

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет



ЛОГІСТИЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти освітньої програми «Транспортно-логістичні системи автомобільних перевезень» галузь знань J Транспорт та послуги спеціальності J8 Автомобільний транспорт денної та заочної форм навчання

Луцьк 2025

УДК 656.073:005.932(076)

Л-78

До друку

Голова вченої ради факультету транспорту
та механічної інженерії _____ І. Мурований
(підпис)

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозиторій
ЛНТУ. Директор бібліотеки _____ Н. Поліщук
(підпис)

Затверджено науково-методичною радою Луцького національного технічного
університету, протокол №__ від ____ 20__ р.

Рекомендовано до видання науково-методичною радою факультету транспорту та
механічної інженерії Луцького національного технічного університету, протокол №__
від ____ 20__ р.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри автомобілів і транспортних технологій,
протокол №__ від ____ 20__ р.

Укладач: _____ В. Грабовець, кандидат технічних наук, доцент ЛНТУ
(підпис)

Рецензент: _____ В. Придюк, кандидат технічних наук, доцент ЛНТУ
(підпис)

Відповідальний
за випуск: _____ В. Онищук, кандидат технічних наук, доцент ЛНТУ
(підпис)

Логістичне проектування мультимодальних перевезень [Текст]:
Л78 Конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти
освітньої програми «Транспортно-логістичні системи автомобільних
перевезень» галузь знань J Транспорт та послуги спеціальності J8
Автомобільний транспорт денної та заочної форм навчання / уклад.:
Грабовець В.В. - Луцьк: ЛНТУ, 2025. 35

Грабовець В.В. 2025

ЗМІСТ

Тема 1. Сутність мультимодальних перевезень вантажів та їх еволюція.....	5
1.1. Поняття мультимодальних, інтермодальних та комбінованих перевезень.....	5
1.2. Причини, що зумовили потребу у мультимодальних перевезеннях.....	5
1.3. Вигоди та принципи мультимодальних перевезень.....	5
Тема 2. Суб'єкти та документи мультимодального перевезення.....	6
2.1. Оператор мультимодального перевезення (ОМП): завдання, права, обов'язки.....	6
2.2. Учасники мультимодального перевезення вантажів.....	7
2.3. Договір та документ мультимодального перевезення.....	7
2.4. FIATA Bill of Lading та інші документи.....	7
Тема 3. Зарубіжний і вітчизняний досвід розвитку мультимодальних перевезень.....	8
3.1. Закордонні логістичні системи.....	8
3.2. Стан та перспективи розвитку мультимодальних перевезень в Україні.....	9
3.3. Основні проблеми та заходи їх вирішення.....	9
Тема 4. Міжнародна правова база мультимодальних перевезень.....	10
4.1. Конвенція ООН «Про міжнародні мультимодальні перевезення вантажів».....	10
4.2. CMR, Гамбурзькі правила, Роттердамські правила.....	11
4.3. Міжнародні угоди та правила FIATA.....	11
Тема 5. Національне законодавство України про мультимодальні перевезення.....	12
5.1. Закон України «Про мультимодальні перевезення».....	12
5.2. Права, обов'язки та відповідальність оператора, замовника та учасників перевезень..	13
5.3. Митні та страхові аспекти мультимодальних перевезень.....	13
Тема 6. Принципи логістичного проєктування мультимодальних перевезень вантажів.....	14
6.1. Логістичні підходи до побудови ланцюгів постачання.....	14
6.2. Інтеграція видів транспорту в єдиний перевізний процес.....	15
Тема 7. Методи, моделі та алгоритми логістичного проєктування ММПВ.....	16
7.1. Багатокритеріальний аналіз.....	16
7.2. Метод аналізу ієрархій Сааті.....	17
7.3. Оцінка ефективності мультимодальних маршрутів.....	17
Тема 8. Формування маршрутів мультимодальних перевезень.....	18
8.1. Критерії вибору маршрутів: час, вартість, надійність.....	18
8.2. Дослідження та вибір шляхів сполучення.....	18
8.3. Формування альтернативних варіантів маршрутів та вибір оптимального.....	19
Тема 9. Вибір транспортних засобів для мультимодальних перевезень.....	20
9.1. Технічні характеристики та придатність до перевезень в укрупнених вантажних одинацях.....	20
9.2. Співвідношення параметрів транспорту та контейнерних стандартів.....	20
9.3. Порівняння переваг і недоліків різних видів транспорту.....	21
Тема 10. Єдиний технологічний процес мультимодальних перевезень.....	21
10.1. Сутність і основні вимоги.....	22
10.2. Координація учасників єдиного технологічного процесу.....	22
10.3. Взаємодія терміналів та перевізників.....	22
Тема 11. Інфраструктурне забезпечення мультимодальних перевезень.....	23
11.1. Мультимодальні транспортно-маршрутні мережі.....	23
11.2. Міжнародні транспортні коридори та транс'європейські транспортні вісі.....	24
11.3. Поняття «транспортних мостів» (ленд-брідж, міні-брідж, мікро-брідж).....	24
Тема 12. Технічне забезпечення мультимодальних перевезень.....	25
12.1. Вимоги до транспортних засобів.....	25
12.2. Стандарти контейнеризації та перевезення укрупнених вантажних одиниць.....	25

12.3. Сучасні транспортно-технологічні системи доставки вантажів.....	26
Тема 13. Інформаційне та документальне забезпечення.....	27
13.1. Інформаційні системи управління ММПВ.....	27
13.2. Електронні мережі та системи відстеження.....	27
13.3. Основні документи: мультимодальний коносамент, накладна FIATA, страхові документи.....	27
Тема 14. Економічна оцінка мультимодальних перевезень.....	28
· 14.1. Розрахунок собівартості та наскрізного фрахту.....	29
· 14.2. Визначення тарифів та загальних витрат на перевезення.....	29
· 14.3. Оцінка доцільності маршрутів в умовах ризику.....	29
Тема 15. Управління ризиками в мультимодальних перевезеннях.....	30
· 15.1. Види ризиків (політичні, технічні, організаційні, митні, комерційні, фінансові, форс-мажорні).....	31
· 15.2. Методи аналізу та управління ризиками (зокрема за теоремою Байєса).....	31
· 15.3. Страхування відповідальності учасників мультимодального перевезення.....	31
Перелік джерел посилання.....	33

Тема 1. Сутність мультимодальних перевезень вантажів та їх еволюція

Мультимодальні перевезення вантажів є однією з ключових складових сучасної транспортно-логістичної системи світу, оскільки забезпечують ефективне переміщення товарів за участю двох або більше видів транспорту в межах єдиного перевізного процесу. Їх виникнення та розвиток стали закономірною реакцією на глобалізаційні процеси, розширення міжнародної торгівлі, інтеграцію транспортних систем і необхідність підвищення ефективності логістичних ланцюгів постачання. Сучасний етап розвитку транспортної інфраструктури характеризується високим рівнем взаємопов'язаності національних економік, що потребує універсальних і водночас гнучких способів доставки вантажів [1]. Мультимодальні перевезення розглядаються як важливий інструмент оптимізації міжнародних логістичних потоків, що дає змогу подолати обмеження окремих видів транспорту, об'єднавши їх переваги у єдиний перевізний процес.

1.1 Поняття мультимодальних, інтермодальних та комбінованих перевезень

Мультимодальні перевезення – це транспортування вантажів щонайменше двома різними видами транспорту за одним договором і під відповідальністю одного оператора мультимодального перевезення (ОМП), який несе відповідальність за весь перевізний процес від пункту відправлення до пункту призначення незалежно від того, які види транспорту беруть участь [2]. Інтермодальні перевезення – це перевезення вантажів з використанням двох або більше видів транспорту, при якому вантаж переміщується в одній і тій самій вантажній одиниці (наприклад, контейнері) без прямого перевантаження самого товару під час зміни виду транспорту. Комбіновані перевезення – це різновид інтермодальних перевезень, у яких основна частина шляху здійснюється залізничним або водним транспортом, а початкова і завершальна ділянки – автомобільним транспортом [3]. Таким чином, мультимодальні перевезення мають організаційний характер, інтермодальні – техніко-технологічний, а комбіновані – функціональний, проте всі вони спрямовані на інтеграцію різних видів транспорту в єдиний перевізний процес. У науковій літературі підкреслюється, що саме мультимодальні перевезення є найбільш універсальною категорією, яка охоплює як інтермодальні, так і комбіновані операції, проте має ширший організаційно-правовий зміст [4].

1.2 Причини, що зумовили потребу у мультимодальних перевезеннях

Поширення мультимодальних перевезень стало наслідком сукупності економічних, технічних і логістичних чинників. Серед основних причин – глобалізація світової економіки та інтернаціоналізація виробництва, що призвели до зростання обсягів міжнародної торгівлі та необхідності швидкого і надійного транспортування вантажів на великі відстані [5]. Дедалі більша спеціалізація окремих видів транспорту та нерівномірність розвитку транспортної інфраструктури зумовлюють потребу їх поєднання для забезпечення оптимального маршруту доставки. Сучасні вимоги до термінів доставки, збереження якості вантажу, екологічної безпеки та зниження логістичних витрат також стимулюють розвиток мультимодальних схем. Крім того, розширення контейнеризації, стандартизації транспортних засобів та розвиток інформаційних технологій спростили координацію між видами транспорту, що зробило мультимодальні перевезення економічно доцільними та технологічно можливими [6]. Варто відзначити, що важливим стимулом стало й прагнення держав до інтеграції в міжнародні транспортні коридори та залучення інвестицій у розвиток інфраструктури.

1.3 Вигоди та принципи мультимодальних перевезень

Мультимодальні перевезення забезпечують низку переваг для учасників логістичного процесу. Серед основних вигод – скорочення термінів доставки завдяки оптимізації маршрутів і зменшенню кількості перевантажувальних операцій, зниження загальних логістичних витрат за

рахунок раціонального використання транспортних ресурсів, підвищення надійності постачань і зменшення ризиків пошкодження вантажу, спрощення документообігу завдяки єдиному договору та транспортному документу [7]. До принципів організації мультимодальних перевезень належать: інтеграція різних видів транспорту в єдиний логістичний ланцюг; централізоване управління перевізним процесом через оператора; стандартизація вантажних одиниць та технічних засобів; забезпечення інформаційної сумісності між учасниками процесу; узгодженість технічних, технологічних і правових аспектів перевезення. Дотримання цих принципів дає змогу створити гнучку, надійну та ефективну транспортно-логістичну систему, здатну задовольняти потреби міжнародної торгівлі та сучасної економіки. Загалом мультимодальні перевезення формують основу сталого розвитку транспортної галузі та є фактором підвищення конкурентоспроможності національних економік [8].

Рекомендована література

1. Загальний курс транспорту : підручник / за ред. О. М. Гриценка. – К. : Видавництво «Логос», 2020. – 500 с.
2. FIATA Model Rules for Freight Forwarding Services. – Zurich : FIATA, 2019.
3. Комбіновані перевезення в Європі : аналітичний огляд. – Брюссель : Європейська комісія, 2021.
4. Бондаренко С. Ю. Мультимодальні перевезення: правове регулювання та практика. – Одеса : Астропринт, 2018. – 320 с.
5. UNCTAD Review of Maritime Transport 2022. – Geneva : United Nations, 2022.
6. Крикавський Є. В., Наконечна О. В. Логістика. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2019. – 412 с.
7. Multimodal Transport Handbook / Ed. by D. Lowe. – London : Kogan Page, 2021.
8. Миротин Л. Б. Транспортна логістика. – М. : Инфра-М, 2020. – 368 с.

Тема 2. Суб'єкти та документи мультимодального перевезення

Мультимодальне перевезення вантажів як інтегрований перевізний процес об'єднує різні види транспорту під єдиним управлінням та документальним оформленням і вимагає чіткої взаємодії між суб'єктами ринку, узгоджених прав та обов'язків, а також уніфікованих документів, що підтверджують приймання, відповідальність і передачу ризиків у ланцюгу постачання [1], [2]. Розуміння ролей та документів є ключем до зниження транзакційних витрат, пришвидшення обороту вантажів і мінімізації спорів.

2.1 Оператор мультимодального перевезення (ОМП): завдання, права, обов'язки.

ОМП — це юридична або фізична особа-підприємець, яка виступає стороною за єдиним договором мультимодального перевезення, приймає вантаж до перевезення та відповідає за його доставку до кінцевого місця призначення, незалежно від того, фактично виконує вона всі етапи транспортування чи залучає інших перевізників та експедиторів [1], [3]. Ключові завдання ОМП: організація наскрізного перевізного процесу (планування маршруту, вибір видів транспорту, узгодження графіків і стикувань), укладання договорів з субпідрядниками (перевізники, термінали, склади), координація перевантажувальних операцій та контроль інформаційної взаємодії (статус вантажу, повідомлення про події, відстеження) [4]. До прав ОМП належать: обирати або змінювати маршрут і послідовність використання видів транспорту за умови збереження суттєвих характеристик послуги; укладати договори від свого імені; утримувати вантаж у забезпечення оплати (право утримання) у випадках, передбачених договором і законом; вимагати від клієнта точних даних про вантаж і належного пакування [1], [5]. Обов'язки ОМП охоплюють: прийняття вантажу та видачу уніфікованого транспортного документа; забезпечення схоронності з моменту приймання до моменту видачі; виконання митних та інших формальностей (безпосередньо або через

агентів); належну обачність при виборі субпідрядників; страхування відповідальності (за домовленістю) [2], [6]. Відповідальність ОМП визначається умовами договору, застосовними міжнародними конвенціями та національним правом; поширеними є підходи «мережевої» (network) та «єдиної» відповідальності (uniform liability) залежно від правового режиму і домовленостей сторін [7].

2.2 Учасники мультимодального перевезення вантажів

Окрім ОМП у процесі беруть участь: вантажовідправник (shipper), який надає вантаж, інформацію, пакування та інструкції; вантажоодержувач (consignee), який має право на отримання вантажу й пред'явлення документа для видачі; фактичні перевізники окремих ділянок (морські лінії, залізниці, автоперевізники, авіакомпанії), що виконують транспортування на контрактних чи субконтрактних умовах; експедитори та логістичні оператори, що здійснюють бронювання місця, консолідацію, складування, митно-брокерські послуги; портові, інтермодальні та сухі термінали, відповідальні за перевантаження і тимчасове зберігання; страховики (cargo/liability) та банки/фінансові інституції, які адмініструють документообіг і платежі (акредитиви, інкасо) [2], [5], [8]. Взаємодія учасників відбувається на підставі договорів перевезення, експедиції, агентських і сервісних угод, а також відповідно до вимог митного, санітарного й прикордонного контролю. Важливе значення мають торговельні терміни Incoterms (EXW, FCA, CIP, DAP тощо), що розподіляють витрати, ризики та обов'язки з оформлення документів між продавцем і покупцем, впливаючи на межі відповідальності ОМП та коло його доручень [9]. Учасники повинні забезпечити достовірність даних про вантаж (масу, об'єм, небезпечні властивості), відповідність пакування стандартам, маркування і своєчасне надання інструкцій; порушення цих вимог призводить до регресних вимог і штрафів [6].

