


**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**
Навчально - науковий інститут транспорту і будівництва
Кафедра логістичного управління та безпеки руху на транспорті

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної випускної роботи

освітній ступінь - магістр
спеціальність - 275 - Транспортні технології
спеціалізація - 275.2 - Транспортні технології (на залізничному
транспорті)

на тему: «ФОРМУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ
УПРАВЛІННЯ ІНТЕРМОДАЛЬНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ»

Виконав
Здобувач вищої освіти
групи ОПЗТ-19зм  Шпак Н.І.
(підпис)

Керівник:  проф. Чернецька-Білецька Н.Б.
(підпис)

Завідувач кафедри:  проф. Чернецька-Білецька Н.Б.
(підпис)

Рецензент: _____ Сушченко Л.І.
(підпис) (ім'я та прізвище)

1. АНАЛІЗ ДІЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

1.1 Аналіз показників роботи контейнерних перевезень

Залізниці України безпосередньо взаємодіють із залізницями Російської Федерації, Білорусі, Молдови, Польщі, Словаччини, Угорщини й Румунії через 56 пунктів переходу границі й з 18 морськими портами Чорного й Азовського морів. Крім того, перевезення здійснюються через 4 паромні переправи: Чорноморськ–Варна (Болгарія), Чорноморськ–Поті (Грузія)–Батумі, Крим–Кавказ (Росія), Керч (Україна)–Поті (Грузія).

Залізничні колії України, що входять до міжнародних транспортних коридорів, мають достатньо високі технічні характеристики. Більшість ділянок електрифіковані, мають значний потенціал пропускної спроможності. При чому заповнення пропускної спроможності на окремих ділянках складає не більше 70 % [29].

Через Україну проходять чотири з десяти міжнародних транспортних коридори: № 3, № 5, № 7 (водний) і №9. Крім того, через територію нашої держави пролягають шість коридорів Організації співробітництва залізниць (ОСЗ): № 3, № 4, № 5, № 7, № 8 і № 10. При цьому в 1996 році Україна приєдналася до участі в проекті міжнародного транспортного коридору Європа-Кавказ-Азія (TRASECA), а також, разом з Польщею, почала реалізацію проекту МТК Гданськ-Одеса. Усе це у зв'язку із наявністю виходів до моря й розгалуженою транспортною інфраструктурою виводить Україну на перше місце в Європі, третє в Євразії й 6-е у світі по показникам коефіцієнта транзитності [30].

На сьогоднішній день загальна довжина мережі залізничних транспортних коридорів по країні становить 3,2 тис. км, по яких перевозиться близько 80 % усіх транзитних вантажів, що проходять через Україну (без обліку трубопровідного транспорту) [30]. 26

За обсягами перевезених вантажів українські залізниці посідають четверте місце на Євразійському континенті (після Китаю, Росії та Індії) і шосте місце в світі. Інфраструктура коридорів, що проходять по території України, дозволяє

забезпечити пропуск існуючих і перспективних вантажопотоків. Основними вантажами, що перевозяться залізницями України є кам'яне вугілля, залізорудна сировина, будівельні вантажі, мінеральні добрива, нафта та нафтопродукти. Важливе місце займають також різноманітні метали, нафтові вантажі, зерно. Ці вантажі становлять близько чверті усіх перевезень [31].

Згідно з даними Державної служби статистики у 2018 р. вантажообіг підприємств транспорту становив 331,7 млрд ткм, або 96,6 % від обсягу 2017 р., тоді як у 1 півріччі 2019 р. – 140,1 млрд ткм, або 103,7 % від обсягу 1 півріччя 2018 р.

Підприємствами транспорту у 2018 р. перевезено 624,1 млн т вантажів, що становить 98,0 % від обсягів 2017 р., тоді як у 1 півріччі 2019 р. – 275,0 млн т вантажів, що становить 109,0 % від обсягів 1 півріччя 2018 р.

У 2018 р. залізничним транспортом перевезено у внутрішньому сполученні та на експорт 267,6 млн т вантажів, що на 3,5 % менше, ніж у 2017 р. Перевезення лісових вантажів знизилося на 14,1 %, будівельних матеріалів – на 12,8 %, нафти і нафтопродуктів – на 9,3 %, зерна та продуктів перемелу – на 7,9 %, цементу – на 4,5 %, хімічних і мінеральних добрив – на 3,9 %, чорних металів – на 3,4 %, кам'яного вугілля – на 2,6 %, коксу – на 2,6 %, брухту чорних металів – 0,9 %. Разом із цим перевезення залізної та марганцевої руди збільшилося на 2,5 %.

У загальних обсягах перевезень вантажів водним транспортом закордонні становили 44,1 %. Порівняно із 2017 р. обсяги закордонних перевезень вантажів зменшилися на 4,9 %.

У 2018 р. порівняно із 2017 р. зменшилися обсяги перекачки вантажів трубопровідним транспортом. Так, перекачка газу скоротилася на 5,4 %, нафти – на 3,7 %. Транзит газу скоротився на 7,2 %, нафти – на 4,3 %. Разом із цим перекачка та транзит аміаку зросли відповідно на 23,1 % та на 16,8 % [32].

У 1 півріччі 2019 р. залізничним транспортом перевезено у внутрішньому сполученні та на експорт 109,3 млн т вантажів (на рівні аналогічного періоду попереднього року). Перевезення нафти і нафтопродуктів збільшилося на 3,5 %, залізної та марганцевої руди – на 5,7 %, хімічних і мінеральних добрив – на 11,9

%, зерна та продуктів перемелу – на 21,6 %. Разом з цим перевезення лісових вантажів знизилося на 59,9 %, будівельних матеріалів – на 25,0 %, брухту чорних металів – на 13,9 %, коксу – на 10,0 %, кам'яного вугілля – на 4,4 %, чорних металів – на 2,5 %, цементу – на 0,5 %.

У загальних обсягах перевезень вантажів водним транспортом закордонні становили 51,1 %. Порівняно із 1 півріччям 2018 р. обсяги закордонних перевезень вантажів зменшилися на 1,4 %.

У 1 півріччі 2019 р. порівняно із 1 півріччям 2018 р. збільшились обсяги перекачки вантажів трубопровідним транспортом. Так, перекачка аміаку зросла на 15,8 %, транспортування газу – на 2,3 %. Перекачка нафти зменшилась на 5,7 %. Транзит аміаку збільшився на 15,1 %, газу – на 7,9 %. Транзит нафти зменшився на 7,7 % [32].

Одними з основних показників роботи вантажного транспорту є вантажообіг та кількість перевезеного вантажу, що наведено на рисунках 1.1–1.4. На рисунках 1.5–1.7 наведено основні показники роботи Південної залізниці.

