

Павловська Л.А.

Одеський національний морський університет

Кириллова О.В.

Одеський національний морський університет

Коробкова О.М.

Одеський національний морський університет

Шпак Н.Г.

Одеський національний морський університет

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ІНФРАСТРУКТУРНОГО КАРКАСУ СХЕМ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ У СУЧАСНИХ УМОВАХ

У статті досліджуються особливості та основні інфраструктурні проблеми для перевезень українських зовнішньоторговельних вантажів в умовах воєнного стану. Визначається обмеженість застосування українських морських портів, залізниці, автотранспорту, відсутність авіап перевезень, що в свою чергу призвело до необхідності перебудови та ретельного обґрунтування інфраструктурного каркасу схем доставки вантажів до України.

Проведений аналіз терміну «каркас» в різних варіантах його адаптації, а також термінів «інфраструктура», «транспортна інфраструктура», «транспортно-технологічна схема». Доведена необхідність введення поняття «інфраструктурний каркас схеми доставки вантажів», як такого, що найбільш влучно описує проблему моделювання оптимального транспортного маршруту. Запропоноване таке тлумачення терміну «інфраструктурний каркас схеми доставки вантажів» – це графічне зображення можливих варіантів транспортно-технологічних схем доставки вантажів, що сформовані за обраним критерієм (критеріями) оптимізації.

Запропонований алгоритм моделювання інфраструктурного каркасу схем доставки вантажів, який передбачає використання певної послідовності комплексу різноманітних методів.

Розглядається застосування запропонованого алгоритму моделювання інфраструктурного каркасу на прикладі схеми доставки цитрусових вантажів у контейнерах з країн Південної Америки. На першому етапі за допомогою статистичних методів статичного аналізується структура наявного вантажопотоку за номенклатурою та країнами-постачальниками. В результаті це надає можливість найточніше сформулювати можливі варіанти інфраструктурного каркасу схем доставки наявних вантажів. На другому етапі проведена оптимізація інфраструктурного каркасу схем доставки із застосуванням модифікованої багатоетапної транспортної задачі методами дослідження операцій. На останньому етапі здійснюється економічна оцінка ефективності та перевірка на адекватність отриманих результатів з точки зору практики. Таким чином, доведена доцільності практичного застосування запропонованого алгоритму.

Ключові слова: моделювання, інфраструктурний каркас, схема доставки, алгоритм, транспортна задача, цитрусові у контейнерах.

Постановка проблеми. У довоєнні часи Україна мала потужну транспортну інфраструктуру: розгалужену мережу залізниць, автомобільних шляхів та трубопроводів, 19 аеропортів, 12 річкових та 18 морських торговельних портів. За обсягами вантажних перевезень залізницею Україна займала четверте місце на Євразійському континенті. Значення автодоріг України у міжнародному сполученні підтверджувалося проходженням територією України чотирьох з десяти Міжнародних транспортних коридорів.

Особливу роль в транспортному інфраструктурному комплексі країни грали морські порти,

які є складовою частиною транспортної і виробничої інфраструктури держави, враховуючи їх розташування на напрямках міжнародних транспортних коридорів. Від ефективності функціонування морських портів, рівня їх технологічного і технічного оснащення, відповідності системи управління і розвитку інфраструктури сучасним міжнародним вимогам залежить конкурентоздатність вітчизняного транспортного комплексу на світовому ринку [1].

2022 рік через всім відомі обставини визначив суттєві зміни в роботі всього транспортного інфраструктурного комплексу України, який тепер,

