

Андрій Кашканов

Доктор технічних наук, професор
Вінницький національний технічний університет
21021, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3294-6135>

Микола Москалюк*

Аспірант
Вінницький національний технічний університет
21021, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна
<https://orcid.org/0009-0002-4660-8858>

Невизначеність та її вплив на формування запасів запасних частин для забезпечення ефективності транспортних процесів

Анотація. Покращення ефективності транспортних процесів неможливе без удосконалення логістики управління запасами запасних частин. Функціонування логістичних процесів в ланцюгах постачань супроводжується значною невизначеністю та ризиками. Час, який менеджери витрачають на усунення порушень у ланцюгах постачання запасних частин через вплив невизначеності на автомобільному транспорті, становить від 20 % до 40 % загальних витрат часу на забезпечення логістичних процесів. Цей показник може бути знижений шляхом впровадження передових систем управління ланцюгами постачань, використання аналітики для прогнозування та запобігання проблемам, а також підвищення рівня співпраці з постачальниками. У статті розглянуто основні фактори формування попиту на запасні частини. Проаналізовано причини виникнення невизначеності та ризиків у ланцюгах постачань. Встановлено, що невизначеність чинників попиту на запасні частини може бути викликана рядом факторів, таких як коливання економічних умов, сезонні зміни, зміни в технології або навіть непередбачувані ситуації, як-от пандемії чи природні катастрофи. Ці фактори включають характеристики людини, технічні засоби, процеси функціонування та обслуговування, а також зовнішнє середовище. Для оптимального розподілу ресурсів для забезпечення надійності системи необхідно визначити пріоритетність впливових факторів. Оскільки багато з цих факторів є якісними та оцінюються експертно, це ускладнює застосування традиційних методів планування експерименту та регресійного аналізу, які зазвичай використовуються в статистичній теорії надійності систем «людина – машина». Аналіз джерел невизначеності в логістичних процесах ланцюгів постачань, методів їх зменшення, а також економіко-математичних методів підтримки прийняття рішень щодо структури та планування робіт у ланцюгах постачання дозволяє виділити ряд тенденцій та перспективних напрямків досліджень у цій сфері. Ці напрямки включають: необхідність формування та розвитку термінологічної бази, удосконалення методів прогнозування запасів запасних частин, розвиток стратегій управління ланцюгами постачань, мінімізацію ризиків у ланцюгах постачань та пошук балансу між ефективністю та стійкістю систем управління запасами

Ключові слова: автотранспортні засоби; експлуатаційна надійність; запасні частини; невизначеність; ефективність; транспортний процес

Suggested Citation:

Kashkanov, A., & Moskaliuk, M. (2024). Uncertainty and its impact on the formation of spare parts inventories to ensuring the efficiency of transport processes. *Journal of Mechanical Engineering and Transport*, 10(2), 74-80. doi: 10.63341/vjmet/2.2024.74.

*Corresponding author



Вступ

Добре налагоджена робота транспортного сектора відіграє ключову роль в економічному та соціальному розвитку кожної країни, сприяючи зміцненню регіональної та глобальної співпраці та інтеграції. Функціонування складних економічних систем супроводжується невизначеністю поведінки як суб'єктів господарювання, так і елементів самої системи [1]. Врахування цієї невизначеності є необхідною умовою забезпечення науковості та точності опису реальних об'єктів, їхніх властивостей та поведінки у відповідних умовах.

Управління попиту на запасні частини є критично важливим для забезпечення ефективної роботи виробничих процесів на транспорті та підтримки високого рівня обслуговування споживачів транспортних послуг. Менеджери з управління запасами стикаються з викликами пошуку балансу між зменшенням загальних логістичних витрат та забезпеченням високого рівня логістичного сервісу [2, 3]. Логістика запасних частин стає ключовим компонентом управління ланцюгами поставок. За даними Dataintel Consulting [4], розмір світового ринку запасних частин у 2023 році оцінювався приблизно в 450 млрд дол. США. Прогнозується, що до 2032 року він досягне приблизно 700 млрд дол. США, зростаючи приблизно на 5,3 % на рік.

