

О. Г. СТРЕЛКО

доктор історичних наук, професор,
професор кафедри технологій транспорту
та управління процесами перевезень
Національний транспортний університет
ORCID: 0000-0003-3173-3373

І. М. КАРНАСЮК

аспірант кафедри технологій транспорту
та управління процесами перевезень
Національний транспортний університет
ORCID: 0009-0006-5430-5645

ТЕХНОЛОГІЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ В УМОВАХ ВОЄННОЇ ЛОГІСТИКИ (2022-2025 РР.)

Стаття присвячена комплексному дослідженню еволюції технології організації перевезень зернових вантажів залізничним транспортом України у 2022-2025 роках в умовах воєнної трансформації національної логістичної системи. Метою роботи є визначення закономірностей зміни технологічних моделей перевізного процесу, аналіз адаптаційних механізмів функціонування залізничної інфраструктури та оцінка впливу структурної перебудови експортних маршрутів на параметри організації руху. Методологічну основу дослідження становлять системний і структурно-функціональний підходи, порівняльний аналіз фаз розвитку перевізного процесу, узагальнення галузевих статистичних матеріалів та аналітичних звітів міжнародних організацій, а також оцінка динаміки ключових технологічних показників. Установлено, що у 2022 році сформувалася екстрена прикордонно-орієнтована модель перевезень, яка характеризувалася різким зростанням простоїв вагонів, зниженням рівня маршрутності, перевантаженням станцій зміни колії та істотним збільшенням обороту зерновозів. У 2023 році відбувся перехід до адаптивної маршрутної технології, що передбачала укрупнення відправок, концентрацію потоків на визначених вузлах та впорядкування графіків руху. У 2024 році під впливом стабілізації роботи морського коридору сформувалася портово-орієнтована модель, яка базувалася на синхронізації залізничних графіків із режимами роботи портових терміналів та створенні припортових накопичувальних вузлів. У 2025 році ця система трансформувалася у портово-інтегровану адаптивну технологію з елементами прогнозного диспетчерського управління, цифрової координації операцій та гнучкого перерозподілу потоків у разі інфраструктурних ризиків. Доведено, що трансформація перевізного процесу мала чітко виражений фазовий характер і супроводжувалася зміною домінуючих технологічних обмежень – від прикордонної інфраструктури до припортових підходів і інтегрованої координації із морською логістикою. Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання запропонованих висновків для вдосконалення маршрутної організації перевезень, оптимізації використання вагонного парку, підвищення пропускної спроможності вузлових станцій та забезпечення стійкості функціонування залізничного транспорту в умовах тривалої воєнної нестабільності та структурних змін експортної логістики.

Ключові слова: перевезення зернових вантажів, залізничний транспорт, організація перевізного процесу, маршрутна технологія, портово-інтегрована логістика, адаптивне диспетчерське управління.

О. Н. STRELKO

Doctor of Historical Sciences, Professor,
Professor at the Department of Transport Technologies
and Transport Management
National Transport University
ORCID: 0000-0003-3173-3373

І. М. KARNASIUK

Postgraduate Student at the Department of Transport Technologies
and Transport Management
National Transport University
ORCID: 0009-0006-5430-5645



TECHNOLOGICAL TRANSFORMATION OF RAILWAY GRAIN TRANSPORTATION ORGANIZATION UNDER WARTIME LOGISTICS (2022–2025)

The article presents a comprehensive study of the evolution of the technological organization of grain freight transportation by rail in Ukraine during 2022–2025 under conditions of wartime transformation of the national logistics system. The purpose of the research is to identify patterns in the transformation of technological models of the transportation process, to analyze adaptive mechanisms of railway infrastructure operation, and to assess the impact of structural changes in export routes on the organization of train movement. The methodological framework is based on systemic and structural-functional approaches, comparative analysis of the development phases of the transportation process, generalization of sectoral statistical data and analytical reports of international organizations, as well as evaluation of changes in key technological indicators. It is established that in 2022 an emergency border-oriented transportation model emerged, characterized by a sharp increase in wagon idle time, reduced share of route trains, congestion at gauge-changing stations, and a significant extension of grain wagon turnaround time. In 2023, a transition to an adaptive routing technology took place, involving consolidation of shipments, concentration of flows at designated hubs, and stabilization of train schedules. In 2024, following the stabilization of the maritime corridor, a port-oriented model was formed, based on synchronization of railway schedules with port terminal operations and the creation of accumulation nodes at port approaches. In 2025, this system evolved into a port-integrated adaptive technology incorporating elements of predictive dispatch control, digital coordination of operations, and flexible redistribution of traffic flows in response to infrastructure risks. The study demonstrates that the transformation of the transportation process had a clearly phased character and was accompanied by a shift in dominant technological constraints—from border infrastructure limitations to port-approach capacity and integrated coordination with maritime logistics. The practical significance of the findings lies in their applicability to improving route organization, optimizing wagon fleet utilization, increasing the capacity of key railway nodes, and enhancing the resilience of railway freight transportation under prolonged wartime instability and structural shifts in export logistics.

Key words: grain freight transportation, railway transport, organization of the transportation process, routing technology, port-integrated logistics, adaptive dispatch control.