в першу чергу, має задовольняти потреби військового характеру. Незважаючи на першочергові завдання потреба у задоволенні попиту на цивільні перевезення вантажів залишилася не менше актуальною. Але у сучасних умовах, що склалися в країні, виникла необхідність повної перебудови налагоджених раніше транспортних маршрутів, їх ретельного обґрунтування та оптимізації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Обговоренню теоретичних та практичних питань формування оптимальних варіантів маршрутів доставки вантажів присвячено чимало робіт зарубіжних та вітчизняних вчених. В окремих роботах зроблено акцент на важливих чинниках, що обумовлюють особливості інфраструктурного забезпечення транспортної логістики [2-3]. Також є достатня кількість робіт, що присвячені використанню: як класичних економіко-математичних методів моделювання оптимальних схем доставки вантажів, так й проєктних методів оптимізації роботи транспортно-експедиторських компаній [4-9]. З'являються нечисленні публікації фахових експертів щодо необхідності перебудови транспортних маршрутів в умовах воєнного стану [10-12], що підтверджує офіційна статистика UNCTAD відносно загальносвітових трендів у функціонуванні морської галузі [13].

Але необхідно зазначити, що поняття «інфраструктурного каркасу схеми доставки вантажів» у транспортній науці практично не зустрічається. На наш погляд, введення такого доцільно з точки зору необхідності урахування сучасних умов в процесах моделювання нових транспортних маршрутів. Також не зустрічається в наукових працях алгоритм обґрунтування оптимального варіанту інфраструктурного каркасу схеми доставки вантажів, що з точки зору його практичного застосування було б доцільним.

Постановка завдання. Метою статті є розгляд основних особливостей моделювання інфраструктурного каркасу схем доставки зовнішньоторговельних вантажів до України у сучасних умовах.

Виклад основного матеріалу дослідження. В умовах воєнного стану в Україні, а саме: блокування морських портів, авіап перевезень, ускладнення роботи автотранспорту та погіршення функціонування залізниці транспортно-експедиторські компанії емпіричними методами почали у 2022 році будувати нові транспортні маршрути для доставки зовнішньоторговельних вантажів до України. Для багатьох видів продукції українські морські порти були найефективнішою ланкою в схемах доставки, особливо це стосується ванта-

жів у контейнерах. Саме контейнерні перевезення є основним світовим трендом морської торгівлі через найефективніше рішення щодо перевезення відносно невеликих партій експортно-імпорتنних вантажів [6, 10, 13].

Зараз в Україні порти «Великої Одеси» (Одеса, Чорноморськ, Південний) працюють виключно в рамках «зернової угоди», крім того окремі вантажопотоки переорієнтовано на дунайські порти (Рені, Ізмаїл, Усть-Дунайськ). Необхідно відмітити, що українські дунайські порти мають відносно невеликі потужності та не можуть вирішити наявні інфраструктурні проблеми. Зараз ці порти працюють майже на максимумі своїх можливостей [11].

Тому українські компанії були змушені спрямувати вантажопотоки до морських портів Європи, зокрема: до Румунії (Констанці), Болгарії (Бургасу), Польщі (Гдині, Гданська, Щецина-Свіноуйсьце), Хорватії (Ріски, Плочи), Німеччини (Гамбургу, Бремерхафену), а також Нідерландів (Роттердаму). Переважна більшість експортно-імпорتنних вантажопотоків спрямувала до найближчих країн, які мають виходи до морських шляхів, оскільки це найкоротші маршрути і, відповідно, найдешевші. Найбільш завантаженими українськими товарами у 2022 році були польські порти Гданськ, Гдиня, Щецин та румунський порт Констанца (рис. 1) [10, 11].

На сухопутних ділянках використовувався переважно автотранспорт, особливо якщо в якості головного критерію був час доставки. Це пояснюється обмеженою пропускнуною спроможністю прикордонних переходів та окремих ділянок залізниць Європи. Основна проблема полягає в різній ширині залізничної колії в Україні та Європі, що призводить відповідно до додаткових витрат часу задля перестановки візків вагонів. Зростанню попиту саме на автомобільні перевезення сухопутною ділянкою сприяло і те, що збільшилася пропозиція щодо перевезення автотранспортом до країн Європи, а також відповідно знизилася вартість автомобільної доставки [11].

Крім того, транспортно-експедиторським компаніям доводилося перерозподіляти вантажопотоки по декількох європейських морських портах перевалювання через обмеження їх пропускнуною здатності.