Дослідження Deloitte Research [5] показало, що післяпродажні послуги стали значним джерелом доходів для найбільших виробничих компаній світу. У 2024 році ці доходи становили в середньому 35 % від загального доходу. Цей показник свідчить про важливість післяпродажного обслуговування, яке включає технічне обслуговування, ремонт, запасні частини та інші послуги, що надаються клієнтам після придбання продукту. Це дослідження також виявило, що компанії, які інвестують у покращення післяпродажних послуг, зазвичай мають вищий рівень задоволеності клієнтів і лояльності, що сприяє зростанню їхньої ринкової частки та доходів.

Відмова обладнання, машини, технічної системи може спричинити високі витрати для компанії, тому своєчасне усунення неполадки з найменшими витратами стає першорядним завданням для багатьох компаній. У більшості випадків неполадки усуваються за рахунок заміни запчастини або за фактом виявлення несправності або як превентивний захід у процесі технічного обслуговування. Ключові особливості систем постачання запасними частинами включають [6]: глобальне охоплення та складність структури й функціонування; інтеграцію функцій і органів для ремонту несправних деталей і вузлів; значну кількість номенклатурних позицій; високі витрати на зберігання чи втрати прибутку внаслідок відсутності запасних частин (ЗЧ); важливу роль фактору взаємозамінності.

При цьому пошук компромісу між рівнем логістичного сервісу та витратами ускладнюється широкою номенклатурою ЗЧ та самою природою попиту на ЗЧ, що має стохастичний та нерівномірний характер, який не підкоряється нормальному закону розподілу.

Таким чином, для покращення процесів управління запасами ЗЧ необхідно проаналізувати факторний простір, який формує елементи невизначеності та впливає на виникнення ризиків в структурі функціонування ланцюгів постачання.

Проблеми управління запасами ЗЧ досліджували багато науковців. Зокрема, в роботі [7] автори зосередилися на розробці методів покращення функціонування служб технічного обслуговування (ТО) автотransпортних засобів (АТЗ) на основі показників вартості та якості придбаних ЗЧ з урахуванням ступеня їх впливу на безпеку експлуатації автомобілів. Метою дослідження було створення методики оцінювання ризику виникнення дорожньо-транспортних пригод, спричинених несправними ЗЧ, оскільки на той момент не існувало загальноприйнятого підходу щодо вирішення цього питання.

Новий підхід щодо визначення номенклатури комплектів запасних частин, інструментів та приладдя на основі методів теорії надійності [8] запропоновано в роботі [9]. Розроблений метод дає змогу більш точно прогнозувати число відмов елементів та необхідну кількість ЗЧ для забезпечення високої експлуатаційної надійності електронної апаратури.

Автори роботи [10] присвятили своє дослідження покращенню забезпечення ЗЧ підприємств автомобільного сервісу. Ними було проаналізовано факторний простір, в якому формується попит на ЗЧ, та розроблена методика оптимізації запасів з урахуванням ремонтних впливів та визначення оптимальних стратегій управління в умовах недостачі інформації, ризику та часткової визначеності.

У дисертаційному дослідженні [11] розроблялися заходи з підвищення ефективності експлуатації АТЗ підприємств автомобільного транспорту на основі удосконалення процесів забезпечення ЗЧ з урахуванням доступності запасних частин в регіоні, фінансових спроможностей підприємств та можливих ризиків втрати коштів.

Проблеми розвитку адитивного виробництва (АВ) запасних частин на вимогу стали предметом дослідження науковців з Фінляндії та Великобританії [12]. Це дослідження показало, що основна проблематика в АВ зосереджена на доступності матеріалів, якості, розмірах деталей, вартості, операціях попередньої та подальшої обробки. Виявлено, що подальший розвиток використання струминної обробки в'язучого матеріалу та екструзії матеріалів відкриє більше можливостей у використанні високовартісних запасних частин для таких галузей, як аерокосмічна, автомобільна, енергетична, оборонна, виробництва споживчих товарів та медичної промисловості.

