УДК 656.6:656.1/5 DOI https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2023.4.16

В. Л. РОМАХ
старший викладач кафедри «Експлуатація портів
і технологія вантажних робіт»
Одеський національний морський університет
ORCID: 0000-0003-3958-0041

В. І. ТИХОНІН
старший викладач кафедри «Експлуатація портів
і технологія вантажних робіт»
Одеський національний морський університет
ORCID: 0000-0003-1619-8130

І. І. ТИХОНІНА
старший викладач кафедри «Експлуатація флоту
і технологія морських перевезень»
Одеський національний морський університет
ORCID: 0009-0001-5258-1949

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ МАРШРУТУ ПЕРЕМІЩЕННЯ ВАНТАЖОПОТОКІВ В СИСТЕМІ «СУХИЙ ПОРТ-МОРСЬКИЙ ПОРТ»

У даній роботі пропонується методика вирішення задачі визначення оптимального маршруту переміщення вантажопотоків в системі «сухий порт – морський порт» з застосуванням теорії графів. Попередньо визначається зміна функцій і форм сучасних портів та суходільних транспортних вузлів на функції та форму вантажних розподільчих центрів. В роботі робиться припущення, що вантажні морські та суходільні розподільчі центри та наземні шляхи, що їх сполучають належним чином обладнані та облаштовані; наявні сучасні транспортні засоби, що забезпечують комунікацію. Встановлено кількість складових системи «сухий порт-морський порт». Робиться припущення про співвідношення улаштування, обладнання елементів транспортної системи, визначені технічні характеристик транспортних засобів та час, що витрачається ними на переміщення вантажу. Враховано кількість та структура підсистем, що взаємодіють, їх взаємо проникність. Надається просторове розташування вантажних розподільчих центрів та шляхів сполучення. Визначається оптимальний маршрут переміщення вантажопотоку за показником мінімізації витраченого ресурсу (часу) від сухого порту до оперативної зони вантажного терміналу морського порту. Розглядається декілька альтернативних маршрутів різної забезпеченості, представлених двома видами наземного транспорту обладнання яких послідовно входить до підсистем «сухий порт». За тим же принципом визначається оптимальне переміщення вантажопотоку за показником мінімізації витраченого ресурсу від сортувального майданчика морського порту до складських майданчиків вантажного портового терміналу. Розглядається декілька альтернативних маршрутів з обов'язковим проміжним елементом, обладнання яких входить до підсистеми «морський порт». Встановлюється пріоритетність заповнення складських площ з урахування обов'язкового залучення вагових майданчиків. Уточняється пріоритетність заповнення складських площ з додаванням умови першочерговості обслуговування складського майданчика, розташованого в оперативно-виробничій зоні, встановлюється баланс значень часу та ємності. Отримані результати узагальнюються та структуруються.

Ключові слова: *вантажні розподільчі центри, шляхи сполучення, система «сухий порт-морський порт», теорія графів, критерій часу, оптимальний маршрут.*

V. L. ROMAKH
Senior Lecturer at the Department of "Port Operation
and Cargo Handling Technology"
Odesa National Maritime University
ORCID: 0000-0003-3958-0041

V. I. TYKHONIN
Senior Lecturer at the Department of "Port Operation
and Cargo Handling Technology"
Odesa National Maritime University
ORCID: 0000-0003-1619-8130

I. I. TYKHONINA
Senior Lecturer at the Department of "Fleet Operation
and Shipping Technology"
Odesa National Maritime University
ORCID: 0009-0001-5258-1949

METHOD OF DETERMINING THE ROUTE OF CARGO FLOWS IN THE "DRY PORT-SEA PORT" SYSTEM

In this paper, a method of solving the problem of determining the optimal route for the movement of cargo flows in the «dry port – sea port» system is proposed. Graph theory is used in the work. The change of functions and forms of modern ports and land transport hubs to the functions and form of cargo distribution centers is preliminarily determined. The work assumes that cargo sea and land distribution centers and land routes connecting them are properly equipped and equipped; there are modern means of transport that provide communication. The number of components of the «dry port-sea port» system has been established. An assumption is made about the ratio of the arrangement, equipment of the elements of the transport system, the specified technical characteristics of the vehicles and the time spent by them to move the cargo. The number and structure of interacting subsystems, their mutual permeability are taken into account. Spatial location of cargo distribution centers and communication routes is provided. The optimal route of movement of the cargo flow is determined by the indicator of minimization of the spent resource (time) from the dry port to the operational zone of the cargo terminal of the sea port. Several alternative routes of different availability are considered, represented by two types of land transport, the equipment of which is successively included in the «dry port» subsystems. According to the same principle, the optimal movement of the cargo flow is determined by the indicator of minimization of the spent resource from the seaport sorting area to the storage areas of the cargo port terminal. Several alternative routes with a mandatory intermediate element are considered, the equipment of which is part of the «sea port» subsystem. The priority of filling warehouse spaces is established, taking into account the mandatory involvement of weighing platforms. The priority of filling warehouse spaces is clarified with the addition of the condition of priority of maintenance of the warehouse site located in the operational-production zone, the balance of time and capacity values is established. The obtained results are summarized and structured.

