого складу для перевезення зернових вантажів і великі черги на сухопутних прикордонних залізничних станціях з початком введення в Україні воєнного стану, створюють передумови для більш широкого застосування технології перевезень зернових вантажів у контейнерах [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наукові дослідження у сфері перевезень контейнерів і зернових вантажів із використанням залізничного транспорту переважно присвячені оптимізації технології логістичних потоків для інтермодальних вантажних перевезень.

Дослідження [2] спрямовано на удосконалення моделі управління процесами формування контейнерних поїздів і забезпечення своєчасного доставлення в морський порт. Авторами запропоновано модель, що враховує особливості взаємодії різних видів транспорту разом із портовими терміналами, залізничними станціями та судновими операторами. Особливістю моделі є ймовірнісні складові, пов'язані з процесом накопичення контейнерів і їх просування до порту. Сформульовано оптимальні умови формування контейнерних поїздів, що покладено в

основу системи підтримки прийняття рішень (СППР) у сфері управління доставленням контейнерів до порту.

У публікації [3] розглянуто операції перевалки вантажів у залізничних терміналах морських портів. Автори пропонують оптимізаційну модель, яка дає змогу визначити умови зменшення часу зберігання контейнерів, за рахунок чого покращуються показники ефективності перевалки контейнерів. Але у статті відсутні зазначення конкретних параметрів доступу до логістичної інфраструктури. Стаття [4] присвячена проблемі інтеграції магістрального транспорту в портову зону, для чого запропоновано оптимізаційну модель міжтермінального переміщення контейнерів і транспортних засобів.

У статті [5] розглянуто особливості створення ланцюга постачання вантажів у контейнерах на основі застосування концепції «зеленої» логістики. Встановлено, що мультимодальні технології мають менший негативний вплив на довкілля, доведено, що впровадження «зелених» технологій доставлення контейнерів ефективно на відстань більше 300 км саме за участю залізниці. Додатковий ефект у вигляді удосконаленого екологічного критерію для контейнерного перевезення залізницею та автотранспортом автори дослідження [6] запропонували розраховувати як вартісну величину шкоди від негативного впливу двооксиду вуглецю на атмосферне повітря.

У роботі [7] сформовано оптимізаційну математичну модель із використанням апарату ризик-менеджменту, яка відображує процес просування ступінчастих «зернових» потягів з елеваторів в Україні через сухопутні західні кордони до морських портів ЄС, де розташовано зернові термінали. З формуванням оптимізаційної математичної моделі функціонування такого транспортно-логістичного ланцюга прийнято, що фактор ризику є технологічним, тобто показує невиконання

строків проведення сукупності технологічних операцій із вантажем (зерном) у процесі його переміщення, тоді подією буде невиконання строків доставлення вагонів із зерном на термінал у порти, а наслідком – додаткові економічні витрати.

У межах логістичного ланцюга для перевезення зернових вантажів залізниця виконує додаткові технологічні операції, спрямовані на дотримання строку доставлення, рівня схоронності та умов зберігання вантажу. Ці питання розглянуто і формалізовано [8] як модель, яка відтворює технологію доставлення зернових вантажів залізницею із застосуванням ступінчастих маршрутів.

Стаття [9] присвячена оптимізації плану роботи інтермодальних терміналів з урахуванням численних невизначеностей (погодні умови, зміни розкладів транспортних засобів, поломки обладнання тощо). Авторами використано двоетапну оптимізацію на базі пакета AnyLogic, зокрема розроблено гібридні моделі динаміки для оцінювання ефективності впровадження сухих портів.

Перевагами розглянутих досліджень є комплексний підхід для оцінювання технології доставлення вантажів у контейнерах, сучасні підходи для її моделювання та надання інструментарію для покращення процесу ухвалення технологічних рішень. Але недостатнє врахування можливих технологічних сценаріїв, зокрема у випадку інтермодального перевезення зернових вантажів за участю залізниці в умовах невизначеності, потребує подальших досліджень та уточнення.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою статті є дослідження особливостей технології передавання контейнеропотоку із зерновими вантажами для перевезення за участю залізничного транспорту.

Для досягнення цієї мети запропоновано дослідити динаміку змін перевезень вантажів у контейнерах за

обсягами та номенклатурою; розглянути технологічні особливості роботи прикордонного контейнерного зернового терміналу як частини логістичного ланцюга за участю залізниці; дослідити складові збитків від непродуктивного простоя транспортних засобів на прикордонному контейнерному зерновому терміналі та в очікуванні подавання на нього.

Основна частина. В останні роки спостерігають суттєве зростання зовнішньоторговельних вантажо- та контейнеропотоків, незважаючи на введення воєнного стану в Україні. Зокрема, обсяги експорту вантажів за 2024 рік мають таку структуру: зернові вантажі 34,1 млн т (40 %), руда залізна і марганцева 33 млн т (39 %), чорні метали 5,2 млн т (6 %), мінбудматеріали 4,3 млн т (5 %).

За останні сім років в Україні було перевезено 1,7 млн TEU. Динаміку змін загальних обсягів перевезень завантажених контейнерів наведено на рис. 1. Аналіз показує, що після значного падіння обсягів перевезень після початку активних бойових дій на території України у 2022 році логістична система країни адаптувалася до змін, тому останні два роки обсяги перевезень контейнерних вантажів стабільно зростають.

