

**Анатолій Пасічник<sup>1</sup>, Ірина Лебідь<sup>2\*</sup>, Євгеній Кущенко<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Професор, Аналітично-науковий центр, Придніпровське відділення МАКНС, пр. О. Поля, 127/48, м. Дніпро, 49061, Україна. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8561-1374>.

<sup>2</sup> Доцент, Кафедра міжнародних перевезень та митного контролю, Національний транспортний університет, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, 01010, Україна. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0707-4179>

<sup>3</sup> Інженер, Транспортно-технічний відділ, АТ «Одеський припортовий завод», вул. Заводська, 3, 65481, м. Южне, Україна. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9145-5390>

\* Автор, відповідальний за листування: [i.h.lebed@gmail.com](mailto:i.h.lebed@gmail.com)

### **АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОБУДОВИ МЕРЕЖІ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ НА ОСНОВІ ФАКТОРНО-РЕЙТИНГОВОЇ МОДЕЛІ**

*У статті представлені результати аналізу ефективності застосування факторно-рейтингового методу вирішення задачі знаходження оптимальних місць розміщення елементів логістичної транспортно-митної інфраструктури України з мінімізацією транспортної роботи з перевезень вантажів. Проведено визначення достатньої і економічно обґрунтованої кількості логістичних транспортно-митних комплексів для переробки імпортного вантажопотоку заданого обсягу.*

*У дослідженні використані методи системного та факторного аналізу розрахункових параметрів переробки вантажопотоків з урахуванням транспортних, економічних та адміністративних факторів розвитку територій. Встановлено, що відомі методи, розроблені для визначення місць розміщення окремих транспортно-логістичних центрів, не дозволяють оптимізувати відповідну логістичну інфраструктуру орієнтовану на переробку вантажопотоку в масштабах транспортної системи країни.*

*Для побудови ефективного розв'язку задачі оптимального розміщення декількох логістичних транспортно-митних комплексів запропоновано метод визначення факторно-рейтингового потенціалу ефективності міст для їх розміщення на території України з урахуванням транспортних, економічних та адміністративних факторів. Проведено оцінку транспортної роботи для 165 населених пунктів України, які включають міста з населенням більше 30 000 осіб, а також, населені пункти, в яких створено митні пости, або вантажні пункти пропуску через митний кордон України. Для кожного міста враховано відносне споживання імпортного вантажопотоку продовольчих товарів.*

*За наведеним алгоритмом проведено розрахунки для варіантів, що передбачають функціонування від одного до десяти логістичних транспортно-митних комплексів на всій території України. Аналіз результатів проведених розрахунків свідчить, що обсяг транспортної роботи ефективно зменшується у випадку створення від 1 до 5 транспортно-митних логістичних комплексів. Подальше збільшення кількості логістичних транспортно-митних комплексів, а відповідно і капітальних вкладень, не призводить до суттєвого зменшення сукупної транспортної роботи. Відповідно факторно-рейтинговий потенціал для міст, в зоні яких створення логістичних транспортно-митних комплексів є найбільш раціональним і має такі значення: Дніпро – 0,46; Київ – 0,46; Львів – 0,54; Одеса – 0,69; Харків – 0,62.*

*Наведені результати з оцінки ефективності оптимального розміщення логістичних транспортно-митних комплексів можуть мати впровадження в українській транспортній системі при побудові логістичної інфраструктури з переробки вантажопотоків достатньо великих обсягів.*

**Ключові слова:** транспортно-логістична інфраструктура, транспортно-митні комплекси, факторно-рейтинговий метод, логістика.

**Вступ.** Транспортно-логістична інфраструктура є одним із визначальних факторів ефективності перевезення, зберігання та доставки товарів зовнішньоторговельного обігу. Тому удосконалення та побудова достатньо розвиненої транспортно-логістичної інфраструктури визначені як пріоритетні завдання Національної транспортної стратегії України на період до 2030 р. [1].

Основу транспортно-логістичної інфраструктури складають транспортні шляхи та відповідна мережа логістичних транспортно-митних комплексів (ЛТМК) [2]. Організація роботи ЛТМК здійснюється на основі планування і раціональної доставки (перевезення) вантажів від місць перетину кордону і до місць споживання шляхом розрахунку та реалізації оптимальних логістичних ланцюгів. Однією із основних проблем створення мережі логістичних транспортно-митних комплексів є питаннями визначення оптимальної кількості таких комплексів в регіоні та їх взаємного розташування по регіонах країни. У зв'язку з цим розробка та удосконалення методології визначення оптимальної кількості та місць розміщення елементів логістичних транспортно-митних комплексів є актуальною як науковою, так і прикладною задачею [3, 4, 5].

**Аналіз останніх досліджень і постановка проблеми.** Важливість подальшого удосконалення методологічних підходів формування і оптимізації транспортно-логістичної інфраструктури обґрунтована в цілому ряді наукових праць. Результати дослідження питань пов'язаних з модернізацією об'єктів транспортно-логістичної інфраструктури та удосконаленням різних методів визначення їх оптимального місцезнаходження, а також перспектив розвитку ЛТМК і транспортно-сервісних центрів в Україні наведені в монографії [2]. Основні закономірності формування світової транспортно-логістичної інфраструктури систематизовані в статті [3]. В наукових роботах [4–7] проведено аналіз та узагальнення передового досвіду країн Європи та світу і визначені можливі напрямки його застосування до розбудови транспортно-логістичної інфраструктури України. Можливі варіанти удосконалення структури логістичних транспортно-митних комплексів розглянуті в роботі [8]. Раціональні рішення країн ЄС з облаштування інфраструктури митного кордону для сприяння транспорту і торгівлі наведені у звіті ОБСЄ [9]. Визначені основні напрями удосконалення технологій виконання митних формальностей при переміщенні вантажів і транспортних засобів через митний кордон.

Результати аналізу проєктних рішень з побудови архітектури транспортно-логістичних систем найбільш розвинутих країн світу та реалізації відповідних інформаційних систем логістичного управління наведені в роботі [10]. Проблеми ефективності логістичної транспортно-митної інфраструктури та оцінки транзитного потенціалу України розглянуті в роботі [11]. Напрями та перспективи розбудови транспортно-логістичної інфраструктури в Україні на основі сучасних технологічних рішень запропоновані в статті [12].

