

Хара М.В., Ніколаєнко І.В., Маслак Г.В., Семченко Н.О.

РИЗИК-ОРІЄНТОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ КОМПЛЕКТУЮЧИХ ВУЗЛІВ І ДЕТАЛЕЙ ВАГОНІВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Сучасні умови діяльності промислових підприємств характеризуються високою невизначеністю зовнішнього середовища, розривами логістичних ланцюгів та фінансовими обмеженнями, що актуалізує необхідність забезпечення не лише ефективності, а й стійкості ремонтних систем вагонних депо до виникнення ризиків. Традиційні підходи до нормування запасів комплектуючих вузлів і деталей вагонів недостатньо враховують ризик як фактор, що впливає на систему ремонту рухомого складу. У цьому контексті значної актуальності набуває організація управління на основі визначення прийняттого для підприємства рівня ризику. Метою дослідження є розроблення концептуальних та методичних підходів до ризик-орієнтованого управління ремонтною системою вагонів, що передбачають інтеграцію аналізу надійності, сценарного моделювання, оцінювання втрат, управління резервами та кількісного визначення показників стійкості. Тематика дослідження знаходиться на стику логістики, теорії надійності та методів управління ризиками. У статті досліджено теоретико-методичні засади ризик-орієнтованого управління запасами комплектуючих вузлів і деталей вагонів у межах ремонтних підрозділів промислових підприємств в умовах невизначеності попиту та нестабільності постачання. Ремонтну систему вагонів розглянуто як відкриту адаптивну виробничо-логістичну систему, функціонування якої визначається взаємодією матеріальних, інформаційних і фінансових потоків. Визначено розрахункову залежність для кількісного обґрунтування середнього обсягу інвестицій, необхідних для підтримання цільового рівня запасів. Результати апробації підтверджують, що дефіцит комплектуючих формує додаткову інвестиційну потребу та знижує технічну готовність вагонів, тоді як надлишкові запаси обмежують фінансову гнучкість підприємства. Оптимізація страхових резервів має здійснюватися з урахуванням варіативності попиту, інтенсивності відмов рухомого складу і встановленого рівня ризику. Запропонований підхід дозволяє перейти від реактивної моделі управління до проактивної, забезпечуючи довгострокову стабільність та адаптивність підприємства.

Ключові слова: комплектуючі вузли та деталі, логістичний ланцюг, невизначеність попиту, промислове підприємство, ремонтна система вагонів, ризик, стійкість, страховий запас, управління запасами.

Постановка проблеми. Сучасні умови функціонування промислових підприємств характеризуються високим рівнем турбулентності зовнішнього середовища, розривами логістичних ланцюгів, нестабільністю постачань, фінансовими обмеженнями та зростанням вимог до безперервності виробничих процесів. В умовах високої турбулентності зовнішнього середовища ключовою характеристикою ефективності ремонтної системи вагонних депо стає не лише її економічність, а й стійкість (resilience) ланцюгів постачання – здатність системи прогнозувати, протидіяти, адаптуватися та відновлюватися після впливу дестабілізуючих чинників [1, 2]. Стійкість визначається здатністю системи адаптуватися до розривів логістичних зв'язків та мінімізувати вплив дестабілізуючих чинників.

Ремонтну систему вагонів доцільно розглядати як відкриту адаптивну виробничо-логістичну систему, в межах якої відбувається постійна взаємодія матеріальних,

інформаційних і фінансових потоків в умовах невизначеності. Порушення ритмічності постачання комплектуючих вузлів і деталей, варіативність інтенсивності відмов рухомого складу, обмеженість оборотного капіталу та скорочення ресурсного забезпечення формують комплекс операційних і фінансових ризиків, що безпосередньо впливають на рівень технічної готовності вагонів.