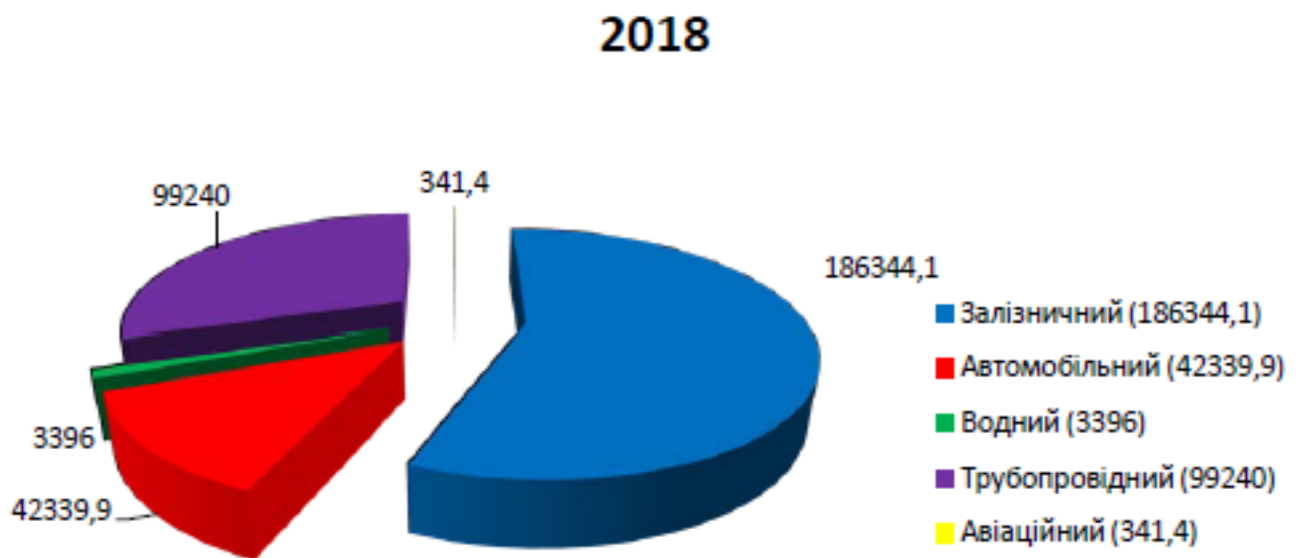


Рис. 1.1 – Вантажообіг за видами транспорту (млн ткм) у 2018 році

2018

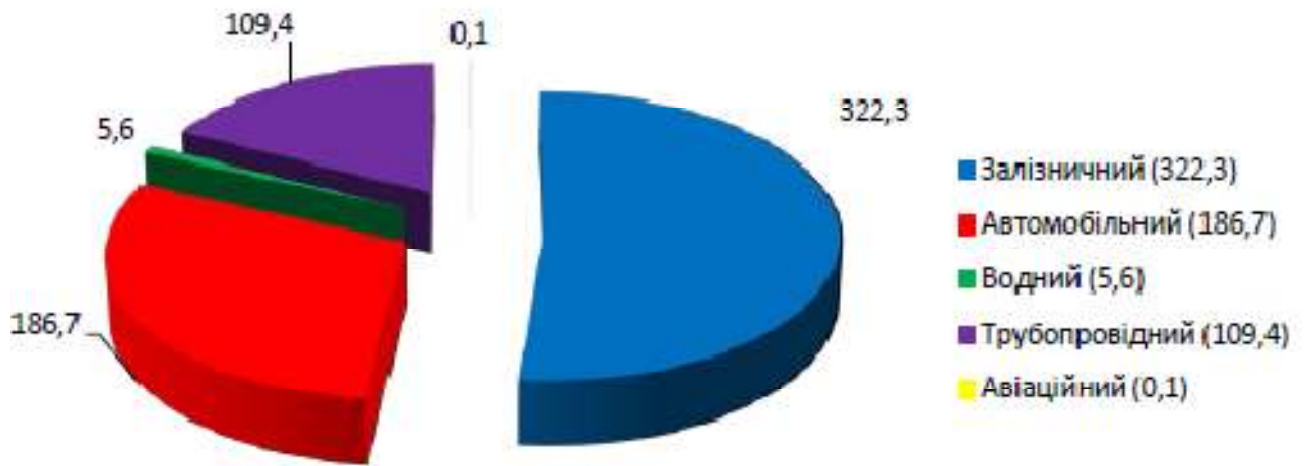


Рис. 1.2 – Перевезено вантажів різними видами транспорту (млн т) у 2018 році

2019

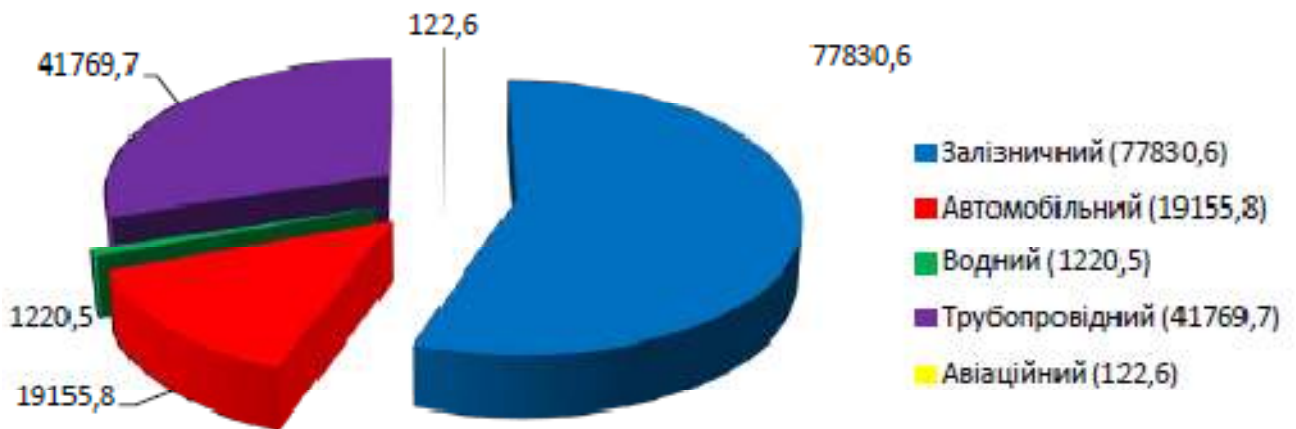


Рис. 1.3 – Вантажообіг за видами транспорту (млн ткм) у 1 півріччі 2019 року

2019

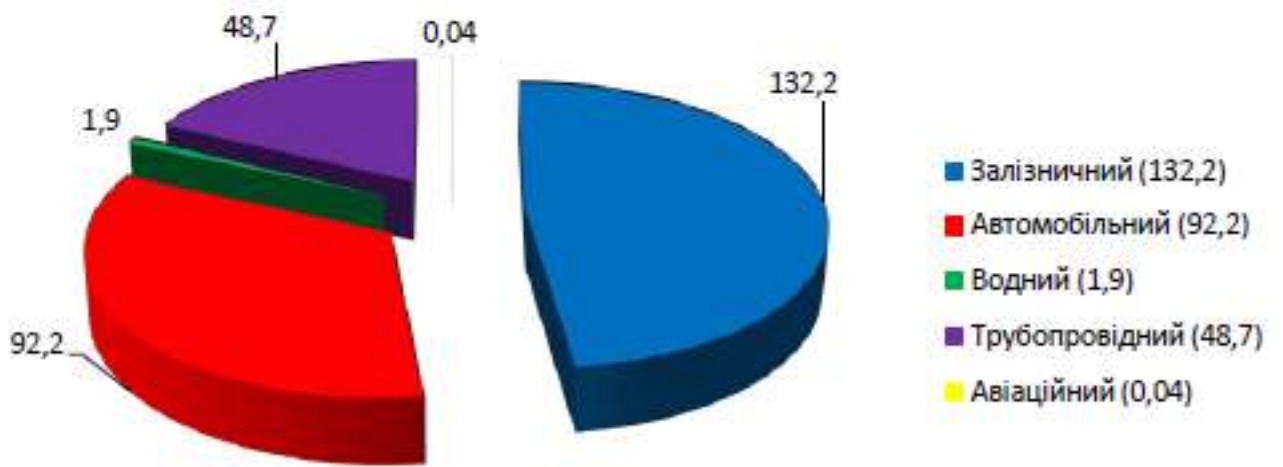


Рис. 1.4 – Перевезено вантажів різними видами транспорту (млн т) у 1 півріччі 2019 року

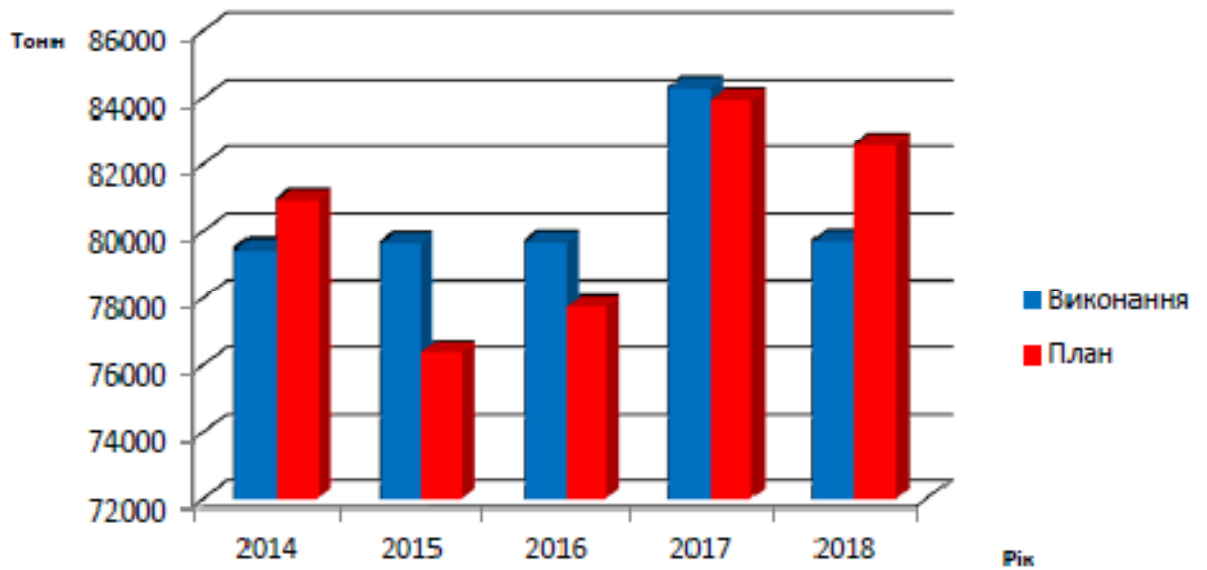


Рис. 1.5 – Навантажено, тонн

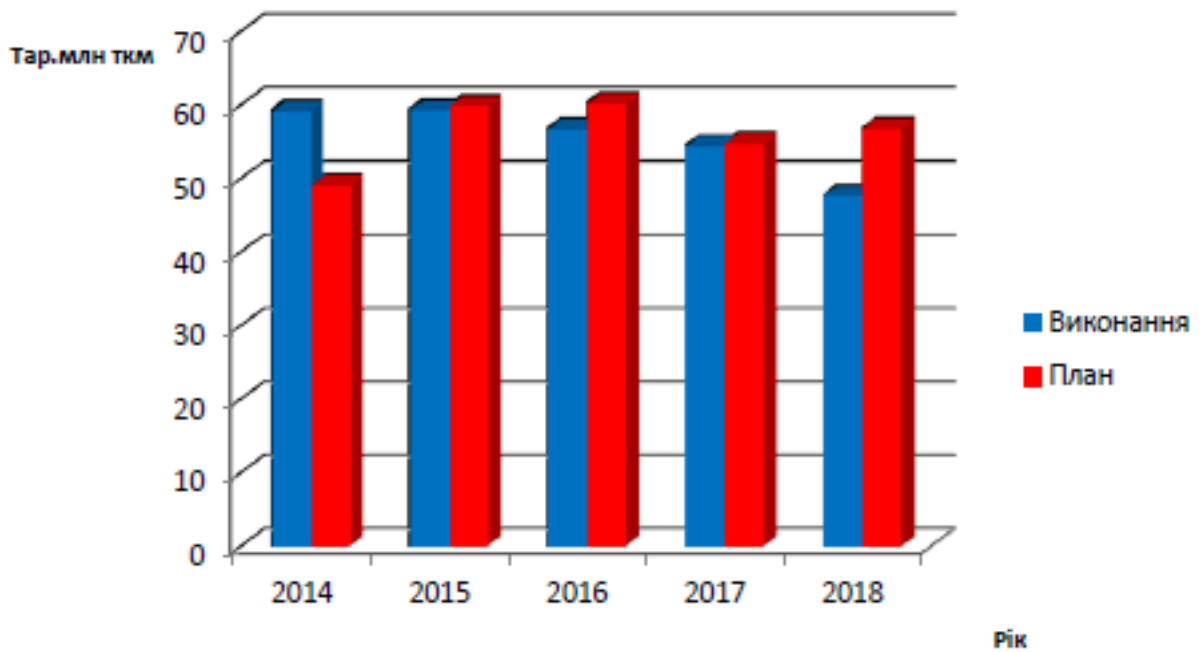


Рис. 1.6 – Вантажообіг, тар. млн ткм

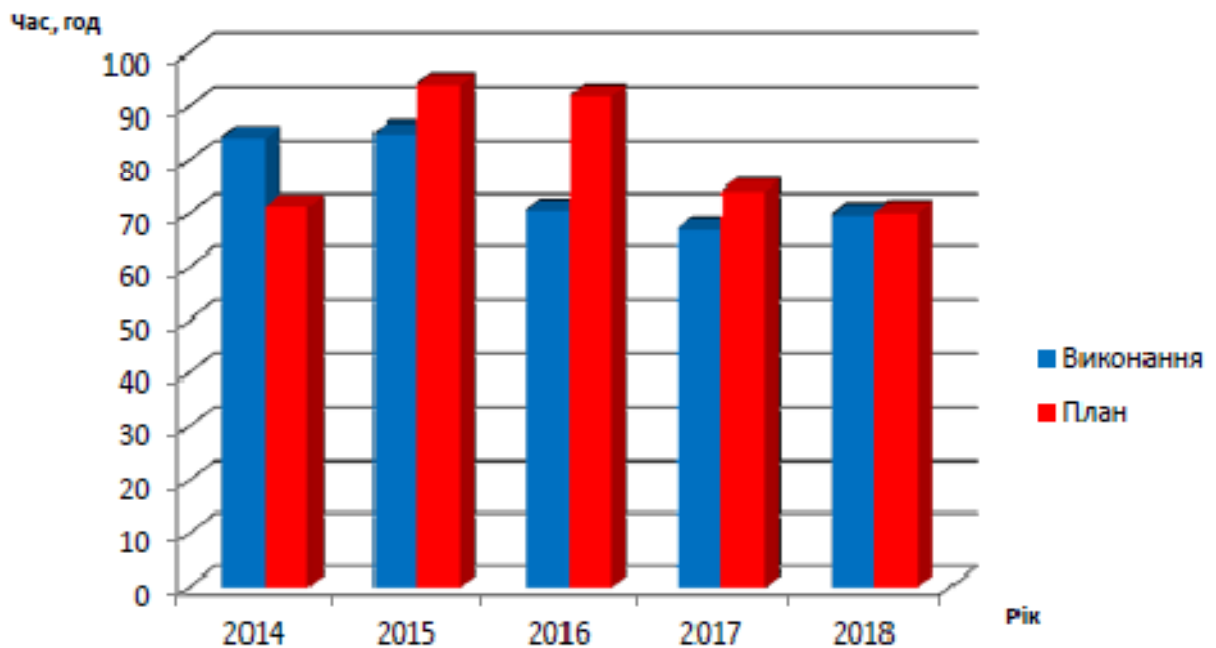


Рис. 1.7 – Простій під 1 вантажною операцією, год

Отже, як бачимо з наведеного найбільші обсяги перевезень виконуються залізничним транспортом. Аналіз показників роботи Південної залізниці у 2014–2018 роках показав, що обсяги перевезень залізничним транспортом лишаються досить стабільними, що підтверджує конкурентоспроможність цього виду

транспорту. Однак, спрямованість економічного розвитку на ринку транспортних послуг України зумовлює розвиток перевезень вантажів за участю декількох видів транспорту.

Однак, помітним є збіг характеру змін обсягів перевезень двох видів транспорту – залізничного та автомобільного. Не зважаючи на конкуруюче положення, дані види вантажного транспорту можуть доповнювати один одного та формувати цілісний ланцюг при доставці вантажу від місця видобутку або виробництва до місця споживання або продажу. Тим саме реалізуючи одне з основних положень логістики – «від дверей до дверей». Необхідно тільки з'ясувати та чітко позначити, за яку частку ланцюга постачання відповідатиме кожен з видів транспорту, що бере в ньому участь. Як показує світовий досвід, для збільшення ефективності вантажних перевезень доцільне об'єднання ефективності автомобільного та залізничного видів транспорту, тобто здійснювати інтермодальні перевезення.