Key words: *cargo distribution centers, communication routes, «dry port-sea port» system, graph theory, time criterion, optimal route.*

Постановка проблеми

Удосконалення та раціональне використання транспортної інфраструктури є одним з пріоритетів розвитку транспортної галузі. Стикаючись з проблемами подекуди нерозвиненої, чи, що наразі актуально, пошкодженої інфраструктури, нестачею транспортного парку, тощо, у представників транспортної галузі одним з питань постає оптимізація процесу переміщення вантажу між різними складовими транспортних систем, що використовуються. Наразі і місце і функції сучасного морського порту в транспортно-технологічній системі (ТТС) доставки вантажу змінюється, набувають функцій та форм розподільчих центрів, пов'язаних з іншими центрами розподілу внутрішньоматерикових вантажопотоків системою транспортних мереж [1, 2]. Розглядаючи систему ТТС «сухий порт-морський порт» (СП-МП), як демонстраційну форму моделі «порт-хінтерленд», забезпечення ефективного функціонування даної системи та належної якості доставки вантажу залежить від скоординованої роботи всіх учасників транспортного процесу в рамках даної моделі.

Однім з важелів забезпечення ефективного функціонування системи СП-МР є визначення оптимальної траєкторії переміщення вантажів в розгалуженій мережі транспортного сполучення, що потребує використання відповідних методик її визначення. При цьому визначення методу дослідження обумовлюється заданими цілями, визначеними потребами, об'єктами що взаємодіють в рамках обраної транспортної системи, їх просторовим розташуванням тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Значна увага наукової спільноти присвячена окремо розвитку розподільчих центів та їх структурних елементів, окремо розвитку шляхів сполучення. Відповідно основним положенням [1–4], де було актуалізоване питання класифікації портів, обґрунтовано понятійний апарат, визначено місце, функції та форми порту в сучасних ТТС, структурувано та «актуалізовано» саме поняття ТТС, його функції, структура тощо, в даній роботі основними складовими системи СП-МП визначено об'єкти портової та позапортової інфраструктури [5]. Окремим локальним питанням розвитку складових системи – об'єктів операційної, виробничої, тилової зон морських портів, інфраструктури суміжних видів транспорту тощо присвячено роботи, де, зокрема, оптимізуються параметри укрупнених вантажних одиниць [6], обґрунтовується структура парку вантажного обладнання порту [7], окремі

параметри портових вантажних комплексів [8] або робота портового терміналу за декількома критеріями оптимізації [9]. В інших роботах запропоновано комплексний підхід до оцінки питання оптимізації взаємодії морського та залізничного транспорту на морських портових терміналах [10]. Окремо, локальним питанням розвитку складових системи мереж сполучення, в тому числі й між розподільчими центрами, з точки зору оптимізації параметрів шляху, підвищення рівня пропускної здатності, оптимізації маршруту в тому числі проблемам маршрутизації присвячено роботи [11–13].

Комплексно, з точки зору оптимізація ланцюга постачань, в роботі [14] моделюється процес постачання, враховуючи множину пунктів транспортної взаємодії, але при такому ракурсі в задачі не враховується внутрішньопортові процеси та показники.

Очевидно, що проблема оптимізації напрямів переміщення вантажів транспортної системи СП-МП потребує подальшого структурування, вивчення та рішення.

Формулювання мети дослідження

В контексті забезпечення ефективної роботу системи СП-МП, відповідно до класифікацій та форм просторового розташування, типу та наявності вантажного обладнання у розподільчих центрах, типу транспортних засобів, облаштуванню сполучень мережі тощо вибір критерію ефективності та методу рішення задачі і, як наслідок, оптимізації процесу залишаються актуальними питаннями.

Сфокусувавшись на факторі інтенсивності (швидкості) транспортування, наявність інформації щодо відповідних технічних параметрів вузлових елементів систем, обладнання їх суходільних сполучень та параметрів вантажних засобів, що забезпечують комунікацію в обраній системі, потребує застосування методу визначення оптимальної траєкторії переміщення вантажопотоків при мінімізації ресурсу. Тож метою роботи є розробка методики оптимального траєкторії переміщення вантажопотоків в системі СП-МП за критерієм мінімізації часу, використовуючи для цього метод потенціалів.

Викладення основного матеріалу дослідження

При аналізі виробничих процесів порту структурування вихідних даних полегшує виробничі задачі, надає наочне розуміння процесів, та компонування структури. Спираючись на вихідний набір даних, де в структуру підсистеми СП входить безпосередньо сам термінал, альтернативні мережі, представлені автомобільним та залізничним видами транспорту з проміжними пунктами від межі виходу (сортувальний майданчик) з терміналу сухого порту до входу в порт морський. До структури підсистеми МП відносяться вхід до порту (сортувальний майданчик), вагові та складські майданчики морського портового терміналу, термінальне обладнання. На рисунку 1 схематично надано взаємодію підсистем, що розглядаються.

