

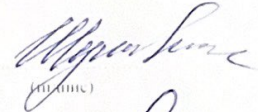
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
Факультет транспорту і будівництва
Кафедра логістичного управління та безпеки руху на транспорті

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломної кваліфікаційної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня магістр

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

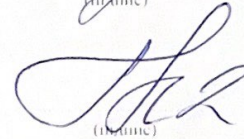
на тему: «Удосконалення процесів організації змішаних перевезень вантажів з використанням математичних моделей логістичних систем»

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ОПЗТ-22дм
Шуліка А.Д.



(підпис)

Керівник: проф. Чернецька-Білецька Н.Б.



(підпис)

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



(підпис)

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. АНАЛІЗ СТАНУ І ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЗМІШАНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ.....	6
1.1 Аналіз розвитку зовнішньоекономічних зв'язків України: транспортна складова	6
1.2 Визначення основних показників якості міжнародних змішаних перевезень вантажів.....	12
1.3 Систематизація існуючих методів моделювання локальних транспортних логістичних систем.....	21
2. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗМІШАНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ.....	25
2.1 Удосконалення технологічного процесу переробки великотоннажних контейнерів в змішаному сполученні з урахуванням часу і витрат на їх переробку	25
2.2 Удосконалення технології перевантаження контейнерів за допомогою прогновної моделі	40
2.3 Удосконалення системи зберігання в моделях просторово-часового перетворення матеріального потоку	48
2.4 Моделювання технологічного процесу локальної транспортної системи	56
3. ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗМІШАНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ.....	75
3.1 Вирішення багатокритерійного завдання раціонального вибору маршруту змішаного перевезення за різними параметрами	75
3.2 Розробка рекомендацій по удосконаленню процесів організації змішаних перевезень вантажів	81
ВИСНОВКИ.....	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	86

ВСТУП

Попит на експорт транспортних послуг в світі до 2030 р. може досягти показника в 8-9 млрд. дол. в рік. Бути готовим запропонувати конкурентні, вигідніші умови потенційним клієнтам на такому перспективному ринку — важливе завдання, що стоїть перед залізничним транспортом.

Транспортне забезпечення експорту, найчастіше має на увазі організацію змішаних перевезень. Організація змішаних перевезень складний і багатоплановий процес, що має на увазі використання переваг різних видів транспорту на окремих етапах, і особливості якого дозволяють говорити про необхідність використання логістичного підходу. При формуванні раціональної схеми доставки вантажу від постачальника до споживача на основі принципів логістики необхідно здійснити комплекс заходів по оптимізації вантажопотоків, основними з яких є вибір технологічного процесу, маршруту проходження, визначення системи складування, рівня запасу і оптимальної партії замовлення.

Актуальність теми дослідження.

Останнє десятиліття логістика успішно працює на транспортну галузь. І весь цей час ведеться пошук всіляких шляхів зниження і оптимізації загальних витрат на здійснення перевезень, підвищення економічної ефективності логістичної діяльності, поліпшення її інформаційного і технічного забезпечення. Процеси організації змішаних перевезень повинні носити комплексний характер і враховувати чинники, що впливають на показники якості змішаних перевезень. Розробка системи відповідних математичних моделей є засобом для вирішення цієї наукової проблеми.

Мета і завдання дослідження. Мета дослідження полягає в удосконаленні процесів і технологій організації доставки вантажів при змішаних перевезеннях на підставі логістичних систем і розробка математичних моделей їх оптимізації.

Реалізація поставленої мети зумовила необхідність вирішення ряду взаємозв'язаних задач:

- аналіз стану і тенденцій розвитку транспорту при виконанні зовнішньоторговельних перевезень;
- визначення основних показників якості змішаних перевезень
- удосконалення системи організації змішаних перевезень на основі виявлених показників, за допомогою розробки відповідних математичних моделей

Об'єкт – процеси організації змішаних перевезень вантажів

Предмет – удосконалення процесів організації змішаних перевезень вантажів

Методи виконання роботи – системний аналіз, методи математичної статистики та теорії ймовірностей, методи оптимізації параметрів математичних моделей.

Наукова новизна роботи полягає в наступному:

- Сформульовані підходи до організації змішаних перевезень на базі логістичних принципів, які, на відміну від раніше відомих, враховують динамічність транспортного процесу
- Розроблена система математичних моделей що оптимізують основні показники якості змішаних перевезень
- Запропонований багатокритеріальний підхід до вибору раціонального маршруту змішаного перевезення по різних параметрах (час, вартість і збереження вантажів)

Практичне значення отриманих результатів: Розроблений комплекс моделей, який реалізує процес удосконалення організації змішаних перевезень і оптимізує технологічні процеси, супроводжуючі доставку вантажів дозволяє визначити раціональні варіанти організації змішаних перевезень, з урахуванням специфіки роботи контейнерного терміналу і оптимізації запасів.

Публікації. Відповідно до теми дипломної роботи опубліковані наукові публікації у фахових виданнях України, результати роботи представлені на науковій студентській конференції.

Структура і об'єм роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел з 29 найменувань на 3 сторінках. Загальний об'єм кваліфікаційної роботи магістра складає 88 стор. Робота включає 16 рисунків та 5 таблиць по тексту.

1. АНАЛІЗ СТАНУ І ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЗМІШАНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ

1.1 Аналіз розвитку зовнішньоекономічних зв'язків України: транспортна складова

Економічна відвертість держав, що росте, процеси глобалізації світової економіки, лібералізація національних режимів торгівлі і товаропотоків дозволяє говорити про розвиток зовнішньоекономічних зв'язків країн світу, у тому числі і України.

Після розвалу Радянського Союзу перед Україною, як і перед іншими республіками, встало питання: який з можливих шляхів інтеграції в міжнародні політичні і економічні структури найбільшою мірою відповідає її довготривалим національним інтересам і як більшість країн пострадянського простору, за винятком країн Балтії, вона вибрала двонаправлену стратегію: внутрішньорегіональна інтеграція і зближення з Усесвітньою торговою організацією (ВТО) і Європейським союзом (ЄС).

Економічне зростання в Україні оновилося фактично тільки в 2020 році після десятиліття падіння реального ВВП. За даними Статистичного комітету СНД, Україна вийшла з рецесії мало не останньою з країн Союзу, що було багато в чому пов'язане з низькими темпами реформування економіки.

Починаючи з 2020 року внесок внутрішнього споживання в зростання ВВП був основним, тоді як об'єми імпорту, що ростуть, зумовили низький внесок чистого експорту. Проте роль останнього не варто недооцінювати. Реальний експорт товарів і послуг пояснює близько половини загального приросту ВВП в 2019—2020 роках, тоді як внутрішній попит значною мірою задовольнявся за рахунок імпорту. Роль експорту була особливо помітна в 2019 і 2020 роках, коли його внесок в зростання ВВП значно перевищував внесок внутрішнього попиту за

вирахованням імпорту. Іншими словами, українська економіка, ймовірно, росла б, принаймні, удвічі повільніше, коли б не високі показники зростання експорту.

Чутливість темпів економічного зростання до динаміки експорту підтвердив 2021 рік, коли майже 14-процентне падіння реального експорту товарів і послуг привело до істотного зниження зростання реального ВВП, незважаючи навіть на різке збільшення внутрішнього попиту, в першу чергу споживання домогосподарств.

