

Столянов В.А.

Одеський національний морський університет

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ РЕГІОНУ ОБСЛУГОВУВАННЯ РЕЖИМНИХ ВАНТАЖІВ В УНІВЕРСАЛЬНИХ КОНТЕЙНЕРАХ ІЗ ТЕРМОВКЛАДИШАМИ І КРІОГАЗИФІКАТОРАМИ

У даному дослідженні було проведено роботу щодо розрахунку та визначення максимально допустимих відстаней перевезення рефрижераторних вантажів у класичних контейнерах, які було тимчасово переобладнано в рефрижераторні шляхом встановлення в них термовкладишу, балонів із зрідженою кріогенною речовиною та системи підтримання необхідної температури.

В процесі роботи над виконанням цілі дослідження було проаналізовано різні наукові джерела щодо роботи кріогенних охолоджуючих систем, їхні характеристики та ефективність використання охолоджуваної рідини в умовах високих температур зовнішнього середовища та обмеженої кількості холодоагенту.

Також було розглянуто різні транспортно-технологічні системи (ТТС) доставки продовольчих вантажів (ПВ) у запропонованому раніше типі інтермодальної транспортної одиниці (ІТО). З них як найбільш вдала виділяється саме фідерна ТТС, що забезпечує ефективну та надійну роботу суден-контейнеровозів (які є невід'ємною складовою будь-якої ТТС при інтермодальному сполученні) на коротких та середніх відстанях. Після вибору потрібної ТТС за допомогою методу аналітичної ієрархії було проведено вибір найбільш вдалої моделі судна-контейнеровоза. Вибір проводився за трьома критеріями для чотирьох типів суден-контейнеровозів серед класу «Feeder», «Feeder Max» та «Handy». Усі запропоновані критерії оцінювали ефективність кожного типу судна працювати у фідерному сервісі з мінімальними термінами доставки ПВ.

Обравши найкращий тип судна, на основі його техніко-експлуатаційних характеристик та раніше проведеного дослідження щодо часових меж роботи кріогенної установки, було проведено розрахунок допустимої відстані морського перевезення вантажу на прикладі замороженого м'яса у 20-фут переобладнаному контейнері. Розрахунки показали, що за температури близько +50 град. Цельсію в середньому вантаж може подолати відстань у близько 2000 морських миль без додаткових операцій з дозаправки, що відповідає перевезенням у таких морських басейнах, як Балтика, Північне і Середземне та Чорне моря, Східне узбережжя Атлантики в Європі чи басейн Східно та Південно-китайського і Японського морей в Азії.

Ключові слова: транспортно-технологічна система, морське перевезення, судно-контейнеровоз, контейнер, відстань перевезення, час рейсу, інтермодальні перевезення, контейнерні перевезення, лінійне судноплавство, режимні вантажі, рефрижераторні вантажі, інтермодальна транспортна одиниця.

Постановка проблеми. Згідно із статистикою, наведеною Taylor & Francis Group, 90% світового вантажообігу припадає на морські перевезення. З них 35% припадає на контейнерні перевезення [1]. Завдяки динамічному розвитку економік Індії, Китаю, країн ЄС, США, Японії та ін., на узбережжях цих країн виникла потужна сітка портової інфраструктури. Збільшення обсягів торгівлі між вищевказаними країнами безпосередньо призводить до збільшення інтенсивності вантажоперевезень. А завдяки глобальній стандартизації та автоматизації промисловості ці перевезення все більше й більше стають контейнерними та

якомога швидшими, особливо в секторі перевезення продуктів харчування та сировини для їх виробництва. [2]

При цьому, спираючись на результати дослідження в роботі [3] в якому детально наводяться основні вимоги щодо технологічного обладнання контейнера із залученням термовкладишу та кріогазифікатору, а також визначений максимально припустимий час знаходження вантажів за відповідною технологією та відповідно до публікації [4] відомо, що час роботи запропонованої установки, як і кріоконтейнерів в цілому, є досить обмеженим. Рефрижераторні контейнери з витрачуванням холодоагентом (сухий лід,

рідкий двооксид вуглецю, рідкий азот і евтектичні акумулятори-зеротори) використовують головним чином для перевезення на невеликі відстані, бо контейнери не мають запасу охолоджувальної речовини більш ніж на один тиждень. Віддаленіші маршрути потребуватимуть створення мережі проміжних станцій для дозарядження контейнерів [4].