Таким чином, до основних інфраструктурних проблем для перевезень українських зовнішньоторговельних вантажів в умовах воєнного стану можна віднести такі:

1. Практична неможливість перевезення широкої номенклатури вантажів через українські порти



Рис. 1. Обсяг перевалки вантажів у європейських портах у 2022 р., млн. т

Джерело: [11, 13]

та відповідно необхідність переорієнтування, в першу чергу, контейнерних вантажопотоків на морські порти Європи. Що в свою чергу суттєво збільшує вартість та час доставки вантажів.

2. Обмежена пропускна здатність українських дунайських портів для перевантаження різноманітної номенклатури вантажів та обмеженість роботи портів «Великої Одеси» умовами «зернової угоди», що також призвело до необхідності перебудови транспортних маршрутів.

3. Необхідність обґрунтування вибору сухопутного виду транспорту для доставки вантажів до європейських морських портів через обмежену пропускну спроможність прикордонних залізничних та автомобільних переходів, а також відсутність інтеграції між транспортними структурами України та сусідніх країн, суттєвий дефіцит вагонного та локомотивного парку у європейських залізничних перевізників.

4. Відсутність достатньої потужності перевантажувальної інфраструктури на українсько-європейському кордоні.

Все це призводить до необхідності застосування відповідних методів для моделювання інфраструктурного каркасу схем доставки вантажів у сучасних умовах.

В першу чергу, звертаючись до термінології, слід зазначити, що у науковій літературі засто-

сування терміну «каркас» (від франц. «carcasse» – скелет) здійснюється у різних галузях науки і техніки. Прикладом може бути активне використання поняття в екологічних, географічних та економічних науках: «природний каркас», «екологічний каркас», «природоохоронний каркас», «біосферний каркас», «інституційний каркас», «демографічний каркас», «науково-освітній каркас», «інноваційний каркас», «інфраструктурний каркас регіону» та інші. Але по відношенню до транспортної науки це поняття практично не застосовується. Що саме ми розуміємо під терміном «інфраструктурний каркас схеми доставки вантажів» або «транспортний інфраструктурний каркас» та які методи можна використовувати для його моделювання, розглянемо далі.

Задля розуміння вище наведеного, звернемося також до терміну «інфраструктура», створений поєднанням латинських коренів *infra* (нижче, під) і *structura* (будова), що використовується для позначення загальної основи будь-якої системи. Проте його значення різні в залежності від того, де застосовується цей термін: в економіці, в логістиці або до транспорту. Трактовку терміну «інфраструктура» необхідно всякий раз уточнювати в залежності від контексту, в якому цей термін використовується.

Транспортна інфраструктура є складовою частиною транспортних систем і включає шляхи

сполучення, термінальні об'єкти, а також допоміжні засоби і системи (енергопостачання, зв'язку, управління рухом, обміну даними тощо). В даному контексті інфраструктура розглядається як єдина основа функціонування транспортних систем [14].

Поняття «інфраструктурного каркасу схеми доставки» наближено до поняття «транспортно-технологічна схема», під яким розуміють графічне зображення технологічного процесу доставки вантажів, що включає в себе всі транспортні, вантажно-розвантажувальні та інші, пов'язані з ними операції, в установленому порядку їх виконання з описом і зазначенням застосовуваних технічних засобів. Але вибір спочатку можливих варіантів схем доставки вантажів з подальшим обґрунтуванням та вибором у підсумку оптимального варіанту потребує також вибору відповідного критерію оптимізації.

Для класичної транспортної задачі виділяють два типи завдань: критерій вартості (досягнення мінімуму витрат на перевезення) або відстаней та критерій часу (витрачається мінімум часу на перевезення). Вибір критерію залежить від побажань безпосередньо вантажовласника, також можлива багатокритеріальна оптимізація з розстановкою відповідних пріоритетів.

Враховуючи вище наведені міркування, можна надати таке визначення терміну «інфраструктурний каркас схеми доставки вантажів» – це графічне зображення можливих варіантів транспортно-технологічних схем доставки вантажів, що сформовані за обраним критерієм (критеріями) оптимізації.