Якщо розглянути структуру контейнерних перевезень за видами сполучень, то основна тенденція пов'язана із суттєвим скороченням обсягів перевезень контейнерів у транзитному сполученні та зростанням внутрішніх та експортних контейнерних перевезень (табл. 1 [10]).

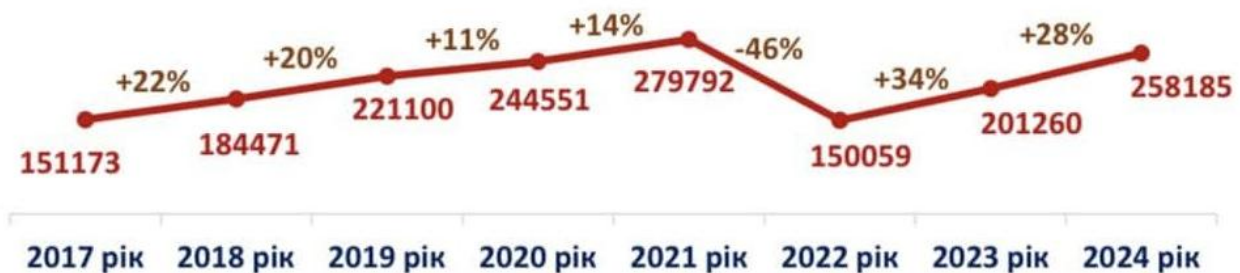


Рис. 1. Динаміка змін загальних обсягів перевезень завантажених контейнерів, TEU

Таблиця 1

Структура контейнерних перевезень за видами сполучення

Сполу-чення	2021 рік		2022 рік		2023 рік		2024 рік		У % до 2021 р.
	TEU	Частка	TEU	Частка	TEU	Частка	TEU	Частка	
РАЗОМ	279792	100 %	150059	100 %	201260	100 %	258185	100 %	92 %
Імпорт	57670	21 %	29284	20 %	37082	18 %	55589	22 %	96 %
Експорт	153559	55 %	86870	58 %	124949	62 %	162725	63 %	106 %
Внутрішнє	23516	8 %	29834	20 %	38385	19 %	38681	15 %	164 %
Транзит	45048	16 %	4072	3 %	844	0,4 %	1190	0,5 %	3 %

При цьому в експортних перевезеннях вантажів у контейнерах у 2024 році частка логістичних ланцюгів за участю портів складає 36 %, а 64 % (або 104 тис. TEU/р., що складає в середньому 285 TEU/доба) експортних перевезень контейнерів прямувало через сухопутні прикордонні переходи. Це гостріше позначає проблеми у сфері взаємодії суміжних видів транспорту. Виникають простоя вагонів і суден, що ведуть до збитків, різні системи стандартів призводять до надмірного збільшення кількості паперових документів, тривала процедура оформлення міжнародних

залізничних, залізнично-водних і залізнично-автомобільних перевезень експортних та імпорتنних вантажів веде до збитків від простою транспортних засобів на прикордонних терміналах і зниження конкурентоспроможності залізничного транспорту. Недостатня ємність і оснащеність прикордонних сухопутних і морських вантажних терміналів також негативно впливає на ефективність роботи суміжних видів транспорту.

Динаміку перевезень основної номенклатури вантажів у контейнерах за останні сім років наведено на рис. 2.