Постановка проблеми

Повномасштабна війна в Україні з лютого 2022 року зумовила кардинальну перебудову технології організації перевезень зернових вантажів залізничним транспортом. Якщо до 2022 року основна маса зернових формувалася у внутрішніх районах із подальшим підвозом до морських портів Чорноморського басейну за відпрацьованими технологічними схемами, то в умовах блокування портової інфраструктури відбулася вимушена переорієнтація потоків на прикордонні переходи та дунайський напрямок. Це спричинило зміну маршрутів руху, збільшення середнього плеча перевезення, зростання навантаження на вузлові станції та прикордонні сортувальні комплекси, а також істотне ускладнення управління вагонообігом.

У 2022 році перевізний процес зернових характеризувався високою децентралізацією відправок, формуванням дрібних груп вагонів, переваженням прикордонних переходів та збільшенням часу простою зерновозів у пунктах зміни колії. Відсутність усталеної маршрутної технології в нових напрямках призвела до зниження продуктивності рухомого складу та зростання тривалості обороту вагонів. Таким чином, ключовою технологічною проблемою цього періоду стало забезпечення пропускної та переробної спроможності інфраструктури в умовах різкої зміни конфігурації потоків.

У 2023 році розпочався етап поступової адаптації технології перевезень: зросла частка маршрутних відправок, відбулося укрупнення потоків, оптимізовано схеми формування поїздів та підвищено рівень диспетчерської координації. Водночас зберігалися обмеження пропускної спроможності окремих ділянок та станцій, що вимагало гнучкого перерозподілу тягових ресурсів і вдосконалення графіків руху.

У 2024 році, після часткового відновлення роботи портів Чорноморського регіону, сформувалася нова технологічна модель організації зернових перевезень, орієнтована на концентрацію потоків у напрямку припортових вузлів. Це зумовило необхідність створення накопичувальних станцій, перегляду технології обробки маршрутів, синхронізації роботи залізничного та портового транспорту, а також оптимізації підвізних плечей. Змінилася структура руху: замість транскордонної орієнтації знову домінуючим став внутрішній підвіз до морських терміналів.

У 2025 році зазначені процеси набули системного характеру. Технологія перевезень зернових стала портово-інтегрованою, а організація руху поїздів – тісно пов'язаною з режимами роботи портів та їхньою пропускною спроможністю. Одночасно зберігалися воєнні ризики, що впливали на стабільність руху та вимагали оперативної зміни маршрутів і графіків. У цих умовах ключовими технологічними завданнями стали скорочення простоїв вагонів на підходах до портів, оптимізація обороту зерновозів, підвищення рівня маршрутності відправок і забезпечення безперервності перевізного процесу.

Попри наявність численних досліджень, присвячених логістиці зернового експорту України в умовах війни, більшість із них зосереджується на економічних аспектах або зміні структури експортних маршрутів. Натомість системний аналіз еволюції саме технології організації перевезень зернових вантажів залізничним транспортом у 2022-2025 роках залишається недостатньо розробленим. Відсутність узагальнення технологічних фаз цього періоду ускладнює формування ефективних рішень щодо подальшого вдосконалення перевізного процесу в умовах тривалої воєнної нестабільності.

Таким чином, актуальність дослідження зумовлена необхідністю комплексного аналізу трансформації технології організації зернових перевезень залізничним транспортом України у 2022-2025 роках із позицій пропускної спроможності, вагонообігу, маршрутності відправок та інтеграції з портовою інфраструктурою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Технологічна проблематика перевезення зернових вантажів залізницею в Україні у 2022-2025 рр. найкраще відображена у публікаціях, що описують перебудову ланцюга постачання під воєнні обмеження (портові ризики, «злами» інтермодальних схем, кордон/перевалка/зміна колії) та пошук технологічно «зв'язуючих» обмежень у системі [1-3].

Окрему лінію формують роботи, що розглядають зерновий експорт як інженерно-логістичну систему, де результат визначається не лише тарифами чи геополітикою, а саме конфігурацією етапів (накопичення/відвантаження, внутрішня ділянка, «стик» на кордоні, перевалка/перетворення, подальший плечовий рух) [4-6].

Водночас корисні й праці, що створювали довоєнну методичну базу оптимізації зернових перевезень на експорт (маршрутні відправки, оборот вагонів, концентрація навантаження, робота «зернових маршрутів») [7-9].

Ще один релевантний пласт – статті, які фіксують логіку пошуку альтернативних маршрутів експорту та роль інтермодальності (залізниця–порт/річка–кордон) уже в «режимі воєнного часу» [10-12]. Для нашого дослідження це важливо не стільки як макроекономічний опис, скільки як джерело про зміну конфігурації маршрутів і транспортних «плечей», появу/зростання ролі перевалочних вузлів, терміналів та комбінованих схем.

Важливі також джерела, що описують залізничний кордон як операційну систему: де саме виникають затримки, що означає різниця ширини колії, як організовані прикордонні станції/пункти переходу, які типові операції та чому вони стають визначальними для пропускної та переробної спроможності [13-15].