Організаційні та інфраструктурні фактори, а також умови доцільності створення міжнародного логістичного центру сформульовані в роботі [13]. Визначені можливі джерела фінансування будівництва регіонального логістичного центру з використанням як бюджетних, так і небюджетних (інвестиційних, запозичених) коштів. Сучасні тенденції розвитку регіональних транспортно-логістичних центрів та можливості їх запровадження в Україні проаналізовані в публікації [14]. Важливість застосування міжнародного досвіду розбудови транспортно-логістичних центрів для ефективного розвитку транспортно-логістичної інфраструктури обґрунтована в роботі [15]. Проблеми удосконалення структури та

функціонування митних терміналів у складі логістичних транспортно-митних комплексів систематизовані в роботі [16]. В публікації [17] наведені результати систематизації основних факторів і методів формування та удосконалення транспортно-логістичної інфраструктури. Комплексний метод факторно-рейтингової оптимізації побудови логістичної мережі транспортно-митних комплексів запропонований в роботі [18]. В роботах [19, 20] запропоновано та розроблено методику комплексної оцінки ефективності об'єктів митної інфраструктури. Методику моделювання та дослідження параметрів функціонування транспортно-логістичного центру наведено в публікації [21]. В публікації [22] розроблено імітаційну модель функціонування вантажного митного комплексу, як об'єкта митної інфраструктури.

Разом з тим питання удосконалення методології визначення оптимальної кількості логістичних транспортно-митних комплексів та їх перероблювальної спроможності товаропотоку при формуванні загальнодержавної логістичної інфраструктури потребує подальшого розвитку.

**Мета і завдання дослідження.** Метою даної статті є визначення раціональної кількості логістичних транспортно-митних комплексів та їх перероблювальної спроможності товаропотоку при формуванні загальнодержавної логістичної інфраструктури на основі критерію оптимізації витрат на їх будівництво.

Відповідно до даної мети роботи були поставлені такі завдання:

провести системний аналіз та встановити залежність витрат на будівництво і перероблювальної спроможності для відомих транспортно-логістичних комплексів в Україні;

визначити оптимальну кількість логістичних транспортно-митних комплексів та їх перероблювальну спроможність на основі мінімізації витрат на їх будівництво;

провести порівняльний аналіз результатів визначення оптимальної кількості ЛТМК за критеріями: факторно-рейтингового аналізу, мінімізації транспортної роботи та витрат на їх будівництво.

**Матеріали, методи та результати дослідження.** Успішність створення української мережі логістичних транспортно-митних комплексів в Україні напряму залежить від достовірності оцінки необхідних обсягів, а також визначення можливих джерел фінансування реалізації відповідних інфраструктурних проєктів. Для чого необхідно застосувати відповідні технологічні рішення країн, які досягли значних успіхів в розвитку власної транспортно-логістичної інфраструктури. Одним із найбільш ефективних та сучасних підходів інвестування в розбудову транспортно-логістичних мереж є досвід США, Канади, Європи та Китаю.

За даними Ради з логістичного менеджменту понад 70% найбільших корпорацій США користуються послугами спеціалізованих логістичних фірм. Компанії обирають єдиного логістичного оператора, якому можна було б довірити всю сукупність операцій з доставки певних видів вантажів. В аутсорсинговому логістичному бізнесі США, так само як і в інших країнах світу, діють дві основні групи транспортно-логістичних фірм: з власним парком транспортних засобів, підйомно-транспортного й іншого устаткування, а також складськими потужностями (asset – based) і посередницькі фірми (nonasset – based). Найбільшими спеціалізованими фірмами в галузі логістики є «UPS Supply Chain Solutions», «С. Н. Robinson Worldwide», «Menlo Worldwide», «Expeditors International of Washington Inc» і «Penske Logistics» [23].

Компанії, що належать до першої групи, основною діяльністю яких, як правило, є вантажні перевезення, часто надають логістичні послуги з високою доданою вартістю. Зокрема, підрозділ «Penske Corp.», що займається лізингом вантажівок, пропонує такі види сервісу, як менеджмент і складування, використовуючи власний парк з 200 тис. автомобілів. Ще одна причина, чому промислові і торговельні компанії США все частіше звертаються до послуг спеціалізованих логістичних фірм – зростаюча складність логістичних рішень в умовах застосування електронної техніки та Інтернету. Тому в США активно розвивається такий

ступінь розвитку логістичних послуг – це фірми-консультанти з питань логістики (або 4PL-оператори).

Таким чином в США інвестиції в національну мережу логістичних комплексів носять приватний характер. В США комплекси, спочатку, як правило створюються приватними компаніями, в першу чергу для власних потреб, проте державна політика щодо розвитку підприємництва та захисту великих національних платників податків на міждержавному рівні призводить до того, що логістична інфраструктура таких компаній стрімко розвивається і в подальшому здатна надавати універсальні логістичні послуги, в тому числі за державними потребами, як на території США, так і за їх межами [10, 23].

В транспортно-логістичній інфраструктурі Канади надання логістичних послуг здійснюється як традиційними транспортними, складськими й експедиторськими фірмами, так і аутсорсинговими компаніями. Витрати на логістику становлять близько 12% ВВП країни. Більшість логістичних операцій виконуються безпосередньо фірмами без участі логістичних посередників. Компанії користуються послугами спеціалізованих логістичних фірм в основному для виконання наступних логістичних операцій: внутрішні та міжнародні перевезення, експедирування та митна очистка вантажів. Виконання логістичних послуг в Канаді поділяється на такі три основних види [21]:

- 1) Asset-Based Transportation Services (ABTS) – лише перевезення вантажів;
- 2) Asset-Based Non-Transportation Services (ABNTS) – логістичні послуги, що пов'язані з матеріальними потоками;
- 3) Non-Asset Based Logistics Services (NABLS) – послуги посередників.

У складському господарстві Канади виділяються три основних види складів: приватні, загального користування (публічні) й контрактні. Компанії, що надають послуги публічних і контрактних складів, здійснюють також широкий діапазон суміжних операцій, включаючи страхування, оцінку збитків, підготовку товарно-транспортних документів, комплектацію вантажних партій, місцеві автоперевезення, розрахунки за товари.

Основними споживачами логістичних послуг у Канаді є компанії обробної промисловості, оптової й роздрібною торгівлі. Логістична інфраструктура Канади також є переважно приватною, при цьому вона тісно пов'язана з логістичними компаніями із США у зв'язку з чим її структура та функції добре кореспондуються із логістичною інфраструктурою США.