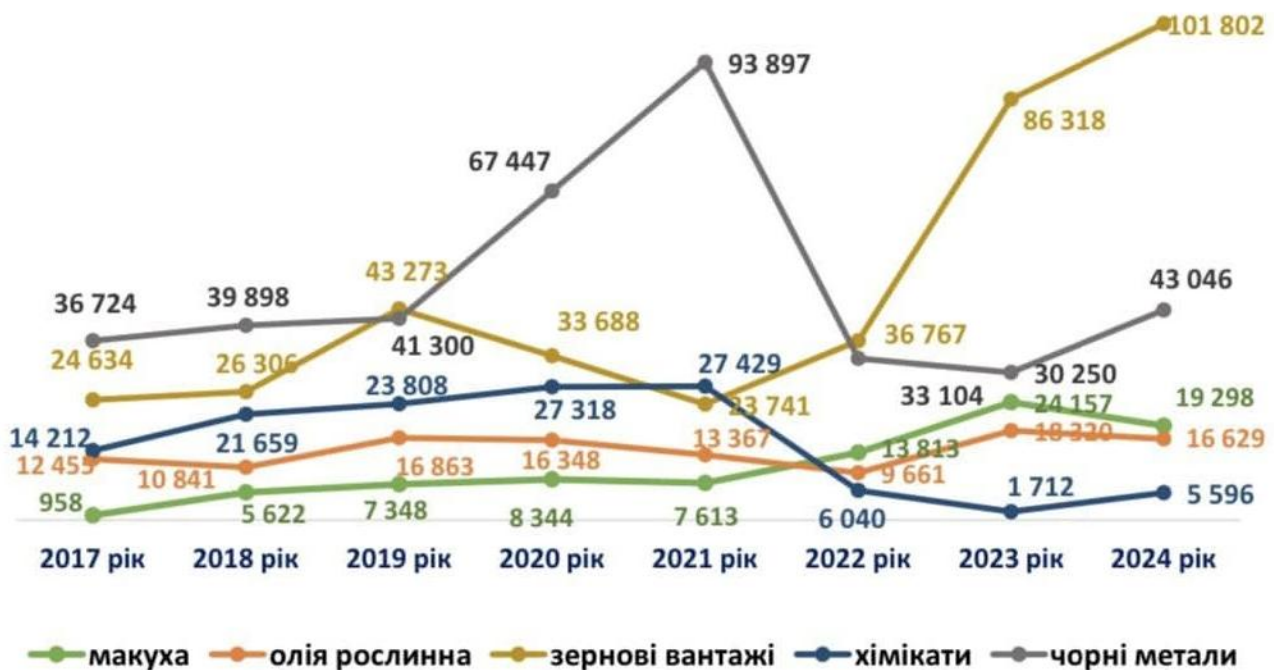


Рис. 2. Динаміка перевезень основної номенклатури вантажів у контейнерах, TEU

Аналіз показує, що частка зернових вантажів у загальному контейнерообігу має стабільну тенденцію до зростання: якщо у 2021 році вона складала 8 %, то у 2024 році склала 39 % загального обсягу. Отже, питання удосконалення технології перевезення та передавання зернових вантажів у контейнерах стає більш важливим, особливо для наземних видів транспорту.

Експортери зерна переважно використовують три основні залізничні термінали на західному кордоні: Ізов (Польща), Ужгород (Словаччина) і Чоп (Словаччина, Угорщина) [11]. Але сухопутних прикордонних терміналів більше: на кордоні з Польщею діють зернові термінали на прикордонних переходах Мостиська-2, Яготин, Ізов, експортувати

зерно в Румунію можна з переходів Дяково-2, Вадул-Сірет, до Молдови зернові відправляють на прикордонних переходах Могилів-Подільський, з якого можна організувати відвантаження вантажів у

порту Рені, а також Рені-Джурджулешти, а Словаччина приймає зернові вантажі на переходах станцій Ужгород і Чоп. Загальну переробну спроможність переходів зведено до табл. 2.

Таблиця 2

Загальна переробна спроможність основних прикордонних терміналів

Прикордонний перехід	Перевантаження зернових вантажів на прикордонних станціях			Перевантаження контейнерів на прикордонних станціях		
	Наявна переробна спроможність, ваг/доба	Додаткова переробна спроможність, ваг/доба	Загальна переробна спроможність, ваг/доба	Наявна переробна спроможність, ваг/доба	Додаткова переробна спроможність, ваг/доба	Загальна переробна спроможність, ваг/доба
Мостиська-Медика (Польща)	50	150	200	145	60	205
Ягодин-Дорохуськ (Польща)	120	50	170	-	-	-
Ізов-Хрубешів (Польща)	130	-	130	130	-	130
Разом Польща	300	200	500	275	60	335
Вадул-Сірет – Дорнешти (Румунія)	20	30	50	45	45	90
Дяково – Халмеу (Румунія)	30	120	150	-	-	-
Разом Румунія	50	150	200	45	45	90
Чоп — Чіерна над Тисоу (Словаччина)	75	310	385	225	25	250
Чоп – Захонь (Угорщина)	95	310	405	265	25	290
Разом	520	970	1490	810	155	965

За перші місяці 2025 року середньодобове фактичне передавання зернових вантажів у вагонах по сухопутних переходах склала 178 ваг/доба. Черга з вагонів із зерновими вантажами за той самий період складала від 74 до 208 ваг/доба, середній час

очікування – чотири доби. Це відбувається в умовах, коли в напрямку портів експортують 92 % (31,4 млн т/р.) загального обсягу зернових, а через західні сухопутні прикордонні переходи — 8 % (2,7 млн т/р., або в середньому 7,5 тис. т/доба).

Аналіз показує, що в експортному сполученні середньодобова потреба в переробці контейнерів на сухопутних переходах (без урахування країни призначення) складає 285 TEU/доба, в імпортному – 98 TEU/доба. Отже, загальна потреба в переробці контейнерів складає в середньому 383 TEU/доба, або 47 % наявної переробної спроможності прикордонних контейнерних терміналів. Як варіант вирішення проблеми черг на прикордонних переходах із вагонів, звантажених зерновими вантажами, запропоновано частину цього вантажопотоку перевозити в контейнерах.

Дослідження транспортних процесів показують, що нерівномірність зернових транспортних потоків – явище об'єктивне, зумовлене множиною факторів [2, 12]. Правильно спрогнозувати обсяги з урахуванням впливу багатьох факторів на транспортний процес дуже складно. Основними причинами невисокої частки

міжнародних зернових контейнерних перевезень, що припадають на залізницю, є недоліки у взаємодії залізничного та інших видів транспорту. Передавання вантажів за участю залізничного транспорту супроводжується тривалим оформленням факту перевалки, низьким (порівняно із західними показниками) рівнем автоматизації обробки та передавання інформації, складністю виконання операцій із підтримки належного рівня вологості зерна та фітосанітарного контролю тощо. Тож слід зробити висновок про необхідність розширення мережі прикордонних зернових контейнерних терміналів у логістичних ланцюгах за участю залізничного транспорту.

Дороге перевантажувальне обладнання та завищення цін призводить до збільшення собівартості переробки контейнерів у кілька разів. У табл. 3 подано граничні, середні величини тарифів на перевалку двадцятифутових (TEU) звантажених контейнерів у країнах світу.

