

ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ (ЗА ВИДАМИ)

УДК 656.022

DOI <https://doi.org/10.33082/td.2021.4-11.08>

СТРУКТУРА Й ХАРАКТЕРИСТИКИ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЇ ДОСТАВКИ З ПОЗИЦІЇ ЦИФРОВІЗАЦІЇ

В.В. Берестенко¹, С.П. Онищенко²

¹аспірант кафедри «Експлуатація флоту та технології морських перевезень»,
Одеський національний морський університет, Одеса, Україна

²д.е.н., професор, директор Навчально-наукового інституту морського бізнесу»,
Одеський національний морський університет, Одеса, Україна,
ORCID ID: 0000-0002-7528-4939

Анотація

Вступ. Найближчий час – це період цифровізації транспортної логістики та ланцюгів постачань, що вимагає специфічної структуризації й моделювання тих об'єктів і процесів, які раніше не досліджувалися із цієї точки зору. Це є першим етапом руху в бік цифровізації, сутність якого – стандартизація структур не тільки документів, а й об'єктів і процесів. Для цифровізації мультимодальних доставок необхідна чітка ідентифікація структури й характеристик мультимодальної доставки, тобто формування системної моделі такої доставки. Це, у свою чергу, дасть змогу розглядати доставку не тільки локально в рамках певних цифрових рішень, а й інтегровано множини доставок мультимодального оператора з метою пошуку джерел підвищення ефективності, наприклад, на базі використання ефекту синергізму. **Метою** дослідження є формування системного уявлення мультимодальної доставки з урахуванням різних її аспектів, установлення основних характеристик доставки як інтегральних величин на базі її системного уявлення. **Результати.** Ідентифікована структура мультимодальної доставки відповідно до багатоаспектного погляду на неї. Як утворювальний елемент для подальшого дослідження з урахуванням специфіки цифровізації обрана «операція» транспортно-технологічного процесу, яка може бути виконана різними суб'єктами транспортного ринку. Побудовано основні можливі варіанти фізичного переміщення вантажу та пунктів змін транспортного засобу. Послідовність операцій пропонується уявляти у вигляді сіткової моделі, яка дає змогу з урахуванням основних характеристик кожної операції – часу, вартості й надійності – визначати підсумкові характеристики доставки в цілому. Запропоновано два підходи до визначення надійності доставки залежно від наявної статистичної інформації. **Висновки.** З урахуванням характеристик кожної компоненти альтернативного варіанта доставки формуються його підсумкові показники – вартість, час і надійність, які є базою для прийняття рішення щодо вибору відповідного варіанта. Зміна хоча б одного елемента в цій

системі призводить до зміни характеристик усієї доставки. Це використовується для коригування варіантів у процесі пошуку того варіанта, який би відповідав вимогам, що висуваються.

Ключові слова: цифровізація, структура, надійність, мультимодальна доставка, сіткова модель

STRUCTURE AND CHARACTERISTICS OF THE MULTIMODAL DELIVERY FROM THE STANDPOINT OF DIGITALIZATION

V.V. Berestenko¹, S.P. Onyshchenko²

¹Postgraduate of the department “Fleet operation and shipping technologies”,

Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine

²Doctor of Economics, Professor, Director of Educational

& Scientific Institute of Marine Business,

Odessa National Maritime University, Odessa, Ukraine,

ORCID ID: 0000-0002-7528-4939

Summary

Introduction. The near future is a period of transport logistics and supply chains digitalization, which requires specific structuring and modeling of those objects and processes that have not been previously studied from this point of view. This is the first stage of the movement towards digitalization, the essence of which is the standardization of structures not only for documents but also for objects and processes. For digitization of multimodal deliveries clear identification of structure and characteristics, i.e. formation of system model is necessary. This will allow not only to locally consider delivery in the framework of certain digital solutions, but also to consider an integrated set of deliveries for a multimodal operator in order to find sources of efficiency, for example, based on the synergy. The **purpose** of the research is to form a system structure representation of multimodal delivery taking into account its various aspects, to establish the main characteristics of delivery as integral quantities on the base of its system representation. **Results.** The structure of multimodal delivery in accordance with the multifaceted view of it is identified. As a forming element for further research, taking into account the specifics of digitalization, the “operation” of the transport-technological process was chosen. The basic possible variants of physical movement of cargo and points of the vehicle changes are formed. It is proposed to present the sequence of operations in the form of a network model, which allows taking into account the main characteristics of each operation – time, cost and reliability – to determine the final characteristics of delivery as a whole. Two approaches to determining the reliability of delivery depending on the available statistical information are proposed. **Conclusions.** Taking into account the characteristics of each component of the alternative delivery option, its final indicators are formed – cost, time and reliability, which are the basis for the choice of the appropriate option. Changing at least one element in this system changes the characteristics of the entire delivery. This is used to adjust the option that would meet the requirements.