Важливим чинником, що обумовлює чутливість української економіки до зовнішніх шоків, є структура її експорту (рис.1.1). Країна експортує в першу чергу продукцію чорної металургії, тобто товари, ціни на яких дуже мінливі. І хоча низька диверсифікація товарної структури частково компенсується великим числом країн-партнерів, цього недостатньо для стабільності. Більш того, металургійне виробництво енергоємне, а власних енергоносіїв в Україні недостатньо. Це робить галузь залежною від постачань імпортованих енергоносіїв і цін на них, що посилює уразливість, як металургії, так і економіки в цілому.

Друге місце в структурі українського експорту займають мінеральні продукти.

Третя група українського експорту – сільгосппродукція. У цій товарній групі в 2022 році зафіксовано і зростання фізичних об'ємів, і збільшення грошового виразу експорту.

На четверте місце скотився експорт хімії.

Останніми роками залежність економіки України від зовнішніх чинників почала поступово знижуватися. Наприклад, в 2019 році, не дивлячись на падіння реального експорту товарів і послуг, що продовжується, реальний ВВП, по попередніх оцінках, збільшився на 7%. Це пов'язано з високими темпами зростання внутрішнього споживання домогосподарств — як товарною його складовою, так і, в значній мірі, послуг. Відповідно, розвивається внутрішній ринок, значно менш чутливий до зовнішньої кон'юнктури.



Рис.1.1 Структура українського експорту. Джерело Держкомстат

Щоб зростання економіки України було стабільним, необхідно продовжувати структурні реформи, упроваджувати логістичні підходи до організації змішаних перевезень, а також оптимізувати основні показники якості перевезень, використовуючи при цьому моделі і методи транспортної і складської логістик, що відкриває ширший доступ на зовнішні ринки і дозволяє реалізувати транзитний потенціал країни.

На сучасному етапі найважливішим чинником отримання Україною своєї ніші в світовому господарстві є сприяння розвитку її зовнішньоекономічної діяльності. Це закономірно, оскільки Україна займає одне з перших місць в світі по показнику відношення об'єму зовнішньоторговельного обороту до ВВП, а це свідчить про те, що макроекономічний розвиток нашої країни прямо пропорційно залежить від стану її міжнародної торгівлі.

У 2020 році торговельно-економічні зв'язки здійснювалися з 189 країнами світу, з неоднаковими масштабами і ефективністю. Найбільшими споживачами українських товарів в 2020 році залишалися Туреччина, США, Німеччина, Китай і Італія (рис.1.2).

При цьому в структурі експорту зменшилася питома вага Китаю (з 6,3% до 4,3%), збільшився – (з 20,7% до 24,1%) і Італії (з 4% до 4,4%), Німеччині (з 4,8% до 5,1%)

Найзначніше в загальному об'ємі імпорту збільшилася частка [12]. Знизилася питома вага в загальному об'ємі імпорту Німеччини (з 7,8% до 7,6%) США (з 3,1% до 2,5%) і Польщі (з 2,6% до 2,1%). В той же час значний зростає частка Туркменістану (з 5,4% до 5,7% – переважно за рахунок постачань природного газу) і Білорусі (з 3% до 4,7%)

У товарній структурі зовнішньоторговельного обороту постійно присутня незбалансованість економічного обміну, яка виявляється в більшій частці імпорту енергоносіїв, а також високотехнологічній продукції з передових країн світу і експорту, у свою чергу, переважно сировини і матеріалів з низьким рівнем переробки.

Розвитку тісніших взаємозв'язків значним чином заважають повільні структурні зміни в національному господарстві, розвиток тіньової економіки в зовнішній торгівлі, нетарифні обмеження (індикативні ціни, стандартизація і сертифікація, які не стільки захищають українського споживача, скільки створюють перешкоди на шляху торгівлі), невисокий рівень конкурентоспроможності українських товарів, наявність обмежень в так званих «чутливих» галузях (чорна металургія, легка промисловість, сільське господарство).

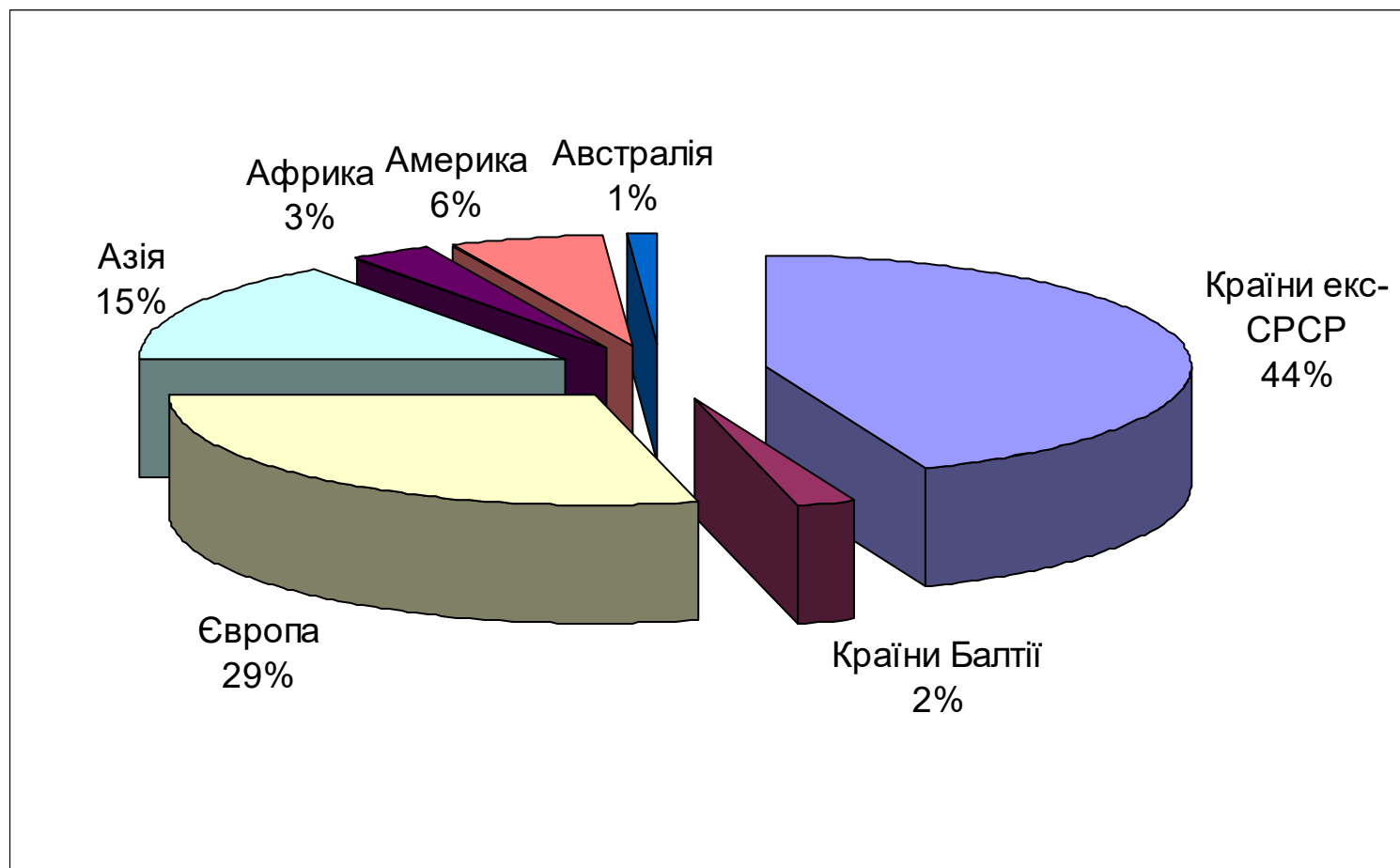


Рис. 2.2 – Діаграма зовнішньоторгівельних відносин України

Із заходу, в першу чергу з Європи, в адресу України посилюється критика з приводу слабких результатів економічних перетворень, корупції, що розцвіла в країні, конкретних випадків порушення демократії. В результаті виникає радикальна розбіжність цілей: якщо Україна заявляє про бажання інтегруватися до Європи, остання орієнтується на співпрацю, тобто на свідомо нижчий рівень взаємодії. Геополітична важливість України, особливо для США, а також неприпустимі для Європи ризики, пов'язані з колапсом України, швидше за все виявляться достатніми для отримання певної підтримки, але не більш того. Розширення НАТО на схід закономірно зупинилося на західній межі України, а в досяжному майбутньому там же пройде і межа розширення Євросоюзу.