Наведемо основні етапи методики визначення оптимальної траєкторії переміщення вантажопотоків в системі СП-МП за мінімумом витраченого часу, тобто визначаємо:

– просторове розташування розподільчих центрів;

– просторове розташування ланок, що пов’язують основні розподільчі центри;

Рис. 1. Взаємодія підсистем СП – МП

Джерело: побудовано авторами

– кількість видів наземного транспорту, що забезпечують зв’язок елементів;

– кількість альтернативних напрямів кожного виду наземного транспорту обладнання яких входить до підсистеми «сухий порт»;

– кількість проміжних пунктів кожного альтеративного напрямку кожного виду транспорту, що належать підсистемі «сухий порт»;

– кількість внутрішньотермінальних маршрутів з обов'язковими проміжними елементами, обладнання яких входить до підсистеми «морський порт»;

– технічні параметри елементів обох підсистем та їх пропускна здатність;

– технічні характеристики транспортних засобів, що забезпечують процес у підсистемі СП;

– технічні характеристики транспортних засобів та/або вантажного обладнання, що забезпечують процес на ланках у підсистемі МП;

– показник швидкості на кожній ділянці кожної підсистеми при використання відповідного типу наземного транспорту та/або вантажного обладнання;

– оптимальний маршрут переміщення вантажепотоку за показником мінімізації витраченого ресурсу від сортувального майданчика сухого порту ($СП_1$) до сортувального майданчика ($СМ_1$) вантажного терміналу морського порту (МП1) з урахуванням впливу улаштування і обладнання обраних інфраструктурних елементів застосувавши теорію графів, метод потенціалів;

– оптимальне переміщення внтаженотоку за показником мінімізації витраченого ресурсу від $СМ_1$ $СМ_1МП_1$ (внутрішньотермінальне переміщення) до складських майданчиків $СкМ_1МП_1$ $СкМ_2МП_2$ з урахуванням вагових майданчиків ($ВМ_1МП_1$ та $ВМ_2МП_2$) за тим же принципом;

– пріоритетність заповнення складських площ з урахування залучення вагових майданчиків;

– уточнена пріоритетність заповнення складських площ з додаванням умови першочерговості обслуговування складського майданчика, розташованого в оперативно-виробничій зоні терміналу морського порту, встановлюючи баланс критерію часу та ємності складського майданчика;

– узагальнені та структуровані результати.

Тож система складається з одного сортувального майданчика сухого порту, одного сортувального майданчика морського порту, трьох проміжних пунктів та шести ланок автомобільної мережі, одного проміжного пункти та двох танок залізничної мережі, двох вагових та двох складських майданчиків.

Особливості компонування – в'їзд до морського порту пов'язаний лише з двома портовими складами. Внутрішньопортове переміщення обов'язково проходить через один з двох ваговий майданчик.

Застосовуючи теорію графів, метод потенціалів, визначається оптимальний маршрут переміщення вантажепотоку та подальоше рішення корегується з урахуванням умови ранжування черговості заповнення складських приміщень – від мінімального до максимального Значення ємності підпорядковується нормам проектування вантажного терміналу порта.

В якості транспортного засобу в розрахунках обираємо автомобільний тягач з причепом та залізничну платформу. В якості засобу внутрішньопортової механізації (ВПМ) залучаємо термінальний тягач. Швидкість пересування засобу ВПМ по всій території терміналу порту приймається однаковою, мінімальною, враховуючи час на завантаження/вивантаження у кінцевих точках схеми.

Використовуючи емпіричні та формалізовані методи встановлюються показники пропускної здатності кожного окремого елементу. Спираючись на взаємозалежність показника пропускної здатності та швидкості переміщення вантажу розраховуються часові показники подолання відстаней між елементами.

Виписуємо вершини графа – пункти відправлення, пункти призначення проміжні пункти (станції) та присвоюємо їм коди (латинські літери в алфавітному порядку): вершина K(i) – (A), вершина K(i+1) (B) … вершина K(i+n) – (N); ланка L(i,i+1) – (AB), ланка L(i+1, …i+n). З швидкісних характеристик розраховуємо час шляху між пунктами (Ti). Усі перелічені показники зводимо в форму, наведену в таблиці 1.

Таблиця 1

Сформовані показники витраченого часу для елементів системи СП-МП

Пункти	**Найменування вершин графу**	**Найменування ланки графу**	**Розмір ланки, км**	**Потенціал,.**
Відправлення				
Ki	A			
Проміжні				
Ki+1	B	Li	Si	Ti
…	C	Li+1	Si+1	Ti+1
…	…	…	…	…
Призначення	…	…	…	…
Ki+n	N	Li+n	Si+n	Ti+n

Джерело: побудовано авторами

Використовуючи метод потенціалів, визначаємо найменше значення часу переміщення вантажопотоку (Х) з точки Р СМ1СП$_1$ до СМ$_1$МП$_1$ та від СМ$_1$МП$_1$ на множину елементів (К) суперструктури терміналу порту. СкМ$_1$МП$_1$ СкМ$_2$МП$_2$ з урахуванням ВМ$_1$МП$_1$ та ВМ$_2$МП$_2$.

Використовуючи метод потенціалів, знаходимо дерево оптимального шляху доставки вантажопотоку СМ$_1$МП$_1$. При визначенні оптимального переміщення внтаженотоку за показником мінімізації часу на етапі СП$_1$ до СМ$_1$. МП$_1$ поетапно розглядається введення альтернативних автомобілних та залізничнизх маршрутів підсистеми «сухий порт».

Перший етап – дві альтернативи, що забезпечується інфраструктурою автомобільного транспорту (рис. 2, табл. 2), має вже визначені значення швидкості та складається з наступного:

– сортувальний майданчик підсистеми СП – А;
– сортувальний майданчик морського порту – F;
– проміжні пункти, автомобільні – B, C;
– ланки автомобільної мережі – AB, BF, AC, CF.