Інтермодальні перевезення дають змогу збільшити швидкість доставки вантажів, забезпечити збереження цілісності вантажу, здійснити підвищення якості послуг [23, 24].

Це, в свою чергу, потребує здійснення науково-технічних розробок у галузі нової техніки та технології інтермодальних перевезень, обґрунтування технології контрейлерних, контейнерних та бімодальних маршрутів.

Транспортна система обслуговування вантажопотоків в Україні була сформована ще за радянських часів, більшість вантажів надходять до нашої країни з Російської Федерації, Білорусі та Молдови, тоді як на країни Євросоюзу приходить 1–2 % перевезених вантажів. Економіка країн СНД має обмежені можливості, транспортна система спрямована на перевезення низькорентабельних вантажів, що не потребують інтенсивного впровадження нових технологій, тому зростання обсягів вантажу, що проходить територією України, затримується.

Однак, на ближчу перспективу Україні прийдеться переглядати відношення до взаємодії з цими країнами. І багато в чому це вимагатиме удосконалення інфраструктури всього перевізного господарства, вимагатиме освоєння в

широкому обсязі інтермодальних перевезень. Як показує практика, за цим майбутнє і зростання конкурентоспроможності залізниць [1, 2, 11, 33].

Існують наступні види інтермодальних технологій: контейнерні та пакетні перевезення, трейлерні, контрейлерні, бімодальні, поромні переправи, системи «річка-море», ролкерні системи («Ро-Ро»), ліхтеровісної системи, перевезення залізницею з різною шириною колії та ін. [4, 34].

Починаючи з 1995 року, Укрзалізницею поетапно реалізується комплекс заходів по введенню на залізницях України режиму комбінованих перевезень. З метою формування парку спеціалізованих вагонів і для комбінованих перевезень створений Український державний центр з експлуатації 36

спеціалізованих вагонів, до розвитку комбінованого транспорту підключилась Львівська залізниця, АТ «Крюковський вагонобудівний завод» та АТ «Днепровагонмаш» [29].

Найбільше застосування на сьогоднішній день із всіх видів комбінованих перевезень на залізницях України знайшли контейнерні перевезення.

Система контейнерних перевезень дозволяє залучати до змішаних перевезень морський, річковий, повітряний, залізничний і автомобільний транспорт. Відомо, що тарно-штучні вантажі, які в першу чергу тяжіють до системи контейнерних перевезень в звичайних умовах переробляються як мінімум 6 разів. Якщо врахувати проміжні сортування цих вантажів при слідуванні їх в вагонах зі збірними відправками, а також завезення на бази зберігання та передачі на інші магістральні види транспорту, то кількість вантажних операцій з ними збільшується до 8–12, а в окремих випадках і більше. Незручні для механізованої перевантаження тарно-штучні вантажі переробляються, як правило, вручну, викликаючи витрати живої праці, простої рухомого складу, сповільнюючи доставку продукції.

Контейнерна система перевезень вантажів знімає багато з названих недоліків і дозволяє:

- виключити важку фізичну працю на вантажних операціях;
- значно прискорити виробництво вантажних робіт;

- скоротити простої рухомого складу і час заняття постійних споруд залізничних колій, портових потужностей на причалах і складах;
- майже повністю виключити втрату і пошкодження вантажів;
- істотно знизити витрати матеріалів і праці на виготовлення тари;
- значно скоротити собівартість перевезень;
- прискорити доставку вантажів в пункти призначення і скоротити обсяг вантажної маси, що знаходиться в процесі транспортування.

Переваги системи контейнерних перевезень перекривають додаткові витрати на створення та утримання парку контейнерів та спеціалізованого рухомого складу, а також на перевезення самих контейнерів особливо в 37

порожньому стані і утримання обслуговуючого персоналу контейнерної індустрії.

Система контейнерних перевезень заснована на строгій стандартизації та уніфікації технічних засобів, що зумовило її міжнародний характер. В основу стандартизації та уніфікації технічних засобів покладена модульна система, що встановлює взаємопов'язування розмірів контейнерів і рухомого складу.

За 2017 рік територією України залізничним транспортом перевезено 291,9 тис. ДФЕ (двадцятифутовий еквівалент), що на 10 % більше від обсягів перевезень контейнерів за 2016 рік і становить 1 % від загальних обсягів перевезених вантажів залізничним транспортом.

У 2017 році контейнерообіг в українських портах зріс на 6,4 % означає, що за кількістю оброблених контейнерів порти, після дворічного падіння перевалки в 2014-2015 роках, вийшли на рівень 2012 (735 606 TEU). І для того щоб повернутися до показників докризового 2008 року, коли контейнерообіг досяг рекордних 1,254 млн TEU, буде потрібно ще не один рік [35].

Контейнерні вантажі в українських портах переробляються на п'яти контейнерних терміналах: «КТО» і «Бруклін-Київ Порт» – в Одеському порту, «ТІС КТ» – в акваторії порту «Південний» і на терміналі Іллічівського морського рибного порту (нині – Чорноморськ). Контейнерний термінал порту «Чорноморськ», володіючи потужностями 850 тис. TEU, з вересня 2016 припинив

переробку контейнерів. У 2017 році там було опрацьовано лише 42 TEU. До 2016 року велася робота на контейнерному терміналі в Маріупольському порту. Але через близькість бойових дій на сході країни, термінал перестав обробляти контейнери.

Сьогодні обробка контейнерів в портах здійснюється тільки приватними стівідорними компаніями. Причому 28,3 % всього вантажопотоку контейнерів переробляється приватними стівідорними компаніями на власних причалах.

Більш ніж півмільйона контейнерів, що складає майже 72 % українського контейнерообігу обробляється в Одеському порту (519 010 TEU), 18,5 % – в 38

Іллічівському (нині – Чорноморському) рибному (133 983 TEU) і 9,8 % – в порту «Південний» (70 696 TEU).

Застосування контейнерів дозволяє підвищити продуктивність праці в середньому в 4–6 разів, а на морському транспорті – до 30 разів у порівнянні з продуктивністю праці при ручній обробці вантажів, комплексно механізувати і автоматизувати вантажно-розвантажувальні і складські операції, повністю виключити важкі ручні роботи, в 7–10 разів знизити собівартість перевантажувальних робіт, в 1,5–2 рази скоротити витрати на тару і упаковку, підвищити збереження перевезеної продукції, прискорити на 25–30 % доставку вантажів.

Таким чином, основні переваги контейнеризації вантажів зводяться до наступного:

- доставка вантажів від «дверей до дверей» без проміжного перевантаження;
- малий ризик пошкодження вантажів;
- більш швидка доставка вантажів;
- економія робочої сили і складських приміщень.

Недолік контейнерного перевезення полягає в тому, що потрібно повернення власнику його контейнера, дещо скорочується коефіцієнт використання вантажопідйомності транспортного засобу, а створення

високопродуктивного перевантажувального комплексу вимагає великих капітальних вкладень.

Однак, аналіз тенденції світового товарообігу і транспортно-економічних переваг перевезення уніфікованих укрупнених вантажних одиниць в координованому взаємодії різних видів транспорту дає підставу для впевненого прогнозу подальшого розвитку контейнерних перевезень практично на всіх основних напрямках, де є потоки генеральних, рефрижераторних і ряду інших вантажів.

Застосування контейнерів дозволяє підвищити продуктивність праці в середньому в 4–6 разів, а на морському транспорті – до 30 разів у порівнянні з продуктивністю праці при ручній обробці вантажів, комплексно механізувати і автоматизувати вантажно-розвантажувальні і складські операції, повністю виключити важкі ручні роботи, в 7–10 разів знизити собівартість перевантажувальних робіт, в 1,5–2 рази скоротити витрати на тару і упаковку, підвищити збереження перевезеної продукції, прискорити на 25–30 % доставку вантажів.

Таким чином, основні переваги контейнеризації вантажів зводяться до наступного:

- доставка вантажів від «дверей до дверей» без проміжного перевантаження;
- малий ризик пошкодження вантажів;
- більш швидка доставка вантажів;
- економія робочої сили і складських приміщень.

Недолік контейнерного перевезення полягає в тому, що потрібно повернення власнику його контейнера, дещо скорочується коефіцієнт використання вантажопідйомності транспортного засобу, а створення високопродуктивного перевантажувального комплексу вимагає великих капітальних вкладень.

Однак, аналіз тенденції світового товарообігу і транспортно-економічних переваг перевезення уніфікованих укрупнених вантажних одиниць в

координованому взаємодії різних видів транспорту дає підставу для впевненого прогнозу подальшого розвитку контейнерних перевезень практично на всіх основних напрямках, де є потоки генеральних, рефрижераторних і ряду інших вантажів.

1.2 Аналіз організації інтермодальних контейнерних перевезень в Україні та за кордоном

Залізниці України представляють собою розвинену транспортну систему зі значним перевізним потенціалом. В останні роки у зв'язку з економічними умовами, які склалися у нашій країні, попит на транспортні послуги залізниць різко знизився. Залізничний транспорт був орієнтований на обслуговування великих промислових підприємств, одні з яких зараз практично не випускають продукцію, інші ж істотно знизили обсяги випуску.

У даній ситуації найбільш актуальним рішенням проблеми залучення клієнта є звернення до малих виробництв приватного сектору, однак у цьому випадку залізничний транспорт не витримає конкуренції у порівнянні з іншими видами транспорту, у тому числі, з автомобільним.

На залізничному транспорті для таких змішаних перевезень створені два основні традиційні транспортні засоби: контейнери і автомобільні напівпричепи, що перевозяться на спеціальних платформах.

В кінці 1999 р. світової контейнерний парк склав 13,4 млн TEU (46,5 % – у віданні лізингових компаній). Щодня з вантажем знаходиться 6,8 млн TEU; на перекидання порожніх контейнерів витрачається щорічно 10,7 млрд дол. (морем – 3,0; наземними видами транспорту – 4,0; на терміналах – 3,7). В Європі 74 % контейнерних перевезень здійснюється автомобільним транспортом; 16 % – залізничним; 10 % внутрішнім водним; середні відстані перевезень відповідно 73, 202 і 141 км [37].

Технічну базу системи контейнерних перевезень становлять: парк контейнерів, рухомий склад, що використовується для перевезення контейнерів, перевантажувальні обладнання та постійні споруди, зосереджені в пунктах початкового відправлення, перевантаження і вивантаження контейнерів.

Основний парк в світі (більш 80 %) складають універсальні великотоннажні контейнери ISO. 43

Зазвичай в змішаних перевезеннях застосовуються 20- і 40-футові універсальні контейнери ISO [2]. Діє Міжнародна конвенція по безпечних контейнерах (КБК), в якій уніфіковані всі види контейнерів і дана регламентація їх технічних параметрів і показників.

Для перевезення контейнерів на всіх видах транспорту застосовується рухомий склад, який дозволяє забезпечувати максимальне завантаження транспортного засобу, скорочення часу простою під вантажними операціями.

Для вантажних операцій в пунктах перевалки контейнерів призначені спеціальні райони – контейнерні термінали. На залізничному транспорті контейнерні термінали являють собою спеціалізовані станції, на морському та річковому – комплекси пристроїв, що включають відкриті майданчики для накопичення під угруповання дрібних відправок контейнерів, сортувальні майданчики, залізничні під'їзні шляхи, автопроїзди, вагові пристрої для виконання перевантажувальних і складських операцій з контейнерами, перевантаження контейнерів з автомобільного засобу на залізничний та навпаки виконується за допомогою кранів.