В роботі [13] досліджувались питання забезпечення експлуатаційної надійності новітніх конструкцій машин, зокрема їх мехатронних систем [14, 15]. Під час роботи з цими системами потрібно приймати два

типи рішень: коли втрутитися в систему та скільки ЗЧ потрібно мати при цьому. Автори дослідження прийшли до думки, що зі збільшенням кількості компонентів у машині важливість вибору запасних частин для системи також зростає, і це призводить до тенденції проводити ТО системи якомога пізніше, перш ніж система вийде з ладу.

Дослідження [16] присвячене проблемам усунення стохастичних несправностей техніки як запасними частинами потрібного типу, так і найнятими сервісними інженерами під час післяпродажного ТО протягом гарантійного періоду на потужностях виробника. Авторами запропоновано ефективний і простий у реалізації евристичний алгоритм для отримання обґрунтованих рішень щодо покращення інтегрованого планування запасів запасних частин, гарантійного та сервісного обслуговування та підвищення прибутковості послуг.

Опубліковані роботи не повною мірою охоплюють існуюче коло практичних завдань з управління запасами з точки зору врахування різного роду невизначеності факторів формування попиту на ЗЧ: випадковий та нестаціонарний характер процесів надходження та

витрачання запасів, природне зменшення товарів, інфляція, дефіцит, одночасна дія кількох типів обмежень тощо. Облік перерахованих особливостей потребує проведення подальших досліджень.

Мета статті – оцінка впливу невизначеності під час формування запасів запасних частин для забезпечення ефективності транспортних процесів та пошук шляхів покращення процесів управління запасами ЗЧ в реальних умовах експлуатації.

Результати

Потреба в запасних частинах для служб ТО і ремонту, з метою забезпечення нормальної роботи рухомого складу та підтримання його надійності, залежить від характеристик наявної системи управління постачанням та споживанням запасних частин. Ці характеристики також впливають на організацію транспортного процесу. Досвід експлуатації АТЗ показує, що на обсяги і асортимент ЗЧ впливають показники якості парку рухомого складу, виробничої бази, персоналу, прийнятої системи технічного обслуговування і ремонту автомобілів та умови експлуатації АТЗ (Рис. 1).

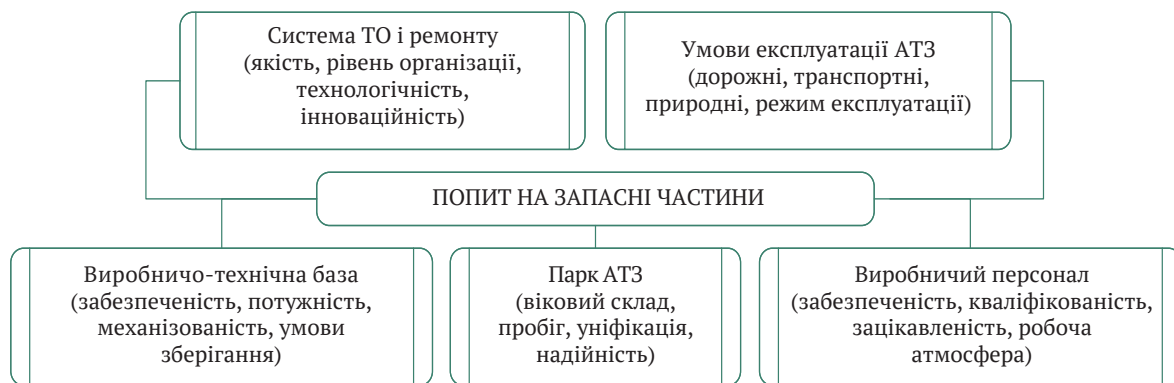


Рисунок 1. Фактори формування попиту на ЗЧ

Джерело: створено авторами

Функціонування ланцюгів постачання (ЛП) пов'язане зі значною невизначеністю та ризиком. Витрати часу менеджерів на усунення порушень у ЛП ЗЧ для автомобільного транспорту можуть сильно варіюватися залежно від компанії та її процесів. За деякими оцінками [17], менеджери можуть витратити від 20 % до 40 % свого часу на вирішення проблем, пов'язаних із ланцюгами постачань. Цей показник може бути знижений шляхом впровадження передових систем управління ЛП, використання аналітики для прогнозування та запобігання проблемам, а також підвищення рівня співпраці з постачальниками.