2.3 Договір та документ мультимодального перевезення

Договір мультимодального перевезення укладається між ОМП і вантажовідправником та охоплює увесь шлях від місця приймання до місця видачі з погодженими умовами відповідальності, межах та підставах її обмеження, правилах пред'явлення претензій, строках позовної давності, а також із зазначенням порядку вирішення спорів (арбітраж/суд), застосовного права й юрисдикції [1], [7]. Суттєвими умовами є опис вантажу (найменування, кількість місць, маса бруто/нетто, стан та пакування), тип контейнера/вантажної одиниці, вказівка на небезпечний характер (якщо є), режим перевезення (температурний, ADR/IMDG/IATA DGR) та строки доставки. Документ мультимодального перевезення, що видається ОМП, може бути товаророзпорядчим (negotiable) або нетоваророзпорядчим (non-negotiable). Уніфіковані правила допускають як паперову, так і електронну форму документа; при цьому ключове значення мають реквізити приймання вантажу (received for shipment), стан пакування, застереження щодо невідомого вмісту контейнера, а також умови згідно з якими застосовуються реєстр відповідальності на окремих ділянках маршруту [2], [7]. З практичної точки зору, електронні транспортні документи (e-FBL, eB/L) полегшують обіг прав, скорочують час обороту і підвищують прозорість ланцюга постачання, але вимагають договірної визнання та технічної сумісності систем учасників [10].

2.4 FIATA Bill of Lading та інші документи.

FIATA Multimodal Transport Bill of Lading (FBL) — стандартизований документ, який може бути виданий експедитором, акредитованим FIATA, і використовуватися як товаророзпорядчий документ у мультимодальних ланцюгах. FBL засвідчує приймання вантажу, містить опис і стан, встановлює умови відповідальності, може передаватися індосаментом і приймається банками в операціях документарного акредитиву за умови відповідності умовам акредитиву [2], [8]. Переваги FBL: уніфіковані умови, визнання ринком та банками, можливість електронної форми (eFBL) з

верифікацією автентичності через реєстр [10]. До інших ключових документів належать: коносамент морського перевезення (B/L) або морська накладна (sea waybill) на окрему ділянку; залізнична накладна (CIM/SMGS); міжнародна автомобільна накладна CMR; авіаційна накладна AWB; пакувальні листи, сертифікати походження, комерційний інвойс, сертифікати відповідності/фітосанітарні/ветеринарні; страхові поліси cargo/LI; митні декларації (експорт/транзит/імпорт) [3], [5], [6]. Комплект документів формується з урахуванням вимог країни відправлення/призначення, типу вантажу, умов Incoterms та банківських вимог. Узгодженість реквізитів між документами (найменування, кількість, маркування, місця видачі) критично важлива для уникнення затримок і претензій. Системний підхід до документального супроводу — одна з ключових компетенцій ОМП, що напряму впливає на ризики, строки та витрати.

Рекомендована література

1. United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). Multimodal Transport and Trade Facilitation. Geneva: UNCTAD, 2016.
2. FIATA. FIATA Multimodal Transport Bill of Lading (FBL): Standard Conditions and eFBL Framework. Zurich: FIATA, 2022.
3. Convention on the Contract for the International Carriage of Goods by Road (CMR), Geneva, 1956.
4. European Commission. Guidelines for Combined Transport. Brussels: European Commission, 2019.
5. International Chamber of Commerce. Incoterms® 2020: ICC Rules for the Use of Domestic and International Trade Terms. Paris: ICC, 2019.
6. International Maritime Organization. IMDG Code, 2022 Edition. London: IMO, 2022.
7. United Nations. United Nations Convention on Contracts for the International Carriage of Goods Wholly or Partly by Sea (Rotterdam Rules), 2008.
8. International Air Transport Association (IATA). IATA Cargo Handling Manual (ICHM). Montreal: IATA, 2023.
9. International Rail Transport Committee (CIT). Manual on CIM/SMGS Consignment Notes. Bern: CIT, 2021.
10. International Chamber of Commerce. Uniform Customs and Practice for Documentary Credits (UCP 600). Paris: ICC, 2007.

Тема 3. Зарубіжний і вітчизняний досвід розвитку мультимодальних перевезень

Мультимодальні перевезення формують каркас глобальних ланцюгів постачання, поєднуючи морські, залізничні, автомобільні та авіаційні ділянки під єдиним управлінням, а їх ефективність істотно залежить від зрілості логістичних систем, ступеня контейнеризації, якості інфраструктури, цифрової сумісності та регуляторної координації між країнами [1], [2]. Порівняння зарубіжних практик з українським контекстом дозволяє ідентифікувати інституційні та інвестиційні пріоритети, що забезпечують зростання транзитного потенціалу і інтеграцію до транс'європейських мереж [3].

3.1 Закордонні логістичні системи.

Європейський Союз розвиває мультимодальність через політику TEN-T, пріоритетні коридори, інтероперабельність залізниць (ERTMS), стимули до комбінованих перевезень та декарбонізацію, включаючи переорієнтацію вантажопотоків з автошляхів на залізницю і внутрішні водні шляхи [4], [5]. Розгалужена мережа інтермодальних терміналів, dry ports, логістичних кластерів, а також єдині цифрові стандарти (eFTI) пришвидшують оборот контейнерів і знижують транзакційні витрати [6]. У Німеччині, Нідерландах і Бельгії поширені хабово-спицеві моделі з глибоководними портами (Роттердам, Антверпен-Брюгге), інланд-портами (Дуйсбург), інтермодальними поїздами фіксованого графіку і потужною системою терміналів, що забезпечують високу надійність сервісу і регулярне перевезення у складі блок-поїздів [7]. У США

мультимодальність базується на мережі Class I railroads, великомасштабних контейнерних інтермодальних терміналах і портових комплексах Західного та Східного узбережжя [8]. В Азії прикладом є Китай з розвитком мережі China Railway Express до ЄС (маршрути Нового шовкового шляху) та інтеграцією морських/залізничних сервісів у форматі land-bridge і sea-rail [9]. Спільними рисами успішних систем є: (1) критична маса інфраструктури (глибоководні порти, інтермодальні термінали, колії стандарту 1435 мм у ЄС) і високий рівень контейнеризації; (2) регуляторні стимули до комбінованих перевезень (звільнення від дорожніх зборів, податкові пільги, субсидування термінальних послуг); (3) цифровізація процесів — електронні транспортні документи, портові спільноти (PCS), платформи відстеження; (4) екологічні цілі, що стимулюють модальну зміну на користь залізниці та водних шляхів; (5) конкурентне середовище операторів та прозорі тарифи [4], [6], [7].

3.2 Стан та перспективи розвитку мультимодальних перевезень в Україні

Україна має вигідне географічне положення на перетині коридорів Європа—Азія, вихід до Чорного моря, розгалужену мережу магістралей та потужний аграрно-промисловий експортний потенціал, що створює передумови для розвитку мультимодальних рішень sea-rail-road і river-rail-road [3], [10]. Водночас, наявні структурні обмеження: обмежена кількість інтермодальних терміналів світового класу, дефіцит сучасного перевантажувального обладнання, фрагментована цифрова взаємодія учасників, залежність від портової інфраструктури, що зазнала впливу безпекових ризиків, а також різна ширина колії на кордоні з ЄС, яка вимагає перестановки візків або перевантаження контейнерів [11]. Позитивні зрушення включають розвиток сухих портів і припортових терміналів на західному кордоні, зростання ролі дунайських портів, масштабування контейнерних та зернових сервісів, а також інтеграцію до мереж TEN-T, гармонізацію норм і впровадження електронного документообігу в рамках митного та транспортного законодавства [4], [10]. Перспективи пов'язані з: (1) модернізацією залізничної інфраструктури і вузлів стикування з ЄС; (2) розбудовою мережі інтермодальних терміналів класу А із залізничною компонентою, хабів на Дунаї та у прикордонних регіонах; (3) стандартизацією цифрового обміну даними та впровадженням е-документів (eB/L, eFBL, eCMR), сумісних із європейською рамкою eFTI; (4) створенням прозорої тарифної політики і стимулів до комбінованих перевезень; (5) розвитком річкової логістики на Дніпрі та Дунаї як елементів мультимодальних ланцюгів; (6) державно-приватним партнерством для портів і терміналів; (7) програмами оновлення рухомого складу й контейнерного парку [5], [12].

3.3 Основні проблеми та заходи їх вирішення

Ключові проблеми: інфраструктурна недозабезпеченість інтермодальних терміналів, обмежена пропускна спроможність прикордонних переходів і портових під'їздів; технологічні бар'єри на стику колій різної ширини; регуляторна фрагментація та складність процедур; недостатня цифрова інтеграція між учасниками (відсутність наскрізної е-платформи); дефіцит інвестицій і доступного довгого фінансування; високі безпекові ризики та пов'язані страхові премії; нестабільність логістичних коридорів у періоди воєнних загроз [3], [11]. Рекомендовані заходи: пріоритизація інвестицій у вузькі місця (last-mile до портів, з'єднання з прикордонними терміналами, електрифікація і двоколіїні вставки), створення мережі сухих портів із регулярними інтермодальними поїздами, модернізація прикордонної інфраструктури, впровадження спільного прикордонно-митного контролю та попереднього обміну даними; нормативне визнання та стимулювання електронних транспортних документів, гармонізація з eFTI; розвиток механізмів державно-приватного партнерства, цільових програм компенсацій для комбінованих перевезень; поступове розгортання стандартів безпеки й екології ЄС (ERA/IMO/IATA) та підключення до європейських платформ даних [4], [5], [6]. Додатково доцільні інструменти ризик-менеджменту: страхові й фінансові гарантії для коридорів, резервні маршрути (дунайський кластер),

диверсифікація портів відправлення/прибуття, укладання довгострокових контрактів із сервісними рівнями (SLA) та використання цифрових двійників для моделювання пропускної спроможності [2], [12]. Системна реалізація зазначених кроків дозволить конвертувати географічні переваги України у стійку конкурентоспроможність мультимодальної логістики та інтегруватися у високопродуктивні європейські ланцюги постачання.

Рекомендована література

1. World Bank. *Connecting to Compete: Trade Logistics in the Global Economy*. Washington, DC: World Bank, 2018.
2. UNCTAD. *Review of Maritime Transport 2023*. Geneva: United Nations, 2023.
3. OECD/ITF. *Logistics Development Strategies and Performance*. Paris: OECD Publishing, 2019.
4. European Commission. *TEN-T Policy and Core Network Corridors*. Brussels: European Commission, 2021.
5. European Commission. *Sustainable and Smart Mobility Strategy*. Brussels: European Commission, 2020.
6. European Commission. *Electronic Freight Transport Information (eFTI) Regulation*. Brussels: European Commission, 2020.
7. Port of Rotterdam Authority. *Port Statistics and Logistics Performance Reports*. Rotterdam: PoR, 2022.
8. Association of American Railroads. *Rail Intermodal Facts & Figures*. Washington, DC: AAR, 2021.
9. China Railway. *China-Europe Railway Express Development Report*. Beijing: China Railway, 2022.
10. Ministry for Communities, Territories and Infrastructure Development of Ukraine. *Transport Sector Updates*. Kyiv: MinInfra, 2023.
11. SE "Ukrzaliznytsia". *Annual Logistics and Infrastructure Reports*. Kyiv: UZ, 2022.
12. EBRD. *Ukraine Infrastructure and Logistics Note*. London: EBRD, 2023.

Тема 4. Міжнародна правова база мультимодальних перевезень

Міжнародно-правова база мультимодальних перевезень формує сукупність матеріальних і колізійних норм, що визначають статус учасників, межі та підстави відповідальності за втрату, пошкодження або прострочення доставки вантажу, вимоги до транспортних документів, а також порядок вирішення спорів і застосовне право в наскрізних ланцюгах, де беруть участь два і більше видів транспорту [1], [2]. Через історично фрагментований розвиток окремих видів транспорту правовий режим мультимодального перевезення складається як «мозаїка» із спеціальних конвенцій (морських, залізничних, автомобільних, авіаційних), уніфікованих правил приватного права та «модельних» умов, розроблених галузевими організаціями (FIATA тощо) [3]. Це зумовлює дві ключові моделі відповідальності оператора мультимодального перевезення: «єдину» (uniform liability), коли на весь маршрут діє уніфікований режим, та «мережеву» (network liability), коли на кожному ділянці застосовується «своя» конвенція залежно від виду транспорту і місця настання події [4].

4.1 Конвенція ООН «Про міжнародні мультимодальні перевезення вантажів».

Проект Конвенції ООН 1980 року мав на меті створити уніфікований режим для всього ланцюга мультимодального перевезення під відповідальністю оператора мультимодального перевезення (ОМП), який діє на підставі єдиного договору та видає єдиний документ мультимодального перевезення [5]. Документ пропонував модель «єдиної відповідальності» з фіксованими межами відповідальності ОМП за втрату, пошкодження та затримку, незалежно від ділянки, де сталася подія, за винятком ситуацій, коли було доведено, що шкода сталася на

конкретній «позначеній» ділянці і застосовується суворіша межа спеціальної конвенції [5], [6]. Передбачалися також положення щодо товаророзпорядчих документів, перенесення права вимоги (subrogation), претензійних строків та юрисдикції/арбітражу. Хоча Конвенція формально не набула широкої чинності, вона стала інтелектуальною матрицею для подальших уніфікаційних ініціатив та модельних правил, які використовуються у договірній практиці (у т.ч. у документах FIATA) [6]. Практичне значення Конвенції полягає в кодифікації базових дефініцій (ОМП, документ мультимодального перевезення, місце приймання/видачі) та підходу до меж відповідальності в умовах змішаних перевезень, що й нині застосовується в контрактах як «soft law» орієнтир [4], [6].

4.2 CMR, Гамбурзькі правила, Роттердамські правила та інші акти.

Для автомобільних ділянок ключовою є Конвенція CMR 1956 р., яка уніфікує договір міжнародного автомобільного перевезення вантажів, визначає межі відповідальності перевізника, претензійні строки, юрисдикцію та форму накладної; Додатковий протокол 2008 р. впровадив електронну накладну eCMR, що спрощує мультимодальну інтеграцію з цифровим документообігом [7]. Морські перевезення історично регулювалися Гаазькими/Гаазько—Візбійськими правилами з режимом обмеженої відповідальності та переліком підстав звільнення перевізника, тоді як Гамбурзькі правила 1978 р. посилили обов'язок належної обачності і звузили перелік екземпцій [8]. Роттердамські правила 2008 р., спрямовані на «двері-до-дверей» морсько-мультимодальні перевезення, охоплюють наземні ділянки, передбачають електронні документи та гнучкі механізми передачі прав, однак ще не набули достатньої кількості ратифікацій для повноцінного набуття чинності [9]. На залізниці застосовуються CIM (COTIF) у Європі та SMGS у країнах простору 1520; спільний бланк CIM/SMGS полегшує транскордонну доставку і стики різної ширини колії, що має значення для мультимодальних ланцюгів Європа—Азія [10]. В авіаперевезеннях універсальним актом є Монреальська конвенція 1999 р., яка уніфікує відповідальність авіаперевізника та електронні авіаційні накладні; вона часто «вбудовується» як спеціальний режим у мережевій моделі мультимодального договору [11]. Доповнюють картину митні (Київська конвенція ВМО, спрощення процедур), санітарні та небезпечні вантажі (IMDG Code, IATA DGR), а також акти ЄС щодо електронної інформації про вантажі (eFTI) [12]. Таким чином, при відсутності універсальної обов'язкової конвенції для всіх видів транспорту практично застосовується «мережевий» підхід: якщо місце події встановлене — діє спеціальна конвенція відповідної ділянки; якщо ні — сторони покладаються на договірні умови або модельні правила, що встановлюють уніфіковані межі відповідальності на весь маршрут [3], [4], [9].