Традиційні підходи до нормування запасів орієнтовані переважно на мінімізацію витрат або забезпечення заданого рівня обслуговування, проте вони недостатньо враховують ризик як системоутворюючий фактор. У цьому контексті значної актуальності набуває управління на основі визначення допустимого рівня ризику, який підприємство готове прийняти задля досягнення стратегічних і операційних цілей. Саме співвідношення між рівнем прийнятного ризику, обсягом резервів та очікуваними втратами повинно стати основою формування політики управління запасами комплектуючих вузлів і деталей вагонів. Сучасна ремонтна система вагонів має розглядатися як інтегрований логістичний ланцюг, де ключовим завданням є баланс між витратами та рівнем сервісу [3, 4]. Важливо враховувати, що управління запасами сьогодні – це не просто складська операція, а стратегічний інструмент конкурентоспроможності підприємства [1].

Недостатній рівень запасів підвищує ймовірність простоїв і втрат доходів, тоді як їх надлишок знижує фінансову гнучкість і обмежує інвестиційні можливості підприємства. Таким чином, проблема полягає не лише в пошуку оптимального обсягу запасів, а у формуванні збалансованої моделі управління, яка забезпечує необхідний рівень стійкості системи при узгодженні виробничих потреб із фінансовими можливостями та визначеним рівнем прийнятного ризику.

У зв'язку з цим важливою є необхідність розроблення концептуальних та методичних підходів до ризик-орієнтованого управління ремонтною системою вагонів, що передбачають інтеграцію аналізу надійності, сценарного моделювання, оцінювання втрат, управління резервами та кількісного визначення показників стійкості. Такий підхід дозволить перейти від реактивної моделі управління до проактивної, орієнтованої на забезпечення довгострокової стабільності, адаптивності та конкурентоспроможності промислового підприємства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні та прикладні аспекти управління запасами в умовах невизначеності та ризику висвітлено у дослідженні E. A. Silver, D. F. Pyke та D. J. Thomas [5], де обґрунтовано моделі оптимізації політики поповнення запасів з урахуванням стохастичного попиту. Значний внесок у розвиток концепції управління ланцюгами постачання зробили D. Simchi-Levi, P. Kaminsky та E. Simchi-Levi [6], які розглянули інтегровані підходи до проектування та управління логістичними системами з позицій мінімізації сукупних витрат і підвищення гнучкості.

Проблематика стійкості логістичних систем набула розвитку у роботі M. Christopher та H. Peck [1], де визначено ключові характеристики стійкого ланцюга постачання: адаптивність, гнучкість, диверсифікація ризиків та стратегічне резервування. Методологічні засади ризик-орієнтованого управління в логістичних системах розкрито у працях S. Y. Ponomarev та M. C. Holcomb [2], які визначили resilience як інтегральну характеристику здатності системи передбачати, протидіяти та адаптуватися до порушень. У сфері технічного обслуговування й ремонту значний внесок зробив A. K. S. Jardine [7], який дослідив моделі оптимізації запасів запасних частин з урахуванням показників надійності та інтенсивності відмов.

Дослідження сучасних українських науковців Є. В. Крикавського, О. М. Колодізева, В. В. Чмута, А. М. Загорулько, О. В. Харченко, І. В. Черниш, Н. В. Чернопиській, Ю. О. Стадника, П. В. Шквира [8, 9] сфокусовані на питаннях адаптивного управління запасами в умовах військових та економічних ризиків, цифровізації логістичних процесів, інтеграції ERP-систем у виробниче планування, а також оцінюванню прийнятних для підприємства ризиків як

складових стратегічного управління ресурсами. У цих роботах наголошується на необхідності переходу від нормативного підходу до сценарного моделювання та багатокритеріальної оптимізації запасів.

Аналіз наукових праць свідчить, що більшість досліджень зосереджено або на класичних моделях управління запасами, або на загальних питаннях логістичної інтеграції та ризик-менеджменту. Водночас недостатньо розробленими залишаються питання формування системи управління запасами комплектуючих вузлів і деталей вагонів у межах ремонтних підрозділів промислових підприємств з урахуванням показників стійкості та визначеного ризику підприємства.

Отже, існує потреба у розвитку інтегрованої логістично-ризик-орієнтованої концепції управління запасами в системі ремонту рухомого складу, яка б поєднувала моделі оптимізації резервів, аналіз надійності, оцінювання ризиків та фінансові обмеження підприємства.