На різних етапах дослідження щодо вирішення завдання обґрунтування оптимального варіанту інфраструктурного каркасу схем доставки вантажів можуть застосовуватися різні методи: як неформалізовані, так й формалізовані та слабо формалізовані. Нами пропонується алгоритм моделювання інфраструктурного каркасу схем доставки вантажів, який передбачає використання певної послідовності комплексу різноманітних методів. Запропонований алгоритм представлений у послідовності таких етапів:

1. На етапі постановки задачі дослідження, тобто формування можливих варіантів інфраструктурного каркасу схем доставки вантажів пропонується застосування формалізованих методів (наприклад, морфологічного методу або методу колективної генерації ідей), а також формалізовані методи (наприклад, методи статистичного аналізу).

2. На етапі оптимізації, тобто вибору оптимального варіанту інфраструктурного каркасу схем доставки вантажів доцільно застосовувати формалізовані методи, до яких в першу чергу відносять методи дослідження операцій (методи математичного програмування: лінійного, цілочислового та динамічного програмування), а також слабо формалізовані методи (наприклад, методи мережевого планування).

3. На етапі аналізу оптимального варіанту інфраструктурного каркасу схем доставки вантажів пропонується застосування емпіричних методів, а саме, практична оцінка адекватності отриманого результату.

Зупинимося окремо на другому етапі запропонованого алгоритму. Найчастіше задача оптимізації інфраструктурного каркасу схем доставки вантажів вирішується як класична транспортна задача з різними варіантами її модифікації. Класична транспортна задача – це окремий випадок загальної задачі лінійного програмування, оскільки вона була сформульована і поставлена для вирішення питання про найбільш раціональне планування перевезень на транспорті. Зазвичай в якості критерію оптимізації застосовується мінімум загальної вартості перевезень. Слід зазначити, що термін «вартість» у задачах лінійного програмування має умовний характер, тобто під ним розуміють будь-яку складову, від якої вартість перевезень залежить пропорційно, наприклад, собівартість, відстань, час тощо. Тому, при розв'язанні задачі, знаходять мінімум витрат або грошових, або часу, або тонно-кілометрової роботи та ін. [9]. Одним з найбільш простих і широко розповсюджених методів розв'язання транспортної задачі саме за критерієм мінімізації загальної вартості перевезень є метод потенціалів.

Розглянемо реалізацію запропонованого алгоритму на конкретному практичному прикладі – обґрунтування інфраструктурного каркасу схеми доставки цитрусових вантажів із країн Південної Америки до України.

В Україну постачається досить широка номенклатура цитрусових вантажів-це апельсини, мандарини, лимони, лайми, грейпфрути, кумкват, цитрони тощо. Трійку лідерів складають мандарини, апельсини та лимони. За останні роки найбільшими сезонними постачальниками лимонів до України були Аргентина та Бразилія (рис. 2, табл. 1).

Традиційно продовольчі швидкопсувні вантажі, до яких відносяться й цитрусові вантажі, перевозяться морем рефрижераторними суднами.

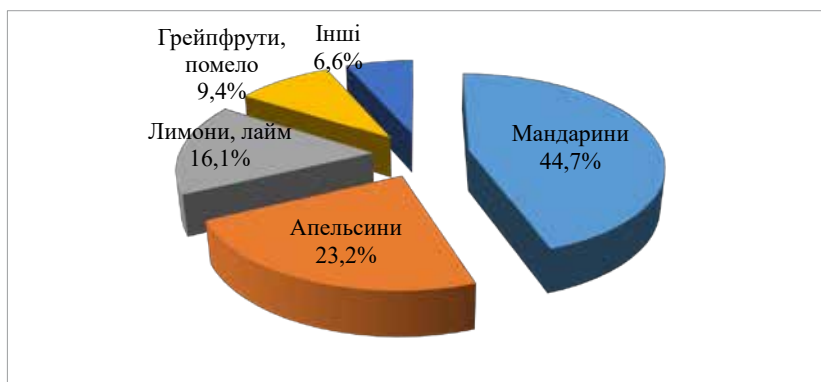


Рис. 2. Структура імпорту цитрусових в Україні за номенклатурою у 2021 р., %

Джерело: сформовано авторами на основі даних [15]