Також важливим фактором для доставки продовольчих вантажів в інтермодальному сполученні є швидкість обраних транспортних засобів згідно їх паспортних характеристик та правильний вибір інтермодального сервісу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основна увага рефрижераторним контейнерам та іншим ІТО з рідким охолодженням приділена в роботі [4]. У роботі [4] надається загальний опис та класифікація рефрижераторних контейнерів, вказуються їх ключові технічні характеристики і способи роботи різних систем охолодження, переваги і недоліки їх використання у міжнародних перевезеннях. При цьому основна увага приділяється саме класичним реф ІТО з машинним охолодженням, а ІТО з рідким холодоагентом згадуються лише в класифікації за типом холодильної установки з використанням загальних фраз, наприклад, невеликі відстані [4]. У роботі [4] також детально описуються різні холодильні установки як на морських суднах в цілому, так і для морських контейнерів з різними системами охолодження. Надаються схеми розміщення холодильного обладнання для ІТО і циркулювання охолодженого повітря всередині. Надано схему розташування азотної системи охолодження, що розташована в окремому відсіку замість машинної установки. Що стосується відстані перевезення, автори у роботі [4] зазначають, що контейнер з рідким охолодженням застосовується на дальності перевезення до 1000 км.

Що стосується досліджень в області інтермодальних сервісів, цікавою є робота [5], де автор аналізує та порівнює різні транспортно-технологічні системи (ТТС), які активно використовують на морському транспорті. В роботі надано принципи роботи, переваги кожної ТТС та способи їх застосування. Особливо цікавим є розділ щодо фідерної ттс, що передбачає використання невеликих суден (фідерів) для транспортування дрібних партій вантажів з внутрішніх мілководних річкових портів з метою їх консолідації у вантажних центрах (крупних портах) або для вивезення вантажів дрібними відправками з таких центрів. Автор роботи [5] зазначає, що фідерну систему

фахівці розглядають як один із шляхів розвитку контейнерних перевезень, яка краще реалізує технологію доставки вантажів «від дверей до дверей». Крім того, відмічають екологію як фактор, що буде сприяти попиту на доставку вантажів на короткі морські відстані завдяки мінімізації шкідливих викидів у атмосферу. Окрім цього досить детальний аналіз роботи фідерних ліній та суден-контейнеровозів представлено у науковій праці [6], де надається організаційно-технічна структура магістрально-фідерного сполучення в контейнерній ТТС, проведено якісний аналіз ознак фідерних ліній від магістральних. Також графічно надано представлення схеми роботи суден на фідерних сервісах, визначено завдання роботи контейнерного флоту, охарактеризовано якісні та кількісні елементи контенеропотоків та створено концептуальну модель прийняття рішень з організації фідерної контейнерної судноплавної лінії [6].

Постановка завдання. Враховуючи аналіз існуючої наукової літератури можна зрозуміти, що питання роботи та практичного використання ІТО з рідким охолодженням та холодоагентом вивчалось досить поверхнево в області визначення більш точних меж щодо часу та відстані роботи таких контейнерів. Хоча автори в цілому і вказують правдиві значення тривалості та відстані перевезення, як в роботі [4], робиться це максимально загально без доказових розрахунків чи посилань на методологію визначення цих коротких відстаней. При цьому транспортна галузь все більше уваги приділяє саме фідерному сервісу для контейнерних інтермодальних перевезень, які застосовують якраз на короткі та середні відстані, де ІТО з рідким охолодженням вважаються найбільш ефективними і конкурентно спроможними. Тож основними завданнями цього дослідження є:

- Надати визначення поняттю фідерного сервісу і його переваг при використанні запропонованого у роботі [3] ІТО з рідким охолодженням;
- Обрати найбільш ефективний тип судна-контейнеровоза, який буде використовуватись для перевезення таких ІТО;
- Надати спосіб визначення відстані перевезення продовольчих вантажів у переобладнаному ІТО, спираючись на часові обмеження роботи кріогенної установки [3].