4.3 Міжнародні угоди та правила FIATA.

FIATA як глобальна асоціація експедиторів розробляє уніфіковані документи та умови, які широко використовуються в мультимодальних перевезеннях. FIATA Multimodal Transport Bill of Lading (FBL) — товаророзпорядчий документ, що може бути виданий акредитованим експедитором і приймається банками в акредитивах; він закріплює умови відповідальності експедитора/оператора та містить застереження щодо контейнеризованих вантажів [13]. У 2022–2023 рр. FIATA впровадила електронний eFBL з механізмами верифікації автентичності через реєстр, що полегшує цифрову інтеграцію з портовими та банківськими системами [14]. Модельні правила FIATA для транспортно-експедиторської діяльності (FIATA Model Rules) визначають статус експедитора як агента або принципала, рамку відповідальності, страхування, обов'язки клієнта щодо інформації про вантаж і небезпечні властивості, а також рекомендації щодо юрисдикції та арбітражу; ці правила часто інкорпоруються в договорах шляхом відсилання [13]. Окрім FBL застосовуються інші уніфіковані бланки: FCR (Forwarders Certificate of Receipt), FCT (Forwarders Certificate of Transport), FWR (FIATA Warehouse Receipt) та ін., що закривають окремі етапи ланцюга (приймання, складування, транспорт) і спрощують доказування фактів у спорі [15]. Практична цінність інструментів FIATA полягає в заповненні прогалини єдиної конвенції та створенні передбачуваного, ринково визнаного режиму відповідальності та документообігу в мультимодальних контрактах,

зокрема у поєднанні з стандартами eCMR, eB/L і правилами UCP 600 для документарних акредитивів [7], [14], [16]. Підсумовуючи, міжнародна правова база мультимодальних перевезень — це ієрархія «жорсткого» публічного права (конвенції) і «м'яких» модельних правил (FIATA, галузеві стандарти), які разом забезпечують правову визначеність у складних ланцюгах поставок. Вибір режиму відповідальності, форм документів та юрисдикції варто визначати заздалегідь у договорі мультимодального перевезення з урахуванням типу вантажу, маршрутної архітектури та банківських вимог [3], [4], [9], [13].

Рекомендована література

1. UNCTAD. Multimodal Transport: The Feasibility of an International Legal Instrument. Geneva: United Nations, 2014.
2. UNCITRAL. Legal Guide on International Contracts for the Carriage of Goods. New York: United Nations, 2015.
3. Ramberg J. The Law of Transport Operators in International Trade. Stockholm: ILI, 2011.
4. Hoeks M. Multimodal Transport Law. The Law Applicable to the Multimodal Contract for the Carriage of Goods. The Hague: Kluwer Law International, 2010.
5. United Nations. UN Convention on International Multimodal Transport of Goods (1980) – Travaux préparatoires and text.
6. Clarke M., Yates D. Contracts of Carriage by Land and Air. London: Informa Law, 2017.
7. Convention on the Contract for the International Carriage of Goods by Road (CMR), Geneva, 1956; Additional Protocol on the e-CMR, Geneva, 2008.
8. United Nations Convention on the Carriage of Goods by Sea, 1978 (Hamburg Rules).
9. United Nations Convention on Contracts for the International Carriage of Goods Wholly or Partly by Sea, 2008 (Rotterdam Rules).
10. CIT. CIM/SMGS Consignment Note – Manual. Bern: International Rail Transport Committee (CIT), 2021.
11. Montreal Convention for the Unification of Certain Rules for International Carriage by Air, 1999.
12. European Commission. Regulation on electronic freight transport information (eFTI). Brussels: European Commission, 2020.
13. FIATA. FIATA Multimodal Transport Bill of Lading (FBL) – Standard Conditions. Zurich: FIATA, 2022.
14. FIATA. The eFBL Initiative: Trust and Verification Framework. Zurich: FIATA, 2023.
15. FIATA. FCR, FCT, FWR – Explanatory Notes. Zurich: FIATA, 2019.
16. ICC. UCP 600 – Uniform Customs and Practice for Documentary Credits. Paris: ICC, 2007.

Тема 5. Національне законодавство України про мультимодальні перевезення

Національне правове поле мультимодальних перевезень в Україні формується як системна сукупність публічно-правових та приватно-правових норм, що регулюють окремі види транспорту, транспортно-експедиторську діяльність, митні та страхові відносини, а також цифровий документообіг і технічні стандарти. За відсутності універсальної обов'язкової «парасолькової» норми для всіх видів транспорту, правозастосування відбувається за мережевим принципом: до відповідних ділянок ланцюга застосовуються спеціальні закони і кодекси (морський, залізничний, автомобільний, авіаційний), а взаємодія між учасниками часто врегульовується договором перевезення або експедирування з відсиланням до міжнародних стандартів та модельних правил [1], [2].

5.1 Закон України «Про мультимодальні перевезення»

Нормативна і політична рамка розвитку мультимодальних перевезень в Україні передбачає уніфікацію термінології (оператор мультимодального перевезення, єдиний документ, місце приймання/видачі), визначення статусу оператора й меж його відповідальності, вимоги до уніфікованого документа мультимодального перевезення (у т. ч. можливості електронної форми), порядок взаємодії з митними органами та інтеграцію електронних транспортних документів (e-TTN, eSMR, eFBL) у державні інформаційні системи [3], [4]. Практика правозастосування показує, що навіть без окремого «парасолькового» закону значна частина питань вирішується через сукупність спеціального транспортного, цивільного та господарського законодавства і договорів (експедиторських/перевізних), які інкорпорують уніфіковані умови FIATA або галузеві правила (правила перевезень, небезпечні вантажі, температурні режими) [2], [5]. Очікувана мета кодифікації — встановити єдині підходи до відповідальності ОМП, визначити допустимість і юридичну силу електронних документів у всьому ланцюгу, гармонізувати норми з правом ЄС і сприяти розвитку інтермодальної інфраструктури [3], [6].

5.2 Права, обов'язки та відповідальність оператора, замовника та учасників перевезень

Правове становище учасників мультимодального перевезення формується через поєднання норм Цивільного кодексу України (договір перевезення, договір транспортного експедирування, відповідальність за порушення зобов'язань), Господарського кодексу України (публічні зобов'язання перевізників, регулювання діяльності суб'єктів господарювання на транспорті), Закону України «Про транспортно-експедиторську діяльність» (статус експедитора, обсяг послуг, відповідальність, право утримання вантажу), а також спеціальних законів для окремих видів транспорту: «Про залізничний транспорт», «Про автомобільний транспорт», Кодекс торговельного мореплавства України, Повітряний кодекс України [1], [5], [7], [8]. Оператор мультимодального перевезення (у ролі експедитора-принципала або комбінованого перевізника) організовує наскрізне транспортування, укладає договори з фактичними перевізниками, відповідає за схоронність вантажу в межах узгоджених умов і строків, забезпечує відповідність пакування/маркування, інформує про особливі властивості вантажу (небезпечність, температурні режими), виконує митні та прикордонні формальності самостійно або через брокера [2], [5]. Замовник (вантажовідправник) зобов'язаний надати достовірні відомості про вантаж (найменування, масу, кількість місць, характеристики), забезпечити належне пакування та маркування, своєчасно надати інструкції і документи для експорту/імпорту; за недостовірність даних і порушення правил небезпечних вантажів несе відповідальність, у тому числі перед третіми особами [5], [9]. Відповідальність сторін визначається договором і спеціальними актами: для авто-ділянок діють правила й обмеження, сумісні з CMR; для морських — підходи КТМУ; для залізниці — галузеві правила перевезень та накладні; для авіа — норми Повітряного кодексу. У разі змішаних перевезень у договорі доцільно прямо передбачити мережевий режим відповідальності та колізійні норми (визначення застосовного права, юрисдикції/арбітражу), а також порядок претензій і строки позовної давності [2], [7].

5.3 Митні та страхові аспекти мультимодальних перевезень

Митний супровід мультимодальних операцій регламентується Митним кодексом України: декларування режимів експорту, імпорту, транзиту; використання попереднього повідомлення та електронного декларування; контроль строків транзиту і відповідальність за їх порушення; застосування гарантій транзиту і заходів забезпечення сплати митних платежів [6], [10]. Практичними інструментами є авторизований економічний оператор (АЕО), спільні транзитні процедури, попередній обмін даними і спільний контроль на кордоні, що знижує затримки і витрати. Страховий блок покриває дві площини: страхування вантажу (cargo) з типовими умовами «Institute Cargo Clauses» (A/B/C) та страхування відповідальності перевізників/експедиторів (carrier/forwarder liability), які убезпечують від вимог унаслідок втрати, пошкодження або затримки доставки [11]. Важливо корелювати страхове покриття з умовами договору, типом вантажу (зокрема

небезпечного), температурним режимом і маршрутом; для високоризикових коридорів доцільно використовувати додаткові покриття та вимоги до опакування і пломбування. Документообіг у мультимодальних ланцюгах все частіше ведеться в електронній формі: е-ТТН/еСМР для авто, електронні накладні залізничного транспорту, е-коносамент/еFBL у морсько-мультимодальних сервісах; українське законодавство поступово визнає юридичну силу таких документів і встановлює вимоги до електронної ідентифікації та збереження даних [4], [6], [12]. Гармонізація з правом ЄС (eFTI, митний кодекс Союзу) і взаємодія з державними реєстрами є ключем до скорочення транзакційних витрат, підвищення прозорості і прогнозованості строків доставки.

Рекомендована література

1. Цивільний кодекс України : Закон України від 16.01.2003 № 435-IV (із змінами).
2. Господарський кодекс України : Закон України від 16.01.2003 № 436-IV (із змінами).
3. Про транспортно-експедиторську діяльність : Закон України від 01.07.2004 № 1955-IV (із змінами).
4. Про електронні документи та електронний документообіг : Закон України від 22.05.2003 № 851-IV (із змінами).
5. Про автомобільний транспорт : Закон України від 05.04.2001 № 2344-III (із змінами).
6. Митний кодекс України : Закон України від 13.03.2012 № 4495-VI (із змінами).
7. Про залізничний транспорт : Закон України від 04.07.1996 № 273/96-ВР (із змінами).
8. Кодекс торговельного мореплавства України від 23.05.1995 № 176/95-ВР (із змінами).
9. Повітряний кодекс України від 19.05.2011 № 3393-VI (із змінами).
10. Правила перевезень вантажів автомобільним транспортом в Україні : наказ Мінтрансу України від 14.10.1997 № 363 (із змінами).
11. Про страхування : Закон України від 07.03.1996 № 85/96-ВР (із змінами).
12. Інкотермс 2020 : офіційні правила МТП для тлумачення торговельних термінів / Міжнародна торгова палата. – Париж : ICC, 2019.
13. Крикавський Є. В., Наконечна О. В. Логістика : підручник. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2019.
14. Гірченко Т. Д., Слейко О. В. Транспортна логістика : навч. посіб. – Київ : КНЕУ, 2018.
15. Мазаракі А. А., Гаврилюк О. В. Митне регулювання : підручник. – Київ : КНТЕУ, 2020.
16. Офіційні роз'яснення Мінінфраструктури України щодо впровадження е-ТТН та електронних транспортних документів (аналітичні матеріали, 2021–2024).

Тема 6. Принципи логістичного проєктування мультимодальних перевезень вантажів

Логістичне проєктування мультимодальних перевезень вантажів — це системний процес формування архітектури ланцюга постачання «від дверей до дверей», який поєднує вибір конфігурації маршрутів, інтеграцію видів транспорту, параметризацію сервісу (час, надійність, вартість), визначення термінальних і складських ланок, узгодження документальних та інформаційних потоків і розподіл відповідальності між учасниками [1], [2]. Мета проєктування полягає у створенні життєздатної та масштабованої логістичної моделі, здатної забезпечити стабільний сервіс за змін кон'юнктури і обмежень, мінімізуючи загальні витрати та ризики при дотриманні нормативних вимог [3]. Ключовими передумовами є класифікація вантажів, аналіз попиту, геопросторове моделювання коридорів, оцінювання інфраструктурних вузьких місць і цифрова інтероперабельність учасників, включно з електронними транспортними документами [4], [5].

6.1 Логістичні підходи до побудови ланцюгів постачання

Сучасні ланцюги постачання мультимодального типу проєктуються на принципах синхронізації матеріальних і інформаційних потоків, сегментації сервісу та управління загальними

витратами (Total Cost of Ownership). Початковим кроком є профілювання товарних груп за вимогами до сервісу (температурний режим, небезпечні властивості, чутливість до часу/вартості), оскільки це визначає вибір контейнерних технологій (reefer, tank, open-top, flat-rack) та рівень «жорсткості» графіка [1], [6]. Далі формується матриця коридорів і хінтерландних зв'язків: морські лінії/ріверсервіси — інтермодальні поїзди — автодоставка першої/останньої милі — авіа для високовартісних і термінових відправок. Логістичний підхід «hub-and-spoke» поєднується з point-to-point залежно від щільності потоку: блок-поїзди й баржі використовують стандартизовані вікна у портах і терміналах, тоді як авто виконує гнучку дистрибуцію [7]. Управління сервісом спирається на угоди про рівні сервісу (SLA) з вимірюванням KPI (OTIF, dwell time, lead time variability, damage ratio). Вартісна оптимізація враховує не лише фрахт і тарифи, а й приховані складові: час обороту контейнера, простої, термінальні та документарні збори, страхові премії, ризики затримок на кордоні, конвертацію валюти, витрати на резервні маршрути [2], [8]. Важливим є дизайн «буферів» — запас часу між стиковками, резервні обладнання/транспорт, альтернативні порти/переходи; ці рішення знижують чутливість до збоїв, але мають оптимізуватися за допомогою сценарного моделювання та аналізу ризиків. Для інтеграції інформаційних потоків застосовуються TMS/WMS, портові спільноти (PCS), Track&Trace, API-інтеграція з перевізниками; електронні документи (eB/L, eFBL, eCMR) заощаджують час і підвищують прозорість, однак вимагають правового визнання та кібербезпеки [5], [9].