Для нашої країни це особливо актуально, тому що парк вантажних вагонів за природних причин зменшився, більшість вагонів відпрацювали призначений термін служби, але продовжують експлуатуватися більше ніж 25-30 років. Україна не може достатньо ефективно забезпечити перевезення навіть внутрішніх сполучень. Разом з цим в умовах інтегрування України в європейську транспорту систему вимагається відповідність міжнародним стандартам технічної, технологічної бази, що потребує необхідності у застосуванні сучасних технологій перевезення вантажів.

Сучасні методи перевезення вантажів широко використовуються в країнах з розвинутою мережею залізниць та високим рівнем логістики. В ряді країн в експериментальному чи загальному порядку використовують бімодальний транспорт [1, 3, 38].

Бімодальні перевезення забезпечують перевезення контейнерів або причепів з комбінованою ходовою частиною, що здатні пересуватися як по 44

автостраді, так і по рейках. Такий бімодуль пересувається в залізничному складі за аналогією з вагонами. Залишивши візки на залізничній станції, він продовжує свій шлях по шосе за тягачем [2, 28].

Бімодальна технологія перевезення використовує дві основні системи: Road Railer та RailRunner. Для системи Road Railer [39] необхідні спеціальні напівпричепи з посиленою рамою, які обладнані пристосуваннями для встановлення їх на залізничні візки. Після встановлення на залізничні ходові частини, напівпричепи автоматично зчіплюються, створюючи поїзд. Задній кінець кожного з них через перехідник-адаптер спирається на залізничний візок, а передній - на задній кінець напівпричепа, який стоїть попереду. У ньому передбачено для цієї мети гніздо (сідлова система). Таким чином, для кожного напівпричепа «RoadRailer» потрібен один вагонний візок.

Бімодальна технологія перевезення контейнерів RailRunner [6, 40, 41] базується на експлуатації спеціальних платформ, що транспортуються, як з використанням автомобільної тяги, так і залізничної колії шляхом встановлення платформи на спеціальні візки.

Конструкція вагонів для перевезення вантажів і розташування обладнання повинні забезпечувати безпеку обслуговуючого персоналу, а також доступ при огляді, технічному обслуговуванні і ремонті.

Навантаження і вивантаження напівпричепів повинно здійснюватися на спеціальних площадках, які обладнані під'їзними коліями з вантажопідйомними пристроями необхідної вантажопідйомністю, які забезпечують схоронність напівпричепа і вантажу, що перевозиться.

Технічними умовами передбачені можливості перевезення автопоїздів, що мають наступні характеристики: максимальна довжина – 16500 мм; максимальна ширина – 2500 мм; висота – 4000 мм; максимальна вага тягача – 10 т; максимальна повна вага напівпричепа – 34 т, у тому числі, яка передається: на

сідельно-зчепний пристрій – 10,5 т; на візок напівпричепу – 23,5 т. Максимальна вага завантаженого автопоїзда не повинна перебільшувати 44 т.45

На Україні ОКБ «Транспортер» [42] розроблена спеціалізована залізнична платформа на серійних вагонних візках, яка забезпечує перевезення тягачів з напівпричепами висотою 4 м з порожнім верхнім ступенем негабаритності (модель 13-9032).

Пристрій кузова вантажного вагона залежить в першу чергу від роду вантажів, для перевезення яких він призначений, а також від методів їх раціонального вантаження і вивантаження. Найбільш загальною характеристикою кузовів всіх типів вагонів є конструктивна схема.

Під конструктивною схемою вагона розуміють форму і розташування кузова на ходових частинах із зазначенням способів виконання вантажно-розвантажувальних операцій і методів забезпечення схоронності перевезених вантажів. Для цього детально описуються механізми і пристрої для механізації і автоматизації навантаження, закріплення і вивантаження вантажів.

Так, схеми вагонів загального призначення, тобто вагонів, призначених для перевезення цілої групи вантажів, зазвичай значно відрізняються від схем спеціалізованих вагонів. Це пояснюється тим, що конструкція, розміри та розташування дверних прорізів, люків і вантажно-розвантажувальних пристроїв спеціалізованих вагонів повинні відповідати розмірам устаткування тих галузей підприємств і фірм, для яких призначений даний тип вагона, а універсальні вагони повинні дозволяти найбільш зручно виконувати вантажно-розвантажувальні роботи в експлуатації і наміченими на перспективу механізмами загального призначення. Деякі особливості в конструктивних схемах виникають і через специфіку кузовів різних типів вагонів.

Огляд зарубіжних вагонів показав, що всі вантажні вагони об'єднуються в два класи: відкриті (платформи, напіввагони) і закриті (криті, ізотермічні, резервуарні). Відкриті вагони дозволяють при їх завантаженні широко використовувати всілякі крани, екскаватори та інші універсальні засоби

механізації, а для завантаження закритих вагонів звичайно потрібні спеціалізовані механізми: спеціальні навантажувачі, естакади, конвеєри, трубопроводи.⁴⁶

Аналіз розвитку бімодальних перевезень за кордоном показує, що вони розвивалися великими темпами. Так за кордоном існують бімодальні системи: RoadRailer (США), Trailer-Rail (США), Rail Runner(США), Trailer Train (Великобританія), Combitrans (Франція), Carrobimodale (Італія), Coda-E (Нідерланди), Transtrailer (Іспанія), KombiTrailer (Німеччина), KombiRail (Франція-Німеччина), Tabor Poznan (Польща) [10, 38, 40].

Досвід створення засобів бімодального транспорту мають практично всі економічно розвинуті країни Європи та Америки. Бімодальна (Bimodal Road Rafter) безвагонна технологія перевезень – це спроба організувати комбіновані залізнично-автомобільні перевезення без залізничних платформ.

Прототипи сучасних транспортних систем типу «RoadRailer», які поєднують елементи автомобільного та залізничного транспорту, були вперше створені в США [43].

Подальшим розвитком бімодальної системи стало розроблення транспортного засобу на комбінованому автомобільно-залізничному ході «RoadRailer» Mark V. Цей напівпричіп-трейлер було обладнано поїзною гальмівною магістраллю. Для руху залізницею такі напівпричепи встановлюються на спеціально обладнані вагонні візки з власним гальмівним устаткуванням. Переустановлення з автомобільного шасі на вагонні візки та навпаки здійснюється за допомогою пневмопідвішування. Зчеплення трейлерів даної системи з локомотивом здійснюється через трейлер-адаптер. Повний склад може включати до 100 подібних транспортних засобів.

Остання модель сімейства напівпричепів «RoadRailer» на автомобільно-залізничному ході Mark VI при меншій масі міцніша за попередні моделі. При розрахунковому поздовжньому навантаженні порядку 2,3 МН напівпричепи Mark VI можна експлуатувати в поїздах з 125 одиниць.

Після встановлення на залізничні ходові частини, напівпричепи автоматично зчіплюються, створюючи поїзд. Задній кінець кожного з них через

перехідник-адаптер спирається на залізничний візок, а передній – на задній кінець напівпричепа, який стоїть попереду. У ньому передбачено для цієї мети 47

гніздо (сідлова система). Таким чином, для кожного напівпричепа «RoadRailer» потрібен один вагонний візок.

Система «RoadRailer» добре підходить для організації змішаних перевезень на далекі відстані і потребує розвинутої мережі терміналів. На випадок, коли такої мережі немає, розроблено спрощену модель «ChassisRailer» [43]. Вона являє собою просту раму для 14,6-метрових контейнерів і призначається для обертання між портами і терміналами, які не оснащено спеціальним устаткуванням для переробки вантажів.

2. ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСЯГІВ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

2.1 Визначення вхідних даних моделі прогнозування

За даними «Alphaliner», в 1-му півріччі 2017 року контейнерообіг 250 морських портів світу виріс приблизно на 6,7 % порівняно з аналогічним періодом минулого року. При цьому в 2-му кварталі нинішнього року зростання обсягів прискорилося до 7,4 %, в порівнянні з 5,9 % в 1-му кварталі, а за підсумками року обсяги контейнерної перевалки можуть зрости більш ніж на 6 %, досягнувши шестирічного максимуму. Висновки «Alphaliner» вельми тісно корелюють з прогнозами аналітиків «Drewry», оцінюють темпи зростання за 1-е півріччя в 6,6 %, і також прогнозує рекордне зростання в цілому за 2017 рік.

За даними «Container Trade Statistics», обсяги перевезень контейнерів на маршрутах з портів Азії в Європу за 7 місяців 2017 р виросли на 5,3 %, склавши 9,4 млн TEU. У зворотному напрямку на Азію обсяги зросли на 3,7 %, до 1,6 млн TEU. Але на транстихоокеанських сервісах в напрямку США зростання обсягів склало 7,3 %, а в зворотному напрямку трафік збільшився на 8 % до 2,7 млн TEU.

У серпні 2017 року розраховується «Drewry» на базі даних 220 портів світу, що дають приблизно 75 % глобального контейнерообігу, Container Port Throughput Indices досяг 126,8 пунктів, що є максимальним значенням даного індексу з моменту початку його обчислення в січні 2012 році, у порівнянні з липнем індекс виріс на 0,6 пункту, або 0,5 %, а ось в річному розрізі - на 6,8 пунктів, або 5,7 %. При цьому найбільший приріст показали африканські країни (+ 14,3 %), але що більш істотно - Північна Америка (+ 7,0 %). Китай і Європа показали однаковий приріст в розмірі 5,1 % [88].69

Вантажообіг морських портів Далекосхідного басейну за підсумками 2018 року збільшився в порівнянні з 2017 роком на 4,5 % і склав 200,5 млн т. За підсумками 2018 року в Далекосхідному басейні переробка вантажів збільшилася на 4,5 % до 200,5 млн т, а в порівнянні з 2004 роком в 2,9 рази. Майже половина вантажообігу – це вугілля. Є й інші категорії вантажів з високим потенціалом

зростання, в тому числі за рахунок експорту в країни азійсько-тихоокеанського регіону (АТР) – номенклатура доступних ніш для інвестування істотно вище: наприклад, зернові, контейнери, нафтохімія.

Обсяг перевалки суховантажів склав 125,5 млн т (+ 6,8 %), обсяг перевалки наливних вантажів – 75 млн т (+ 1%). На збільшення обсягу перевалки суховантажів вплинув зростання обсягів перевалки навалювальних вантажів на 5,9 %, генеральних вантажів на 9,2 %, вантажів в контейнерах на 12,4 %. Збільшення обсягу перевантаження наливних вантажів стався за рахунок збільшення обсягу перевалки нафтопродуктів на 3,7 %, сирої нафти на 0,6 % при зниженні обсягів перевалки скрапленого газу на 1 %.

Частка експортних вантажів в вантажообігу Далекосхідного басейну залишається значною – 86,2 %, частки імпорту, транзиту та каботажу складають відповідно 3,6 %, 0,5 % і 9,7 %.

За підсумками 2018 року вантажопереробка морських портів Арктичного басейну в порівнянні з 2017 роком збільшилась в 1,3 рази і склала 92,7 млн т: обсяг перевалки наливних вантажів склав 62,3 млн т (+ 41 %), суховантажів – 30,4 млн т (+ 4,3 %).

Обсяг перевалки суховантажів виріс в основному за рахунок збільшення обсягу перевалки навалювальних вантажів на 4,4 % (вугілля (+ 12,2 %), мінеральних добрив (+ 6,7 %)). У той же час зменшилися обсяги перевалки генеральних вантажів на 14,6 %, перекачування наливних вантажів збільшилось в 1,4 рази, в основному за рахунок зростання перекачування сирої нафти на 23,9 % і триваючому зростанні відвантаження зрідженого газу через порт Сабетта. Частка перевантаження експортних вантажів в Арктичному басейні становить 60 %, імпортних – 0,5 %, каботажних – 39,5 %. Перевантаження транзитних вантажів в морських портах Арктичного басейну не здійснювалось.

