

УДК 656.07:004.8:355.01
DOI DOI DOI DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2026.2.2/34>

Турпак С.М.

<https://orcid.org/0000-0003-3200-8448>
Національний університет «Запорізька політехніка»

Фоміна А.М.

<https://orcid.org/0000-0002-9810-8997>
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

Острогляд О.О.

<https://orcid.org/0000-0002-8496-3271>
Національний університет «Запорізька політехніка»

Олениця О.О.

<https://orcid.org/0000-0002-5262-2755>
Національний університет «Запорізька політехніка»

Лебідь Г.О.

<https://orcid.org/0000-0002-8629-8623>
Національний університет «Запорізька політехніка»

КОНВЕРГЕНЦІЯ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ ТА ОБОРОННОЇ СТІЙКОСТІ: НОВИЙ ФОРМАТ ЛОГІСТИКИ ПРОМИСЛОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

У статті досліджується актуальна науково-прикладна проблема формування нового формату логістики промислової продукції в умовах зростаючої невизначеності, воєнних загроз та руйнування традиційних ланцюгів постачання. Обґрунтовано, що класичні логістичні моделі, орієнтовані переважно на мінімізацію витрат і ефективність у стабільному середовищі, виявляються недостатньо адаптивними та вразливими до кризових впливів. У цьому контексті запропоновано концепцію конвергенції оперативного планування, інтелектуального транспорту та оборонної стійкості як системної основи трансформації логістики.

Метою дослідження є наукове обґрунтування теоретико-методичних засад і розроблення практичних рекомендацій щодо створення інтегрованої логістичної системи, здатної забезпечити безперервність, надійність та адаптивність перевезень у складних і кризових умовах. Методологічною базою роботи є системний аналіз, методи логістичного та транспортного моделювання, концепції цифрових двійників, інтелектуальних транспортних систем, а також сучасні підходи до оцінювання стійкості ланцюгів постачання. У дослідженні використано аналіз наукових джерел, сценарне та багатокритеріальне планування, узагальнення практичного досвіду функціонування логістичних систем у воєнний період.

У результаті дослідження сформовано концептуальну модель конвергентної логістики, в якій оперативне планування розглядається як динамічний процес прийняття рішень у реальному часі з урахуванням ризиків та обмежень, інтелектуальний транспорт – як технологічна платформа для автоматизації, моніторингу й оптимізації перевезень, а оборонна стійкість – як інтегральна властивість логістичної системи, що забезпечує її здатність протистояти зовнішнім шокам, швидко відновлюватися та зберігати функціональність. Показано, що поєднання зазначених компонентів створює синергетичний ефект, який дозволяє одночасно підвищити ефективність використання транспортних ресурсів і надійність постачання критично важливої продукції.

Наукова новизна роботи полягає у комплексному обґрунтуванні конвергенції оперативного планування, інтелектуального транспорту та оборонної стійкості як єдиного логістичного підходу, а також у розробленні концептуальних положень формування «антикризової» логістики промислової продукції. Практична значимість результатів полягає у можливості їх використання промисловими підприємствами, логістичними операторами та органами державного управління для підвищення стійкості ланцюгів постачання, удосконалення систем управління перевезеннями та забезпечення економічної й національної безпеки в умовах кризових і воєнних викликів.

Ключові слова: транспорт, логістика, інтелектуальна логістична технологія оперативного управління перевезеннями, оперативне планування перевезень.