Key words: digitization, structure, reliability, multimodal delivery, network model

Вступ. Мультимодальні доставки становлять вагому частину в структурі сучасних контейнерних перевезень, при цьому зростає кількість компаній, які беруть на себе роль мультимодального оператора. Конкуренція в цьому секторі ринку настільки висока, що транспортні компанії знаходяться в постійному пошуку джерел конкурентоспроможності в тому числі за рахунок використання альтернативних технологій як у самому процесі доставки [1], так і в бізнес-процесах [2].

У такій ситуації стають актуальними питання підвищення ефективності роботи мультимодальних операторів і розробки відповідних методів підтримки прийняття рішень щодо вибору кращого для заданих умов варіанту мультимодальної доставки.

Крім того, уже не викликає сумнівів той факт, що найближчий час – це період *цифровізації транспортної логістики*, ланцюгів постачань [3]. Спроби розробки «електронних експедиторів» і певні кроки UNECE [4] в напрямі цифровізації в галузі авіалогістики є підтвердженням цього. Але цифровізація не лише стосується документального супроводу, а й вимагає специфічної структуризації й моделювання тих об'єктів і процесів, які раніше не досліджувалися із цієї точки зору. Це є першим етапом руху в бік цифровізації, сутність якого – стандартизація структур не тільки документів, а й об'єктів і процесів.

Постановка проблеми. Для цифровізації мультимодальних доставок необхідна передусім чітка ідентифікація структури й характеристик мультимодальної доставки, тобто формування системної моделі такої доставки. Це, у свою чергу, дасть змогу розглядати доставку не тільки локально в рамках певних цифрових рішень, а й інтегровано множини доставок мультимодального оператора з метою пошуку джерел підвищення ефективності, наприклад, на базі використання ефекту синергізму [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Доставка вантажів є об'єктом багатьох досліджень, пов'язаних, як правило, або з оптимізацією фізичного переміщення вантажу [2; 6], або з оптимізацією складу постачальників, тобто тих компаній, які реалізують конкретний варіант фізичного переміщення вантажу [5]. Структурі й характеристикам різного виду доставок присвячено низку сучасних публікацій, і тільки деякі з них слідує шляху інтегрального розгляду всіх аспектів доставки. У [6] доставку вантажів пропонується розглядати на таких рівнях:

- на «географічному» рівні (тобто рівні фізичного проходження вантажу через конкретні географічні точки),
- на рівні видів транспорту в рамках доставки,
- на рівні операцій *транспортно-технологічного процесу*,
- на рівні конкретних підприємств (організацій), що забезпечують виконання конкретних операцій (учасники доставки).

У [7; 8] систему доставки як універсальну категорію розглянуто в термінах теорії множин як сукупність елементів відповідних множин *транспортної системи* й *суб'єктів ринку транспортних послуг*, причому елементи транспортної системи, включені до системи доставки, формують її *техніко-технологічну підсистему*, тоді як суб'єкти ринку транспортних послуг – *інформаційно-забезпечувальну підсистему*. Цей підхід відповідає підходу [6] з урахуванням специфіки перевезень масових вантажів, які розглядаються в цих наукових працях. Дослідження [9; 10]

розглядають конкретні приклади мультимодальної доставки з точки зору фізичного переміщення вантажу й демонструють їх багатоваріантність, яка природним чином відбивається на основних характеристиках. З позиції проблеми цифровізації в [11] представлена структура мультимодальної доставки на рівні фізичного переміщення вантажу, що використовує залізничний транспорт, як результат автори запропонували всі можливі структури експортно/імпортних поставок, які є актуальними для їх країни. Роботи [12; 13] є прикладами наукового розгляду проблеми цифровізації в секторі контейнерних і мультимодальних перевезень. Ці дослідження розглядають ідеологічні, юридичні та організаційні аспекти діджиталізації в цій сфері.

Отже, висновки, які можна зробити, на базі аналізу наявних досліджень:

1) відсутнє уявлення *узагальненої структури мультимодальної доставки* з використанням морського транспорту, яке інтегрально враховує *різні аспекти її розгляду у вигляді*, необхідному для подальшої цифровізації процесів організації доставки;

2) основні характеристики доставки, як правило, розглядаються з позиції *фізичного переміщення вантажу* й не враховують багатьох додаткових операцій, крім того, формування характеристик мультимодальної доставки має бути скоординовано зі структурою доставки у вигляді, необхідному для подальших процесів цифровізації (п. 1 висновків).

Це визначає актуальність звернення до цієї проблеми з теоретичної точки зору.