Регіональні ініціативи можуть лише в дуже невеликому ступені компенсувати погіршення ситуації на двох головних напрямках. У Центральній Східній Європі принципово підтримувати Україну схильна одна Польща, чий ресурси явно недостатні для цього, тоді як інші країни мають намір рухатися до Європи не оглядаючись на східну сусідку.

Одним з основних напрямів, що дозволяють зміцнити конкурентні переваги України на світовому ринку, є подальша лібералізація зовнішньоекономічної діяльності з метою збільшення експорту і диверсифікації його структури.

Особливу роль в цьому повинен зіграти транспорт. Експорт транспортних послуг може і повинен бути такою ж важливою складовою національного продукту України, як і експорт товарів.

Експорт транспортних послуг повинен розвиватися в наступних основних напрямках:

збільшення частки участі українських транспортних організацій в постачанні вітчизняних експортних вантажів на світові ринки;

підвищення частки українських транспортних організацій в доставці імпортованих вантажів і перевезеннях вантажів третіх країн;

розвиток використання транзитного потенціалу української транспортної системи.

Основними проблемами в розвитку експорту транспортних послуг є:

- технічний рівень рухомого складу.
- високе податкове навантаження перевізників. За експертною оцінкою податкове навантаження на українських перевізників більш ніж в 10 разів перевищує навантаження на іноземні транспортні підприємства;
- державна митна політика не стимулює митні системи активно і швидко переходити на нових високо ефективні технології і устаткування митних переходів і митних терміналів, здатних якісно здійснювати митне оформлення і прикордонний контроль з мінімальними витратами, що, природно, є одним із стримуючих чинників зростання як валового внутрішнього продукту, так і національного експорту товарів і транспортної продукції.
- недосконалість процесів організації змішаних перевезень

Проаналізувавши модель зовнішньоекономічних відносин України з суб'єктами світового господарства, можна зробити вивід про те, розвиток експорту є першочерговим чинником поліпшення економічної обстановки країни.

Експорт є важливій складовій економічного благополуччя країни, а для ефективної експортної діяльності необхідно мати налагоджену систему організації змішаних перевезень вантажів.

1.2 Визначення основних показників якості міжнародних змішаних перевезень вантажів

Щоб почати процес переміщення, виробникові необхідно підготувати продукцію таким чином, що б захистити її від атмосферних і динамічних дій

під час транспортування, врахувати габаритні обмеження транспортних засобів, доставити до місця навантаження, завантажити на транспортний засіб, здійснити ряд комерційних, банківських, митних, карантинних, санітарно-ветеринарних і інших операцій. Ще в процесі проектування продукції необхідно передбачити можливість раціонального транспортування створюваного виробу.

Після завершення процесу переміщення замовник (споживач) продукції повинен здійснити ряд операцій по доставці товару на місце, пов'язані з його безпосереднім споживанням, у разі порушення умов транспортування мати можливість пред'явити претензії до перевізника і отримати компенсацію за заподіяне ушкодження. Разом з тим вантажовласник в особливо складних умовах повинен удаватися до послуг різного роду посередників, що діють як у сфері обігу, так і в сферах виробництва і споживання. У транспортному процесі виникають різного роду технологічні перерви, пов'язані з накопиченням товару, комплектацією відправок, їх підробкою і так далі. Такі перерви можуть бути в місцях відправлення, вивантаження і перевалювання з одного вигляду транспорту на інший. У транспортному процесі його учасники – виробники, замовники, покупці продукції, транспортні підприємства, посередники – вимушені вступати в складні економічні і комерційно-правові взаємини, визначувані різного роду нормативними актами, регульовані національним законодавством, міжнародними правовими нормами, звичаями.

Транспортне забезпечення слід розглядати як сукупність технічних, технологічних елементів; економічних, комерційно-правових, організаційних дій; форм і методів управління транспортними операціями і процесами на всіх етапах (рівнях) у сфері виробництва, споживання і звернення продукції, що забезпечують суспільне відтворення і раціональне функціонування економіки.

Транспортному забезпеченню близька по своєму призначенню система міжнародного руху товару. Це технічні засоби, комунікації і облаштування всіх видів транспорту; складське господарство промислових фірм, їх філій, торгово-посередницьких і інших компаній; матеріально-технічна база стівідорних,

брокерських і агентських фірм; облаштування транспортно-експедиторських компаній для здійснення операцій по угрупованню, комплектації відправок і т.п.; матеріально-технічна база лізингових компаній, що здають в оренду контейнери; технічні засоби систем, що інформаційно-управляють.

Рівень транспортного забезпечення зовнішньоекономічних зв'язків надає істотний вплив на ефективність зовнішньої торгівлі, виявляючись в ціні товару як транспортна складова з вимогою її зниження. У свою чергу, якість транспортної послуги (швидкість, регулярність, збереження, надійність) пряма або побічно впливають на формування самої ціни товару, збільшуючи її при високому транспортному сервісі або зменшуючи при низькому рівні транспортного обслуговування.

У зв'язку з цим з'являється необхідність оперувати поняттями якості транспортного обслуговування і комплексністю транспортної послуги, що надається.

Стандарт якості синтезує конкретні потреби вантажовласника і визначає потрібний для них оптимальний набір якісних транспортних ознак, а також питому вагу, характер і ступінь досконалості певних типових ознак.

Набір стандартів повинен відображати весь діапазон існуючих і прогнозованих потреб народного господарства і міжнародних ринків. У свою чергу, технологія, техніка і організація, різні форми і методи перевезення і обробки вантажів повинні забезпечити виконання цих стандартів.

Стандарт якості повинен закладатися в комплекс цілеспрямованих заходів по оптимізації транспортного забезпечення зовнішньоекономічних зв'язків в системі «виробництво => звернення => споживання» від моменту виготовлення продукції до моменту здачі товару покупцеві.

Перевезення пасажирів і вантажів розглядаються з позиції споживачів, у зв'язку з чим основні характеристики і показники є віддзеркаленням потреб і інтересів користувачів транспортних послуг. Потреби і інтереси користувачів в сукупності по суті і складають якість транспортних послуг.

Термінологія за якістю транспортних послуг, включає наступні поняття з відповідними визначеннями.

Показник якості транспортної послуги – кількісна характеристика одного або декількох споживчих властивостей послуги, складових її якості.

Збереження перевезення вантажів – характеристика транспортної послуги, яка обумовлює перевезення вантажів без втрат, пошкоджень, пропаж і забруднення.

Своєчасність доставки вантажів – характеристика транспортної послуги, яка обумовлює прибуття вантажів в кінцевий пункт відповідно до встановлених термінів або оголошеного розкладу.

Надійність транспортного обслуговування – сукупність характеристик виконавця транспортних послуг, яка обумовлює надання їх споживачам в заданих об'ємах і якості протягом встановленого часу.

