

УДК 656.025.4:005.932

Ю. М. GERMANIUK^{1*}, І. О. ПАЛЕНИК^{2*}

^{1*}Каф. «Транспортні технології», Національний університет «Львівська політехніка», вул. Ст. Бандери, 32, 79013, Львів, Україна, тел. +38 (097) 771 19 33, ел. пошта yuliia.m.hermaniuk@lpnu.ua, ORCID 0000-0002-4905-8313

^{2*}студент каф. «Транспортні технології», Національний університет «Львівська політехніка», вул. Ст. Бандери, 32, 79013, Львів, Україна, тел. +38 (098) 712 87 23, ел. пошта poiljmnbl275@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ВИТРАТ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ВАНТАЖІВ АГРАРНОЇ ГРУПИ АВТОМОБІЛЬНИМ І ЗАЛІЗНИЧНИМ ВИДАМИ ТРАНСПОРТУ

Мета. Починаючи з повномасштабного вторгнення 24 лютого 2022 року, країна-агресор розпочала ускладнювати доступ до великих портів на півдні України, обмежуючи довіз, перевезення та експорт зерна. Це змусило вантажовідправників шукати альтернативні маршрути для перевезення зерна до закордонних морських портів. Велика частка перевезення зернових вантажів припала на залізничний транспорт і на західні термінали, що спричинило великі черги на пунктах переходу. Обмеження торкнулись і пропускної спроможності залізничних ліній внутрішнього сполучення. Для відновлення перевезень вантажів аграрної групи та підвищення ефективності організації зернових перевезень необхідно провести дослідження логістичних витрат автомобільно-залізничних перевезень, враховуючи такі фактори, як тип відправлення, обсяг вантажу, часові витрати, вартість перевезення та пропускну спроможність прикордонних переходів і терміналів. **Методика.** Дослідження виконані на основі статистичного аналізу, методів експлуатаційної роботи для розрахунку норм маси та довжини маршрутних поїздів, комплексного аналізу логістичних витрат при перевезенні різними видами відправок залізничним і автомобільним видами транспорту з врахуванням технічного оснащення терміналів і пропускної спроможності пунктів переходу, плану формування поїздів (ПФП). **Результати.** На основі розрахунків визначено умовні довжини маршрутних поїздів із подальшим їх підведенням до чинного ПФП на залізницях України; розрахована вартість доставки зернових вантажів при перевезенні залізничним транспортом для різних видів відправок, а також виконано порівняння з автомобільним транспортом; визначено терміни доставки вантажів, основні переваги і недоліки кожного типу перевезень; проаналізовано та обрано кращий спосіб перевезення аграрних вантажів, враховуючи масу вантажу, яка перевозиться, час затрачений на перевезення по маршрутах слідування; здійснено порівняння фінансових затрат за тону вантажу; запропоновані варіанти щодо збільшення пропускної спроможності прикордонних залізничних станцій. У роботі також визначено найбільш завантажені термінали, які виконують значну частку переробки вантажів на прикордонних залізничних станціях із порівняно великою пропускну спроможністю та технічними забезпеченням для здійснення перевалки зерна залежно від видів відправок, а саме: залізничні станції та їх переходи - Чоп – Чіерна-над-Тисою, Мостиська II-Медика та Ізов – Гребушів. **Практична значимість.** Отримані результати можуть бути застосовані у системах прийняття рішень для вантажовідправників, які допоможуть у виборі оптимального маршруту і виду рухомого складу для перевезення вантажів. Раціональний вибір видів відправок та станцій переходу дає можливість якнайбільше ефективно використовувати технічні засоби для перевантаження вантажів, скоротити простій вагонів на прикордонних станціях в очікуванні технологічних операцій та зменшити час на ці операції, скоротити загальні витрати на перевезення аграрних вантажів. Варіанти щодо збільшення пропускної спроможності прикордонних станцій дадуть змогу пришвидшити доставку вантажу шляхом прискорення виконання обов'язкових операцій, що виконуються на пунктах перевалки або взагалі прибрати частину таких операцій.

Ключові слова: залізничний транспорт; автомобільний транспорт; перевезення зернових вантажів; логістичні витрати; прикордонні переходи; види відправок.

Вступ

Сектор сільського господарства в Україні є досить розвинений та складає значну частину доходу держави. Найбільша частка у рослинництві припадає на вирощування і збут зернових культур, зокрема: пшениці, кукурудзи, ячменю, вівса, гречки та ін. За інформацією Української зернової асоціації Україна експортує зернові вантажі в понад 100 країн, при цьому

забезпечуючи зерном понад 150 млн. осіб [1], зокрема перевезення зернових вантажів залізничним транспортом у 2023 році склало близько 21% від усіх вантажів, що перевозить залізниця (рис.1) [2]. Тому перевезення аграрної групи вантажів безумовно є актуальним питанням, якому присвячені чимало робіт науковців, особливо за останнє десятиліття. Так, до 2022 року публікації українських вчених торкалися питань

оцінки витрат, пов'язаних із різними логістичними схемами перевезення зерна до морських портів, зокрема технології експлуатації елеваторних приватних під'їзних колій [3], ефективності впровадження контейнерних перевезень для

доставки зернових вантажів [4], логістичної характеристики різних видів транспорту, зокрема дослідження стосувалися аналізу ефективності розвитку маршрутизації залізничних перевезень зернових вантажів [5-7].

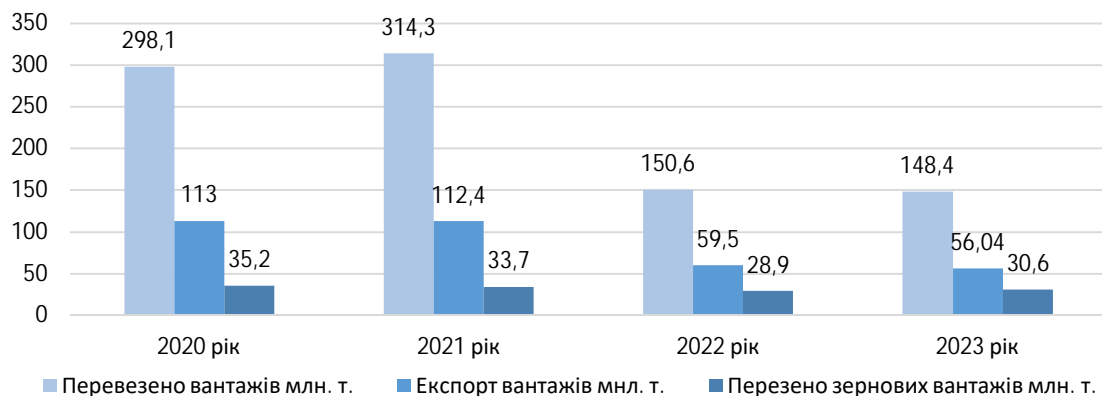


Рис. 1. Динаміка перевезень вантажів залізничним транспортом.