В Німеччині транспортно-логістичні комплекси формувалися переважно на основі наявних транспортних вузлів і залізничних ліній. Тому переважна більшість цих комплексів забезпечує умови ефективної взаємодії автомобільного і залізничного видів транспорту, є також трьох-модульні логістичні комплекси, які забезпечують взаємодію морського, автомобільного та залізничного видів транспорту [10].

Німецька модель будівництва логістичних комплексів характеризується такими особливостями: сильна державна підтримка на всіх рівнях; участь державного сектору ґрунтується на федеральних законах і законах федеральних земель; федеральний бюджет бере участь у фінансуванні інвестицій через «Deutsche Bahn AG» (Німецькі залізниці); широко практикується виділення дотацій бюджетам федеральних земель, цільових дотацій та кредитування по конкретним інвестиціям; фінансова підтримка інвестицій здійснюється як федеральними землями, так і місцевим самоврядуванням. У цій моделі чітко визначені джерела інвестиційних коштів: інвестори, які бажають зробити доступною інфраструктуру логістичних операторів; транспортні компанії; суб'єкти, що утворюють об'єднання з приватним капіталом; бюджетні кошти і цільові фонди федеральних земель; програми і федеральні фонди, спрямовані на розвиток інфраструктури; дотації міст та регіонів; дотації та програми ЄС. Інвестиційний капітал доповнюється банківським кредитом. Створені логістичні комплекси управляються через наглядові органи, які створюються різними компаніями – учасниками проекту: інвесторами та/або інвестиційними консорціумами; компаніями з розвитку; муніципалітетами міст та районів; асоціаціями та спілками. Державний сектор бере участь у розвитку логістичної

інфраструктури як на стадії планування, так і при реалізації інвестиційних проєктів побудови логістичних комплексів [10].

У КНР надання логістичних і фінансових послуг у зонах вільної торгівлі (Free Trade Zones) регулюється принциповими положеннями, що регламентують перелік діяльності, форму власності, відповідність певним умовам, наявність досвіду діяльності у сфері міжнародної торгівлі, міжнародних вантажних перевезень, обмежений термін дії та інше [10]. Такими положеннями визначено, що логістичні підприємства з іноземними інвестиціями можуть здійснювати послуги з перевезення вантажів, складського зберігання, навантажувано-розвантажувальних робіт, пакування, консолідації, комплектації, інформаційному супроводженню, а також послуги по оформленню зовнішньоторговельних договорів стосовно експорту зазначених вантажів. При цьому хоча б один з учасників – інвесторів спільного підприємства повинен мати позитивний досвід роботи в галузі міжнародної торгівлі, міжнародних вантажних перевезень, або практику як агента з таких перевезень. Діяльність по створенню спільних транспортно-логістичних комплексів з іноземними інвестиціями та запровадження логістичного сервісу (перевезення вантажів, створення інформаційно-обчислювальних мережевих систем управління перевезеннями) жорстко контролюється державою шляхом видачі дозволів. При цьому розширення сфери діяльності таких підприємств (розширення асортименту логістичних послуг) відбувається тільки відповідно до законодавчо затверджених програм.

Стосовно розбудови транспортно-логістичної інфраструктури України необхідно зазначити, що формування національної мережі ЛТМК є достатньо складною і багатоплановою проблемою, оскільки жодна транспортна компанія України, як самостійний господарський суб'єкт не в змозі забезпечити такий рівень будівництва. Тому для забезпечення належного рівня фінансування таких масштабних проєктів необхідно залучати як інвесторів та партнерів приватні транспортні компанії разом з використанням міжнародної допомоги та державних ресурсів, що позитивно вплине на процес створення та функціонування логістичної інфраструктури української транспортної системи.

Економічну доцільність створення української мережі ЛТМК оцінимо шляхом визначення їх оптимальної кількості при мінімальних загальних експлуатаційних витратах на всю мережу із визначеним обсягом переробки. Тоді оптимальна кількість ЛТМК буде визначатись умовою:

$$E^r_{zag} = E^r_b + E^r_{tr} \rightarrow \min E^r_{zag} = E^r_b + E^r_{tr} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $E^r_{zag}$  – загальні експлуатаційні витрати для розрахункової кількості ЛТМК;

$E^r_b$  – сукупні витрати на будівництво визначеної кількості ЛТМК заданої потужності;

$E^r_{tr}$  – сукупні витрати на перевезення заданих обсягів товарів для визначеної мережі ЛТМК;

$r$  – розрахункова кількість ЛТМК (в даному випадку приймаються значення від 1 до 10).

Сукупні витрати на будівництво необхідної кількості ЛТМК на кожному етапі обчислюваного експерименту визначено як сукупність витрат на будівництво кожного ЛТМК:

$$E^r_b = E^r_{b1} + E^r_{b2} + \dots + E^r_{br} \quad E^r_b = E^r_{b1} + E^r_{b2} + \dots + E^r_{br}. \quad (2)$$

Сукупні витрати на забезпечення перевезення продукції на кожному рівні розрахунку визначаються так:

$$E^r_{tr} = T^r_{i\_загальна} \times G \quad E^r_{tr} = T^r_{i\_zag} \times G, \quad (3)$$

де  $T^r_{i\_загальна}$   $T^r_{i\_zag}$  – загальна транспортна робота що виконується кожному рівні розрахунку;

$G$  – середній тариф на перевезення 1 т вантажу на відстань 1 км (для перевезення продовольчих вантажів автотранспортом складає 0,1 дол. США за 1 т·км) [24].

