

Швець Ф.Д.

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри менеджменту та публічного врядування,
Національний університет водного господарства
та природокористування
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9163-142X>

Shvets Fedir

National University of Water and Environmental Engineering

МЕТОДОЛОГІЯ СТРАТЕГІЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗЕД НА ОСНОВІ ВИРОБНИЧО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

У статті обґрунтовано методологічні засади та моделі динамічної синхронізації планування логістики ЗЕД із параметрами сучасних гнучких виробничих систем підприємства. Визначено й класифіковано ключові технологічні, часові, інформаційні та інституційні чинники десинхронізації внутрішнього виробництва й зовнішньої логістики в умовах глобальної нестабільності. Сформовано нову концептуальну модель, у якій структурно-функціональна побудова виробництва виступає базовим орієнтиром проектування міжнародних ланцюгів постачань. Розроблено математичний апарат розрахунку динамічного страхового запасу з урахуванням інтегрального коефіцієнта геоекономічних ризиків. Запропоновано покроковий алгоритм автоматизованої синхронізації операційних темпів на основі технологій реального часу для нівелювання ефекту «батоба» та оптимізації витрат підприємств.

Ключові слова: зовнішньоекономічна логістика, гнучкі виробничі системи, синхронізація процесів, транскордонний логістичний цикл, динамічний страховий запас, глобальна невизначеність.

Постановка проблеми. Головна проблема стратегічного планування логістичних процесів ЗЕД на вітчизняних підприємствах полягає у методологічному розриві між виробничою стратегією та стратегією зовнішньоекономічної логістики. Більшість існуючих моделей розглядають логістику ЗЕД лише як функцію обслуговування, яка підлаштовується під готовий виробничий план, а не як повноцінний елемент єдиної виробничо-технологічної системи.

Як наслідок, виникає складне науково-практичне протиріччя: з одного боку, підприємства модернізують свої виробничі системи технологій (впроваджують гнучкі автоматизовані лінії, системи базової логістичної концепції (ЛІТ)), а з іншого – стратегічне планування їхньої логістики ЗЕД залишається дискретним та відірваним від реальних темпів і можливостей виробництва. Відсутність комплексної методології, яка б дозволила стратегічно планувати міжнародні логістичні потоки на основі параметрів та структури сучасних виробничих систем, призводить до надлишкових складських запасів, зривів термінів поставок та фінансових втрат на світових ринках.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика стратегічного планування логістики ЗЕД у контексті трансформації виробничих систем досліджу-

ється багатьма вітчизняними та закордонними вченими. Так, теоретико-прикладні аспекти стратегічного логістичного управління висвітлено у працях Ю. М. Уткіної [1, с. 191]. Інтеграцію концепцій ЛІТ та інструментарію Канбан (Kanban) у менеджмент суб'єктів ЗЕД досліджено І. Ю. Вольвач [2, с. 251], а концептуальні засади проектування логістичних систем підприємств та їхньої адаптації до динамічного ринкового середовища – Є. В. Крикавським і Н. В. Чернопиською [3, с. 28]. Системний підхід до взаємодії міжнародної логістики з виробничою стратегією для оптимізації витрат і термінів поставок запропоновано Н. В. Трушкіною та Т. Т. Сербіною [4, с. 50].

Серед закордонних досліджень вагомим є внесок Дж. Маркета, М. Мелачіні, С. Перотті та Е. Таппія, які обґрунтували необхідність динамічного перепроєктування логістичних мереж ЗЕД відповідно до еволюції виробничих ланцюгів [5, с. 73]. Особливості адаптації інструментів концепції ЛІТ до умов глобальної невизначеності для забезпечення стійкості постачань досліджено під керівництвом Т. Чоя [6, с. 2331–2332]. Вплив логістичної інфраструктури на географічно фрагментовані виробничі системи проаналізовано Ж.-П. Родрігом [7, с. 12], а синергетичний ефект від спільного впровадження тотального управління якістю (TQM), ЛІТ та екологічного менеджменту – А. Рашидом [8, с. 5].



Попри значний науковий доробок, методологічні питання проектування інтегрованих систем, де технологічна структура виробничих систем виступає базовим драйвером планування логістики ЗЕД, залишаються малодослідженими. Зокрема, потребує деталізації розробка моделей динамічної синхронізації внутрішнього виробничого такту із транскордонними логістичними циклами.

Формування цілей статті. Метою статті є теоретико-методологічне обґрунтування та розробка моделей динамічної синхронізації стратегічного планування логістики ЗЕД із параметрами та структурно-функціональною побудовою сучасних виробничо-технологічних систем підприємства для подолання концептуальної неузгодженості між виробничою і логістичною стратегіями.