В загальному випадку, невизначеність означає відсутність знання про реальний стан досліджуваної системи [18]. Саме тому більшість статистичних показників є наближеними та невизначеними. У незнанні та невизначеності можна виділити три основні аспекти [1, 19]:

1. Невизначеність виникає через об'єктивну неможливість точного й однозначного розуміння системи на сучасному етапі розвитку теорії пізнання. Вона тісно пов'язана з груповими інтересами, суб'єктивними впливами та оцінками, що впливають на формування суспільних явищ.

2. Невизначеність також пов'язана з недостатнім розумінням, що зумовлене недосконалістю існуючих соціально-економічних, статистичних та математичних теорій.

3. Інформаційна невизначеність виникає через неточність і неповноту вимірювань та обчислень, а також через навмисне спотворення вихідних даних.

Невизначеність чинників попиту на запасні частини може бути викликана рядом факторів, таких як коливання економічних умов, сезонні зміни, зміни в технології або навіть непередбачувані ситуації, як-от пандемії чи природні катастрофи (Рис. 2).

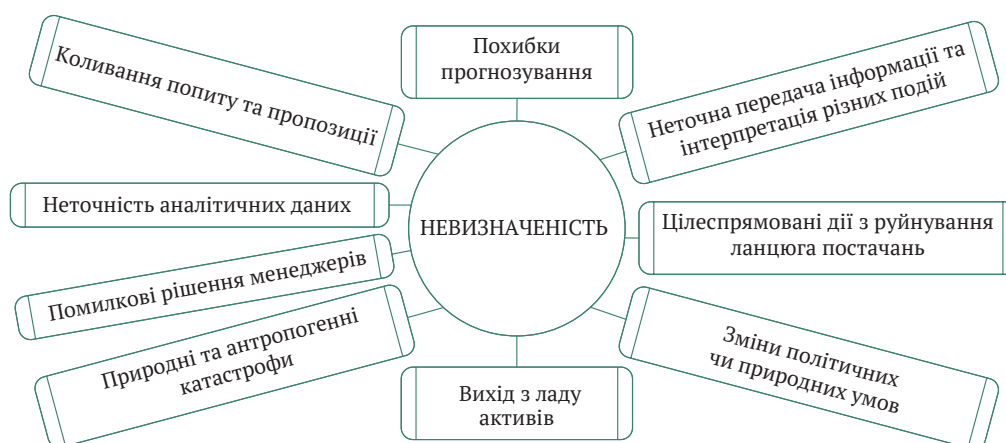


Рисунок 2. Причини невизначеності в ЛП

Джерело: створено авторами

Управління попитом на ЗЧ є критично важливим для забезпечення ефективної роботи виробничих процесів та підтримки високого рівня обслуговування клієнтів. Типовими стратегіями та методами забезпечення реалізації такого роду питань є: підвищення точності прогнозування попиту на ЗЧ на основі використання історичних даних і аналітичних інструментів [9, 20]; використання методів управління запасами, таких як система Just-in-Time або система мінімального рівня запасів, для оптимізації рівня запасів та зменшення витрат на зберігання [10]; розподіл клієнтів на сегменти за частотою замовлень або важливістю для бізнесу, що сприяє кращому розумінню та задоволенню їхніх потреб [21]; забезпечення стабільних поставок та мінімізації ризиків перебоїв за рахунок поглибленої співпраці з постачальниками; регулярний аналіз причин, через які виникають несправності або поломки, що дозволяє більш точно прогнозувати необхідність у запасних частинах [11, 16]; використання сучасних технологій, таких як системи управління складом (WMS) або інтегровані ERP-системи, для автоматизації та оптимізації процесів управління запасами [22].

Прогнозування потреби у запасах є одним із основних елементів управління запасами та слугує базою для подальшого планування їхнього рівня. Однією з найбільших складностей у цьому процесі є робота з нерегулярним попитом, що характерно для запасних частин. Існує два головних підходи до прогнозування потреби у запасах: кількісний та якісний. Комбінування цих підходів створює змішаний підхід, де результати

кількісного аналізу коригуються з урахуванням експертних оцінок [19]. Якісний підхід до прогнозування потреб у запасах базується на судженнях, інтуїції та експертних оцінках фахівців, без використання строгих математичних розрахунків, і тому має суб'єктивний характер. Натомість, кількісний підхід опирається на зібрану статистику споживання за попередні періоди або на дані про зміну фактичного попиту [1].