Формулювання цілей статті. Метою дослідження є формування системного уявлення мультимодальної доставки з урахуванням різних її аспектів і встановлення основних характеристик доставки як інтегральних величин на базі її системного уявлення як перший етап подальшої цифровізації процесів організації мультимодальної доставки.

Виклад основного матеріалу. Системне уявлення мультимодальної доставки. Прийmemo як основний підхід результати [6–8]. Така декомпозиція доставки за різними рівнями дає змогу охопити всі її основні аспекти, відповідаючи на питання «де», «як» і «хто». Розвиток висловленої ідеї для мультимодальної доставки за участю водного транспорту дає змогу отримати таку її структуру (рис. 1). Коротко охарактеризуємо її.

Мультимодальна доставка передбачає комбінацію декількох видів транспорту. З урахуванням наявності водного транспорту виникають як мінімум два наземні перевезення (у дуже рідкісних випадках можливе наземне перевезення між двома перевезеннями водним транспортом). Згідно з роботою [8], без наявності наземних перевезень доставка за участю водного транспорту не може відбутися, тому що термін «доставка» передбачає як результат наявність вантажу в точці призначення, яка, як правило, не є портом. Крім того, доставка вантажу починається від місця походження/відправлення, що також, як правило, не порт. Тому мультимодальна доставка в повному варіанті передбачає наземне перевезення до й від порту. Наземний складник мультимодальної доставки за участю водного транспорту передбачає перевезення автомобільним або залізничним транспортом або їх комбінацію.

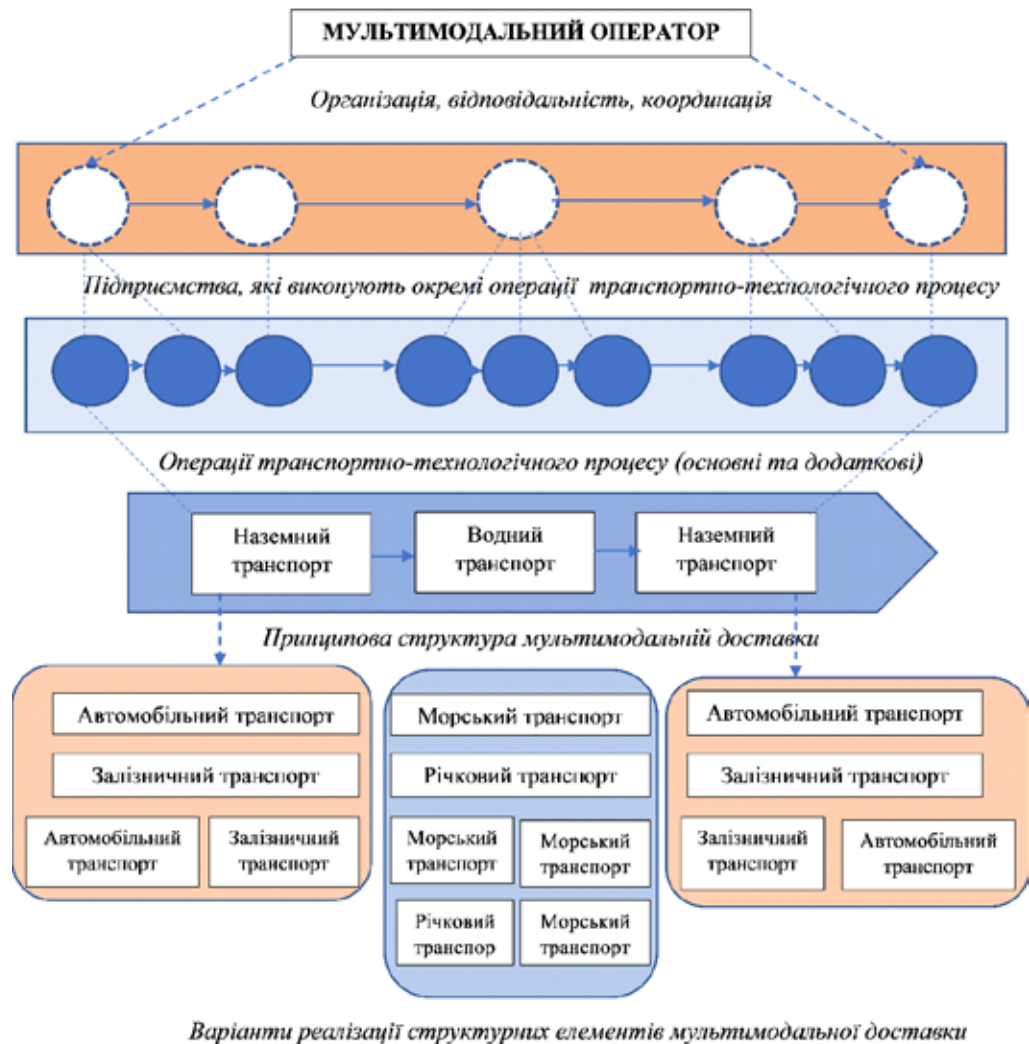


Рис. 1. Структура мультимодальної доставки (вантаж у контейнері) з використанням водного транспорту

Водна частина доставки здійснюється або морським, або річковим транспортом, або комбінацією магістрального й фідерного перевезень («море-море»), або комбінацією морського й річкового транспорту.