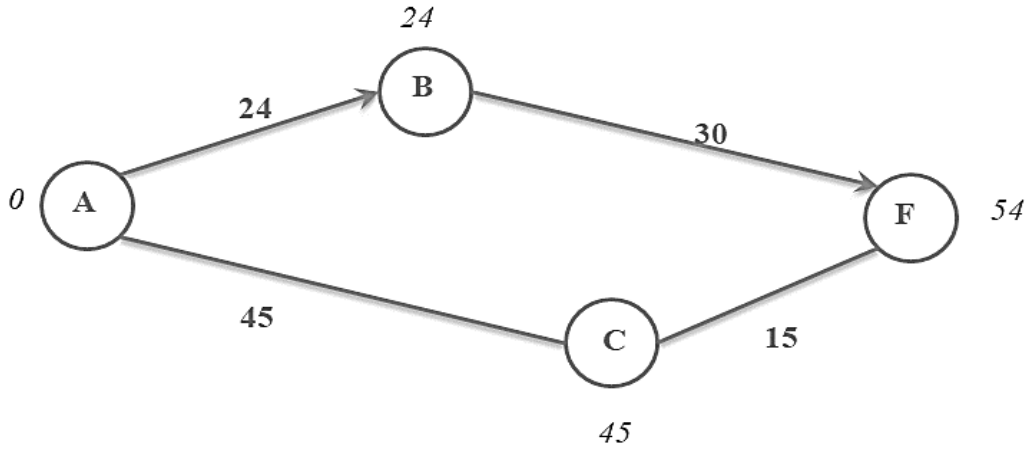

Рис. 2. Перший етап

Джерело: побудовано авторами

На даному етапі оптимальним рішенням є альтернатива ABF.

Другий етап – три альтернативи (рис. 3, табл. 3), автотранспорт:

– сортувальний майданчик підсистеми СП – А;
– сортувальний майданчик морського порту – F;
– проміжні пункти, автомобільні – B, C, D;
– ланки автомобільної мережі – AB, BF, AC, CF, AD, DF.

Таблиця 2

Перший етап

Пункти	Найменування вершин графу	Найменування ланки графу	Розмір ланки, км	Час перевезення, хв.
Відправлення				
Р4	А			
Проміжні				
А2	В	АВ	16	24
А3	С	АС	30	45
Призначення				
О3	F			
		BF	20	30
		CF	10	15

Джерело: побудовано авторами

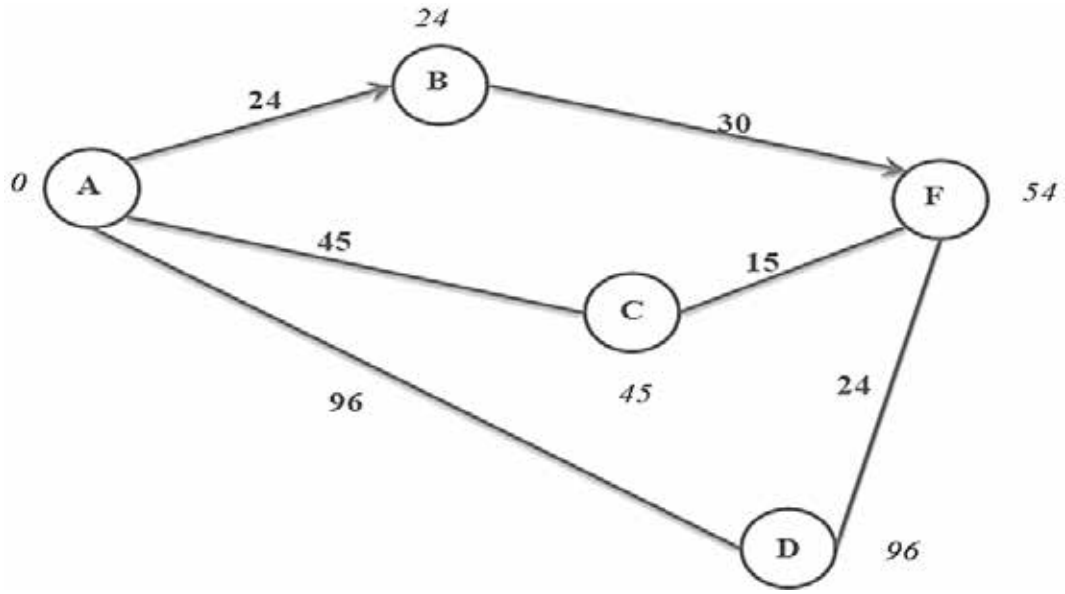

Рис. 3. Другий етап

Джерело: побудовано авторами

На даному етапі оптимальне рішення зберігається (ABF).

Третій етап – до попередніх варіацій додається складова, представлена залізничним транспортом (рис. 4, табл. 4):

Таблиця 3

Другий етап

Пункти	Найменування вершин графу	Найменування ланки графу	Розмір ланки, км	Час перевезення, хв.
Відправлення				
Р4	A			
Проміжні				
А2	B	AB	16	24
А3	C	AC	30	45
А4	D	AD	40	96
Призначення				
ОЗ	F			
		BF	20	30
		CF	10	15
		DF	10	24

Джерело: побудовано авторами

– сортувальний майданчик підсистеми СП – A;
– сортувальний майданчик морського порту – F;
– проміжні пункти, автомобільні – B, C, D;
– ланки автомобільної мережі – AB, BF, AC, CF, AD, DF;
– проміжний пункт, залізничний – E;
– ланки залізничної мережі – AE, EF.