Мета дослідження. Запропонувати підприємствам заходи управління запасами ремонтних підрозділів, розмір яких залежить від коливань обсягів виробництва.

Основний матеріал дослідження. Відповідно до принципів логістики у межах дослідження систему управління запасами комплектуючих вузлів і деталей вагонів розглянуто як складову відкритої адаптивної ремонтної системи промислового підприємства, концептуальна модель якої наведена на рис. 1. Основна мета її функціонування полягає в підтримці такого рівня запасів, при якому досягається висока надійність системи запасів, прийнятне обслуговування ремонтних підрозділів та оптимальні витрати на зберігання комплектуючих вузлів і деталей вагонів. На відміну від традиційного підходу, де акцент робиться переважно на мінімізації витрат або досягненні нормативного рівня обслуговування, у даному дослідженні система інтерпретується як ризик-орієнтована логістично-виробнича структура, функціонування якої визначається співвідношенням між інтенсивністю відмов, параметрами постачання, рівнем резервів та встановленим прийнятним для підприємства рівнем ризику.

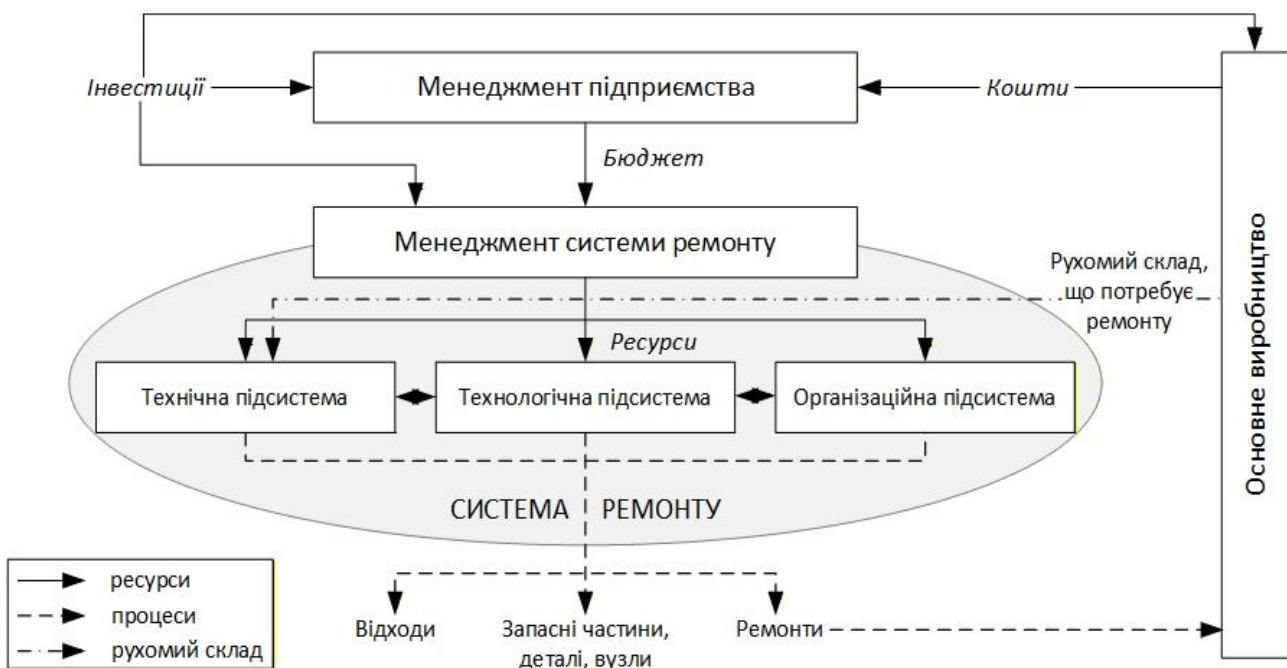


Рисунок 1 – Структурна схема взаємозв'язку елементів ремонтної системи

Об'єктом дослідження є процеси формування та використання запасів комплектуючих вузлів і деталей вагонів у межах ремонтного підрозділу промислового підприємства. Предмет дослідження – це закономірності впливу рівня запасів на показники стійкості ремонтної системи та її здатність забезпечувати заданий рівень технічної готовності вагонів в умовах невизначеності попиту й постачання комплектуючих вузлів і деталей.

