

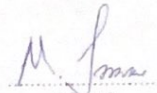
**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
Факультет транспорту і будівництва
Кафедра логістичного управління та безпеки руху на транспорті**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломної кваліфікаційної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня магістр**

галузі знань 27 – «Транспорт»
спеціальності 275 – «Транспортні технології (автомобільний транспорт)»

на тему: «Підвищення ефективності управління вантажопотоками в міжнародних транспортних коридорах»

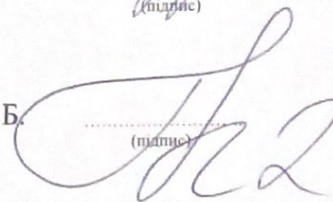
Виконав: здобувач вищої освіти
групи ОПАТ-21дм
Ігнатенко М.А.


(підпис)

Керівник: доц. Мірошникова М.В.


(підпис)

Завідувач кафедри: проф. Чернецька-Білецька Н.Б.


(підпис)

Київ – 2022

ВСТУП

Актуальність теми. Світова транспортна система зараз переживає процес глибоких, фундаментальних змін. Одержано інтенсивні імпульси для розвитку процесів створення єдиного торгового ринку на різних континентах, істотно спрощено процедуру перетинання кордонів.

Сьогодні МТК реалізують розширений спектр транспортних послуг. Це, по-перше, доставка пасажирів і вантажів найкоротшим шляхом і в мінімальні терміни. У МТК відбувається також перевалка вантажів з одного виду транспорту на інший та їхня обробка. Весь комплекс транспортних робіт вимагає розвитку як самих шляхів сполучення (автомобільні дороги, залізничні колії), так і транспортно-складських комплексів (ТСК) по обробці і перевалці вантажів (водні і повітряні порти, залізничні станції, контейнерні термінали), усієї транспортної інфраструктури (під'їзні шляхи, ремонтні підприємства, розгалужена сфера послуг).

Особливо важливу роль у системі МТК відіграє розвиток інформаційної інфраструктури, що акумулює, обробляє, зберігає й використовує інформацію про наявність вантажу, потребу в тих або інших транспортних засобах, забезпечує безперервне спостереження за проходженням вантажів і підвищує рівень їх збереження. Існування МТК передбачає використання на конкретному напрямку переміщення пасажирів і вантажів кількох видів транспорту, а також обов'язкову наявність високо насиченої інфраструктури для їхнього обслуговування, зв'язку та сервісу. Розробка нових моделей та методів оптимізації вантажопотоків в міжнародних транспортних коридорах в даний час є досить актуальним науковим дослідженням.

Мета і завдання дослідження. Мета - підвищення ефективності управління вантажопотоками в міжнародних транспортних коридорах за рахунок розробки і впровадження моделей, методів та програмного забезпечення процесу організації мультимодальних вантажних перевезень.

Для досягнення поставленої мети в роботі визначені такі основні задачі дослідження:

- провести дослідження стану проблеми управління вантажопотоками в міжнародних транспортних коридорах;
- здійснити аналіз існуючих наукових підходів та діючих моделей і методів по управлінню вантажопотоками в міжнародних транспортних коридорах;
- розробити модель мультимодальних вантажних перевезень маршрутами міжнародних транспортних коридорів.

Об’єкт дослідження - Процес управління вантажопотоками в міжнародних транспортних коридорах.

Предмет дослідження – Закономірності формування вантажопотоків в міжнародних транспортних коридорах, які враховують обмеження на пропускні здатності транспортних вузлів і комунікацій.

Дослідницькі прийоми та методи. Методи теорії транспортних процесів і систем, окремі методики та положення системного аналізу та моделювання складних систем, методи дослідження операцій та імітаційного моделювання, методи теорії обчислювальної математики.

Наукова новизна отриманих результатів:

- розроблена модель мультимодальних вантажних перевезень маршрутами міжнародних транспортних коридорів, яка на відміну від існуючих враховує наявність обмежень на пропускні здатності транспортних вузлів і комунікацій, на незбалансованість обсягів перевезень вантажів та на взаємодію різних видів транспорту при здійсненні мультимодальних вантажних перевезень;
- удосконалено метод знаходження оптимальних планів перевезення вантажів маршрутами міжнародних транспортних коридорів, який враховує незбалансованість обсягів перевезень вантажів, а також дозволяє додатково до них отримувати відповідні маршрути транспортування вантажу.

Практичне значення отриманих результатів. Спроектована й заповнена інструментальна база даних транспортної системи України (ТСУ) та Західної Європи, що містить у собі параметри основних транспортних вузлів всіх видів транспорту, а також технічні характеристики транспортних комунікацій країни і Західної Європи дозволяє за допомогою ПІК (програмно-інструментальний

комплекс) вирішувати найрізноманітніші завдання по оптимальному управлінню вантажними перевезеннями маршрутами МТК.

Апробація результатів дипломної кваліфікаційної роботи магістра та публікації. Відповідно до теми кваліфікаційної роботи опубліковані наукові публікації у фахових виданнях України, результати роботи докладалися на студентських науково-практичних конференціях кафедри ЛУБРТ СНУ ім. В.Даля (2021-2022р.р.).

Структура і об'єм роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, 3 розділів, заключення, списку використаних джерел з 76 найменувань на 6 сторінках. Загальний об'єм кваліфікаційної роботи магістра складає 79 стор. Робота включає 18 рисунків та 3 таблиці по тексту.

1.АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖОПОТОКАМИ В ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ

1.1 Аналіз проблеми в управлінні вантажними перевезеннями в міжнародних транспортних коридорах

З початку ХХІ сторіччя в Україні відбувається процес інтенсивного формування багаторівневої ринкової економіки, на яку впливає глобалізація та інтеграція виробництва і розподілення товарів у світовій економіці. Докорінно змінюється конкурентне середовище на ринку транспортних послуг, що пов'язано з послабленням державного регулювання цієї галузі народного господарства.

При цьому головними задачами транспорту залишаються сучасне, якісне та повне задоволення потреб народного господарства та населення у перевезеннях вантажів та пасажирів, підвищення надійності та економічної ефективності його роботи.

На сьогоднішній день суттєво змінилися організаційно-економічні а також правові взаємовідносини між учасниками транспортного процесу. Виникли проблеми сумісності національних транспортних систем з європейською та міжнародною ТС. Поступово затверджуються нові транспортно-логістичні системи як транспортування, так і розподілу товарів, що чітко проявляється у зміні ролі кожного виду транспорту в обслуговуванні внутрішнього і зовнішнього вантажообігу.

Збільшення ролі вантажних перевезень в обслуговуванні міжнародного вантажообігу, підсилення ролі експедиційної діяльності у формуванні попиту та пропозиції докорінно змінило концепції транспортного ринку. З іншої сторони, створення єдиної міжнародної транспортно-логістичної системи та географічне положення транспортного простору України в якості МТК вимагає окремого аналізу управління роботи транспортних вузлів, забезпечення координації та взаємодії транспорту, результативності досягнень науково-технічного прогресу на транспорті. Процес формування міжнародної системи перевезень не

завершився. Більш того, остаточне рішення ряду проблем перевезень та освоєння нових технологій знайде своє втілення лише на межі першої чверті ХХІ сторіччя.

Тому розробка нових моделей, методів та програмного забезпечення оптимізації вантажопотоків в міжнародних транспортних коридорах, яким присвячені роботи автора [1-19], в даний час є досить актуальним науковим дослідженням.