З метою визначення витрат на будівництво кожного ЛТМК на основі емпіричних даних проведено аналіз середніх витрат на будівництво складських комплексів для обробки імпортованих продовольчих товарів в Україні залежно від обсягу такого комплексу. Результати аналізу наведено в табл. 1. При цьому відносна середня вартість будівництва ЛТМК для переробки 1 тис. тонн вантажу визначена за формулою:

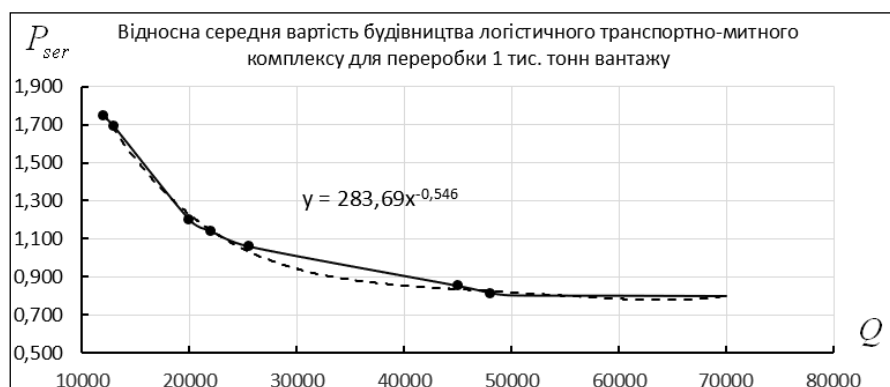
$$P_{ser} = \frac{E_b^{em} \times 1000}{Q} P_{sr} = E_b^{em} / Q \times 1000, \quad (4)$$

де  $P_{ser} P_{sr}$  – відносна середня вартість будівництва ЛТМК для переробки 1 тис. т вантажу;  
 $E_b^{em} E_b^{em}$  – вартість будівництва ЛТМК встановленого об'єму за даними таблиці 1;  
 $Q$  – обсяг переробки вантажів у відповідному ЛТМК.

**Таблиця 1. Вартість будівництва відомих транспортно-логістичних центрів для переробки продовольчих вантажів в Україні**

Назва логістичного центру	Обсяги переробки вантажів (т)	Вартість будівництва (млн. \$)	Відносна середня вартість будівництва на 1 тис. т. (млн. \$)
Конті	12000	21	1,750
Nestle	13000	22	1,692
Скандинавія	20000	24	1,200
Скандинавія	22000	25	1,140
Ice-Terminal	25500	27	1,059
Roshen	45000	38	0,850
Nestle	48000	39	0,813

Наведені дані табл. 1 дозволяють встановити залежність відносної середньої вартості будівництва ЛТМК для переробки 1 тис. т вантажу від перероблювальної спроможності такого комплексу, яка з достатньою для практичних розрахунків точністю апроксимується степеневою функцією, рис. 1.

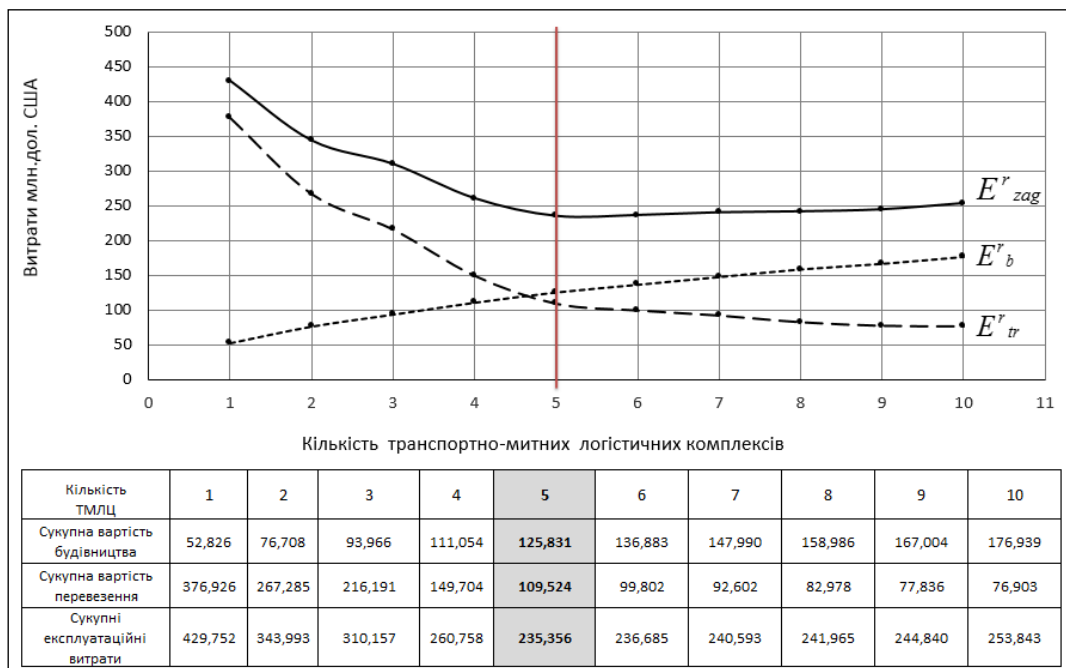


**Рис. 1. Залежність середньої вартості будівництва від перероблювальної спроможності ЛТМК**

Аналіз наведеної залежності вказує, що відносна середня вартість будівництва ЛТМК для переробки 1 тис. т зменшується зі збільшенням перероблювальної спроможності ЛТМК. Такий

результат є цілком закономірним, оскільки при будівництві ЛТМК існують постійні витрати які практично не залежать від перероблювальної спроможності, а саме: витрати на розробку проєктної документації, оформлення дозвільних документів, як перед початком будівництва, так і після його завершення, а також на облаштування засобами контролю, пожежної, охоронної сигналізації тощо. Крім того, при будівництві ЛТМК більшої потужності відносна середня вартість одиниці будівельних матеріалів та робіт є завжди меншою у зв'язку з великими обсягами замовлення.

За результатами проведених досліджень визначені оптимальні потужності ЛТМК для кожного рівня розрахунку їх чисельності та місць розташування [18]. Шляхом апроксимації визначається функція залежності середньої вартості будівництва ЛТМК для переробки 1 тис. т вантажу від потужності комплексу, рис. 1. Враховуючи визначені потужності логістичних транспортно-митних комплексів і використовуючи отриману залежність, розраховано витрати на будівництво кожного ЛТМК на відповідному рівні, а також сукупні витрати на будівництво необхідної кількості ЛТМК за формулою 2. Результати розрахунків сукупних витрат на будівництво  $E^r_b$ , сукупних витрат на забезпечення перевезення продукції  $E^r_{tr}$  та загальних експлуатаційних витрат  $E^r_{zag}$  в \$ млн. для кожного варіанта проведеного обчислюваного експерименту наведено на рис. 2.