У результаті повномасштабного вторгнення російської федерації, що спричинило багато проблем для експорту українського зерна, українські вчені все частіше торкалися даного питання, намагаючись знайти шляхи його вирішення. Проблема вибору оптимального варіанту перевезення є однією з ключових для логістичних компаній та експедиторів. Ця складна задача виникає через багатофакторність вибору оптимального транспортного засобу. Так, питанню удосконалення організації крос-кордонних вантажних перевезень в експортному сполученні приділена робота [8] на прикладі маршруту перевезення зерна з України до Німеччини вагонами зерновозами й автомобільним транспортом, враховуючи виконання прикордонно-митних операцій і час слідування в країнах ЄС. Автори порівнюють тарифні схеми доставки зернових вантажів різними видами транспорту, використовуючи для цього тарифи трьох перевізних компаній: PKP Cargo S.A., DB Cargo AG та DB Cargo Polska S.A. У наукових працях [9, 10] розроблені варіанти логістичних схем доставки вантажів при використанні контейнерної технології Ro-La, зокрема дослідження зосереджені для прикордонних західних переходів України. У роботі [11] проаналізовані пункти зародження зернових вантажів, автори наголошують на важливості створення нових транспортно-технологічних схем доставки зернових вантажів після блокування морських портів, при цьому за критерій оптимальності запропоновано техніко-економічні показники. У роботі [12] розроблена математична модель змішаних автомобільно-залізничних перевезень з перевантаженням з

одного виду транспорту на інший за допомогою методики для двоїстих задач умовної оптимізації з лінійними обмеженнями. Також вчені у своїх роботах продовжують приділяти увагу ефективності організації контейнерних перевезень вантажів у рамках мультимодальної та інтермодальної систем [13, 14]. Так, у праці [13] розглядається багатоетапна транспортна задача з лінійними обмеженнями з метою мінімізації транспортних витрат, а оглядова робота [14], присвячена ефективності контейнерних перевезень швидкокопсувних вантажів для можливості ефективного реагування у надзвичайних ситуаціях.

Проблемі вибору способу транспортування також приділені публікації закордонних авторів, зокрема у роботі [15] для спрощення процесу прийняття рішень стосовно транспортування товарів між країнами ЄС та західними країнами пропонується використовувати методи багатокритеріального аналізу вибору виду транспорту (MCDM) на прикладі маршруту із Сербії до Німеччини. У науковій роботі [16] виконано порівняння двох видів транспорту на прикладі Нігерії, критерієм обрано показник їх роботи. У праці [17] наводяться переваги використання інтермодальних перевезень зернових вантажів на прикладі Бразилії, зокрема їх планування за допомогою імітаційного моделювання для мінімізації викидів вуглецю.

Постановка завдання дослідження

Враховуючи актуальність даної тематики для відновлення перевезення вантажів аграрної

групи, а також підвищення ефективності організації перевезень зернових вантажів, необхідно виконати дослідження логістичних витрат при здійсненні автомобільно-залізничних перевезень, враховуючи ряд факторів, які впливають на перевезення: види відправок, кількість вантажу, затрати в часі, вартість перевезення, пропускна спроможність прикордонних переходів, терміналів.

Початкові точки відправлення зернових вантажів визначено з міркувань найбільшої концентрації завантаження даного типу вантажу. Також для здійснення порівняння фінансових затрат на перевезення приймається початкова точка відправлення - залізнична станція Дарниця. Маршрут слідування та вибір станції переходу обрано, виходячи з технічних характеристик пристроїв, які можуть забезпечити перевантаження вантажу із вагона у вагон, а також відтані перевезення.

Мета

Метою дослідження є визначення раціонального варіанту організації перевезень зернових вантажів залізничним та змішаними видами транспорту, аналіз технології перевезення при використанні різних видів відправок за найменших фінансових затратах, а також пошук шляхів підвищення пропускної спроможності прикордонних станцій.

Основний матеріал дослідження

У сучасних умовах, після повномасштабного вторгнення російської федерації, і впродовж двох років, враховуючи той факт, що «зернові

зелені коридори» не дають жодних гарантій безпеки безперешкодного здійснення перевезень зернових вантажів морським транспортом у країни Африки, Азії та Близького Сходу, пошук альтернативних шляхів перевезення зерна іншими видами транспорту актуальний і сьогодні [18].

Для ефективного вибору виду транспорту вантажовідправником необхідно розглянути особливості їх перевезення. Так, при перевезенні залізничним транспортом основною логістичною проблемою експорту українських вантажів є різниця у ширині колії, що значно збільшує терміни доставки й фінансові витрати перевезень. Для цього на залізничному транспорті існують прикордонні пункти, які забезпечують подальше перевезення вантажів за кордон. На заході України є безліч терміналів переходу, які мають спеціалізовані технічні пристрої та можуть використовуватись як пункти перевалки зернових вантажів і забезпечувати потрібну пропускну спроможність, серед них: Чоп, Хирів, Мостиська II, Ізов, Ужгород, Рава-Руська, Ягодин та інші (рис. 2). Але більшість із них на сьогодні не має великого вантажопотоку та фактично не використовуються як пункти відправки зернових вантажів.

Тому у роботі визначено найбільш завантажені термінали, які виконують значну частку переробки вантажів на прикордонних залізничних станціях, маючи порівняно велику пропускну спроможність та технічне забезпечення для здійснення перевалки зерна залежно від виду відправок – це залізничні станції та їх переходи Чоп – Чірна-над-Тисою, Мостиська II-Медика та Ізов – Грубешів.