Постановка проблеми. Сучасна логістика промислової продукції зіткнулася з безпрецедентними викликами, пов'язаними з геополітичною нестабільністю, ризиками військових дій та руйнуванням традиційних ланцюгів постачання. Існуючі моделі логістичного забезпечення, орієнтовані на мінімізацію витрат у стабільних умовах, виявилися нездатними забезпечити необхідну оперативну гнучкість і оборонну стійкість. Проблема полягає у відсутності науково обґрунтованого та практично реалізованого інтегрального підходу, який би дозволив ефективно поєднати можливості швидкого оперативного планування, ресурси інтелектуального транспорту та принципи оборонної стійкості. Недостатньо розробленою є методологія формування таких конвергентних логістичних систем, що здатні не лише оптимізувати процеси, але й протистояти зовнішнім шокам, забезпечуючи безперебійність критичних поставок. Як наслідок, промислові підприємства несуть значні збитки, а економіка країни в цілому залишається вразливою перед зовнішніми загрозами. Отже, виникає гостра науково-прикладна проблема розробки нового формату логістики промислової продукції, заснованого на ефективній конвергенції ключових елементів для підвищення її надійності та життєздатності в умовах кризи. Вирішення цієї проблеми є критично важливим для забезпечення економічної безпеки та стійкого функціонування промислового комплексу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Публікація [1] розглядає життєздатність взаємопов'язаних поставальних мереж у кризових умовах, включаючи пандемію COVID-19. Автори підкреслюють важливість переходу від класичної «стійкості» до концепції «виживаності», що охоплює здатність системи функціонувати під тривалими збуреннями. У роботі пропонуються підходи інтегрованого планування та адаптивного управління потоками. Автори демонструють необхідність гнучких цифрових моделей для прогнозування каскадних розривів у мережах.

У статті [2] представлено концепцію цифрового двійника поставального ланцюга для управління ризиками деструкцій у середовищі Industry 4.0. Автори моделюють різні сценарії порушень та аналізують реакцію системи у цифровому середовищі. Показано, що цифровий двійник дозволяє суттєво підвищити точність прогнозування ризиків. Дослідження підкреслює важливість інтеграції даних у реальному часі у процеси планування.

Робота [3] присвячена визначенню параметрів бортових емнісних накопичувачів енергії для під-

земного рухомого складу. Автори поєднують теоретичні моделі та експериментальні дослідження для оцінки ефективності накопичувачів. У статті показано вплив конструктивних параметрів на енергетичну продуктивність системи. Результати мають практичне значення для оптимізації енергоспоживання шахтного транспорту.

У роботі [4] систематизовано літературу щодо покращення стійкості ланцюгів постачання на основі технологій Industry 4.0. Автори оцінюють вплив пандемії COVID-19 на необхідність цифровізації логістичних процесів. Стаття акцентує на можливостях IoT, аналітики даних та кіберфізичних систем у підвищенні адаптивності.

Публікація [5] розробляє системну структуру оцінки стійкості ланцюгів постачання в умовах COVID-19. Автори визначають ключові здатності – адаптивність, гнучкість, візуалізацію і координацію. У статті застосовано методику картування стейкхолдерів та логістичних функцій.

У роботі [6] досліджується динамічне навантаження на напіввагон під час його фіксації в'язким з'єднанням на палубі порому. Автори пропонують математичну модель коливань та напружень, що виникають при перевезеннях у морських умовах. Стаття дає оцінку впливу хвилювання та коливань на безпеку кріплення вагона.

Дослідження [7] оцінює стійкість сталих логістичних ланцюгів через застосування методів обчислювального інтелекту. Автори пропонують гібридну модель оцінки ризиків і адаптаційних можливостей. Емпіричні результати підтверджують ефективність комбінованих методів у підвищенні точності прогнозів. Стаття демонструє важливість інтеграції стійкості та сталості у спільну логістичну стратегію.

В роботі [8] аналізують проблеми інтелектуальної трансформації логістики при розподілі товарів. Автори підкреслюють технологічні розриви між традиційними системами та вимогами цифрової економіки. Запропоновано алгоритмічні підходи до оптимізації маршрутів, потоків.

Робота [9] розглядає застосування інтелектуальних транспортних систем у сфері автомобільних вантажних перевезень. Автори аналізують вплив ITS-технологій на якість логістичного сервісу. Виявлено, що цифрові ресурси дозволяють скоротити час реакції та підвищити точність операцій.

У статті [10] представлено високонадійну гібридну систему передачі даних для безпілотних надводних апаратів. Автори аналізують роботу системи за умов інтенсивних перешкод. Запропоновано архітектуру, що поєднує декілька каналів

зв'язку для забезпечення стійкості. Моделювання підтверджує значне підвищення безвідмовності. Результати можуть бути застосовані в оборонній логістиці та морському моніторингу.