Таким чином, попри наявність значної кількості публікацій, що аналізують логістичні аспекти експорту зерна та загальні трансформації транспортних потоків під впливом війни, у науковій літературі бракує системного технологічного аналізу саме еволюції організації залізничних перевезень зернових вантажів у часовому періоді 2022-2025 років. Існуючі дослідження частіше розглядають окремі елементи (обмеження перевалки, загальні логістичні шляхи, ефективність схем доставки тощо) але не зосереджуються на комплексній реконструкції технологічних моделей перевізного процесу за фазами зміни. Саме така технологічна систематизація становить прогалину, яку покликане заповнити дане дослідження.

Формулювання мети дослідження

Метою дослідження є комплексний аналіз еволюції технології організації перевезень зернових вантажів залізничним транспортом України у 2022-2025 роках та визначення ефективності адаптаційних технологічних рішень, прийнятих в умовах воєнної трансформації логістичної системи.

Дослідження спрямоване на виявлення закономірностей зміни технологічних моделей перевізного процесу (від екстреної прикордонно-орієнтованої організації потоків у 2022 році до формування портово-інтегрованої схеми перевезень у 2024-2025 роках), з урахуванням параметрів маршрутності відправок, обороту зерновозів, пропускної спроможності вузлових станцій та інтеграції залізничної інфраструктури з портовими терміналами.

Реалізація зазначеної мети передбачає формування системного підходу до оцінки технологічної трансформації перевізного процесу та обґрунтування напрямів його подальшого вдосконалення в умовах тривалої воєнної нестабільності.

Викладення основного матеріалу дослідження

2022 рік – екстрена технологічна модель

Початок повномасштабної війни у лютому 2022 року призвів до різкої зупинки традиційної портово-орієнтованої технології перевезення зернових вантажів. До війни основний обсяг зерна транспортувався залізницею до портів Великої Одеси за стабільними маршрутними схемами, із відпрацьованими графіками руху та узгодженою взаємодією «станція – порт – термінал». Блокування морських портів фактично ліквідувало домінуючий технологічний напрям, що вимагало негайної перебудови перевізного процесу.

У 2022 році сформувалася екстрена технологічна модель, основною характеристикою якої стала переорієнтація потоків на прикордонні переходи з країнами ЄС та на дунайський напрям. Згідно з аналітичними матеріалами щодо інтеграції української залізничної системи до транспортної мережі ЄС, одним із ключових технологічних обмежень став різний стандарт ширини колії (1520 мм в Україні та 1435 мм у країнах ЄС), що зумовило необхідність перевалки зерна або перестановки візків на прикордонних станціях [1, 3, 14]. Різке збільшення вантажопотоку на прикордонні станції Чоп, Мостиська, Ізов та інші спричинило перевантаження їх переробної

спроможності. За оцінками міжнародних аналітичних оглядів, у 2022 році сухопутні маршрути не могли повністю компенсувати втрату портової інфраструктури саме через технологічні обмеження пропускної здатності, дефіцит перевалочних потужностей та обмежену кількість зерновозів [16, 17]. Технологічна структура перевезень зерна у 2022 році характеризувалася: децентралізованим формуванням відправок; зростанням частки дрібних груп вагонів замість повноцінних маршрутів; збільшенням часу очікування на прикордонних станціях; накопиченням вагонів у зонах перевалки; порушенням ритмічності руху поїздів.

Звіт USDA, що аналізує дані 2022 року, фіксує значне зростання навантаження на альтернативні сухопутні маршрути та суттєві затримки в логістичних ланцюгах через перевантаження прикордонних переходів [17]. У технологічному вимірі це призвело до зниження продуктивності зерновозів та збільшення їх середнього обороту. Якщо до війни основною технологією були маршрутні відправки з мінімальною кількістю проміжних операцій [7], то у 2022 році значна частина перевезень здійснювалася із багаторазовими переформуваннями складів та операціями перевалки, що збільшувало тривалість циклу використання вагона [1, 3].

Крім того, порушення графіка руху через воєнні ризики (обмеження швидкостей, зміни маршрутів, пошкодження інфраструктури) вимагало від диспетчерських служб переходу до режиму оперативного управління, де ключовим фактором став не стільки плановий графік, скільки адаптивність прийняття рішень. Світовий банк у звіті 2025 року зазначає, що у 2022 році транспортна система України працювала в умовах одночасного дефіциту пропускної спроможності та інфраструктурних ризиків, що безпосередньо впливало на ефективність залізничних операцій [18].

Таким чином, 2022 рік можна охарактеризувати як фазу екстреної технологічної перебудови, у межах якої: відбулася радикальна зміна напрямків руху зернових потоків; залізнична система працювала в режимі перевантаження окремих вузлів; маршрутна технологія поступилася місцем децентралізованим схемам; збільшився оборот зерновозів і знизилася продуктивність рухомого складу; прикордонні операції стали ключовим технологічним обмеженням системи.

Екстрена модель 2022 року заклала передумови для подальшої технологічної адаптації у 2023-2024 роках, коли почалося поступове впорядкування маршрутних схем та оптимізація перевізного процесу.

2023 рік – формування адаптивної маршрутної технології

Після шоку 2022 року, коли екстрена технологічна модель перевезень зернових вантажів була зосереджена на «державному реагуванні» та максимальному використанні наявних залізничних та прикордонних потужностей, 2023 рік став періодом формування більш упорядкованої, адаптивної маршрутної технології перевезень. Ця фаза характеризується поступовим переходом від довільних, децентралізованих відправок до систематичної організації маршрутних поїздів, централізованого планування та оптимізації потоків, що забезпечило підвищення ефективності використання рухомого складу та інфраструктурних ресурсів.