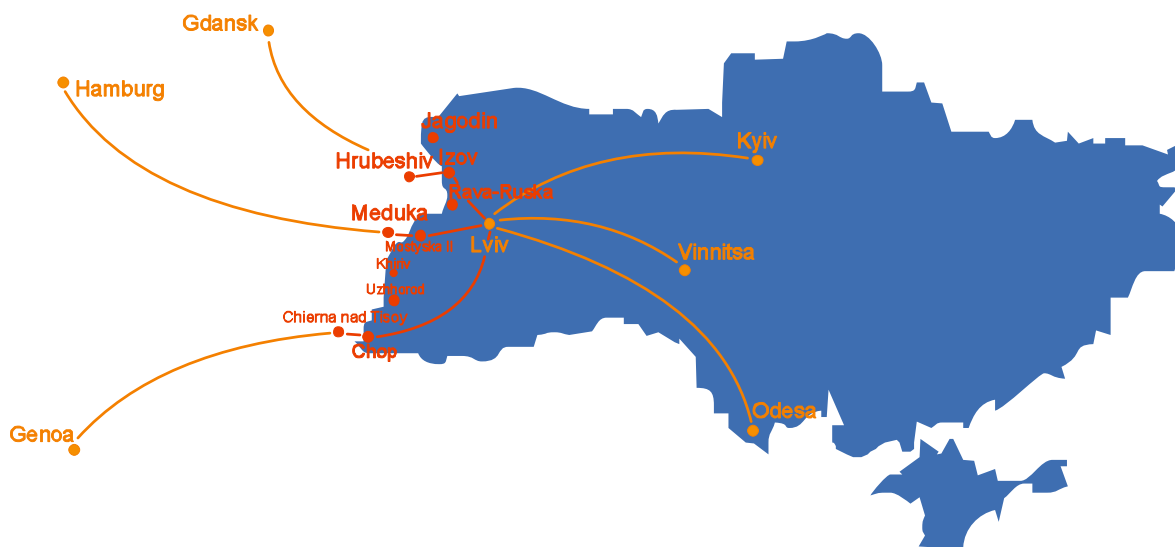


Рис. 2. Схема основних маршрутів слідування вантажів аграрної групи та основні пункти переходу

При організації перевезень аграрної групи вантажів автомобільним видом транспорту також виникають логістичні проблеми, зокрема тривалі затримки при перетині кордону, пов'язані, в основному, із політикою держав. Крім цього, автомобільні перевезення характеризуються більш гнучкими тарифами у порівнянні з залізничними та недостатньою пропускною спроможністю автомобільних доріг.

Визначення витрат на перевезення залізничним транспортом (трьома видами відправок)

Для здійснення порівняння витрат на перевезення аграрної групи вантажів, приймається один залізничний маршрут і розрахована кількість вантажу (зерна), що перевозиться. Залізничний маршрут визначено на основі документів, які регламентують роботу залізничного транспорту. Відповідно до цього, кількість вантажу та технологічні операції, які проводяться під час перевезення, будуть відрізнятися залежно від виду відправки. У роботі порівняно три види відправок при перевезенні залізничним транспортом:

- маршрутна - у спеціалізованих вагонах-зерновозах;
- контейнерна маршрутна - у спеціалізованих бункерних контейнерах на довгобазних фітінгових платформах;
- контрейлерна маршрутна. При цьому приймається, що завантажені причепи автомобілів будуть перевозитись разом із тягачами на довгобазних платформах зі спеціальними кріпленнями для шин вантажних автомобілів.

Всі залізничні вагони та контейнери загального парку залізниць.

1. Маршрутна відправка

Маса зерна, яка буде перевозитись у кожній відправці, буде обмежуватись вантажопідйомністю вагону. Відповідно до технічних характеристик залізничних вагонів-хоперів для перевезення зерна прийнято вагон моделі 19-7053 вантажопід'ємністю 71 т довжиною (виміряною по осях автозчепок) – l_g -14720 мм, побудований на «КВБЗ» [19].

На основі чинного ПФП визначено максимальну кількість вагонів та масу вантажу, яка може перевозитись в одному маршрутному поїзді. Максимальна довжина поїздів на маршрутах слідування становить m_{max} - 57 умовних вагонів. За умовний вагон прийнято універсальний напіввагон довжиною $l_{ум}$ -14 м. Відповідно до цих даних умовна довжина вагона зерновоза визначається наступним чином:

$$l_{ум}^{зрв} = \frac{l_g}{l_{ум}} = \frac{14,72}{14} = 1,051 = 1,06 \text{ ум. ваг.}$$

Максимальна кількість вагонів, що може бути включена до складу маршрутного поїзда, визначається як

$$m_{max}^{марш} = \frac{m_{max}}{l_{ум}^3} = \frac{57}{1,06} = 53,77 = 53 \text{ вагони зерно-}$$

вози у складі маршрутного поїзда.

Максимальна маса поїзда залежить від напрямку слідування, місця розташування прикордонної станції, тягових характеристик, профілю колії, виду тяги, серії локомотивів та інших факторів, і може становити 5200, 4300 або 6000 т. Відповідно до технічних характеристик зерновоза даної моделі вантажопідйомність складає q_g -71 т, маса тари вагона q_m -24 т, при цьому маса нетто та брутто поїзда ($Q_n, Q_{бр}$) визначаються як:

$$Q_n = m_{max}^{марш} q_g = 53 \cdot 71 = 3763 \text{ т.}$$

$$Q_{бр} = m_{max}^{марш} q_g + m_{max}^{марш} q_m = 53 \cdot 71 + 53 \cdot 24 = 5035 \text{ т.}$$

При виборі маршруту слідування маршрутного поїзда слід врахувати технічні можливості прикордонних станцій, їхню технічну оснащеність і можливість роботи з таким видом вантажу та рухомим складом. За початкову точку відправлення вантажу приймається залізнична станція Дарниця. Враховуючи, що маршрутний поїзд буде складатися виключно із спеціалізованих вагонів-зерновозів, для продовження перевезення необхідне перевантаження із вагона у вагон, тому станція переходу маршрутного поїзда приймається станція Чоп. Переробна спроможність пропуску вагонів за кордон станції Чоп становить 335 ваг/добу, що є досить великим показником. Вагова норма поїздів на цей напрямок становить 5300 т, що виконує вимоги ПФП.

Оскільки поїзд відправлений маршрутною відправкою, то з ним на шляху прямування відбувається мінімум технологічних операцій, що зменшує загальний час на доставку вантажу, а зупинки на технічних станціях рухомий склад буде мати виключно для зміни поїзного локомотива або локомотивних бригад, технічного і комерційного огляду складу поїзда.

Відстань перевезення визначається відповідно до [20]. За маршрутом Дарниця-Чоп відстань становить 872 км. Плата та затрати часу на перевезення визначаються відповідно до [21]. Плата за перевезення залежить від маси завантаженого зерна у вагоні, приналежності вагона та кількості вагонів у складі поїзда. Оскільки

вагони належать до загального парку залізниць України, плата за перевезення буде складатися з кількох складових, а саме:

інфраструктурної складової (І), що містить плату за користування інфраструктурою, колійними пристроями та іншими технічними засобами, що забезпечують рух поїздів;

вагонної складової (В), що містить плату за користування та переміщення вагона, а також покриває частину витрат на технічне обслуговування, а за потреби на різні види ремонту;

комісійних зборів (КЗ) та плати за можливі додаткові операції (ПДО) на шляху прямування вагонів (переадресування, непланове перевантаження через несправності вагона у технічному чи комерційному відношенні).