Таблиця 1

Структура поставок цитрусових в Україну за основними країнами – постачальниками у 2021 р., тис. т

№ з/п	Назва країни-постачальника	Назва виду цитрусових				Кількість позицій	Всього
		Мандарини	Апельсини	Лимон, лайм	Грейпфрут, помело		
1.	Аргентина	-	0,85	7,51	-	2	8,36
2.	Бразилія	-	-	2,15	-	1	2,15
3.	Греція	3,55	0,91	-	-	2	4,46
4.	Грузія	2,99	-	-	-	1	2,99
5.	Єгипет	15,32	49,99	-	-	2	65,31
6.	Ізраїль	-	-	-	0,57	1	0,57
7.	Іспанія	7,05	4,95	0,97	-	3	12,97
8.	Італія	2,85	-	-	-	1	2,85
9.	Китай	-	-	-	16,68	1	16,68
10.	Пакистан	14,64	-	-	-	1	14,64
11.	Південна Африка	-	8,19	4,32	2,86	3	15,37
12.	Туреччина	114,09	17,70	42,49	14,07	4	188,35
13.	Інші країни	3,20	2,23	1,36	0,36	-	-
	Всього	163,68	84,83	58,80	34,54		366,11

Джерело: сформовано авторами на основі даних [15]

Але в останні роки в усьому світі, в тому числі й в Україні, спостерігається активна контейнеризація вантажоперевезень, в тому числі й продовольчих швидкопсувних вантажів у рефрижераторних контейнерах.

В роботі були сформовані варіанти інфраструктурного каркасу схеми доставки імпортованих цитрусових вантажів (лимонів у рефрижераторних контейнерах) від портів країн-експортерів (Аргентини та Бразилії) українським споживачам у Житомирі, Полтаві та Хмельницькому з проміжним етапом – перевалюванням в портах Констанца та Гданськ (рис. 3).

Такий вибір портів перевалки був викликаний тимчасовим призупиненням контейнерного сервісу судноплавних ліній у портах України та розглядається у якості варіанту доставки вантажів у ситуації форс-мажору.

На морському етапі вантаж доставляється суднами – контейнеровозами, на сухопутному етапі

розглянуто варіант доставки лише автомобільним транспортом, оскільки такий вид транспорту найбільше забезпечує належне збереження швидкопсувних вантажів у рефрижераторних контейнерах.

Описані вище варіанти інфраструктурного каркасу схеми доставки були відображені з метою детального вивчення кожної ланки, що привело до оптимізації її роботи. Проектний вантажопотік складає 550 FEU (forty equivalent unit – уніфікована абревіатура сорока футового контейнеру стандарту ISO).

У роботі застосована модифікована економіко-математична модель класичної транспортної задачі, а саме модель багатоетапної транспортної задачі, використання якої дозволило оптимізувати маршрут проходження імпортованого вантажопотоку (формули (1)–(6)).

$$Z_{\min} = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p c_{ik} x_{ik} + \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T c_{kj}^t x_{kj}^t \quad (1)$$