6.2 Інтеграція видів транспорту в єдиний перевізний процес

Інтеграція досягається через узгодження технічних, технологічних і правових параметрів на стиках видів транспорту. Технічна сумісність включає стандарти контейнеризації (ISO-контейнери 20'/40', масово-габаритні обмеження, сумісність шасі/вагонів/кранів), вимоги до reefer-інфраструктури, небезпечних вантажів (IMDG/IATA DGR/ADR), а також стандартизацію маркування і пломбування [4], [10]. Технологічна інтеграція передбачає синхронізацію графіків лінійних сервісів, інтермодальних поїздів і автодоставки; проектування стиковок із мінімальним часом очікування (time-slot management), гнучке планування перевантаження (cross-dock, pre-sorting), баланс між швидкістю та вартістю. Правова інтеграція закріплюється в єдиному договорі (або зв'язаних договорах) з визначенням моделі відповідальності (єдина/мережева), процедур претензій, юрисдикції/арбітражу та застосовного права; використання уніфікованих документів (FBL, sea waybill, CMR, CIM/SMGS, AWB) і їх електронних аналогів забезпечує юридичну визначеність на всьому маршруті [3], [9], [11]. На операційному рівні інтеграція спирається на інтермодальні термінали класу А з колійним доступом, кранами RMG/RTG, автоматизованим обліком контейнерів, ваговим і скануючим контролем; інфраструктура стиків з ЄС (різна ширина колії) вимагає або перевантаження, або перестановки візків/перекатки, що слід враховувати в графіках і тарифах [12]. Для підвищення надійності використовують цифрові двійники вузлів і коридорів, що дозволяють тестувати пропускну спроможність, локалізувати вузькі місця та оптимізувати розклад. Інтеграція процесів неможлива без узгоджених даних: майстер-дані про контейнери/пломби/рейси, подієві повідомлення (EDA/ATA, gate-in/out, loaded/discharged), стандартизовані статуси, що підтримуються платформами PCS/TMS і дозволяють SLA-контроль у реальному часі [5], [7]. В українському контексті інтеграція має спиратися на розвиток мережі сухих портів і прикордонних інтермодальних терміналів, підвищення пропускну спроможності стиків з ЄС, масштабування е-документів і гармонізацію з рамкою eFTI, що дасть змогу скоротити витрати та час доставки і підвищити передбачуваність сервісу [12], [13].

Рекомендована література

1. Christopher M. Logistics & Supply Chain Management. London: Pearson, 2016.
2. Rushton A., Croucher P., Baker P. The Handbook of Logistics and Distribution Management. London: Kogan Page, 2022.
3. Hoeks M. Multimodal Transport Law. The Hague: Kluwer Law International, 2010.

4. ISO 668, ISO 1496 – Series 1 Freight Containers.
5. European Commission. eFTI Regulation – Electronic Freight Transport Information. Brussels: EC, 2020.
6. Lowe D. Multimodal Transport Handbook. London: Kogan Page, 2021.
7. Port of Rotterdam Authority. Logistics Performance and Hinterland Connectivity Reports. Rotterdam: PoR, 2022.
8. World Bank. Trade and Transport Corridor Management Toolkit. Washington, DC: World Bank, 2017.
9. FIATA. Model Rules for Freight Forwarding and eFBL Framework. Zurich: FIATA, 2022–2023.
10. IMO. IMDG Code (2022 Edition). London: IMO, 2022; IATA. Dangerous Goods Regulations (DGR) 2024.
11. CIT. CIM/SMGS Consignment Note Manual. Bern: CIT, 2021.
12. Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України. Аналітичні матеріали щодо розвитку інтермодальних терміналів і стиків з ЄС. Київ: МІУ, 2023–2024.
13. Європейська Комісія. TEN-T Policy and Core Network Corridors. Brussels: EC, 2021.

Тема 7. Методи, моделі та алгоритми логістичного проектування ММПВ

Моделювання та алгоритмічне забезпечення логістичного проектування мультимодальних перевезень вантажів (ММПВ) спирається на багатокритеріальні методи прийняття рішень, які дозволяють узгодити суперечливі цілі (мінімізація вартості та часу, максимізація надійності/безпеки, екологічність) і перевести їх у порівнянні альтернативи маршрутів, типів сервісу та конфігурацій термінальних ланок [1], [2]. У практиці ММПВ найчастіше застосовують: (а) багатокритеріальний аналіз (MCDM) з побудовою функцій корисності/нормалізацією показників; (б) Метод аналізу ієрархій Сааті (АНР) та його мережеві розширення (АНР) для узгодження експертних пріоритетів; (в) інтегровані підходи до оцінки ефективності маршрутів із залученням стохастичних імітацій та оптимізаційних моделей (лінійного/цілочислового програмування, методів на графах, еволюційних алгоритмів) [3], [4], [5].

7.1 Багатокритеріальний аналіз

Багатокритеріальний аналіз (MCDM) у ММПВ починається з формування множини критеріїв: $C = \{ \text{час доставки } T, \text{ вартість } Cost, \text{ надійність } R \text{ (ймовірність дотримання SLA)}, \text{ екологічність } E \text{ (викиди CO}_2\text{-eq)}, \text{ безпека } S, \text{ ризики затримок } Z, \text{ стійкість до збоїв } Res, \text{ доступність інфраструктури } A \}$. Кожен критерій має вимірюваний показник (наприклад, T — у годинах, $Cost$ — у грошових одиницях на TEU/тонну, R — у %, E — у кг CO₂/т-км) та бажаний напрямок оптимізації (мінімізувати або максимізувати) [1], [6]. Показники приводять до безрозмірного вигляду, застосовуючи лінійну мін-макс нормалізацію або метод корисності ($u(x)$) з урахуванням порогу байдужості та насичення. Далі здійснюється вагове агрегування: інтегральний індекс $I(a)$ для альтернативи a обчислюють як $I(a) = \sum w_i \cdot u_i(a)$, де w_i — ваги критеріїв, $\sum w_i = 1$. Ваги можуть визначитися на основі опитувань, політики сервісу або з використанням АНР/ентропійного методу [2], [7]. Для уникнення домінування одного критерію застосовують аналіз Парето: альтернатива домінує іншу, якщо вона не гірша за всіма критеріями і краща хоча б за одним; множина Парето формує «фронт» збалансованих рішень, серед яких далі обирають за стратегічними пріоритетами [3]. У випадках невизначеності параметрів (наприклад, час на стику або простої в терміналі) використовують нечіткі MCDM (fuzzy TOPSIS/VIKOR), де оцінки/ваги задають трикутними нечіткими числами; це дозволяє моделювати експертну невизначеність і відхилення виконання SLA [8]. Для порівняння маршрутів з різними ризик-профілями застосовують сценарний аналіз: формується набір сценаріїв ω з імовірностями $p(\omega)$ і для кожної альтернативи обчислюють очікувану корисність або ризик-скоригований показник (наприклад, CVaR) [4], [9].

7.2 Метод аналізу ієрархій Сааті (АНР)

АНР застосовують для структуризації задачі у вигляді ієрархії «мета → критерії → підкритерії → альтернативи» з подальшими попарними порівняннями за дев'ятибальною шкалою Сааті (1 — рівна важливість, 9 — абсолютна перевага) [10]. На кожному рівні будують матрицю попарних порівнянь $A=[a_{ij}]$, де a_{ij} відображає, наскільки елемент i важливіший за j ; вектори локальних ваг w отримують як нормований власний вектор найбільшого власного значення λ_{\max} (або за геометричними середніми). Критичною є перевірка узгодженості суджень через індекс узгодженості $CI=(\lambda_{\max}-n)/(n-1)$ і відношення узгодженості $CR=CI/RI$, де RI — випадковий індекс; прийнятним зазвичай вважають $CR \leq 0,1$ [10], [11]. Для ММПВ ієрархія може містити підкритерії: вартість (фрахт, термінальні збори, простой), час (транзит, варіабельність lead time), надійність (OTIF), ризик (перешкоджання/прикордонні затримки, безпека), екологія (CO₂-інтенсивність). Після знаходження глобальних ваг критеріїв оцінюють альтернативи маршрутів за кожним підкритерієм (експертно, за фактичними даними або моделями), агрегують у глобальні пріоритети і ранжують [2], [6]. Переваги АНР — прозорість і можливість поєднання кількісних даних із експертними судженнями; обмеження — чутливість до непослідовності оцінок та ефект зворотної ієрархії (rank reversal) при додаванні альтернатив. Для урахування взаємозалежності критеріїв (наприклад, час ↔ надійність ↔ ризик) використовують мережевий підхід ANP, де будують надматрицю впливів і знаходять стаціонарний вектор ваг; практично ANP застосовують у поєднанні з даними відстеження та імітаціями [11], [12].

7.3 Оцінка ефективності мультимодальних маршрутів

Ефективність маршруту оцінюють у три етапи: (1) генерація допустимих альтернатив на графі коридорів і терміналів з обмеженнями (габарити, небезпечні вантажі, пропускна спроможність стиків); (2) оцінювання показників T , $Cost$, R , E , S , Z , Res , A за історичними/оперативними даними або імітаційними моделями; (3) агрегування в інтегральний індекс та/або добір Парето-оптимальних рішень [3], [4], [8]. Генерацію альтернатив реалізують алгоритмами на графах (k -shortest paths, label-setting/label-correcting для задачі багатокритеріальної найкоротшої дороги), враховуючи часові вікна терміналів і стиків, а також стохастичність простоїв [5]. Оцінювання показників: час — як сума ділянок плюс очікувані простой; вартість — як фрахт + термінальні/дорожні збори + страхові премії + вартості буферів; надійність — як $1-P$ (прострочення SLA); екологічність — як сума емісій за сегментами (кг CO₂/т-км) [6], [9], [13]. Для стохастичних затримок використовують Монте-Карло імітації з емпіричними розподілами простоїв і прикордонних затримок; результатом є розподіл lead time та ймовірність дотримання дедлайнів. Агрегування: класичний зважений індекс, TOPSIS (відстань до ідеальної/антиідеальної точки), VIKOR (компромісне ранжування), а також методи на основі корисності та ризик-міри (CVaR) [8], [12], [14]. Для забезпечення практичної придатності результати ранжування доповнюють аналізом чутливості: варіюють ваги критеріїв, перевіряють стабільність вибору за зміни тарифів/часових вікон/пропускної здатності. Алгоритмічні фреймворки у ММПВ часто гібридизують: MCDM+АНР для ваг → графові алгоритми для генерації маршрутів → імітація для оцінки надійності → фінальне ранжування TOPSIS/VIKOR; такий конвеєр поєднує прозорість для стейкхолдерів і коректне відображення невизначеності [1], [3], [12].

Рекомендована література

1. Belton V., Stewart T. Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach. Boston: Springer, 2002.
2. Christopher M. Logistics & Supply Chain Management. London: Pearson, 2016.
3. Macharis C., Springael J., De Brucker K., Verbeke A. PROMETHEE and AHP: The Design of Logistics Systems. European Journal of Operational Research, 2004.
4. Laporte G., Mesa J.A., Ortega F.A. Optimizing Transportation Networks. Wiley, 2015.
5. Delling D., Pajor T., Wagner D. Routing in Transportation Networks. In: Algorithm Engineering, 2016.

6. Lowe D. Multimodal Transport Handbook. London: Kogan Page, 2021.
7. Zeleny M. Multiple Criteria Decision Making. New York: McGraw-Hill, 1982.
8. Opricovic S., Tzeng G.H. Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. European J. of Operational Research, 2004.
9. World Bank. Trade and Transport Corridor Management Toolkit. Washington, DC: World Bank, 2017.
10. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill, 1980.
11. Saaty T.L. Fundamentals of Decision Making and Priority Theory. Pittsburgh: RWS, 2000.
12. Saaty T.L. Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process. Pittsburgh: RWS, 2001.
13. ISO 14083:2023. Greenhouse gases — Quantification and reporting of GHG emissions for transport chains.
14. Rockafellar R.T., Uryasev S. Conditional Value-at-Risk for General Loss Distributions. Journal of Banking & Finance, 2002.

Тема 8. Формування маршрутів мультимодальних перевезень

Формування маршрутів мультимодальних перевезень — це процес побудови і відбору життєздатних «ланцюгів» від пункту відправлення до пункту призначення, що поєднують різні види транспорту, термінали і митно-логістичні вузли, із забезпеченням потрібного рівня сервісу (час, надійність, вартість, екологічність) та дотриманням нормативних обмежень [1], [2]. Результат маршрутизації має враховувати не лише статичну карту коридорів, а й часові вікна, пропускну спроможність стиків, ризики затримок, доступність обладнання (контейнери/шасі/вагони) і документальні вимоги (е-документи, контроль небезпечних вантажів) [3], [4].

8.1 Критерії вибору маршрутів: час, вартість, надійність

Базові критерії — час транзиту (lead time), загальні логістичні витрати (total landed cost) і надійність (OTIF, ймовірність дотримання SLA). Час включає транспортні ділянки, очікування в портах/терміналах, прикордонні й митні процедури, перестановку візків/перевантаження; його оцінюють як очікуване значення та варіабельність (σ або процентиль P90) [5]. Вартість складається з фрахту за видами транспорту, термінальних зборів, вартості простою, документарних/портових зборів, страхових премій, можливих сезонних надбавок і витрат на резервні потужності [6]. Надійність вимірюють показниками виконання в строк (OTIF), часткою рейсів із простроченням, середнім відхиленням від плану; для оцінки використовують історичні дані та імітаційне моделювання [7]. Додаткові критерії: екологічність (викиди CO₂-eq за ISO 14083), безпека/ризик, доступність інфраструктури і сервісів (частота поїздів/барж, глибина ліній), гнучкість (наявність альтернативних портів/терміналів), а також регуляторні вимоги (ADR/IMDG/IATA DGR) [8], [9]. Ваги критеріїв визначаються політикою сервісу, вимогами клієнта та можуть бути отримані за АНР/АНР чи ентропійним методом; для уникнення «перекосу» застосовують аналіз Парето [2], [10].

8.2 Дослідження та вибір шляхів сполучення

Дослідження маршрутів починають з картографування доступних коридорів (TEN-T, морські лінії, залізничні й річкові сервіси) та логістичних вузлів (порти, сухі порти, інтермодальні термінали), фіксації технічних обмежень (габарити, осьові навантаження, глибини), часових вікон і сервісних частот [3], [11]. На графі «вузли-дуги» будують альтернативи за допомогою алгоритмів k-найкоротших шляхів (k-shortest paths), label-setting/label-correcting із мультикритеріальними мітками (час, вартість, ризик), а також евристик для комбінацій «порт—інланд порт—термінал» [12]. Для ділянок із невизначеними простоями застосовують стохастичні ваги ребер; параметри

калібрують за історичними даними PCS/TMS (gate in/out, dwell time, border delay) [7]. Важливим є аудит «вузьких місць»: стики з різною шириною колії, пропускна спроможність прикордонних переходів, портові під'їзди, обмеження для небезпечних/негабаритних вантажів; результати аудиту визначають доцільність резервних гілок і буферів часу [11], [13]. Для скорочення транзакційних витрат використовують електронні транспортні документи (eB/L, eFBL, eCMR) і попередній обмін даними з митницею; відповідність рамці eFTI полегшує інтероперабельність і підвищує прозорість маршрутів [4], [14].

