

УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ У ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМАХ ПРИ ПЕРЕХОДІ ВІД ЛОГІСТИКИ 4.0 ДО ЛОГІСТИКИ 5.0 В ТЕХНОЛОГІЇ ІНДУСТРІЯ 5.0

М. С. Ачкан, Д. А. Янушкевич

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки

E-mail: mykhailo.achkan@nure.ua, dmytro.ianushkevych@nure.ua

Анотація: У доповіді розглядаються актуальні проблеми впровадження управління ризиками при переході від Логістики 4.0 до Логістики 5.0 в технології Індустрія 5.0, що забезпечує стійкість ланцюгів постачання. Це дозволяє позбутися ручного ведення моніторингу логістичного ланцюга постачання, замінивши їх на єдину інформаційну систему, що працює в режимі реального часу та дозволяє підвищити ефективність виробництва.

Ключові слова: управління ризиками, логістика, виробництво, потік.

RISK MANAGEMENT IN LOGISTICS SYSTEMS DURING THE TRANSITION FROM LOGISTICS 4.0 TO LOGISTICS 5.0 IN INDUSTRY 5.0 TECHNOLOGY

Mykhailo Achkan, Dmytro Yanushkevych

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14

E-mail: mykhailo.achkan@nure.ua, dmytro.ianushkevych@nure.ua

Annotation: The report examines the current issues of implementing risk management in the transition from Logistics 4.0 to Logistics 5.0 in Industry 5.0 technology, which ensures the sustainability of supply chains. This allows you to get rid of manual monitoring of the logistics supply chain, replacing them with a single information system that works in real time and allows you to increase production efficiency.

Keywords: risk management, logistics, production, flow.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Вітчизняні підприємства для збільшення прибутків починають розширювати свою діяльність на внутрішніх ринках та освоювати закордонні ринки. Така діяльність потребує врахування ризиків у логістичній діяльності, які можуть мати місце через наявність різних факторів, наприклад, перетин митного кордону, відмінності в правовому регулюванні зовнішньоекономічної діяльності (ЗЕД) різних країн, відстань тощо. Цілком передбачити зміни в зовнішньоекономічних відносинах неможливо. Для зменшення впливу ризиків, передбачення можливих негативних результатів на діяльність підприємства виникає необхідність управління ризиками. Управління ризиками у Логістиці 5.0 є критично актуальним через необхідність забезпечення стійкості ланцюгів постачання в умовах цифровізації, кіберзагроз та глобальної нестабільності. Впровадження AI, IoT та Big Data вимагає нових підходів до безпеки даних, предиктивного аналізу ризиків та фізичної безпеки вантажів для підвищення ефективності.

Ключовими аспектами актуальності управління ризиками в Логістиці 5.0 є: цифрова трансформація та кібербезпека, стійкість до воєнних та глобальних викликів (Логістика 5.0 фокусується на сталому розвитку, що вимагає контролю за екологічними ризиками) та відповідального споживання ресурсів, використання штучного інтелекту (ШІ) та Big Data, екологічні та етичні ризики, проактивність. Ефективне управління ризиками в цьому контексті включає захист даних, забезпечення безпеки вантажів та застосування комплексних стратегій для стабільного функціонування підприємств.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Сьогодні промисловість України зіштовхується з безпрецедентним рівнем невизначеності в логістичній діяльності. Це пов'язано з повномасштабною війною, глобальною світовою нестабільністю, зростаючими проблемами і викликами, що пов'язані з економічними, технологічними і соціальними вимірами.

Війна призвела до порушення ланцюгів постачань, часткового знищення інфраструктури та виробничих потужностей, спричинила дефіцит трудових ресурсів і загострила енергетичну кризу. В цих умовах ефективне управління логістикою вимагає нових підходів до ідентифікації, оцінювання та мінімізації ризиків. Саме тому актуальним є питання систематизації ризиків, пов'язаних із логістичною діяльністю машинобудівних підприємств України, вибору ефективних інструментів їх оцінювання та розроблення методичних підходів до управління цими ризиками. Вирішення зазначених завдань має ключове значення для підвищення конкурентоспроможності та ефективності функціонування вітчизняного машинобудування.