Нормативний термін доставки вантажів – показник своєчасності доставки вантажу, протягом цього терміну виконавець транспортної послуги гарантує доставку вантажу споживачеві.

Якість транспортного обслуговування – сукупність характеристик пасажирських вантажних перевезень або транспортної експедиції, що визначають їх придатність задовольняти потреби пасажирів, вантажовідправників і вантажоодержувачів у відповідних перевезеннях і роботах.

Рівень якості транспортного обслуговування – відносна характеристика транспортних послуг, що надаються, заснована на порівнянні значень показників якості оцінюваної послуги з базовими значеннями відповідних показників.

Встановлена наступна номенклатура основних груп показників якості по властивостях групових перевезень, що характеризуються ними:

1. показники своєчасності виконання перевезень;
2. показники збереження вантажів;

3. економічні показники.

Своєчасність виконання перевезення характеризується показниками:

- перевезення вантажів до призначеного терміну;
- регулярності прибуття вантажу;
- терміновості перевезення вантажу

Показники збереження перевезення залежно від ознак, що характеризуються ними, підрозділяються на показники перевезення вантажів:

- без втрат;
- без пошкоджень;
- без пропажі;
- без забруднення

При оцінці рівня якості вантажних перевезень необхідно враховувати економічні показники, що характеризують елементні і загальні витрати, пов'язані з перевізним процесом в цілому або виконанням окремих робіт при доставці вантажу.

Економічними показниками служать:

- питомі витрати на транспортування вантажу;
- питомі повні витрати на доставку вантажів;
- витрати на проведення навантажувально-розвантажувальних і складських робіт
- частка транспортних витрат в собівартості продукції.

Структурна схема вказаних показників представлена на рисунку 1.3



Рис. 1.3 Показники якості змішаних перевезень

Транспортне забезпечення зв'язків – це складна динамічна система, що складається з елементів, що об'єднуються в операції, які формуються і складають окремі процеси, що знаходяться під впливом економічних, комерційно-правових, організаційних методів і форм управління транспортного забезпечення на всіх рівнях.

Окремі етапи по транспортному забезпеченню зовнішньоекономічних зв'язків можна представити таким чином:

- підготовка продукції до перевезення, включаючи упаковку і затарювання, складські роботи, підготовка інформації для перевізника і покупця, підготовка необхідної супровідної документації, отримання експортних ліцензій, карантинних, ветеринарно-санітарних свідоцтв, пакувальних листів, сертифікатів і др.;
- доставка продукції до магістральних видів транспорту;
- укладення договору перевезення і необхідні розрахунки з першим перевізником;
- навантажувально-розвантажувальні і складські роботи в пункті відправлення продукції;
- переміщення товару першим перевізником;
- митні, прикордонні, санітарно-ветеринарні операції на прикордонних пунктах;
- складські операції при передачі товару другому перевізникові;
- укладення договору перевезення при необхідності з другим перевізником;
- переміщення вантажу другим перевізником;
- складські операції, раскредитування перевізних документів;
- здача вантажу одержувачеві;
- розшук вантажів;
- ведення позовів, претензій, арбітражних справ.

Крім того, на тому або іншому етапі транспортного забезпечення зовнішньоекономічних зв'язків виникають різного роду посередницькі операції, що включають страхування вантажу і транспортних засобів, лізинг і агентство транспортних засобів, брокерську діяльність, транспортно-експедиторське обслуговування і ін.

На кожному етапі транспортного забезпечення потрібна організація інформаційного забезпечення учасників транспортного процесу.

Вказані етапи транспортного забезпечення організуються і проводяться під контролем продавця і покупця товару, які обмовляються і фіксуються в договорах купівлі-продажу у вигляді базису постачання і транспортних умов.

Технічні елементи транспортного забезпечення зовнішньоекономічних зв'язків вимагають узгодження технічних, фізико-хімічних і інших характеристик і властивостей вантажів, що перевозяться, з техніко-експлуатаційними параметрами і характеристиками транспортних засобів з метою захисту товарів від атмосферних, температурних, динамічних дій при перевезенні, перевантаженні і технологічному зберіганні. При цьому замовник транспортних послуг інформує перевізника про транспортні характеристики вантажу, а перевізник у свою чергу, погоджує із замовником надання відповідних транспортних засобів.

Технологічні елементи транспортного забезпечення зовнішньоекономічних зв'язків включають сукупність способів перевезення товарів, коли в транспортних процесах створюються особливі умови і режими, сприяючі підвищенню економічності і якості транспортного обслуговування. До них відносяться різного роду прогресивні транспортно-технологічні системи, включаючи контейнерну, ліхтеровізну, пакетну, поромну і багато інших, коли продукція переміщається в укрупнених, уніфікованих одиницях.

До економічних методів дії на транспортне забезпечення зовнішньоекономічних зв'язків відносяться планування, облік і аналіз транспортної продукції, система ціноутворення на продукцію транспорту, включаючи вивчення кон'юнктури міжнародних транспортних ринків.

При рішенні задачі підвищення якості перевезень ідея логістики виявляється в системному підході, що враховує ритми виробництва у відправника, споживання у одержувача готової продукції і роботу

транспорту. Функції збуту в логістиці здійснюються за допомогою шести умов (див. таблицю 1.1).

Таблиця 1.1

Шість принципів логістики

Назва принципу	Приклад рішення
1. Вантаж	Оптимізація матеріальних потоків. Частково виключений зворотний холостий пробіг рухомого складу.
2. Якість	Перевезення здійснюються за допомогою укрупненої вантажної одиниці – контейнерів – здійснений комплекс заходів щодо раціоналізації тари і упаковки, уніфікації вантажної одиниці.
3. Кількість	Оптимізація величини замовлень і рівня запасів на основі наявної інформації про інтенсивність виробництва і споживання. Скорочення потрібної площі складів.
4. Час	Збільшення швидкості руху матеріальних потоків, планування маршрутів переміщення вантажів на магістральному транспорті.
5. Витрати	Оцінка економічного ефекту показує найвищу спроможність розроблених заходів, з'являється реальна можливість понизити тарифи на транспортування, і, як наслідок, зниження ринкової вартості кінцевого продукту.
6. Пункти призначення	Відомі об'єми і структура перевантажувальних операцій на окремих ступенях обслуговування матеріальних потоків.

Як видно з таблиці 1.1 і на основі аналізу показників якості змішаних перевезень першочерговими є завдання мінімізації часу і витрат. Використання контейнерів в змішаних перевезеннях веде як до зменшення часу обробки, що зменшує цикл перевезення, так і знижує витрати на проведення навантажувально-розвантажувальних і складських робіт.

Проте для досягнення максимального ефекту від використання контейнерів необхідне проведення організаційних і технічних заходів, які можуть змінити тривалість виконання тієї або іншої технологічної операції, що у свою чергу змінить тривалість проходження дуги. А це зрештою дозволить зменшити час знаходження контейнера на терміналі, яке в даний час складає значну частину часу обороту контейнера.

Ще однією важливою ланкою у сфері руху товару, що впливає на якість задоволення потреб споживачів, є вирішення про рівень товарно-матеріальних запасів. Оскільки забезпечення безперервності руху товару вимагає наявності складської інфраструктури і підтримки оптимального рівня запасів, то очевидною є необхідність оперативного управління запасами матеріальних засобів.