Розглянемо найбільш відомі методи, що застосовуються на практиці. До таких методів належать прогнозування на основі ковзного середнього значення (КСЗ) потреби у запасах та метод експоненційного згладжування (ЕЗ), які вважаються класичними. Проте ці методи є неефективними при роботі з нерегулярним або спорадичним попитом через такі причини:

- ◆ класичні методи не враховують наявності тривалих періодів нульового споживання;
- ◆ класичні методи не зважають на функції розподілу прогнозованого попиту під час виконання замовлень.

Використання неправильних методів прогнозування потреби у ЗЧ може призвести або до дефіциту, що спричиняє скасування замовлень, або до надмірного запасу, що збільшує логістичні витрати. Тому необхідно розглянути методи, що враховують ці особливості, зокрема метод Кростона (Croston's method) [23] та метод SBA (Syntetos-Boylan Approximation) [20], які мінімізують похибки прогнозування за наявності великої нерегулярності попиту. Ефективність використання методів прогнозування запасів ЗЧ у відносних значеннях їх вартості подано у Таблиці 1.

Таблиця 1. Зміна відносної вартості запасів залежно від використовуваного методу прогнозування

Період прогнозування	Методи прогнозування			
	КСЗ	ЕЗ	Croston's	SBA
Тиждень	20,1	5,67	1,1	1*
Місяць	21,14	6,37	1,38	1,23
Квартал	24,32	3,4	2,12	1,97

Примітки: *еталонне базове значення

Джерело: розроблено авторами на основі [20, 23]

Як видно з Таблиці 1, метод SBA є найбільш прийнятними для прогнозування запасів ЗЧ, оскільки дозволяє скоротити рівень запасу. Однак достатня ефективність його використання досягається за наявності точної кількісної інформації, на основі якої здійснюється прогнозування.

Надійність та безпека системи типу «людина – машина», яка використовується для управління запасами ЗЧ з метою підвищення ефективності транспортних процесів, залежить від численних факторів, що взаємодіють один з одним. Ці фактори включають характеристики людини, технічні засоби, процеси функціонування та обслуговування, а також зовнішнє середовище. Для оптимального розподілу ресурсів для забезпечення надійності системи необхідно визначити пріоритетність впливових факторів. Оскільки багато з цих факторів є якісними та оцінюються експертно, це ускладнює застосування традиційних методів планування експерименту та регресійного аналізу, які зазвичай використовуються в статистичній теорії надійності систем «людина – машина» [24].

Процес прийняття рішень при формуванні запасів ЗЧ слід розглядати як стохастичний та нечіткий процес, який потребує застосування синтезу детермінованих, імовірнісних, регресійних та нейро-нечітких моделей для врахування факторів, що впливають на зменшення невизначеності при прийнятті рішень. При цьому, мірою

неповноти інформації може бути ентропійний показник невизначеності, оскільки він є достатньо загальним як для експертних, так і для статистичних оцінок [1, 19].

Висновки

Покращення ефективності забезпечення транспортних процесів неможливе без удосконалення логістики управління запасами ЗЧ. Функціонування ЛП пов'язане зі значною невизначеністю та ризиком. Витрати часу менеджерів на усунення порушень у ЛП ЗЧ внаслідок впливу невизначеності для автомобільного транспорту складають від 20 % до 40 % від загальних потреб на забезпечення процесів функціонування ЛП. Цей показник може бути знижений шляхом впровадження передових систем управління ЛП, використання аналітики для прогнозування та запобігання проблемам, а також підвищення рівня співпраці з постачальниками.

Аналіз джерел невизначеності у ЛП, методів їх зменшення, а також економіко-математичних методів підтримки прийняття рішень стосовно структури і планування робіт у ЛП дає змогу виокремити низку тенденцій та перспективних напрямів досліджень у цій галузі: необхідність формування та розвитку термінологічної бази, удосконалення методів прогнозування запасів ЗЧ, розвитку стратегій керування ЛП, мінімізації ризиків в ЛП, пошуку балансу ефективності та стійкості систем управління запасами.