8.3 Формування альтернативних варіантів маршрутів та вибір оптимального

Після генерації множини допустимих маршрутів проводять їх оцінку за критеріями й агрегують у інтегральний показник (зважена сума, TOPSIS/VIKOR) або будують Парето-фронт і виконують добір за політикою сервісу [2], [10], [15]. У практиці ММПВ доцільно використовувати дворівневий підхід: на стратегічному рівні фіксують «допустимий пул» коридорів і вузлів (master routes), на операційному — обирають конкретну комбінацію під замовлення з урахуванням поточних тарифів/часових вікон/завантаження терміналів. Невизначеність враховують через сценарний аналіз (базовий/піковий сезон/форс-мажор), Монте-Карло симуляції для простоїв і прикордонних затримок, а також ризик-міри (наприклад, мінімізація CVaR за часом або вартістю) [7], [16]. Рішення супроводжують аналізом чутливості до ваг критеріїв і ключових параметрів (тарифи, частоти сервісів, глибина портів, пропускна здатність переходів). Окремо оцінюють екологічний профіль: обчислення викидів CO₂-eq за сегментами згідно з ISO 14083 для порівняння «зеленої» альтернативи [8]. Вибір оптимального маршруту фіксується в договорі/замовленні із зазначенням SLA, буферів часу, резервних портів/терміналів і умов переключення (contingency). Для підвищення надійності доцільно закласти механізми заміни сервісів і контейнерного обладнання, а також погодити електронний документообіг (eB/L, eFBL, eCMR) з контрагентами [4], [14]. Системний підхід до формування маршрутів, що поєднує графові алгоритми, MCDM-агрегування, імітаційні моделі та цифрові документи, забезпечує прозорий і відтворюваний вибір найкращої альтернативи під конкретні вимоги клієнта [1], [2], [10], [15], [16].

Рекомендована література

1. Christopher M. Logistics & Supply Chain Management. London: Pearson, 2016.
2. Rushton A., Croucher P., Baker P. The Handbook of Logistics and Distribution Management. London: Kogan Page, 2022.
3. European Commission. TEN-T Policy and Core Network Corridors. Brussels: EC, 2021.
4. European Commission. eFTI Regulation – Electronic Freight Transport Information. Brussels: EC, 2020.
5. World Bank. Trade and Transport Corridor Management Toolkit. Washington, DC: World Bank, 2017.
6. Lowe D. Multimodal Transport Handbook. London: Kogan Page, 2021.
7. Port of Rotterdam Authority. Logistics Performance and Dwell Time Analytics. Rotterdam: PoR, 2022.
8. ISO 14083:2023. Greenhouse gases — Quantification and reporting of GHG emissions for transport chains.
9. IMO. IMDG Code (2022 Edition); IATA. Dangerous Goods Regulations 2024.
10. Belton V., Stewart T. Multiple Criteria Decision Analysis. Boston: Springer, 2002.
11. Міністерство інфраструктури України. Аналітичні матеріали щодо інтермодальних вузлів і стиків з ЄС. Київ: 2023–2024.
12. Delling D., Pajor T., Wagner D. Routing in Transportation Networks. In: Algorithm Engineering, 2016.
13. SE "Ukrzaliznytsia". Пропускна спроможність прикордонних переходів: технічні дані. Київ: 2022.

14. FIATA. eFBL Framework and Model Rules. Zurich: FIATA, 2022–2023.
15. Opricovic S., Tzeng G.H. VIKOR and TOPSIS in MCDM. *European J. of Operational Research*, 2004.
16. Rockafellar R.T., Uryasev S. Conditional Value-at-Risk. *Journal of Banking & Finance*, 2002.

Тема 9. Вибір транспортних засобів для мультимодальних перевезень

Вибір транспортних засобів у мультимодальних ланцюгах визначає технічну реалізованість, вартість, швидкість і надійність доставки, а також можливість використання укрупнених вантажних одиниць (контейнерів, трейлерів, змінних кузовів, ULD) на всіх ділянках маршруту. Проектувальні рішення базуються на відповідності технічних параметрів рухомого складу стандартам контейнеризації, обмеженням інфраструктури (габарити, осьові навантаження, глибини, довжини прийнятно-відправних колій), вимогам безпеки і екології, а також економії експлуатації [1], [2]. Системний підхід передбачає: класифікацію вантажу (температурний/небезпечний/негабаритний), вибір типу вантажної одиниці (ISO-контейнер, tank, reefer, flat-rack, open-top; змінний кузов; напівпричіп), підбір транспортних засобів під розрахункові масово-габаритні параметри, узгодження стиків і термінальних технологій, а також забезпечення інформаційної та документальної сумісності (eB/L, eFBL, eCMR, CIM/SMGS, AWB) [3]–[5].

9.1 Технічні характеристики та придатність до перевезень в укрупнених вантажних одиницях

Автомобільний транспорт: для контейнерних перевезень застосовують контейнеровози (skeletal/flatbed) під 20', 2×20', 40', 40'HC, інколи 45'; ключові параметри — допустима повна маса автопоїзда, навантаження на осі, довжина/висота (щоб не перевищувати законодавчі ліміти), наявність TWIST-LOCK, генераторні установки для reefers (clip-on/underslung), системи кріплення небезпечних вантажів ADR [6], [7]. Для змінних кузовів (swap bodies) — шасі з підйомними опорами; для трейлерів у системах Ro-Ro/rail-motor — напівпричепи із залізничною сумісністю (rocket-wagons). Залізничний транспорт: платформи/фітингові вагони під 20'/40'/45' (довжини 60–80 футів), rocket-вагони для напівпричепів, універсальні піввагони/криті (для не контейнерних відправок), цистерни для наливних; важливі обмеження — навантаження на вісь (наприклад, 22,5 т в ЄС), лінійні габарити, довжина приймальних колій; для рефконтейнерів — наявність живлення в поїзді/терміналі [8], [9]. Водний транспорт: контейнеровози (feeder/mainline), балкери/танкери для спеціалізованих вантажів, річкові баржі; релевантні параметри — вантажомісткість (TEU/DWT), осадка, габарити шлюзів/проток, рефживлення у трюмах/на палубі [2]. Авіаційний транспорт використовує ULD (Unit Load Devices): контейнери типу AKE/AKH та палети з сітками, сумісні з літаковими типами; обмеження — лінійні габарити вантажної двері, максимальні маси на підлогу, правила IATA DGR для небезпечних вантажів [10]. Сумісність вантажної одиниці й транспортного засобу визначає можливість наскрізної обробки без перевалки товару, що знижує пошкодження і ризики, пришвидшує оборот і спрощує документообіг [4], [5].

9.2 Співвідношення параметрів транспорту та контейнерних стандартів

Ключовою є відповідність ISO-стандартам контейнерів (ISO 668 — габарити та маси, ISO 1496 — технічні вимоги), що визначає геометрію фур/платформ і термінальних пристроїв (RMG/RTG крани, reach-stackers) [3]. Типові сценарії: (1) 20' (TEU, внутрішня корисна маса до ≈28–30 т залежно від конструкції) — сумісний з двовісними/трюхвісними шасі та залізничними фітинговими платформами; (2) 40'/40'HC (FEU; висота 9'6") — вимагає перевірки габариту по висоті (мости/тунелі) і законодавчих лімітів; (3) 45' — поширені в ЄС, але потребують відповідного шасі і допустимих довжин автопоїзда; (4) reefers — потребують безперервного електроживлення (термінал/поїзд/судно/шасі з genset) [6], [8]. Для залізниці — підбір візка і типу вагона під масу/довжину контейнера, дотримання габаритів навантаження (контейнер на платформі + висота

платформи) і навантаження на вісь; у коридорах із обмеженим габаритом доцільно застосовувати низькопідлогові платформи. Для Ro-Ro і комбінованих схем — сумісність трейлерів із rocket-вагонами (код T3000ff тощо), відповідність кріплень і точок захвату; для річкових барж — перевірка осадок/глибин і обмежень по висоті під мостами. Авіаційні ULD мають власні таблиці сумісності з типами ПС; контейнери ISO не є сумісними з ULD без перевалки. Усі стики мають підтримувати обладнання для обробки обраних вантажних одиниць (спредери на кранах, грейфер-спредери для reefers, РТІ-пункти, вагові/скануючі системи) [2], [9].

9.3 Порівняння переваг і недоліків різних видів транспорту

Автомобіль: найвища гнучкість і доступ «door-to-door», висока частота сервісу, короткі плечі; недоліки — чутливість до заторів/погоди, обмеження масово-габаритних параметрів, вища собівартість на довгі відстані, екологічне навантаження [1]. Залізниця: висока пропускна і провізна спроможність, нижчі питомі витрати і викиди на далекі відстані, надійність при великих партіях; недоліки — необхідність терміналів/перевантаження, жорсткість графіків, обмеження габаритів і інтеперабельності (різна ширина колії) [8]. Морський/річковий транспорт: найнижча собівартість на великі відстані, велика місткість; недоліки — триваліший час, залежність від гідрології/метео, портових вікон, потреба у хінтерландних зв'язках [2]. Авіа: найшвидший, підходить для високовартісних/термінових вантажів; недоліки — дуже висока вартість, жорсткі обмеження мас/габаритів та небезпечних вантажів [10]. У мультимодальних схемах оптимальна конфігурація часто поєднує морський або залізничний «магістральний» сегмент із автомобільною першою/останньою милею, з використанням контейнеризації як універсальної оболонки, що забезпечує швидку обробку і зменшує пошкодження [2], [3], [6]. Практичний вибір транспортних засобів визначається балансом критеріїв (час, вартість, надійність, екологія), доступністю інфраструктури, вимогами до режиму (температура, ADR/IMDG/IATA DGR) і підтримкою електронного документообігу; рішення фіксують у SLA з резервними сценаріями на випадок збоїв [4], [5], [9].

Рекомендована література

1. Rushton A., Croucher P., Baker P. The Handbook of Logistics and Distribution Management. London: Kogan Page, 2022.
2. Christopher M. Logistics & Supply Chain Management. London: Pearson, 2016.
3. ISO 668:2020. Series 1 freight containers — Classification, dimensions and ratings.
4. FIATA. Model Rules for Freight Forwarding and eFBL Framework. Zurich: FIATA, 2022–2023.
5. European Commission. eFTI Regulation – Electronic Freight Transport Information. Brussels: EC, 2020.
6. UNECE. European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR), latest edition.
7. Directive (EU) 96/53/EC (and amendments): Weights and dimensions of road vehicles in national and international traffic.
8. UIC. Loading Guidelines and Intermodal Wagons (UIC leaflets), latest editions.
9. Port of Rotterdam Authority. Technical Requirements and Terminal Handling Guidelines for Containers. Rotterdam: PoR, 2022.
10. IATA. Cargo Handling Manual & Dangerous Goods Regulations (DGR). Montreal: IATA, 2024.

Тема 10. Єдиний технологічний процес мультимодальних перевезень

Єдиний технологічний процес (ЄТП) мультимодальних перевезень — це узгоджена сукупність технічних, технологічних, інформаційних і правових рішень, яка забезпечує безперервність руху вантажу через усі ланки ланцюга постачання (від місця приймання до місця видачі) із мінімальною кількістю затримок, оптимальним використанням ресурсів і гарантованими

рівнями сервісу (SLA) [1], [2]. ЄТП задає правила взаємодії учасників у точках стику видів транспорту, визначає часові вікна, відповідальність за операції, формати даних і документообіг (у т. ч. електронний), а також механізми моніторингу виконання та управління відхиленнями [3], [4].

10.1 Сутність і основні вимоги

Сутність ЄТП полягає в синхронізації матеріальних потоків (перевезення, перевантаження, складування) з інформаційними (бронювання, статуси, повідомлення про події) і фінансовими (розрахунки, гарантії, страхування), що дозволяє досягти передбачуваності й прозорості сервісу [2]. Основні вимоги: (1) стандартизація вантажних одиниць і обладнання (ISO-контейнери, ULD, кріплення), (2) уніфікація процедур у стиках (time-slot management, check-in/check-out, гейтові операції), (3) електронний документообіг та інтероперабельність даних (eB/L, eFBL, eCMR, CIM/SMGS, AWB; сумісність із рамкою eFTI), (4) визначення показників ефективності (OTIF, dwell time, damage ratio, throughput) і меж прийнятних відхилень, (5) управління ризиками та безпекою (IMDG/ADR/IATA DGR, контроль доступу, пломбування, відеонагляд), (6) механізми ескалації та contingency-плани (резервні маршрути/потужності), (7) відповідність митним режимам і прикордонним процедурам (AEO, спільний контроль, попередній обмін даними) [3]–[7]. Важливим принципом ЄТП є «одноразове введення даних» (once-only), коли первинні відомості про вантаж і документальні реквізити вводяться один раз і перевикористовуються у всіх системах через інтеграційні шлюзи API [4].

10.2 Координація учасників єдиного технологічного процесу

Координація реалізується через узгоджені графіки сервісів (лінійні морські рейси, інтермодальні поїзди, баржі, автодоставка), диспетчеризацію time-slot у терміналах, спільні оперативні наради (port/community meetings), а також через цифрові платформи (PCS, TMS/WMS, Track&Trace), що забезпечують спільний доступ до статусів вантажів і подій [2], [8]. Ролі та відповідальність закріплюють у матриці RACI: хто ініціює, погоджує, виконує, інформує; для критичних операцій визначаються часові таргети (SLA) та правила ескалації при ризику зриву (thresholds). На рівні договорів застосовують уніфіковані умови (FIATA Model Rules, сервісні угоди перевізників/терміналів) із чітким розподілом ризиків і винагороди за дотримання KPI [9]. Інтегрована координація передбачає узгодження митних/прикордонних процедур: спільний контроль, попереднє декларування, використання статусу AEO та гарантій транзиту, що зменшує dwell time у вузлах [6], [7]. Важливою частиною ЄТП є управління потужностями: планування робочих змін, технічних простоїв обладнання, резервів техніки (спредери, reach-stackers, локомотиви, шасі), управління контейнерним парком (fleet management) і дислокацією порожніх [8], [10].

10.3 Взаємодія терміналів та перевізників

Взаємодія базується на стандартизованих повідомленнях і протоколах: попередні маніфести, списки навантаження/розвантаження, повідомлення про готовність контейнерів, коди подій (gate in/out, loaded/discharged), електронні заявки на time-slot [4], [8], [11]. Термінали забезпечують приймання/відвантаження згідно з вікнами судових/залізничних/автооперацій, ведуть черги time-slot, виконують огляд/зважування, перевірку пломб і стану вантажу; перевізники надають точні ETA/ETD, підтверджують готовність обладнання і екіпажів, дотримуються вимог безпеки та ADR/IMDG/IATA DGR [5], [9], [12]. Для рефконтейнерів критичними є процедури PTI, безперервне живлення, моніторинг температури й аварійні дії при відхиленнях; для небезпечних вантажів — розміщення у відповідних зонах, наявність комплектів реагування і сертифікованого персоналу [5]. На рівні даних рекомендується використання єдиних довідників (UN/LOCODE, HS-коди, коди контейнерів BIC) і стандартів електронного обміну (EDIFACT/ANSI X12 або сучасні API), що

підвищує сумісність систем і прискорює обробку [11]. Для підвищення продуктивності застосовують методи lean/ТОС у термінальній логістиці, цифрові двійники вузлів для симуляції пропускної спроможності, а також автоматизовані розклади техніки й дорожні карти усунення вузьких місць. Формалізація ЄТП у вигляді регламенту/інструкції є підставою для аудиту сервісу, поліпшень і узгодженого розвитку інфраструктури [10], [12].