1.3 Систематизація існуючих методів моделювання локальних транспортних логістичних систем

Однією з властивостей складних систем є те, що вони можуть досягати мети різними способами, шляхами. Завданням виконаного тут аналізу є пошук серед всієї різноманітності теоретичних, прикладних досліджень і практичного досвіду таких способів, шляхів, які б сподіяли досягненню поставленої мети при оптимальному співвідношенні необхідних для цього часу і коштів. Вже сам етап аналізу і пошуку релевантної (тобто такої, яка має істотне значення для теми дослідження) інформації є початком процесу економії згаданих часу і коштів, оскільки дозволяє, по -перше, використовувати багатий науково-практичний досвід попередників, а по-друге – виявити ті проблеми, які ще не були досліджені або потребують додаткового дослідження.

Суть моделювання полягає в заміні реальних об'єктів або процесів моделями, що є засобами відображення і відтворення тієї або іншої частини дійсності.

Модель транспортної логістичної системи дозволяє в подальшому вирішити головну мету логістики - скорочення виробничого циклу на основі мінімізації запасів і оптимізації роботи проміжних складських буферних пристроїв, збільшення швидкості руху матеріальних потоків і оборотності сировини і комплектуючих виробів, доставки вантажів за принципом "точно в строк".

Різноманіття моделей доцільно класифікувати. Істотною ознакою класифікації є метод опису стану об'єкту. Залежно від даної ознаки моделі розділяються на наступні класи: імітаційні, аналітичні, статистичні, мережеві і матричні. Для побудови аналітичних моделей застосовують класичні методи - диференціальні і різницеві рівняння, теорії управління запасами, вірогідності і масового обслуговування, матричні ігри і ін. Імітаційні моделі будують за допомогою теорії кінцевих автоматів, мереж Петрі, штучного інтелекту, використовують статистичні підходи опису процесів. Побудова імітаційних моделей орієнтована на комп'ютерне моделювання. Мережеві моделі описують полягання об'єкту в динаміці в просторі і в часі.

Матричні моделі характеризують зв'язок між суб'єктами керованого об'єкту, наприклад кореспонденції вантажопотоків між пунктами відправлення і прибуття вантажів або інформаційна взаємодія між посадовими особами виробничої системи і так далі.

Математичні моделі описують функціонування логістичних систем в статичному або динамічному стані, а модельовані процеси можуть бути детерміністськими або імовірнісними.

У практичній логістиці великого поширення набули методи комп'ютерного імітаційного моделювання. Достоїнства імітаційного моделювання добре відомі - можливість побудувати модель, адекватну об'єкту,

що вивчається. Фахівці аргументують доцільність застосування імітаційного моделювання складністю логістичних систем, що включають не тільки транспортні, але і виробничі підсистеми. За допомогою моделювання вирішуються завдання системного планування - визначення параметрів і завантаженості акумулюючих пристроїв, визначення раціональних маршрутів руху транспортних одиниць, потужності технічних засобів. Комп'ютерне моделювання при розробці завдань управління дозволяє усунути можливі помилки програмного забезпечення, виявити і в подальшому скасувати "вузькі" місця, бар'єри і тупикові ситуації на шляху матеріальних потоків.

Новою в методології моделювання є розробка за допомогою ЕОМ оригіналів – макетів логістичних систем. Зокрема, будують таку модель з елементів і стратегій, яку потім за принципом "конструктора" використовують для побудови системи - моделі всієї логістичної системи. Для опису стратегій вирішення прикладних завдань у сфері логістики використовують евристичні підходи, наприклад метод табличних рішень, мережі Петрі і ін. За допомогою моделей може бути побудована структура засобів транспортно-складського комплексу, включаючи конфігурацію транспортно-розподільних систем.

При застосуванні експертних систем і штучного інтелекту моделювання розглядають як частина процесу аргументації особою, що ухвалює рішення.

Разом з цим існують методи використання гнучкого опису комплексних стратегій за допомогою простих, швидко освоюваних мовних конструкцій. Принципово такі стратегії можуть бути прив'язані до моделі або за допомогою компіляції, або перевіркою правильності оцінки описів стратегій під час моделювання за допомогою інтерпретатора. На думку фахівців зараз пліднішим представляється інтерпретуючий метод.

Транспортний ринок, в який все глибше «занурюються» залізниці, ставить жорсткі умови до якості транспортного обслуговування. Одним з показників якості транспортного обслуговування є кількість видів транспортних послуг, які залізниці можуть запропонувати споживачам. Якщо

робити оцінку по цьому показнику, то картина виявляється невтішною. Як і 100 років тому, залізниця може запропонувати перевезення маршрутними, груповими, вагонними відправленнями, проте втратила ринок перевезень дрібними відправленнями. Проте з 1950-х років почали бурхливо розвиватися контейнерні перевезення.

Проте відомо, що нові технології успішно розвиваються там, де для цього є не тільки технологічні, але і сприятливі законодавчі і економічні умови. Як реальна для України перспектива прискорення доставки вантажів залишається впровадження серйозних змін в підходах до організації перевезень, а саме: оперативне управління запасами, використання методів математичного моделювання для аналізу роботи контейнерних терміналів і так далі

2. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗМІШАНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ

2.1 Удосконалення технологічного процесу переробки великотоннажних контейнерів в змішаному сполученні з урахуванням часу і витрат на їх переробку

У першому розділі були визначені показники якості змішаних перевезень. До них відносяться показники своєчасності виконання перевезень; показники збереження вантажів; економічні показники. Як вже було вказано використання контейнерів в змішаних перевезеннях веде як до зменшення часу обробки, що зменшує цикл перевезення, так і знижує витрати на проведення навантажувально-розвантажувальних і складських робіт, тобто впливає на всі групи показників.

В даний час знаходження контейнера на терміналі складає значну частину часу обороту контейнера, тому для досягнення максимального ефекту від використання контейнерів необхідне проведення організаційних і технічних заходів, які можуть змінити тривалість виконання тієї або іншої технологічної операції, що у свою чергу змінить тривалість проходження дуги.

Процес переробки великотоннажних контейнерів і оформлення перевізних документів має певну послідовність, яка залежить від умов і способів організації перевезень. На рис. 2.1 представлена принципова схема організації змішаних перевезень вантажів з вказівкою послідовності здійснення основних технологічних операцій по переробці контейнерів.

Технологічний процес перевезень вантажів в змішаному повідомленні складається з трьох основних етапів:

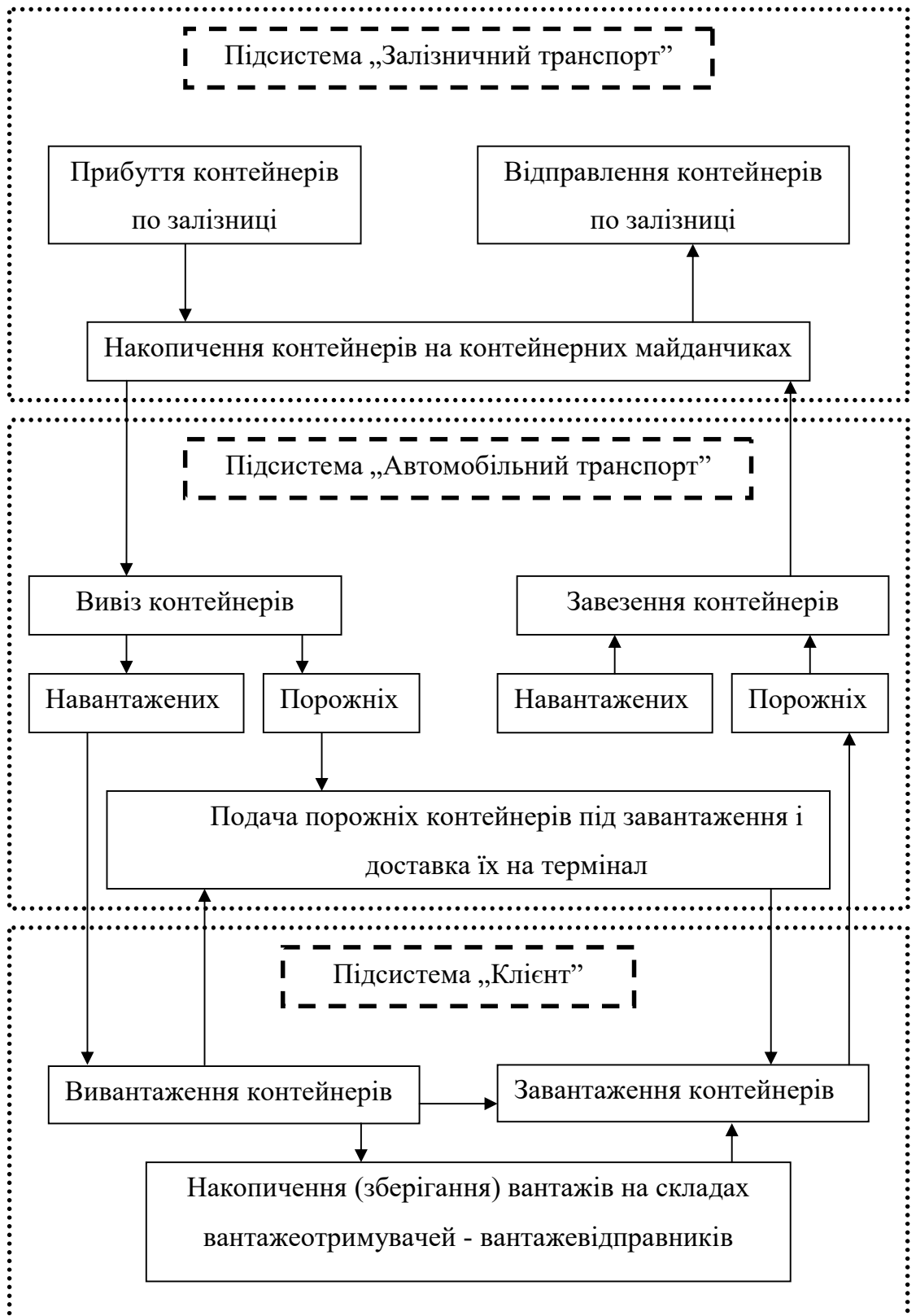


Рис.2.1 Схеми технологічного процесу перевезень контейнерів в змішаному повідомленні

- перевезення вантажів першим видом транспорту (в даному випадку залізничним транспортом);

- процесу перевантаження з першого виду транспорту на другий (автомобільний транспорт);

- перевезення вантажів другим транспортом

При контейнерних перевезеннях на території терміналу мають місце три самостійні потоки:

- автомобілів;

- контейнерів;

- перевізних документів.

Між вказаними потоками існує тісний взаємозв'язок, і досліджувати їх потрібно з урахуванням взаємозв'язку і залежності один від одного.

Після прибуття на термінал відбувається розділення потоків контейнерів і перевізних документів (по залізниці прибувають разом). Процеси оформлення перевізних документів і перевантаження контейнерів на терміналі протікають окремо і можуть мати різні параметри.

Процес взаємодії вищезгаданих потоків в часі протікає по-різному. Оптимальним є випадок, коли до моменту подачі залізничної платформи з контейнерами на майданчик для їх розвантаження закінчений процес оформлення перевізних документів і прибув автомобіль для вивозу контейнера. Схематично це можна представити в наступному вигляді (рис. 2.2).

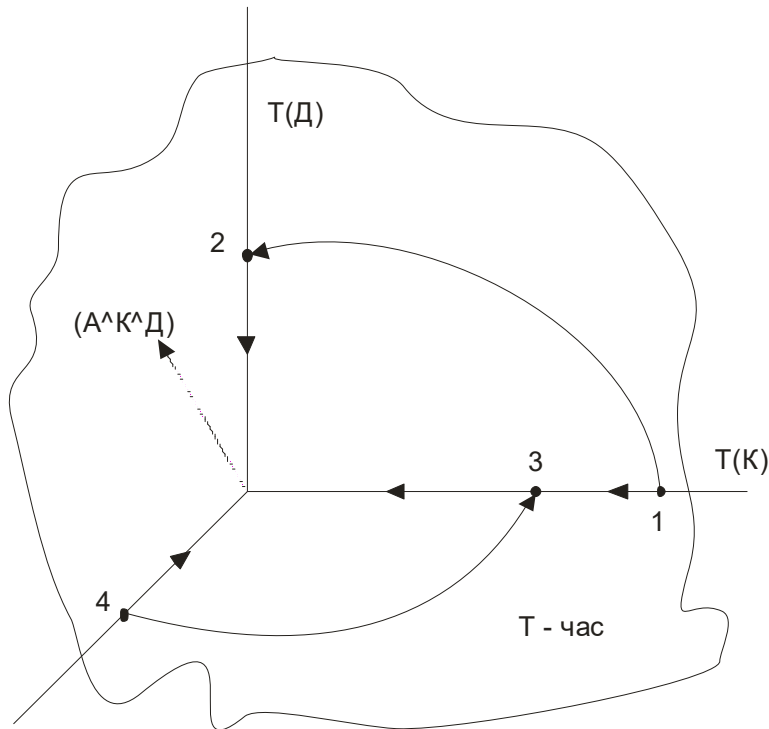


Рис. 2.2 Потоків автомобілів (А), контейнерів (К), перевізних документів (Д) в тривимірному зображенні

Вказану вище умову можна записати за допомогою виразу:

$$t(1,0) = t(2,0); \quad t(3,0) = t(4,0); \quad (2.1)$$

де $t(1,0)$ — час до прибуття контейнера на термінал;

$t(2,0)$ — час на оформлення перевізних документів;

$t(3,0)$ — залишок часу до прибуття контейнера на термінал;

$t(4,0)$ — час руху автомобіля до терміналу.

Проте на практиці дуже рідко спостерігається така оптимальна узгодженість цих потоків. Можливі ситуації (їх всього сім) представлені нижче (рис. 2.3), В таблиці знак «+» означає наявність даного елемента, а «-» указує на відсутність.