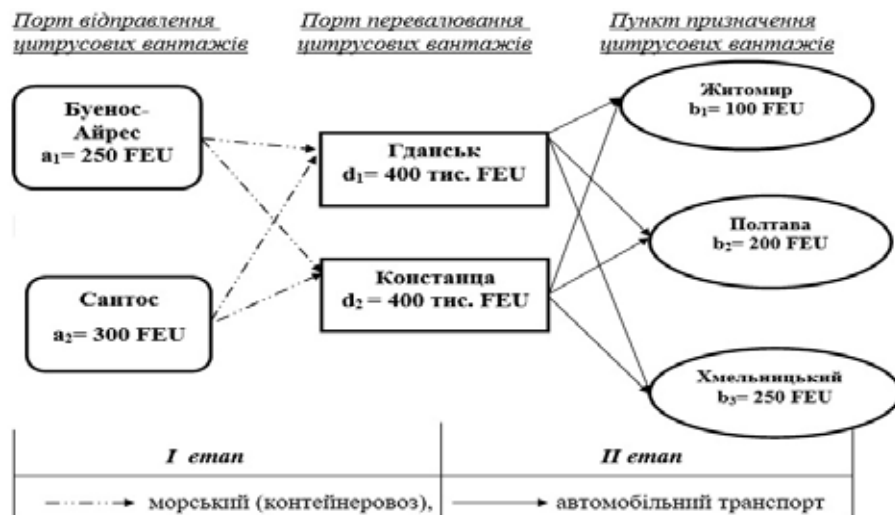


Рис. 3. Можливі варіанти інфраструктурного каркасу схеми доставки імпортованих цитрусових вантажів до України

Джерело: сформовано авторами

$$\sum_{k=1}^p x_{ik} = a_i (i = \overline{1, m}) \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ik} \leq d_k (k = \overline{1, p}) \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^p \sum_{t=1}^T x_{kj}^t = b_j (j = \overline{1, n}) \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{t=1}^T x_{kj}^t \leq d_k (k = \overline{1, p}) \quad (5)$$

$$x_{ik} \geq 0 (i = \overline{1, m}; k = \overline{1, p}); x_{kj}^t \geq 0 (k = \overline{1, p}; j = \overline{1, n}; t = \overline{1, T});$$

$$x_{kk} \geq 0 (k = \overline{1, p}); x_{kk} = 0 (k \neq k; k = \overline{1, p}); \quad (6)$$

$$x_{ij} = 0 (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}),$$

де: X_{ik} – кількість вантажу, яка може бути відправлена з і-ого порту відправлення до к-ого порту перевалювання, FEU; X_{kj}^t – кількість вантажу, яка може бути відправлена з к-ого порту перевалювання до j-ого пункту призначення t-им наземним видом транспорту, FEU; C_{ik} – вартість доставки одного FEU з вантажем, який може бути відправлений з і-ого порту відправлення до к-ого порту перевалювання, дол. США/FEU; C_{kj}^t – вартість доставки одного FEU з вантажем, який може бути відправлений з к-ого порту перевалювання до j-ого пункту призначення t-им наземним видом транспорту, дол. США/FEU; a_i – кількість вантажу, заявленого на вивіз у і-ому порту відправлення, FEU; b_j – кількість вантажу, який потребується у j-ому пункті призначення, FEU; d_k – пропускна спроможність контейнерного терміналу к-ого порту перевалювання, FEU;

(1) – цільова функція, що мінімізує загальні транспортні витрати на перевезення з пунктів

виробництва в пункти призначення через пункти перевалювання; (2) – обмеження про повний вивіз вантажу, пред'явленого в кожному порту відправлення; (3) – обмеження про можливе недовикористання пропускної спроможності контейнерних терміналів кожного порту перевалювання після прибуття вантажу; (4) – обмеження обов'язкового задоволення потреби кожного пункту призначення; (5) – обмеження про можливе недовикористання пропускної спроможності контейнерних терміналів кожного порту перевалювання після відправлення; (6) – обмеження на можливі значення змінних.

Проведені розрахунки на мінімум загальних витрат на доставку імпортованих цитрусових вантажів (лимонів у рефрижераторних контейнерах) показали, що доставка всієї партії вантажу виявилася дешевшою з використанням обох запропонованих портів перевалки, що викликано різницею у ставках на морське перевезення (рис. 4).

При доставці цитрусових за участю двох портів перевалки, а не лише через порт Констанца, економія складе 254 750 дол. на рік для всієї партії вантажу, тобто 463,2 дол./FEU. Отриманий результат оптимізації цілком адекватним практичній ситуації у сучасних умовах.