Виклад основного матеріалу. Згідно з [6] фідерний сервіс визначений як такий, «який полягає в перевезенні вантажів середньотонажними суднами (Feeder Ship), які працюють на

фідерних лініях між базовими (магістральними) і підживлюючими (фідерними) портами відповідного регіону. Компанії, які організують подібні лінії, здійснюють фідерне обслуговування однієї чи декількох магістральних сервісів, пропонуючи оренду значної частки своїх суден для вантажів клієнтури магістрального перевізника. Таким чином, фідерний сервіс полягає в перевезенні контейнерних вантажів мало- і середньотонажними суднами, які працюють на регіональних лініях між портами-хабами і регіональними, фідерними портами відповідного регіону. Розподіл перевізників на «фідерних» і «магістральних» – доволі умовний, є такі лінійні судноплавні підприємства, які можуть працювати як на магістральному сервісі, так і фідерному: все ж більш поширеними є форми організації, коли регіональні судноплавні компанії забезпечують фідерне обслуговування для глобальних перевізників [7]. Залежно від обсягу попиту, глобальні перевізники можуть обслуговувати вантажовласників власними суднами, чи вдаватися до послуг дочірньої фідерної лінії або користуватися фідерним сервісом третіх осіб [8].

У процесі міжнародних вантажних перевезень фідерна система дозволяє поєднувати різні види транспорту (наприклад, річковий і морський), обслуговують короткі та середні водні відстані з дрібнопартійними вантажами, що надходять з дрібних пунктів чи недостатньо обладнаних портів на внутрішніх водних шляхах до крупних морських портів, для консолідації перед наступною відправкою на лінійних морських чи океанських суднах. Вони також забезпечують і зворотний процес вивезення водним шляхом вантажів дрібними партіями з вантажних центрів (крупних портів) на невеликих суднах (фідерах, касетовозах) до мілководних морських та річкових портів. Зокрема, фідерна система дозволяє судноплавним компаніям ефективно накопичувати та вивозити генеральні вантажі, які перевозяться морським транспортом на регулярних судноплавних лініях в контейнерах [5]. Нині фідерну систему фахівці розглядають як один із шляхів розвитку контейнерних перевезень, яка краще реалізує технологію доставки вантажів «від дверей до дверей». Крім того, відмічають екологію як фактор, що буде сприяти попиту на доставку вантажів на короткі морські відстані завдяки мінімізації шкідливих викидів у атмосферу. Основними перевагами фідерного сервісу є [6–7]:

– Гнучкість щодо планування роботи власного флоту. магістральні лінії є більш сталими за архітектурою сервісної мережі; зазвичай вони планують свою діяльність на середні і довгострокові періоди, так як їх сервіси вимагають значних капітальних вкладень. Фідерні лінії більш гнучкі для адаптації планової діяльності відповідно до змін на ринку. Фідерні лінії, як правило, оперують невеликим флотом, з фіксованою кількістю власних суден і врівноважують кількість необхідного тоннажу фрахтуванням. Таким чином, вони можуть мінімізувати капітальні вкладення, створюючи мережу фідерних маршрутів, гнучку до змін на ринку.

– Адаптованість розкладу. Фідерні лінії коректують розклади. За допомогою гнучких розкладів фідерні лінії легше адаптуються до сезонних коливань попиту, що сприяє значному скороченню тривалості доставки з місць постачання.

– Додатковий прибуток для судноплавних ліній та розширення географії. Потреба в фідерних перевезеннях існує в мілководних регіонах, де крупні океанські (морські) контейнеровози не можуть підійти до причалу. Тому контейнери завантажують на фідерний контейнеровоз і доставляють у найближчий великий порт. Фідерні контейнеровози відрізняються від морських меншою місткістю і локальним використанням.

Вибір типу судна для перевезення рефрижераторних ІТО з рідким охолодженням. Для визначення, який тип судна-контейнеровоза буде найбільш вдалим для перевезення ІТО з рідким охолодженням, сформулюємо спочатку критерії, за якими буде проведено оцінку запропонованих типів суден та надамо важливість кожному критерію.