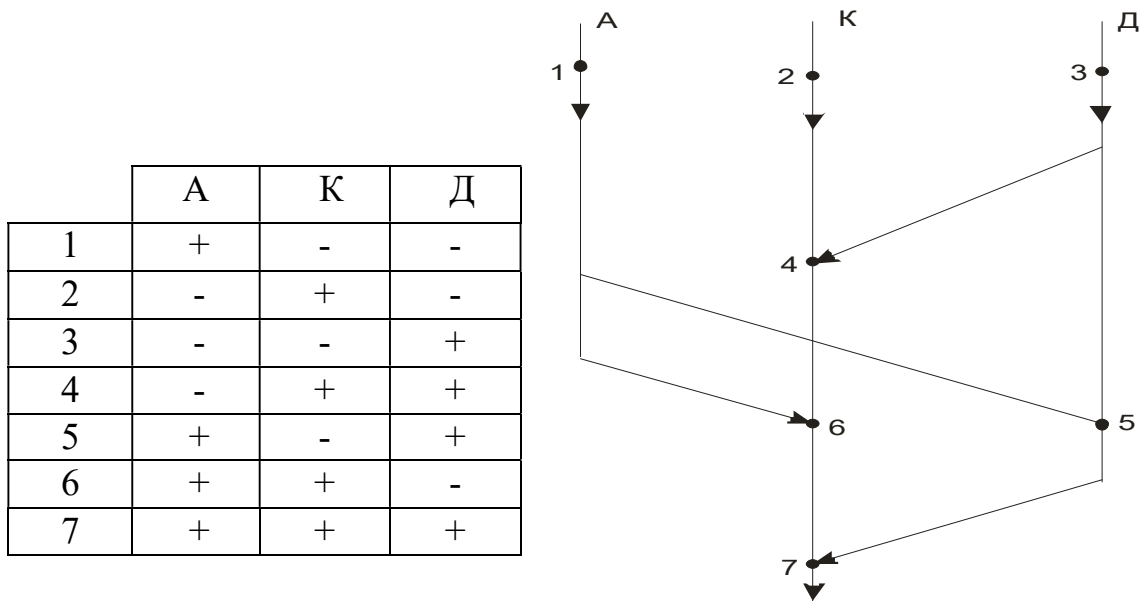


Рис. 2.3 Взаємозв'язок потоків автомобілів (А), контейнерів (К) і перевізних документів (Д)

Потрібно відзначити, що всі вказані на рис. 2.3 ситуації мають місце на практиці.

Технологічний процес переробки великотоннажних контейнерів в межах контейнерного терміналу зручно представити у вигляді графа можливих станів контейнерів (рис. 2.4).

Вершини на графі — це стани контейнерів, а дуги — процес переміщення контейнерів з одного стану в інше. Позначимо через x можливі стани контейнерів при завезенні і відправленні, а через y — при прибутті і вивозі.

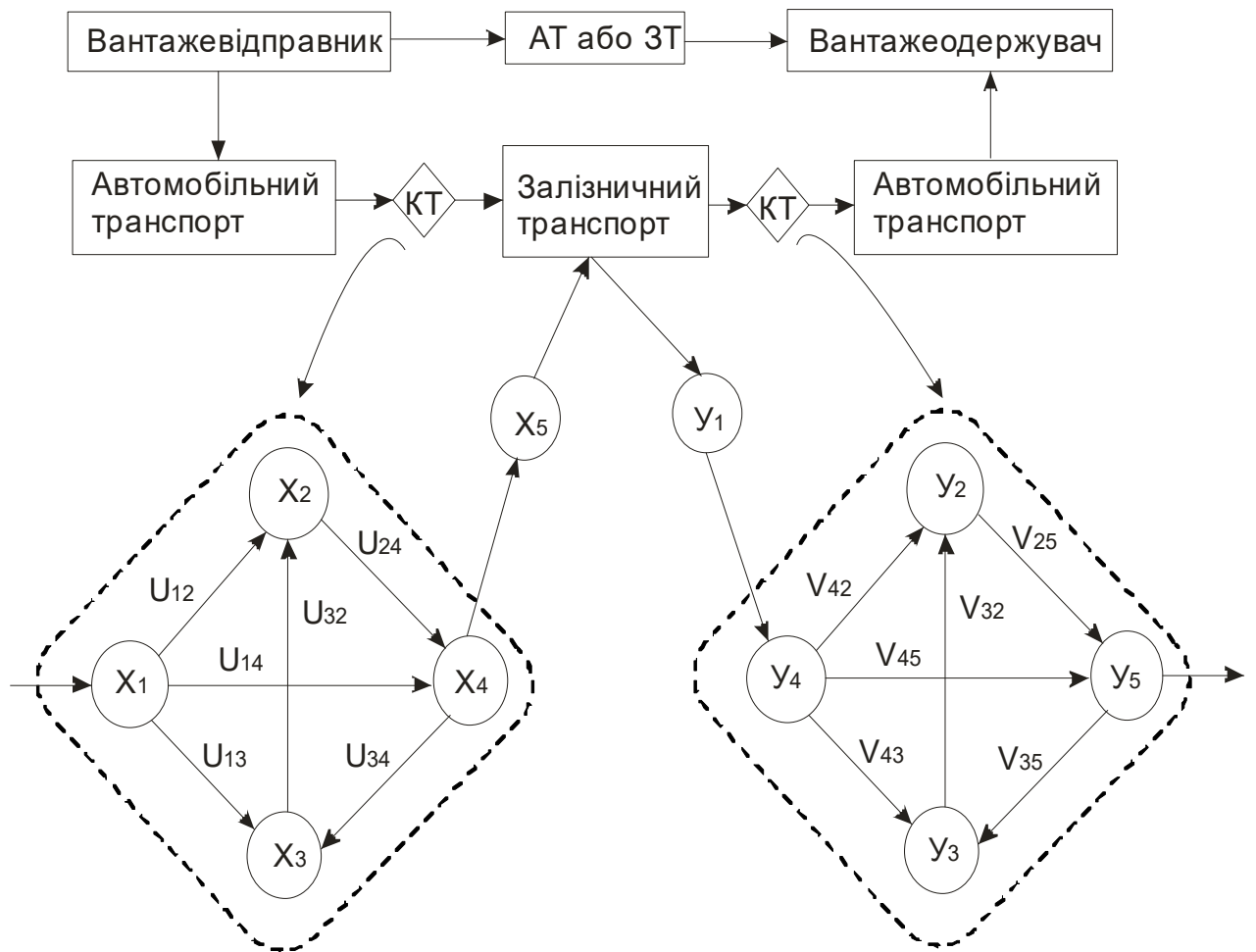


Рис. 2.4 Граф можливих станів контейнерів

x — завезення і відправлення;

y — прибуття і вивіз;

Y_1 — на під'їзних шляхах в очікуванні подачі на контейнерний майданчик;

Y_2 — на контейнерному майданчику в очікуванні вивозу;

Y_3 — на перечепочному майданчику в очікуванні вивозу;

Y_4 — на залізничній платформі в очікуванні розвантаження;

Y_5 — на контейнерному майданчику при вивозі з терміналу автомобільним транспортом.

Перерахуємо основні стани, в одному з яких може знаходитися контейнер на території терміналу:

X_1 — на контейнерному майданчику при завезенні на термінал автомобільним транспортом;

X_2 — на контейнерному майданчику в очікуванні відправлення;

X_3 — на перечепочному майданчику в очікуванні відправлення;

X_4 — на залізничній платформі у контейнерного майданчика в очікуванні відправлення;

X_5 — на під'їзних шляхах в очікуванні відправлення.

Стан технологічного процесу по завезенню і відправленню контейнерів визначається станом наступного вектора

$$S_x = \{S_{x_1}; S_{x_2}; \dots; S_{x_5}\} \quad (2.2)$$

де S_{x_i} - кількість контейнерів в x_i -му стані

Стан технологічного процесу після прибуття і вивозу контейнерів визначається станом вектора

$$S_y = \{S_{y_1}; S_{y_2}; \dots; S_{y_5}\} \quad (2.3)$$

де S_{y_i} - число контейнерів в y_i -м стані.

Всього на території терміналу маємо чотири можливі способи переміщення контейнерів (табл. 2.1).

Визначимо час і витрати, необхідні для подолання кожного з можливих шляхів.

Кожній дузі u_{ij} графа поставимо у відповідність позитивне число $t(u_{ij})$, яке є тривалістю проходження даної дуги. Якщо дуга u_{ij} є сумою технологічних операцій, то тривалість проходження даної дуги визначається по формулі:

$$t(u_{ij}) = \sum_1^k t_k \quad (2.4)$$

де t_k — тривалість k -ї операції.