Рекомендована література

1. Christopher M. Logistics & Supply Chain Management. London: Pearson, 2016.
2. Rushton A., Croucher P., Baker P. The Handbook of Logistics and Distribution Management. London: Kogan Page, 2022.
3. FIATA. Model Rules for Freight Forwarding and eFBL Framework. Zurich: FIATA, 2022–2023.
4. European Commission. eFTI Regulation – Electronic Freight Transport Information. Brussels: EC, 2020.
5. IMO. IMDG Code (2022 Edition); IATA. Dangerous Goods Regulations 2024.
6. Митний кодекс України : Закон України від 13.03.2012 № 4495-VI (із змінами).
7. Офіційні матеріали Державної митної служби України щодо АЕО та спільного транзиту (2022–2024).
8. Port of Rotterdam Authority. Port Community System and Terminal Operations Guidelines. Rotterdam: PoR, 2022.
9. UNECE. ADR – European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road, latest edition.
10. World Bank. Trade and Transport Corridor Management Toolkit. Washington, DC: World Bank, 2017.
11. UN/CEFACT. Electronic Data Interchange standards (EDIFACT) and Core Components. Geneva: UNECE, latest.
12. Terminal Operating Systems: Best Practices and KPI Handbooks. Industry white papers, 2020–2024.

Тема 11. Інфраструктурне забезпечення мультимодальних перевезень

Інфраструктурне забезпечення мультимодальних перевезень формує матеріальну основу для наскрізного руху вантажів через порти, сухі порти, інтермодальні термінали, залізничні та автомобільні коридори, а також внутрішні водні шляхи. Його зрілість визначає пропускну і провізну спроможність, швидкість обробки, надійність і екологічний профіль ланцюгів постачання [1], [2]. Ефективна інфраструктура передбачає не лише фізичні активи (причали, колії, майданчики, крани, склади), а й стандартизовані процеси, цифрові платформи та регуляторну сумісність, що забезпечують інтеграцію видів транспорту на стиках і зменшують транзакційні витрати [3], [4].

11.1 Мультимодальні транспортно-маршрутні мережі

Мультимодальна мережа — це поєднання коридорів і логістичних вузлів, організованих за принципами «hub-and-spoke» і «corridor-node», де морські хаби з'єднані з інланд-портами та інтермодальними терміналами регулярними поїздами/баржами, а автомобільний транспорт виконує першу/останню миль [5]. У Європі каркасом мультимодальності є TEN-T із базовими (core) і комплексними (comprehensive) мережами та пріоритетними коридорами, які спрямовують інвестиції у вузькі місця, інтероперабельність і декарбонізацію [6]. Ключові інфраструктурні компоненти мережі: глибоководні порти з контейнерними/насипними терміналами; dry ports із залізничною компонентою (колійний доступ, RMG/RTG, reach-stackers); інтермодальні термінали класу А з час-слот керуванням і автоматизованим обліком контейнерів; логістичні парки з крос-докінгом; внутрішні водні шляхи із шлюзами та баржевими флотами; інтелектуальні транспортні системи, що пов'язують вузли даними (PCS, TMS/WMS, eFTI) [3], [7]. Продуктивність мережі вимірюють

показниками пропускної спроможності, середнього dwell time, надійності (OTIF), регулярності сервісів, а також питомими викидами CO₂-eq на т-км; системи KPI мають бути уніфіковані між вузлами для порівнянності та керування сервісом [4], [8].

11.2 Міжнародні транспортні коридори та транс'європейські транспортні вісі

Міжнародні коридори — це узгоджені траси вантажних і пасажирських потоків, що поєднують декілька країн/регіонів і забезпечують стандартизовані параметри інфраструктури та процедур на всій довжині. У ЄС такі коридори інтегровані в TEN-T і Core Network Corridors (наприклад, Балтійсько-Адріатичний, Північне море—Балтійське море, Рейн—Альпи), де узгоджується інтероперабельність залізниці (ERTMS, осьові навантаження, габарити P/C), доступ до портів і внутрішніх водних шляхів [6], [9]. Для України актуальними є коридори, що забезпечують вихід до портів Чорного моря, Дунайського кластеру та стику з країнами ЄС (Польща, Словаччина, Угорщина, Румунія), включно з модернізацією прикордонних переходів, двоколійними вставками, електрифікацією та розвитком термінальної інфраструктури на сухопутних кордонах [10], [11]. Важливим є інтеграційний підхід до розбудови «зеленої» логістики: перенесення вантажопотоків з автошляхів на залізницю та водні шляхи, використання баржево-залізничних сервісів, впровадження альтернативної тяги та енергетики в портах і терміналах [2], [8].

11.3 Поняття «транспортних мостів» (ленд-брідж, міні-брідж, мікро-брідж)

«Транспортні мости» — це логістичні конструкції, у яких один або кілька континентальних сегментів заміщують частину морського шляху або скорочують загальний маршрут. Land-bridge — перевезення, де контейнер перетинає суходільний масив між двома морськими портами на протилежних узбережжях (класичний приклад — Азія—Північна Америка із перетином США/Канади залізницею), що скорочує час порівняно з обхідним морським шляхом [12]. Mini-bridge — схема, коли контейнер іде морем до портового хаба, далі суходолом до внутрішнього пункту призначення (наприклад, порт Західного узбережжя США → залізницею до внутрішнього інтермодального вузла) [12], [13]. Micro-bridge — варіант, у якому суходільний сегмент коротший і з'єднує порт з близьким інланд-портом або терміналом, дозволяючи розвантажити припортову інфраструктуру і спростити митні процедури за рахунок перенесення їх углиб країни [13]. Практична цінність «мостів» полягає у скороченні транзитного часу, зменшенні ризиків портових заторів, диверсифікації маршрутів і підвищенні надійності сервісу; водночас критично важлива пропускна спроможність суходільних коридорів і доступність інтермодальних терміналів [7], [12]. Для України релевантними є моделі «мікро-брідж» і «міні-брідж» між дунайськими портами/портами Чорного моря й інланд-терміналами західного кордону, що дозволяє перерозподіляти потоки і підвищувати стійкість ланцюгів постачання [10], [11].

Рекомендована література

1. Christopher M. Logistics & Supply Chain Management. London: Pearson, 2016.
2. European Commission. Sustainable and Smart Mobility Strategy. Brussels: EC, 2020.
3. FIATA. Model Rules for Freight Forwarding and eFBL Framework. Zurich: FIATA, 2022–2023.
4. European Commission. eFTI Regulation – Electronic Freight Transport Information. Brussels: EC, 2020.
5. Rushton A., Croucher P., Baker P. The Handbook of Logistics and Distribution Management. London: Kogan Page, 2022.
6. European Commission. TEN-T Policy and Core Network Corridors. Brussels: EC, 2021.
7. Port of Rotterdam Authority. Port Community System and Hinterland Connectivity Reports. Rotterdam: PoR, 2022.
8. ISO 14083:2023. Quantification and reporting of GHG emissions for transport chains.

9. ERA. ERTMS/ETCS Deployment Plans and Interoperability Requirements. Brussels: ERA, 2021–2023.

10. Ministry for Communities, Territories and Infrastructure Development of Ukraine. Transport Sector Updates. Kyiv: 2023–2024.

11. SE "Ukrzaliznytsia". Інтермодальні термінали та прикордонні переходи: аналітика. Київ: 2022–2023.

12. Association of American Railroads. Land-bridge and Mini-bridge Operations Overview. Washington, DC: AAR, 2021.

13. OECD/ITF. Ports and Inland Connections: Dry Ports and Intermodal Terminals. Paris: OECD Publishing, 2019.

Тема 12. Технічне забезпечення мультимодальних перевезень

Технічне забезпечення мультимодальних перевезень охоплює сукупність стандартів, засобів і технологій, які забезпечують безпечно, ефективно й сумісне виконання операцій перевезення, перевантаження, зберігання та контролю вантажів у ланцюгах «двері–до–дверей». Ключову роль відіграє контейнеризація (ISO-контейнери), універсальні та спеціалізовані вантажні одиниці (swap bodies, трейлери Ro-Ro, ULD в авіації), термінальна техніка (RMG/RTG, STS, reach-stackers, трактори/шасі), а також системи моніторингу й безпеки (PTI для reefers, пломбування, відеонагляд, сканери) [1]–[4]. Технічні рішення мають відповідати вимогам безпеки (ADR/IMDG/IATA DGR), екологічності (ISO 14083 для обліку викидів), досиметрії/санітарного контролю (для відповідних вантажів), а також підтримувати електронний документообіг (eB/L, eFBL, eCMR, CIM/SMGS, AWB) [5]–[8].

12.1 Вимоги до транспортних засобів

Автомобільний сегмент: контейнеровози з TWIST-LOCK під 20'/40'/45', можливість 2×20', шасі із сумісними довжинами та навантаженнями на осі; для reefers — генераторні установки (clip-on/underslung), контроль напруги і журнал подій; ADR-обладнання (вогнегасники, ADR-комплекти, таблички/маркування, EX-зони для вибухонебезпечних) [6], [9]. Залізничний сегмент: фітінгові платформи під 20'/40'/45', низькопідлогові рішення для обмеженого габариту, rocket-вагони для напівпричепів; електроживлення для рефконтейнерів у поїздах/терміналах, системи автоматичного зчеплення (де впроваджуються) та вимірювальні пункти (динамічне зважування, контролі габариту) [2], [10]. Водний сегмент: судна-контейнеровози (feeder/mainline) із розетками для reefers, системами пожежогасіння, стабілізації; річкові баржі з малими осадками під габарити шлюзів/мостів; вимірювальні прилади осадки, системи керування баластом, протипожежні та аварійні комплекти [3], [11]. Авіаційний сегмент: ULD-контейнери/піддони, сумісні з типами ПС; системи фіксації вантажу, захист підлоги, контроль центрування; для небезпечних — пакування згідно з IATA DGR/IMO, температурні датчики для фармацевтики [7]. Спільною вимогою є наявність систем відстеження (GPS/GLONASS, телематика), можливість передавання статусів (gate in/out, loaded/discharged), а також сумісність з платформами PCS/TMS для наскрізного моніторингу SLA [4], [8].

12.2 Стандарти контейнеризації та перевезення укрупнених вантажних одиниць

Базові стандарти: ISO 668 (класифікація, розміри, маси), ISO 1496 (вимоги до контейнерів), ISO 6346 (кодування й маркування контейнерів), ISO 3874 (правила кріплення/переміщення), а також стандарти reefer-екіпіровки (розетки, напруга, PTI-процедури) [1], [12]. Для змінних кузовів/трейлерів — вимоги UIC/EN, сумісність із rocket-вагонами; для Ro-Ro — норми кріплення на палубі та тягові пристрої; для ULD — стандарти IATA/ISO щодо габаритів, міцності, методів кріплення [7], [10]. Кріплення і безпека: застосування twist-lock, ланцюгів/строп, кутових фітінгів,

перевірка CSC-пластини (Container Safety Convention), контроль придатності контейнера (vident/CSC inspection), пломбування із фіксацією номерів у транспортних документах; для небезпечних вантажів — окремі карти сумісності та схеми розміщення [5], [9], [12]. Забезпечення якості reefers: регулярні PTI, журнал температур (data-loggers), аварійні протоколи при відхиленнях; наливні/газові — відповідність ADR/IMDG, випробування цистерн, перевірка клапанів та дегазація [6], [11].

12.3 Сучасні транспортно-технологічні системи доставки вантажів

Портові та інтермодальні термінали використовують STS-крани з автоматизованими циклами, RMG/RTG з системами позиціонування, автоматизовані склади (AS/RS) та AGV/ATS у великих хабах; TOS (Terminal Operating System) інтегрована з PCS і системами перевізників, що забезпечує time-slot керування, оптимізацію черг і скорочення dwell time [3], [4], [13]. У хінтерланді застосовують регулярні інтермодальні поїзди фіксованих слотів, баржеві сервіси, крос-докінг і pre-sorting на dry ports, що зменшує навантаження на припортову інфраструктуру. Цифрові рішення включають Track&Trace з подієвими повідомленнями (ETA/ATA, gate in/out), е-документи (eB/L, eFBL, eCMR), IoT-сенсори для температури/вібрації/шоків, відеоаналітику безпеки; для планування — цифрові двійники вузлів і коридорів, імітаційні моделі для розкладів та пропускної спроможності [8], [13], [14]. Екологічні інновації: електрифікація термінальної техніки (електро-RTG/RMG, гібридні тягачі), shore-power у портах, використання альтернативних палив (LNG, біопаливо), оптимізація маршрутів для зниження CO₂-інтенсивності й відповідність ISO 14083 [2], [8], [15]. В українському контексті пріоритетами є модернізація інтермодальних терміналів, підвищення якості залізничних платформ/електроживлення для reefers, розгортання систем е-документообігу, а також впровадження вимог безпеки та стандартизації кріплень на стиках з ЄС [10], [11], [16]. Системне дотримання стандартів і впровадження сучасних технологій знижують ризики пошкоджень і затримок, підвищують пропускну спроможність і прозорість ланцюгів, створюючи стійкі передумови для зростання частки мультимодальних сервісів.

Рекомендована література

1. ISO 668:2020. Series 1 freight containers — Classification, dimensions and ratings.
2. European Commission. Sustainable and Smart Mobility Strategy. Brussels: EC, 2020.
3. Port of Rotterdam Authority. Terminal Operations and Equipment Guidelines. Rotterdam: PoR, 2022.
4. World Bank. Trade and Transport Corridor Management Toolkit. Washington, DC: World Bank, 2017.
5. IMO. International Maritime Dangerous Goods (IMDG) Code, 2022 Edition.
6. UNECE. ADR – European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road, latest edition.
7. IATA. Dangerous Goods Regulations (DGR) and ULD Regulations. Montreal: IATA, 2024.
8. FIATA. eFBL Framework and Model Rules. Zurich: FIATA, 2022–2023.
9. Directive (EU) 96/53/EC on weights and dimensions (and amendments).
10. UIC Leaflets: Intermodal wagons and loading guidelines, latest editions.
11. Classification Societies Guidelines (IACS) for cargo handling and reefer operations.
12. ISO 1496 / ISO 6346 / ISO 3874: Containers — Testing, coding and handling.
13. Terminal Operating Systems: Best Practices (industry white papers, 2020–2024).
14. Digital Twins in Ports and Logistics: State-of-the-Art Reports, 2021–2024.
15. ISO 14083:2023. GHG emissions for transport chains.
16. Ministry for Communities, Territories and Infrastructure Development of Ukraine. Technical notes on intermodal terminals, 2023–2024.