Виклад основного матеріалу. Трансформація сучасних виробничих систем у напрямі цифровізації та автоматизації (концепції «Індустрія 4.0/5.0») вимагає переосмислення класичних логістичних доктрин [1; 3]. Традиційні мікрологістичні системи ЛІТ та Kanban розроблялися для стабільних, локалізованих виробничих умов із передбачуваними циклами постачання [2].

У контексті ЗЕД інтеграція цих концепцій постає перед методологічним обмеженням: класичний Kanban орієнтований на застосування інформаційних карток (системи витягування) на коротких технологічних плечах внутрішньозаводської логістики [2; 6]. Проте, коли матеріальний потік стає транскордонним, виникає потреба в «гібридних» моделях. Сучасні гнучкі виробничі системи (ГВС) здатні миттєво змінювати такт роботи ліній під попит, але логістична система ЗЕД через митні процедури, геополітичні ризики та мультимодальність транспорту не має аналогічної гнучкості [6; 7].

Отже, інтеграція інструментів ЛІТ у практику ЗЕД потребує переходу від статичного планування запасів до динамічного управління інформаційними потоками в режимі реального часу. Для формалізації проблеми десинхронізації процесів було виявлено та класифіковано ключові чинники, що зумовлюють неузгодженість між внутрішнім виробництвом та зовнішньою логістикою в умовах глобальної нестабільності (табл. 1).

Для подолання виявленої неузгодженості обґрунтовано концептуальну модель, у якій первинним визначальним чинником та системною основою проектування логістики ЗЕД є саме структурно-функціональна побу-

дова виробництва. Відповідно до цієї концепції, логістика ЗЕД виходить за межі суто транспортувальної функції та трансформується в адаптивне продовження виробничого процесу. При цьому параметри гнучкості виробничих ліній (зокрема, мінімальний розмір партії переналагодження та швидкість зміни номенклатури) безпосередньо визначають вимоги до частоти, обсягів і маршрутів міжнародних поставок [5; 7].

Практична реалізація запропонованої моделі базується на математичному апараті синхронізації виробничого такту (T_{prod}) та повного транскордонного логістичного циклу ЗЕД (T_{log}).

Для забезпечення бездефіцитного та безскладського функціонування системи в умовах невизначеності, обсяг динамічного страхового запасу (S_{dyn}) в кожен момент часу t має розраховуватися за формулою:

$$S_{dyn}(t) = \int_t^{t+T_{log}(t)} [V_{prod}(\tau) \cdot K_{instab}(\tau) - V_{log}(\tau)] d\tau \quad (1)$$

де $V_{prod}(\tau)$ – планова швидкість споживання/випуску продукції виробничою системою для поточного розрахункового періоду часу τ ;

$T_{log}(t)$ – прогнозована тривалість транскордонного логістичного циклу (включаючи час транспортування, митного очищення та можливих затримок);

$K_{instab}(\tau)$ – інтегральний коефіцієнт глобальної нестабільності середовища (ризик затримок на кордоні, мінливість попиту);

$V_{log}(\tau)$ – фактична швидкість надходження/відвантаження матеріального потоку засобами міжнародної логістики.

Математичне вираження динамічного страхового запасу через інтеграл дозволяє безперервно відстежувати кумулятивний ефект відхилень у логістичному та виробничому темпах. Якщо традиційні статичні підходи розраховують страховий запас раз на місяць або квартал, то запропонована інтегральна модель адаптує до коливань глобальної кон'юнктури миттєво. Впровадження інтегрального коефіцієнта нестабільності нівелює випадкові деструктивні чинники, оскільки він базується на методах стохастичного моделювання та враховує ретроспективну динаміку затримок на конкретних митних переходах.

Таблиця 1

Класифікація чинників десинхронізації внутрішнього виробництва та зовнішньої логістики

Група чинників	Конкретні прояви та джерела деструктивного впливу	Наслідки для системи
Технологічно-виробничі [3; 5; 7]	Невідповідність між виробничим тактом гнучких ліній та періодичністю відвантаження міжнародних партій товарів	Накопичення страхових запасів на складах готової продукції
Часові (дискретність циклів) [2; 4; 6]	Асинхронність між митним оформленням, транскордонним транзитом та динамічним графіком запусків у виробництво	Зриви термінів постачання, виникнення дефіциту компонентів
Інформаційні [1; 6; 8]	Ізольованість внутрішніх ERP-систем підприємства від систем моніторингу міжнародних логістичних провайдерів (3PL/4PL)	Ефект «багога» у ланцюзі поставок ЗЕД
Інституційні та геоекономічні [4; 6; 7]	Зміни митних регуляцій, блокування кордонів, коливання тарифів під впливом глобальної невизначеності	Форсмажорне подовження логістичного циклу без адаптації плану випуску