Загальним питанням теорії транспортних процесів і систем присвячені фундаментальні роботи Воркута А.І., Четверухіна Б.М., Поліщука В.П., Левковця П.Р., Хабутдінова Р.А., Прокудіна Г.С., Коцюка О.Я., Лебідь І.Г., Міротіна Л.Б., Курганова В.М., Милославської С.В., Плужнікова К.И, Беляєва В.М., Мелікова А.З., Ейдес М.Є., Кирпи Г.М., Зайончика Л.Г., Д. Бенсона, Дж. Уайтхеда, Бронштейна О.И., Розенталя Г.О., Бусленко В.Н., Майзер Х., Эйджин Н., Тролл Р., Клейнрока Л., Кенделла Дж., Кліра Дж., Флешимана В.С. та інших вчених [20-48].

У зв'язку з остаточною зміною геополітичної ситуації в Європі, завершенням холодної війни та ліквідацією протистояння Схід-Захід у світової транспортній системі відбувається процес утворення єдиного торговельного ринку, спрощується процес перетинання кордонів, створюються міжнародні структури, починається реалізація міжнародних транспортних коридорів, котрих в Європі Другою Пан'європейською транспортною конференцією (березень 1994 р., Крит, Греція) виділено дев'ять:

1. Гельсінкі – Таллінн – Рига – Калінінград – Вроцлав;
2. Берлін – Варшава – Мінськ – Москва – Нижній Новгород;
3. Берлін – Вроцлав – Краків – Київ;
4. Дрезден – Прага – Будапешт – Софія – Стамбул;
5. Венеція – Любляна – Будапешт – Ужгород – Львів;
6. Гданськ – Катовіце – Єлін – Познань;
7. Дунайський водний шлях із виходом на канал Рені – Майн – Дунай;
8. Дурес – Тірана – Софія – Пловдив – Варна;
9. Гельсінкі – Санкт-Петербург – Москва – Київ – Бухарест (надалі продовження до Новоросійська та Астрахані).

На Третій Панєвропейській транспортній конференції в Гельсінкі (1997 р.), де було затверджено проекти формування та посилення транспортних коридорів, отримала реалізацію ідея розвитку десятого МТК, а саме:

10. *Зальцбург – Любляна – Загреб – Белград – Ниш – Скопье – Велес – Салоники*, який направлений на посилення взаємодії балканських країн і дає вихід в Західну Європу.

Згідно з визначенням Комітету по зовнішньому транспорту Європейської економічної комісії (КЗТ ЄЕК) ООН: «транспортний коридор – це частина національної чи міжнародної транспортної системи, що забезпечує значні міжнародні вантажні й пасажирські перевезення між окремими географічними районами, містить у собі рухомий склад і стаціонарні пристрої всіх видів транспорту, що працюють на даному напрямку, а також сукупність технологічних, організаційних і правових умов для здійснення цих перевезень» [1, 2].

Географічне положення України обумовлює її значення для Європейської транспортної системи у визначенні оптимальних шляхів транспортування вантажів і пасажирів. Найкоротші шляхи із Західної Європи у Закавказзя, Центральну Азію, Іран, Афганістан; із Центральної та Північної Європи у порти Чорного моря, країни Близького Сходу проходять територією України. Україна має розгалужену мережу автомобільних доріг (загальна довжина автомобільних доріг в Україні становить 172,4 тис. км), одну з найпотужніших в Європі залізничну мережу (довжина залізниць в Україні становить 22,3 тис. км), які органічно поєднуються з європейськими через Польщу, Словаччину, Угорщину, Румунію, Молдову, Болгарію і охоплюють морські та річкові порти Чорноморсько-Азовського басейну [49].

Концепція «Створення та функціонування національної мережі міжнародних транспортних коридорів в Україні» (постанова № 821 Кабінету міністрів України від 04.08.1997 р.) розроблена на основі принципів міжнародної транспортної політики, прийнятих в Європейському співавторстві, які включають: політичні аспекти, соціальний прогрес, комерційні аспекти, тарифну політику, організацію перевезень, розвиток інфраструктури і сервісу, перетин

державних кордонів, технічні і технологічні проблеми, обумовлені лібералізацією й гармонізацією транспортного ринку, екологічними вимогами та безпекою роботи тощо.

Інтеграція України у міжнародну транспортну систему передбачає приєднання до існуючих транспортних коридорів та доповнення нових напрямків МТК, а саме:

- продовження коридорів № 3 та напрямку Європа – Азія: Франкфурт – Краків – Дніпропетровськ – Алма-Ата;
- продовження коридору № 5: Львів – Рівне – Сарні – Мінськ;
- продовження напрямку Балтика-Чорне море: Гданськ – Варшава – Ковель – Одеса;
- продовження напрямку Північ-Південь: Харків – Полтава – Кіровоград – Одеса;
- продовження Євразійського транспортного коридору (ЄАТК): Одеса – Тбілісі (Єреван) – Баку – Ашгабат;
- продовження проекту Чорноморського економічного співробітництва (ЧЕС): Анкара – Єреван – Тбілісі (Баку) – Ростов-на-Дону – Донецьк – Одеса (Кишинів) – Бухарест (Тірана) – Дмитровград (Афіни) – Стамбул.

Протяжність цих восьми основних транспортних коридорів для автомобільного транспорту України становить більше 7,2 тис. км по основному ходу та 1,7 тис. км по різних відгалуженнях. На дорогах цих коридорів працює 125 комплексів і пунктів транспортно-експедиторського і автодорожнього обслуговування і сервісу, в тому числі 29 вантажних терміналів (ВТ), 52 пункти автомобільного сервісу (ПАС) і 44 комплекси дорожнього сервісу (КДС). Середня відстань між ВТ становить 250 км, між ПАС – 140 км, між КДС – 160 км. Ці значення в 2-2,5 разів є більшими у порівнянні з вимогами міжнародного стандарту і не задовольняють постійно зростаючим обсягам вантажо- і пасажиропотоків міжнародного транспортного сполучення.

За результатами дослідження мережа автомобільних доріг в Україні за протяжністю, щільністю та конфігурацією [50] відповідає технологічним потребам транспортних зв'язків регіонального та місцевого рівня, але за

міжнародними вимогами недостатньо розвинена порівняно з аналогічними показниками європейських країн (рис. 1.1).