Контейнерообіг портів світу за I квартал 2017 року виріс на 5,8 % відносно аналогічного періоду минулого року. За перші три місяці контейнерообіг портів Китаю виріс на 7,3 %. Трафік через 18 найбільших портів США і Канади, на які припадає понад 85 % сукупного обороту двох країн, виріс на 7,4 %.

Триває переорієнтація вантажопотоку з Азії на порти східного узбережжя Північної Америки. За період з січня по квітень частка портів західного узбережжя в сукупному контейнерообізі портів двох країн знизилася до 65,32% проти 66,8 % роком раніше, частка східного узбережжя збільшилася за минулий рік з 30,44 % до 31,1 %, узбережжя Мексиканської затоки – з 2,43 % до 3,28 %.

На рисунку 2.1 наведено діаграму, що показує контейнерообіг між портами Далекого Сходу та іншими регіонами, на рисунку 2.2 – контейнерообіг між країнами Північної Америки та Азії і у зворотному напрямку.

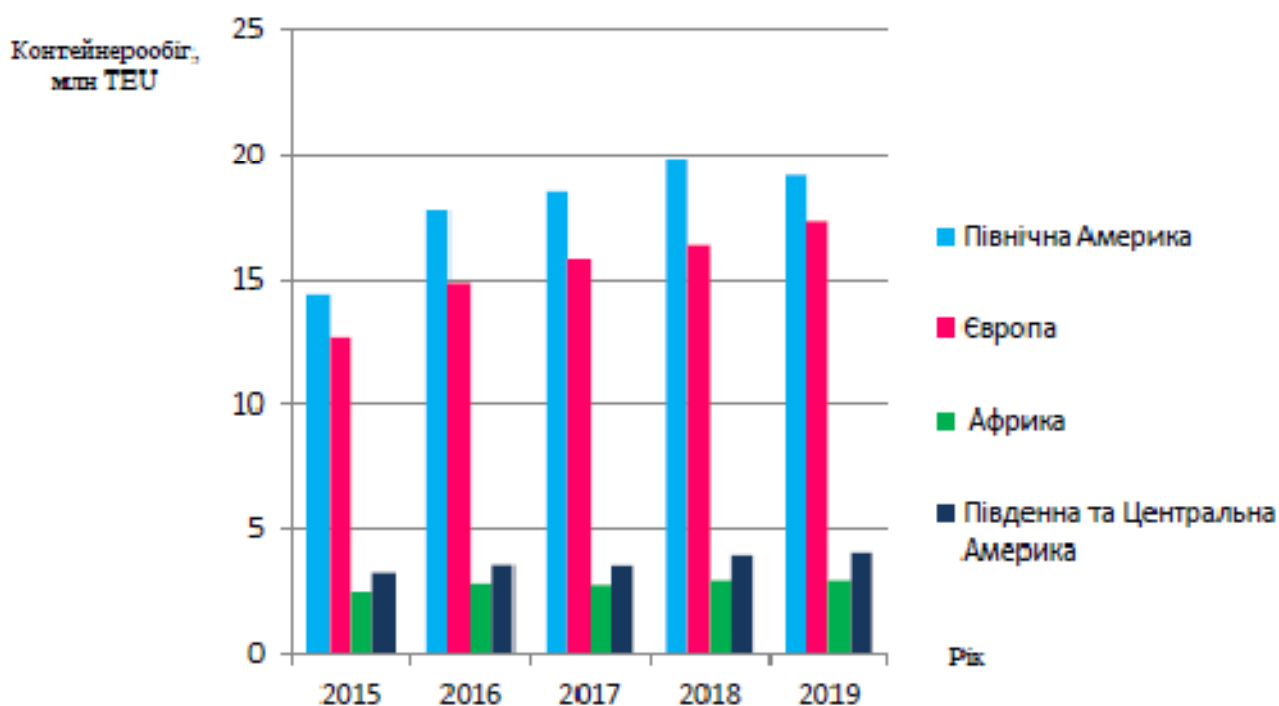


Рис. 2.1 – Контейнерообіг між портами Далекого Сходу та іншими регіонами

Порти Китаю в 2019 році збільшили вантажообіг в порівнянні з 2018 роком на 8,8% – до 13,95 млрд т. Про це свідчать дані Міністерства транспорту КНР.

За даними міністерства перевалка зовнішньоторговельних вантажів зросла на 4,8% – до 4,32 млрд т. Контейнерообіг збільшився на 4,4% – до 261,1 млн TEU.

Зростання обсягів перевалки зафіксовано на тлі збільшення вантажоперевезень внутрішніми водними шляхами на 6,3% – до 7,47 млрд т.

Найбільшими портами Китаю є Шанхай, Нінбо-Чжоушань, Шеньчжень, Гонконг, Гуанчжоу, Циндао, Тяньцзінь, Далянь, Циньхуандао, Сяминь.

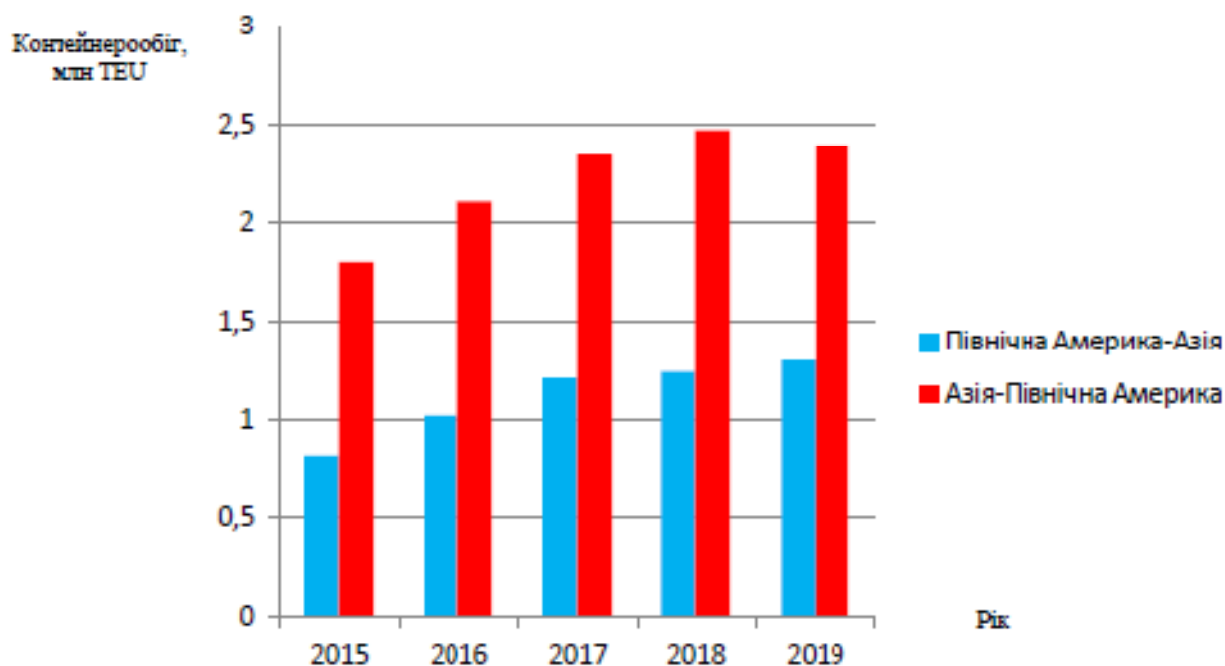


Рис. 2.2 – Контейнерообіг між країнами Північної Америки та Азії і у зворотному напрямку

Десять найбільших контейнерних портів світу перевалили в 2018 році 244 млн TEU, що на 4,3 % більше, ніж у 2017 році. Сім з десяти найбільших контейнерних портів світу розташовані у Китаї [89].

Шанхай очолює рейтинг з 2010 року, проте Сінгапуру, що займає друге місце, вдалося у 2018 році скоротити відрив від лідера більш ніж на млн TEU, до 5,4 млн TEU. Гуанчжоу був другим самим швидкозростаючим і піднявся на два рядки – на 5 місце, в той час як Гонконг, який до 2004 року був найбільшим контейнерним портом в світі, опустився на 2 позиції – на 7 місце. Обіг Гонконгу знизився в 2018 на 5,7 %, до 19,6 млн TEU [90]. Шанхай зберіг лідерство у якості найбільш завантаженого контейнерного порту у світі – за підсумками 2019 року його контейнерообіг склав 43,3 млн TEU. У порівнянні з підсумковими показниками 2018 року обіг контейнерів зріс на 3,1 %. Найближчий конкурент Шанхаю – Сінгапур, який за 12 місяців 2019 року обробив 37,2 млн TEU (+1,6 %

до 2018 року). У грудні звітного року Шанхай знизив обіг контейнерів однаково на 8,5 % як відносно попереднього місяця, так і по відношенню до грудня 2018 року – до 3,25 млн TEU. Через причали Сінгапуру у грудні пройшло 3,2 млн TEU (-2,1 % до листопада 2019 та +2,2 % до грудня 2018 року) [90]. Серед портів Європи, що орієнтуються в основному на переробку імпорتنих та експортних контейнеропотоків, найбільший зріст продемонстрували Роттердам та Антверпен.

Обсяги перевалки через порти Північної Європи виросли на 6,6 %. Найбільш високі темпи зростання були зафіксовані в найбільшому контейнерному порту Європи – Роттердам (+ 8 %), трафік через порти Гамбург і Бремерхафен знизився на 0,7 % і 1 %, відповідно.

Другий найбільший контейнерний порт Європи Антверпен збільшив контейнерообіг за підсумками дев'яти місяців 2019 року на 6,4 %, сукупні обсяги перевалки зросли на 1,1% [91].

2.2 Аналіз методів прогнозування обсягів перевезення вантажів

Одним з основних завдань залізничного транспорту є забезпечення своєчасного задоволення потреби в перевезенні. Залізничний транспорт України, не дивлячи на зниження обсягів транспортного потоку в останній час, залишається перспективним, постійно діючим та надійним видом транспорту. На оптимальне планування роботи залізничного транспорту має вплив прогнозні обсяги вантажопотоків за напрямками перевезення.

Прогнозування обсягів вантажопотоків є важливим інструментом при прийнятті управлінських рішень, виборі оптимального варіанту доставляння вантажу та технології перевезення, стратегії розвитку галузі. Прогнозування – це передбачення майбутнього на підставі накопиченого досвіду і поточних припущень щодо нього. Прогнозування являє собою складний процес, по ходу якого необхідно вирішувати велику кількість різних питань. Для цього слід застосовувати в поєднанні різні методи прогнозування, яких на сьогоднішній день

існує велика кількість, але на практиці використовуються лише 15-20. Для адекватного прогнозування необхідно обрати метод прогнозування.

Метод прогнозування – сукупність прийомів мислення, що дають змогу на основі аналізу минулих (ретроспективних) зовнішніх і внутрішніх зв'язків, властивих об'єкту, а також їх змін у рамках даного явища винести думку певної достовірності щодо майбутнього розвитку об'єкта. Обрання відповідного методу прогнозування дає змогу знизити витрати залізничного транспорту.

Практика більшості методів прогнозування базується на одному з двох протилежних підходів: генетичному і цільовому (нормативному). При генетичному підході до прогнозування попиту за базис береться справжній рівень його розвитку, тобто майбутнє визначається на основі стану попиту у звітному періоді. Цьому підходу більшою мірою властиві інерційність і перенесення недоліків, що були у минулому [92].