Плата за перевезення по маршруті Дарниця-Чоп складається із суми інфраструктурної та вагонної складових помножених на кількість вагонів у складі поїзда. Також слід врахувати операції по прийому та здачі вагонів на станції переходу, плату за митний огляд (відповідно до Збірника тарифів складають 1801,20 грн/ваг, 179,35 грн/ваг відповідно). Отже, плата за перевезення буде становити:

$$(B + I) \cdot 53 + K3 = (8089 + 1722 + 1801,20 + 179,35) \cdot 53 = 624\,952,15 \text{ грн.}$$

$$(B+I) \cdot 53 + K3 = (8089 + 1722 + 1801,20 + 179,35) \cdot 53 = 624\,952,15 \text{ грн.}$$

Сума за перевезення маршруту спеціалізованих вагонів-зерновозів завантажених зерном за вказаним маршрутом, враховуючи обов'язкові операції з вагонами на прикордонній станції буде рівна 624 952,15 грн.

Час затрачений на перевезення по маршруті слідування на відстань 872 км складає 4 доби.

До переваг маршрутної відправки, яка складається зі спеціалізованих вагонів-зерновозів, можна віднести велику кількість вантажу, яку можна перевезти в одному маршруті (порівняно з іншими видами відправок). Вагомим недоліком такого виду відправки є складний і довготривалий процес перевантаження зерна на станції переходу із вагона у вагон або на інші види транспорту. Такий спосіб вимагає наявності на станції спеціальних засобів для перевантаження сипучих вантажів та збільшує нормативний термін доставки на 2 доби.

2. Контейнерна маршрутна відправка

Контейнерні відправки набувають все більшого попиту через свою гнучкість до мультимодального перевезення. Маршрут слідування маршрутного поїзда контейнерної відправки приймається на основі розгляду Технічно-

розпорядчих актів прикордонних станцій. Приймається, що контейнерний поїзд буде слідувати за маршрутом від станції Дарниця за кордон через прикордонну станцію Мостиська II. Переробна спроможність даної станції становить 120 ваг/добу. Спеціалізовані великотоннажні контейнери бункерного типу вантажопідйомністю q_e -40 т завантажуються на довгобазні вагони-платформи моделі 13-7138 зі спеціальними кріпленнями для контейнерів (фітингами), довжиною від осей автотрєпок l_e -19620 мм [19].

Умовна довжина вагона дорівнює:

$$l_{ум}^{фтинг} = \frac{l_e}{l_{ум}} = \frac{19,62}{14} = 1,41 \text{ ум. ваг.}$$

Максимальна умовна довжина поїзда приймається згідно з нормами наведеними вище і становить:

$$m_{max}^{мари} = \frac{m_{max}}{l_{ум}^{фтинг}} = \frac{57}{1,41} = 40 \text{ фітингових платформ.}$$

На одну довгобазну платформу завантажуються один великотоннажний контейнер, що в сумі на маршрутну відправку складає 40 спеціалізованих контейнерів. Отже, маса нетто та бруто маршрутного поїзда контейнерної відправки буде становити:

$$Q_n = m_{max}^{мари} \cdot q_e = 40 \cdot 40 = 1600 \text{ т}$$

$$Q_{бр} = m_{max}^{мари} \cdot q_e + m_{max}^{мари} \cdot q_m = 40 \cdot 40 + 40 \cdot 22 = 2480 \text{ т.}$$

На шляху прямування такого поїзда, як і в першому варіанті організації перевезень зернових вантажів, будуть зупинки лише для зміни локомотивів, технічного та комерційного огляду составу. На прикордонній станції Мостиська II після операцій по прибуттю поїзда склад контейнерного поїзда подається на контейнерний майданчик під козлові крани та автомобільні навантажувачі, обладнанні спредерами для сортування і перевантаження великотоннажних контейнерів із вагонів широкої колії на склад поїзда колії шириною 1435 мм.

Прийнято, що фітингові вагони-платформи та спеціалізовані контейнери бункерного типу вантажопідйомністю 40 т належать до загального парку залізниць України. Відстань перевезення відповідно до Тарифного керівництва №4 [20] складає 680 км. Обов'язкові плати на прикордонній станції стягуються за прикладом наведеним вище. Плата за перевезення одного вагону з контейнером складає 3776 грн, при цьому, крім витрат на митний огляд та прийом-здачу на прикордонній станції, слід врахувати плату за перевантаження контейнерів із вагонів колії

шириною 1520 мм на вагони колії шириною 1435 мм. Прийнято, що сортування та перевалка контейнерів проводиться засобами залізниці. Сума за надання таких послуг визначається відповідно до Збірника тарифів [21] і складає 496,50 грн/контейнер. Отже, загальні витрати на перевезення зерна маршрутним поїздом контейнерною відправкою буде становити:

$3776 + 179,40 + 1801,20 + 496,50 = 6253,10$ грн/контейнер.

$6253,10 \times 40 = 250\,124$ грн/контейнерний поїзд.

Отже, загальні витрати на перевезення маршруту із 40 фітінгових спеціалізованих вагонів-платформ становить 250 124 грн. Затрати часу на перевезення за маршрутом Дарниця-Мостицька II становлять 4 доби.

До основних переваг контейнерних перевезень можна віднести значну економію часу на завантаження контейнерів із зерном на вагони. Також економія відстежується на станції перевалки, де перевантаження контейнерного поїзда складає від 1,5 до 2 год, при цьому перевантаження безпосередньо із вагона у вагон може займати від 5 годин і більше. Також слід відзначити, що контейнери є уніфікованими, що дає можливість їх перевантажувати не тільки з вагона на вагон, а й використовувати інші види транспорту: здійснювати сортування контейнерів із вагонів та перевалку їх на спеціалізовані автомобільні причепи для подальшого розвезення до пунктів призначення, зручне та досить швидке перевантаження у річкових та морських портах.

3. Контрейлерна маршрутна відправка

Контрейлерні перевезення в Україні на сьогоднішній день знаходяться у стані розвитку і не мають великий попит, хоча є всі необхідні технічні засоби та відповідна нормативна база, яка регламентує такий вид транспортування вантажів.