Висновки. Сучасні умови функціонування транспортного комплексу України потребують ретельного обґрунтування варіантів схем доставки зовнішньоторговельних вантажів. Результати дослідження дозволили сформулювати термін «інфраструктурний каркас схем доставки вантажів», якій. На наш погляд, най-

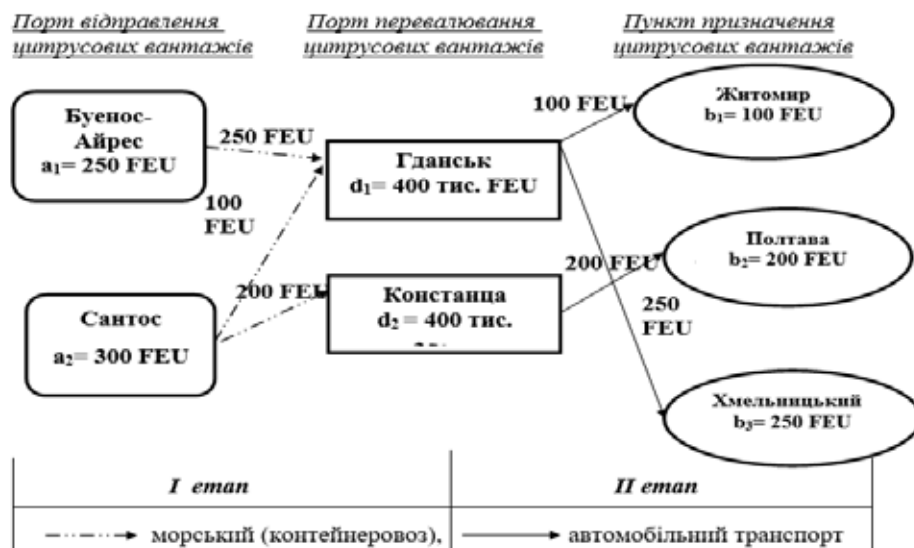


Рис. 4. Оптимальний варіант інфраструктурного каркасу схеми доставки імпортованих цитрусових вантажів до України

Джерело: сформовано авторами

більш влучно відображає сенс завдання, що вирішується. Запропонований алгоритм моделювання інфраструктурного каркасу схем доставки вантажів, який передбачає використання певної послі-

довності комплексу різноманітних методів. Доведена ефективність його практичного застосування з точки зору адекватності отриманих результатів на конкретному прикладі.

Список літератури:

1. Офіційний сайт Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України. URL: <https://mtu.gov.ua/> (дата звернення: 13.02.2023)
2. Шпак Н.Г. Дослідження впливу інтеграції на показники учасників міжнародної економічної системи. *Розвиток методів управління та господарювання на транспорті*. 2018. № 4 (65). С. 134-149. doi: 10.31375/2226-1915-2018-4-134-149
3. Шпак Н.Г. Визначення конкурентоспроможності учасників міжнародної економічної системи з урахуванням митного чинника. *Бізнес-інформ*. 2018. № 12 (491). С. 149-155.
4. Глущенко М.І., Кічка О.І. Моделювання процесів транспортного обслуговування логістичних систем. Зб. наукових праць науково-практичної конференції «Логістичне управління та безпека руху на транспорті», тези доп. Северодонецьк, 2015. С. 17-19. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/84593362.pdf#page=17> (дата звернення: 14.02.2023)
5. Кічка О.І. Вибір оптимальної схеми доставки вантажу в логістичних системах. *Вісник Східно-українського національного університету ім. В. Даля*. 2015. № 2 (219). С. 9-11. URL: http://filelibsnu.at.ua/naukovi/vestnik_2-219-2015.pdf#page=9 (дата звернення: 14.02.2023)
6. Коробкова О.М. Теоретичні основи здійснення митних процедур при переміщенні вантажів у контейнерах. *Інноваційна економіка*. 2021, № 1-4. С. 180-187. doi: 10.37332/2309-1533.2021.1-2.24
7. Pavlova N.L., Onyshchenko S.P. Development and research of a model for optimizing the composition of a project-oriented forwarding company's suppliers. *Technology audit and production reserves*. 2020. № 6. P. 36-42. URL: https://www.zbw.eu/econis-archiv/bitstream/11159/6802/1/1796145319_0.pdf (дата звернення: 13.02.2023)
8. Pavlova N., Onyshchenko S., Obroanova A., Chebanova T., Andrievska V. Creating the agile-model of the project-oriented transport companies work. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. № 1/3(109). P. 124-143. URL: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/225529/225505> (дата звернення: 13.02.2023)
9. Павловська Л.А. Сучасні методики викладання дисципліни «Дослідження операцій в транспортних системах». Зб. матеріалів міжнародної науково-практичної конференції «Дніпровські читання-2022», тези доп. Київ, 2022. С. 167-168.
10. Коробкова О.М. Логістична діяльність підприємств в умовах воєнного стану. *Actual problems of modern science*. 2023. № 4. С. 457-459.