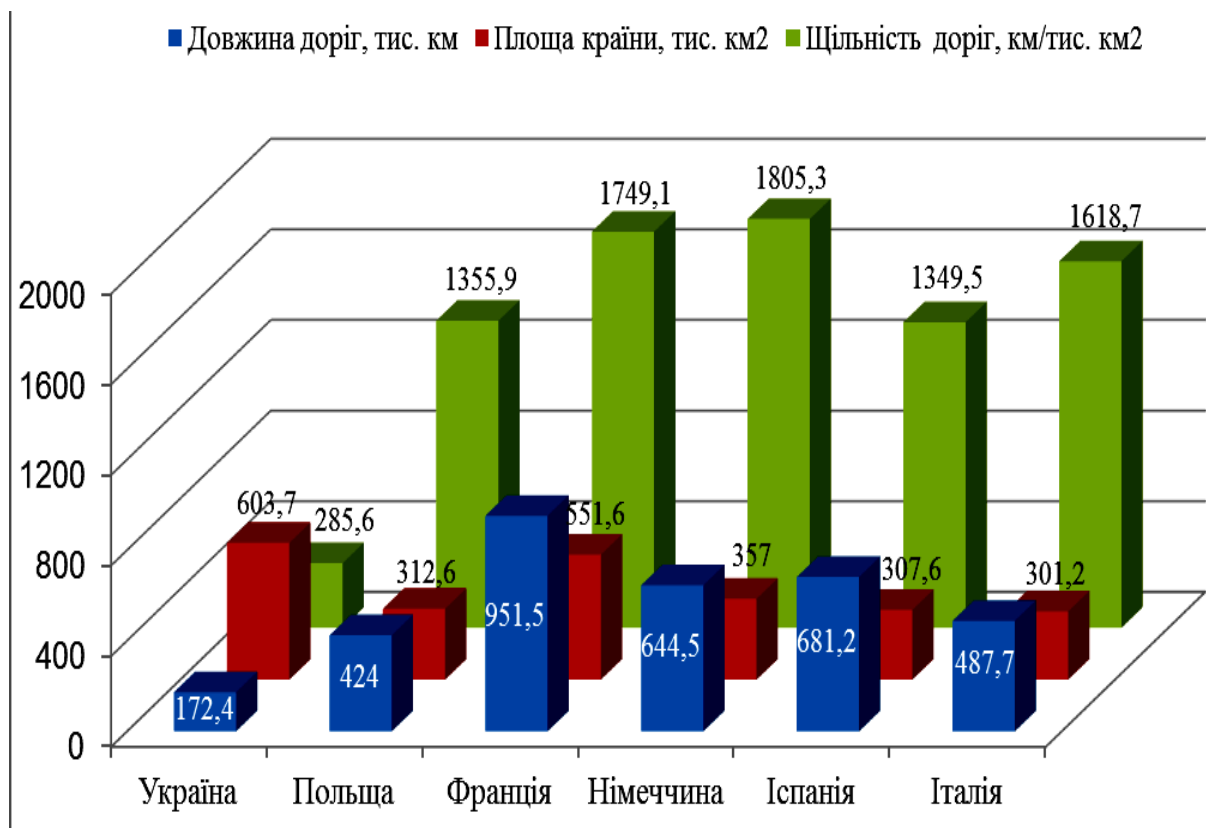


Рис.1.1. Порівняння характеристик транспортної мережі автомобільних доріг України з розвиненими країнами Європи

Збільшення пропускної здатності та якості автомобільних шляхів закладено також у Концепції розвитку транспортно-дорожнього комплексу України на середньостроковий період та до 2021 р. До виконання завдань програми слід підходити комплексно з урахуванням обсягів товаропотоків, що формуються між країнами нині та формуватимуться в перспективі. Таким чином, слід з'ясувати значення пропускної здатності української мережі автомобільних міжнародних транспортних коридорів на даний час та визначити напрямки її розвитку. Рівень пропускної здатності дороги залежить від кількості смуг руху, швидкості руху транспортних засобів і стану поверхні проїжджої частини, а також різновиду автомобілів, що рухаються на певній ділянці.

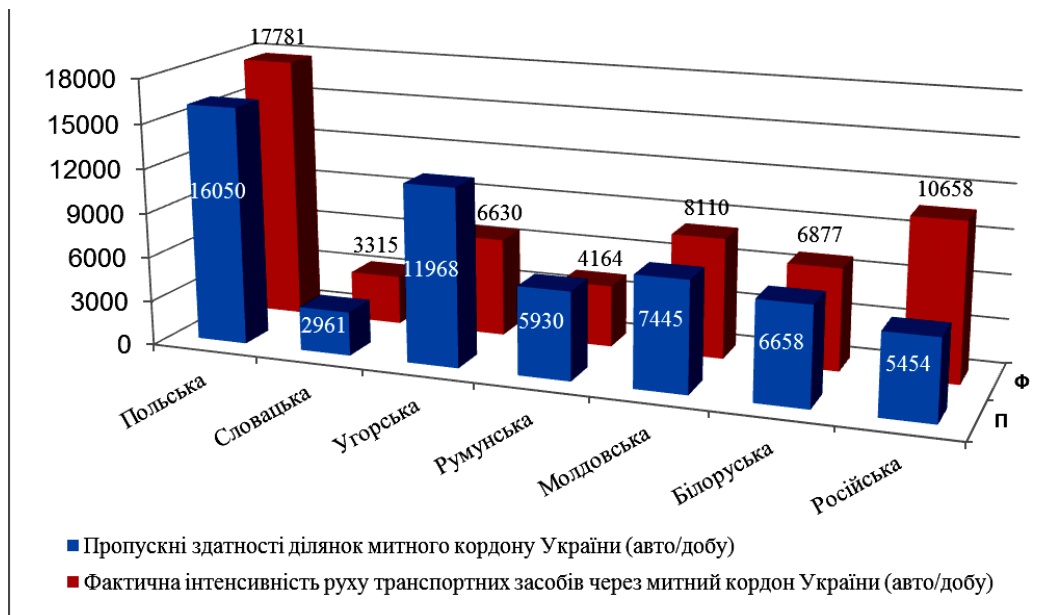


Рис.1.2. Порівняльний аналіз розрахункової та фактичної пропускної здатності пунктів пропуску станом на 2021 р.

Дані рисунка 1.2 свідчать про те, що фактична інтенсивність руху транспортних засобів через митний кордон України на ділянках з Польщею, Словаччиною, Молдовою, Білоруссю а особливо з Росією перевищує найнижчі показники їх пропускних здатностей. Останнє пов'язано з майже двократним скороченням числа пунктів пропуску на українсько-російському кордоні.

Реалізація заходів з нарощування пропускних потужностей автомобільних пунктів пропуску на митному кордоні України створить умови для швидкого та зручного перетинання державного кордону України в рамках тих обсягів руху автотранспортних засобів через кордон, що формуються нині та в перспективі на найближчі роки. При цьому необхідно враховувати, що пропускну здатність в окремих випадках може бути збільшено за рахунок зміни деяких параметрів, таких як зменшення часу очікування на оформлення в міжнародних пунктах пропуску, збільшення кількості смуг на автомобільних дорогах, збільшення швидкості руху за рахунок покращання якості дорожнього полотна.

Довжина залізничної мережі МТК України становить 3162 км, з них 92,3 % – двоколійні лінії, 77,3 % – електрифіковані, 90 % – обладнанні автоблокуванням. За останні 5 років на напрямках транспортних коридорів електрифіковано 500 км колій, реконструйовано 85 вокзалів, зросла швидкість

руху поїздів. Передбачається будівництво нової залізничної мережі з рівними швидкості руху до 300 км на годину і принципово новим рухомим складом та колією шириною 1435 (європейський стандарт) мм замість 1520 мм. Високошвидкісний транспорт планується використовувати для пасажирських і легковантажних перевезень. Цей варіант віднесено на перспективу після 2020 року.

Відкрита залізнична поромна переправа Іллічівськ – Поті – Батумі, яка є однією з основних ланок коридору TRACECA (Європа – Закавказзя – Азія). Введена в експлуатацію друга черга зернового навантажувального комплексу в Іллічівському морському порту, що здійснює перевалку зерна в країни Південної Америки, Південно-Східної Азії, Саудівську Аравію тощо.

Реконструйовано значну кількість ділянок автомобільних доріг: Чоп – Львів – Київ і Нові Яриловичі – Чернігів – Київ – Одеса. Реконструкція автомобільних доріг у зоні МТК дозволила збільшити допустиму масу транспортних засобів з 36 до 40 тон. Реконструкція існуючих автомобільних доріг передбачає доведення їх параметрів до міжнародних вимог і стандартів. Додатково до існуючих споруджуються нові швидкісні автомобільні дороги здебільшого на окремих напрямках у новій смузі відведення.

Для забезпечення ефективної роботи транспортних коридорів важливим є створення прикордонних та митних пунктів пропуску, а також транспортно-складських комплексів для переробки вантажів, які поділяються на:

- прикордонні сухопутні, які розміщуються у Ковелі, Раві-Руській, Мостиській, Чопі, Харкові, Сумах, Чернігові;
- сухопутні (в Києві, Житомирі, Вінниці, Полтаві, Сумах, Дніпропетровську, Кіровограді, Черкасах, Сімферополі, Мелітополі, Одесі, Хмельницькому, Тернополі, Рівному, Львові, Івано-Франківську);
- водні (у Рені, Ізмаїлі, Усть-Дунайському, Білгород-Дністровському, Іллічівську, Одесі, Південному, Миколаєві, Октябрському, Херсоні, Скадовську, Євпаторії, Бердянську, Маріуполі, Запоріжжі, Дніпропетровську, Києві).