Для здійснення подальшого порівняння фінансових затрат та затрат часу на перевезення початкова станція відправлення збігається із попередніми видами відправок – станція Дарниця. Для вибору станції переходу слід врахувати кілька факторів, які можуть впливати на її вибір. Існують наступні варіанти організації контрейлерних перевезень:

- перевезення до будь-якої станції переходу на заході України та здійснення переїзду вантажів із вагонів широкої колії на вагони вузької колії (за умови, що прикордонна станція обладнана відповідними технічними можливостями (підвищена платформа, яка рівна висоті підлоги

вагона із пандусом) для здійснення цієї операції);

- вибір і перевезення до обраної прикордонної станції від якої широка колія заходить на досить велику відстань за кордоном і здійснення подальшого перевезення вантажівками на своєму ходу до портів або їх переїзд на вагони вузької колії.

У роботі прийнято, що контрейлерне перевезення буде здійснюватися за 2 варіантом і прикладом прикордонної станції такого типу є залізнична станція Ізов, де колія шириною 1520 мм заходить у глиб Польщі на понад 300 км. Переробна спроможність даної станції дорівнює 507 ваг./добу. Отже, зернові вантажі завантажені у вантажні автомобілі такою відправкою будуть перевозитись за маршрутом Дарниця-Ізов. Відстань перевезення складає 621 км. Прийнято, що при перевезенні завантажених автомобілів на залізничних платформах весь персонал, що їх обслуговує, буде їхати разом із поїздом. Тому необхідна додаткова умова - постановка у склад поїзда пасажирського вагону для перевезення водіїв. Враховуючи, що вантажівки будуть завантажені і закріплені на довгобазних вагонах-платформах довжиною 1,41 ум. ваг., максимальна кількість вагонів, а відповідно і вантажівок, яких можна перевезти в одному маршруті складає 40. На кожен вантажний автомобіль наявний 1 водій для подальшого його експлуатування. При цьому розглянуто класифікації та типи пасажирських вагонів загального парку залізниць. Найкращим варіантом є постановка пасажирського вагона у поїзд місткістю 36 пасажирів. Відповідно до цього маємо максимальну кількість вагонів-платформ 36 + 1 пасажирський вагон. При цьому умовна довжина поїзда буде становити:

$$l_n = l_{ум}^{фтинг} m_e + \frac{l_e^{nac}}{l_{ум}} \quad , \quad (1)$$

де $l_{ум}^{фтинг}$ - умовна довжина вагона-платформи;

m_e – кількість вагонів у складі поїзда; l_e^{nac} – довжина пасажирського вагона (відповідно до технічних характеристик становить 26 600 мм); $l_{ум}$

– прийнята довжина 1 ум. ваг. (14 м).

$$l_n = 1,41 \cdot 36 + \frac{26,6}{14} = 52,66 = 53 \text{ ум. ваг.}$$

Розрахована умовна довжина поїзда відповідає ПФП для вказаного напрямку.

До пункту відправлення вантажні автомобілі будуть рухатись самостійно. Після подачі вагонів до підвищеної платформи відбувається поступовий заїзд автомобілів, починаючи з вагона,

який стоїть найдалше від платформи, закінчуючи вагоном, який приєднаний до підвищеної платформи. Після надійного закріплення вантажів на платформах у поїзд відбувається постановка пасажирського вагона, виконуються всі необхідні технологічні операції, які потрібно провести на станції відправлення та власне відправлення поїзда за маршрутом слідування. На прикордонній станції поїзд має зупинку лише для технічного та комерційного оглядів рухомого складу, митного контролю, перевірки наявності всіх необхідних документів та сертифікатів на перевезення, перевірки документів у персоналу, що обслуговує, та подальший рух поїзда вже за кордоном до залізничної станції Славкув, де будуть відбуватися подальші процеси перевезення, що приведені вище.

Плата за перевезення нараховується відповідно до Збірника тарифів [21] за визначену відстань однієї спеціалізованої платформи на яку завантажено автомобіль із зерновими вантажами (вантажопідйомністю 40 т) і становить 5996,60 грн/ваг. При цьому плата за постановку в поїзд пасажирського вагона та перевезення в ньому людей розраховується окремо та буде складати 400,10 грн/пас.ваг. + 183,10 грн/особу, яка у ньому перевозиться. Сума за перевезення контейнерного поїзда складається із суми перевезення контейнера (враховуючи їхню кількість), суми за перевезення пасажирського вагону, зборів на прикордонній станції (митний контроль) і становить:

$$(5996,60+179,40) \times 36 + 400,10 + 183,10 \times 36 = 229\,327,70 \text{ грн.}$$

Час затрачений на перевезення складає 3 доби.

Отже, загальна сума за перевезення маршруту зерна контейнерною відправкою дорівнює 229 327,70 грн. Маса вантажу, яка перевозиться у такому поїзді складає 1440 т.

До переваг контейнерних перевезень можна віднести наступне:

- переїзд вантажів із вагона на вагон не вимагає спеціалізованих засобів для перевантаження, крім підвищеної платформи із пандусом (наприклад, для перевантаження зерна, яке перевозиться у спеціалізованих вагонах-зерновозах, потрібно спеціальні технічні засоби для розвантаження зерна із вагона для подальшого його завантаження, при цьому має зберігатись якість вантажу з найменшими його втратами);

- завантаження та розвантаження дає економію простою вагонів на станції відправлення та призначення.

Разом із цим контейнерне перевезення

розглядається лише при наявності великої кількості вантажу для можливості формування цілого маршруту, що можна віднести до недоліків організації таких перевезень. В іншому випадку, контейнерне перевезення буде недоцільне як у фінансовому відношенні, так і затратах часу на накопичення вантажів на станції відправлення.

4. Перевезення зернових вантажів автомобільним транспортом

На сьогодні існує багато логістичних компаній, які займаються організацією автомобільних перевезень, і витрати на перевезення можуть суттєво відрізнятися залежно від пропозицій транспортно-експедиторських фірм. Тому у роботі прийнято середню вартість перевезення вантажу за один кілометр вантажним автомобілем вантажопідйомністю 40 т–64 грн/км. Якщо розрахувати вартість перевезення за одним із маршрутів наведених вище, наприклад, Київ-Ізов, то вартість перевезення буде становити 32000 грн/вантажівку, що складе 1 152 000 за 36 вантажівок для перевезення в одному контейнерному поїзді. Вартість перевезення тони вантажу буде становити 800 грн, що робить автомобільний транспорт не конкурентоспроможним на великі відстані у порівнянні із залізничним. Автомобільний транспорт більш раціонально використовувати лише для підвезення вантажу до пунктів відправлення поїздів, що дає змогу зменшити логістичні витрати. Також для перевезення масових навалочних чи насипних вантажів, які перевозяться до морських портів за кордоном, організація контейнерних перевезень, у порівнянні з виключно автомобільними перевезеннями, дає неабиякі переваги, зокрема зниження логістичних витрат внаслідок перевезення більшої кількості вантажу.