Однією з ключових передумов такого переходу було розуміння, що перевезення зернових вантажів мають бути організовані не як випадкові «драбинки» вагонів по прикордонних станціях, а як маршрути з чітко визначеними вузлами накопичення, пересортування та відправлення. Це передбачало інтенсивне використання «маршрутних поїздів» – сформованих складів, що курсували на великі відстані без частих розділень і злиттів, з оптимізованою кількістю вагонів і виваженими графіками руху [5, 12, 14]. Такий підхід зменшував загальний час обороту рухомого складу та підвищував його продуктивність.

Одним із показових проявів зміни технології стала зміна стратегії роботи прикордонних станцій та вузлових центрів сортування. Якщо у 2022 році прикордонні станції були надмірно навантажені операціями перевалки, зміною колії та формуванням частих дрібних відправок, то у 2023 році спостерігалось сконцентроване формування поїздів на основі планових маршрутів, що дозволяло скоротити затримки та переробні цикли. Це підтверджується дослідженнями, що аналізують операційну ефективність логістичних ланцюгів в умовах конфліктів, де ефективне планування маршрутів визнається ключовим технологічним фактором для збереження пропускної спроможності інфраструктури [1, 3, 5].

Також у 2023 році технологічні ділянки організації перевезень дедалі частіше включали маршрути до дунайських портів, що вимагало узгодження графіків зі станціями-перевантажувачами на Дунаї, узгодження тягових зусиль та оптимізації плечей руху. Така організація мала технологічний вплив на те, як формувалися маршрути та як управлялися ресурси (тяга, локомотиви, вагонний парк).

У 2023 році почали також впроваджуватися елементи централізованого диспетчерського управління, які дозволяли більш гнучко реагувати на коливання потоку зернових у різних напрямках, планувати перевезення на підставі реальних даних про наявність вагонів та станцію накопичення, а не лише за наявними замовленнями. Це означало, що технологія не була просто «компенсацією» відсутності портів – вона стала вже адаптивною, орієнтованою на передбачення та оптимізацію.

З точки зору організації руху, у 2023 році фіксується перехід до: збільшення частки маршрутних поїздів замість автономних груп вагонів зі змінною конфігурацією у маршруті; концентрації потоків на ключових вузлових станціях (центральні сортувальні пункти, станції «транзитної» концентрації); оптимізації графіків руху на основі

прогнозних моделей і адаптивних рішень диспетчерських служб; зменшення середнього часу обороту зерновозів за рахунок мінімізації простоїв; скорочення порожнього пробігу через краще балансування складів на маршруті.

Ці зміни технологічної організації перевезень зернових вантажів у 2023 році лягли в основу подальшої трансформації 2024-2025 років, де технологія вже мала не лише адаптивний, а й портово-інтегрований характер, що дозволило цій моделі ефективно працювати в умовах відновленої морської логістики та інтенсивних вантажних потоків.

2024 рік – формування портово-орієнтованої технології

Починаючи з 2024 року, технологічна організація перевезень зернових вантажів залізничним транспортом України зазнала якісних змін під впливом двох ключових факторів: часткового відновлення роботи Чорноморських портів і поступового формування портово-орієнтованої логістичної схеми, де залізниця стала системним підвозним елементом до морських терміналів [1, 6]. На відміну від 2022-2023 років, коли технологія була зорієнтована здебільшого на вирішення прикордонно-транспортних та маршрутних задач, у 2024 році в структуру перевізного процесу втаємничено ввійшли портово-логістичні параметри. Це означало, що вже не просто змінювався порядок формування маршрутів чи оптимізувалося використання вагонів, а змінювався сам технологічний ланцюг організації перевезень: від місця накопичення зерна → до залізничної станції → до портового терміналу → на судно.

Одним із важливих технологічних наслідків цієї зміни стало те, що маршрутна технологія 2024 року почала формуватися з урахуванням графіків портових приймань та обмежень пропускної спроможності терміналів. Це означало, що графіки відправок залізничних маршрутів вже не формувалися «за внутрішніми залізничними правилами», а узгоджувалися з портовими обмеженнями, забезпечуючи синхронну роботу обох сегментів логістичного ланцюга. Через це змінювалася структура операцій на припортових станціях. У 2022-2023 роках переробка вагонів та їх концентрація відбувалися переважно на транспортних вузлах і прикордонних переходах із ЄС чи на Дунайському маршруті. Натомість у 2024 році центрами концентрації вантажопотоків стали станції, що безпосередньо обслуговують порти Великої Одеси та припортові комплекси. Це спричинило зростання операцій з накопичення зерна на підходах до портів, організацію черг вагонів за портовими слотами, необхідність інтегрованого диспетчерського планування залізничних та портових операцій.