Методологічну основу дослідження становлять: аналіз надійності рухомого складу та варіативності інтенсивності відмов; сценарне моделювання дефіцитних і профіцитних станів запасів; оцінювання очікуваних втрат від простоїв вагонів; розрахунок середнього обсягу інвестицій у підтримання необхідного рівня запасів комплектуючих вузлів і деталей; узгодження параметрів страхового запасу з прийнятним рівнем ризику підприємства.

Результати аналізу процесів управління матеріальними запасами на промислових підприємствах дозволяють стверджувати, що традиційні стратегії управління запасами не відповідають сучасним ринковим умовам та невизначеності зовнішнього середовища:

1. Відсутній цільовий підхід до формування та зберігання запасів.
2. Раціоналізація запасів не сприймається як великий резерв економічного зростання.
3. Промислові підприємства недостатньо використовують чинник підвищення конкурентоспроможності, обмежуючись лише констатацією нестачі чи надлишку запасів.
4. Відсутня інформація, що дає змогу дати кількісну оцінку впливу рівня запасів на кінцевий результат економічної діяльності підприємства.

Вирішення проблеми підвищення ефективності управління запасами комплектуючих вузлів і деталей вагонів у сучасному економічному середовищі вимагає переходу від традиційних методів управління до логістичних, що дозволяє включити управління запасами до складу основних напрямів стратегії своєї ринкової поведінки, що активно здійснюється підприємствами.

Відповідно до структурної схеми взаємозв'язку елементів ремонтної системи (рис. 1), основним матеріальним потоком системи є потік комплектуючих вузлів і деталей вагонів, що циркулює між складськими, ремонтними та управлінськими ланками. Вхідним потоком є надходження вагонів у ремонт і поставки комплектуючих із зовнішнього середовища; вихідним – потік вагонів із відновленим ресурсом. Стійкість системи визначається здатністю підтримувати безперервність цього потоку з урахуванням коливань параметрів попиту та пропозиції.

Крім вищенаведених, є інші фактори, що знижують ефективність та працездатність системи ремонту. Найбільш суттєвим є невизначеність у системі управління ремонтними підрозділами. Мінімізація впливу цього фактору можлива за умови впровадження сучасних логістичних структур та технологій.

У процесі дослідження встановлено, що за умови стохастичної зміни інтенсивності відмов і нестабільності постачань система може переходити у:

- дефіцитний стан, коли рівень запасів є недостатнім для забезпечення планового обсягу ремонтів, що спричиняє простої та втрати доходу;
- надлишковий стан, який супроводжується зростанням витрат на зберігання та зниженням фінансової гнучкості підприємства.

Тому виникає потреба в обґрунтування не тільки оптимального, а й раціонального з точки зору прийнятого рівня ризику для підприємства, розміру запасу комплектуючих вузлів і деталей вагонів. У сучасній логістиці існує низка методів, що дозволяють оптимізувати рівень запасів [5, 7, 10, 11]. Оптимізація роботи системи управління запасами вагонного депо металургійного підприємства у сучасних економічних умовах здійснюється шляхом оперативної зміни розміру страхового запасу. Розмір страхового запасу розраховується, як правило, на середньостроковий період з наступним регулярним коригуванням. Проте надто

часта зміна параметрів системи управління запасами ускладнює ритмічність роботи логістичного ланцюга забезпечення і робить її нестійкою. Для оптимізації рівня запасів комплектуючих у ремонтних депо доцільно використовувати математичні моделі прогнозування попиту та розрахунку страхових резервів [5, 10]. Зокрема, перехід до методики планування, орієнтованої на реальний попит (Demand-driven material requirements planning – DDMRP), дозволяє уникнути як дефіциту, так і надлишку ресурсів [11].