Також склалося, що по лінії західного кордону України в очікуванні митних операцій на кордоні простоювали понад 2000 вантажівок із різними видами вантажів. Ця блокада продовжується і сьогодні. Тому контейнерні перевезення можуть стати шляхом розв'язання даної проблеми. До їх складу включаються вантажні автомобілі, що можуть бути завантажені різними типами вантажів, а не лише зерновими. Це дасть змогу зменшити черги на кордонах, значно зменшити кількість автомобілів на загальній мережі автомобільних доріг країни та покращити стан навколишнього середовища, враховуючи екологічність залізничного транспорту через меншу кількість викиду вуглекислого газу на одиницю вантажу, що перевозиться.

Результати

Розрахунки логістичних витрат за перевезення всіма видами відправок у роботі виконані відповідно до нормативної літератури без урахування діючого коефіцієнту на перевезення зерна. На основі цих розрахунків для подальшого порівняння необхідно визначити плату за перевезення за тону вантажу по кожному маршруту шляхом ділення загальної вартості перевезення на масу вантажу, що перевозиться у кожній відправці:

- маршрутною відправкою у вагонах-зерновозах за маршрутом Дарниця-Чоп – $624\,952,15/3763 = 166,07$ грн/т;

- контейнерною відправкою за маршрутом Дарниця-Мостиська II – $250124/1600 = 156,33$ грн/т;

- контрейлерною відправкою за маршрутом Дарниця-Ізов – $229\,327,70/1440 = 159,25$ грн/т.

Порівняння та аналіз результатів вищенаведених розрахунків приведені в табл. 1.

Таблиця 1

Зведені результати розрахунку

Вид відправки	Час доставки, діб	Маса вантажу, т	Загальна вартість, грн	За тону вантажу, грн
Маршрутна вагонами-зерновозами	4+2	3763	624 952,15	166,07
Контейнерна	4	1600	250 124	156,33
Контрейлерна	3	1440	229 327,70	159,25
Автомобільним транспортом	За розрахунком	1440	1 152 000	800,00

На основі аналізу табл. 1 можна зробити наступний висновок: плата за перевезення тони вантажу відрізняється несуттєво (крім перевезення автомобільним транспортом), проте велике значення має вибір типу відправки та кількість вантажу, яку можна перевезти в одному маршруті. Найбільшу масу вантажу дозволяє перевезти маршрут із вагонів-зерновозів (3763 т), найменшу - контрейлерна відправка – 1440 т і, відповідно, контейнерна – 1600 т. При цьому слід врахувати, що технологічні операції на шляху прямування по кожному типі відправок будуть суттєво відрізнятися. Так, при організації перевезень вантажів зерновозами - перш ніж перевозити зерно залізничним транспортом, його

необхідно доставити до пункту навантаження на залізничну станцію, а це потребуватиме додаткових фінансових витрат. При перевезенні контейнерною відправкою отримуємо економію часу на завантаження та перевантаження контейнерів, але при цьому витрати на доставку вантажу до пункту відправлення контейнерного поїзда також залишаються. Організація перевезень зернових вантажів контрейлерною відправкою передбачає доставку вантажу до пункту відправлення і відправлення рухомого складу із початкового пункту без перевантаження із автомобільного транспорту на залізничний. При цьому вантажівки самостійно завантажуються на спеціалізовані вагони-платформи, в результаті чого витрати часу будуть найменшими. Також слід врахувати, що накопичення вантажних автомобілів на станції відправлення є довготривалим процесом порівняно з іншими видами відправок. У той самий час, як з початкового пункту відправився маршрутний контейнерний поїзд або поїзд із вагонів зерновозів, можна безперешкодно завантажувати наступний рухомий склад та відправляти його по маршруту слідування (при наявності достатньої кількості вантажу).

Якщо врахувати масовість перевезення зернових вантажів, то найефективніше буде його перевезення маршрутними поїздами у спеціалізованих вагонах-зерновозах. Також можна розглядати варіант із контейнерними повноваговими та довгосоставними поїздами, але не на всі напрямки є технічні можливості слідування та обробки таких поїздів, тим більше пропуск поїздів підвищеної довжини та ваги, згідно з технологією роботи, вимагає спеціальних умов слідування по залізничних дільницях.

Аналізуючи графік, який характеризує плату за перевезення однієї тони зернових вантажів залежно від виду відправки та відстані перевезення (рис. 3) можна побачити наступне:

- плата за перевезення 1 т зерна відстанню до 450 км трьома видами залізничних відправок відрізняється не суттєво, проте повністю відмінні способи навантаження, технології перевезення та загальний час на перевезення;

- перевезення контейнерною відправкою, починаючи від 450 км і далі, буде фінансово дешевше, ніж перевезення іншими видами відправок, але при цьому масу вантажу, яку можна провести у такому маршруті – 1600 т;

- економічно вигідним варіантом перевезення зернових вантажів на великі відстані (починаючи з 1500 км) – перевезення вагонами-зерновозами;

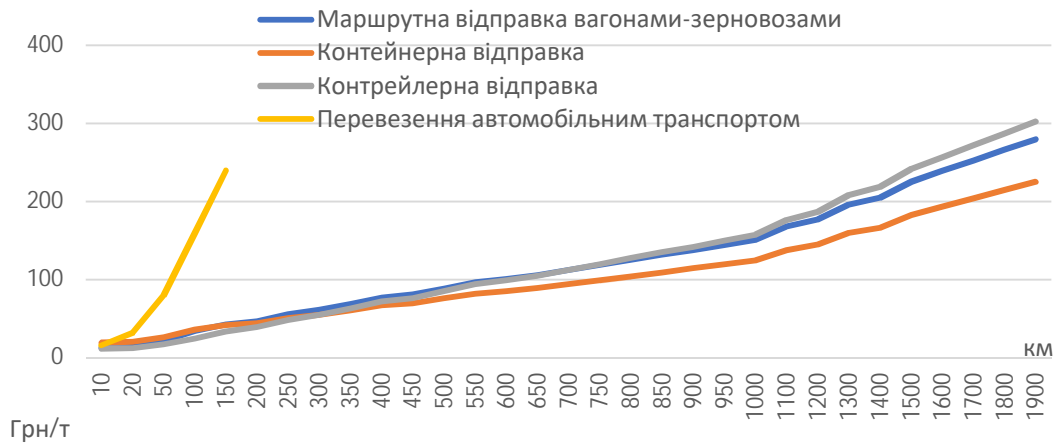


Рис. 3. Графік характеристики плати за перевезення зерна

- починаючи від 1000 км контрейлерна відправка стає дорожчою за маршрутну відправку зерновозами. Зумовлюється це додатковою платою за перевезення персоналу в окремому пасажирському вагоні. Також, з метою здешевлення перевезення, можна розглядати варіанти такого перевезення без постановки пасажирських вагонів в автопоїзди. Маса вантажу, що перевозиться контрейлерною відправкою – 1440 т;

- при великій кількості вантажу автомобільний транспорт не може конкурувати із залізничним. Такі перевезення найкраще використовувати при наявності невеликої кількості вантажу та на порівняно близькій відстані.