Формування портово-орієнтованої технології вимагало внесення змін у такі технологічні компоненти перевізного процесу:

- концентрація потоків на портових вузлах – логістичні маршрути 2024 року сформовано так, щоб максимально задовольнити пропускні можливості портів, що стало критичним для уникнення «вузьких місць» у технології перевезень (це, зокрема, вплинуло на вибір маршрутів та порядок формування поїздів, їхні графіки та розраховані плечі руху);
- синхронізація залізничного графіка з портовим графіком обробки вантажів – технологія відвантаження тепер передбачала узгодження часу прибуття поїздів із можливістю прийому зерна портовими терміналами, що мінімізувало очікування та зменшувало час обороту вагонів;
- технологічні черги на підходах до портів – зростання черг та необхідність їх облік у плануванні руху змусили залізничні диспетчерські служби переходити на прогнозне управління чергами, яке враховує портові слоти й операційні обмеження;
- робота в умовах комбінованих операцій «залізниця – порт» – для оптимізації такої роботи стало критичною задачею не лише переміщення вагонів, а і їхня обробка (розформування/формування складів) з урахуванням можливостей портових терміналів і наявності обладнання для швидкої перевалки вантажів.

Це відображено в офіційних даних щодо функціонування Українського морського коридору. За даними Кабінету Міністрів України, з моменту запуску морського коридору порти «Великої Одеси» станом на травень 2025 року обробили понад 120 млн.т. вантажів, із яких 76 млн.т. – аграрна продукція, включно з зерновими, що передусім забезпечувалося через злагоджену роботу залізничної підвозної схеми до портів [19].

З технологічної точки зору, ключовим наслідком цієї зміни стала нова інтеграційна технологічна модель перевезень зернових, в якій: залізничні маршрути плануються не ізольовано, а в системі взаємодії з портовими графіками; збільшено роль накопичувальних технологічних вузлів поруч із портами; організація черг вагонів та їх обробка стала процесом, що вимагає взаємної координації диспетчерських служб залізниці та портових операторів; саме портова інтеграція стала визначальним фактором оптимізації обороту вагонів у 2024 році. Така технологічна модель відрізняється від попередніх фаз (2022 – екстрена децентралізована модель, 2023 – адаптивна маршрутна модель) тим, що вона інтегрує роботу залізничної системи з логістичними можливостями портів, що стало технологічною домінантою перевізного процесу. Саме ця інтегрованість і привела до структурних змін в організації ринку перевезень зернових, які мали вирішальний вплив на загальну пропускну спроможність, технологічні черги та ефективність логістичного ланцюга у 2024 році.

2025 рік – портово-інтегрована адаптивна технологія

У 2025 році технологія організації перевезень зернових вантажів залізничним транспортом України стала портово-інтегрованою та адаптивною, що є логічним продовженням трансформацій, започаткованих у 2024 році

[1, 6]. Якщо попередня фаза 2024 року була зосереджена на синхронізації роботи залізниці з графіками прийому портових терміналів, то у 2025 році технологічна модель досягла більш високого рівня інтеграції в режимі реального часу, з адаптивними механізмами реагування на зовнішні ризики, зокрема воєнні обстріли, зміни портових слотів, зміни кон'юнктури та коливання потоків.

Одним із ключових технологічних викликів 2025 року стало забезпечення безперервності та прогнозованості перевізного процесу всупереч нерівномірній роботі портових та залізничних вузлів через ракетні атаки та технічні обмеження. Український морський коридор, який у 2025 році обробив значну частину зернового експорту, вимагав від залізничної системи високого рівня узгодженості між графіками руху, портовими слотами та можливостями обробки вагонів на припортових накопичувальних станціях [19].

У технологічному сенсі портово-інтегрована адаптивна модель 2025 року мала такі характерні риси:

1. динамічне коригування маршрутів і слоту залізничних поїздів відповідно до змін у роботі портових терміналів, що вимагає синхронної диспетчерської взаємодії між залізничними та портовими операторами;
2. оптимізація вагонопотоків у реальному часі з використанням цифрових систем моніторингу та оперативного обміну інформацією між усіма вузлами логістичного ланцюга, включно з елеваторами, залізницею та портами;
3. гнучкість технологічних схем формування поїздів, що передбачала оперативне перепланування складів у разі зміни портового графіка прийому, пошкоджень колій чи тимчасових обмежень роботи окремих ділянок;
4. пріоритетність підвозу до припортових низових вузлів, що вимагало переорієнтації вагонних графіків із урахуванням потужностей накопичення та розвантаження без «перегинів» у переробних системах.

Для відображення цих змін важливо оцінювати не лише кількісні показники (тоннаж, частка залізниці в загальному експорті), а й технологічні параметри організації перевізного процесу. До таких параметрів належать, зокрема: середній час перебування вагонів на станціях типу «портовий накопичувач»; показники ефективного обороту вагонів (скорочення простоїв); частка маршрутних поїздів із оптимізованим графіком; час очікування стикових операцій (залізниця–порт).

Адаптивна технологія передбачала як реактивні, так і проактивні механізми управління. Реактивні механізми проявлялися в оперативних змінах графіків та маршрутів через пошкодження інфраструктури або зміни портових можливостей, тоді як проактивні – у плануванні маршрутної структури з урахуванням очікуваних ризиків і потужностей портових вузлів. Такий підхід дозволяв скорочувати загальний технологічний цикл обробки вагонів і підвищував стабільність перевізного процесу.