Цільовий, або нормативний підхід до прогнозування побудований на визначенні провідних цілей і орієнтирів і розробленні шляхів переходу від 77

рівня розвитку, що склався, до бажаного. Мета задається у вигляді науково обґрунтованих норм. Вони розглядаються як результат, який має бути досягнутий у перспективі. Розробка параметрів прогнозу для певного етапу цієї перспективи виступає як проміжна мета майбутнього, як варіант економічної політики [93].

На сьогоднішній день існує багато моделей прогнозування часових рядів. Для підвищення точності прогнозів обсягів вантажопотоків важливо розуміти, що різні моделі прогнозування підходять для різних часових рядів з різними характеристиками, тому виникає необхідність у підборі такого методу, що дасть адекватний прогноз вантажопотоків при залізничних перевезеннях.

Всі методи прогнозування можна розділити на два основні класи: евристичний і математичний [93]. Евристичні методи засновані на використанні думки фахівців у цій галузі знань і, як правило, застосовуються для прогнозування процесів, складних для математичного опису. Щоб отримати достатньо хороші для застосування на практиці результати прогнозування на основі використання думки експертів, необхідно вирішити ряд проблем,

пов'язаних з організацією опитувань, підбором експертів і обробкою отриманих результатів. Цей метод рекомендується застосовувати, якщо відсутні чисельні показники прогнозованого параметру за розглянутий період.

Суть методу експертних оцінок полягає в тому, що в основі прогнозу лежить думка одного фахівця або групи фахівців, яке засноване на професійному, практичному і науковому досвіді. Думка фахівців дає можливість виявити можливі напрями розвитку в тих або інших галузях науки і техніки в майбутньому, передбачити час настання деяких економічних подій, змін у поведінці споживачів, з'ясувати їх реакцію на нові товари і послуги, методи обслуговування тощо. Найчастіше експертні методи використовуються для отримання оцінок тих параметрів, щодо яких немає достатньо достовірної інформації. До них вдаються, коли проблема детально не досліджена і немає чітко позначених зв'язків прогнозованого явища з головними факторами його

розвитку в перспективі, коли відомості про ці фактори приблизні. У такій ситуації виключена можливість підходу до розроблення прогнозу на основі використання формальних методів прогнозування, оскільки адекватно описати досліджуваний процес важко [93].

Експерт – кваліфікований фахівець, який притягається для формування оцінок відносно об'єкта прогнозування. Експертна група – колектив експертів, сформований за певними правилами. Судження експерта або експертної групи щодо поставленого завдання прогнозу називається експертною оцінкою; в першому випадку використовується термін «індивідуальна експертна (прогнозна) оцінка», а в другому – «колективна експертна (прогнозна) оцінка». Здатність експерта створювати на базі професійних знань, інтуїції і досвіду достовірні оцінки щодо об'єкта прогнозування характеризує його компетентність. Остання має кількісну міру, яка називається коефіцієнтом компетентності. Те ж справедливо і по відношенню до експертної групи: компетентність експертної групи – це її здатність створювати достовірні оцінки щодо об'єкта прогнозування, адекватні думку генеральної сукупності експертів; кількісна міра компетентності

експертної групи визначається на основі узагальнення коефіцієнтів компетентності окремих експертів, що входять в групу.

Одним з найвідоміших методів експертних оцінок є метод Дельфі, що ґрунтується на наступних правилах: опитування експертів проводиться в кілька етапів; відповіді даються в кількісній формі; після статистичної обробки результатів кожний експерт знайомиться з оцінками інших експертів; відповіді повинні супроводжуватися обґрунтуваннями [94].

Робота експертів за методом Дельфі будується за наступним алгоритмом:

- формулювання завдання;
- виявлення думки кожного експерта;
- виявлення переважної думки;
- виявлення крайніх суджень;
- формулювання принципів розбіжностей між експертами;
- дослідження причин розбіжностей в думках;
- доведення до всіх експертів, що беруть участь в експертизі, результатів, виданих кожним експертом, і результатів обробки думок;
- аналіз кожним експертом зазначених вище результатів і переоцінка своєї первісної думки (або збереження його в силі);
- виявлення переважної думки.

Однак цей метод є суб'єктивним та не досить достовірним.

Математичні методи прогнозування, залежно від виду математичного опису об'єктів прогнозування і способів визначення невідомих параметрів моделі, можна умовно поділити на методи моделювання процесів розвитку, екстраполяційні (статистичні) методи і імовірнісні методи.

До першої групи належать методи, які використовують для опису моделі прогнозованого процесу диференціальні рівняння. Завдання прогнозування зводиться до рішення диференціальних рівнянь для заданого моменту часу. Прогнозування на основі моделювання процесів розвитку можна успішно використовувати в тому випадку, якщо прогнозований процес добре вивчений і є його коректний математичний опис.

Екстраполяційний (статистичний) метод є одним з найпоширеніших методів прогнозування, коли тенденція розвитку процесу, яка спостерігається в минулому, продовжується на майбутнє [95].

Основна ідея методу наукової екстраполяції – вивчення сформованих як в минулому, так і сьогоднішніх стійких тенденцій розвитку підприємства та перенесення їх на майбутнє. Розрізняють прогнозну і формальну екстраполяцію. Формальна – ґрунтується на припущенні про те, що в майбутньому збережуться минулі і справжні тенденції розвитку підприємства; при прогнозній – справжній розвиток пов'язують з гіпотезами про динаміку підприємства з урахуванням того, що в майбутньому зміниться вплив на нього різних факторів. Проте чим більш тривалим є період прогнозування, тобто чим далі майбутнє буде відсунуто від минулого і сьогоднішнього, тим меншою є упевненість у стійкості виявлених тенденцій і отже, тим, вище ймовірність неточності прогнозу. Однак прогнозування з використанням екстраполяції ефективно переважно при розробленні поточних і короткострокових прогнозів.

Екстраполяція – це метод наукового дослідження, який заснований на поширенні минулих і справжніх тенденцій, закономірностей, зв'язків на майбутній розвиток об'єкта прогнозування. До методів екстраполяції відносяться метод найменших квадратів, метод експоненціального згладжування, метод ковзної середньої [94].

Суть методу найменших квадратів полягає в мінімізації суми квадратичних відхилень між спостерігаються і розрахунковими величинами. Розрахункові величини знаходяться по підбраному рівнянню – рівнянню регресії. Чим менше відстань між фактичними значеннями і розрахунковими, тим точніший прогноз, побудований на основі рівнянню регресії.

Теоретичний аналіз сутності досліджуваного явища, зміна якого відображається тимчасовим поруч, служить основою для вибору кривої. Іноді беруться до уваги міркування про характер росту рівнів ряду. Так, якщо зростання випуску продукції очікується в арифметичній прогресії, то згладжування

проводиться по прямій. Якщо ж виявляється, що зростання йде в геометричній прогресії, то згладжування треба виробляти по показовою функції.

Робоча формула методу найменших квадратів має такий вигляд

$$\lambda t + 1 = \alpha f + \beta,$$

де $t + 1$ – це прогнознний період;

$\lambda t + 1$ – це прогнозований показник;

α, β – коефіцієнти;

f – умовне позначення часу.

Розрахунок коефіцієнтів α, β здійснюється за такими формулами:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n (y \cdot f) - \left(\sum_{i=1}^n f \cdot \sum_{i=1}^n y \right) / n}{\sum_{i=1}^n f^2 - \left(\sum_{i=1}^n f \right)^2 / n},$$

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^n y}{n} - \frac{\alpha \sum_{i=1}^n f}{n},$$

де y – фактичне значення ряду динаміки;

n – число рівней часового ряду.

Згладжування часових рядів методом найменших квадратів служить для відображення закономірності розвитку досліджуваного явища. В аналітичному вираженні тренда час розглядається як незалежна змінна, а рівні ряду виступають як функція цієї незалежної змінної.

Розвиток явища залежить не від того, скільки років пройшло з відправного моменту, а від того, які фактори впливали на його розвиток, в якому напрямку і з якою інтенсивністю. Звідси ясно, що розвиток явища в часі виступає як результат дії цих факторів. Правильно встановити тип кривої, тип аналітичної залежності від часу – одна з найскладніших завдань передпрогнозного аналізу. Підбір виду функції, яка описує тренд, параметри якої визначаються методом найменших квадратів, виробляється в більшості випадків емпірично, шляхом побудови ряду функцій і порівняння їх між собою за величиною середньоквадратичної помилки.

Методи згладжування використовуються для зменшення впливу випадкового компонента (випадкових коливань) у часових рядах. Вони дають можливість отримувати більш “чисті” значення, які складаються лише з детермінованих компонентів. Одним із методів, направлених на виділення деяких компонентів, наприклад, тренду [94].

Метод експоненціального згладжування найбільш ефективний при розробці середньострокових прогнозів. Він прийнятний при прогнозуванні тільки на один період вперед. Його основні переваги простота процедури обчислень і можливість обліку ваг вихідної інформації [94].

При прогнозуванні даним методом виникає два ускладнення:

- вибір значення параметра згладжування;
- визначення початкового значення.

Згладжування часових рядів методом найменших квадратів служить для відображення закономірності розвитку досліджуваного явища. В аналітичному вираженні тренда час розглядається як незалежна змінна, а рівні ряду виступають як функція цієї незалежної змінної.

Розвиток явища залежить не від того, скільки років пройшло з відправного моменту, а від того, які фактори впливали на його розвиток, в якому напрямку і з якою інтенсивністю. Звідси ясно, що розвиток явища в часі виступає як результат дії цих факторів. Правильно встановити тип кривої, тип аналітичної залежності від часу – одна з найскладніших завдань передпрогнозного аналізу. Підбір виду функції, яка описує тренд, параметри якої визначаються методом найменших

квадратів, виробляється в більшості випадків емпірично, шляхом побудови ряду функцій і порівняння їх між собою за величиною середньоквадратичної помилки.

Методи згладжування використовуються для зменшення впливу випадкового компонента (випадкових коливань) у часових рядах. Вони дають можливість отримувати більш “чисті” значення, які складаються лише з

детермінованих компонентів. Одним із методів, направлених на виділення деяких компонентів, наприклад, тренду [94].

Метод експоненціального згладжування найбільш ефективний при розробці середньострокових прогнозів. Він прийнятний при прогнозуванні тільки на один період вперед. Його основні переваги простота процедури обчислень і можливість обліку ваг вихідної інформації [94].

При прогнозуванні даним методом виникає два ускладнення:

- вибір значення параметра згладжування;
- визначення початкового значення.

2.3. Прогнозування обсягів перевезення при виборі транспортної технології на основі фрактального аналізу

Прогнозування нестабільних та нечітких процесів є дуже ненадійним і малоефективним. Тому виявлення стійкості процесу є основним етапом аналізу. Для цього в роботі будемо застосовувати фрактальний аналіз.

Застосування положень систем масового обслуговування до задач визначення характеристик різних технологій перевезень має досить жорсткі обмеження і труднощі. Так процес збору даних відносно часу перебування транспортного засобу в різних станах характеризується високою трудомісткістю і вартістю, що ускладнює отримання необхідних за обсягом результатів спостережень. Крім того, падіння обсягів перевезень, зношення парку вагонів і локомотивів викликає необхідність значного збільшення тривалості випробувань, для отримання результатів з необхідним рівнем достовірності.

Особливо складно організувати випробування при визначенні параметрів ефективності транспортного засобу, коли в дослідній експлуатації знаходиться 1-2 транспортних засобів. Класичний підхід, що заснований на теорії великих чисел вже при довірчій ймовірності $q=0,95$ встановлює тривалість випробувань 36-48 місяців [101, 102]. Недостатність експериментальних вибірок створює принципові труднощі при статистичній обробці таких результатів і при інтерпретації обчислених показників. Крім того, класичні методи статистики обчислюються і піддаються ясній інтерпретації тільки в припущенні, що результати спостережень слідуєть відомому закону розподілу, а недостатність первинного матеріалу ускладнює або робить неможливим дати однозначну відповідь на питання – яким законом слідуєть отримані в експерименті дані. Класичні обчислювальні методи допускають втрату частини статистично значущої інформації, що міститься в експерименті, і, поряд з цим, вносять в значення одержуваних статистик нову інформацію, що не присутня в експерименті, а може бути, йому і чужа. Тому виникає необхідність у застосуванні методів, відмінних від класичних. Один з таких методів – метод бутстрепа [101], що дозволяє будувати довірчий інтервал для вибіркового середнього.