Таблиця 3

Середня вартість вантажно-розвантажувальних робіт, USD

Країна порту	Тип контейнера			
	TEU	20ft RF	FEU	40ft RF
Ізраїль	90	90	90	90
Латвія	100	100	100	100
Литва	60	60	60	60
Польща, Гдиня / Гданськ	75	85	75	85
Польща, Щецін	85	85	85	85
Румунія	200	245	245	290
Україна	90	115	115	140

Завищення цін призводить до збитків у вантажовласників і зернотрейдерів, а контейнери, навантажені в сусідніх країнах, замість залізниці автотранспортом прямують до України. Перевезення контейнерів за такою схемою стає для вантажовласників вигіднішим, ніж пряме перевезення залізницею з передаванням на

кордоні з вагонів однієї колії на іншу. Зростання експортних вантажоперевезень актуалізує проблеми, що стосуються роботи всіх видів транспорту:

- дефіцит переробної спроможності прикордонних пунктів і незбалансований їхній розвиток з огляду на суміжні види транспорту;

- недостатня організаційна, технологічна та інформаційна взаємодія учасників перевезень зернових вантажів;
- недосконала правова база, що регулює відносини між суміжними видами транспорту, споживачами транспортних послуг, митними органами;
- застаріла та нерозвинена логістична інфраструктура;
- відсутність сучасного вітчизняного логістичного обладнання, що відповідає сучасним вимогам щодо швидкості та потужності переробки зернових вантажів, і висока вартість відповідного обладнання закордонного виробництва;
- складне і тривале митне оформлення вантажів.

Розглянемо прикордонний контейнерний зерновий термінал як ланку логістичного ланцюга, у якому передають вантажо-

потоки із внутрішньодержавних залізниць за кордон на інший вид транспорту, у тому числі залізничний транспорт іншої держави зі зміною ширини колії. Пропускні спроможності прикордонного зернового терміналу визначають сукупністю пропускних спроможностей окремих перевантажувальних комплексів і прикордонної передавальної залізничної станції.

Припортовий прикордонний зерновий контейнерний термінал складається з таких технологічних ділянок (рис. 3):

- А – ділянка розвантаження контейнерів із суден;
- Б – ділянка зберігання та митного огляду контейнерів;
- В – ділянка навантаження контейнерів на залізничний транспорт;
- Г – ділянка навантаження контейнерів на автотранспорт.

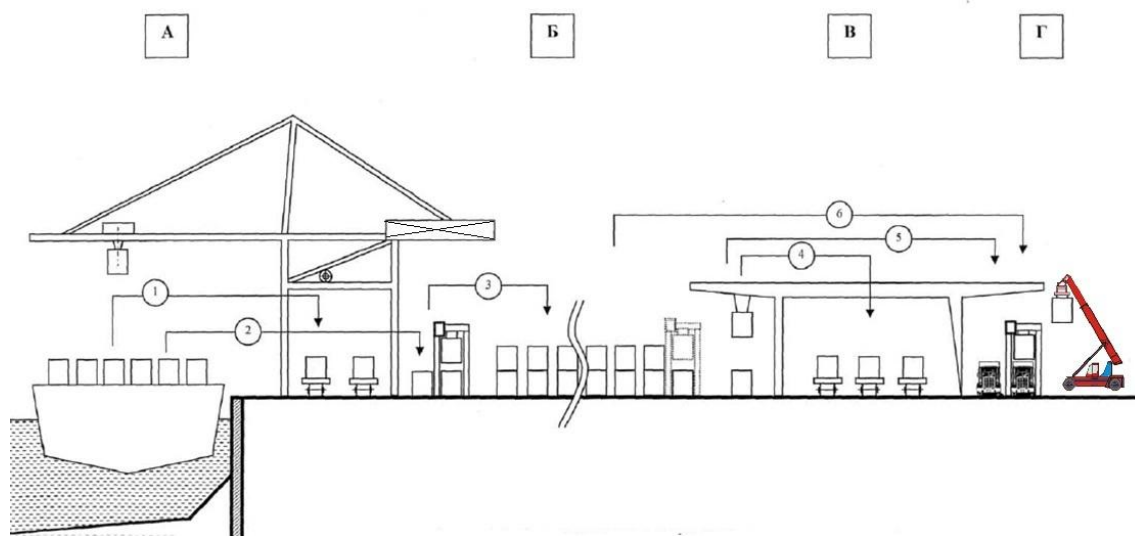


Рис. 3. Технологічна схема припортового зернового контейнерного терміналу

За прямого перевантаження контейнерів із зерном із суден на залізничний транспорт (вантажопотік 1) спостерігають найвищу продуктивність причального перевантажувача. Однак ця операція має бути пов'язана з подаванням вагонів під навантаження та виконанням

митного оформлення. Перевантаження контейнерів із суден у зону зберігання (вантажопотік 2) не потребує одночасного подавання залізничних вагонів. Операції з митного оформлення виконують під час перебування контейнерів у зоні зберігання Б. Портальний навантажувач або

фронтальний навантажувач (ричстакер) на пневмоходу переміщує контейнери на склад тривалого зберігання (вантажопотік 3) або здійснює навантаження контейнерів в автотранспорт (вантажопотік 6 у зоні Г). Завантажують контейнери в залізничні вагони з використанням козлового крана за схемами 4-го та 5-го вантажопотоків у зоні В.

Сухопутний прикордонний зерновий контейнерний термінал складається з таких технологічних ділянок (рис. 4):

- Д – ділянка перевантаження контейнерів із вагонів на автотранспорт;
- Е – ділянка перевантаження контейнерів у залізничні вагони різної ширини колії;
- Ж – ділянка навантаження контейнерів на залізничний транспорт;
- З – ділянка доставлення контейнерів із зони зберігання та митного огляду.

