

О.П. Калініченко, В.В. Севідова

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ РОБОТИ СКЛАДУ ПРИ МІЖНАРОДНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ

У статті запропонована методика визначення кількості доцільних засобів механізації при переміщенні вантажів на складах. Запропоновані до використання високоманеврені та енергоефективні багатовісні транспортні засоби, з можливістю руху «боком», «крабом» та поворотом навколо вертикальної центральної осі з малим радіусом. Розроблено алгоритм визначення кількості транспортних засобів за запропонованою схемою технологічної обробки вантажів.

Ключові слова: вантаж, навантажувач, витрати, склад

Постановка проблеми

Складське господарство є особливо важливою частиною у глобальному ланцюжку поставок, а обладнання для обробки вантажів, яке використовується на складах та терміналах, особливо при доставці вантажів в міжнародному сполученні, відіграє вирішальну роль у переміщенні вантажу від вантажовідправника до вантажоодержувача.

Розвиток міжнародної торгівлі призвів до тенденції покращення продуктивності складів шляхом впровадження передових систем для інтермодальної обробки вантажів. Для підвищення продуктивності роботи складу, скорочення часу та фінансових витрат на кожну операцію на складі, доцільне застосування новітніх вантажно-розвантажувальних засобів та технологій переміщення вантажів по території складів та терміналів. Нові засоби транспортування вантажів (особливо контейнерів) та нові технології транспортування під час їх обробки на терміналах та складах дозволяють прискорити обробку вантажів за рахунок зниження витрат часу на маневрування та підвищення безпеки.

В ідеальному терміналі транспортно-розвантажувальне обладнання повинно мати можливість виконувати операції з транспортування вантажів з мінімальними витратами всіх видів ресурсів по оптимальним заздалегідь визначеним маршрутам з урахуванням безпеки руху та можливого негативного впливу зовнішніх факторів.

Ефективна організація транспортно-складської діяльності різного роду організацій сприяє впровадженню інноваційних шляхів організації виробництва, підвищенню продуктивності та зниженню собівартості продукції. Рациональне планування, організація та функціонування

транспортно-складського господарства передбачає наявність необхідної кількості складських площ, механізацію та автоматизацію складських робіт, а також застосування передових технологій, щодо використання засобів навантаження-розвантаження та обробки вантажів на території складських комплексів. Виконання цих вимог приведе до збільшення обсягів виробництва, зниження собівартості і поліпшенню якості продукції.

Для України значною проблемою в організації процесу доставки вантажів в міжнародному сполученні, особливо з використанням контейнерів, є застосування застарілих засобів механізації та невикористання автоматизованих систем планування їх роботи. Застарілі навантажувально-розвантажувальні механізми мають низьку продуктивність за рахунок застосування неефективного силового устаткування та низькоманеврених рамних конструкцій, що особливо відчутно у разі їх застосування для обробки контейнерів у будівлях з обмеженим простором. Все це призводить до значного зниження рівня механізації та автоматизації, що в результаті позначається у надмірних витратах на оплату праці, та невикористаних витратах від простою навантажувально-розвантажувальних механізмів та вантажних автомобілів в очікуванні обслуговування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблеми складської логістики охоплюють різні перешкоди, які впливають на безперебійну роботу та ефективність складів. Вирішення цих проблем має вирішальне значення для компаній, що займаються доставкою вантажів в міжнародному сполученні, для оптимізації складського обслуговування та забезпечення безперебійності логістичних процесів.

Обмежений складський простір є загальною проблемою в логістиці. Оскільки бізнес розширюється, а попит на сховище зростає, знайти достатній простір стає важко. Оптимізація використання простору за допомогою відповідних систем зберігання та планування має вирішальне значення для подолання цієї проблеми.