Критерій № 1. Швидкість запропонованого судна. В нашому дослідженні даний критерій є основним, оскільки від швидкості судна прямо залежить час на доставку вантажу, який, виходячи з результатів дослідження [3], є ключовим обмеженням в процесі перевезення продовольчих вантажів (ПВ). Оскільки основним завданням цієї роботи є встановлення максимально допустимої відстані перевезення, чим вище є швидкість судна, тим більшу відстань воно зможе подолати за обмежений час. Критерій прагне до максимальних значень.

Критерій № 2. Розміри судна. Як було зазначено вище, фідерні судна-контейнеровози призначені для зв'язку малих і середніх портів в рамках певного регіону з портом-хабом, а також для

доставки певних категорій вантажів в рамках конкретного басейну. Тому важливо, щоб обраний тип судна мав можливість заходити в максимальну кількість таких портів. Особливо важливим в даному випадку є осадка судна, яка найчастіше є головним обмежувальним фактором. Згідно з даними [9], більшість світових портів допускають осадку судна в межах від 8 м до 14 м та мають довжину причалів від 100 до 200 м. Отже, чим менше у судна осадка і довжина, тим в більшу кількість портів воно зможе обслуговувати. Критерій тяжіє до мінімальних значень.

Критерій № 3. Контейнеромісткість судна. Даний критерій має оцінювати, яку кількість ІТО в TEU може одночасно перевозити вказані типи суден. Даний критерій є балансуєчим та дозволяє частково оцінити економічну ефективність судна, адже чим більше судно може вмістити в себе вантажу, тим більше воно заробляє коштів за рейс. Критерій 3 як і критерій 1, прагне до максимальних значень показника.

Визначившись з критеріями оцінки за даними [10] оберемо 4 різних типи суден-контейнеровозів. Вибір будемо проводити серед суден класів «Feeder», «Feeder Max» та «Handy». З кожного з цих типів оберемо 1–2 типи судна. Далі, використовуючи дані з [11–12] знайдемо необхідні нам параметри і характеристики кожного типу судна та оцінимо його за вищеописаними критеріями. Розміри судна зазначені в таблиці 1.

Тепер, за допомогою методу аналізу ієрархії [13] можна обрати тип судна. Для початку створимо матрицю попарних порівнянь критеріїв. Матриці попарних порівнянь заповнюються парами елементів, симетричних відносно

головної діагоналі, що відображають кожне твердження експерта. Оскільки об'єкт є рівноважливим сам до себе, то на головній діагоналі такої матриці вказується 1. Значення елементів обираємо відповідно до шкали відносної важливості MAI [13]. Матриця критеріїв зображена в таблиці 2.

Аналогічним чином, на основі даних з таблиці 1, створюємо матрицю попарних порівнянь альтернатив для кожного типу судна за критеріями з таблиці 2. Загальна матриця альтернатив зображена у таблиці 3.

Розраховуємо локальні вектори пріоритетів, індекс узгодженості та відношення узгодженості для матриці попарних порівнянь критеріїв (таблиця 2) та матриць попарних порівнянь альтернатив за критеріями (таблиця 3). Локальні пріоритети отримуються шляхом обчислення середнього геометричного рядків матриці попарних порівнянь матриці А, з наступною нормалізацією всіх складових вектора:

$$X_i = \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}}{\sum_{i=1}^n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}} \quad (1)$$

де a_{ij} – значення локального пріоритету чи попарної альтернативи за критеріями.

Для оцінки однорідності тверджень використовують відхилення величини максимального власного значення від порядку матриці. Якщо порядок матриці n збігається з максимальним власним числом $\lambda_{\max}$, то судження узгоджені. Для встановлення непослідовності тверджень

Таблиця 1

Розміри і основні характеристики морських суден

Тип судна	Місткість, TEU	Дедвейт, мт	Довжина, м	Ширина, м	Осадка, м	Швидкість, вузли
Damen Feeder 900	888	9800	150	21,8	7,2	17
Vantage	365	3650	99	15,9	4,9	14,5
Mirror	803	10500	140	21,8	7,3	18,5
Unisky	1005	10600	154	21	7,0	18

Таблиця 2

Матриця попарних порівнянь критеріїв

	Швидкість судна	Розміри (осадка)	Місткість, TEU
Швидкість судна	1	2	4
Розміри (осадка)	0,5	1	3
Місткість, TEU	0,25	0,33333333	1