Кожне перевезення й перевалка в рамках мультимодальної доставки має певну технологію, яка передбачає виконання *сукупності операцій* у тому числі й організаційного характеру. У результаті формується логічна послідовність операцій, що відповідають конкретній мультимодальній доставці. Ще раз відзначимо, що характер цих операцій різний – це й, власне, технологічні операції з фізичного переміщення вантажу (стафірування контейнеру, перевезення, навантаження, вивантаження тощо), й операції організаційного характеру, наприклад, видання документів, перевірка вантажу різними інстанціями, організація митного

оформлення тощо. Різні операції процесу доставки виконуються підприємствам/ організаціями, що формує велику кількість учасників процесу доставки. У праці [7] указується, що ці учасники вибираються з множини доступних на ринку транспортних послуг.

Таким чином, ідентифікована структура мультимодальної доставки вантажів за участю водного транспорту з точки зору учасників, операцій, видів транспорту. «Географічний» аспект структури мультимодальної доставки з позиції пунктів, у яких здійснюється навантаження/вивантаження/перевалка, може бути представлений такими основними варіантами (рис. 2).

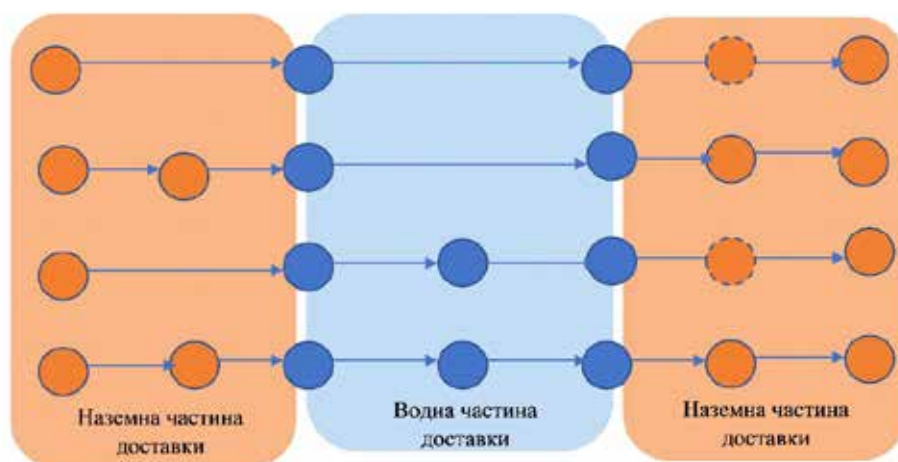


Рис. 2. Географічний аспект структури мультимодальної доставки (структури пунктів зміни транспортного засобу)

Природно, що можливі окремі випадки структур мультимодальної доставки, які не розглянуті вище, але представлене охоплює найбільш загальні, які частіше використовуються на практиці. Відзначимо, що розглянута вище структура мультимодальної доставки є повною, тобто охоплює весь фактичний шлях руху вантажу. Проте на практиці залежно від транспортних умов контракту (базису поставчачь) мають місце усічені варіанти системи (рис. 3), наприклад, якщо експорт на умовах FOB або імпорт на умовах CIF тощо.

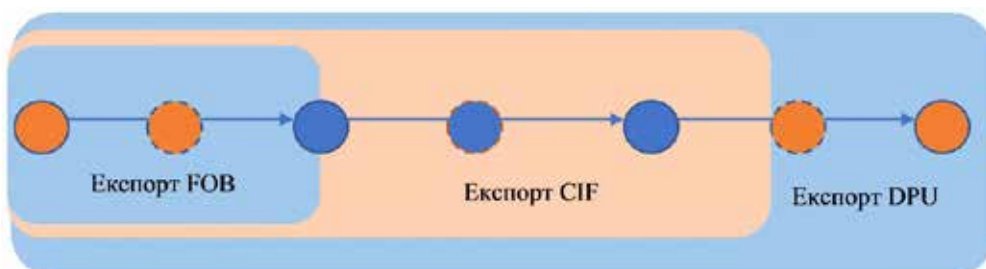


Рис. 3. Межі мультимодальної доставки залежно від транспортних умов зовнішньоторговельного контракту

Таким чином, мультимодальний оператор на базі інформації за умовами зовнішньоторговельного контракту встановлює межі й відповідальність за доставку в їх межах.