Тема 13. Інформаційне та документальне забезпечення мультимодальних перевезень

Інформаційне та документальне забезпечення мультимодальних перевезень формує «нервову систему» ланцюгів постачання: воно визначає спосіб циркуляції даних, юридичну силу документів, сумісність ІТ-систем і прозорість операцій, а отже безпосередньо впливає на швидкість, вартість і надійність сервісу [1]–[3]. У центрі — цифрова інтероперабельність між перевізниками, терміналами, експедиторами, митними органами і банками, яка базується на стандартах обміну, ідентифікації та безпеки, а також на визнанні електронних транспортних документів (eB/L, eFBL, eCMR, e-CIM/SMGS, e-AWB) й узгоджених бізнес-процесах [4]–[7].

13.1 Інформаційні системи управління ММПВ

Керування інформаційними потоками в мультимодальних ланцюгах спирається на інтеграцію TMS (Transportation Management System), WMS (Warehouse Management System), портових спільнот PCS, систем перевізників (liner portals, rail/air cargo systems), а також на корпоративні ERP [2], [8]. Ці системи мають підтримувати наскрізний Track&Trace на рівні подій (ETA/ETD, gate in/out, loaded/discharged, customs release), обмін статусами через API/EDI та узгоджені довідники (UN/LOCODE, BIC, HS-коди, ISO-коди контейнерів) [5], [9]. Вимога «once-only» передбачає одноразове введення первинних даних із подальшим багаторазовим використанням у різних системах; це мінімізує помилки і час обробки. На рівні кібербезпеки застосовують контроль доступу, журналювання дій, шифрування даних на транзиті/зберіганні, політики ІБ відповідно до ISO/IEC 27001/27002 [10]. Сучасні практики включають: (1) eFTI-сумісні шлюзи для обміну регуляторною інформацією в ЄС; (2) IATA ONE Record та e-AWB в авіа; (3) цифрові двійники вузлів/коридорів для моделювання пропускної здатності й «що-якщо» сценаріїв; (4) IoT-сенсори та телематику для рефконтейнерів/небезпечних вантажів; (5) довірчі реєстри/сертифікацію е-документів (eFBL із верифікацією автентичності) [6], [7], [11], [12].

13.2 Електронні мережі та системи відстеження

Відстеження (visibility) забезпечується подієвими повідомленнями з вузлів і перевізників (port call, gate, loading/discharge, rail handover), телематикою транспортних засобів і контейнерів, а також інтеграцією із зовнішніми даними (метео, гідрологія, прикордонні черги) [8], [9], [13]. Для уніфікації EDI застосовують повідомлення UN/CEFACT/EDIFACT (IFTMBF/IFTMCS — бронювання/підтвердження, IFTMBC — контракт, COPARN/COPRAR — портові операції, CODECO/COARRI — gate/корабельні події), а також API профілі, що віддзеркалюють ці бізнес-події [5], [14]. GS1-стандарти (SSCC, GTIN, GLN) забезпечують ідентифікацію вантажних одиниць і локацій у ланцюгу, а ISO 15459 — глобальну унікальність ідентифікаторів; для контейнерів — коди BIC (ISO 6346) [9], [15]. В авіації застосовується e-AWB та архітектура ONE Record; у морі — цифрові коносаменти (eB/L) з ендорсментом і контрольованим доступом; для автоперевезень — eCMR, який юридично прирівнює електронну накладну до паперової в країнах, що приєдналися до Протоколу 2008 року [4], [7]. Для залізниці використовують e-CIM/SMGS, зокрема спільний бланк CIM/SMGS у цифровій формі; це полегшує стики різної ширини колії та скорочує час формальностей [16]. Системи Track&Trace інтегрують контроль SLA з оповіщеннями про відхилення (ETA shift, температурні тривоги для reefers, розгерметизація пломб), що дозволяє проактивні дії (перебронювання, переключення на резервні вузли) і документування причин відхилень для претензійної роботи [12], [13].

13.3 Основні документи: мультимодальний коносамент, накладна FIATA, страхові документи

Мультимодальний коносамент (Multimodal Transport B/L) і FIATA Multimodal Transport Bill of Lading (FBL) виконують функції підтвердження приймання вантажу, доказу договору та, за потреби, товаророзпорядчого документа; eFBL надає електронну форму з перевіркою автентичності через довірчий реєстр FIATA [6], [11]. FCR (Forwarder's Certificate of Receipt) підтверджує приймання вантажу експедитором без зобов'язання перевезення; FCT (Forwarder's Certificate of Transport) засвідчує зобов'язання організувати перевезення; FWR (FIATA Warehouse Receipt) використовується для складських операцій і може слугувати забезпеченням у фінансуванні запасів [11]. Для морських ділянок застосовують класичний коносамент (B/L) або морську накладну (sea waybill); для авто — CMR/eCMR; для залізниці — CIM/SMGS; для авіа — AWB/e-AWB. Страхові документи охоплюють поліси cargo (Institute Cargo Clauses A/B/C) та страхування відповідальності перевізника/експедитора; у розрахунках із використанням документарних акредитивів застосовуються правила UCP 600, які висувають конкретні вимоги до документів (точність реквізитів, відповідність умовам L/C, строки подання) [17]. Юридична сила електронних документів залежить від національного права і міжнародних угод; у ЄС взаємодія з державними органами у сфері перевезень поступово переводиться на eFTI-сумісний обмін, а банки дедалі частіше приймають е-документи за умови дотримання вимог ідентифікації, цілісності і простежуваності [4], [7], [17]. Практичні вимоги до документів включають точний опис вантажу, ваги/об'єм, кількість місць, маркування, коди небезпечності (UN-номер, клас), пломби, інструкції щодо температури; реквізити повинні узгоджуватися між усіма документами, щоб уникнути зупинок і штрафів. Електронний документообіг скорочує час і витрати, але потребує керування доступом, журналювання змін, цифрових підписів і узгодженої політики зберігання/архівування для цілей митного/банківського аудиту [10], [12], [17].

Рекомендована література

1. Christopher M. Logistics & Supply Chain Management. London: Pearson, 2016.
2. Rushton A., Croucher P., Baker P. The Handbook of Logistics and Distribution Management. London: Kogan Page, 2022.
3. World Bank. Trade and Transport Corridor Management Toolkit. Washington, DC: World Bank, 2017.
4. European Commission. eFTI Regulation – Electronic Freight Transport Information. Brussels: EC, 2020.
5. UN/CEFACT. Core Components and EDIFACT Directories. Geneva: UNECE, latest.
6. FIATA. eFBL Trust Framework and Model Rules. Zurich: FIATA, 2022–2024.
7. Additional Protocol to the CMR concerning the electronic consignment note (eCMR), Geneva, 2008.
8. DCSA (Digital Container Shipping Association). API Standards for Container Shipping. 2020–2024.
9. GS1. Identification Standards (GTIN, GLN, SSCC). Brussels: GS1, 2022.
10. ISO/IEC 27001:2022. Information security management systems — Requirements.
11. FIATA. FCR/FCT/FWR – Explanatory Notes. Zurich: FIATA, 2019.
12. Port Community Systems: Best Practices and Case Studies. Industry white papers, 2020–2024.
13. Port of Rotterdam Authority. Track&Trace and PCS Visibility Guides. Rotterdam: PoR, 2022.
14. UN/CEFACT Buy-Ship-Pay Reference Data Model. Geneva: UNECE, 2020–2023.
15. ISO 15459 / ISO 6346. Unique identification for transport units and containers.
16. CIT. e-CIM/SMGS Consignment Note – Manual. Bern: CIT, 2021.
17. ICC. UCP 600 – Uniform Customs and Practice for Documentary Credits. Paris: ICC, 2007.

Тема 14. Економічна оцінка мультимодальних перевезень

Економічна оцінка мультимодальних перевезень охоплює розрахунок собівартості й наскрізного фрахту, формування тарифів і сукупних логістичних витрат та аналіз доцільності

альтернативних маршрутів із врахуванням невизначеності й ризиків. Мета — забезпечити мінімум загальних витрат при заданих рівнях сервісу (час, надійність, безпека) або максимізувати корисність/маржинальність з урахуванням обмежень інфраструктури, регуляторики та контрактних умов [1]–[3]. Оцінювання здійснюється на стратегічному (вибір коридорів і мережевої архітектури), тактичному (договірні схеми, SLA, пул терміналів) й оперативному рівнях (замовлення-за-замовленням) з використанням калькуляцій прямих/непрямих витрат, моделей розподілу накладних і ризик-скоригованих показників [2], [4].

14.1 Розрахунок собівартості та наскрізного фрахту

Собівартість мультимодальної послуги включає прямі витрати (фрахт на кожній ділянці, термінальні збори, перевантаження, перша/остання миля, паливо/енергія, плата за простой і демаредж/детеншн, документообіг і брокерські послуги) та непрямі (адміністративні витрати, ІТ-інтеграція, страхові премії, інфраструктурні внески/плати, резерви) [3], [5]. Наскрізний фрахт (all-in through gate) формується як сума витрат на сегментах із додаванням маржі оператора та, за необхідності, коригувальних коефіцієнтів (сезонність, паливні індекси BAF/CAF, пікові надбавки, воєнний/страховий ризик). Базова формула: $TR = \sum(F_i + T_i + H_i) + L/D + B + M$, де F_i — фрахт на сегменті i , T_i — термінальні/портові збори, H_i — витрати на обробку/перевантаження, L/D — лойдовські збори/страхування відповідальності, B — буфери на непередбачені витрати, M — маржа [1], [6]. Для контейнерних сервісів окремо враховують демаредж/детеншн (порт/термінал/лінія) за довідниками перевізників; для рефконтейнерів — енерговитрати та РТІ [7]. При калькуляції собівартості використовують метод повних витрат (absorption costing) та ABC-калькуляцію (activity-based costing) для розподілу накладних за драйверами витрат (кількість перевантажень, годин роботи обладнання, кілометри пробігу, кількість документів) [2], [4], [8]. Специфікою мультимодальності є «приховані» витрати: втрати від варіабельності лід-тайму (safety stock), конвертація валюти, плата за резервні потужності, штрафи за SLA, витрати на простой у чергах та на кордоні — вони мають бути включені до наскрізної калькуляції [5], [9].

14.2 Визначення тарифів та загальних витрат на перевезення

Тарифоутворення спирається на поєднання витратного підходу (cost-plus), ринкової кон'юнктури (spot/контрактні ставки) та цінності для клієнта (value-based), із сегментацією за товарними групами, маршрутом і вимогами до сервісу [1], [6]. Загальні витрати на перевезення (Total Landed Cost, TLC) включають: фрахт і тарифи за видами транспорту; термінальні/портові збори; документарні та брокерські послуги; страхові премії; податки/мита/збори; витрати на запас (safety stock) через варіабельність часу; вартість капіталу, замороженого у вантажі; екологічні платежі/квоти; витрати на ризики затримок (пеналі, перенацілювання) [3], [5], [10]. Для порівняння альтернатив TLC нормалізують до однієї одиниці (за т, за TEU, за відправку) та приводять до теперішньої вартості (NPV) за ставкою дисконту r , якщо розгляд довгостроковий. Формули: $TLC = \sum \text{direct} + \sum \text{indirect} + \text{RiskAdj}$; $NPV = \sum_{t=0..T} (CF_t)/(1+r)^t$. За потреби використовують життєвий цикл (LCC) для інфраструктурних/довгострокових контрактів [4], [8]. Паливні індекси (BAF, CAF), індекси портових зборів і доступності контейнерів/вагонів (equipment imbalance) переводяться в коригувальні надбавки; у договорах доцільно закладати механізм індексації тарифів за публічними індикаторами (наприклад, Drewry, Platts) [6], [11]. На практиці застосовують дворівневе ціноутворення: фіксація «коридорної» ставки на базові обсяги + плаваючі компоненти на пік/форс-мажор; для підвищення передбачуваності — SLA з бонус-малус за KPI (OTIF, dwell time) [9], [12].

14.3 Оцінка доцільності маршрутів в умовах ризику

Порівняння альтернатив здійснюють із використанням ризик-скоригованих метрик та сценарного/імовірнісного аналізу. Для стохастичних затримок (прикордонні переходи, портові

черги, метео) будують сценарії ω з імовірностями $p(\omega)$ і розподілами часу/вартості; далі обчислюють очікуваний TLC, дисперсію та CVaR (умовний ризик понад заданий квантиль) за часом і вартістю [13], [14]. Критерії вибору: мінімізація очікуваного TLC; мінімізація CVaR_T (за часом) при обмеженні на очікуваний TLC; мінімізація інтегрального індексу $I = \sum w_i * u_i$ (час, вартість, надійність, екологія), де ваги w_i визначені АНР/ентропійно [2], [3]. В умовах неповної інформації застосовують баєсівські підходи до оновлення оцінок параметрів (наприклад, середнього часу простою або ймовірності затримки) за надходженням нових даних; це дозволяє адаптивний вибір маршрутів у реальному часі [12], [15]. Рішення мають обов'язково супроводжуватися аналізом чутливості: як змінюється вибір при $\pm\Delta\%$ тарифів, часу стиків, вартості запасу, страхових премій, курсу валют; інвестиційні рішення для терміналів/обладнання оцінюють через NPV/IRR/Payback з урахуванням ризик-премії [4], [8], [10]. З практичної точки зору, доцільно формувати «пул дозволених альтернатив» із заздалегідь перевірених коридорів і вузлів, а на оперативному рівні — обирати маршрут із цього пулу за поточними даними тарифів і завантаження терміналів, застосовуючи TOPSIS/VIKOR або простий зважений індекс; це поєднує стабільність і гнучкість [2], [9], [12].

Рекомендована література

1. Christopher M. Logistics & Supply Chain Management. London: Pearson, 2016.
2. Belton V., Stewart T. Multiple Criteria Decision Analysis. Boston: Springer, 2002.
3. Lowe D. Multimodal Transport Handbook. London: Kogan Page, 2021.
4. World Bank. Trade and Transport Corridor Management Toolkit. Washington, DC: World Bank, 2017.
5. Rushton A., Croucher P., Baker P. The Handbook of Logistics and Distribution Management. London: Kogan Page, 2022.
6. Drewry. Container Freight Rate Benchmarks and Methodology. London: Drewry, 2020–2024.
7. Carrier Tariff & Free Time Schedules (Detention & Demurrage). Official line publications, 2020–2024.
8. Kaplan R.S., Cooper R. Cost & Effect: Using Integrated Cost Systems to Drive Profitability. Boston: Harvard Business School Press, 1998.
9. Port of Rotterdam Authority. Port Tariffs and Dwell Time Analytics. Rotterdam: PoR, 2022.
10. ICC. Incoterms® 2020. Paris: ICC, 2019.
11. Platts / S&P Global. Bunker Adjustment Factors and Fuel Indexes. 2020–2024.
12. FIATA. Model Rules and eFBL Framework. Zurich: FIATA, 2022–2023.
13. ISO 14083:2023. Quantification and reporting of GHG emissions for transport chains.
14. Rockafellar R.T., Uryasev S. Conditional Value-at-Risk. Journal of Banking & Finance, 2002.
15. Berger J.O. Statistical Decision Theory and Bayesian Analysis. Springer, 1985.