Заходи щодо збільшення пропускної спроможності прикордонних станцій

Прикордонні залізничні станції під час повної блокади портів на півдні України переробили та продовжують переробляти значну кількість вагонів із зерновими вантажами. Хоча кількість вагонів на прикордонних станціях на сьогодні дещо впала порівняно із піковим

періодом, але не виключено, що повна блокада країною агресором може повторитися. Перехід ширини колії української залізниці на європейський стандарт колії 1435 мм поставив крапку на проблемі перевантаження та перевалки вантажів за кордон. Цей варіант довгоперспективний та дорогий в реалізації. На сьогодні збільшення пропускної спроможності прикордонних станцій може відбуватися шляхом збільшення кількості технічних пристроїв для заміни візків у вагонах, які можуть експлуатуватися поза межами залізниць України. Ще одним варіантом є підведення «вузьких» колій стандарту 1435 мм у глиб наших залізниць. Це дасть змогу перенести частину технологічних операцій із прикордонних станцій на станції, які знаходяться на одній залізничній дільниці, відповідно зменшити простої вагонів із вантажами на прикордонних станціях. Одним із проектів переходу України на європейські стандарти є побудова суміщеної колії від станції Мостиська II до станції Скнилів (рис.4).

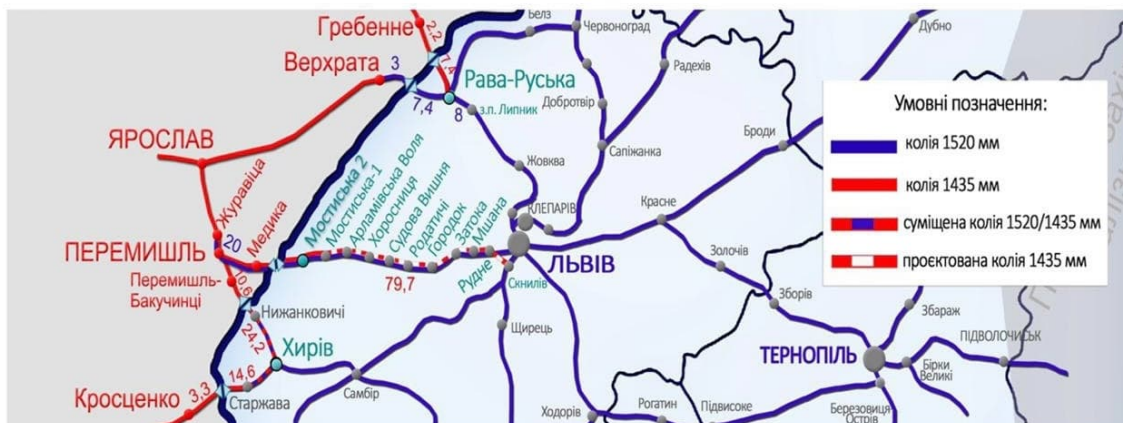


Рис. 4. Схема залізниць західного регіону України

Для вирішення вказаної логістичної проблеми також може бути застосований принцип, що наведений вище, але замість підведення «вузької» колії у глиб території України можна розглядати варіант із підведенням «широкої» колії з прикордонних станцій на територію країн Європейського Союзу. При побудові колії стандарту 1520 мм від прикордонної станції Мостиська ІІ до польського міста Гданськ, де знаходиться морський порт, який використовується для подальшого перевезення та збуту вантажів, можна значно скоротити час простою вагонів на прикордонних станціях. На пунктах переходу ліквідується ряд обов'язкових технологічних операцій, одна з яких найбільш довготривала – перевантаження вантажів із вагона у вагон. Це дасть змогу скоротити загальний час на доставку вантажів, зменшить фінансові затрати на перевезення залізничним транспортом. Враховуючи обсяги вантажних перевезень залізницями України та Європейських країн (показники кількості перевезеного вантажу на залізницях України є значно вищим, ніж, для прикладу, у Польщі) такий варіант пришвидшення доставки вантажів та розв'язки однієї з основних логістичних питань, пов'язаних з експортом вантажів залізницею, є досить перспективним та менш затратним порівняно із повним переходом залізниці України на колію європейського стандарту 1435 мм. Також для зменшення навантаження на основні пункти перевалки можна залучати та використовувати малодіяльні станції переходу, що також мають суміщену колію, такі як Хирів-Нижанковичі та Хирів-Старжава.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Українське зерно споживають 150 млн людей у світі. URL: <https://agronews.ua/news/ukrainske-zerno-spozhyvaiut-150-mln-liudey-u-sviti/>
2. АТ «Укрзалізниця» показники вантажних перевезень. URL: https://uz.gov.ua/cargo_transportation/general_information/indicators_of_transit/.
3. Kozachenko, D., Bobrovsky, V., Ochkasov, O., Shepotenko, A., Hermaniuk, Y. Adaptation of Ukrainian grain elevators for unit train loading. *12th International Conference on Intelligent Technologies in Logistics and Mechatronics Systems*. ITELMS 2018. P. 125–133.
4. Вернигора Р. В., О कोरोков А. М., Цупров П. С., Рустамов, Р. Ш. Перспективи експортних перевезень зернових вантажів у контейнерах. *Транспортні системи та технології перевезень*. 2018. №16, 22.

<https://doi.org/10.15802/tstt2018/164056>.