У цьому випадку контроль за запасами необхідно здійснювати відповідно до таких принципів:

- 1) постачати комплектуючих вузлів і деталей вагонів необхідно лише ті, що використовуються для ремонту вагонів конкретних видів;
- 2) розмір запасу кожного виду комплектуючих вузлів і деталей вагонів встановлювати з урахуванням середнього виробничого запасу, що містить поточну потребу, підготовчий та гарантійний запаси;
- 3) зберігання запасів організувати за сучасними ресурсозберігаючими технологіями;
- 4) запаси повинні підлягати повному обліку, маркуванню.

Для кількісного визначення середнього обсягу інвестицій, необхідних для підтримання цільового рівня запасів Z , запропоновано розрахункову залежність, що враховує залишки запасів на початок і кінець періоду, а також обсяг комплектуючих вузлів і деталей вагонів, встановлених на відремонтованих вагонах:

$$Z = \frac{\sum d_0 f_0 + \sum d_1 f_1}{\sum f_0 + \sum f_1}, \text{ грн.}$$

де $d_0 f_0$ – сума залишків запасів комплектуючих вузлів і деталей у системі ремонту на початок періоду в грошовому вираженні, грн.;

$d_1 f_1$ – сума залишків запасів комплектуючих вузлів і деталей вагонів у системі ремонту на кінець періоду в грошовому вираженні, грн.;

$\sum f_0$ – сума комплектуючих вузлів і деталей вагонів, встановлена на вагонах, що пройшли систему ремонту в натуральних показниках на початок (кінець) періоду, розрахованих по кожному i -му виду запасів, грн.;

$\sum f_1$ – сума комплектуючих вузлів і деталей вагонів, встановлена на вагонах, що пройшли систему ремонту в натуральних показниках на кінець періоду, розрахованих по кожному i -му виду запасів, грн.

Результати апробації запропонованого підходу (на основі статистичного аналізу даних щодо кількості та видів ремонтів, а також обсягів постачання запасних частин) показали, що сумарна величина дефіциту комплектуючих вузлів і деталей вагонів безпосередньо формує додаткову інвестиційну потребу в межах близько 10 % від середнього обсягу оборотних коштів, спрямованих на забезпечення ремонтного процесу. При цьому найбільша частка дефіциту припадає на підрозділи з найбільш інтенсивними умовами експлуатації рухомого складу (аглодомений та сталеплавильний підрозділи виробництва), що підтверджує необхідність диференційованого формування страхових запасів залежно від експлуатаційного навантаження.

ВИСНОВКИ

Отримані в ході досліджень результати свідчать, що надмірно часта зміна параметрів системи управління запасами знижує її структурну стійкість і ускладнює забезпечення

ритмічності логістичного ланцюга. Отже, коригування страхового запасу повинно здійснюватися в межах допустимого інтервалу, визначеного рівнем прийняттого ризику для підприємства та прогнозною варіативністю попиту. Ефективне управління запасами в межах ремонтного підрозділу вимагає чіткої класифікації деталей та впровадження алгоритмів регулярного контролю залишків. Раціоналізація цих процесів є суттєвим резервом економічного зростання підприємства.

Таким чином, отримані результати підтверджують доцільність переходу від нормативної моделі управління запасами до інтегрованої логістично-ризик-орієнтованої моделі, у якій рівень резервів визначається не лише економічними критеріями, а й показниками стійкості системи, ймовірністю дефіциту та допустимим рівнем втрат. Це забезпечує підвищення адаптивності ремонтної системи, узгодження виробничих і фінансових параметрів та формування проактивної політики управління запасами комплектуючих вузлів і деталей вагонів.