Міжнародна транспортна мережа України і діючі системи перевезення в умовах трансформації економіки вимагають принципових змін в експлуатаційно-технологічній діяльності, а також заміни технічних засобів і устаткування, головними вимогами в цих питаннях є:

- максимальне зниження собівартості перевезень;
- переоцінка критеріїв у підходах до визначення ефективності перевезень, перехід від об'ємних показників роботи транспорту до фінансово-економічних;
- забезпечення достатньої швидкості руху транспорту і доставки пасажирів та вантажів;
- забезпечення збереження вантажів під час перевезення;
- підвищення якості послуг на транспорті.

Особливе географічне положення України, що дозволяє їй по праву займати місце транзитної держави, і як наслідок наявність великої кількості діючих транзитних транспортних коридорів, автомобільних магістралей міжнародного і європейського значення, великих транспортних вузлів, що концентрують у собі залізничні станції, аеропорти, річкові й морські порти, висуває підвищені вимоги до системи управління перевезеннями пасажирів і вантажів.

Як свідчить аналіз наявних даних, в разі відсутності адекватної реакції з боку української держави на очікувані в найближчі 3-4 роки зміни функціонування міжнародного ринку транспортних послуг та умов доступу до нього, в значній мірі може скоротитись частка вітчизняних автомобільних перевізників на міжнародних ринках перевезень. Останнє, в свою чергу, негативно позначиться на ситуації із втратою транзитного потенціалу країни та може призвести до суттєвого скорочення національного внутрішнього валового продукту (ВВП) держави.

Над запровадженням більш жорстких норм і стандартів щодо функціонування міжнародного ринку транспортних послуг та умов доступу наразі працюють міжнародні організації, які діють в сфері транспорту – Європейська економічна комісія ООН, Європейська Комісія ЄС, Організація з безпеки та співробітництва в Європі та Міжнародний транспортний форум. Дія

нових норм і стандартів буде поширюватись як на центральноєвропейські країни, так і країни Східної та Південно-Східної Європи, Кавказу та Середньої Азії, охоплюватиме всі види внутрішнього транспорту (*автомобільний, залізничний, внутрішній водний транспорт і змішані перевезення*). Запровадження змін направлено на розвиток транскордонних перевезень на загальноєвропейському та трансконтинентальному ринку перевезень вантажів та пасажирів шляхом спрощення прикордонних процедур, забезпечення безпеки руху та перевезень небезпечних вантажів, підвищення екологічності та енергоефективності транспорту, відповідного функціонування транспортної інфраструктури тощо.

В значній мірі на конкурентоспроможність вітчизняних автотранспортних підприємств на міжнародних ринках транспортних послуг впливають результати реформування системи багатосторонніх квот (дозволів) колишньої Європейській конференції міністрів транспорту (ЄКМТ) Міжнародного транспортного форуму. Наразі виконавчими структурами цієї міжнародної організації підготовлені і затверджені започаткування нових, більш жорстких вимог допуску до системи міжнародних перевезень за системою ЄКМТ. На додаток до нині існуючої вимоги щодо якості транспортних засобів, планується запровадити кількісні критерії щодо якості вантажоперевізників, якості водіїв та якості положень, що регулюють перевірки і санкції. Вимоги до транспортних засобів також посилюватимуться, а саме тільки три категорії транспортних засобів (тобто Євро IV, V, VI) будуть допущені до міжнародних перевезень в системі квот ЄКМТ.

Очікувані зміни функціонування міжнародного ринку транспортних послуг та умов доступу до нього потребують обов'язкової уваги з боку української держави, оскільки вони безпосередньо впливатимуть на забезпечення національних інтересів, зокрема в контексті реалізації транзитного потенціалу України.

Так, за даними англійського інституту «Рендел», Україна займає перше місце в Європі, третє – в Євразії й шосте – у світі за показником коефіцієнту транзитності. В контексті забезпечення реалізації транзитного потенціалу за останні 8 років суттєво зросла роль міжнародних автомобільних перевізників

(приватні підприємства, об'єднані Асоціацією міжнародних автомобільних перевізників України).

1.2 Область предметної діяльності транспортної галузі України

Транспорт є однією з базових системоутворюючих галузей матеріального виробництва, що забезпечує потреби суспільства в перевезеннях, ефективне функціонування якого є необхідною умовою структурних перетворень і зростання економіки, розвитку зовнішньоекономічної діяльності, задоволення потреб населення та суспільного виробництва у перевезеннях вантажів і пасажирів, захисту економічних інтересів та розвитку суспільства країни [52]. У структурі суспільного виробництва транспорт відноситься до сфери виробництва матеріальних послуг

Транспортно-дорожній комплекс (ТДК) України – це сукупність всіх видів транспорту й відповідних шляхів сполучень, технічних засобів (пристроїв) і споруджень на шляхах сполучень, що забезпечує процес переміщення в просторі й у часі пасажирів і вантажів різного призначення.

Забезпечуючи потреби країни в перевезеннях, ТДК виконує наступні функції [52]:

- служить основним засобом обміну цінностями й більшістю послуг;
- уможливорює поділ праці як усередині, так і між країнами;
- поєднує в єдиний соціально-економічний механізм галузі економіки й окремих регіонів країни;
- є важливим чинником економічного освоєння територій, що дозволяють розвивати й формувати розгалужену мережу населених пунктів;
- є засобом забезпечення особистих і суспільних потреб населення в пересуванні;
- створює сприятливі умови для розвитку суспільно-культурного й економічного життя на нерозвинених і слаборозвинених територіях;
- є засобом, що сприяє обороноздатності країни.

Потреба у високорозвиненому ТДК ще більше підсилюється при інтеграції в європейську й світову економіку. ТДК стає базисом для ефективного входження України у світове співтовариство й заняття в ньому місця, що відповідає рівню високорозвиненої держави [53].

До ТДК України в ринкових умовах пред'являються високі вимоги відносно якості, регулярності й надійності транспортних зв'язків, схоронності вантажів і безпеки перевезення пасажирів, строків і вартості доставки. Відповідно до цього стан транспортних комунікацій України повинен відповідати вимогам європейської інтеграції [54].

Розробка транспортної стратегії [55] – важливий етап у розвитку ТДК, але ще складніше її реалізація. Тому реалізацією повинні займатися висококваліфіковані професіонали, причому особливість укладається в тім, що потрібні фахівці, що володіють не тільки загальнотранспортною підготовкою, але і великими знаннями у галузі сучасних інформаційних технологій. Ця проблема стоїть дуже гостро і її потрібно вирішувати прискореними темпами.

Україна – європейська держава, яка розташована на перетинанні найважливіших напрямків світової торгівлі безпосередньо між Європою й Азією, а також іншими континентами, що володіє розвитою транспортною інфраструктурою. За підсумками 2018 року обсяг перевезень становить понад 571 млн. т вантажів (без трубопровідного) і понад 2082 млн. пасажирів у рік (без міського транспорту) [56]. Той факт, що Україна займає по своєму транзитному положенню одне із провідних місць у Європі, свідчить наявність на її території міжнародних транспортних коридорів, таких як: “Критские” №3, №5, №7, №9, TRACECA, Балтійське – Чорне море, ЧЭС, Європа – Азія.