Вчені [11] вивчають стійкість ланцюгів постачання у воєнних умовах. Автори визначають ключові характеристики – гнучкість, адаптацію, відновлюваність та альтернативність маршрутів. Стаття базується на аналізі даних українських підприємств. Дослідження фіксує різке зростання значення цифрових платформ для координації постачань.

Аналіз наукової літератури, засвідчив, що питання оперативного планування, інтелектуального транспорту та оборонної стійкості розглядаються переважно як окремі, незалежні напрями. Це підтверджує необхідність ініціювання та проведення даного науково-прикладного дослідження для заповнення виявленої методологічної та практичної ніші.

Постановка завдання. Метою науково-прикладного дослідження є наукове обґрунтування та розробка теоретико-методичних засад і практичних рекомендацій щодо формування нового формату логістики промислової продукції, заснованого на принципі конвергенції оперативного планування, інтелектуального транспорту та оборонної стійкості. Кінцевий результат має забезпечити підвищення надійності та адаптивності логістичних систем промислових підприємств в умовах високої невизначеності та загроз.

Виклад основного матеріалу. У сучасному світі, що характеризується високою динамікою та непередбачуваністю, особливо у контексті глобальних викликів та військово-політичної напруги, питання логістики промислової продукції набуває стратегічного значення. Традиційні підходи до управління ланцюгами постачання виявляються недостатньо гнучкими та стійкими перед обличчям кризових ситуацій. Це особливо стосується України, де забезпечення безперебійності виробництва та постачання критично важливих товарів безпосередньо впливає на національну безпеку та економічну стійкість.

Ключовим імперативом сьогодення є необхідність формування принципово нового, інтегрованого та адаптивного формату логістики. Такий формат має ґрунтуватися на конвергенції трьох фундаментальних елементів: оперативного планування, інтелектуального транспорту та оборонної стійкості.

Оперативне планування в нових умовах вимагає переходу від статичних, довгострокових схем

до гнучких, динамічних моделей, здатних швидко реагувати на зміни в реальному часі. Використання сучасних аналітичних інструментів, що базуються на великих даних та штучному інтелекті, дозволяє прогнозувати потенційні ризики та оперативно переналаштовувати маршрути та обсяги постачання. Це дає змогу мінімізувати простої та забезпечити безперервність виробничих процесів, навіть в умовах обмежених ресурсів або інфраструктурних пошкоджень.

Інтелектуальний транспорт (ІТС) є технологічною основою для реалізації такого гнучкого планування. Системи ІТС, що включають засоби моніторингу, навігації, автоматизованого керування та зв'язку, дозволяють підвищити ефективність використання транспортних засобів, оптимізувати трафік та зменшити час доставки. Впровадження рішень ІТС в логістичні процеси промислових підприємств дозволяє не лише скоротити операційні витрати, але й значно підвищити надійність постачання за рахунок мінімізації впливу людського фактора та зовнішніх перешкод.

Третій, і найбільш критичний елемент – оборонна стійкість логістичних систем. Це поняття виходить за рамки традиційного управління ризиками та передбачає здатність системи протистояти зовнішнім шокам, швидко відновлюватися після пошкоджень та забезпечувати функціонування в умовах воєнного чи кризового стану. Вона включає створення резервних маршрутів, диверсифікацію постачальників, захист критичної логістичної інфраструктури та формування стратегічних запасів. Забезпечення оборонної стійкості логістики промислової продукції є питанням національної безпеки та економічного виживання.

Конвергенція цих трьох напрямів створює синергетичний ефект, що дозволяє досягти нового рівня ефективності та надійності. Інтеграція даних оперативного планування з можливостями ІТС дозволяє формувати "розумні" логістичні коридори, які автоматично адаптуються до загроз. Включення параметрів оборонної стійкості в процес планування гарантує, що логістична мережа здатна витримувати значні навантаження та перешкоди.