Автори [1,2] зазначають, що основними недоліками складського комплексу України з точки зору виконання технологічних операцій на сучасний період є застаріла матеріально-технічна база значної частини складських приміщень, що будувалися відповідно до потреб економіки часів Радянського союзу. Зокрема, рівень зносу обладнання на кінець 2018 року в галузі становив 62 %. Суттєві регіональні та територіальні диспропорції розміщення об'єктів складської інфраструктури. А до основних проблем складської логістики в Україні автор відносить дефіцит обладнаних відповідно до різних температурних режимів та інших стандартів зберігання продукції складських приміщень (переважна частина складів являють собою виробничі приміщення, що побудовані ще в часи Радянського Союзу), не відповідність територіального розміщення складських приміщень структурним і галузевим змінам економіки регіонів та новим транспортним маршрутам.

В роботі [2] автори зазначають, що для підвищення ефективності функціонування складського комплексу необхідна сучасна і надійна інфраструктура у вигляді відповідним чином обладнаного складського комплексу. Основним принципом при створенні системи зберігання повинно стати індивідуальне рішення, яке враховує всі фактори і забезпечує економічну ефективність складу. Головною метою складської логістики повинна стати розробка системи зберігання та транспортування, яка дозволяє оптимально розподілити товари на складі і раціонально управляти цими товарами.

В результаті порівняння процесів розвитку складської логістики в Україні та Європейських державах, можливо зазначити, що основними рушійними силами як в Україні так і в Європі є електронна комерція та роздрібна торгівля. Але, в Україні вся якісна складська логістика зосереджена в Київському регіоні, а в Європі рівномірно по всій території. Що стосується якості то в Україні якість складів в 10 разів є нижчою в порівнянні з Європейськими [3].

Транспортування вантажів по території складу, як одна із основних складських операцій, визнано однією з основних операцій при виконанні якої компанії можуть отримувати конкурентну перевагу за рахунок зниження витрат від застосування ефективних технологій переміщення вантажів [4].

Як стверджують Шах і Ханзоде [5], мета складу – задовольнити клієнтів, ефективно використовувати ресурси і доставляти потрібний продукт у потрібне місце і в потрібний час у відповідному стані. Чого можливо досягти за рахунок застосування ефективних підйнятно-транспортних механізмів та раціонально складених маршрутів переміщення вантажів на складі.

Карім [6] стверджує, що склад – це більше, ніж просто місце зберігання запасів. Метою управління складом є підвищення продуктивності і точності, а також скорочення і контроль вартості запасів і доставки, забезпечуючи при цьому гарне обслуговування клієнтів. Тим часом, складування призначене насамперед для приймання, зберігання, пакування та відвантаження товарів і вимагає нових підходів до формування транспортно-технологічних процесів переміщення вантажів на складі і використання дорогих інформаційних систем.

Склад це не тільки технологічне приміщення для зберігання та обробки товарів і матеріалів, а й центр потоку продуктів та інформації між джерелами поставок та одержувачами кінцевої продукції, основним з основних елементів якого є технологія переміщення вантажів та інформації його територією [7]. Склад – це комерційна будівля для буферизації та складування товарів для споживання або проміжна зона для зберігання сировини яка потребує раціональних засобів механізації та передових технологій обробки [8].

Пол і Лестарі [9] діяльність з управління товарами, що зберігаються на складі, називають складуванням. Хоча на складі багато різних операцій, у них є деякі спільні риси і закономірності в русі матеріалів і типові складські операції, такі як приймання, розміщення, поповнення запасів, внутрішнє комплектування замовлень, збирання та сортування, пакування, крос-докінг і доставка.

Організація технологічних процесів значним чином впливає на загальну тривалість руху вантажів від вантажовідправників до вантажоодержувачів. У свою чергу, ефективність та швидкість технологічного складського процесу залежить від операцій та завдань, що проходять на складі, від умов постачання вантажів рівня та ступеню механізації складського господарства.