Показники експлуатаційної діяльності транспорту України за 2014-2018 рр. представлені у табл. 1.8 [57] за винятком: вантажні перевезення наведені без урахування даних по трубопровідному виду транспорту; пасажирські без урахування трамвайного, тролейбусного і метрополітену; дані по залізничному транспорту враховують пасажирів міської електрички.

За даними табл. 1.8 на рис. 1.5. побудована нормована на 100% гістограма, яка відображає долю кожного виду транспорту у загальному об'ємі усіх

показників експлуатаційної діяльності транспорту України (гістограма побудована на підставі даних за 2021 рік).

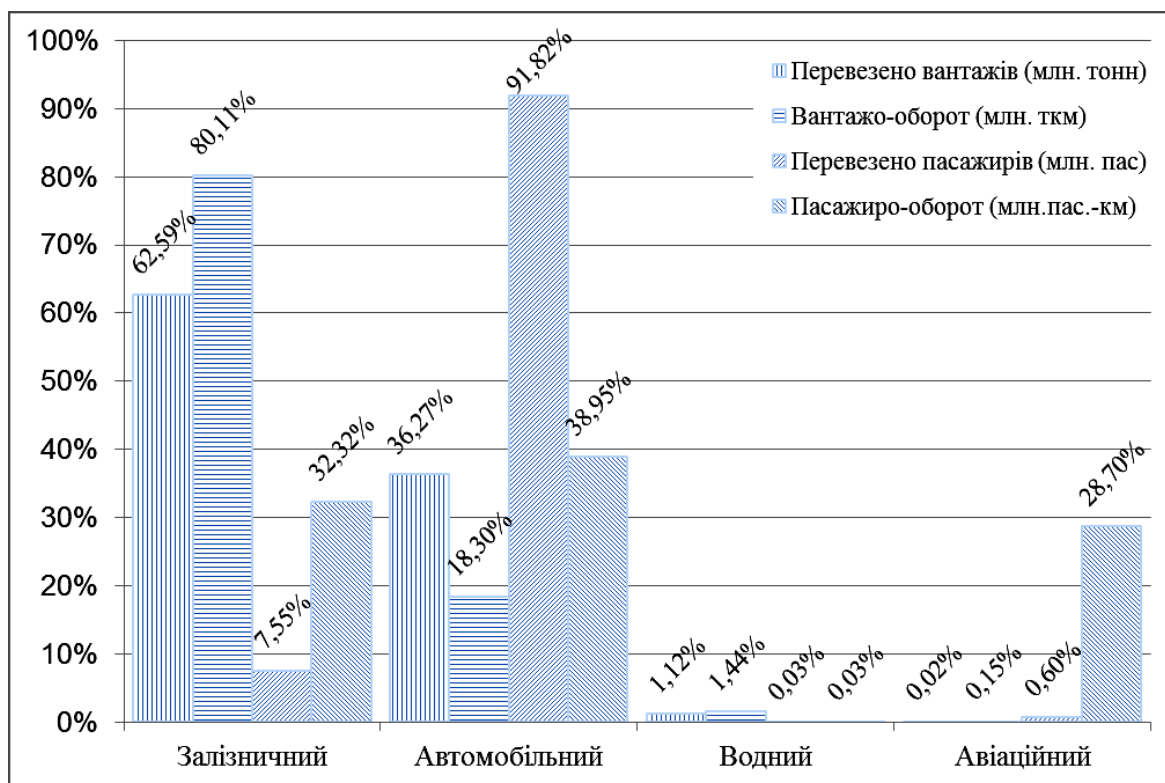


Рис.1.3. Гістограма, яка відображає долю кожного виду транспорту у експлуатаційній діяльності транспорту України за 2020 рік

З гістограми видно, що доля залізничного і автомобільного видів транспорту в загальній виробничій діяльності транспорту України приблизно однакова. Але за інтегрованою сумою чотирьох проаналізованих показників у автомобільного транспорту вона складає 46,33% (відповідно: 36,27% – частина автомобільного транспорту у перевезенні вантажів; 18,30% – у вантажообороті; 91,82% – у перевезенні пасажирів і 38,95% – у пасажирообороті).

На долю залізничного транспорту доводиться 45,64% (відповідно: 62,59% – частина залізничного транспорту у перевезенні вантажів; 80,11% – у вантажообігу; 7,55% – у перевезенні пасажирів і 32,32% – у пасажирообороті) усього обсягу перевезених пасажирів і вантажів. Водний транспорт виконує 0,66% (відповідно: 1,12% – частина водного транспорту у перевезенні вантажів; 1,44% – у вантажообігу; 0,03% – у перевезенні пасажирів і 0,03% – у пасажирообороті) і приблизно 7,37% (відповідно: 0,02% – частина авіаційного

транспорту у перевезенні вантажів; 0,15% – у вантажообігу; 0,6% – у перевезенні пасажирів і 28,70 – у пасажирообороті) реалізується авіаційним транспортом.

На сьогоднішній день наука досить далеко просунулася в розробці технологій прогнозування. Фахівцям добре відомі методи нейрон-мережевого прогнозування, нечіткої логіки і тому подібне. Розроблені відповідні програмні пакети, але на практиці вони, на жаль, не завжди доступні рядовому користувачеві, а в той же час багато з цих проблем можна досить успішно вирішувати, використовуючи методи дослідження операцій, зокрема імітаційне моделювання, теорію ігор, регресійний аналіз, реалізуючи ці алгоритми в широко відомому і поширеному пакеті прикладних програм MS Excel.

1.3 Новий підхід до управління перевезеннями вантажів в міжнародних транспортних коридорах

Сучасний стан економіки передових країн світу в даний час не можливий без відповідного високого рівня розвитку їхніх ТС, призначених, у першу чергу, для задоволення потреб народного господарства цих країн, в економічних перевезеннях пасажирів і вантажів. До того ж, що намітилася тенденція світової економіки до транснаціонального проникнення і об'єднання [58], яка висуває додаткові вимоги до ТС щодо спільного використання різних видів транспорту і, як наслідок цього, підвищення оперативності здійснення перевезень різнорідних вантажів з використанням МТК. Спробуємо представити перевізний процес всіх видів транспорту, які входять до МТК, а саме – автомобільного, залізничного і водного, який включає морський і річковий) у вигляді узагальненої моделі мультимодальних вантажних перевезень.

Представлення мультимодальних вантажних перевезень. Припустимо, що ми маємо ряд транспортних вузлів (ТВ), що з'єднані між собою відповідними транспортними комунікаціями (для ТС України і Західної Європи кількість ТВ складає 794). Необхідною умовою приналежності ТВ до цієї множини є наявність автомобільних доріг, що з'єднують цей у загальну транспортну систему. Причому в ТВ можуть бути розташовані або залізничні станції (з/с), або

водні порти (в/п) або їхні різні комбінації, які можна представити у графічно у вигляді наступних 4 типів (ТВ, які належать до усіх типів)

	– ТВ без з/с, в/п	– 1-ий тип (множина M_1 включає 156 ТВ);
з/с	– ТВ, у якому розташована з/с	– 2-ий тип (множина M_2 включає 520 ТВ);
в/п	– ТВ, у якому розташований в/п	– 3-ий тип (множина M_3 включає 75 ТВ);
з/с в/п	– ТВ, у якому розташовані з/с і в/п – 4-ий тип (множина M_4 включає 43 ТВ);	

причому ми маємо наступне співвідношення

$$M \in \bigcup M_i, \quad i = \overline{1,4}, \quad (1.3)$$

де M – множина всіх ТВ.