Підвищення адаптивності вимагало також удосконалення диспетчерських систем і засобів автоматизації контролю за рухом вагонів. Зокрема, інтегровані інформаційні платформи дозволяли слідкувати за місцезнаходженням вагонів, прогнозувати зміни в графіках руху, координувати дії з портовими операторами та негайно коригувати плани перевезень у разі потреби. Важливим елементом стала взаємодія з системами керування портами, що дозволяло зменшити технологічні «дірки» між прибуттям поїзда та початком розвантаження.

Також 2025 рік продемонстрував, що портово-інтегрована адаптивна технологія здатна пом'якшувати наслідки зовнішніх потрясінь: навіть у періоди інтенсивних атак на критичну інфраструктуру було зафіксовано швидке перенаправлення частини потоків на альтернативні вузли та коридори (дублюючі колії, внутрішні сортувальні станції), що стало можливим завдяки наявності гнучкого диспетчерського рішення.

Важливо зазначити, що така технологічна модель не лише підвищила ефективність роботи залізниці як частини мультимодальної логістичної системи, а й створила передумови для подальшої технологічної стійкості перевізного процесу в умовах тривалої невизначеності. За оцінками галузевих оглядів, інтеграція залізничної технології з портовою інфраструктурою в 2025 році дозволила не лише підтримувати необхідні експорту обсяги, але і підвищити гнучкість реакції на зовнішні виклики, зокрема ті, що пов'язані з безпекою та геополітичними ризиками.

Отже, 2025 рік у технологічному вимірі знаменує формування портово-інтегрованої адаптивної моделі перевезень зернових, де залізничний транспорт виступає не автономним експортним каналом, а системним компонентом інтегрованої логістичної технології, здатної працювати ефективно в сучасних умовах складних зовнішніх обмежень.

Висновки

Проведене дослідження дозволило встановити, що у 2022-2025 роках відбулася послідовна та структурна трансформація технології організації перевезень зернових вантажів залізничним транспортом України. Зміни мали не епізодичний, а фазовий характер і відображали адаптацію перевізного процесу до різних домінуючих обмежень кожного періоду.

У 2022 році технологічна система функціонувала в умовах екстреної перебудови. Основним обмеженням стала пропускна спроможність прикордонних переходів і станцій зміни колій. Переорієнтація потоків на західні напрямки спричинила зростання простоїв вагонів, порушення маршрутності та збільшення обороту зерновозів. Перевізний процес мав реактивний характер і був орієнтований на подолання інфраструктурних бар'єрів.

У 2023 році сформувалася адаптивна маршрутна модель. Завдяки укрупненню відправок, концентрації потоків і впорядкуванню графіків руху вдалося зменшити кількість переформувань складів і частково скоротити час обороту вагонів. Перевізний процес перейшов від хаотичного реагування до керованої маршрутизації.

У 2024 році технологічна конфігурація змінилася під впливом стабілізації морського експорту. Центр технологічної напруги перемістився з прикордонних переходів до припортових підходів. Залізнична система стала орієнтуватися на синхронізацію з портовими графіками, що вимагало створення накопичувальних вузлів та інтеграції диспетчерського управління із портовими операторами.

У 2025 році завершилося формування портово-інтегрованої адаптивної технології. Залізниця стала функціонувати як підвозний елемент єдиного морського логістичного механізму. Технологічна ефективність визначалась здатністю мінімізувати простой на припортових станціях, забезпечувати ритмічність підвозу та оперативно коригувати маршрути в умовах воєнних ризиків. Перевізний процес набув системного, інтегрованого та прогнозного характеру.

Порівняльний аналіз показав зміну домінуючих технологічних обмежень: у 2022 році – прикордонна інфраструктура; у 2023 році – організація маршрутності; у 2024 році – пропускна спроможність припортових вузлів; у 2025 році – інтеграція та цифрова координація залізнично-портових операцій.

Основними результатами технологічної трансформації стали: скорочення непродуктивних простоїв вагонів; стабілізація обороту зерновозів; зростання частки маршрутних відправок; підвищення узгодженості роботи залізниць та портів; перехід до адаптивного диспетчерського управління.

Таким чином, у 2022-2025 роках технологія перевезень зернових вантажів залізничним транспортом України пройшла шлях від кризової децентралізованої моделі до інтегрованої портово-орієнтованої системи з підвищеною гнучкістю та стійкістю. Отримані результати підтверджують, що саме технологічна адаптація, а не лише зміна напрямків експорту, стала ключовим фактором збереження функціональності зернової логістики в умовах воєнної нестабільності.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на моделювання пропускної спроможності припортових вузлів, оптимізацію підвозних плечей та розвиток цифрових інструментів прогнозного управління вагонообігом у межах портово-інтегрованої логістичної системи.