використовують індекс узгодженості та відношення узгодженості. Індекс узгодженості визначається наступним чином:

$$\lambda_{\max} = \sum_{j=1}^n \left(X_j * \sum_{i=1}^n a_{ij} \right) \quad (2)$$

$$I_y = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

Відношення узгодженості I_o визначають наступним чином:

$$I_o = \frac{I_y}{M(I_y)} \quad (4)$$

Використавши формулу (1) розрахуємо вектори пріоритетів критеріїв, отриманий в результаті розрахунку головного власного вектора з наступною його нормалізацією. Аналогічно розрахуємо локальні пріоритети для типів суден за кожним з критеріїв. Результати розрахунків зображено у таблицях 4 і 5.

Скориставшись формулами (2–4) розрахуємо індекс узгодженості та відношення однорідності

$$\lambda_{\max} = 2,052$$

$$I_y = \frac{2,052 - 3}{2} = -0,47$$

$$I_o = \frac{-0,47}{0,58} = -0,81$$

Отримане значення відношення узгодженості хоч і є зависоким, але будемо вважати його прийнятним. Отже, найважливішим, а отже вирішальним показником є швидкість судна. Далі розрахуємо глобальні пріоритети. Ця процедура зводиться до формування матриці локальних пріоритетів альтернатив за критеріями $X_1^{(1)}$ з подальшим її множенням на вектор пріоритетів критеріїв.

$$X_1^{(1)} = [0,83; 0,16; 0,009]^T$$

де T – транспонована матриця.

Таблиця 3

Матриця попарних порівнянь альтернатив за критеріями

Швидкість судна	Damen Feeder 900	Vantage	Mirror	Unisky
Damen Feeder 900	1	3	0,5	0,5
Vantage	0,33333333	1	0,25	0,25
Mirror	2	4	1	1
Unisky	2	4	1	1
Розміри (осадка)	Damen Feeder 900	Vantage	Mirror	Unisky
Damen Feeder 900	1	0,33333333	1	0,5
Vantage	3	1	3	3
Mirror	1	0,33333333	1	0,5
Unisky	2	0,33333333	2	1
Місткість, TEU	Damen Feeder 900	Vantage	Mirror	Unisky
Damen Feeder 900	1	4	2	0,5
Vantage	0,25	1	0,33333333	0,2
Mirror	0,5	3	1	0,5
Unisky	2	5	2	1

Таблиця 4

Розрахунок вектора локальних пріоритетів матриці критеріїв

	Швидкість судна	Розміри (осадка)	Місткість, TEU	Вектор пріоритетів
Швидкість судна	1	2	4	0,83
Розміри (осадка)	0,5	1	3	0,16
Місткість, TEU	0,25	0,333	1	0,009

$$P_1^{(1)} = \begin{bmatrix} 0,045 & 0,006 & 0,161 \\ 0,001 & 0,942 & 0,0006 \\ 0,477 & 0,006 & 0,030 \\ 0,477 & 0,046 & 0,807 \end{bmatrix}$$

$$P = X_1^{(1)} * P_1^{(1)} \quad (5)$$

$$P = \max[0,039 \quad 0,148 \quad 0,399 \quad 0,412] = 0,412$$

За результатами проведеного МАІ аналізу визначено, що найбільш вдалим є судно типу Unisky. Тому для подальших розрахунків в даній роботі будемо спиратися саме на характеристики цього типу судна.

Визначення відстані перевезення у переобладнаній ІТО. Обравши тип судна перейдемо до основного завдання даної роботи, а саме до визначення допустимої відстані перевезення вантажів у запропонованих в [3] ІТО. Під час визначення відстані будемо керуватися наступними умовами:

- Температура зовнішнього середовища дорівнює +50 град. Цельсію
- Температура перевезення вантажу (заморожене м'ясо яловичини) складає -20 град. Цельсію;

- Перевезення проводиться у 20-фут контейнері на палетах розміром 1200x1200 мм.