1. Узагальнена цілеспрямованість. Метою стратегії є розроблення та впровадження принципово нового формату логістики промислової продукції, спрямованого на забезпечення безперервності, ефективності та стійкості постачань в умовах сучасних викликів, включаючи гібридні загрози та збройні конфлікти. Конвергенція трьох ключових компо-

ментів створює синергетичний ефект, що дозволяє трансформувати логістичний ланцюг в адаптивну, самовідновлювану та розумну систему.

2. Концептуальна основа (конвергенція). Оперативне планування: гнучке, сценарне планування на основі реального часу. Перехід від статичних графіків до динамічних моделей, що враховують оперативну обстановку, доступність ресурсів та прогнозовані ризики. Інтелектуальний транспорт: використання цифрових платформ, IoT, автономних транспортних засобів, предиктивної аналітики та штучного інтелекту для управління перевезеннями. Це забезпечує прозорість, автоматизацію маршрутизації та підвищення ефективності. Оборонна стійкість: здатність логістичної системи протистояти, поглинати, адаптуватися та швидко відновлюватися після руйнівних впливів (фізичні ураження, кібератаки, блокади, електронні придушення). Включає редундантність, розподіленість, маскуваність, захист критичної інфраструктури та інформації.

3. Стратегічні цілі (на 3-5 років):

3.1. Створення цифрового логістичного середовища: розробка єдиної національної інтеграційної платформи для обміну даними між державними органами, логістичними операторами, виробниками та споживачами.

3.2. Підвищення автономності та гнучкості ланцюгів постачань: розвиток розподілених логістичних хабів, резервування критичних матеріалів та виробничих потужностей, підтримка локалізації виробництва ключових компонентів.

3.3. Запровадження стандартів «антикрихкої» логістики: розробка та сертифікація логістичних протоколів, що обов'язково включають елементи кіберзахисту, фізичної безпеки та планування дій в надзвичайних ситуаціях.

3.4. Формування кадрового потенціалу: підготовка фахівців нового типу – «логістів з оборонної стійкості», що володіють знаннями в галузі цифрових технологій, оперативного управління та основ національної безпеки.

3.5. Створення експериментальних полігонів: запуск пілотних проектів з використанням автономних колон для доставки в умовах «обмеженої доступності» та тестування алгоритмів адаптивного планування під час навчань.

4. Прикладні кроки (дорожня карта):

Фаза 1: Фундація та аналіз (1 рік). Проведення аудиту критичної логістичної інфраструктури та вразливих місць у ланцюгах постачання ключових галузей (енергетика, металургія, АПК, оборонно-промисловий комплекс). Розробка архітектури та

протоколів національної логістичної платформи (NLP) з забезпеченням кібербезпеки. Створення міжвідомчої робочої групи (Мінтранс, Міноборони, Мінекономіки, Мінцифра, Генштаб, бізнес). Прийняття базового законодавчого акту про державно-приватне партнерство у сфері стійкої логістики.

Фаза 2: Пілотування та інтеграція (2-3 роки). Запуск NLP у тестовому режимі для окремих маршрутів або галузей (наприклад, логістика зерна або медичного обладнання). Впровадження обов'язкових стандартів стійкості для державних закупівель і критичної інфраструктури. Розгортання мережі супутникового IoT-моніторингу для критичних вантажів. Розробка та впровадження симуляторів для тренування операторів логістичних центрів в умовах стресу та збоїв. Встановлення обладнання для альтернативного зв'язку (напр., радіочастотні мережі mesh topology) у ключових хабах.

Фаза 3: Масштабування та оптимізація (3-5 рік). Повномасштабне впровадження NLP для всіх учасників ринку. Запровадження систем предиктивної аналітики на базі ШІ для прогнозування ризиків та автоматичної перепланівки маршрутів. Розвиток мережі автономних мультимодальних транспортних коридорів (річка-залізниця-дорога) з високим рівнем автоматизації. Інтеграція логістичної системи з єдиними системами управління країною в мирний та воєнний час.