На даному етапі оптимальне рішення зберігається (ABF).

При визначенні подальшого оптимального варіанту рішення на етапі від $СМ_1МП_1$ на $СкМ_1МП_1$ $СкМ_2МП_2$ з урахуванням $ВМ_1МП_1$ та $ВМ_2МП_2$ (рис. 5, табл. 5) лінійка складових розширюється:

– сортувальний майданчик підсистеми СП – A;
– сортувальний майданчик морського порту – F;
– проміжні пункти, автомобільні – B, C, D;
– ланки автомобільної мережі – AB, BF, AC, CF, AD, DF;

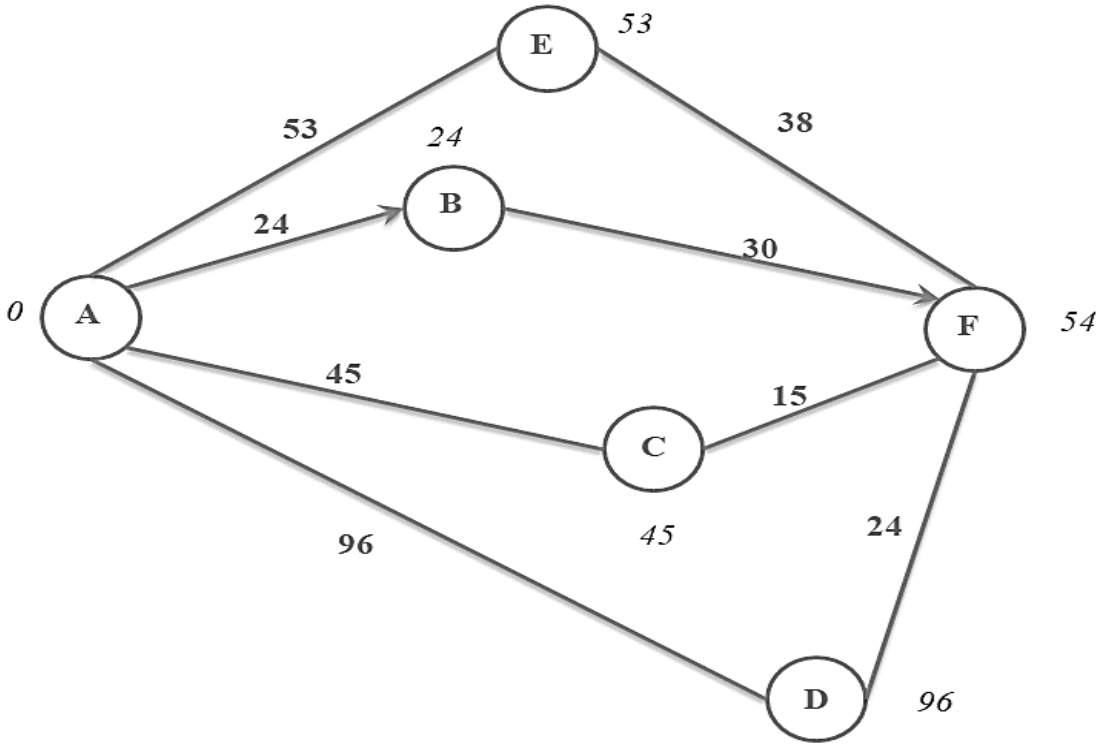

Рис. 4. Третій етап

Джерело: побудовано авторами

Таблиця 4

Третій етап

Пункти	Найменування вершин графу	Найменування ланки графу	Розмір ланки, км	Час перевезення, хв.
Відправлення				
Р4	A			
Проміжні				
А2	B	AB	16	24
А3	C	AC	30	45
А4	D	AD	40	96
34	E	AE	35	53
Призначення				
О3	F			
		BF	20	30
		CF	10	15
		DF	10	24
		EF	25	38

Джерело: побудовано авторами

– проміжний пункт, залізничний – E;

– ланки залізничної мережі – AE, EF;

– проміжний пункт вантажного терміналу морського порту – H, G;

– складські майданчики портового терміналу – I, J.

З рішення є очевидним, що в, в першу чергу, буде відбуватися завантаження складського майданчика I вантажного терміналу морського порту (маршрут A-B-F-G-I).

Складський майданчик J забезпечується вантажопотоком в другу чергу використовуючи маршрут A-B-F-H-J (F-H-J – переривчаста лінія).