В умовах неповноти інформації і складності отримання достовірних даних в роботі запропоновано провести розрахунки за допомогою «Bootstrap»-методу в системі «Statistica» в середовищі Windows, що дозволило змодельовати види законів розподілу станів системи [100]. Визначення необхідних параметрів статистичних розподілів часу надходження проведено в середовище QBAS за спеціально розробленою програмою.

У різноманітних транспортних системах одним з найважливіших завдань є забезпечення необхідної якості обслуговування перевезень. Одним з ефективних методів управління якістю перевезень є розподіл пропускної здатності каналів з використанням пріоритетів для різних потоків.

Так, у роботах [6, 28] удосконалено інтермодальну технологію перевезення вантажів, де розглянутий потік заявок є пуассонівським, але таке припущення повинне мати певні обмеження у використанні, особливо коли в системі

передбачені пріоритети та зберігається нерівномірність надходження вантажів. Враховуючи інерційність залізничних перевезень та багатоваріантність доставки вантажів при інтермодальних перевезеннях, це може викликати завантаженість транспортної мережі. З цією метою у подальшому будемо враховувати фрактальність вхідного потоку заявок та знайдемо діапазон їх застосування.

Розглядаючи систему масового обслуговування з пріоритетами виходять з припущення про те, що вхідний потік є пуассонівським, що не підходить для фрактального потоку [103-105]. Отже, при розробці моделі системи масового обслуговування з пріоритетами необхідно враховувати фрактальність вхідного потоку заявок.

Для систем масового обслуговування, на вхід яких надходить пуассоновський потік вимог, час очікування для потоку з пріоритетом може бути визначено наступним виразом)

$$T_{оч_p} = \frac{\overline{T_{затт}}}{(1 - \sigma_{p-1}) \cdot (1 - \sigma_p)},$$

де $\overline{T_{затт}}$ – середня затримка вимоги, що пов'язана з наявністю іншої вимоги на обслуговуванні;

$\sigma_p = \sum_{i=p}^p p_i$ – коефіцієнт завантаження і-го пріоритетного класу вимог.

Величина цієї затримки визначається за формулою

$$\overline{T_{затт}} = \sum_{i=1}^p \overline{T_{затт_i}} = \sum_{i=1}^p p_i \cdot \frac{\sigma_{b_i}^2}{2 \cdot \overline{T_{обс_i}}} = \sum_{i=1}^p \frac{\lambda_i \sigma_{b_i}^2}{2},$$

де $\overline{T_{зат}_i}$ – середня затримка вимоги, що пов'язана з наявністю повідомлень i -го пріоритету;

$\overline{T_{обс}_i}$ – середній час обслуговування;

λ_i – інтенсивність надходжень вимог i -го пріоритетного класу, $\lambda_i = \frac{T_{обс}_i}{P_i}$;

p_i – коефіцієнт завантаження i -го пріоритетного класу вимог;

σ_b^2 – другий момент часу обслуговування (дисперсія) i -го пріоритетного класу вимог.

Аналіз цього виразу показує, що середня затримка вимог, що пов'язана з наявністю іншої вимоги на обслуговуванні, залежить від інтенсивності надходжень () і від дисперсії часу обслуговування (). Вираз (2.6) отримано, виходячи з умови, що вхідний потік вимог пуассоновський, а потік обслуговування довільний. Щоб зняти обмеження розглянемо систему масового обслуговування $(G/G/1)$

Час очікування обслуговування можна представити в наступному вигляді

$$T_{оч}_i = \frac{T_{зат}_i}{1 - p}$$

З іншого боку верхню межу часу очікування $T_{оч}_i$ для системи $(G/G/1)$ можна представити у вигляді наступного виразу [103-105]

$$T_{оч}_i \leq \frac{\sigma_{a_i}^2 + \sigma_{\varepsilon_i}^2}{2 \cdot T_{пост}_i (1 - p_i)} = T_i^{\max_i}$$

де $\sigma_{a_i}^2, \sigma_{b_i}^2$ – дисперсія відповідно вхідного потоку і потоку обслуговування;

$\overline{T_{пост_i}}$ – середнє значення інтервалу часу між вхідними заявками i -го пріоритету;

p_i – коефіцієнт завантаження для системи $(G/G/1)$, $p_i = \frac{\overline{T_{обс}}}{\overline{T_{пост_i}}}$.

Верхня гранична оцінка (2.8) виявляється тим більш точною, чим більше величина коефіцієнта завантаження. Зі співвідношення (2.7) також видно, що середній час очікування визначається флуктуаціями процесів надходження вимог та обслуговування. *ip*

Можна використовувати більш сувору формулу верхньої межі

$$T_{оч_i} \leq \frac{1 + C_{\epsilon_i}^2}{\left(\frac{1}{p_i}\right)^2 + C_{\epsilon_i}^2} \left[\frac{\sigma_{a_i}^2 + \sigma_{b_i}^2}{2 \cdot \overline{T_{пост_i}} (1 - p_i)} \right] = T_i^{\max_2}$$

де C_b – коефіцієнт варіації часу обслуговування, $C_b = \frac{\sigma_{b_i}}{\overline{T_{обс_i}}}$.

Отримана верхня межа по суті не залежить від закону розподілу вхідного і вихідного потоків. Вона визначається тільки першими двома моментами розподілів проміжків між вимогами і часу обслуговування.

Для знаходження нижньої межі затримки можна використовувати наступний вираз

$$T_{оч_i} \geq \frac{p_i^2 \cdot C_{\epsilon_i}^2 + p_i(p_i - 2)}{2 \cdot \lambda_i(1 - p_i)} = T_i^{\min}$$

Тоді, підставивши у вираз (2.6) значення часу очікування (вирази (2.8) – (2.10)), можна отримати наступні вирази середньої затримки.

$$T_{затм_i}^{max_1} = \frac{\sigma_{a_i}^2 + \sigma_{b_i}^2}{2 \cdot T_{пост_i}}$$

$$T_{затм_i}^{max_1} = \frac{1 + C_{\epsilon_i}^2}{\left(\frac{1}{p_i}\right)^2 + C_{\epsilon_i}^2} \left[\frac{\sigma_{a_i}^2 + \sigma_{b_i}^2}{2 \cdot T_{пост_i}} \right],$$

$$T_{затм_i}^{min} = \frac{p_i^2 \cdot C_{\epsilon_i}^2 + p_i \cdot (p_i - 2)}{2 \cdot \lambda_i}$$

Для аналізу часу затримки в системі з пріоритетами необхідно провести дослідження різних законів розподілу, які використовуються для опису фрактального трафіку.)1//(GG

Для моделювання фрактального трафіку використовують розподіл Парето, Вейбулла, логонормальний і гіперекспоненціальний розподіл. У таблиці 2.1 наведені основні характеристики зазначених вище запропонованих розподілів.

Таблиця 2.1

Основні характеристики розподілів

Назва розподілів	Функція розподілу	Математичне очікування	Дисперсія
Парето	$F(x) = 1 - \left(\frac{x_m}{x}\right)^k$	$\mu = \frac{a \cdot b}{a - 1}$, при $a < 1$ математичне очікування не існує	$\sigma^2 = \frac{a \cdot b^2}{(a - 1) \cdot (a - 2)}$, $a < 2$ дисперсія не існує
Вейбулла	$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha}$	$\mu = \frac{\beta}{\alpha} \cdot \Gamma\left(\frac{1}{\alpha}\right)$	$\sigma^2 = \frac{\beta^2}{\alpha} \cdot \left\{ 2 \cdot \Gamma\left(\frac{2}{\alpha}\right) - \frac{1}{\alpha} \left[\Gamma\left(\frac{1}{\alpha}\right) \right]^2 \right\}$
Логонормальний	$F(x) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \operatorname{Erf} \left[\frac{\ln(x) - \mu}{\sigma \sqrt{2}} \right]$	$\mu = e^{\frac{\mu + \sigma^2}{2}}$	$\sigma^2 = e^{\sigma^2 + 2\mu} \cdot (e^{\sigma^2} - 1)$
Гамма-розподіл	$F(x) = \frac{\gamma(k, x/\theta)}{\Gamma(k)}$	$\mu = \alpha \cdot \beta$	$\sigma^2 = \alpha \cdot \beta^2$

Доволі часто для моделювання фрактального трафіку використовується розподіл Парето. Перевагою такого розподілу є можливість визначення фрактальності трафіка за параметрами розподілу. Недоліком цього розподілу є те, що воно має нескінченну дисперсію, що означає високу мінливість вхідного трафіку.

Отже, використовувати цей розподіл в даному випадку не можна. Найбільш часто використовується при моделюванні фрактального трафіку розподіл Вейбулла. Закон розподілу ймовірностей для розподілу Вейбулла має вигляд [103-105]

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha},$$

де β , α – відповідно масштабний параметр і параметр форми.

Для математичного очікування та середнього квадратичного відхилення величини справедливі формули, що табульовані

$$t_{cp} = aK_b, \sigma(t) = aC_b, K_b = \Gamma\left(1 + \frac{1}{b}\right), C_b^2 = \Gamma\left(1 + \frac{2}{b}\right) - K_b^2.$$

Звідси для коефіцієнта варіації маємо

$$v(t) = \frac{\sigma(t)}{t_{cp}} = \frac{C_b}{K_b}.$$

У роботах [105, 106] показано, що моделі трафіку з довготривалою залежністю призводять до асимптотичного розподілу ймовірностей хвостів вейбулловського типу, тобто

$$P(x > B) \sim e^{-(\beta B)^{2-2H}} \text{ при } B \rightarrow \infty,$$

де γ – константа;

$P(x > B)$ – ймовірність того, що параметр x (наприклад, довжина черги) більше параметра B ;

H – параметр Херста (параметр самоподібності).