11. Як змінилася експортна логістика компаній ГМК у 2022 році. URL: https://cfts.org.ua/articles/yak_zminilasya_eksportna_logistika_kompaniy_gmk_u_2022_rotsi_1945 (дата звернення: 13.02.2023)
12. Ткачів С. Схема перевезення легкових автомобілів до України. Проблеми та їх вирішення. URL: https://cfts.org.ua/blogs/skhema_perevezennya_legkovikh_avtomobiliv_do_ukrani_problemi_ta_kh_virishennya_660 (дата звернення: 13.02.2023)
13. *Review of Maritime Transport 2022*. URL: <https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2022> (дата звернення: 14.02.2023)
14. Павловська Л.А. Особливості дистанційного викладання дисципліни «Інфраструктура транспортних систем». *Modern engineering and innovative technologies, Germany*. 2021. №16. С.27-33. doi: 10.30890/2567-5273.2021-16-03-012.
15. Державна служба статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 14.02.2023)

Pavlovskaya L.A., Kirillova O.V., Korobkova O.M., Shpak N.G. FEATURES OF MODELING THE INFRASTRUCTURAL FRAMEWORK OF CARGO DELIVERY SCHEMES IN MODERN CONDITIONS

The article researches the peculiarities and main infrastructural problems of transportation for Ukrainian foreign trade goods in the conditions of martial law. The limitations of the use seaports of Ukraine, railways, motor vehicles transportation, and lack of air transportation are determined, which in turn led to the need to rebuilding and thoroughly substantiating the infrastructural framework of cargo delivery schemes to Ukraine.

The analysis of the term "framework" in various variants of its adaptation, as well as the terms "infrastructure", "transport infrastructure", "transport and technological scheme" was carried out. The need to introduce the concept of "infrastructural framework of the cargo delivery scheme" as the one that most aptly describes the problem modeling the optimal transport route is proven. The proposed interpretation of the term "infrastructural frame of the cargo delivery scheme" is a graphic representation of possible variants of transport and technological schemes of cargo delivery, formed according to the selected optimization criterion (criteria).

The proposed algorithm for modeling the infrastructural framework of cargo delivery schemes, which involves the use of a certain sequence of a complex of various methods.

The application of the proposed algorithm for modeling the infrastructural frame is considered on the example of the scheme for the delivery of citrus cargo in containers from South American countries. At the first stage, with the help of statistical methods, the structure of the existing cargo flow is analyzed by the nomenclature and supplier countries. As a result, it provides an opportunity to most accurately formulate possible options for the infrastructural framework of the available cargo delivery schemes. At the second stage, the infrastructure optimization framework of delivery schemes was carried out using a modified multi-stage transportation problem using operations research methods. At the last stage, economic efficiency is evaluated and a check on the adequacy of the obtained results from the point of view of practice are carried out. Thus, the feasibility of practical application of the proposed algorithm has been proven.

Key words: modeling, infrastructure framework, delivery scheme, algorithm, transport problem, citrus in containers.