5. Очікувані результати. Зниження вразливості: скорочення часу відновлення логістичних потоків після збоїв на 40-60%. Підвищення ефективності: оптимізація використання транспорту та запасів на 15-25% за рахунок предиктивного планування. Прозорість: 100% моніторинг критичних вантажів у реальному часі для прийняття рішень. Синергія: створення єдиного інформаційного простору для прийняття рішень як бізнесом, так і державою в кризових ситуаціях. Експортний потенціал: формування унікальних компетенцій та технологій, що можуть стати предметом експорту в країни, що стикаються з подібними викликами.

6. Механізми реалізації. Фінансування: Комбінація держбюджету (стратегічні інфраструктурні проекти), коштів міжнародних донорів, приватних інвестицій (через механізми ГЧП та податкові стимули). Регулювання: поступове введення обов'язкових стандартів стійкості, стимули для участі в NLP. Міжнародна співпраця: інтеграція з логістичними системами ЄС (eFTI, TEN-T) та НАТО, з урахуванням вимог стійкості. Наука та освіта: залучення НАН України, технічних університетів до НДДКР; створення спеціальних курсів та магістерських програм.

Запропонована стратегія є комплексним відповіддю на виклики безпрецедентної невизначеності. Вона трансформує логістику з суто комерційної функції в стратегічний актив національної безпеки, заснований на принципах конвергенції, цифровізації та незламності. Реалізація стратегії дозволить Україні не лише підвищити власну обороноздатність, але й стати лідером у розробці новітніх логістичних рішень для нестабільного світу.

Висновки. Отримані результати підтверджують гіпотезу про можливість та необхідність формування нового конвергентного формату логістики, що є значно стійкішим порівняно з традиційними моделями.

Розроблена концепція успішно поєднує гнучкість оперативного планування, забезпечену інте-

лектуальним транспортом, із вимогами оборонної стійкості. Зокрема, модель багатокритеріальної оптимізації показала, що можна досягти балансу між мінімізацією витрат і максимізацією надійності логістичних ланцюгів, навіть в умовах суттєвих обмежень.

Практичне застосування методики оцінки стійкості дозволило ідентифікувати критичні елементи логістичної мережі, які потребують першочергового захисту або резервування. Обговорення з представниками промислових підприємств засвідчило високий інтерес до впровадження розроблених рекомендацій, особливо щодо використання даних ІТС для проактивного управління ризиками. Це підкреслює високу прикладну цінність дослідження та його своєчасність для української економіки в умовах воєнних загроз.

Список літератури:

1. Ivanov, D., & Dolgui, A. Viability of intertwined supply networks: extending the supply chain resilience angles towards survivability. A position paper motivated by COVID-19 outbreak. *International Journal of Production Research*. 2020. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1750727>
2. Ivanov, D., & Dolgui, A. A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0. *Production Planning & Control*. 2020. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1768450>
3. Sulim A.O., Fomin O.V., Khozya P.O., Mastepan A. Theoretical and practical determination of parameters of on-board capacitive energy storage of the underground rolling stock. *Scientific Bulletin of National Mining University*. 2018. Issue 5 (1), P.79-87. doi: 10.29202/nvngu/2018-5/8
4. Spieske, A., & Birkel, H. Improving supply chain resilience through Industry 4.0: A systematic literature review under the impressions of the COVID-19 pandemic. *Computers & Industrial Engineering*. 2021. 158, Article 107452. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107452>. ACM
5. Pimenta, M. L., Cezarino, L. O., Piato, E. L., Pinto da Silva, C. H., Oliveira, B. G., & Liboni, L. B. Supply chain resilience in a Covid-19 scenario: Mapping capabilities in a systemic framework. *Sustainable Production and Consumption*. 2022. 29, 649–656. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.10.012>
6. O. Fomin, A. Lovska, I. Kulbovskyi, H. Holub, I. Kozarchuk, V. Kharuta Determining the dynamic loading on a semi-wagon when fixing it with a viscous coupling to a ferry deck. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. № 2(7). С. 6-12. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2019_2\(7\)_2](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2019_2(7)_2)
7. Sadeghi, K., & Qaisari Hasan Abadi, M. Sustainable supply chain resilience for logistics problems: Empirical validation using robust and computational intelligence methods. *Journal of Cleaner Production*. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140267>
8. Liu, W., Zhang, J., Shi, Y., et al. Intelligent logistics transformation problems in efficient commodity distribution. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2022. 163, Article 102735. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.102735>
9. Kadłubek, M., Thalassinos, E., Domagała, J., Grabowska, S., & Saniuk, S. Intelligent Transportation System applications and logistics resources for logistics customer service in road freight transport enterprises. *Energies*. 2022. 15(13), 4668. <https://doi.org/10.3390/en15134668>.
10. Kurdiuk, S., Dremluk, V., Melnyk, O., Onishchenko, O., Fomin, O., Pištěk, V., & Kučera, P. Development of a High-Reliability Hybrid Data Transmission System for Unmanned Surface Vehicles Under Interference Conditions. *Drones*. 2025. 9(3), 174. <https://doi.org/10.3390/drones9030174>
11. Krykavskyy, Y., Chornopyska, N., Dovhun, O., Hayvanovych, N., & Leonova, S. Defining supply chain resilience during wartime. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. 11(4), 577–584. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.272877>.