Одним із перспективних напрямків підвищення ефективності функціонування складського господарства є розробка та впровадження «Розумних складів». «Розумні склади» спрямовані на підвищення загальної якості обслуговування, продуктивності та ефективності складу, мінімізуючи витрати та збої саме за рахунок визначення доцільних та енергоефективних транспортних засобів для виконання операцій з обробки та переміщення вантажів на складах та застосування

передових технологій руху таких засобів по території складу. За останні роки кілька досліджень запропонували та обговорили різні типи розумних складів, визначили ключові проблеми та запропонували кілька напрямків вирішення цих проблем [10–13].

На теперішній час однією з основних задач ефективної організації роботи складів є визначення доцільних технічних засобів для виконання навантажувально-розвантажувальних робіт, визначення раціональної їх кількості, та застосування перспективних технологій щодо визначення раціональних маршрутів руху транспортних засобів на складах.

Формулювання мети статті

Метою даної роботи є удосконалення технології роботи складу при міжнародних перевезеннях вантажів із застосуванням високоманеврених та енергоефективних багатовісних засобів механізації. Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити задачі:

- розробити алгоритм визначення доцільної кількості транспортних засобів за запропонованою схемою технологічної обробки вантажів;
- визначити доцільність застосування запропонованих транспортних засобів за показниками загальних витрат та оптимальної кількості навантажувальних механізмів.

Виклад основного матеріалу

Використання високоманеврених багатовісних транспортних засобів з можливістю руху «боком», «крабом» та поворотом навколо центральної осі є перспективним рішенням для підвищення ефективності складу. Така конструкція запропонована кафедрами Харківського національного автомобільно-дорожнього університету: «Автомобілів», «Деталей машин і теорії механізмів і машин», «Технологія машинобудування і ремонт машин» [14–15].

Такі транспортні засоби мають низку переваг для складської логістики. Рух «боком» і «крабом» – ця функція дозволяє переміщати вантажі в боковому напрямку, що забезпечує високу гнучкість під час переміщення товарів у вузьких проходах та обмежених просторах. Це значно скорочує час, необхідний на перестановку техніки та вантажів, оптимізуючи використання простору.

Перевагою малого радіусу розвороту є можливість повороту платформи навколо центральної осі, що дозволяє транспортному засобу розвертатися практично на місці. Це особливо корисно в умовах складу, де кожен зайвий маневр знижує ефективність.

Використання електроприводів, що споживають менше енергії, знижують загальні витрати та зменшують вплив на навколишнє середовище. Крім того, завдяки можливості оптимізації маршруту, ці транспортні засоби можуть економити енергію за рахунок скорочення зайвих рухів. Такі транспортні засоби можна інтегрувати в систему автоматичного керування, що дозволить ефективно автоматизувати процеси переміщення вантажів. Це знижує потребу в людських ресурсах, мінімізує ризик помилок і підвищує загальну продуктивність складу.

Для удосконалення технології роботи складу при міжнародних перевезеннях вантажів розроблено алгоритм визначення раціонального розподілу транспортних ресурсів на складах, що базується на необхідності застосування імітаційного моделювання процесу обробки вантажів на складах, у якому зазначено послідовність операцій, що направлені на визначення та порівняння показників існуючих навантажувальних механізмів та запропонованого високоманевреного та енергоефективного транспортного засобу. Загальна блок-схема розрахунку кількості транспортних засобів за запропонованою схемою технологічної обробки вантажів представлена на рисунку 1.

На початку періоду планування визначається необхідна кількість засобів механізації з урахуванням обсягів постачання, та відстаней переміщення вантажів. З урахуванням визначення часу виконання виробничого циклу визначаються продуктивності засобів механізації – електронавантажувача ERP15 VC та високоманевреного та енергоефективного багатовісного автомобіля та плановані показники роботи за добу. Після визначення необхідної кількості конкретних засобів механізації виконуються розрахунки планових показників виконання циклів обслуговування. На наступному етапі виконується імітаційне моделювання процесу технологічної обробки вантажів з урахуванням ймовірності відмови або поламки транспортних засобів. Результати моделювання за часом $T_{облі}$ порівнюються з плановими показниками $T_{нормі}$ та визначаються граничні значення часу технологічної обробки вантажів. При умові недотримання граничних нормативних значень часу технологічної обробки вантажів робиться висновок про необхідність збільшення кількості відповідних транспортних засобів. Після збільшення кількості проводиться повторна імітація з визначенням відповідних показників.