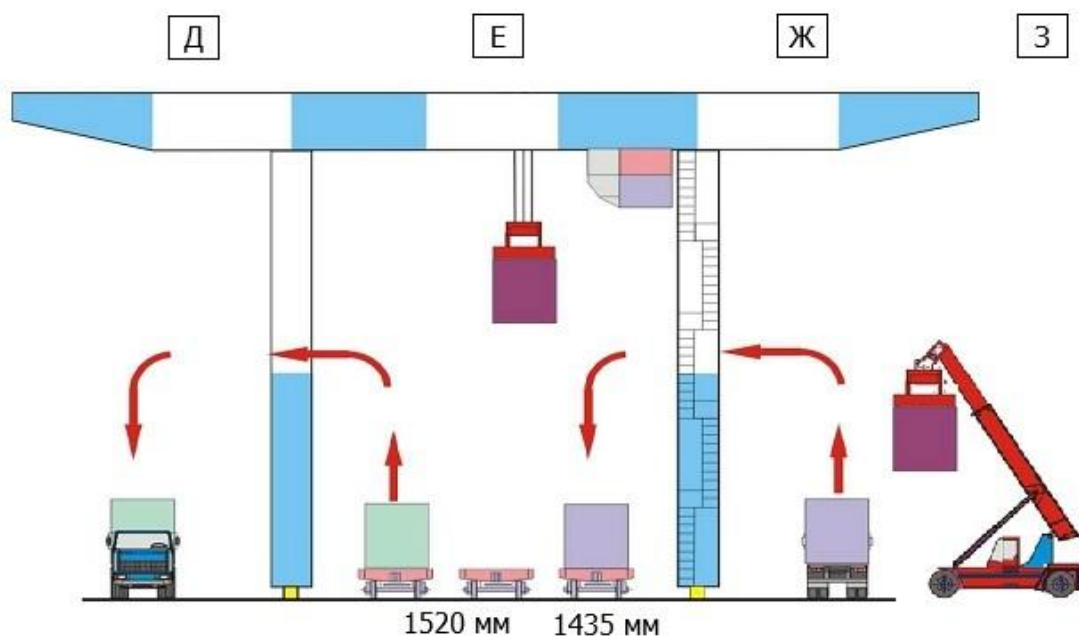


Рис. 4. Технологічна схема сухопутного прикордонного зернового контейнерного терміналу

Під час прямого перевантаження контейнерів із зерном із вагонів на автомобілі (зона Д) і з автомобілів на залізничний транспорт (зона Ж) найбільш ефективно використовують козловий кран. Якщо ця операція пов'язана з подаванням вагонів під навантаження та виконанням митного оформлення, ефективно подавати контейнери із зерном із зони зберігання фронтальним навантажувачем (ричстакер) на пневмоходу (зона З). Перевантажують

контейнери у залізничні вагони різної ширини колії з використанням козлового крана в зоні Е.

Технологія роботи зернового перевантажувального комплексу визначена ланцюгом «вантажний фронт по прибуттю – склади – вантажний фронт по відправленню». Перевантаження зернових вантажів за прямим варіантом («залізничний вагон – автомобіль», «залізничний вагон – судно», «залізничний

вагон – залізничний вагон») може бути ефективним, якщо ця технологія не спричиняє простої автомобілів, суден і вагонів в очікуванні навантаження/вивантаження. Простої автомобілів, суден і залізничних вагонів також можуть виникати за невідповідності місткості прикордонного зернового терміналу величині вантажопотоків і нестачі перевантажувального обладнання.

Збитки від простою транспортних засобів на прикордонному контейнерному зерновому терміналі та в очікуванні можна розрахувати за формулою

$$B_{\Pi} = \sum_{i=1}^k n_i * c_{\text{тзі}} * \Delta t_i, \quad (1)$$

де n_i – кількість транспортних засобів i -го типу (загальна кількість типів яких дорівнює k), що стоять в очікуванні навантаження/вивантаження;

$c_{\text{тзі}}$ – вартість простою транспортних засобів i -го типу (автомобілів, суден, залізничних вагонів тощо), грн/год;

Δt_i – час непродуктивного простою транспортних засобів i -го типу, год.

Вартість простою транспортного засобу можна обчислити за формулою

$$c_{\text{тзі}} = c_{1i} + c_{\text{ді}}, \quad (2)$$

де c_{1i} – витрати на обробку одного навантаженого транспортного засобу та зберігання зернового вантажу в ньому. Визначають розрахунковим шляхом і враховують відрахування на амортизацію, технічне обслуговування та ремонт транспортного засобу з урахуванням інфраструктурної складової, заробітної плати причетних працівників, податків на майно, природної норми втрат зернового вантажу тощо, грн/год;

$c_{\text{ді}}$ – втрати доходів залізничного транспорту за час простою, що пов'язані з неможливістю транспортного засобу здійснювати вантажне перевезення, грн/год.