**Рис. 2. Схема визначення оптимальної кількості ЛТМК на основі розрахунку сукупних експлуатаційних витрат**

Аналіз отриманих результатів (рис. 2) свідчить що найменше значення загальних експлуатаційних витрат відповідає мережі з 5-ти ЛТМК логістичних транспортно-митних комплексів. Даний результат добре кореспондується зі значенням оптимальної кількості ЛТМК визначеної на основі факторно-рейтингової моделі з мінімізацією транспортних витрат на перевезення вантажів [18]:

$$E^r_{zag} = E^r_b + E^r_{tr} \rightarrow \min K_j = (k_{j1} q_{j1} + k_{j2} q_{j2} + \dots + k_{jp} q_{jp} + \dots + k_{jm} q_{jm}) / m, \quad (5)$$

$$E^r_{zag} = E^r_b + E^r_{tr} \rightarrow \min A_{i,zag} = \sum (A_{i,1} + A_{i,2} + \dots + A_{i,n}) \rightarrow \min, \quad (6)$$

де  $K_j$  – значення комплексного коефіцієнта факторно-рейтингової оптимізації для  $j$ -го населеного пункту;

$q_{ip}$  – значення фактора для  $j$ -го населеного пункту;

$p$  – кількість факторів, що розглядаються.  $p = 1, 2, \dots, m$ ;

$q_{ip} = 1$  за наявності відповідного фактора;

$q_{ip} = 0$  за відсутності фактора;

$k_{jp}$  – ваговий коефіцієнт, що дозволяє більш точно врахувати експертну оцінку впливу фактора  $p$  на значення комплексного коефіцієнта для  $i$ -го населеного пункту;  $0 < k_{ip} \leq 1$ ;

$A_{i,j}$  – транспортна робота перевезення вантажів для  $j$ -го населеного пункту від  $i$ -го ЛТМК, яка розраховується за формулою:

$$E^r_{zag} = E^r_b + E^r_{tr} \rightarrow \min A_{i,j} = T_{ij} \cdot K_j = W_j \cdot L_{ij} \cdot K_j. \quad (7)$$

де  $T_{ij}$  – транспортна робота яка виконується під час доставки  $W_j$  тон вантажу з  $i$ -того ЛТМК в  $j$ -й населений пункт;

$W_j$  – потреба обсягу імпортного вантажопотоку  $j$ -го населеного пункту;

$L_{ij}$  – відстань між  $j$ -м населеним пунктом та  $i$ -м ЛТМК.

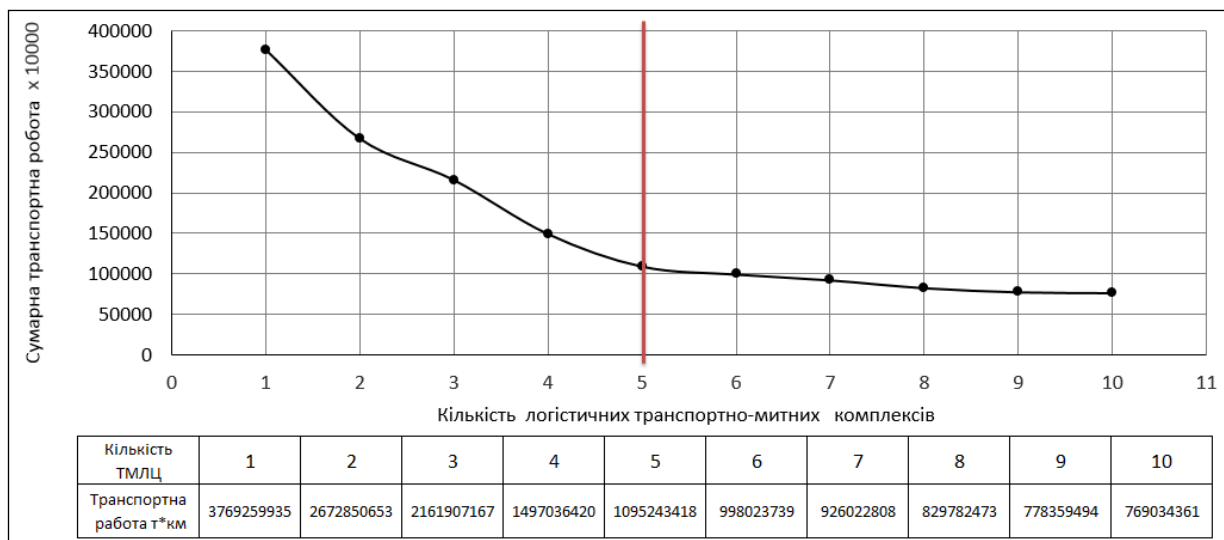
При проведенні розрахунків факторно-рейтингової оцінки обраних міст для розміщення ЛТМК за формулою (5) враховувано три групи факторів:

транспортні фактори;

економічні фактори;

адміністративні фактори.

Результати розрахунків за наведеним алгоритмом для варіантів мережі ЛТМК, що передбачає функціонування від 1 до 10 комплексів на всій території України наведено на рис. 3 [18].



**Рис. 3. Залежність обсягу сумарної транспортної роботи від кількості ЛТМК**



Наведені дані рис. 3 показують, що обсяг транспортної роботи ефективно зменшується у випадку створення від 1 до 5 ЛТМК. Подальше збільшення кількості ЛТМК не призводить до суттєвого зменшення сукупної транспортної роботи. Тобто, у випадку розглянутого вантажопотоку оптимальним є створення загальнодержавної транспортно-логістичної мережі у складі п'яти ЛТМК в містах Київ, Дніпро, Львів, Харків, Одеса (табл. 2). Крім того, аналіз співвідношення обслуговування вантажопотоку по комплексах свідчить, що для варіанта з 5 ЛТМК розподіл вантажопотоку є достатньо збалансованим (табл. 3), що також підтверджує висновок про оптимальність структури з 5-ти комплексів для розглянутого випадку.