Важливо врахувати, що запропоновані ІТО буде використовуватись в інтермодальних перевезеннях, що розглядають комплексну доставку не тільки морським, а різними видами наземного транспорту (автомобілі, залізниця) від дверей до дверей, а отже розраховані часові обмеження роботи стосуються всього процесу доставки ПВ від місця виробництва чи зберігання до пункту призначення. Це робить розрахунок відстані достатньо індивідуальним процесом через необхідність врахування місць виробництва харчової продукції, їх наближеності до порту, локації складів отримувача продукції. Тому в нашому дослідженні сконцентруємось на розрахунку саме морської частини перевезення від порту до порту. При цьому, спираючись на формулювання поняття інтермодальних перевезень, час для розрахунку будемо визначати виходячи з наступної пропорції, де:

- До 30% від загального часу перевезення буде відведено наземній доставці (15% з складу відправника до порту відправлення і стільки ж з порту призначення до складу отримувача);
- 10% – час на митно-портову обробку ІТО, очікування на судно чи наземний транспорт, погрузку та вивозку в порту відправлення і призначення.

Таблиця 5

Розраховані значення локальних пріоритетів для альтернатив за кожним критерієм

Швидкість судна	Damen Feeder 900	Vantage	Mirror	Unisky	Вектор пріоритетів
Damen Feeder 900	1	3	0,5	0,5	0,045
Vantage	0,333	1	0,25	0,25	0,001
Mirror	2	4	1	1	0,477
Unisky	2	4	1	1	0,477
			$I_y = -0,37$	$I_o = -0,42$	
Розміри (осадка)	Damen Feeder 900	Vantage	Mirror	Unisky	
Damen Feeder 900	1	0,333	1	0,5	0,006
Vantage	3	1	3	3	0,942
Mirror	1	0,333	1	0,5	0,006
Unisky	2	0,333	2	1	0,046
			$I_y = -0,60$	$I_o = -0,67$	
Місткість, TEU	Damen Feeder 900	Vantage	Mirror	Unisky	
Damen Feeder 900	1	4	2	0,5	0,161
Vantage	0,25	1	0,333	0,2	0,0006
Mirror	0,5	3	1	0,5	0,030
Unisky	2	5	2	1	0,807
			$I_y = -0,48$	$I_o = -0,54$	

Таким чином розрахунок відстані буде проводитися за наступною формулою:

$$S_{\text{voy}} = V_{\text{vessel}} * (0,6 * T_{\text{voy}}) \quad (6)$$

де V_{vessel} – швидкість обраного типу судна, вузл.
 T_{voy} – максимально допустимий час рейсу, що розраховується за методикою з [3] і дорівнює 7,87 діб при вказаних вище температурних обмеженнях.

$$S_{\text{voy}} = 18 * (0,6 * 7,87 * 24) = 2039 \text{ миль}$$

Отже, допустима відстань морської частини перевезення при обмеженому запасі холодоагенту в заданих вище умовах становить

2039 морських миль. На рисунках 1 і 2 надано приклад оптимальних орієнтирів по відстані, для яких зазначене обмеження виконується.

Висновки. В даному дослідженні було виконано наступні завдання:

- Надано визначення поняттю фідерного сервісу і його переваг при використанні ІТО з рідким охолодженням.
- За допомогою MAI методу обрано тип судна.
- Розраховано допустиму відстань перевезення вантажу.