Характеристики мультимодальної доставки на базі сіткової моделі транспортних операцій. Традиційними характеристиками будь-якої доставки вантажів є *час доставки й вартість доставки*. При цьому, як правило, критерієм вибору варіанта доставки з можливих альтернатив є вартість, а час виступає як обмеження. З урахуванням різних підходів до виділення структури мультимодальної доставки як елементи можуть виступати як учасники обслуговування, так й окремі операції [8]. У дослідженні на цьому етапі як елемент доставки приймається окрема операція, що ґрунтується на вимогах цифровізації процесів. Варто зазначити, що послідовність операцій (основних і додаткових), пов'язаних із транспортуванням, формує відповідний *сітковий графік* (сіткову модель), який відображає технологічний взаємозв'язок операцій із множини Ω , ураховуючи їх послідовний або паралельний характер.

До основних операцій прийнято відносити операції, пов'язані безпосередньо з фізичним переміщенням вантажу [5; 7], до додаткових – операції, які не передбачають безпосереднє переміщення вантажу, але є необхідними для його здійснення. До останніх відносяться, зокрема, транспортно-експедиторські операції й усе, що пов'язано з організаційними аспектами доставки [8]. Таким чином, для кожної мультимодальної доставки може бути побудована сіткова модель для оцінки та управління часом доставки. Згідно із суттю побудови сіткових моделей, виділяються певні події в процесі доставки, які пов'язані з виконанням сукупності операцій.

Нехай виділено l таких операцій, їх послідовність задана у вигляді графа. Кожна операція сіткової моделі характеризується: R_l – вартістю виконання операції, T_l – часом виконання операції, $l \in \Omega$.

У сучасних умовах значна увага приділяється такому фактору, як *надійність* доставки [5]. Трактуювання цього терміна, як правило, пов'язане з імовірністю того, що заявлені характеристики доставки – час і вартість – будуть виконані. Так як вартість після укладення договору вже не підлягає зміні, то фактично для мультимодальної доставки тільки час є основним фактором надійності. Тому введемо ще одну характеристику операції: I_l – надійність виконання операції, $l \in \Omega$. Надійність виконання операції оцінюється в контексті часу, а саме ймовірність того, що фактичний час виконання операції $T_l^{\text{факт}}$ не перевищить нормативний (плановий) час:

$$I_l = P(T_l^{\text{факт}} \leq T_l). \quad (1)$$

Також варіантом формалізації надійності виконання операції може бути:

$$I_l = P(|T_l^{\text{факт}} - T_l| \leq \alpha_l^T), \quad (2)$$

де $\alpha_l^T > 0$ – допустиме відхилення фактичного часу від заявленого для конкретної операції.

На основі показників елементів (операцій) формуються підсумкові показники мультимодальної доставки (рис. 4).

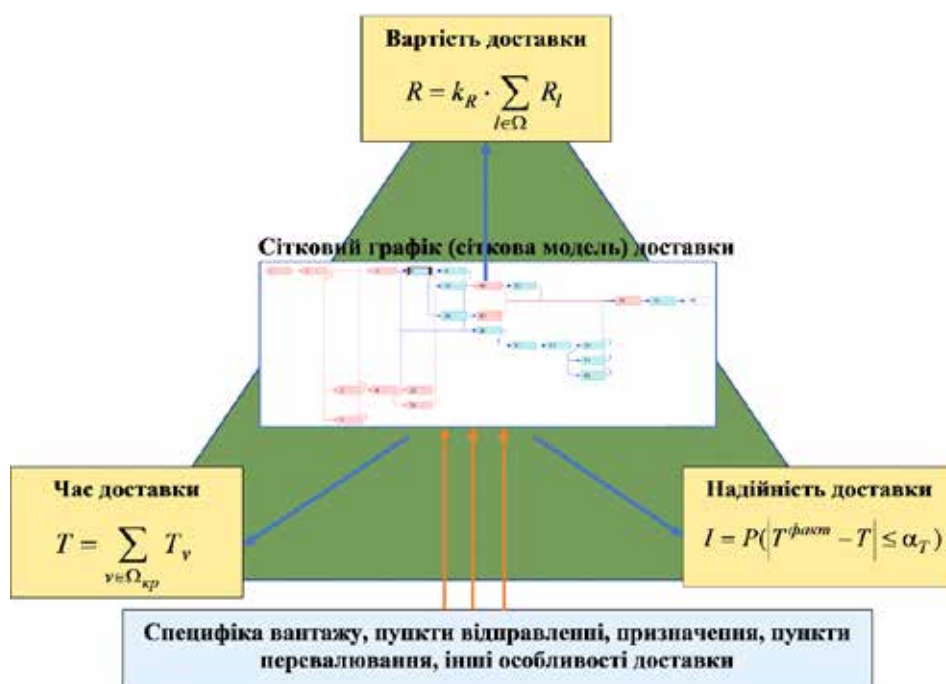


Рис. 4. Формування підсумкових показників доставки вантажів на базі сіткової моделі