Список використаної літератури

- [1] Snytiuk, V.E. (2008). *Forecasting. Models. Methods. Algorithms*. Kyiv: Maklout.
- [2] Kashkanov, A.A., Buriak, V.V., & Moskaliuk, M.L. (2023). Aspects of logistic support of production processes of road transport enterprises of Ukraine. In *Materials of the XVI international scientific and practical conference "Modern technologies and prospects for the development of road transport"* (pp. 154-156). Vinnytsia: VNTU.
- [3] Kashkanov, V.A., Kashkanov, A.A., & Varchuk, V.V. (2017). *Organization of road transport*. Vinnytsia: VNTU.
- [4] Sharma R. (2023). *Auto spare parts market research report 2032*. Retrieved from <https://dataintel.com/report/global-auto-spare-parts-market?form=MG0AV3>.
- [5] Industries & Markets. (n.d.). Retrieved from <https://www.statista.com/studies-and-reports/industries-and-markets>.
- [6] Kashkanov, A., & Moskaliuk, M. (2024). Methods of justification of spare parts stocks in the transport process management system. *Journal of Mechanical Engineering and Transport*, 10(1), 68-74. doi: 10.31649/2413-4503-2024-19-1-68-74.
- [7] Bondarenko, E., Dryuchin, D., Goncharov, A., Bulatov, S., & Feklin, E. (2023). Improving the efficiency of vehicle operation by defining the organizational and methodological parameters of the spare parts incoming inspection system. In A. Guda (Ed.) *Networked control systems for connected and automated vehicles. NN 2022. Lecture notes in networks and systems* (Vol. 509, pp. 1083-1089). Cham: Springer. doi: 10.1007/978-3-031-11058-0_110.
- [8] Kashkanov, A.A., & Bilichenko, V.V. (2004). *Operation and maintenance of transport machines*. Vinnytsia: VNTU.
- [9] Strelnikov, V.P., & Strelnikov, P.V. (2022). Defining the nomenclature of the spare parts sets and calculating the number of single sets of spare parts. *Mathematical Machines and Systems*, 2, 83-90. doi: 10.34121/1028-9763-2022-2-83-90.
- [10] Subochev, O.I., Zavaliy, T.A., & Pogorelov, M.G. (2019). Improving the provision of spare parts for service enterprises. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*, 1(32), 58-67. doi: 10.32515/2664-262X.2019.1(32).58-67.
- [11] Antoniuk, O.P. (2021). *Improving the process of providing spare parts for rolling stock of a motor transport enterprise*. (Doctoral dissertation, Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Ukraine).
- [12] Mika, S., & Pei, E. (2023). Additive manufacturing processes and materials for spare parts. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 37, 5979-5990. doi: 10.1007/s12206-023-1034-0.
- [13] Kaya, B., Karabağ, O., & Fadiloğlu, M.M. (2024). Maintenance decision and spare part selection for multi-component system. In: N.M. Durakbasa & M.G. Gençyılmaz (Eds.) *Industrial engineering in the Industry 4.0 era*. (pp. 443-453). Cham: Springer. doi: 10.1007/978-3-031-53991-6_34.