Джерело: розроблено автором на основі [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8]

Ефективність цієї математичної залежності безпосередньо визначається швидкістю та якістю обміну даними між суміжними ланками. Будь-яка затримка в передачі інформації про зміну виробничого такту нівелює чутливість моделі та призводить до повторного виникнення ефекту «батога» [6]. Саме тому математичний алгоритм має бути інтегрований у єдине інформаційне середовище підприємства та його міжнародних контрагентів. Цифровізація цього процесу дозволяє автоматично транслювати виробничі потреби у замовлення для транспортних операторів без залучення людського фактора. У результаті досягається синергетичний ефект, де фізичний рух товарів через кордон координується віртуальними інформаційними сигналами витягування.

Для практичного впровадження розробленого математичного інструментарію пропонується наступний покроковий алгоритм синхронізації:

1. Датчики та внутрішні модулі планування виробничої системи (MES/APS) у реальному часі фіксують зміну виробничого такту (T_{prod}) або коливання темпів випуску продукції.

2. Інформація миттєво передається в інтегрований модуль планування ЗЕД, який через протоколи API автоматично імпортує дані про поточний стан транскордонних переходів, завантаженість портів та прогнозований час транзиту (T_{log}).

3. На основі наведеної інтегральної моделі (формула 1) автоматично перераховується величина необхідного динамічного страхового запасу ($S_{dyn}(t)$) для поточного розрахункового періоду.

4. У разі фіксації зростання коефіцієнта нестабільності або збільшення логістичного циклу система авто-

матично генерує випереджальний електронний сигнал на запуск логістичного циклу ЗЕД до моменту фізичного вичерпання поточного запасу, гнучко адаптуючи завантаження виробництва.

Висновки. Отже, за результатами проведеного дослідження доведено, що традиційні концепції JIT та Kanban у своєму класичному вигляді не здатні забезпечити безперебійність транскордонних ланцюгів постачань ЗЕД через їхню чутливість до часових і просторових розривів.

Систематизовано основні чинники десинхронізації процесів у ЗЕД, розділивши їх на технологічно-виробничі, часові, інформаційні та інституційно-геоекономічні. Що дозволило локалізувати причини виникнення надлишкових запасів і зривів термінів постачань.

Запропоновано нову модель, де конфігурація та гнучкість внутрішніх виробничих систем підприємства виступають первинним детермінантом проєктування логістики ЗЕД. Логістика трансформується з функції обслуговування в адаптивне продовження гнучких технологічних ліній.

Розроблено інтегральну математичну модель динамічного страхового запасу, яка, на відміну від статичних формул, враховує миттєву швидкість матеріальних потоків та інтегральний коефіцієнт глобальної нестабільності середовища. Описано покроковий чотириетапний алгоритм функціонування даної системи на основі технологій реального часу.

Таким чином, практичне впровадження запропонованих моделей дозволить вітчизняним підприємствам мінімізувати логістичні витрати, ліквідувати амплітудні коливання попиту в міжнародних ланцюгах постачань у ЗЕД та суттєво підвищити свою конкурентоспроможність на світових ринках під час кризових явищ.

Список літератури:

1. Уткіна Ю. М., Беседіна Ю. Стратегічне планування логістичної діяльності підприємства. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2017. Вип. 59. С. 186–194. URL: <http://lib.kart.edu.ua/bitstream/123456789/646/3/Utkina.pdf> (дата звернення: 16.07.2026).
2. Вольвач І. Ю. Досвід впровадження логістичної концепції виробництва «JUST-IN-TIME». *Вісник Хмельницького національного університету*. 2009. № 4, т. 2. С. 250–253. URL: https://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/ekon/2009_4_2/pdf/250-253.pdf (дата звернення: 16.07.2026).
3. Крикавський Є. В., Чернописька Н. В. Логістичні системи : підручник. Львів : видавництво Львівської політехніки, 2019. 288 с.
4. Трушкіна Н. В., Сербіна Т. Т. Міжнародна логістика у системі зовнішньоекономічної діяльності підприємства. *International Science Journal of Management, Economics & Finance*. 2022. Vol. 1, No. 3. P. 48–54. URL: <https://isg-journal.com/isjmef/article/view/54/51/> (дата звернення: 16.07.2026).
5. Marchet G., Melacini M., Perotti S., Tappia E. Shaping the international logistics strategy in the internationalisation process. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*. 2016. Vol. 8, No. 1. P. 71–95.
6. Choi T. Y., Netland T. H., Sanders N., Sodhi M., Wagner S. Just-in-Time for Supply Chains in Turbulent Times. *Production and Operations Management*. 2023. Vol. 32, Iss. 7. P. 2331–2340.
7. Rodrigue J.-P. The Geography of Transport Systems. 6th ed. New York : Routledge, 2024. 434 p.
8. Rashid A., Rasheed R., Amirah N. A. Synergizing TQM, JIT, and Green Supply Chain Practices: Strategic Insights for Enhanced Environmental Performance. *Logistics*. 2025. Vol. 9, Iss. 1. Art. 18. DOI: <https://doi.org/10.3390/logistics9010018>