*Таблиця 2. Факторно-рейтингова оцінка для п'яти оптимальних населених пунктів*

Населений пункт	Транспортні фактори					Економічні фактори					Адміністративні фактори			$K_i$
	ТФ <sub>1</sub>	ТФ <sub>2</sub>	ТФ <sub>3</sub>	ТФ <sub>4</sub>	ТФ <sub>5</sub>	ЕФ <sub>1</sub>	ЕФ <sub>2</sub>	ЕФ <sub>3</sub>	ЕФ <sub>4</sub>	ЕФ <sub>5</sub>	АФ <sub>1</sub>	АФ <sub>2</sub>	АФ <sub>2</sub>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Дніпро	1	1	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	1	0,46
Київ	1	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	0,46
Львів	-	-	-	-	-	1	-	1	1	1	1	1	1	0,54
Одеса	1	1	-	1	-	-	-	1	1	1	1	1	1	0,69
Харків	1	1	-	1	-	-	-	1	1	1	1	1	1	0,62

*Таблиця 3. Розподіл переробки вантажопотоку для п'яти ЛТМК*

Місто	Перероблювальна спроможність ЛТМК, т.	Транспортна робота перевезень з ЛТМК, т-км	Частка обслуговування вантажопотоку, %
Дніпро	24269,22	3060025,5	27,94
Львів	18403,06	2692450,8	24,58
Київ	28758,34	2426756,5	22,16
Харків	16332,34	1627440,2	14,86
Одеса	12246,03	1145761,0	10,46
<b>Всього</b>	<b>100008,99</b>	<b>10952434,0</b>	<b>100,00</b>

**Висновки.** Аналіз результатів проведених розрахунків визначення оптимальних місць розміщення ЛТМК та необхідної їх кількості на основі факторно-рейтингового методу доводить, що застосування запропонованого підходу дозволяє:

1. Визначити оптимальну кількість та перероблювальну спроможність ЛТМК на основі критерію оптимізації витрат на їх будівництво із урахуванням заданого обсягу вантажопотоку.
2. Врахувати при вирішенні задач рівною мірою транспортні, економічні та адміністративні фактори, які впливають на розміщення елементів логістичної транспортно-митної інфраструктури, та допускає узагальнення для врахування більшої кількості факторів.
3. Застосування методу дозволяє сформувати бази даних визначених об'єктів логістичної транспортно-митної інфраструктури (місткість комплексів, зони обслуговування) та про обсяги переробки вантажів для прийняття управлінських рішень з модернізації та пріоритетних напрямів розвитку транспортної інфраструктури країни.
4. В подальшому доцільно провести дослідження факторно-рейтингової оптимізації структури та методів формування регіональних мереж транспортно-логістичної інфраструктури.

Таким чином, результати проведеного дослідження підтверджують ефективність застосування факторно-рейтингового методу для вирішення задач оптимізації розміщення об'єктів ЛТМІ та можливість використання отриманих результатів для встановлення достатньої кількості таких об'єктів в процесі розбудови української мережі ЛТМК, а також вирішення більш широкого спектру задач пов'язаних з розвитком логістичної та транспортної інфраструктури.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Стратегія 2030: Drive Ukraine 2030. Створення нової реальності. URL: <https://mtu.gov.ua/files/projects/str.html#>.
2. Методологія формування логістичної транспортно-митної інфраструктури в Україні: монографія / А. М. Пасічник та ін. Дніпропетровськ, УМСФ. 2016. 168 с.
3. Кузьменко А. В. Досвід та закономірності формування світової транспортно-логістичної інфраструктури. // Науковий огляд, 2015. № 7 (17). С. 5 – 18.
4. Лукьянова Е. Н., Кривцун Д. Ю. Мировой опыт и перспективы развития транспортно-логистической системы Украины. // Економіка і суспільство. Мук. держ. ун-т, 2018. Вип. 8. С.166–172.
5. Пасічник А. М., Кутирев В. В. Світовий досвід створення транспортно-логістичної інфраструктури стан та перспективи застосування в Україні. // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту: науковий зб. ДВНЗ «ДонНТУ» АДІ. Горлівка, 2011. № 2(13). С. 121–128.
6. Кондратюк М. В. Використання досвіду Європейського Союзу у створенні транспортно-логістичних центрів в Україні // Вісник економіки, транспорту і промисловості. Проблеми транспортного комплексу України, 2014. № 47. С. 31–33.
7. Полякова О. М., Шраменко О. В. Сучасні тенденції розвитку транспортно-логістичної інфраструктури в Україні і світі. // Вісник економіки транспорту і промисловості, 2017. № 58. С. 126–134. DOI: <https://doi.org/10.18664/338.47:338.45.v 0i58.110015>.
8. Dudorova T. Structure of logistic transportation customs complex. // MANAGEMENT, 2019, Issue 1 (29). P. 89–96. DOI: 10.30857/2415-3206.2019.1.7
9. Handbook of Best Practices at Border Crossings – A Trade and Transport Facilitation Perspective / Organization for Security and Cooperation in Europe (OSCE). 2012. 265 p.
10. Пасічник, А. М., Кутирев В. В., Мірошніченко С. В. Аналіз сучасних технологій реалізації систем управління транспортною інфраструктурою. // Вісник ЧНУ ім. В. Даля. С.: ЧНУ, 2018. №3(244). С. 89-98.
11. Pasichnyk A., Pasichnyk V. Analysis of the condition of transport-customs infrastructure and efficiency of the transit potential of Ukraine. // Promoting the European integration processes in the Eastern Partnership countries: national and regional policy instruments: monograph / NAS of Ukraine. SI “Institute of Regional Research”; ed. by Kh. Prytula and I. Horga. Lviv, 2022. P.191–214.
12. Пасічник А. М., Лебідь І. Г. Кутирев В. В. Транспортно-логістична інфраструктура України: проблеми та перспективи розвитку. // Управління проектами, системний аналіз і логістика: Науковий журнал. К.: НТУ, 2012. В. 10. С. 192–198.
13. Тарнавська Н. П., Сивак Р. Б. Організаційні та інфраструктурні передумови створення міжнародного логістичного центру. // Бізнес–Інформ, 2013. № 13. С. 29–35.
14. Ткач О. В., Волощук І. А. Передумови та тенденції розвитку регіональних транспортно-логістичних центрів. // Вісник прикарпатського університету. Економіка, 2015. В. XI С. 19–25.
15. Ярошенко Л. Л. Міжнародний досвід розбудови транспортно-логістичних центрів, як спосіб розвитку транспортно-логістичної інфраструктури // Світове господарство і міжнародні економічні відносини, 2016. № 8. С. 201–204.
16. Pasichnyk A., Kytirev V. Customs restricted facilities within the logistics transport and Customs complex //Customs Scientific Journal, University of Customs and Finance of the World Customs Organization. D., Uk: 2017. Vol.7, N2. P. 31–53.
17. Pasichnyk A., Kytirev V., Vitryh I. Factors that influence the formation of the transport-logistics networks. // Systems and means of motor transport. Selected problems 2013. №4. P. 517–525.
18. Факторно-рейтинговий метод построения сети логистических транспортно-таможенных комплексов в Украине / А. Н. Пасечник и др. // Вестник Бел.-Рос. ун-та, 2020. № 1(66). С. 64–75.
19. Luzhanska, N. (2019) «Multicriteria Assessment of the Efficiency of Transport and Customs Infrastructure Facilities», Proceedings of the National Aviation University, 1(78), 70-76. Retrieved from <https://doi.org/10.18372/2306-1472.1.13658>
20. Luzhanska Nataliia, Kravchenya Iryna, & Lebid Iryna. (2021). METHODOLOGY FOR THE MULTI-CRITERIA EFFICIENCY ASSESSMENT OF CARGO CUSTOMS COMPLEXES. World Science, (1(62). [https://doi.org/10.31435/rsglobal\\_ws/30012021/7405](https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30012021/7405)
21. Бауліна Г.С. Формування моделі функціонування транспортно-логістичного центру. // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. 2013. В. 137. С. 95–99.