- [14] Kashkanov, V.A., Kashkanov, A.A., & Kuzhel, V.P. (2020). *Information systems and technologies in road transport*. Vinnytsia: VNTU.
- [15] Burennikov, Yu.A., Kashkanov, A.A., & Rebedailo, V.M. (2009). *Rolling stock of road transport: workflow processes and calculation elements*. Vinnytsia: VNTU.
- [16] Wang, Q., Liu, C., Zheng, M., Wang, D., & Pan, E. (2024). Integrated planning of multiple spare parts inventory, warranty, and service engineers for a service-oriented manufacturer. In *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 22, 788-801. doi: [10.1109/TASE.2024.3354422](https://doi.org/10.1109/TASE.2024.3354422).
- [17] Raaymann, S., & Spinler, S. (2024). Measuring supply chain resilience along the automotive value chain – a comparative research on literature and industry. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 192, article number 103792. doi: [10.1016/j.tre.2024.103792](https://doi.org/10.1016/j.tre.2024.103792).
- [18] Kashkanov, A.A. (2020). Methodology for assessing and reducing uncertainty in the tasks of automotive technical examination of road accidents. *Journal of Mechanical Engineering and Transport*, 1(11), 71-78. doi: [10.31649/2413-4503-2020-11-1-71-78](https://doi.org/10.31649/2413-4503-2020-11-1-71-78).
- [19] Rotshtein, A., & Rakytienska, H. (2012). *Fuzzy evidence in identification, forecasting and diagnosis*. Berlin: Springer. doi: [10.1007/978-3-642-25786-5](https://doi.org/10.1007/978-3-642-25786-5).
- [20] Boylan, J., & Syntetos, A. (2021). *Intermittent demand forecasting: Context, methods and applications*. Hoboken: John Wiley & Sons. doi: [10.1002/9781119135289](https://doi.org/10.1002/9781119135289).
- [21] Bacchetti, A., & Sacconi, N. (2012). Spare parts classification and demand forecasting for stock control: Investigating the gap between research and practice. *Omega*, 40(6), 722-737. doi: [10.1016/j.omega.2011.06.008](https://doi.org/10.1016/j.omega.2011.06.008).
- [22] Woźniakowski, T., Jałowiecki, P., & Zmarzłowski, K. (2018). ERP systems and warehouse management by WMS. *Information System in Management*, 7(2), 141-151. doi: [10.22630/ISIM.2018.7.2.6](https://doi.org/10.22630/ISIM.2018.7.2.6).
- [23] Eaves, A.H.C., & Kingsman, B.G. (2004). *Forecasting for the ordering and stock-holding of spare parts*. *The Journal of the Operational Research Society*, 55(4), 431-437.
- [24] Rotshtein, A., Katielnikov, D., & Kashkanov, A. (2019). A fuzzy cognitive approach to ranking of factors affecting the reliability of man-machine systems. *Cybernetics and Systems Analysis*, 55, 958-966. doi: [10.1007/s10559-019-00206-8](https://doi.org/10.1007/s10559-019-00206-8).

Andrii Kashkanov

Doctor of Technical Sciences, Professor
Vinnytsia National Technical University
21021, 95 Khmelnytske Shose Str., Vinnytsia, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3294-6135>

Mykola Moskaliuk

Postgraduate Student
Vinnytsia National Technical University
21021, 95 Khmelnytske Shose Str., Vinnytsia, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0002-4660-8858>

Uncertainty and its impact on the formation of spare parts inventories to ensuring the efficiency of transport processes

Abstract. Improving the efficiency of transport processes is impossible without improving the logistics of managing spare parts inventories. The functioning of logistics processes in supply chains is accompanied by significant uncertainty and risks. The time that managers spend on eliminating disruptions in the supply chains of spare parts due to the impact of uncertainty on road transport is from 20% to 40% of the total time spent on ensuring logistics processes. This indicator can be reduced by implementing advanced supply chain management systems, using analytics to predict and prevent problems, as well as increasing the level of cooperation with suppliers. The article examines the main factors shaping the demand for spare parts. The causes of uncertainty and risks in supply chains are analysed. It is established that the uncertainty of demand factors for spare parts can be caused by a number of factors, such as fluctuations in economic conditions, seasonal changes, changes in technology, or even unforeseen situations, such as pandemics or natural disasters. These factors include human characteristics, technical means, operation and maintenance processes, and the external environment. For optimal resource allocation to ensure system reliability, it is necessary to prioritize influencing factors. Since many of these factors are qualitative and are assessed by experts, this complicates the application of traditional methods of experimental design and regression analysis, which are usually used in the statistical theory of reliability of “human-machine” systems. Analysis of sources of uncertainty in logistics processes of supply chains, methods for their reduction, as well as economic and mathematical methods for supporting decision-making regarding the structure and planning of work in supply chains allows us to identify a number of trends and promising areas of research in this area. These areas include: the need to form and develop a terminology base, improve methods for forecasting spare parts inventories, develop supply chain management strategies, minimize risks in supply chains, and find a balance between the efficiency and sustainability of inventory management systems

Keywords: vehicles; operational reliability; spare parts; uncertainty; efficiency; transport process