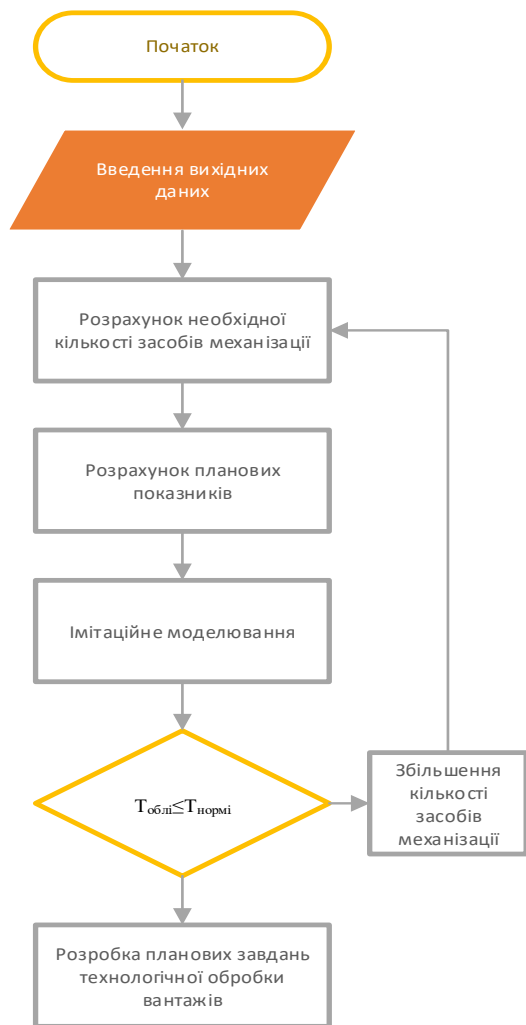


Рис. 1. Загальна блок-схема визначення кількості транспортних засобів за запропонованою схемою технологічної обробки вантажів

Для удосконалення технології роботи складу при міжнародних перевезеннях вантажів проводилось дослідження, яке складається з трьох основних етапів. Першим етапом було визначення технології обробки вантажів на складі з використанням двох запропонованих механізмів – електронавантажувачів ERP15 VC та високоманеврених та енергоефективних багатовісних машин, з розрахунком основних показників роботи цих засобів на складі, а саме часу циклу та продуктивності.

У запропонованого механізму середній час циклу склав по середнім значенням 65 секунд, на відміну від електронавантажувачів ERP15 VC для яких розраховане значення середнього часу циклу склало 80 секунд. Така різниця в розрахованому часі циклу обумовлена можливістю руху «боком», «крабом» та поворотом навколо вертикальної центральної осі з малим радіусом. Такі технологічні особливості запропонованого навантажувального механізму дозволяють значно підвищити

продуктивність праці при тих же значеннях номінальної вантажності навантажувача.

В результаті розрахунків визначили, що застосування запропонованого підходу по визначенню раціональної кількості нових високоманеврених та енергоефективних машин дозволить знизити витрати на технологічну обробку вантажів. При технологічній обробці максимальної кількості вантажу, що надходить на склад, загальні витрати на обробку такого вантажу при використанні запропонованих механізмів будуть менше ніж при використанні електронавантажувачів ERP15 VC на 7500 грн за робочу зміну (рис.2), а різниця в кількості необхідних навантажувачів складе 5 одиниць (рис.3).

В результаті розрахунків було визначено, що застосування високоманеврених та енергоефективних багатовісних машин дозволить отримати економічний ефект в розмірі 2737500 грн/рік, а ефективність запропонованих заходів складе 9,57 %.