Витрати на обробку та зберігання зернового вантажу у транспортному засобі протягом доби визначають за формулою

$$c_{1i} = c_{\text{кі}} + c_{\text{мі}} + B_{\Pi i} + (c_{\text{моі}} + c_{\text{воі}}) * k_{\text{ауп}}, \quad (3)$$

де $c_{\text{кі}}$ – витрати на зберігання вантажу у транспортному засобі та зайняття логістичної інфраструктури (залізничної колії вагоном, причалу судном тощо), грн/год;

$c_{\text{мі}}$ – витрати на маневрову роботу з приймання, відправлення та розбирання передавального поїзда з розрахунку на один вагон, грн/год;

$B_{\Pi i}$ – збитки, пов'язані з природною нормою втрат зернового вантажу, грн/год;

$c_{\text{моі}}$ – витрати на заробітну плату працівникам, які виконують додатковий технічний і комерційний огляд транспортних засобів (суден, автомобілів, вагонів), грн/год;

$c_{\text{воі}}$ – витрати на охорону завантажених транспортних засобів за час їх простою, грн/год;

$k_{\text{ауп}}$ – коефіцієнт, що враховує витрати на утримання адміністративно-управлінського персоналу, загальногосподарські та інші накладні витрати.

Для обслуговування прикордонного зернового терміналу прикордонною передавальною станцією кількість колій для вагонів, направлених на адресу терміналу, визначають за формулою [1]

$$m_{\text{пс}} = \frac{N_{\text{сп}} * t_{\text{см}}}{24L_{\text{в}}}, \quad (4)$$

де N_{cp} – середньодобова кількість завантажених вагонів, поданих під перевантаження зернових вантажів, що надходить до термінала;

t_{cm} – технологічний час обробки вагонів на прикордонній передавальній станції, год;

L_e – прийнята місткість однієї колії, вимірювана кількістю вагонів за

встановленою ваговою нормою передавання, м.

Витрати на зберігання вантажу у транспортному засобі та зайняття логістичної інфраструктури $C_{кі}$ визначають за формулою

$$C_{кі} = \frac{1}{365} * [S_{ві}(N_{аті} + N_{рві} + P_3) + S_n l_n (N_{акі} + N_{ркі} + P_3)] * 10^{-2}, \quad (5)$$

де $S_{ві}$ – вартість одного транспортного засобу, грн;

$N_{аті}$ – норма амортизаційних відрахувань на транспортний засіб, %;

$N_{рві}$ – норма відрахування на ремонти, технічне обслуговування та мастильні матеріали, %;

P_3 – ставка податку на основні засоби, %;

S_n – вартість одного погонного метра інфраструктури (причалу, пандуса, залізничної колії), грн;

l_n – довжина одиниці інфраструктури, необхідна для встановлення одного транспортного засобу, м;

$N_{акі}$ – норма амортизаційного відрахування за рік від вартості логістичної інфраструктури, %;

$N_{ркі}$ – норма відрахувань на ремонти і технічне утримання логістичної інфраструктури, %.

Витрати на маневрову роботу з приймання, відправлення, розбирання передавального поїзда, подавання або прибирання на причали або до зони митного контролю з розрахунку на один вагон розраховують за формулою

$$C_{мі} = C_{л} \frac{24\Delta t_{мі}}{n_{в} t_{прі}}, \quad (6)$$

де $C_{л}$ – вартість однієї локомотиво-години роботи маневрового локомотива, грн/год;

$\Delta t_{мі}$ – загальна тривалість маневрових робіт із приймання, відправлення та

розбирання одного передавального поїзда, год;

$n_{в}$ – кількість вагонів у передавальному поїзді;

$t_{прі}$ – тривалість простою вагонів в очікуванні подавання на прикордонний зерновий термінал і перевантаження, діб;

Витрати на заробітну плату працівникам, які виконують додатковий технічний і комерційний огляд транспортних засобів (суден, автомобілів, вагонів)

$$C_{тоі} = \frac{C_{то} R_{тоі} k_{фоп} t_{тоі}}{n_{р\partial} t_{см} n_{в} t_{прі}}, \quad (7)$$

де $C_{то}$ – середня заробітна плата на місяць оглядачів транспортних засобів і вантажів, грн/люд. міс.;

$R_{тоі}$ – загальна кількість працівників, які виконують додатковий технічний і комерційний огляд i -го транспортного засобу, осіб;

$k_{фоп}$ – коефіцієнт, що враховує відрахування до позабюджетних фондів від фонду оплати праці;

$t_{тоі}$ – загальна тривалість додаткового технічного та комерційного огляду i -го транспортного засобу, год;

$n_{р\partial}$ – середня кількість робочих днів на місяці, діб;

$t_{см}$ – тривалість робочої зміни, год.

Для порівняння технологічних варіантів за формулами (1)–(7) розраховано питому вартість технологічних варіантів передавання 1 т зернових вантажів з перевезенням за участю залізничного транспорту з урахуванням очікування подавання на прикордонний термінал. Встановлено, що технологічний варіант перевезення зернового вантажу в контейнерах, незалежно від тривалості очікування в черзі на прикордонний термінал, фінансово вигідніше, ніж технологічні варіанти перевезення автотранспортом і у вагонах-зерновозах

ЦТЛ (у сезон, коли є дефіцит зерновозів). Для перевезення зерна у власних вагонах-зерновозах і вагонах ЦТЛ (у міжсезоння, коли є профіцит зерновозів) фінансово вигідніше використовувати перевезення в контейнерах за тривалості очікування у черзі на прикордонний термінал не більше п'яти діб, що пов'язано з високою питомою добовою ставкою оренди контейнера. У перспективі застосування запропонованих методів заплановано у вигляді СППР, орієнтованої на оперативних співробітників і логістів з урахуванням стохастичного характеру дослідних параметрів.