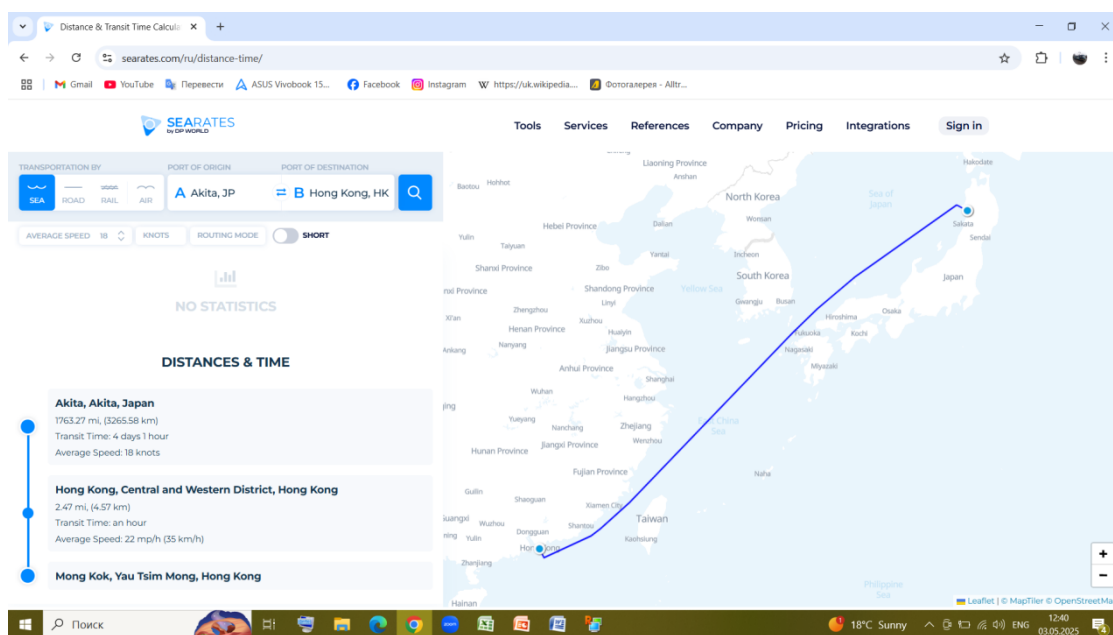


Рис. 1. Приклад допустимої відстані рейсу для в Азійсько-тихоокеанському регіоні [14]

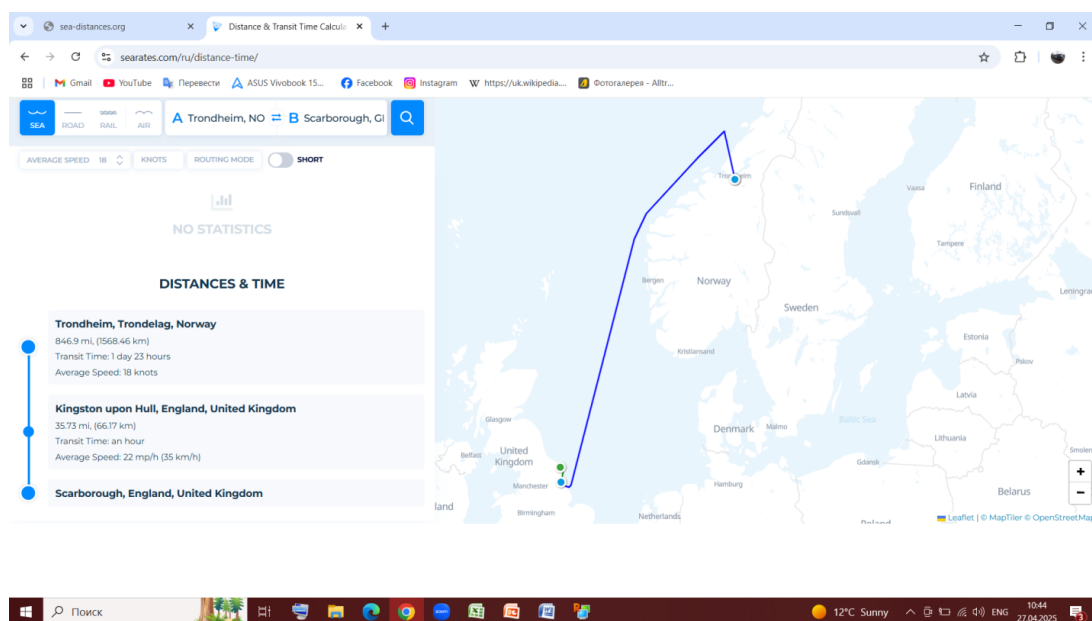


Рис. 2. Приклад допустимої відстані рейсу в Західноєвропейському регіоні [14]

Список літератури:

1. 30th edition of Lloyd's Maritime Atlas. *Taylor & Francis Group*. P. 11.
2. Давидов В., Доронін В., Любарець І. Особливості управління та навігації великогабаритних контейнеровозів при їх експлуатації у складних навігаційних та гідрометеорологічних умовах. *Водний транспорт*. 2022. вип. 2 : Судноводіння та енергетика суден. С. 1–2. URL: <https://vt.duit.in.ua/index.php/home/article/view/228>.
3. Слинько О., Столянов В. Технологія тичасового переобладнання та використання класичного контейнера в рефрижераторний шляхом встановлення термовкладишу та кріогазифікатора з зрідженими кріогенними речовинами. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2025. вип. 211. С. 256–275. URL: https://kart.edu.ua/wp-content/uploads/2025/04/tht_zbirn_211-1.pdf.
4. Подмазко О., Піщанська Н. Суднова холодильна техніка / ред. В. Мілованов. Одеса : Одеська національна академія харчових технологій, 2020. 1–59 с.
5. Кунда Н. Особливості функціонування систем перевезень вантажів за участю морського транспорту. *Міжнародний науковий журнал «Грааль науки»*. 2022. вип. 18. С. 191–201.
6. Дрожин О. Організація роботи суден-контейнеровозів на фідерних лініях : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / Одеський національний морський університет. Одеса, 2019. 156 с. URL: https://onmu.org.ua/spec_rada/Drozhin/Drozhin_dis.pdf.
7. Andersen M. W. Service Network Design and Management in Linear Container Shipping Applications / ред.: О. В. G. Madsen, Т. R. Stidsen. Kongens Lyngby : DTU Transport, 2010. 199 p. ISBN 978-87-7327-210-7.
8. Foschi A. D. The maritime container transport structure in Mediterranean and Italy. University Pisa. 2003. Т. 24.
9. Concept Design of a Fast Sail Assisted Feeder Container Ship / A. Burden and other; ред. G. E. Hearn. University of Southampton : school of Engineering Sciences, 2010. 3–15 p. <https://surl.li/dvduuu>
10. Container ship sampling. *Clarkson Research, The Containership Register*. 22.12.2011. URL: <https://surl.li/cc/phzrws>
11. Container-feeder-900. *Damen website*. 01.04.2025. URL: <https://www.damen.com/vessels/cargo/container-feeders/container-feeder-900> (дата звернення: 29.04.2025).
12. UNISKY, Container ship. *Balticshipping*. URL: <https://www.balticshipping.com/vessel/imo/9353747> (дата звернення: 29.04.2025).
13. Реалізація методу аналізу ієрархій при прийнятті рішень / Ю. О. Щипський та ін. *Вінницький національний технічний університет*. 2020. С. 1–6.
14. Distance-time. *Searates by DP World*. URL: <https://www.searates.com/ru/distance-time/> (дата звернення: 03.05.2025).

Stolianov V.A. METHOD OF DETERMINING THE SERVICE REGION REGIME CARGOES IN UNIVERSAL CONTAINERS WITH THERMAL LINERS AND CRYOGASIFIERS

In this science material was carried out to calculate and determine the maximum permissible distances for the transportation of refrigerated cargo in classical containers that were temporarily converted into refrigerated containers by installing a thermal liner, liquefied cryogenic cylinders and a system for maintaining the required temperature.

In the process of fulfilling the research objective, various scientific sources were analysed regarding the operation of cryogenic cooling systems, their characteristics and the efficiency of using the cooled liquid in conditions of high ambient temperatures and limited refrigerant.

The article also considers various transport and technological systems (TTS) for the delivery of foodstuffs in the type of intermodal transport unit (ITU) proposed earlier. Of these, the feeder TTS stands out as the most successful, as it ensures efficient and reliable operation of container ships (which are an integral part of any TTS in intermodal communication) over short and medium distances. After selecting the required TTS, the most suitable container ship model was selected using the analytical hierarchy method. The choice was made based on three criteria for four types of container ships among the Feeder, Feeder Max and Handy classes. All the proposed criteria assessed the efficiency of each type of vessel to operate in the feeder service with the minimum delivery time of the PV.

Having selected the best type of vessel based on its technical and operational characteristics and a previous study on the time limits of the cryogenic unit, the permissible distance of sea transportation was

calculated using frozen meat in a 20-foot converted container as an example. The calculations showed that at a temperature of about +50 deg. Celsius on average, the cargo can cover a distance of about 2,000 nautical miles without additional refuelling operations, which corresponds to transport in such sea basins as the Baltic, North and Mediterranean and Black Seas, the East Atlantic coast in Europe or the East and South China and Japan Seas in Asia.

Key words: *transport and technological system, maritime transport, container ship, container, transport distance, voyage time, intermodal transport, container transport, liner shipping, regulated cargo, refrigerated cargo, intermodal transport unit.*