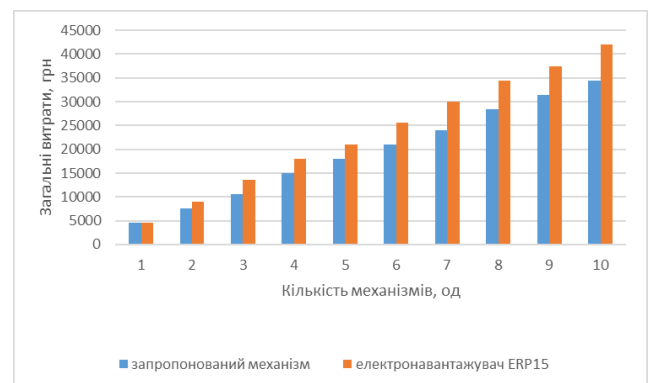


Рис. 2. Графік залежності загальних витрат від кількості механізмів

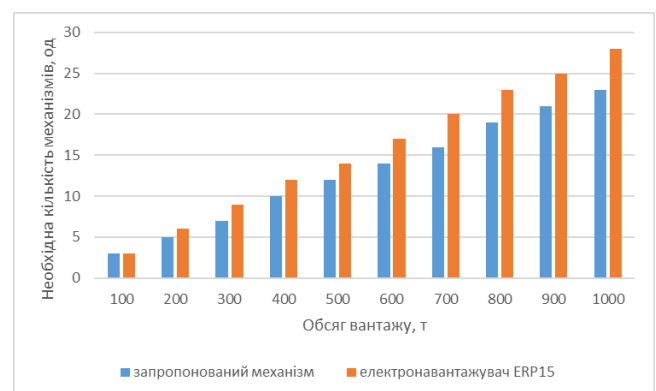


Рис. 3. Графік залежності кількості навантажувальних механізмів в залежності від обсягів вантажу

При впровадженні розробленої методики визначення раціональної кількості механізмів для виконання навантажувально-розвантажувальних робіт при технологічній обробці вантажів на складах

можливо отримати значний економічний ефект. При визначених умовах виконання технологічної обробки вантажів на складах доцільно використовувати імітаційне моделювання процесів, що входять до технологічних схем обробки вантажів. При цьому необхідно враховувати зовнішній вплив різноманітних факторів, що можуть призвести до значних збоїв в роботі складу.

Висновки

В результаті проведених досліджень визначено, що використання застарілої складської інфраструктури та застосування в більшості випадків застарілих засобів механізації, та як наслідок, робота складського господарства по застарілим транспортно-технологічним схемам при обробці вантажів на складах призводить до значних втрат матеріальних ресурсів.

Для удосконалення технології роботи складу пов'язаної з технологічною обробкою вантажів запропонована до використання методика визначення раціональної кількості нових високоманеврених та енергоефективних машин. Сучасні вимоги щодо виконання складських робіт обумовлюють необхідність розробки та впровадження нових інноваційних транспортних засобів, що дозволять підвищити продуктивність виконання складських робіт за рахунок підвищення рівня маневреності та продуктивності таких засобів.

Запропоноване впровадження високоманеврених багатовісних транспортних засобів для складської обробки вантажів має значні економічні переваги порівняно зі стандартними електронавантажувачами ERP15 VC – зменшення витрат на 7500 грн за робочу зміну. Оптимізація парку навантажувачів – різниця у 5 одиниць транспортних засобів означає, що для обробки тієї ж кількості вантажу потрібно менше обладнання, якщо використовуються запропоновані навантажувачі. Це знижує загальне навантаження на складське середовище, полегшує логістику і зменшує витрати на обслуговування техніки.

Література

1. Носар А. А. Економічна діагностика регіональних особливостей розвитку сфери складської логістики в Україні. *Український журнал прикладної економіки*. 2021. 6(1). С. 344–352.
2. Багорка М., Якубенко Ю. Напрями підвищення ефективності складської логістики. *Сталий розвиток економіки*. 2023. 1(46). С. 9–14.
3. Стойко Д. С. Особливості ринку складської логістики в Україні. *XI Студентська науково-практична конференція Проблеми та перспективи розвитку економіки України: погляд молоді*. 2023. С. 62–65.
4. Ramaa K N Subramanya T M. Rangaswamy. Article: Impact of Warehouse Management System in a Supply Chain.