Індустрія 5.0 – це новий етап промисловості, що фокусується на гармонійній співпраці людини та роботів (коботів), стабільному розвитку та людиноцентричності. Вона базується на технологіях Індустрії 4.0, додаючи персоналізацію виробництва, екологічність та креативність людини до автоматизованих систем для створення стійкої економіки.

Ключові технології та концепції Industry 5.0 включають застосування:

1. Колаборативних роботів (коботів), що працюють пліч-о-пліч з людиною, допомагаючи у виконанні небезпечних або монотонних завдань, підвищуючи безпеку та ефективність.

2. Штучного інтелекту (ШІ), хмарних обчислень (cloud computing) та великих даних (Big Data), які використовуються для швидкого прийняття рішень, аналізу складних процесів та персоналізації продукції під потреби клієнта.

3. Цифрових двійників (Digital Twins) – віртуальних копій реальних виробничих процесів, які дозволяють моделювати та оптимізувати роботу, зменшуючи відходи.

4. Інтернету речей (IoT) та 6G, що забезпечують безперебійний зв'язок та моніторинг обладнання в реальному часі.

5. Технологій сталого розвитку (Green Tech) – інновацій, спрямованих на циркулярну економіку, зменшення викидів та екологічність виробництва.

6. Аддитивне виробництво (3D-друк), що дозволяє створювати індивідуальні продукти з мінімальними витратами матеріалів.

Концепція Індустрія 5.0 змінює фокус з чистої автоматизації (Індустрії 4.0) на антропоцентричність (повернення людини в центр процесу), стійкість та стійкість до кризових ситуацій у виробничій логістиці. Якщо Логістика 4.0 фокусувалася на повній автоматизації, то Логістика 5.0 повертає людину в центр процесу, поєднуючи її творчий потенціал із потужністю ШІ. Роль Логістики 5.0 технології Індустрія 5.0 полягає у:

1. Гармонізації взаємодії людини та машини. Штучний інтелект (ШІ) бере на себе складну аналітику, а людина – прийняття етичних та стратегічних рішень.

2. Забезпеченні сталого розвитку – впровадження «зеленої логістики» для мінімізації викидів та раціонального використання ресурсів. Порівняння технологій Логістики 4.0 та Логістики 5.0 наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Порівняння технологій Логістики 4.0 та Логістики 5.0

Характеристика	Логістика 4.0 (Індустрія 4.0)	Логістика 5.0 (Індустрія 5.0)
Основний фокус	Ефективність та швидкість через цифровізацію.	Добробут людини, екологічність та гнучкість.
Роль людини	Заміна людини роботами (автоматизація).	Співпраця людини та машини (коботи).
Технології	ІоТ, Big Data, ШІ, хмарні обчислення.	Квантові обчислення, цифрові двійники, біотехнології.
Пріоритет	Оптимізація витрат та «точно в строк».	Відповідальність перед суспільством та екологія.
Гнучкість	Масове налаштування (Mass customization).	Персоналізація та стійкість до збоїв.

Незважаючи на прогресивність концепції Логістики 5.0, її впровадження стикається з низкою проблем: дефіцит кваліфікованих кадрів, висока вартість впровадження, кібербезпека, етичні та юридичні питання, адаптація інфраструктури, упровадження системи управління ризиками.

Дослідження апарату безпечності у логістиці нерозривно пов'язане із розглядом ризиків та загроз, а також розробкою інструментарію щодо методів управління ними. Ризики в логістиці – це ймовірні відхилення від цілей (втрата вантажу, затримки), викликані порушенням стійкості ланцюгів постачання, що призводять до збитків. Вони займають місце невід'ємного елемента управління, впливаючи на фінансові та матеріальні потоки. Основна роль ризиків у логістиці полягає у наступному:

1. Ризики є індикатором ефективності. Високий рівень ризиків свідчить про слабкість логістичної системи.

2. Ризики є джерелом збитків. Ризики призводять до невиконання зобов'язань, втрати прибутку або додаткових витрат (упущена вигода, псування товару).