Тема 15. Управління ризиками в мультимодальних перевезеннях

Управління ризиками в мультимодальних перевезеннях — це системна діяльність із виявлення, аналізу, оцінювання, оброблення (зменшення/передача/утримання) та моніторингу ризиків, що впливають на час, вартість, безпеку та правову відповідальність у ланцюгах «двері–до–дверей». Ризик-менеджмент інтегрується у планування маршрутів, вибір видів транспорту й терміналів, структуру договорів і страхового покриття, а також у цифровий моніторинг подій [1]–[3]. Базова рамка спирається на стандарти ISO 31000 (принципи і процеси управління ризиками) та IEC 31010 (методи оцінювання ризиків), а також галузеві норми безпеки (ADR/IMDG/IATA DGR) і відповідальності (CMR, морські правила, CIM/SMGS, Монреальська конвенція) [4]–[8].

15.1 Види ризиків (політичні, технічні, організаційні, митні, комерційні, фінансові, форс-мажорні)

Політичні ризики охоплюють воєнні дії, санкції, раптові зміни регуляторики, закриття коридорів, блокади портів; наслідки — зміна маршрутів, зростання страхових премій, перебої з сервісами [2], [9]. Технічні ризики пов'язані з відмовами обладнання (локомотиви, крани, genset для reefers), дефектами транспортних засобів/контейнерів, неправильним кріпленням, порушенням температурних режимів; наслідки — пошкодження/втрата вантажу, затримки, додаткові витрати [5], [10]. Організаційні ризики виникають через неузгодженість графіків, помилки в документах, нестачу обладнання (контейнери/вагони/шасі), брак слотів у терміналах, низьку якість комунікацій; наслідки — простій, демаредж/детенши, штрафи за SLA [3], [11]. Митні ризики — недостовірні/неповні дані, помилки класифікації товарів, порушення строків транзиту, відсутність дозвільних документів; наслідки — зупинки, штрафні санкції, арешт вантажу [6], [12]. Комерційні ризики включають неплатежі контрагентів, зміну ставок фрахту, відмову сервіс-провайдерів, шахрайство з документами; фінансові ризики — коливання валют, відсоткових ставок, інфляції; обидві групи впливають на маржинальність і ліквідність [1], [13]. Форс-мажорні ризики: стихійні лиха, метео/гідрологічні обмеження, епідемії, страйки; наслідки — припинення сервісів, перенавантаження на альтернативні коридори, зростання часу/вартості [2], [9]. Крос-категорії: безпекові (крадіжки/піратство/вандалізм), ESG/екологічні (викиди, «зелені» податки), кіберризики (атаки на PCS/TMS, підробка е-документів) — вони потребують окремої уваги й технічних/організаційних контролів [7], [14].

15.2 Методи аналізу та управління ризиками (зокрема за теоремою Байєса)

Процес оцінювання починають із реєстру ризиків (Risk Register) із визначенням сценаріїв, причин, наслідків, чинних контролів та власників ризиків. Методи: якісні (експертні опитування, матриці «імовірність × наслідок», HAZID), напівкількісні (скоринг/ранжування) та кількісні (FTA/ETA — дерева відмов і подій; FMEA — аналіз видів і наслідків відмов; Монте-Карло симуляції; сценарний аналіз; stress-testing) [4], [15]. Для стохастичних затримок і відхилень SLA застосовують імовірнісні моделі часу очікування та черг, для вартості — розподіли тарифів і премій. Байєсівський підхід дозволяє оновлювати оцінки ризикових параметрів за надходженням нових даних. Якщо θ — невідомий параметр (наприклад, середня затримка на кордоні), а D — нові спостереження, то а posteriori $p(\theta|D) \propto p(D|\theta) p(\theta)$. Для бінарної події затримки «SLA-провал/успіх» з апіорною $Beta(\alpha, \beta)$ і n спостереженнями, серед яких k провалів, апостеріорний розподіл — $Beta(\alpha+k, \beta+n-k)$; очікувана ймовірність провалу оновлюється як $E[p|D] = (\alpha+k)/(\alpha+\beta+n)$. Це дозволяє динамічно коригувати буфери часу, страхові суми і пріоритети маршрутів [16], [17]. Для багатокритеріального вибору анти-ризикових дій застосовують АНР/АНР з урахуванням ефективності, вартості й впливу на SLA; ризик-міри (VaR/CVaR) використовують для обмеження «хвостових» втрат часу/вартості. CVaR $_{\alpha}$ оцінює середній збиток понад квантиль α і служить мішенню мінімізації при збереженні очікуваної економії [14], [18]. Типові стратегії оброблення ризиків: уникнення (зміна маршруту/порту), зменшення (буфери часу, резервне обладнання, подвійні слоти, попереднє декларування), передача (страхування cargo/liability, фінансові хеджі), утримання (франшиза/ліміти) з постійним моніторингом КРІ/сигналів [1], [4], [11].

15.3 Страхування відповідальності учасників мультимодального перевезення

Страховий блок поділяється на страхування вантажу (cargo) і страхування відповідальності (liability). Cargo-поліси базуються на Institute Cargo Clauses (ICC A/B/C) з покриттям «all risks» (ICC A) або обмеженим (ICC B/C); важливі умови — перелік виключень (звичайна усушка/витік, неналежне пакування, прострочення), франшиза, умови температурного режиму, вимоги до пломбування й журналів (для reefers) [19]. Страхування відповідальності перевізників/експедиторів покриває вимоги за втрату/пошкодження/прострочення відповідно до застосовного права/договору: CMR для авто, Гаага-Вісбі/Гамбург/Роттердам — для моря, CIM/SMGS — для залізниці, Монреаль — для авіа; ліміти відповідальності часто встановлені у SDR на кг/місце/партію, і поліс має їх віддзеркалювати [6]–[8], [20]. Для мультимодальних договорів із «мережевою» відповідальністю

страховики погоджують покриття, що враховує найсуворішу ланку; для «єдиної» — застосовують уніфіковані ліміти на весь маршрут (за домовленістю) [3], [5]. Додаткові інструменти: поліси «war & strikes», страхування затримок (delay in start-up/DSU для проєктних логістик), гарантії та акредитиви (UCP 600) — вони знижують контрагенто- та платіжні ризики. Важливо узгодити страхові умови з Incoterms® 2020: наприклад, за CIF/CIP обов'язок страхування лежить на продавцеві (мінімальне покриття для CIF; для CIP рекомендоване розширене) [21]. Процедури врегулювання збитків вимагають своєчасного нотису, фіксації пошкоджень (фото/акт), залучення сюрвеєра, збереження доказів (пломби, журнали температур), дотримання претензійних строків за конвенціями; електронні документи (eFBL/eB/L/eCMR) приймаються за умови належної ідентифікації та цілісності [7], [11], [19].

Рекомендована література

1. Christopher M. Logistics & Supply Chain Management. London: Pearson, 2016.
2. World Bank. Trade and Transport Corridor Management Toolkit. Washington, DC: World Bank, 2017.
3. Lowe D. Multimodal Transport Handbook. London: Kogan Page, 2021.
4. ISO 31000:2018. Risk management — Guidelines.
5. IEC 31010:2019. Risk management — Risk assessment techniques.
6. Convention on the Contract for the International Carriage of Goods by Road (CMR), 1956; eCMR Protocol, 2008.
7. FIATA. eFBL Framework and Model Rules. Zurich: FIATA, 2022–2024.
8. COTIF/CIM and SMGS — International rail carriage regimes. CIT Manuals, 2021.
9. OECD/ITF. Supply Chain Resilience and Shocks. Paris: OECD, 2022.
10. IMO. Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing (CSS Code), latest; IMDG Code, 2022.
11. Port of Rotterdam Authority. Incident Management & Claims Handling Guidelines. Rotterdam: PoR, 2022.
12. Митний кодекс України : Закон України від 13.03.2012 № 4495-VI (із змінами).
13. ICC. Incoterms® 2020. Paris: ICC, 2019.
14. ISO 27001:2022. Information security management systems — Requirements.
15. Berger J.O. Statistical Decision Theory and Bayesian Analysis. Springer, 1985.
16. Gelman A. et al. Bayesian Data Analysis. Chapman & Hall/CRC, 2013.
17. Jaynes E.T. Probability Theory: The Logic of Science. Cambridge University Press, 2003.
18. Rockafellar R.T., Uryasev S. Conditional Value-at-Risk. Journal of Banking & Finance, 2002.
19. Institute Cargo Clauses (A/B/C). London: Lloyd's Market Association, latest.
20. Montreal Convention 1999; Hague-Visby Rules 1968; Hamburg Rules 1978; Rotterdam Rules 2008.
21. ICC. UCP 600 – Uniform Customs and Practice for Documentary Credits. Paris: ICC, 2007.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Berger J. O. *Statistical Decision Theory and Bayesian Analysis*. — Springer, 1985. — 448 с.
2. Бондаренко С. Ю. *Мультимодальні перевезення: правове регулювання та практика*. — Одеса: Астропринт, 2018. — 320 с.
3. *Convention on the Contract for the International Carriage of Goods by Road (CMR), 1956; eCMR Protocol, 2008*.
4. Christopher M. *Logistics & Supply Chain Management*. — London: Pearson, 2016. — 352 с.
5. FIATA. *eFBL Framework and Model Rules*. — Zurich: FIATA, 2022–2024.
6. FIATA. *Model Rules for Freight Forwarding Services*. — Zurich: FIATA, 2019.
7. Gelman A. et al. *Bayesian Data Analysis*. — Chapman & Hall/CRC, 2013. — 675 с.
8. Грабовець В. В. *Загальний курс транспорту: Методичні вказівки до практичних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» галузі знань «Транспорт» спеціальності 275.03 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» денної та заочної форм навчання*. — Луцьк: ЛНТУ, 2025. — 47 с.
9. Гриценко О. М. (ред.) *Загальний курс транспорту: підручник*. — К.: Видавництво «Логос», 2020. — 500 с.
10. *Hague-Visby Rules, 1968*.
11. *Hamburg Rules, 1978*.
12. ICC. *Incoterms® 2020*. — Paris: ICC, 2019. — 120 с.
13. ICC. *UCP 600 – Uniform Customs and Practice for Documentary Credits*. — Paris: ICC, 2007. — 36 с.
14. IEC 31010:2019. *Risk management — Risk assessment techniques*.
15. IMO. *Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing (CSS Code), latest; IMDG Code, 2022*.
16. *Institute Cargo Clauses (A/B/C)*. — London: Lloyd's Market Association, latest.
17. ISO 27001:2022. *Information security management systems — Requirements*.
18. ISO 31000:2018. *Risk management — Guidelines*.
19. Jaynes E. T. *Probability Theory: The Logic of Science*. — Cambridge: Cambridge University Press, 2003. — 758 с.
20. Женченко М. *Управління мультимодальними перевезеннями в системі цифрової логістики : монографія*. — Київ : Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка, 2023. — 256 с.
21. *Комбіновані перевезення в Європі: аналітичний огляд*. — Брюссель: Європейська комісія, 2021. — 150 с.
22. Крейденко В. *Мультимодальні перевезення в Україні: правові та економічні аспекти : монографія*. — Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. — 210 с.

23. Крикавський Є. В., Наконечна О. В. Логістика. — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019. — 412 с.
24. Ломотко Д. В. (ред.) Науково-технічні дослідження у галузі транспорту : колективна монографія. Вип. 2 / кол. авт. ; Академія технічних наук України. — Івано-Франківськ : Кушнір Г. М., 2022. — 216 с. — ISBN 978-617-7926-27-5.
25. Lowe D. Multimodal Transport Handbook. — London: Kogan Page, 2021. — 320 с.
26. Миротин Л. Б. Транспортна логістика. — М.: Инфра-М, 2020. — 368 с.
27. Митний кодекс України: Закон України від 13.03.2012 № 4495-VI (із змінами).
28. Montreal Convention, 1999.
29. Ільченко С. В. (ред.) Мультимодальні та інтермодальні перевезення: теорія та практика державного регулювання : монографія / С. В. Ільченко [та ін.]. — Одеса : НАН України, Ін-т пробл. ринку і екон.-еколог. досліджень, 2023. — 280 с.
30. OECD/ITF. Supply Chain Resilience and Shocks. — Paris: OECD, 2022. — 180 с.
31. Платонов О. І., Терещенко С. В. Мультимодальні перевезення вантажів дорожнім транспортом: перспективи та кроки до впровадження : [практ. посіб.]. — Одеса : ПЛАСКЕ, 2021. — 443 с.
32. Port of Rotterdam Authority. Incident Management & Claims Handling Guidelines. — Rotterdam: PoR, 2022. — 90 с.
33. Rockafellar R. T., Uryasev S. Conditional Value-at-Risk. — Journal of Banking & Finance, 2002. — Vol. 26, No. 7. — P. 1443–1471.
34. Rotterdam Rules, 2008.
35. Скокова Л. Культурно-логістичні практики в мультимодальних перевезеннях: український контекст : монографія. — Київ : Інститут культурології НАМ України, 2024. — 180 с.
36. Ткаченко А. В. Інтермодальні та мультимодальні перевезення в системі міжнародної транспортної логістики : монографія. — Ужгород : УжНУ, 2021. — 195 с.
37. Федько В. П. Розвиток мультимодальних перевезень у контексті своїнтеграції України : монографія. — Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2023. — 240 с.
38. Шапран М. С. (ред.) Логістика мультимодальних перевезень: виклики та інновації : колективна монографія / кол. авт. — Дніпро : ДНУ імені Олесея Гончара, 2024. — 300 с.
39. UNCTAD. Review of Maritime Transport 2022. — Geneva: United Nations, 2022. — 200 с.
40. World Bank. Trade and Transport Corridor Management Toolkit. — Washington, DC: World Bank, 2017. — 250 с.
41. Яценко О. М. Правове регулювання мультимодальних перевезень в Україні: поствоєнний розвиток : монографія. — Київ : НЮУ імені Ярослава Мудрого, 2025. — 220 с.

Навчально-методичне видання

Логістичне проектування мультимодальних перевезень [Текст]: Конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти освітньої програми «Транспортно-логістичні системи автомобільних перевезень» галузь знань J Транспорт та послуги спеціальності J8 Автомобільний транспорт денної та заочної форм навчання / уклад.: Грабовець В.В. - Луцьк: ЛНТУ, 2025. 35 с.

Комп'ютерний набір та верстка: В. Грабовець

Редактор: в авторській редакції

Підп. до друку «___» _____ 2025р.
Форм. 60x84/16. Папір офс. Гарнітура Times.
Ум.друк. арк.. _____. Обл.-вид. арк.. – _____.
Тираж 50 прим. Зам. _____.

Редакційно-видавничий відділ
Луцького національного технічного університету
43018, м.Луцьк, вул. Львівська, 75
Друк – ІВВ ЛНТУ