- International Journal of Computer Applications. 2021. 54(1). P. 14–20.
5. Khanzode, Vivek, Shah, Bhavin. A comprehensive review of warehouse operational issues. *International Journal of Logistics Systems and Management*. 2017. 22. P. 214–240.
6. Karim, Nur & Abdul Rahman, Noorul Shaiful Fitri & Shah, Syed. Empirical Evidence on Failure Factors of Warehouse Productivity in Malaysian Logistic Service Sector. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*. 2018. 34. P. 151–160.
7. Anteneh B. Effectiveness of Warehouse Management in Save the Children Ethiopia A Case of Gambella Emergency Office. MA thesis, Addis Ababa University, Logistics and Supply Chain management. 2017. 4 (1). P. 88–124.
8. Belayhun B. Assessment Of Ware House Management The Case Of Ethiopian National Defense Main Department Of Logistics In Adama. School of Commerce, Logistics and Supply Chain Management. 2017. P. 68–87.
9. Paul Y. Lestari Y.D. M. Managing stock in warehouse: a case study of a retail industry in jakarta. *Journal of business and management*. 2015. Vol. 4, No.7. P. 830–843.
10. Strandhagen J.W.; Alfnes E.; Strandhagen J.O.; Vallandingham L.R. The fit of Industry 4.0 applications in manufacturing logistics: A multiple case study. *Adv. Manuf.* 2017. 5. P. 344–358.
11. Lee C.; Lv, Y.; Ng K.H.; Ho W.; Choy K. Design and application of Internet of things-based warehouse management system for smart logistics. *Int. J. Prod. Res.* 2018, 56, 2753–2768.
12. Kamali A. Smart warehouse vs. traditional warehouse—review. *CiiT Int. J. Autom. Auton. Syst.* 2019, 11, 9–16.
13. Büyükköçkan G.; Göçer F. Digital Supply Chain: Literature review and a proposed framework for future research. *Comput. Ind.* 2018, 97, 157–177.
14. Pavlenko, O., Kalinichenko, O. Methodology for determining an effective variant of warehouse operation technology when using highly manoeuvrable and energy-efficient multi-axle vehicles. *Municipal Economy of Cities*, 2023, 6(180), 244–249. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-6-180-244-249>
15. Kalinichenko, O., Pavlenko, O. Methodology for determining the rational technology for moving goods in the warehouse. *Municipal Economy of Cities*, 2023, 6(180), 231–236. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-6-180-231-236>.

Reference

1. Nosar, A. A. Economic Diagnostics of Regional Features of Warehouse Logistics Development in Ukraine. *Ukrainian Journal of Applied Economics*. 2021. 6(1), pp. 344–352.
2. Bahorka, M., Yakubenko, Y. Directions for Improving Warehouse Logistics Efficiency. *Sustainable Economic Development*. 2023. 1(46), pp. 9–14.
3. Stoyko, D. S. Features of the Warehouse Logistics Market in Ukraine. *XI Student Scientific and Practical Conference "Problems and Prospects for the Development of Ukraine's Economy: A Youth Perspective."* 2023, pp. 62–65.
4. Ramaa K N Subramanya T M. Rangaswamy. Article: Impact of Warehouse Management System in a Supply Chain. *International Journal of Computer Applications*. 2021. 54(1). P. 14–20.
5. Khanzode, Vivek, Shah, Bhavin. A comprehensive review of warehouse operational issues. *International Journal of Logistics Systems and Management*. 2017. 22. P. 214–240.