Слід також зазначити той факт, що мультимодальні перевезення вантажів між ТВ можуть здійснюватися або з використанням одного виду транспорту, або декількох [8]. Причому в останньому випадку найбільше часто комбінуються перевезення автомобільним і яким-небудь іншим видом транспорту, щоб здійснити технологію «від дверей до дверей». Виходячи із цього, ми маємо наступні варіанти перевезення вантажу:

1) перевезення автомобільним транспортом здійснюються від ТВ *постачальника* будь-якого типу до ТВ *споживача* також будь-якого типу, тобто за наступною схемою

ТВ 1÷4 типу → *ТВ 1÷4 типу* і дорівнює

$$K_1 = 2! \times C_M^2 + 3! \times C_M^3 + \dots + (M-1)! \times C_M^{M-1} + M!; \quad (1.4)$$

Примітка: знак → означає процес перевезення;

2) перевезення залізничним транспортом припускають наявність у ТВ *постачальника* й *споживача* вантажу з/с і здійснюються за наступною схемою

ТВ 2,4 типу → *ТВ 2,4 типу* і дорівнює

$$K_2 = 2! \times C_{M_2+M_4}^2 + 3! \times C_{M_2+M_4}^3 + \dots + (M_2+M_4-1)! \times C_{M_2+M_4}^{M_2+M_4-1} + (M_2+M_4)!; \quad (1.5)$$

3) перевезення водним транспортом припускають наявність у ТВ *постачальника* й *споживача* вантажу в/п і здійснюються за наступною схемою

ТВ 3,4 типу → *ТВ 3,4 типу* і дорівнює

$$K_3 = 2! \times C_{M_3+M_4}^2 + 3! \times C_{M_3+M_4}^3 + \dots + (M_3+M_4-1)! \times C_{M_3+M_4}^{M_3+M_4-1} + (M_3+M_4)!; \quad (1.6)$$

Перевезення автомобільним і залізничним видами транспорту мають три різновиди:

4) перевезення спочатку автомобільним, а потім залізничним видами транспорту припускають переміщення вантажу спочатку від ТВ *постачальника* будь-якого типу автомобільним транспортом до найближчої до нього з/с і потім залізничним транспортом до ТВ *споживача* вантажів, що має з/с і здійснюються за наступною схемою

$TB\ 1\div 4\ \text{типу} \rightarrow TB\ 2,4\ \text{типу} \rightarrow TB\ 2,4\ \text{типу}$ і дорівнює

$$K_4 = K_1 \times K_2;$$

5) перевезення спочатку залізничним, а потім автомобільним видами транспорту припускають переміщення вантажу спочатку від ТВ *постачальника*, що має з/с залізничним транспортом до найближчої до ТВ *споживача* вантажу з/с і потім автомобільним транспортом до ТВ *споживача* вантажу будь-якого типу й здійснюються за наступною схемою

$TB\ 2,4\ \text{типу} \rightarrow TB\ 2,4\ \text{типу} \rightarrow TB\ 1\div 4\ \text{типу}$ і дорівнює

$$K_5 = K_2 \times K_1; \quad (1.8)$$

6) перевезення спочатку автомобільним, після залізничним, а потім знову автомобільним видами транспорту припускають переміщення вантажу автомобільним транспортом спочатку від ТВ *постачальника* будь-якого типу до найближчої до нього з/с, після залізничним транспортом до найближчої до ТВ *споживача* вантажу з/с і потім автомобільним транспортом до ТВ *споживача* вантажу будь-якого типу й здійснюються за наступною схемою

і дорівнює типу 4 1ТВ типу4 ,2ТВ типу4 ,2ТВ типу4 1ТВ

$TB\ 2,4\ \text{типу} \rightarrow TB\ 2,4\ \text{типу} \rightarrow TB\ 1\div 4\ \text{типу}$ і дорівнює

$$K_5 = K_2 \times K_1;$$

б) перевезення спочатку автомобільним, після залізничним, а потім знову автомобільним видами транспорту припускають переміщення вантажу автомобільним транспортом спочатку від ТВ *постачальника* будь-якого типу до найближчої до нього з/с, після залізничним транспортом до найближчої до ТВ

споживача вантажу з/с і потім автомобільним транспортом до ТВ *споживача* вантажу будь-якого типу й здійснюються за наступною схемою

ТВ 1÷4 типу → *ТВ 2,4 типу* → *ТВ 2,4 типу* → *ТВ 1÷4 типу* і дорівнює

$$K_6 = K_1 \times K_2 \times K_1; \quad ($$

Перевезення автомобільним і водним видами транспорту мають також три різновиди:

7) перевезення спочатку автомобільним, а потім водним видами транспорту припускають переміщення вантажу спочатку від ТВ *постачальника* будь-якого типу автомобільним транспортом до найближчого до нього в/п і потім водним транспортом до ТВ *споживача* вантажів, що має в/п і здійснюються за наступною схемою

ТВ 1÷4 типу → *ТВ 3,4 типу* → *ТВ 3,4 типу* і дорівнює

$$K_7 = K_1 \times K_3;$$

8) перевезення спочатку водним, а потім автомобільним видами транспорту припускають переміщення вантажу спочатку від ТВ *постачальника*, що має в/п водним транспортом до найближчого до ТВ *споживача* вантажу в/п і потім автомобільним транспортом до ТВ *споживача* вантажу будь-якого типу й здійснюються за наступною схемою

ТВ 3,4 типу → *ТВ 3,4 типу* → *ТВ 1÷4 типу* і дорівнює

$$K_8 = K_3 \times K_1;$$

9) перевезення спочатку автомобільним, після водним, а потім знову автомобільним видами транспорту припускають переміщення вантажу автомобільним транспортом спочатку від ТВ *постачальника* будь-якого типу до найближчого до нього в/п, після водним транспортом до найближчого до ТВ *споживача* вантажу в/п і потім автомобільним транспортом до ТВ *споживача* вантажу будь-якого типу й здійснюються за наступною схемою

$$TB\ 1\div 4\ тину \rightarrow TB\ 3,4\ тину \rightarrow TB\ 3,4\ тину \rightarrow TB\ 1\div 4\ тину\ і\ дорівнює$$

$$K_9 = K_1 \times K_3 \times K_1; \quad (1.1)$$

Виходячи з вище викладеного загальна кількість варіантів перевезення вантажів буде становити

$$K = \sum_{i=1}^9 K_i \quad (i = \overline{1,9}). \quad (1.1)$$

Представимо розташування н/п і транспортних зв'язків між ними у вигляді графа (рис. 1.4), де вершинами графу представлені ТВ, а дугами відповідні транспортні комунікації.

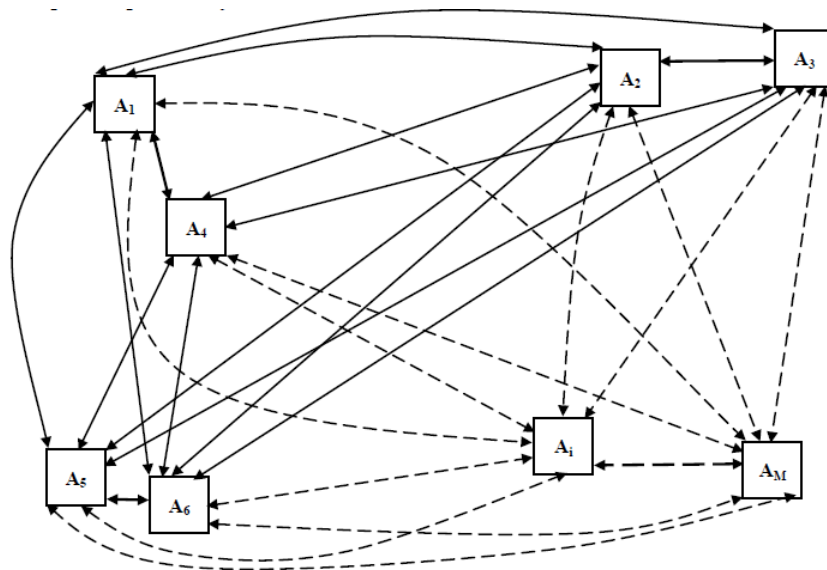


Рис.1.4. Графічне представлення мультимодальних транспортних перевезень

(ТВ) – транспортні вузли;

залізничні станції (з/с), водні порти (в/п)

A_i – позначення i -го ТВ ($i = \overline{1, M}$);

\longleftrightarrow – найкоротші (автомобільні, водні, залізничні або комбіновані) шляхи між ТВ;

\longleftrightarrow – шлях до найближчого від ТВ постачальника або споживача вантажу в/п або з/с.