Ризики виникають на кожному етапі логістичного ланцюга постачання. У табл. 2 наведено основні ризики, які можуть бути у виробничій логістиці.

Таблиця 2 – Класифікація ризиків у виробничій логістиці

Категорія ризику	Основні види ризиків	Причини виникнення
Комерційні	Зриви поставок сировини, простої виробництва, невиконання угод.	Невчасна доставка, неякісна сировина, порушення фінансових зобов'язань.
Виробничо-технологічні	Поломка обладнання, брак продукції, порушення внутрішньовиробничої логістики.	Застаріле обладнання, помилки персоналу, низька якість сировини.
Транспортні	Пошкодження вантажу, затримки в дорозі, крадіжки.	Аварії, погані погодні умови, некомпетентність перевізника.
Складські	Втрата або псування матеріалів на складі, пересортиця.	Помилки інвентаризації, невідповідні умови зберігання.
Інформаційні	Втрата даних, помилки в плануванні, збої в ІТ-системах.	Кібератаки, збої ПЗ, людський фактор.
Зовнішні (форс-мажорні)	Стихійні лиха, військові дії, страйки, зміни в законодавстві.	Непередбачувані зовнішні чинники.

Всі ризики вимагають від логістичних операторів формування стратегій, що поєднують високі технології з людським контролем для забезпечення гнучкості та стійкості, що вимагає управління ними.

Управління ризиками у виробничій логістиці – це систематичний процес ідентифікації, оцінки та зниження негативних факторів, що загрожують безперервності виробничих процесів, постачання та складування. Воно включає прогнозування збоїв, розробку планів реагування та мінімізацію збитків, охоплюючи ризики в інвентаризації, транспорті та ефективності постачальників.. Якщо Логістика 4.0 фокусується на автоматизації та прогнозуванні, тоді як Логістика 5.0 додає стійкість, людяність та індивідуалізацію, використовуючи симуляції (цифрові двійники) для зниження збоїв у реальному часі.

Основні етапи управління ризиками такі:

1. Ідентифікація ризиків – виявлення потенційних загроз (затримки поставок, поломки, збої в IT-системах).

2. Оцінка та аналіз ризиків – кількісне та якісне оцінювання ймовірності та наслідків ризиків.

3. Вибір методів управління – розробка заходів із запобігання або зниження наслідків.

4. Моніторинг та контроль – постійний нагляд за ситуацією та корекція заходів.

Порівняння методів управління ризиками у Логістиці 4.0 та у Логістиці 5.0 наведено у табл. 3.

Таблиця 3 – Порівняння методів управління ризиками у Логістиці 4.0 та у Логістиці 5.0

Тип ризику	Метод у Логістиці 4.0	Метод у Логістиці 5.0
Збої в ланцюгу постачання	Прогнозна аналітика (AI), IoT-моніторинг у реальному часі.	Цифрові двійники (Digital Twins) для імітації сценаріїв та адаптації.
Технічні збої та поломки	Предиктивне обслуговування (AI + IoT).	Співпраця людина-робот (Cobots) для швидкого ремонту.
Людський фактор	Автоматизація складів (AGV, робототехніка).	Навчання персоналу, безпека праці, синергія людина-ШІ.
Зовнішні ризики (війна, пандемія)	Хмарні платформи для візуалізації ризиків.	Гнучка перебудова мереж (Resilience), розподілена логістика.
Кіберризики	Блокчейн для прозорості та захисту даних.	Етичний ШІ, захист критичної інфраструктури, «людина в контурі управління».

Ключовими ефектами впровадження управління ризиками у технології Логістика 5.0 є:

– проактивна стійкість та адаптивність, що забезпечує перехід від реагування на збої до їх передбачення за допомогою ШІ, що дозволяє швидко відновлювати функціональність логістичних систем;

– мінімізацію втрат через точне моделювання ризиків, зменшення кількості помилок у складській логістиці та транспортуванні;

– покращення видимості процесів у реальному часі, що дозволяє виявляти джерела ризиків (зовнішні та внутрішні) на ранніх етапах;

– спільне прийняття рішень, де технології аналізують великі дані, а персонал адаптує стратегії, підвищуючи гнучкість системи;

– недопущення критичних змін у матеріальних потоках, зниження рівня прийняттого ризику в кризових умовах.