5. Колодійчук В. А. Ефективність логістики зерна та продуктів його переробки: монографія Львів: Український бестселер, 2015. – 574 с.
6. Козаченко Д., Вернигора Р., Рустамов Р. Підвищення ефективності перевезень зернових вантажів залізничним транспортом. *Українські залізниці*. № 7 (13). 2014. С. 56-59.
7. Мурадян О. В., Олег В. В. Напрямки удосконалення перевезення зернових вантажів в Україні залізничним транспортом. *Транспортні системи та технології перевезень*. 2018. №15. С. 58–65. <https://doi.org/10.15802/tstt2018/150203>
8. Дідусенко В. В., Кравченко М. А., Золотарьов С. А., Прохорченко Г. О. Дослідження кросс-кордонних перевезень зернових вантажів автомобільним та залізничним транспортом. *Системи та технології*. 2022. № 2 (64). С. 19-29.
9. Березовий М.І., Болжеларський Я.В., Гревцов С.В., Боричева С.В. Аналіз логістичних ризиків перевезення вантажів зернової групи в європейські порти з використанням контрейлерної технології. *Транспортні системи та технології перевезень*. 2023. № 25. С. 60–69. <https://doi.org/10.15802/tstt2023/284495>.
10. Березовий М.І., Малашкін В.В., Боричева С.В., Лаушник С.В., Раджапова І.В. Розробка логістичної схеми перетину кордону з ЄС контрейлерними поїздами при перевезенні вантажів зернової групи. *Транспортні системи та технології перевезень*. 2023. № 26. С. 44–52. <https://doi.org/10.15802/tstt2023/293349>.
11. Хоменко Ю.Л., О कोरोков А.М. Дослідження експортних вантажопотоків зернових з України. 2023. *Транспортні системи та технології перевезень*. №26. С. 85–91. <https://doi.org/10.15802/tstt2023/293358>
12. Bohdan G., Hermaniuk Yu., Fedun T. Searching for optimal routes for mixed road-rail freight transportation. 2024. *MATEC Web of Conferences*. №390(53) DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/202439003004>.
13. Ломотько Д. В., Примаченко Г.О. Аналіз розвитку мультимодальних перевезень залізничним транспортом в Україні. *Залізничний транспорт України*. №2. 2023. С. 15-32. URL: https://nbuv.gov.ua/UJRN/ZTU_2023_2_4.
14. Myronenko V., Gaba V., Hrushevskaya T. Method for calculating the supply of transport and logistics services depending on the demand for freight transportation. 2024. *MATEC Web of Conferences*. №390(53). DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/202439003012>.
15. Pajic V., Andrejic M., Kilibarda M. Sustainable transportation mode selection from the

freight forwarder's perspective in trading with western EU countries. *Sustainable Futures*. 2022. Vol. 4. 100090. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666188822000247>.

16. Daramola A. A comparative analysis of road and rail performance in freight transport: an example from Nigeria. *Urban, Planning and Transport Research*. 2022. Vol.10. Issue 1. P. 58-81. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21650020.2022.2033134>

17. Carlos Henrique F. de Faria, João Flávio F. Almeida, Luiz Ricardo Pinto. Simulation–optimisation approach for sustainable planning of intermodal logistics in the Brazilian grain export industry. *Decision Analytics Journal*. 2024. Volume 10. <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2023.100388>.

18. Германюк Ю.М., Паленик І. О. Організація перевезення зернових вантажів в умовах воєнного стану. *Сучасні транспортні технології* : матеріали П'ятнадцятої міжнародної науково-практичної конференції студентів і молодих вчених імені Георгія Кірпи, Львів, 14 грудня 2023 року. С. 16–18.

19. ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» продукція підприємства. URL: <https://kvsz.com/index.php/ua/produksiya/vantazhne-vagonobuduvannya/vagoni-khoperi>.

20. Тарифне керівництво №4 залізниць України. URL: https://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/legal_documents/tk4/.

21. Збірник тарифів на перевезення вантажів залізничним транспортом у межах України та пов'язані з ними послуги та Коефіцієнтів, що застосовуються до Збірника тарифів на перевезення вантажів залізничним транспортом у межах України та пов'язані з ними послуги, зареєстрований в Міністерстві юстиції України 15 квітня 2009 р. за № 340/16356. Офіційний сайт Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0340-09#Text20>.

Надійшла до редколегії 22.03.2024.

Прийнята до друку 20.05.2024.

YU. HERMANIUK, I. PALENYK

RESEARCH ON LOGISTIC COSTS IN TRANSPORTATION OF AGRICULTURAL CARGO BY ROAD AND RAIL TRANSPORT MODES

Goal. Starting with the full-scale invasion on February 24, 2022, the aggressor country began to make it difficult to access major ports in southern Ukraine, limiting the importation, transportation, and export of grain. This forced shippers to look for alternative routes for transporting grain to foreign seaports. A large share of the transportation of grain cargo fell on railway transport and on western terminals, which caused long queues at crossing points. Restrictions also affected the capacity of internal railway lines. To restore the transportation of agricultural goods and increase the efficiency of the organization of grain transportation, it is necessary to conduct a study of the logistics costs of road and rail transportation, considering such factors as the type of shipment, the volume of cargo, time costs, the cost of transportation, and the capacity of border crossings and terminals. **Method.** The research was carried out based on statistical analysis, methods of operational work for calculating the norms of mass and length of route trains, a comprehensive analysis of logistics costs when transporting various types of shipments by rail and road modes of transport, considering the technical equipment of terminals and the capacity of crossing points, the train formation plan (TFP). **The results.** Based on calculations, the conditional lengths of route trains are determined, with their further bringing them to the current PFP on the railways of Ukraine; the cost of delivery of grain cargoes when transported by rail was calculated for various types of shipments, and a comparison was made with road transport; terms of cargo delivery, main advantages and disadvantages of each type of transportation are determined; analysed and selected the best method of transportation of agricultural cargo, taking into account the weight of the cargo being transported, the time spent on transportation along the tracking routes; a comparison of financial costs per ton of cargo was made; proposed options for increasing the throughput of border railway stations. The work also identifies the busiest terminals that carry out a significant share of cargo processing at border railway stations with a relatively large capacity and technical support for the transshipment of grain depending on the types of shipments, namely: railway stations and

their transitions - Chop - Chierna-nad-Tysoy, Mostyska II-Medyka and Izov - Hrebushiv. **Practical significance.** The obtained results can be applied in decision-making systems for shippers, which will help in choosing the optimal route and type of rolling stock for cargo transportation. The rational choice of types of shipments and transfer stations makes it possible to use technical means for cargo transshipment as effectively as possible, to reduce the waiting time of wagons at border stations while waiting for technological operations and to reduce the time for these operations, to reduce the total costs of transporting agricultural goods. Options for increasing the throughput capacity of border stations will make it possible to speed up the delivery of cargo by speeding up the execution of mandatory operations performed at transshipment points or by removing part of such operations altogether.

Keywords: railway transport; road transport; transportation of grain cargoes; logistics costs; border crossings; types of shipments.