Список використаних джерел

1. Christopher M., Peck H. Building the Resilient Supply Chain. *International Journal of Logistics Management*. 2004. Vol. 15, No. 2. – Pp. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1108/09574090410700275>
2. Ponomarov S. Y., Holcomb M. C. Understanding the concept of supply chain resilience. *The International Journal of Logistics Management*. 2009. Vol. 20, No. 1. Pp. 124–143. DOI: <https://doi.org/10.1108/09574090910954873>
3. Bowersox D. J., Closs D. J., Cooper M. B., Bowersox J. C. *Supply Chain Logistics Management*. 5th ed. New York : McGraw-Hill Education. 2019. 496 p. URL: <https://www.mheducation.com/unitas/highered/sample-chapters/9780078096648.pdf>
4. Christopher M. *Logistics & Supply Chain Management*. 5th ed. Financial Times : Pearson Education. 2016. 328 p. URL: <https://www.pearson.com/en-gb/subject-catalog/p/logistics-and-supply-chain-management/P200000007134>
5. Silver E. A., Pyke D. F., Thomas D. J. *Inventory and Production Management in Supply Chains*. Boca Raton : CRC Press. 2016. 788 p. DOI: <https://doi.org/10.1201/b17612>
6. Simchi-Levi D., Kaminsky P., Simchi-Levi E. *Managing the Supply Chain: The Definitive Guide for the Business Professional*. New York : McGraw-Hill. 2004. 320 p. URL: <https://www.amazon.com/Managing-Supply-Chain-Definitive-Professional/dp/0071410317>
7. Jardine A. K. S., Tsang A. H. C. *Maintenance, Replacement, and Reliability: Theory and Applications*. 2nd ed. Boca Raton : CRC Press. 2013. 394 p. DOI: <https://doi.org/10.1201/b14736>
8. Крикавський Є. В., Похильченко О. В. Логістичне управління в умовах невизначеності та воєнних ризиків. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. Серія: Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку. 2022. Вип. 4, № 2. С. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.23939/smeu2022.02.001>
9. Шквир П. В. Удосконалення логістичних процесів підприємства на основі інтегрованих систем планування ресурсів (ERP). *Науковий погляд: економіка та управління*. 2020. № 2 (68). С. 89–95. DOI: <https://doi.org/10.32836/2521-666X/2020-68-12>
10. Nahmias S., Olsen T. L. *Production and Operations Analysis*. 7th ed. Long Grove : Waveland Press. 2015. 817 p. URL: https://openlibrary.org/books/OL31871484M/Production_and_Operations_Analysis_Seventh_Edition?utm_source=chatgpt.com

11. Ptak C., Smith C. Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP). 3rd ed. South Norwalk : Industrial Press, Inc. 2019. 384 p. URL: <https://www.industrialpress.com/demand-driven-material-requirements-planning-ddmrp/>

M. Khara, I. Nikolaienko, G. Maslak, N. Semchenko

RISK-ORIENTED MANAGEMENT OF RAILWAY CAR COMPONENT AND PARTS INVENTORIES IN UNCERTAIN CONDITIONS

The present-day operating conditions of industrial enterprises are characterised by high uncertainty in the external environment, disruptions in logistics chains and financial constraints, which highlights the need to ensure not only the efficiency but also the resilience of railway depot repair systems to risks. Traditional approaches to regulating the stocks of component assemblies and carriage parts do not sufficiently take into account risk as a factor affecting the rolling stock repair system. In this context, it is particularly important to organise management based on determining an acceptable level of risk for the enterprise. The purpose of the research is to develop conceptual and methodological approaches to risk-oriented management of railway car repair systems, which involve the integration of reliability analysis, scenario modelling, loss assessment, inventory management, and quantitative determination of stability indicators. The research topic lies at the intersection of logistics, reliability theory, and risk management methods. The article studies the theoretical and methodological foundations of risk-oriented inventory management in the repair departments of industrial enterprises in conditions of uncertain demand and unstable supply of component assemblies and parts for railway cars. The repair system for railway cars is considered as an open adaptive production and logistics system, the functioning of which is defined by the interaction of material, information and financial flows. The calculation formula has been developed to quantify the average investment required to maintain the target level of inventories. Test results confirm that a shortage of components creates additional investment needs and reduces the technical readiness of railway cars, while excess inventory limits an enterprise's financial flexibility. Warranty stock optimisation should be carried out taking into account demand variability, rolling stock failure rates and the established risk level. The proposed approach allows a transition from a reactive management model to a proactive one, providing long-term resilience and adaptability for the enterprise.

Keywords: components and parts, logistics chain, demand uncertainty, industrial enterprise, railway car repair system, risk, resilience, safety stock, inventory management.

Стаття надійшла 02.03.2026

Стаття прийнята 06.03.2026р.

Стаття опублікована 30.04.2026р.