Turpak S.M., Fomina A.M., Ostrohliad O.O., Olenytsia O.O., Lebid H.O. CONVERGENCE OF OPERATIONAL PLANNING, INTELLIGENT TRANSPORTATION AND DEFENSE RESILIENCE: A NEW FORMAT FOR INDUSTRIAL PRODUCT LOGISTICS

The article addresses a relevant scientific and applied problem of forming a new format of industrial product logistics under conditions of growing uncertainty, military threats, and disruption of traditional supply chains. It is substantiated that classical logistics models, primarily focused on cost minimization and efficiency in stable environments, prove to be insufficiently adaptive and highly vulnerable to crisis impacts. In this context, the concept of convergence of operational planning, intelligent transportation, and defense resilience is proposed as a systemic basis for transforming industrial logistics.

The purpose of the study is to provide a scientific justification of theoretical and methodological foundations and to develop practical recommendations for creating an integrated logistics system capable of ensuring continuity, reliability, and adaptability of transportation processes in complex and crisis conditions. The methodological framework of the research includes systems analysis, logistics and transport modeling methods, digital twin concepts, intelligent transportation systems, as well as modern approaches to assessing supply chain resilience. The study applies analysis and synthesis of scientific sources, scenario-based and multi-criteria planning, and generalization of practical experience in the functioning of logistics systems under wartime conditions.

As a result of the research, a conceptual model of convergent logistics is developed, in which operational planning is considered as a dynamic real-time decision-making process that accounts for risks, constraints, and rapidly changing external conditions. Intelligent transportation is defined as a technological platform that enables automation, monitoring, data integration, and optimization of transportation processes, while defense resilience is interpreted as an integral property of the logistics system that ensures its ability to withstand external shocks, adapt to disruptions, and rapidly recover while maintaining critical functionality. It is demonstrated that the integration of these components generates a synergistic effect, allowing simultaneous improvement of transportation resource efficiency and reliability of critical industrial supply flows.

The scientific novelty of the study lies in the comprehensive substantiation of the convergence of operational planning, intelligent transportation, and defense resilience as a unified logistics approach, as well as in the development of conceptual principles for forming “anti-fragile” industrial logistics systems. Unlike traditional resilience-oriented models, the proposed approach emphasizes proactive adaptability, redundancy, and real-time intelligence as key drivers of logistics survivability under military and hybrid threats.

The practical significance of the obtained results consists in the possibility of their application by industrial enterprises, logistics operators, and public authorities to enhance supply chain resilience, improve transportation management systems, and strengthen economic and national security. The proposed framework can serve as a methodological basis for designing digital logistics platforms, implementing intelligent transportation solutions, and developing strategic logistics policies in conditions of crisis, wartime disruption, and post-conflict recovery.

Keywords: *transport, logistics, intelligent logistics technology for operational transportation management, operational transportation planning.*

Дата першого надходження статті до видання: 16.01.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.02.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті 11.05.2026