Список використаної літератури

1. Yanovska, V., Król, M., Pittman, R. The logistics of grain exports from wartime Ukraine: What are the highest priority areas to address? *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*. 2025. Vol. 30. Id. 101363. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trip.2025.101363>
2. Хоменко Ю. Л., Огороков А. М. Дослідження експортних вантажопотоків зернових з України. *Транспортні системи та технології перевезень*. 2023. № 26. С. 85–91. URL: <https://doi.org/10.15802/tstt2023/293358>
3. Березовий, М. І., Болжеларський, Я. В., Гревцов, С. В., & Боричева, С. В. Аналіз логістичних ризиків перевезення вантажів зернової групи в європейські порти з використанням контейнерної технології. *Транспортні системи та технології перевезень*. 2023. № 25. С. 60–69. URL: <https://doi.org/10.15802/tstt2023/284495>
4. Semenenko O., Tolok P., Onofriichuk A., Onofriichuk V., & Chernyshova I. Improving Ukrainian grain export supply chains: an inclusive approach. *International Journal of Environmental Studies* 2023. Vol. 80. No. 2. P. 314–323. URL: <https://doi.org/10.1080/00207233.2023.2177426>
5. Вернигора Р. В., Огороков А. М., Тітяпов В. І., Латаш, С. О. Дослідження та оцінка ефективності логістичних схем перевезення зернових вантажів на експорт в умовах військового стану. *Транспортні системи та технології перевезень*. 2024. № 28. С. 4–15. URL: <https://doi.org/10.15802/tstt2024/312032>
6. Хоменко Ю. Л. Аналіз ефективності існуючих транспортно-технічних ліній транспортування зернових з України. *Транспортні системи та технології перевезень*. 2025. № 30. С. 79–87. URL: <https://doi.org/10.15802/tstt2025/340140>
7. Kozachenko D., Vernigora R., Kuznetsov V., Lohvinova N., Rustamov R., Papahov A. Resource-saving technologies of railway transportation of grain freights for export. *Archives of Transport*. 2018. T. 45. № 1. С. 63-74. URL: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.0944>
8. Strelko O., Solovyova O., Berdnychenko Yu., Kyrychenko H., Solovyova L. Study of the contemporary trends in the development of transport systems of the Ukrainian railways. *Acta Scientiarum Polonorum Administratio Locorum*. 2023. T. 22. № 2. С. 263–279. URL: <https://doi.org/10.31648/aspal.8444>
9. Нестеренко Г. І., Музикін М. І., Стрелко О. Г., Бібік С. І., Алексєєва А. О. Аналіз можливостей інтеграції транспортної системи України в європейську транспортну мережу. *Системи та технології*. 2023. Т. 66. № 2. С. 97-107. URL: <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2023.2-66.11>
10. Дідусенко В. В., Кравченко М. А., Золотарьов С. А., Прохорченко Г. О. Дослідження крос-кордонних перевезень зернових вантажів автомобільним та залізничним транспортом. *Системи та технології*. 2022. Т. 64. № 2. С. 19-29. URL: <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2022.2-64.3>

11. Нечипорук А., Котова М., Кочубей Д. Экспорт України в умовах воєнного стану. 2023. *Ius Modernum*. Т. 130. № 5. С. 18–32. URL: [https://doi.org/10.31617/3.2023\(130\)02](https://doi.org/10.31617/3.2023(130)02)
12. Германюк Ю. М., Паленик І. О. Дослідження логістичних витрат при перевезенні вантажів аграрної групи автомобільним і залізничним видами транспорту. *Транспортні системи та технології перевезень* 2024. № 27. С. 71–82. URL: <https://doi.org/10.15802/tstt2024/307370>
13. 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. URL: <https://doi.org/10.15802/tstt2023/293349>
14. Малашкін, В. В., Березовий, М. І., Перепічко М. Є. Дослідження впливу обсягів роботи пункту перестановки вагонів на потребу у колійній ємності для зберігання візків. *Транспортні системи та технології перевезень*. 2024. № 27. С. 48–54. URL: <https://doi.org/10.15802/tstt2024/307443>
15. Мороз М. М., Загорянський В. Г., Гайкова Т. В., Солошич І. О., Загорянський О. В. Удосконалення взаємодії видів вантажного транспорту на кременчуцькому терміналі «Нібулон» при перевалці зернових вантажів. *Транспортні системи та технології перевезень*. 2024, № 27. С. 4–10. URL: <https://doi.org/10.15802/tstt2024/307333>
16. USDA Agricultural Marketing Service. Ukraine Grain Transportation [Електронний ресурс]. 2023. URL: <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/UkraineJune2023.pdf> (дата звернення: 15.02.2026).
17. FAO. Note on the impact of the war on food security in Ukraine [Електронний ресурс]. Rome, 2022. URL: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/bab94e66-bac6-4519-9b4f-47e8b68b8d5f/content> (дата звернення: 15.02.2026).
18. The World Bank. The World Bank: Ukraine's Transport and Logistics System: Current and Prospective Opportunities and Challenges. [Електронний ресурс]. The World Bank, Washington, D.C. 2025. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099061725033525342/pdf/P502442-346a4fd3-882f-46ca-95c9-ce90c0a71619.pdf> (дата звернення: 15.02.2026).
19. Cabinet of Ministers of Ukraine. Ukraine maintains maritime exports and its contribution to global food security [Електронний ресурс]. 16 December 2025. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/ukraina-zberihaie-morskyi-eksport-i-svii-vnesok-u-hlobalnu-prodovolchu-bezpeku-oleksii-kuleba-pro-robotu-portiv-v-umovakh-viiny> (дата звернення: 15.02.2026).