Ці ефекти забезпечують перехід до «людиноцентричної», стійкої та екологічної логістики, де ризики мінімізуються завдяки цифровізації та інтелектуальному управлінню.

ВИСНОВКИ. Впровадження управління ризиками в Логістиці 5.0 забезпечує стійкість ланцюгів постачання через синергію ІІІ та людського інтелекту. Основні ефекти включають проактивне запобігання збоєм, підвищення швидкості реагування на кризові ситуації, зниження операційних витрат, оптимізацію потоків у реальному часі та підвищення загальної конкурентоспроможності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рудан В. Я., Підгаєць С. В. (2024) Індустрія 5.0 як інструмент забезпечення ефективного розвитку українських підприємств у період воєнних викликів. *Проблеми сучасних трансформацій. Серія: Економіка та менеджмент*, (12). DOI: <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2024-12-03-07>.

2. Галіфостов В.В., Либа В. О. (2025) Класифікація та оцінювання ризиків зовнішнього середовища в логістичній діяльності підприємств машинобудування. *Економіка. причорноморські економічні студії*. 2025 (93). С. 15-20. DOI: <https://doi.org/10.32782/bses.93-2>.

3. Янушкевич Д. А., Іванов Л. С. (2024). Актуальні питання впровадження систем управління якістю Quality 5.0 на сучасних виробництвах. *Комп'ютерно-інтегровані технології автоматизації технологічних процесів на транспорті та у виробництві. Матеріали всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищ. освіти і молодих учених.* – С. 382–385

4. 1. Abu-Jassar AT, Attar H, Amer A, et al. Development and Investigation of Vision System for a Small-Sized Mobile Humanoid Robot in a Smart Environment. *International Journal of Crowd Science*, 2025, 9(1): 29-43. <https://doi.org/10.26599/IJCS.2023.9100018>

5. Syed Khalid Mustafa, Vladyslav Yevsieiev, Igor Nevliudov, Vyacheslav Lyashenko, Adel R. Alharbi, Wahid Rajeh, "HMI Development Automation with GUI Elements for Object-Oriented Programming Languages Implementation," *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*, vol. 70, no. 1, pp. 139-145, 2022. Crossref, <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V70I1P215>

6. Bortnikova, V., Yevsieiev, V., Beskorovainyi, V., Nevliudov, I., Botsman, I., & Maksymova, S. (2019). Structural Parameters Influence on a Soft Robotic Manipulator Finger Bend Angle Simulation. 2019 IEEE 15th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM), 35-38. <https://doi.org/10.1109/CADSM.2019.8779300>

7. Nevliudov, I. ., Yevsieiev, V. ., Maksymova, S. ., Gopejenko, V. ., & Kosenko, V. . (2025). DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL SUPPORT FOR ADAPTIVE CONTROL FOR THE INTELLIGENT GRIPPER OF THE COLLABORATIVE ROBOT MANIPULATOR. *Advanced Information Systems*, 9(3), 57–65. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2025.3.07>

8. Yevsieiev, V., Gurin, D., Kulish, S., & Voloshyn, Y. (2025). Development of a partially supervised Markov decision-making model for a 3-link collaborative robot-manipulator. *Radioelectronic and Computer Systems*, 2025(4), 83-94. doi:<https://doi.org/10.32620/reks.2025.4.06>

9. Conveyor Belt Object Identification: Mathematical, Algorithmic, and Software Support / V. V. Yevsieiev, I. S. Nevliudov, S. S. Maksymova et al. // *Applied Mathematics & Information Sciences: An International Journal.* - 2023. - Vol. 17, No. 6. - P. 1073-1088. <http://dx.doi.org/10.18576/amis/170615>

10. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Maksymova, S., Demska, N., Kolesnyk, K., and Miliutina, O. (2023), "Mobile Robot Navigation System Based on Ultrasonic Sensors", 2023 IEEE XXVIII Int. Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory, vol. 1, pp. 247–251, doi: <https://doi.org/10.1109/DIPED59408.2023.10269500>