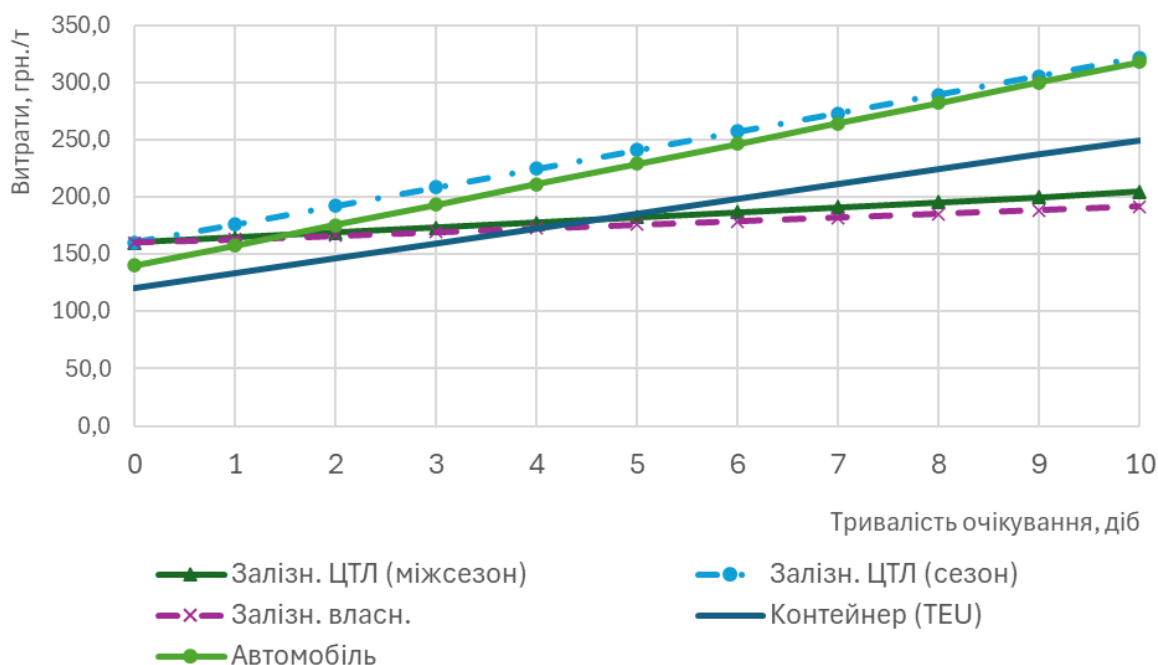


Рис. 5. Порівняння питомої вартості технологічних варіантів передавання 1 т зернових вантажів

Застосування запропонованих підходів передбачено удосконалити врахуванням стохастичної природи дослідних параметрів і використати для підтримки управлінських рішень у реальних умовах у вигляді СППР оперативних працівників і логістів.

Висновок. Розвиток зовнішньоторговельних зв'язків і збільшення експортно-

імпортних вантажопотоків зумовлює значущість успішної взаємодії різних видів транспорту на сухопутних терміналах і в портових комплексах, незважаючи на воєнний стан у країні.

Аналіз обсягів перевезень контейнерних вантажів показав, що логістична система країни адаптувалася до введення воєнного стану: після значного

падіння обсягів перевезень контейнерів у 2022 році в останні два роки обсяги перевезень контейнерних вантажів стабільно зростають щорічно на 30 %. За цих умов частка експортних логістичних ланцюгів за участю сухопутних прикордонних переходів склала 64 %, що робить гостріше проблему у сфері взаємодії суміжних видів транспорту.

Сучасною тенденцією є перевезення зернових вантажів у контейнерах. Важливість удосконалення технології перевезень зернових вантажів у контейнерах підтверджує той факт, що у 2021 році частка зернових складала 8 %, а у 2024 році – 39 % загального контейнерообігу країни. Встановлено, що загальна потреба в переробці контейнерів на сухопутних міждержавних переходах складає в середньому 47 % наявної переробної спроможності прикордонних контейнерних терміналів, тому для зменшення черг на прикордонних переходах із вагонів, звантажених зерновими вантажами, запропоновано частину зернового вантажопотоку перевозити в контейнерах.

Досліджено особливості роботи прикордонного контейнерного зернового терміналу як частини логістичного ланцюга за участю залізниці. Встановлено, що незалежно від типу контейнерного зернового терміналу можна виділити схожі

за технологією обробки контейнерів функціональні ділянки, на яких застосовано близьку за типом техніку для виконання вантажних робіт. Особливістю є тільки переробна спроможність функціональних ділянок, обумовлена місткістю транспортних засобів із зерном, що взаємодіють, кількістю задіяної техніки та корисною площею терміналу.

Недостатня переробна спроможність прикордонних зернових контейнерних терміналів призводить до утворення черг із транспортних засобів, зокрема, з боку залізниці середній непродуктивний простій на початку 2025 року склав чотири доби. Це призводить до збитків від простою транспортних засобів на прикордонному контейнерному зерновому терміналі та в очікуванні подавання на нього. Встановлено та досліджено складові непродуктивного простою транспортних засобів, порівняно технологічні варіанти за питомою вартістю передавання 1 т зернових вантажів. Доведено, що технологічний варіант перевезення зернового вантажу в контейнерах фінансово вигідніше, ніж варіанти перевезення автотранспортом і у вагонах-зерновозах ЦТЛ у сезон. Для перевезення зерна у власних вагонах-зерновозах і вагонах ЦТЛ у міжсезоння контейнерний варіант перевезення є вигідним за тривалості очікування в черзі на прикордонний термінал не більше п'яти діб.