6. Karim, Nur & Abdul Rahman, Noorul Shaiful Fitri & Shah, Syed. Empirical Evidence on Failure Factors of Warehouse Productivity in Malaysian Logistic Service Sector. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*. 2018. 34. P. 151–160.
7. Anteneh B. Effectiveness of Warehouse Management in Save the Children Ethiopia A Case of Gambella Emergency Office. MA thesis, Addis Ababa University, Logistics and Supply Chain management. 2017. 4 (1). P. 88–124.
8. Belayhun B. Assessment Of Ware House Management The Case Of Ethiopian National Defense Main Department Of Logistics In Adama. School of Commerce, Logistics and Supply Chain Management. 2017. P. 68–87.
9. Paul Y. Lestari Y.D. M. Managing stock in warehouse: a case study of a retail industry in jakarta. *Journal of business and management*. 2015. Vol. 4, No.7. P. 830–843.
10. Strandhagen J.W.; Alfnes E.; Strandhagen J.O.; Vallandingham L.R. The fit of Industry 4.0 applications in manufacturing logistics: A multiple case study. *Adv. Manuf.* 2017. 5. P. 344–358.
11. Lee C.; Lv, Y.; Ng K.H.; Ho W.; Choy K. Design and application of Internet of things-based warehouse management system for smart logistics. *Int. J. Prod. Res.* 2018, 56, 2753–2768.
12. Kamali A. Smart warehouse vs. traditional warehouse—review. *CiiT Int. J. Autom. Auton. Syst.* 2019, 11, 9–16.
13. Büyükožkan G.; Göçer F. Digital Supply Chain: Literature review and a proposed framework for future research. *Comput. Ind.* 2018, 97, 157–177.
14. Pavlenko, O., Kalinichenko, O. Methodology for determining an effective variant of warehouse operation

technology when using highly manoeuvrable and energy-efficient multi-axle vehicles. *Municipal Economy of Cities*, 2023, 6(180), 244–249. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-6-180-244-249>

15. Kalinichenko, O., Pavlenko, O. Methodology for determining the rational technology for moving goods in the warehouse. *Municipal Economy of Cities*, 2023, 6(180), 231–236. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-6-180-231-236>.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.С. Наглюк, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків

Автор: КАЛІНІЧЕНКО Олександр Петрович
кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків
E-mail – tkkap@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9024-3668>

Автор: СЕВІДОВА Вікторія Віталіївна
аспірант
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків
E-mail – y.i.k.y.s.y.a067@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4806-4743>

IMPROVEMENT OF WAREHOUSE TECHNOLOGY IN INTERNATIONAL FREIGHT TRANSPORTATION

O. Kalinichenko, V. Sevidova

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv

The article analyzes the existing methods of building cargo handling technologies in warehouses. The chosen topic is quite relevant, since the use of outdated warehouse infrastructure and the use of outdated mechanization equipment in most cases, the operation of warehousing facilities according to outdated transport and technological schemes in the processing of goods in warehouses; the absence or insufficient use of modern information systems for planning, organizing, controlling and accounting for warehouse operations; lead to significant financial losses. To address the issues related to the technological processing of goods in warehouses, the author proposes a methodology for developing and implementing a technology for determining the rational number of new highly maneuverable and energy-efficient machines. Modern requirements for warehouse operations necessitate the development and implementation of new innovative vehicles that will increase the productivity of warehouse operations by increasing the level of maneuverability and productivity of such vehicles. As a result of the calculations, it was determined that the application of the proposed approach to determining the rational number of new highly maneuverable and energy-efficient machines will reduce the cost of technological cargo handling. When handling the maximum amount of cargo arriving at the warehouse, the total cost of handling such cargo using the proposed mechanisms will be less than when using existing forklifts.

When implementing the developed methodology for determining the rational number of mechanisms for performing loading and unloading operations during the technological processing of goods in warehouses, it is possible to obtain a significant economic effect. Under certain conditions of technological handling of goods in warehouses, it is advisable to use simulation modeling of the processes included in the technological schemes of cargo handling. In this case, it is necessary to take into account the external influence of various factors that can lead to significant disruptions in the warehouse.

Keywords: cargo, forklift, costs, warehouse