22. Mazurenko, A., Kudriashov, A., Lebid, I., Luzhanska, N., Kravchenya, I., & Pitsyk, M. (2021). Development of a simulation model of a cargo customs complex operation as a link of a logistic supply chain. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(3 (113), 19–29. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.242915>
23. Paul S. *Integral Logistics Management. Operations and Supply Chain management Within and Across Companies*. Fourth ed. Auerbach Publications, 2011. 100 p.
24. Серая О. В., Бачкир Л. В. Комплексная методика расчета статистических характеристик стоимости транспортировок. // *Вісник Кременчуцького державного політехнічного ун-ту ім. М. Остроградського*. 2009. Ч. 1. № 5(58). С. 40-43.

### REFERENCES

1. Stratehiya 2030: Drive Ukraine 2030. Stvorenniya novoyi real'nosti [Creating a new reality]. Retrieved from <https://mtu.gov.ua/files/projects/str.html#>. [in Ukrainian].
2. Pasichnyk A. M. et al. (2016). Metodolohiya formuvannya lohistychnoyi transportno-mytnoyi infrastruktury v Ukraini [Methodology of formation of logistics transport and customs infrastructure in Ukraine]: monohrafiya. Dnipropetrovs'k, UMSF [in Ukrainian].
3. Kuz'menko A. V. (2015). Dosvid ta zakonirnosti formuvannya svitovoyi transportno-lohistychnoyi infrastruktury [Experience and patterns of formation of the world transport and logistics infrastructure]. *Naukovyy ohlyad – Scientific Review*, № 7 (17), 5 – 18 [in Ukrainian].
4. Luk'yanova E. N., Kryvtun D. YU. (2018). Myrovoy opyt y perspektyvy razvytyya transportno-lohistycheskoy systemy v Ukrainy [World experience and prospects for the development of transport and logistics system of Ukraine]. *Ekonomika i suspil'stvo – Economy and Society*. Muk. state University, 8, 166–172 [in Russian].
5. Pasichnyk A. M., Kutryyev V. V. (2011). Svitovyy dosvid stvorenniya transportno-lohistychnoyi infrastruktury stan ta perspektyvy zastosuvannya v Ukraini [World experience of creating transport and logistics infrastructure status and prospects of application in Ukraine]. *Visti Avtomobil'no-dorozhn'oho instytutu – News of the Automobile and Road Institute: naukovyy zb. DVNZ «DonNTU» ADI. Horlivka*, 2(13), 121–128 [in Ukrainian].
6. Kondratyuk M. V. (2014). Vykorystannya dosvidu Yevropeys'koho Soyuzu u stvorenni transportno-lohistychnykh tsestriv v Ukrainy [Using the experience of the European Union in the creation of transport and logistics centers in Ukraine]. *Visnyk ekonomiky, transportu i promyslovosti. Problemy transportnoho kompleksu Ukrainy – Bulletin of Economics, Transport and Industry. Problems of the transport complex of Ukraine*, 47, 31–33 [in Ukrainian].
7. Polyakova O. M., Shramenko O. V. (2017). Suchasni tendentsiyi rozvytku transportno-lohistychnoyi infrastruktury v Ukraini i sviiti [Modern trends in the development of transport and logistics infrastructure in Ukraine and the world]. *Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti – Bulletin of Transport Economics and Industry*, 58, 126–134. DOI: <https://doi.org/10.18664/338.47:338.45.v0i58.110015>. [in Ukrainian].
8. Dudorova T. (2019). Structure of logistic transportation customs complex [Structure of logistic transportation customs complex] *MANAGEMENT – MANAGEMENT*, Issue 1 (29), 89–96. DOI: 10.30857/2415-3206.2019.1.7.
9. *Handbook of Best Practices at Border Crossings – A Trade and Transport Facilitation Perspective / Organization for Security and Cooperation in Europe (OSCE)*. 2012.
10. Pasichnyk, A. M., Kutryyev V. V., Mirosnichenko S. V. (2018). Analiz suchasnykh tekhnolohiy realizatsiyi system upravlinnya transportnoyu infrastrukturoyu [Analysis of modern technologies for the implementation of transport infrastructure management systems]. *Visnyk SNU im. V. Dalya – Bulletin of the SNU. V. Dahl*, 3(244), 89-98 [in Ukrainian].
11. Pasichnyk A., Pasichnyk V. (2022). Analysis of the condition of transport-customs infrastructure and efficiency of the transit potential of Ukraine // *Promoting the European integration processes in the Eastern Partnership countries: national and regional policy instruments: monograph / NAS of Ukraine*. SI “Institute of Regional Research”; ed. by Kh. Prytula and I. Horga. Lviv, 191–214.
12. Pasichnyk A. M., Lebid I. H., Kutryyev V. V. (2012). Transportno-lohistychna infrastruktura Ukrainy: problemy ta perspektyvy rozvytku [Transport and logistics infrastructure of Ukraine: problems and prospects of development]. *Upravlinnya proektamy, systemnyy analiz i lohistyka – Project management, systems analysis and logistics*, NTU, 10, 92–198 [in Ukrainian].
13. Tarnavs'ka N. P., Syvak R. B. (2013). Orhanizatsiyini ta infrastrukturni peredumovy stvorenniya mizhnarodnoho lohistychnoho tsestru [Organizational and infrastructural prerequisites for the creation of an international logistics center]. *Biznes-Form - Business-Form*, 13, 29–35 [in Ukrainian].
14. Tkach O. V., Voloshchuk I. A. (2015). Peredumovy ta tendentsiyi rozvytku rehional'nykh transportno-lohistychnykh tsestriv [Prerequisites and trends in the development of regional transport and logistics centers]. *Visnyk prykarpat-s'koho universytetu. Ekonomika – Visnyk of Prykarpattia University. Economics*, XI, 19–25 [in Ukrainian].
15. Yaroshenko L. L. (2016). Mizhnarodnyy dosvid rozbudovy transportno-lohistychnykh tsestriv, yak sposib rozvytku transportno-lohistychnoyi infrastruktury [International experience in the development of transport and logistics centers as a

way to develop transport and logistics infrastructure]. *Svitove gospodarstvo i mizhnarodni ekonomichni vidnosyny – World Economy and International Economic Relations*, 201–204 [in Ukrainian].