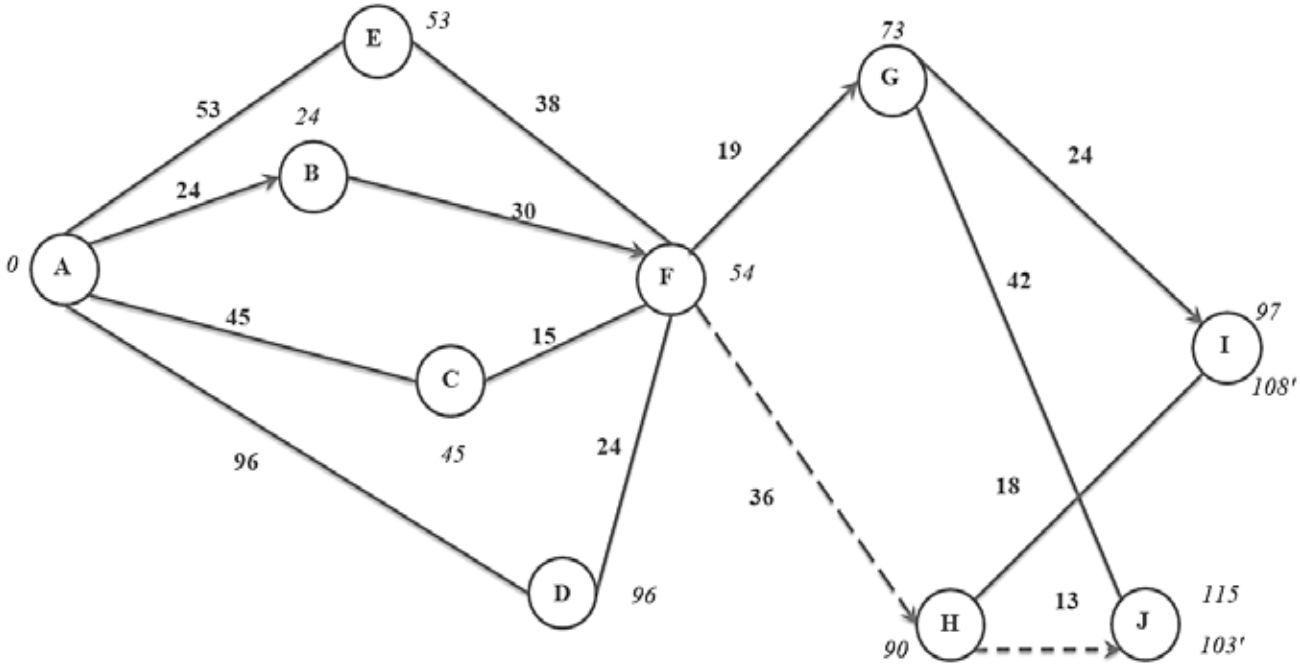

Рис. 5. Четвертий етап

Джерело: побудовано авторами

На п’ятому етапі уточняється пріоритетність заповнення складських площ з урахуванням умови ранжування черговості заповнення (ємності) складських приміщень – від мінімального до максимального.

При варіації $СкМ_1МП_1 < СкМ_2МП_2$ при формуванні графу пріоритетність надається маршрутам A-B-F-G-I та A-B-F-G-J. Відповідно маршрути A-B-F-H-I та A-B-F-H-I є другорядними.

Таблиця 5

Четвертий етап

Пункти	Найменування вершин графу	Найменування ланки графу	Розмір ланки, км	Час перевезення, хв.
Відправлення				
P4	A			
Проміжні				
A2	B	AB	16	24
A3	C	AC	30	45
A4	D	AD	40	96
34	E	AE	35	53
O3	F			
		BF	20	30
		CF	10	15
		DF	10	24
		EF	25	38
B2	G	FG	1,6	19
B3	H	FH	3	36
Призначення				
C1	I			
		GI	2	24
		HI	1,5	18
C2	J			
		GJ	3,5	42
		HJ	1,1	13

Джерело: побудовано авторами

У випадку співвідношення $СкМ_1МП_1 > СкМ_2МП_2$ при формуванні графу пріоритетність змінюється та закріплюється за маршрутами A-B-F-H-I та A-B-F-H-I. Відповідно маршрути A-B-F-G-I та A-B-F-G-J стають другорядними (рис. 6).

Висновки

В роботі наведено методику визначення оптимального переміщення вантажопотоків у системі сухий порт – морський порт. Попередньо окреслено просторове розташування системи та її основних елементи. Визначено значення пропускної здатності кожного з них та встановлено залежності показників часу від показника пропускної здатності елементів.