Список використаних джерел

1. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 р. № 430-р. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80>.
2. Пархоменко Л. О., Прохоров В. М., Калашнікова Т. Ю., Шандер О. Е. Розробка СППР для управління процесом формування контейнерних поїздів в рамках системи інтермодальних перевезень. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2023. № 3. С. 29-42.
3. Yan B., Zhu X., Lee D-H, Jin J. G., Wang L. Transshipment operations optimization of sea-rail intermodal container in seaport rail terminals. *Computers & Industrial Engineering*. 2020. 141(6):106296.
4. Hu Q., Wiegman B., Corman F., Lodewijks G. Integration of inter-terminal transport and hinterland rail transport. *Flexible Services and Manufacturing Journal*. 2019. 31. P. 807–831.

5. Ломотько М. Д. Формування ланцюга постачання вантажів у контейнерах на основі «зеленої» логістики. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2023. № 1. С. 44-52.
6. Екологічні аспекти застосування «зеленої» логістики при мультимодальних вантажних перевезеннях / Д. В. Ломотько, О. М. Огар, Д. С. Козодой та ін. *Залізничний транспорт України*. 2021. № 2. С. 49-62. DOI: 10.34029/2311-4061-2021-139-2-49-62.
7. Бутько Т. В., Пархоменко Л. О., Артемов Е. М., Лагно О. С. Методи організації вантажних залізничних перевезень на основі ризикорієнтованих технологій. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2023. № 4. С. 38-45.
8. Арсененко Д. В., Ломотько Д. В., Ковальова О. В. Розроблення оптимальної технології перевезення зернових вантажів з урахуванням сучасних тенденцій галузі. *Збірник наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп.* Харків: УкрДУЗТ, 2024. Вип. 208. С. 215-222. DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.208.2024.308751>.
9. Muraev D., Hu H., Rakhmangulov A., Mishkurov P. Multi-agent optimization of the intermodal terminal main parameters by using AnyLogic simulation platform: Case study on the Ningbo-Zhoushan Port. *International Journal of Information Management*. 2021. Vol. 57. 102133. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2020.102133.
10. АТ Укрзалізниця. Офіційний сайт. URL: <https://uz.gov.ua/>.
11. Прикордонні переходи для експорту зерна: станції та деталі. Українська Зернова Асоціація. URL: <https://uga.ua/news/prikordonni-perehodi-dlya-eksportu-zerna-stantsiyi-ta-detali/#undefined>.
12. Ломотько Д. В., Вейісов Т. З. Удосконалення технології передачі вантажопотоку при взаємодії залізничного та морського транспорту. *Збірник наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп.* Харків: УкрДАЗТ. 2014. Вип. 150. С. 91-97.

Ломотько Денис Вікторович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри транспортних систем та логістики, Український державний університет залізничного транспорту. ORCID iD 0000-0002-7624-2925.

Тел. +38 (067) 576-06-61. E-mail: den@kart.edu.ua.

Ільчишин Василь Михайлович, канд. техн. наук, доцент кафедри залізничного транспорту, Інститут механічної інженерії та транспорту Національного університету «Львівська політехніка».

ORCID iD 0009-0001-1207-6825. Тел. +38(067)3100200. E-mail: Vasyl.M.Ilchyshyn@lpnu.ua.

Ломотько Микола Денисович, PhD, асистент кафедри управління вантажною та комерційною роботою, Український державний університет залізничного транспорту. ORCID iD 0000-0003-1730-1785.

Тел. +38(067)5748381 E-mail: kolyanl890@gmail.com.

Афанасова О. Ф., аспірантка кафедри транспортних систем та логістики, Український державний університет залізничного транспорту. ORCID iD <https://orcid.org/0000-0003-4921-6534>. Тел.: +38(063)2344943.

E-mail: afanasova_olya@ukr.net.

Lomotko Denis Viktorovych, Dr. Tech. Sciences, Professor, Head of the Department of Transport Systems and Logistics of the Ukrainian State University of Railway Transport. ORCID iD 0000-0002-7624-2925.

Tel. +38 (067) 576-06-61. E-mail: den@kart.edu.ua.

Ilchyshyn Vasyl Mykhailovych Cand. Tech. Sciences, Associate Professor of the Department of Railway Transport, Institute of Mechanical Engineering and Transport of the National University "Lviv Polytechnic". ORCID iD 0009-0001-1207-6825. Tel. +38(067)3100200. E-mail: Vasyl.M.Ilchyshyn@lpnu.ua.

Lomotko Mykola Denisovych PhD, Assistant Professor of the Department of Freight and Commercial Work Management of the Ukrainian State University of Railway Transport. ORCID iD 0000-0003-1730-1785.

Tel. +38(067)5748381 E-mail: kolyanl890@gmail.com.

Afanasova O. F., PhD student of the Department of Transport Systems and Logistics of the Ukrainian State University of Railway Transport. ORCID iD <https://orcid.org/0000-0003-4921-6534>. Tel.: +38(063)2344943.

E-mail: afanasova_olya@ukr.net.

Статтю прийнято 25.03.2025 р.