References:

1. Utkina Yu. M. & Besiedina Yu. (2017). Stratehichne planuvannia lohistychnoi diialnosti pidpriemstva [Strategic planning of logistics activity of the enterprise]. *Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti – The Bulletin of Transport Economy and Industry*, no. 59, pp. 186–194. Available at: <http://lib.kart.edu.ua/bitstream/123456789/646/3/Utkina.pdf>
2. Volvach, I. Yu. (2009). Dosvid vprovadzhennia lohistychnoi kontseptsii vyrobnytstva “JUST-IN-TIME” [Experience of introducing the logistics production concept “JUST-IN-TIME”]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universitetu* –

Herald of Khmelnytskyi National University], vol. 2, no. 4, pp. 250–253. Available at: https://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/ekon/2009_4_2/pdf/250-253.pdf

3. Krykavskiy Ye. V. & Chornopyska N. V. (2019). *Lohistychni systemy* [Logistics systems] (textbook). Lviv Polytechnic Publishing House.

4. Trushkina, N. V., & Serbina, T. T. (2022). Mizhnarodna lohistyka u systemi zovnishnoekonomichnoi diialnosti pidpriemstva [International logistics in the system of foreign economic activity of the enterprise]. *International Science Journal of Management, Economics & Finance*, vol. 1, no. 3, pp. 48–54. Available at: <https://isg-journal.com/isjmef/article/view/54/51/>

5. Marchet G., Melacini M., Perotti S. & Tappia E. (2016). Shaping the international logistics strategy in the internationalisation process. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, vol. 8, no. 1, pp. 71–95. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJSTL.2016.073489>

6. Choi T. Y., Netland T. H., Sanders N., Sodhi M. & Wagner S. (2023). Just-in-Time for supply chains in turbulent times. *Production and Operations Management*, vol. 32, iss. 7, pp. 2331–2340. DOI: <https://doi.org/10.1111/poms.13968>

7. Rodrigue, J.-P. (2024). *The Geography of Transport Systems* (6th ed.). Routledge.

8. Rashid A., Rasheed R. & Amirah N. A. (2025). Synergizing TQM, JIT, and green supply chain practices: Strategic insights for enhanced environmental performance. *Logistics*, vol. 9, iss. 1, art. 18. DOI: <https://doi.org/10.3390/logistics9010018>

METHODOLOGY FOR STRATEGIC PLANNING OF FOREIGN ECONOMIC ACTIVITY LOGISTICS PROCESSES BASED ON PRODUCTION AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS

The article substantiates the theoretical and methodological foundations for synchronizing foreign economic activity (FEA) logistics with modern manufacturing systems to eliminate the persistent structural gap between production and logistics strategies. The research identifies that conventional Just-in-Time (JIT) and Kanban tools fail within global supply chains due to spatial, temporal, and regulatory disruptions. The author classifies the core factors causing desynchronization into technological, temporal, informational, institutional, and geo-economic categories, pinpointing the precise roots of inventory surpluses and supply delays in international operations. A novel structural model is developed, repositioning FEA logistics from a mere support function into an adaptive extension of flexible production lines, where manufacturing architecture acts as the primary driver for designing cross-border logistics flows. The core theoretical contribution of the paper is an integral mathematical model for calculating dynamic safety stock. Unlike traditional static formulas, this model continuously tracks cumulative deviations by incorporating real-time material flow velocities and an integrated environmental turbulence coefficient via stochastic modeling. To operationalize these findings, a comprehensive four-step synchronization algorithm is developed, integrating Manufacturing Execution Systems (MES) and Advanced Planning and Scheduling (APS) with international logistics service providers via automated API protocols. This digital framework enables real-time operational adjustments, creating an advanced pull system where physical transborder flows are dynamically guided by virtual information signals without human error or administrative delay. Practical implementation of the proposed methodology mitigates the bullwhip effect, minimizes total logistics costs, eliminates inventory buffers, and significantly enhances the global competitiveness of domestic enterprises facing severe market volatility.

Key words: foreign economic activity logistics, flexible manufacturing systems, process synchronization, transborder logistics cycle, dynamic safety stock, global turbulence.

Дата надходження статті: 17.07.2026

Дата прийняття статті до публікації: 19.08.2026

Дата публікації статті: 06.10.2026