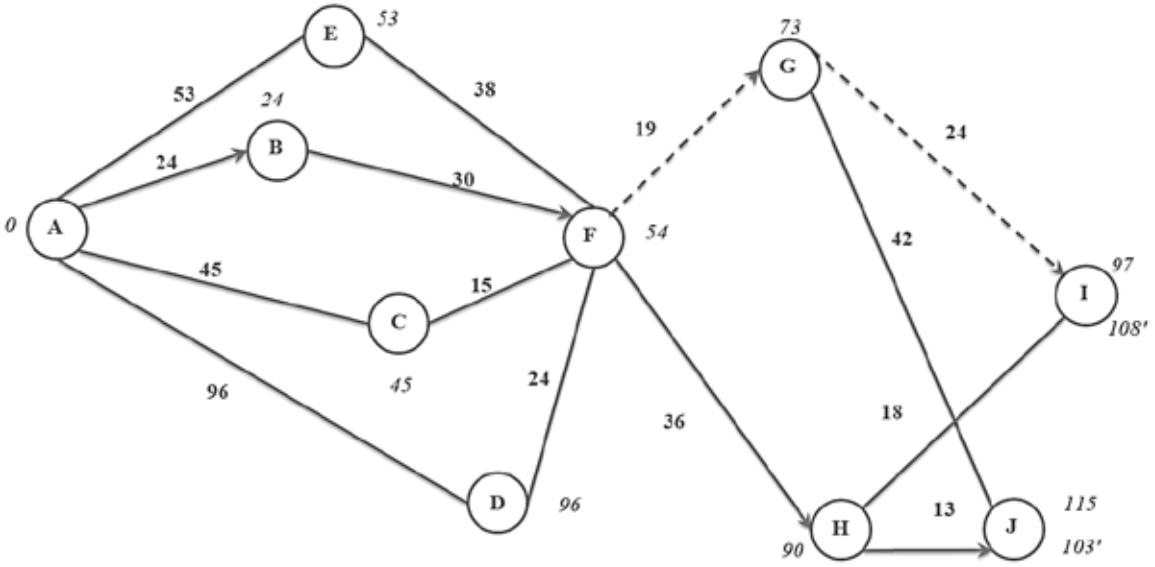

Рис. 6. П'ятий етап

Джерело: побудовано авторами

Визначена кількість та складові альтернативних маршрутів між сортувальними майданчиками сухого порту та порту морського. Визначені альтернативні маршрути безпосередньо на території морського порту. Кінцевими складовими визначені складські майданчики оперативно-виробничої зони терміналу з обов'язковим залученням одного зі складових майданчиків.

На основі отриманих результатів, застосовуючи теорію графів та метод потенціалів, встановлено оптимальний маршрут переміщення вантажу від сухого порту до морського, яким залишився один і той же самий автомобільний напрям, незважаючи на дві інші альтернативи та додаткову можливість використання залізничної складової. Встановлено траєкторію подальшого, внутрішньотермінального переміщення. Визначено пріоритетність, за критерієм часу, заповнення одного складського майданчика над іншим та залучення вагового майданчика. При введенні додаткової умови про пріоритетність одного майданчика над іншим за показникам ємності, рішення на внутрішньопортовій складовій змінилося – другорядні ваговий та складський майданчики зайняли позицію лідера.

Очевидно, що при змінені технічної складових існуючих елементів системи, показника їх пропускної здатності, параметрів транспортних засобів тощо безумовно відбудеться і зміна маршруту переміщення вантажопотоків в даній системі. Відповідно до реалій на зміну рішення впливатиме і зміна критерію оптимізації на економічну або безпекову складову.

Список використаної літератури

1. Кириллова О.В., Кириллова В.Ю. Теоретичні основи просторової та функціональної еволюції портів. Транспортні системи і технології, № 40, 2022. С. 170–189. https://doi.org/10.32703/2617-9040-2022-40-15

2. Кириллова О.В. Теоретичні основи управління роботою флоту у транспортно-технологічних системах : дис. … д-ра техн. наук : 05.22.01 – транспортні системи / Кириллова Олена Вікторівна; Одес. нац. мор. ун-т. Одеса, 2017. 470 с.

3. Notteboom, T., Rodrigue, J.-P. (2010). Foreland-Based Regionalization: Integrating Intermediate Hubs with Port Hinterlands, Research in Transportation Economics, no. 27, pp. 19–29. https://doi.org/10.1016/j.retrec.2009.12.004.

4. Paridaens H., Notteboom T. National Integrated Maritime Policies (IMP) : Vision Formulation, Regional Embeddedness, and Institutional Attributes for Effective Policy Integration. Sustainability, 2021. Vol. 13, P. 9557. https://doi.org/10.3390/su13179557

5. Кириллова О.В., Кириллова В.Ю., Ромах В.Л. Улаштування та обладнання портів: навчальний посібник / О.В. Кириллова, В.Ю. Кириллова, В.Л. Ромах. Одеса, 2023. 167 с.

6. Тихонін В.І., Тихоніна І.І., Ромах В.Л., Методика оптимізації розмірів пакетів металовантажів при їх формуванні. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Том 34 (73). № 2, 2023, Серія: Технічні науки. С. 203–207. https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.2.2/34

7. Kirillova, Ye., Malaksiano, M. (2017). Substantiation of structure of the port handling equipment fleet based on a multicriteria approach. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, vol. 5(3(89)), pp. 52–59. https://dx.doi.org /10.15587/1729-4061.2017.111971

8. Тихонін В. І. Комплекс імітаційних динамічних моделей оптимізації параметрів технологічних перевантажувальних комплексів порту / В. І. Тихонін // Розвиток транспорту. 2018. Вип. 2. С. 32–46. http://nbuv.gov.ua/UJRN/transdevel_2018_2_6.