Вартість доставки вантажу в контейнері R , яка формується оператором у вигляді єдиної ставки, базується на сукупності вартостей усіх операцій, пов'язаних із доставкою вантажу:

$$R = k_R \cdot \sum_{l \in \Omega} R_l, \quad (3)$$

де R_l – це витрати по l -ої операції в рамках множини Ω , яка включає в себе весь перелік операцій, пов'язаних із конкретною доставкою; k_R – це коефіцієнт, що відображає «трудовитрати» оператора й норму його прибутку.

Час доставки T формується на базі *технологічної послідовності операцій доставки* в рамках сіткової моделі. Таким чином, час доставки формується як тривалість операцій критичного шляху зазначеного сіткового графіку:

$$T = \sum_{v \in \Omega_{кр}} T_v, \quad (4)$$

де $\Omega_{кр} \subset \Omega$ – множина критичних операцій у рамках сіткового графіка доставки вантажу, T_v – тривалість цих операцій.

Визначимо надійність доставки в такий спосіб:

$$I = P(C) = P(T^{факт} \leq T), \quad (5)$$

де C – це подія, яка полягає в тому, що час доставки фактичний $T^{факт}$ не перевищує заявленого часу T . Також варіантом формалізації надійності доставки може бути:

$$I = P(C) = P(|T^{\text{факт}} - T| \leq \alpha_T), \quad (6)$$

де $\alpha_T > 0$ – допустиме відхилення фактичного часу від заявленого. Фактичний час доставки $T^{\text{факт}}$ визначається на базі аналізу поведінки окремих часових компонент кожної ланки доставки. Зупинимося на цьому більш детально. Оцінка надійності мультимодальної доставки базується на інформації про «поведінку» часу виконання кожної операції T_i у рамках відповідної множини Ω . При цьому, якщо для оцінки часу доставки (6) використовуються тільки ті операції, які формують критичний шлях сіткового графіка, тобто належать множині $\Omega_{\text{кр}} \subset \Omega$, то для оцінки можливих значень $T^{\text{факт}}$ необхідні відомості про тривалість усіх операцій. Це пов'язано з тим, що при збільшенні часу виконання операцій критичного шляху T_v фактичний час $T^{\text{факт}}$ збільшується на сумарне перевищення часу виконання цих операцій; але при перевищенні резервів часу (характеристики добової моделі) некритичних операцій також відбувається збільшення фактичного часу $T^{\text{факт}}$. З урахуванням непослідовного характеру множини операцій аналіз можливих значень повинен здійснюватися на базі сіткової моделі з використання сучасних програмних продуктів (наприклад, MS Project).

Як правило, для контейнерних перевезень основні операції критичного шляху сіткового графіка – це операції, які пов'язані з фізичним переміщенням вантажу, тому що більшість інших операцій або відбуваються паралельно з процесом переміщення, або передують етапам переміщення. Виняток можуть становити іноді митні огляди та, як результат, затримання контейнера з вантажем у силу різних причин. Але в нормальній ситуації (тобто вантаж легальний, походження його встановлено тощо) ці операції не призводять до затримок або зриву всього процесу доставки.

Кожна операція транспортно-технологічного процесу, у тому числі й операції критичного шляху в рамках сіткової моделі, характеризуються ймовірнісною природою їх тривалості. Як правило (і на це вказують багато досліджень), час виконання операцій підпорядковується нормальному закону розподілу, що за наявності статистичних даних дає змогу встановити параметри закону й визначити ймовірності діапазонів різних значень.