References

1. Yanovska, V., Król, M., & Pittman, R. (2025). The logistics of grain exports from wartime Ukraine: What are the highest priority areas to Address? *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 30, 101363. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2025.101363>
2. Khomenko, Y., & Okorokov, A. (2023). Study of export freight flows of grain from Ukraine. *Transport Systems and Transportation Technologies*, (26), 85–91. <https://doi.org/10.15802/tstt2023/293358>
3. Berezovyi, M., Bolzhelarskyi, Y., Hrevtsov, S., & Borycheva, S. (2023). Analysis of logistic risks of transportation of grain group loads to european ports using piggyback technology. *Transport Systems and Transportation Technologies*, (25), 60–69. <https://doi.org/10.15802/tstt2023/284495>
4. Semenenko, O., Tolok, P., Onofriichuk, A., Onofriichuk, V., & Chernyshova, I. (2023). Improving Ukrainian grain export supply chains: an inclusive approach. *International Journal of Environmental Studies*, 80(2), 314–323. <https://doi.org/10.1080/00207233.2023.2177426>
5. Vernyhora, R., Okorokov, A. M., Titiapov, V. I., & Latash, S. O. (2024). Research and evaluation of logistics schemes efficiency for the grain loads transportation for export under the conditions of the military state. *Transport Systems and Transportation Technologies*, (28), 4–15. <https://doi.org/10.15802/tstt2024/312032>
6. Khomenko, Y. (2025). Analysis of the efficiency of existing transport and technical lines for transporting grain from Ukraine. *Transport Systems and Transportation Technologies*, (30), 79–87. <https://doi.org/10.15802/tstt2025/340140>
7. Kozachenko, D., Vernigora, R., Kuznetsov, V., Lohvinova, N., Rustamov, R., & Papahov, A. (2018). Resource-saving technologies of railway transportation of grain freights for export. *Archives of Transport*, 45(1), 63-74. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.0944>
8. Strelko, O., Solovyova O., Berdnichenko, Y., Kyrychenko, H., & Solovyova L. (2023). Study of the contemporary trends in the development of transport systems of the Ukrainian railways. *Acta Scientiarum Polonorum Administratio Locorum*, 22(2), 263–279. <https://doi.org/10.31648/aspal.8444>
9. Nesterenko, H. I., Muzykin, M. I., Strelko, O. H., Bibik, S. I., & Aleksieieva, A. O. (2023). Analysis of possibilities for integrating the transport system of ukraine into the european transport network. *Systems and Technologies*, 66(2), 97-107. <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2023.2-66.11>
10. Didusenko, V. V., Kravchenko, M. A., Zolotarov, M. A., & Prokhorchenko, H. O. (2022). The study of the cross-border transportation of grain cargo by road and rail. *Systems and Technologies*, 64(2), 19-29. <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2022.2-64.3>

11. Nechyporuk, A., Kotova, M., & Kochubei, D. (2023). Ukraine's exports under martial law. *Ius Modernum*. 130(5), 18–32. [https://doi.org/10.31617/3.2023\(130\)02](https://doi.org/10.31617/3.2023(130)02)
12. Hermaniuk, Y., & Palenyk, I. (2024). Research on logistic costs in transportation of agricultural cargo by road and rail transport modes. *Transport Systems and Transportation Technologies*, (27), 71–82. <https://doi.org/10.15802/tstt2024/307370>
13. Berezovyi, M., Malashkin, V., Borycheva, S., Laushnik, S., & Radzhapova, I. (2023). Development of a logistics scheme for crossing the border with the EU by trailer trains when transporting grain group loads. *Transport Systems and Transportation Technologies*, (26), 44–52. <https://doi.org/10.15802/tstt2023/293349>
14. Malashkin, V., Berezovyi, M., & Perepichko, M. (2024). Studying the impact of the volume of work at the railcar transfer point on the need for track storage capacity for bogies. *Transport Systems and Transportation Technologies*, (27), 48–54. <https://doi.org/10.15802/tstt2024/307443>
15. Moroz, M., Zahorianskyi, V., Haikova, T., Soloshych, I., & Zahorianskyi, O. (2024). Improving the interaction of the types of truck transportation at the «Nibulon» terminal in Kremenchuts when transporting grain loads. *Transport Systems and Transportation Technologies*, (27), 4–10. <https://doi.org/10.15802/tstt2024/307333>
16. USDA Agricultural Marketing Service (AMS). (2023). Ukraine Grain Transportation (Published June 2023). Available at: <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/UkraineJune2023.pdf> (accessed: 15 Feb 2026).
17. FAO. (2022, July 20). Note on the impact of the war on food security in Ukraine. Available at: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/bab94e66-bac6-4519-9b4f-47e8b68b8d5f/content> (accessed: 15 Feb 2026).
18. The World Bank. (2025). The World Bank: Ukraine's Transport and Logistics System: Current and Prospective Opportunities and Challenges. The World Bank, Washington, D.C. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099061725033525342/pdf/P502442-346a4fd3-882f-46ca-95c9-ce90c0a71619.pdf> (accessed: 15 Feb 2026).
19. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2025, December 16). Ukraine maintains maritime exports and its contribution to global food security (ports during wartime). Available at: (<https://www.kmu.gov.ua/news/ukraina-zberihaie-morskyi-eksport-i-svii-vnesok-u-hlobalnu-prodovolchu-bezpeku-oleksii-kuleba-pro-robotu-portiv-v-umovakh-viiny>) (accessed: 15 Feb 2026).

Дата першого надходження статті до видання: 12.02.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 18.03.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 07.05.2026