9. Postan M. Y., Kurudzhi Y. V. Modeling the influence of transport units movements irregularity on storage level of cargo at warehouse //Acta Systemica. 2012. Т. 12. №. 1. С. 31–36. ISSN 1813-4769

10.Zhang Q., Yang H., Zhang L. Multi-objective Model on Connection Time Optimization in Sea-rail Intermodal Transport //GSTF Journal of Engineering Technology (JET). 2014. Т. 3. №. 1. P. 12–118. https://doi.org/10.5176/2251-3701_3.1.118

11. Петров А. В. Метод визначення маршруту руху транспортних засобів при постачанні матеріально-технічних засобів / А. В. Петров, Г. В. Худов, І. А. Таран // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. 2017. № 3. С. 10–13. http://nbuv.gov.ua/UJRN/ZKhUPS_2017_3_4

12. Дацко М.В., Цвір Л.Р. Побудова транспортних маршрутів у логістиці. // Науковий вісник Херсонського державного університету. 2016. № 16 (4). С. 152–155. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvkhdu_en_2016_ 16%284%29__39

13. Сененко І. А. Методика оптимізації маршруту перевезення товарів: циклічний метод / І. А. Сененко // Економічний вісник НТУУ «КПІ» : збірник наукових праць. 2009. № 6. С. 471–474. https://ela.kpi.ua/handle/123456789/8275

14. Куруджи Ю.В., Ромах В.Л. Моделювання ланцюгів поставок портовим оператором в умовах мультимодальності // Вісник Херсонського національного технічного університету. 2022. №. 3(82). 103–111. https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2022.3.14

References

1. Kyryllova O., Kyryllova V. (2022) Teoretychni osnovy prostorovoji ta funkcionaljnoji evoljuciji portiv [Theoretical basis of spatial and functional evolution of ports]. Transport systems and technologies, no. 40, pp. 170–189. https://doi.org/10.32703/2617-9040-2022-40-15

2. Kirillova O.V. (2017) Teoretychni osnovy upravlinnja robotoju flotu u transportno-tekhnologhichnykh systemakh [Theoretical foundations of fleet operation management in transport and technological systems]. (PhD Thesis), Odesa: Odessa national maritime university.

3. Notteboom, T., Rodrigue, J.-P. (2010). Foreland-Based Regionalization: Integrating Intermediate Hubs with Port Hinterlands, Research in Transportation Economics, 27, 19–29. https://doi.org/10.1016/j.retrec.2009.12.004.

4. Paridaens H., Notteboom T. National Integrated Maritime Policies (IMP) : Vision Formulation, Regional Embeddedness, and Institutional Attributes for Effective Policy Integration. Sustainability, 2021. Vol. 13, P. 9557. https://doi.org/10.3390/su13179557

5. Kirillova O.V., Kirillova V.Yu., Romakh V.L. (2023) Ulashtuvannja ta obladnannja portiv [Arrangement and equipment of ports]. Odesa: Magister. (in Ukrainian)

6. Tikhonin V.I., Tikhonina I.I., Romakh V.L. (2023) Metodyka optymizatsii rozmiriv paketiv metalovantazhiv pry yikh formuvanni [Methodology for optimizing the sizes of packages of metal cargo during their formation]. Scientific notes of the Tavri National University named after V.I. Vernadskyi, vol. 34 (73), no. 2, pp. 203–207. https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.2.2/34

7. Kirillova, Ye., Malaksiano, M. (2017). Substantiation of structure of the port handling equipment fleet based on a multicriteria approach. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, vol. 5(3(89)), pp. 52–59. https://dx.doi.org /10.15587/1729-4061.2017.111971

8. Tikhonin V. I. (2018) Kompleks imitatsiinykh dynamichnykh modelei optymizatsii parametriv tekhnolohichnykh perevantazhuvalnykh kompleksiv portu [Complex of simulated dynamic models of optimization of parameters of technological transshipment complexes of the port]. Development of transport. vol. 2. pp. 32–46. http://nbuv.gov.ua/UJRN/transdevel_2018_2_6.

9.Postan, M. Y., Kurudzhi, Y. V. (2012) Modeling the influence of transport units movements irregularity on storage level of cargo at warehouse. Acta Systemica, 2012, no. 12(1), pp. 31–36. ISSN 1813-4769

10. Zhang, Q., Yang, H., Zhang, L. (2014) Multi-objective Model on Connection Time Optimization in Sea-rail Intermodal Transport. GSTF Journal of Engineering Technology (JET). no. 3(1). https://doi.org/10.5176/2251-3701_3.1.118

11. A. V. Petrov, G. V. Khudov, I. A. Taran (2017) Metod vyznachennia marshrutu rukhu transportnykh zasobiv pry postachanni materialno-tekhnichnykh zasobiv [The method of determining the route of transport vehicles during the supply of material and technical means]. Collection of scientific papers of the Kharkiv University of the Air Force. no. 3, pp. 10–13. http://nbuv.gov.ua/UJRN/ZKhUPS_2017_3_4

12. Datsko M.V., Tsvir L.R. (2009) Pobudova transportnykh marshrutiv u lohistytsi [Construction of transport routes in logistics]. Scientific Bulletin of Kherson State University. vol. 16, no. 4, pp. 152–155. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvkhdu_en_2016_ 16%284%29__39

13. Senenko, I. A. (2009) Metodyka optymizatsii marshrutu perevezennia tovariv: tsyklichnyi metod [The method of optimizing the route of goods transportation: cyclical method]. Economic Bulletin of NTUU "KPI": collection of scientific works, no. 6, pp. 471–474. https://ela.kpi.ua/handle/123456789/8275

14. Kurudzhi Yu.V., Romakh V.L. (2022) Modeliuvannia lantsiuhiv postavok portovym operatorom v umovakh multymodalnosti [Modeling of supply chains by a port operator in conditions of multimodality]. Bulletin of the Kherson National Technical University. vol. 3, no. 82, pp. 103–111. https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2022.3.14