З урахуванням вищесказаного:

$$T^{\text{факт}} = \sum_{v \in \Omega_{\text{кр}}} T_v^{\text{факт}}, \quad (7)$$

де $T_v^{\text{факт}}$ – фактичний час виконання операцій критичного шляху мережного графіка транспортно-технологічного процесу. З урахуванням (4):

$$T_v^{\text{факт}} \leq T_v. \quad (8)$$

Тривалість кожної операції критичного шляху процесу доставки вантажу в контейнері є незалежною випадковою величиною. Так як мова йде про добуток подій (незалежних подій), кожна з яких пов'язана з тим, що $T_v^{\text{факт}} \leq T_v$, то як оцінка надійності може бути прийнята величина:

$$I_v = P(T_v^{\text{факт}} \leq T_v), v \in \Omega_{\text{кр}}. \quad (9)$$

Природно, що (8) і (9) не є математично рівноцінними, але, по суті транспортно-технологічного процесу доставки вантажу в контейнерах, величина T визначається як сума тривалостей операцій критичного шляху (4), тому й надійність за часом пов'язана з надійністю кожної компоненти критичного шляху процесу доставки $I_v = P(T_v^{\text{факт}} \leq T_v), v \in \Omega_{кр}$, а (9) відповідає інтегральній сутності часу доставки. Тому в подальшому саме (9) буде використана як оцінка надійності доставки.

Відзначимо, що (8) може застосовуватися в тих випадках, коли мова йде про варіанти доставки, які часто використовуються, і можна оцінити на базі статистики ймовірність для всієї системи інтегровано. Таким чином, залежно від наявних статистичних даних можуть бути застосовні або підхід (8), або (9).

Висновки. Отже, ідентифікована структура мультимодальної відповідно до багатоаспектного погляду на неї. Як утворювальний елемент для подальшого дослідження обрана «операція» транспортно-технологічного процесу, яка може бути виконана різними суб'єктами транспортного ринку. Послідовність операцій пропонується уявляти у вигляді сіткової моделі, яка дає змогу з урахуванням основних характеристик кожної операції – часу, вартості й надійності – визначати підсумкові характеристики доставки в цілому. Запропоновано два підходи до визначення надійності доставки залежно від наявної статистичної інформації.

Відзначимо, що на практиці з урахуванням характеристик кожної компоненти альтернативного варіанта доставки формуються його підсумкові показники – вартість, час і надійність, які є базою для прийняття рішення щодо вибору відповідного варіанта. Зміна хоча б одного елемента в цій системі призводить до зміни характеристик усієї доставки. Це використовується для коригування варіантів у процесі пошуку того варіанта, який би відповідав вимогам, що висуваються.

Підхід, що пропонується, відповідає вимогам подальшого дослідження питань цифровізації мультимодальних доставок з орієнтацією не на географічні пункти й конкретні компанії, а передусім на операції – основні та допоміжні, які є базою для подальшого розгляду варіантів їх реалізації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Rusanova S., Onyshchenko S. Development of transport and technological process options' concept for goods delivery with participation of maritime transport. *Technology audit and production reserves*. 2020. № 1 (2(51)). URL: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2020.198373>.
2. Pavlova N., Onyshchenko S. Organization of transport company's project-oriented management (on the example of the freight forwarding company). *Management of Development of Complex Systems*. 2020. № 42. P. 23–28. URL: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.42.23-28>.
3. Towards Digital Twins of Multimodal Supply Chains / A. Busse, B. Gerlach, J.C. Lengeling, P. Poschmann, J. Werner, S. Zarnitz. *Logistics. Exploring the Potentials of Automation in Logistics and Supply Chain Management: Paving the Way for Autonomous Supply Chains*. 2021. № 5 (2). P. 25. URL: <https://doi.org/10.3390/logistics5020025>.
4. Driving progress towards the digitalization of multimodal transport. URL: <https://unitingaviation.com/news/capacity-efficiency/driving-progress-towards-the-digitalization-of-multimodal-transport/>.

5. Pavlova N., Onyshchenko S. Development and Research of a Model for Optimizing the Composition of a Project-Oriented Forwarding Company's Suppliers. *Technology audit and production reserves*. 2021. № 1 (2). P. 57. URL: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.225521>.
6. Онищенко С.П., Смирковская В.Ю. (2010). Моделирование процесса формирования интегрированных систем доставки грузов. *Вестник ОНМУ*. 2010. № 30. P. 142–149.
7. Коскіна Ю.О. Формалізація процесу організації системи доставки вантажів. *Наукові технології*. 2020. № 45 (1). P. 111–117. URL: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.45.14582>.
8. Коскіна Ю.О. Теоретико-множинний підхід до моделювання структури систем доставки вантажів. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2019. № 5. P. 62–74. URL: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-146-5-62-74>.
9. Chen Dandan, Yong Zhang, Liangpeng Gao and Russell G. Thompson (2019) Optimizing Multimodal Transportation Routes Considering Container Use *Sustainability*. 2019. № 11. P. 19:5320. URL: <https://doi.org/10.3390/su11195320>.
10. Організація мультимодальних перевезень вантажів за участю авіаційного транспорту / І.В. Борець, О.Є. Соколова, О.О. Соловійова, І.І. Висоцька. *Вісник НТУ*. 2020. № 1 (46). P. 35–44. URL: <https://doi.org/10.33744/2308-6645-2020-1-46-035-044>.
11. Galina V. Bubnova, Olga V. Efimova, Irina V. Karapetyants, Petr V. Kurenkov. Digitalization of intellectualization of logistics of intermodal and multimodal transport. *MATEC Web Conf*. 2018. № 236. URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823602013>.
12. Kolar, Petr & Schramm, Hans-Joachim & Prockl, Günter. Digitalization of Supply Chains. *Focus on International Rail Transport in the Case of the Czech Republic*. 2020. P. 4540–4546. URL: <https://doi.org/10.24251/HICSS.2020.555>.
13. Marmolejo-Saucedo J.A. Design and Development of Digital Twins: a Case Study in Supply Chains. *Mobile Netw Appl*. № 25. P. 2141–2160. URL: <https://doi.org/10.1007/s11036-020-01557-9>.