16. Pasichnyk A., Kytirev V. (2017). Customs restricted facilities within the logistics transport and Customs complex. *Customs Scientific Journal, University of Customs and Finance of the World Customs Organization*, 7(2), 31–53.

17. Pasichnyk A., Kytirev V., Vitryh I. (2013). Factors that influence the formation of the transport-logistics networks. *Systems and means of motor transport. Selected problems*, 4, 517–525.

18. Pasechnykh A.N. et al. (2020). Faktorno-reytnykhovy metod postroyeniya sety lohistycheskykh transportno-tamozhennykh kompleksov v Ukraine [Factor-rating method of building a network of logistics transport and customs complexes in Ukraine]. *Vestnyk Bel.-Ros. un-ta – Vestnik Bel.-Rus. University*, 1(66), 64–75 [in Russian].

19. Luzhanska, N. (2019) «Multicriteria Assessment of the Efficiency of Transport and Customs Infrastructure Facilities», *Proceedings of the National Aviation University*, 1(78), 70-76. Retrieved from <https://doi.org/10.18372/2306-1472.1.13658>

20. Luzhanska Nataliia, Kravchenya Iryna, & Lebid Iryna. (2021). METHODOLOGY FOR THE MULTI-CRITERIA EFFICIENCY ASSESSMENT OF CARGO CUSTOMS COMPLEXES. *World Science*, (1(62). [https://doi.org/10.31435/rsglobal\\_ws/30012021/7405](https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30012021/7405)

21. Baulina H.S. (2013). Formuvannya modeli funktsionuvannya transportno-lohistychnoho tsentru [Formation of the model of functioning of the transport and logistics center]. *Zbirnyk naukovykh prats' UkrDAZT – Collection of scientific works of UkrDAZT*, 137, 95–99 [in Ukrainian].

22. Mazurenko, A., Kudriashov, A., Lebid, I., Luzhanska, N., Kravchenya, I., & Pitsyk, M. (2021). Development of a simulation model of a cargo customs complex operation as a link of a logistic supply chain. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(3 (113), 19–29. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.242915>

23. Paul S. (2011). *Integral Logistics Management. Operations and Supply Chain management Within and Across Companies*. Fourth ed. Auerbach Publications.

24. Seraya O. V., Bachkyr L. V. (2009). Kompleksnaya metodyka rascheta statystycheskykh kharakterystyk stoyimosti transportyrovok [Complex method of calculating statistical characteristics of the cost of transportation]. *Visnyk Kremenchuts'koho derzhavnogo politekhnichnogo un-tu im. M. Ostrograds'koho – Bulletin of the Kremenchug State Polytechnic University. M. Ostrogradsky*, 1, 5(58), 40–43 [in Russian].

*Anatoliy Pasichnyk<sup>1</sup>, Irina Lebid<sup>2</sup>, Yevgenii Kushchenko<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Professor, Head of Analytical and Research Center Dnipro Branch of the International Academy of Computer Science and Systems, Dnipro, Ukraine. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8561-1374>.

<sup>2</sup> Associate Professor, Department of International Transportation and Customs Control, National Transport University, Mykhaila Omelianovycha-Pavlenka str., 1, 01010, Kyiv, Ukraine. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0707-4179>

<sup>3</sup> Engineer, Transport and Technical Department, JSC "Odessa Port Plant", st. Zavodska, 3, 65481, Yuzhne, Ukraine. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9145-5390>

### **ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF BUILDING A NETWORK OF TRANSPORT AND LOGISTICS COMPLEXES BASED ON THE FACTOR-RATING MODEL**

*The article presents the results of the analysis of the effectiveness of the factor-rating method of solving the problem of finding the optimal location of elements of the logistics transport and customs infrastructure of Ukraine with the minimization of transport work on cargo transportation. A sufficient and economically justified number of logistics transport and customs complexes for processing the imported cargo flow of a given volume has been determined.*

*The study uses methods of systematic and factor analysis of the calculated parameters of cargo processing, taking into account transport, economic and administrative factors of territorial development. It is established that the known methods developed to determine the location of individual transport and logistics centers do not allow to optimize the relevant logistics infrastructure focused on the processing of freight traffic in the transport system of the country.*

*To build an effective solution to the problem of optimal location of several logistics transport and customs complexes, a method for determining the factor-rating potential of urban efficiency for their location in Ukraine, taking into account transport, economic and administrative factors. An assessment of transport work was conducted for 165 settlements of Ukraine, which include cities with*

*a population of more than 30,000 people, as well as settlements with established customs posts or cargo checkpoints across the customs border of Ukraine. For each city, the relative consumption of imported foodstuffs is taken into account.*

*According to the above algorithm, calculations were performed for options that provide for the operation of one to ten logistics transport and customs complexes throughout Ukraine. The analysis of the results of the calculations shows that the volume of transport work is effectively reduced in the case of the creation of 1 to 5 transport and customs logistics complexes. Further increase in the number of logistics transport and customs complexes, and consequently capital investments, does not lead to a significant reduction in total transport work. Accordingly, the factor-rating potential for cities in the zone where the creation of logistics transport and customs complexes is the most rational and has the following values: Dnipro –0.46; Kyiv –0.46; Lviv –0.54; Odesa –0.69; Kharkiv –0.62.*

*The results of the evaluation of the effectiveness of the optimal location of logistics transport and customs complexes can be implemented in the Ukrainian transport system in the construction of logistics infrastructure for the processing of cargo flows of sufficiently large volumes.*

**Keywords:** *transport and logistics infrastructure, transport and customs complexes, factor-rating method, logistics.*