Параметр Херста являє собою міру стійкості статистичного явища, або міру тривалості довгострокової залежності. Значення вказує на відсутність довгострокової залежності. Чим ближче значення до 1, тим вище ступінь стійкості довгостроковій залежності. $H \in (0, 1]$

Параметр Херста для більшості додатків знаходиться в інтервалі [107, 108]. З виразу (2.14), (2.17) можна визначити, що параметр розподілу Вейбулла можна виразити через параметр Херста наступним чином: $1.5, 0 < H < 2 \Rightarrow \alpha = \frac{1}{2H - 1}$

Отже, при дослідженні системи масового обслуговування з пріоритетами і фрактальним вхідним трафіком, параметр розподілу Вейбулла буде перебувати в інтервалі $1.5, 0 < H < 2$. Інші закони розподілу в визначеному діапазоні співпадають з розподілом Вейбулла. $1 < \alpha < 2$

Відповідно до цього для систем масового обслуговування, на вхід яких надходить пуассоновській потік вимог, час очікування для потоку з пріоритетом розраховується по формулі $T_{оч_p} = \frac{T_{зат}}{(1 - \sigma_{p-1}) \cdot (1 - \sigma_p)}$

$$T_{оч_p} = \frac{\overline{T_{зат}}}{(1 - \sigma_{p-1}) \cdot (1 - \sigma_p)} = \frac{\sum_{i=1}^{p-1} P_i \cdot \sigma_{b_i}^2}{2 \overline{T_{обс_i}} \cdot (1 - p_i) \left(1 - \sum P_i\right)}$$

Таблиця 2.2

Вихідні дані для розрахунку відносного часу очікування і обслуговування для систем та з пріоритетами $1 // GM$ $1 // GG$

N	$T_{обс1}$	$T_{ном1}$	$T_{обс2}$	$T_{ном2}$	$T_{обс3}$	$T_{ном3}$	$T_{обс4}$	$T_{ном4}$	$T_{обс5}$	$T_{ном5}$
	$p=1$		$p=2$		$p=3$		$p=4$		$p=5$	
1	3	50	4	20	3	10	2,5	30	2,5	50
2	4	10	4	10	2,5	20	3,5	35	3	30
3	5	30	5	15	3	15	5	40	5	40
4	4	40	4	30	3	12	3	35	3	15
5	6	25	5	20	3,5	18	6	50	4	10
6	3	30	2	25	2,5	14	3	55	3,5	20
7	2	40	4	30	3	17	5	40	3,5	15
8	2	20	3	40	4	10	3,5	35	3	30
9	4	10	4	30	4	20	3	45	2	25
10	3	20	5	25	3	15	4	20	3	20
□	36	275	40	245	31,5	151	38,5	385	32,5	255
□/10	3,6	27,5	4	24,5	3,15	15,1	3,85	38,5	3,25	25,5
σ	1,44	156,25	0,8	67,25	0,2525	12,29	1,1525	90,25	0,6125	137,25
Λ		0,0364		0,0408		0,0662		0,0260		0,0392

За допомогою програми MathCAD на ПЕОМ визначені і побудовані залежності відносного часу очікування імовірності для системи та системи з пріоритетами, що наведені на рисунках 2.3–2.5. $обсч(TTpf)= (iP 1//GM 1//GG$

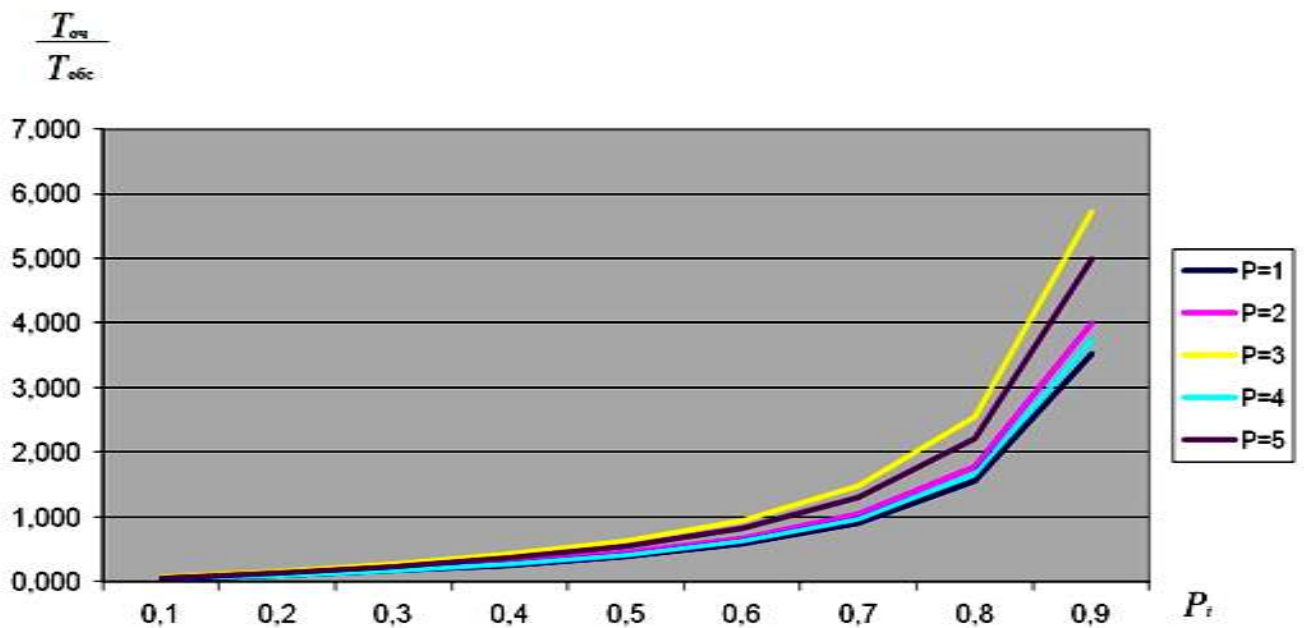


Рис. 2.3 – Результати розрахунку для системи масового обслуговування M/G/1 з пріоритетами

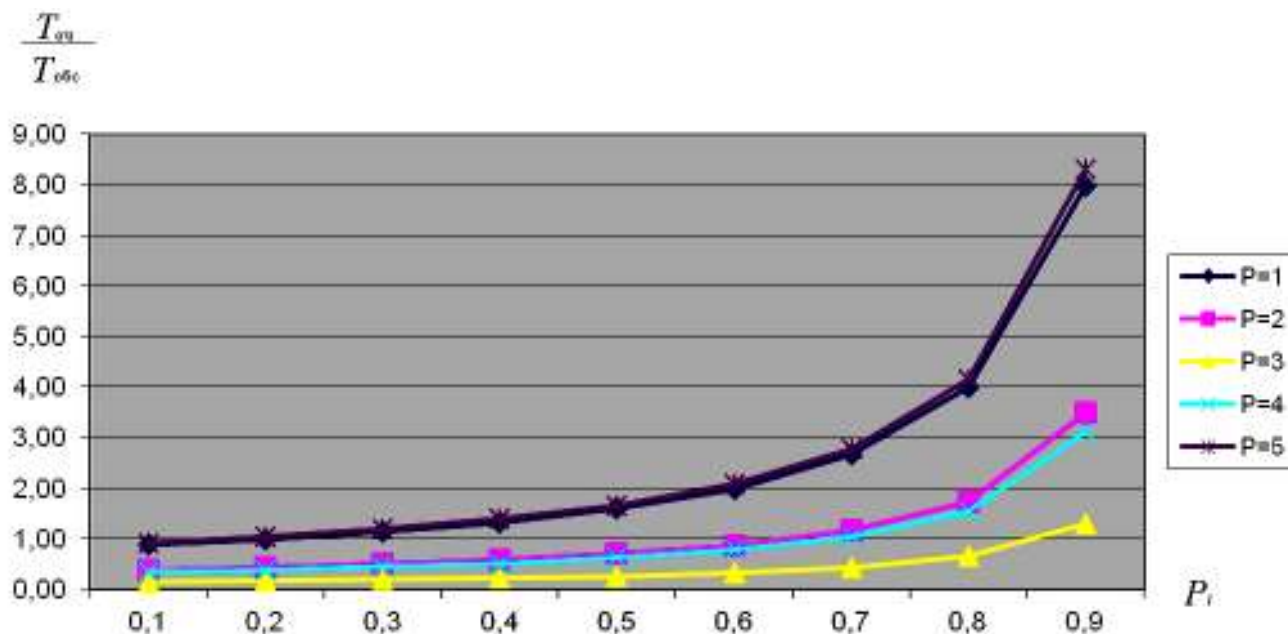


Рис. 2.4. – Результати розрахунку для системи масового обслуговування G/G/1 з пріоритетами

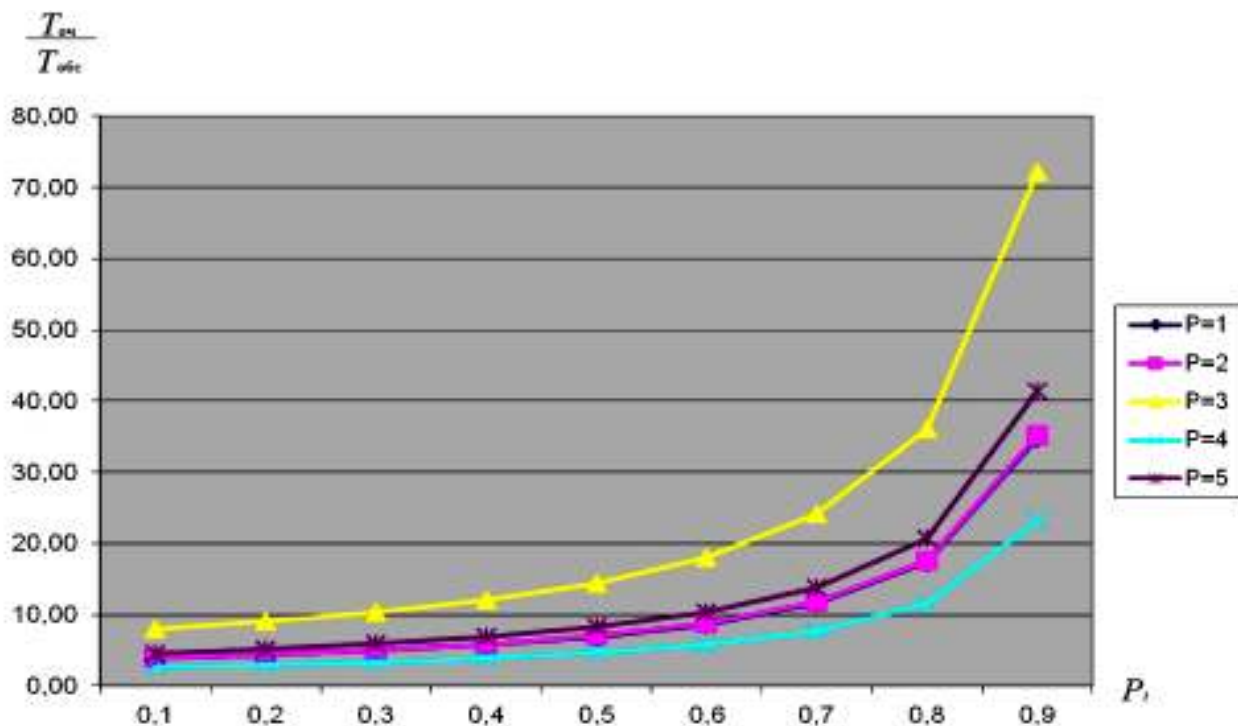


Рис.2.5 – Результати розрахунку для системи масового обслуговування G/G/1 з пріоритетами $H=0,5$

Таким чином, зі збільшенням самоподібності (фрактальності) вхідного потоку заявок значно збільшується час очікування роботи системи з пріоритетами у порівнянні з системою з пріоритетами. З отриманих результатів можна зробити наступні висновки, що при малих значеннях параметра Херста у якості першого наближення системи з пріоритетами можна використовувати модель системи . Причому точність результатів буде незначно падати з ростом . При невеликих значеннях завантаження отримані результати будуть практично збігатися. З ростом фрактальності трафіку результати, що отримані при використанні моделі , будуть значно відрізнятися від результатів, отриманих при використанні моделі системи . Отже, модель системи не можна використовувати для оцінки параметрів системи з пріоритетами в разі високої фрактальності вхідного трафіку. В даному випадку $1//GM$)65,05,0($<<H$ $1//GG$ $1//GM$ iP5,0 $<H$ $1//GG$ 1//GM1//GM $1//GG$ доцільніше використовувати запропоновану модель системи з пріоритетами. $1//GG$

За результатами побудованих графічних залежностей встановлено, що в діапазоні параметра Херста приблизно можна розраховувати параметри системи як для системи з пуассонівським потоком вимог [6], тоді як з ростом фрактальності вхідного потоку виникає необхідність у розгляданні системи обслуговування з пріоритетами у вигляді [9]. $обсочиТТpf=)$ (65,05,0 $<<H$ $1//GM$ $1//GG$. Отримана в результаті похибка прогнозу при використанні фрактального аналізу склала більше 7 % і не задовольнила умови завдання. Тому після детального аналізу методів прогнозу було прийнято рішення, що прогнозування обсягів перевезень на транспортній мережі необхідно виконувати з використанням нейро-нечіткого моделювання.