Слід зазначити той факт, що перевезення до найближчого к ТВ постачальника або споживача вантажу можуть здійснюватися тільки

автомобільним транспортом, тому що це пов'язане з наявністю автомобільних доріг у ТВ кожного з перерахованих вище восьми типів. Крім того, ці перевезення можуть здійснюватися через декілька проміжних (транзитних) ТВ. Останнє ставиться також і до найкоротших шляхів між ТВ.

В одних ТВ $\{A_1^+, A_2^+, \dots, A_m^+\}$ є запаси k -видів вантажу, відповідно, в обсягах $\{a_{11}^+, a_{12}^+, \dots, a_{ik}^+, \dots, a_{mm}^+\}$, а інші н/п $\{A_1^-, A_2^-, \dots, A_m^-\}$ потребують цих вантажів в обсягах, відповідно, $\{a_{11}^-, a_{12}^-, \dots, a_{ik}^-, \dots, a_{mm}^-\}$. У першому випадку ці ТВ називаються *постачальниками*, а в другому – *споживачами* вантажів, причому той самий ТВ може одночасно бути як у ролі *постачальника* одного виду вантажу, так і в ролі *споживача* іншого виду вантажу. (Тут перший нижній індекс i означає номер ТВ у списку постачальників при верхньому індексі рівному „+” або споживачів при верхньому індексі рівному „-”, а другий нижній індекс k – вид вантажу, наявний у зазначеному ТВ при верхньому індексі рівному „+”, і необхідний в зазначеному ТВ при верхньому індексі рівному „-”).

У загальному випадку завдання полягає в доставці (якщо можливо) всіх обсягів $\{a_{11}^+, a_{12}^+, \dots, a_{ik}^+, \dots, a_{mm}^+\}$ l -видів вантажу від *постачальників* $\{A_1^+, A_2^+, \dots, A_m^+\}$ до їхніх *споживачів* $\{A_1^-, A_2^-, \dots, A_m^-\}$, відповідно, в обсягах $\{a_{11}^-, a_{12}^-, \dots, a_{ik}^-, \dots, a_{mm}^-\}$ (також, якщо можливо). Причому сумарні обсяги з кожного k -виду вантажу, що знаходяться у всіх *постачальників*, можуть не збігатися із сумарними замовленнями на ці ж самі види вантажу у всіх їхніх *споживачів*.

Показниками якості перевезень у таких ТС є час і вартість їхнього виконання, причому перший показник ми винесемо в обмеження задачі, а другий показник буде виступати критерієм оптимізації. Варто зазначити при цьому той факт, що перевізний процес при такій вихідній постановці транспортного завдання може здійснюватися наступними чотирма способами:

I-й спосіб – перевезення здійснюються одним видом транспорту (1, 2 і 3 варіанти перевезень) безпосередньо від *постачальника* одного з k -видів вантажу до його *споживача*, тобто:

від постачальника A_1^+ вантаж обсягом $a_{11}^{+*} \rightarrow$ до споживача A_3^- обсягом a_{31}^{-*} , де $a_{11}^{+*} = a_{31}^{-*} = \min(a_{11}^+, a_{31}^-)$, причому загальна кількість варіантів перевезень таким способом складе:

$$K_I = K_1 + K_2 + K_3; \quad (1.14)$$

II-й спосіб – перевезення здійснюються спочатку за допомогою автомобільного транспорту до найближчого від постачальника одного з k -видів вантажу транспортного вузла, а потім до споживача цього виду вантажу відповідним видом транспорту, що має відповідний транспортний вузол (4 і 7 варіанти перевезень),

від постачальника A_3^+ вантаж обсягом $a_{32}^{+*} \rightarrow$ до в / п $A_2^- \rightarrow$ до споживача A_6^- (в / п) обсягом a_{62}^{-*} ,

де $a_{32}^{+*} = a_{62}^{-*} = \min(a_{32}^+, a_{62}^-)$, причому загальна кількість варіантів перевезень таким способом складе:

$$K_{II} = K_4 + K_7; \quad (1.15)$$

III-й спосіб – перевезення здійснюються спочатку за допомогою відповідного виду транспорту від постачальника одного з k -видів вантажу до найближчого від споживача цього ж виду вантажу відповідного транспортного вузла, а потім до споживача автомобільним транспортом (5 і 8 варіанти перевезень), тобто:

$$K_{III} = K_5 + K_8;$$

Щодо наведених вище способів перевезень варто зробити кілька зауважень, а саме:

- при усіх способах перевезення вантажів найкоротші шляхи можуть пролягати через ТВ, у яких потрібні ці ж самі вантажі;
- також при усіх способах перевезення вантажів можуть здійснюватися через декілька проміжних ТВ, що мають запаси цих вантажів;
- при усіх способах одночасно можуть перевозитися кілька видів вантажу;
- додатковими обмеженнями перевізного процесу виступають пропускні можливості ТВ і пропускні здатності транспортних магістралей.

Модель мультимодальних вантажних перевезень. Представимо описану вище модель перевізного процесу в матричному вигляді.

Матриця має розмірність $M \times n \times M \times n$ (M – кількість ТВ, n – кількість видів товарів). На місцях перетинання рядків і стовпців ставляться пропускна здатність d_{ij} , термін доставки t_{ijk} і вартість перевезення c_{ijk} одиниці k -го виду вантажу між i -им пунктом постачання і j -им пунктом споживання, яка повинна здійснюватися найкоротшими шляхами, тобто: 67

c_{ijk} – вартість перевезення одиниці k -го виду вантажу від i -го пункту постачання до j -го пункту споживання;

Математично задача виконання мультимодальних (додаємо до вищенаведеної моделі l видів транспорту) вантажних перевезень k -их видів вантажу (k) від $1, k$ п

i -их пунктів постачання (i) до j -их пунктів споживання (j) зводиться до перебування таких обсягів перевезень x_{ijkl} , що задовольняли б таким обмеженням: $M_{i,1} \leq M_{j,1}$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^3 x_{ijk} \leq a_{ik}^+ \quad \text{для } (i = \overline{1, m}; k = \overline{1, n}; i \neq j), \quad (1.18)$$

тобто загальний обсяг вивезення з кожного i -го пункту постачання до усіх j пунктів споживання k -го виду вантажу усіма l видами транспорту повинний бути не більше обсягу цього k -го виду вантажу a_{ik}^+ , який у нього є;

$$\sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^3 x_{ijk} \leq a_{jk}^- \quad \text{для } (j = \overline{1, m}; k = \overline{1, n}; i \neq j), \quad (1.19)$$

тобто загальний обсяг доставки до кожного j -го пункту споживання з усіх i пунктів постачання k -ого виду вантажу усіма l видами транспорту повинний бути не більше, ніж замовлений ним обсяг цього k -ого виду вантажу a_{jk}^- ;

$$\sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^3 t_{ijk} \leq d_{ij} \quad \text{для } (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, m}; i \neq j), \quad (1.20)$$

тобто загальний обсяг перевезення k видів вантажу усіма l видами транспорту не повинний перевищувати пропускних здатностей відповідних транспортних комунікацій;

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^3 t_{ijkl} \leq T \quad \text{для } (k = \overline{1, n}; i \neq j), \quad (1.21)$$

тобто термін доставки будь-якого вантажу k -го виду не повинний перевищувати визначеного часу T ;

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^3 x_{ijkl} \cdot c_{ijkl} \Rightarrow \min \quad \text{для } (i \neq j), \quad (1.22)$$

$$\text{при } x_{ijkl} \geq 0, \quad (1.23)$$

в цілому вартість сумарних позитивних перевезень усіх вантажів повинна бути мінімальною.