REFERENCES

1. Rusanova S., Onyshchenko S. (2020) Development of transport and technological process options' concept for goods delivery with participation of maritime transport. *Technology audit and production reserves*. 1(2 (51)). <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2020.198373>.
2. Pavlova, N., Onyshchenko, S. (2020). Organization of transport company's project-oriented management (on the example of the freight forwarding company). *Management of Development of Complex Systems*, 42, 23–28. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.42.23-28>.
3. Busse A, Gerlach B, Lengeling JC, Poschmann P, Werner J, Zarnitz S. (2021) Towards Digital Twins of Multimodal Supply Chains. *Logistics*.

- Exploring the Potentials of Automation in Logistics and Supply Chain Management: Paving the Way for Autonomous Supply Chains*; 5(2):25. <https://doi.org/10.3390/logistics5020025>.
4. Driving progress towards the digitalization of multimodal transport <https://unitingaviation.com/news/capacity-efficiency/driving-progress-towards-the-digitalization-of-multimodal-transport/>.
 5. Pavlova N., Onyshchenko, S. (2021). Development and Research of a Model for Optimizing the Composition of a Project-Oriented Forwarding Company's Suppliers. *Technology audit and production reserves*, 1(2), 57. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.225521>.
 6. Onyshchenko S.P., Smrkovska V.Yu. (2010). Modeling the process of forming integrated systems for the delivery of goods. [Modelirovaniye protsessa formirovaniya integrirovannykh sistem dostavki gruzov. Vestnik ONMU], *ONMU Bulletin*, 30, 142–149 [in Russian].
 7. Koskina Yu. O. (2020). Formalization of the process of organizing the delivery system. [Formalizatsiya protsesu orhanizatsiyi systemy dostavky vantazhiv]. *Science-intensive technologies*, 45(1), 111–117. <https://doi.org/10.18372/2310-5461.45.14582> [in Ukrainian].
 8. Koskina Yu.O. (2019). Theoretical-multiple approach to modeling the structure of cargo delivery systems. [Teoretyko-mnozhynnyy pidkhid do modelyuvannya struktury systemy dostavky vantazhiv]. *Bulletin of Vinnytsia Polytechnic Institute*. 5: 62–74. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-146-5-62-74> [in Ukrainian].
 9. Chen Dandan, Yong Zhang, Liangpeng Gao, and Russell G. Thompson (2019) Optimizing Multimodal Transportation Routes Considering Container Use *Sustainability* 11, 19: 5320. <https://doi.org/10.3390/su11195320>.
 10. Borets I.V, Sokolova O.E, Solovyova O.O, Vysotskaya I.I (2020) Organization of multimodal cargo transportation with the participation of air transport. [Orhanizatsiya mul'tymodal'nykh perevezen' vantazhiv za uchastyu aviatsiynoho transport]. *Bulletin of NTU*, 1(46) 35–44. <https://doi.org/10.33744/2308-6645-2020-1-46-035-044> [in Ukrainian].
 11. Galina V. Bubnova, Olga V. Efimova, Irina V. Karapetyants, Petr V. Kurenkov. Digitalization of intellectualization of logistics of intermodal and multimodal transport. MATEC Web Conf., 236 (2018), 02018. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823602013>.
 12. Kolar, Petr & Schramm, Hans-Joachim & Prockl, Günter. (2020). Digitalization of Supply Chains: Focus on International Rail Transport in the Case of the Czech Republic, 4540-4546. <https://doi.org/10.24251/HICSS.2020.555>.
 13. Marmolejo-Saucedo, J.A. Design and Development of Digital Twins: a Case Study in Supply Chains. *Mobile Netw Appl* 25, 2141–2160. <https://doi.org/10.1007/s11036-020-01557-9>.