Приведений опис моделі комплексних перевезень у ТС дає можливість системно підійти до задачі оптимізації транспортних перевезень неоднорідних вантажів за комбінованою схемою використання різних видів транспорту (авіаційного, водного, автомобільного і залізничного) з урахуванням усього спектра обмежень, що існують у системах подібного роду. Матричне представлення

перевізнього процесу, у свою чергу, дозволяє описати його у вигляді відповідної математичної моделі (1.18)–(1.23) і застосувати при її аналізі методи і засоби сучасних інформаційних технологій [59].

Спільне використання при рішенні задачі мультимодальних транспортних перевезень в межах МТК таких методів як [47, 48]:

- методи зведення незбалансованих за обсягами перевезень вантажопотоків до закритого виду [60];
- методи знаходження найкоротших шляхів у мережевих моделях вантажних перевезень [61];
- методи розв'язання ТЗ про призначення [62];
- методи оптимізації перевезень неоднорідних вантажів [63] при наявності обмежень на пропускні здатності комунікацій і самих транспортних вузлів [64], а також обмежень на час перевезень [65] дозволить значно ефективніше організувати перевізний процес вантажів у транспортних системах різної розмірності і топології [66].

Створення єдиної міжнародної транспортно-логістичної системи, географічне положення транспортного простору України, а також наявність багатьох міжнародних транспортних коридорів вимагає наступне:

- окремого аналізу управління роботою транспортних вузлів;
- забезпечення координації та взаємодії усіх видів транспорту;
- впровадження сучасних досягнень науково-технічної революції в роботу транспорту.

Розробка ефективної організації доставки вантажів з взаємоузгодженістю всіх ланок транспортного процесу викликала необхідність великої кількості теоретичних і експериментальних досліджень з різних питань транспорту [55]. За функціональними ознаками їх можливо класифікувати за такими напрямками:

- загальні питання теорії транспортних систем і процесів;
- експлуатаційні властивості транспортних засобів;
- взаємодія видів транспорту і транспортно-експедиційна діяльність;
- формування логістичних систем.

Загальним питанням теорії транспортних процесів і систем присвячені фундаментальні роботи Афанасьєва Л.Л. [67], Воркута А.І. [20, 21], Міротіна Л.Б. [30], Левковця П.Р. [25, 26] та інших вчених. В них встановлені основні закономірності функціонування транспортних систем, розроблені принципи формування систем і методів раціональної організації виробництва, технологія взаємодії різних видів транспорту і транспортно-експедиційна діяльність розглядалася в роботах Коцюка О.Я.[28], Милославской С.В.[32], Зайончика Л.Г.[37] та інш.

Проблеми органічного сполучення транспортних та виробничих систем вирішуються в межах логістичного напрямку. Її основною задачею є оптимізація процесів у системі “виробник – транспортування – споживач”. Започаткуванню основ теорії цього напрямку сприяють наукові дослідження Беляєва В.М.[33], Смахова А.А.[67] та інш.

Аналіз наукових праць [20, 21, 25, 26, 28, 30, 32, 33, 37, 66, 67] дозволив зробити наступні висновки, що:

□ одними з основних факторів, що впливають на ефективність функціонування ТС, є якість маршрутизації вантажних перевезень і рівень взаємодії різних видів транспорту;

□ для отримання адекватних результатів при моделюванні окремих компонентів ТС необхідно враховувати їх стохастичні характеристики;

□ оцінка виконання вантажних перевезень в ринкових умовах потребує удосконалення відповідних критеріїв ефективності.

На цій основі розроблена загальна схема наукового дослідження процесу вантажних перевезень в МТК, що представлена на рис. 1.9. З цієї схеми видно, що реалізація групи задач одного етапу забезпечує створення засобів розв'язання групи задач наступного етапу [25, 26].

Системна мета M_c може бути розподілена шляхом декомпозиції на локальні цілі M_{ik} , які враховують окремі аспекти транспортної діяльності. Звідси, задачі дослідження ставляться і вирішуються комплексно з урахуванням функціональних взаємозв'язків згідно з формулою системного аналізу:

$$M_c \rightarrow M_{ik} \{ \tilde{M}_{ik} : \tilde{M}_{ik} \in M_{ik}; i=1,2,\dots,I, k=1,2,\dots,K \}, \quad (1.24)$$

$$M_{ik} \rightarrow F_{ik} \{ \tilde{F}_{ik} : \tilde{F}_{ik} \in F_{ik}; i=1,2,\dots,I, k=1,2,\dots,K \}, \quad (1.25)$$

$$F_{ik} \rightarrow Z_{ik} \{ \tilde{Z}_{ik} : \tilde{Z}_{ik} \in Z_{ik}; i=1,2,\dots,I, k=1,2,\dots,K \}, \quad (1.26)$$

$$Z_{ik} \rightarrow R_{ik} \{ \tilde{R}_{ik} : \tilde{R}_{ik} \in R_{ik}; i=1,2,\dots,I, k=1,2,\dots,K \}, \quad (1.27)$$

$$R_{ik} \rightarrow A_{ik} \{ \tilde{A}_{ik} : \tilde{A}_{ik} \in A_{ik}; i=1,2,\dots,I, k=1,2,\dots,K \}, \quad (1.28)$$

$$A_{ik} \rightarrow \Pi_{ik} \{ \tilde{\Pi}_{ik} : \tilde{\Pi}_{ik} \in \Pi_{ik}; i=1,2,\dots,I, k=1,2,\dots,K \}, \quad (1.29)$$

$$\Pi_{ik} \rightarrow \Sigma_{ik} \{ \tilde{\Sigma}_{ik} : \tilde{\Sigma}_{ik} \in \Sigma_{ik}; i=1,2,\dots,I, k=1,2,\dots,K \}, \quad (1.30)$$

$$\Sigma_{ik} \rightarrow P_{ik} \{ \tilde{P}_{ik} : \tilde{P}_{ik} \in P_{ik}; i=1,2,\dots,I, k=1,2,\dots,K \}, \quad (1.31)$$

де M_c , M_{ik} – відповідно системна і локальна мета забезпечення результативності вдосконалення транспортного процесу;

F_{ik} – множина функцій, які необхідно реалізувати на i -му проміжку часу;

Z_{ik} – множина задач забезпечення необхідного рівня результативності вдосконалення;

R_{ik} – множина методів вирішення задач;

A_{ik} – множина алгоритмів вирішення задач Z_{ik} ;

P_{ik} – програмно-інструментальні засоби вирішення задач Z_{ik} ;

Σ_{ik} – множина систем (підсистем), що реалізує множину задач Z_{ik} на даному проміжку часу;

P_{ik} – результати вирішення множини задач Z_{ik} на даному проміжку часу;

k – номер компоненти.

Основні комплекси задач досягнення поставленої мети можна класифікувати наступним чином:

1. Науково-методичні задачі.
2. Задачі, що пов'язані з підвищенням ефективності управління вантажними перевезеннями у МТК, визначення їх сучасного стану, перспектив розвитку та можливостей вдосконалення.
3. Задачі, що пов'язані з впровадженням заходів вдосконалення функціонування об'єкту дослідження.