Таблиця 2.1

Можливі способи переміщення контейнерів

№	Найменування способу	Тривалість дуги
1	Прямий варіант «вагон напівпричіп»	$\mu_1 = \{u_{14}; u_{45}\}$
2	Через пункт оборотних напівпричепів	$\mu_1 = \{u_{13}; u_{34}; u_{45}\}$
3	З перевантаженням на контейнерний майданчик	$\mu_1 = \{u_{12}; u_{22}; u_{24}; u_{45}\}$
4	Змішаний варіант	$\mu_1 = \{u_{13}; u_{32}; u_{22}; u_{24}; u_{45}\}$

Нехай $\mu = \{u_{1i_1}; u_{i_1i_2}; \dots; u_{i_n n}\}$ є шлях з вершини X_1 у вершину X_n .

Тоді тривалість проходження даного шляху рівна величині

$$t[\mu] = \sum_{u \in \mu} t(u) \quad (2.5)$$

Таким чином, можна визначити шлях між початковим і кінцевим станами контейнерів, тривалість проходження якого буде мінімальною.

Оскільки ступінь завантаження обслуговуючих пристроїв можна виразити через їх простой в очікуванні роботи, а швидкість переробки контейнерів — через їх простой на терміналі, то можна зробити вивід про те, що

простої є основним і універсальним показником для оцінки роботи контейнерного терміналу. Тут доречно пригадати знаменитий вислів К. Маркса про те, що «...любая економія кінець кінцем зводиться до економії часу». Тому дуже важливо мінімізувати тривалість проходження кожного з шляхів. За критерій роботи контейнерного терміналу можна узяти тривалість

$$R_t = \min t[\mu_i] \quad (2.6)$$

Процедуру обчислення тривалості проходження дуги покажемо на прикладі дуги u_{12} , яка є процесом переміщення контейнерів від воріт терміналу до контейнерного майданчика:

$$t(u_{12}) = t_{nod.} + t_{оф.д.} + t_{оч} + t_{розв} \quad (2.7)$$

де $t_{nod.}$ — час від прибуття автомобілів на контейнерний термінал до подачі на майданчик для розвантаження;

$t_{оф.д.}$ — час на оформлення документів;

$t_{оч}$ — час очікування розвантаження;

$t_{розв}$ — час розвантаження контейнера на майданчик.

Очевидно, що проведення організаційних і технічних заходів може змінити тривалість виконання тієї або іншої технологічної операції, що, у свою чергу, змінить тривалість проходження дуги. А це зрештою дозволить зменшити час знаходження контейнера на терміналі, яке в даний час складає значну частину часу обороту контейнера.

Для подолання кожного з можливих шляхів переміщення контейнерів потрібні певні витрати. І зовсім не обов'язково, що мінімальний по тривалості проходження шлях в той же час буде і економічнішим. Важливо знати питомі витрати на подолання кожного з шляхів. Оскільки кожен з шляхів складається з суми дуг, які є суттю технологічних операцій, то і витрати визначаються як сума витрат на окремі технологічні операції. Позначимо питомі витрати через C . Тодя

$$C[\mu_i] = \sum_{u \in \mu} C(U_{ij}) \quad (2.8)$$

де $C[\mu_i]$ — питомі витрати на подолання μ_i -го шляхи.

$C(U_{ij})$ — питомі витрати, пов'язані з переміщенням контейнера з X_i -го полягання в X_j -е;

Цільова функція виглядатиме так:

$$F = R_c = \min C[\mu_{ij}] \quad (2.9)$$

За критерій оптимальної роботи терміналу можна узяти критерій

$$R_{tc} = t[\mu]C[\mu] \quad (2.10)$$

І той спосіб переробки контейнерів, для якого в даний момент твір $R_{tc} = t[\mu]C[\mu]$ буде мінімальним, є оптимальним для даної ситуації, тобто

$$R_{omm.} = \min R_{tc} = \min t[\mu]C[\mu] \quad (2.11)$$

Сукупність технологічних, організаційних, економічних і технічних чинників, що характеризують процес переробки контейнерів на терміналі у момент часу t , назвемо технологічною ситуацією.

Зміна технологічній ситуації на контейнерному терміналі приводить до зміни питомих витрат і часу на переробку контейнерів, тобто

$$\begin{aligned} (t[\mu_i])_{t_1} &= (t[\mu_i])_{t_0} \pm \Delta t[\mu_i] \\ (C[\mu_i])_{t_1} &= (C[\mu_i])_{t_0} \pm \Delta C[\mu_i] \end{aligned} \quad (2.11)$$

де $\Delta t[\mu_i]$ $\Delta C[\mu_i]$

За наявності інформації про можливі технологічні ситуації, що виникають на контейнерному терміналі, можна заздалегідь розрахувати значення $t[\mu]$ і $C[\mu]$ для кожного шляху при даній технологічній ситуації.

Розробка методики, що дозволяє реагувати на зміну технологічній ситуації, дозволить перетворити управлінські проблеми на управлінські завдання. Під управлінською проблемою тут розуміється управління в умовах невизначеності, а під управлінським завданням — управління за наявності інформації про об'єкт, що управляє.

При аналізі технологічного процесу переробки контейнерів було виділено чотири можливі способи їх переміщення по території терміналу (див. табл. 2.1). Як показано на рис. 2.3, потоки контейнерів і автомобілів зливаються тільки на певній стадії переробки контейнерів. Крім того, на графі можливих станів контейнерів на території терміналу (див. рис. 2.4) процеси завезення і вивозу контейнерів зображені окремо (для зручності розгляду), тоді як вони протікають одночасно. Природно, що після завезення на термінал

одного контейнера вивозиться інший контейнер, підготовлений до вивозу в місто. Проте, не дивлячись на очевидність, що здається, деякі фахівці процеси завезення і вивозу контейнерів з перевалочних пунктів (у тому числі і з контейнерних майданчиків) розглядають як окремі процеси.

Докладний аналіз роботи транспорту обслуговуючого контейнерний термінал (з урахуванням як завезення, так і вивозу контейнерів), дозволив виявити всі можливі способи організації роботи по обслуговуванню терміналу. Всього на території терміналу було виявлено 9 можливих способів організації роботи, які утворюються в результаті різних поєднань можливих способів переміщення контейнерів. У таблиці 2.2 приведені ці способи з вказівкою тривалості знаходження на території терміналу, рівній сумі відповідних дуг об'єднаного графа завезення-вивозу контейнерів з терміналу (рис. 2.5):

1. завезення і вивіз по прямому варіанту;
2. завезення по прямому варіанту, вивіз з пункту оборотних напівпричепів;
3. завезення, по прямому варіанту, вивіз з контейнерного майданчика;
4. завезення на пункт оборотних напівпричепів, вивіз по прямому варіанту;
5. завезення на контейнерний майданчик, вивіз по прямому варіанту;
6. завезення і вивіз з пункту оборотних напівпричепів;
7. завезення на пункт оборотних напівпричепів, вивіз з контейнерного майданчика;
8. завезення на контейнерний майданчик, вивіз з пункту оборотних напівпричепів;
9. завезення і вивіз з контейнерного майданчика.

Здавалося б, що число поєднань можливих варіантів переміщення контейнерів на терміналі повинне було дорівнювати не 9, а 16 (4x4). Але справа тут в тому, що контейнер може переміщатися по четвертому, так званому

змішаному варіанту (завезення на прийомовідправочний шлях, доставка на контейнерний майданчик з подальшим вантаженням на платформу).

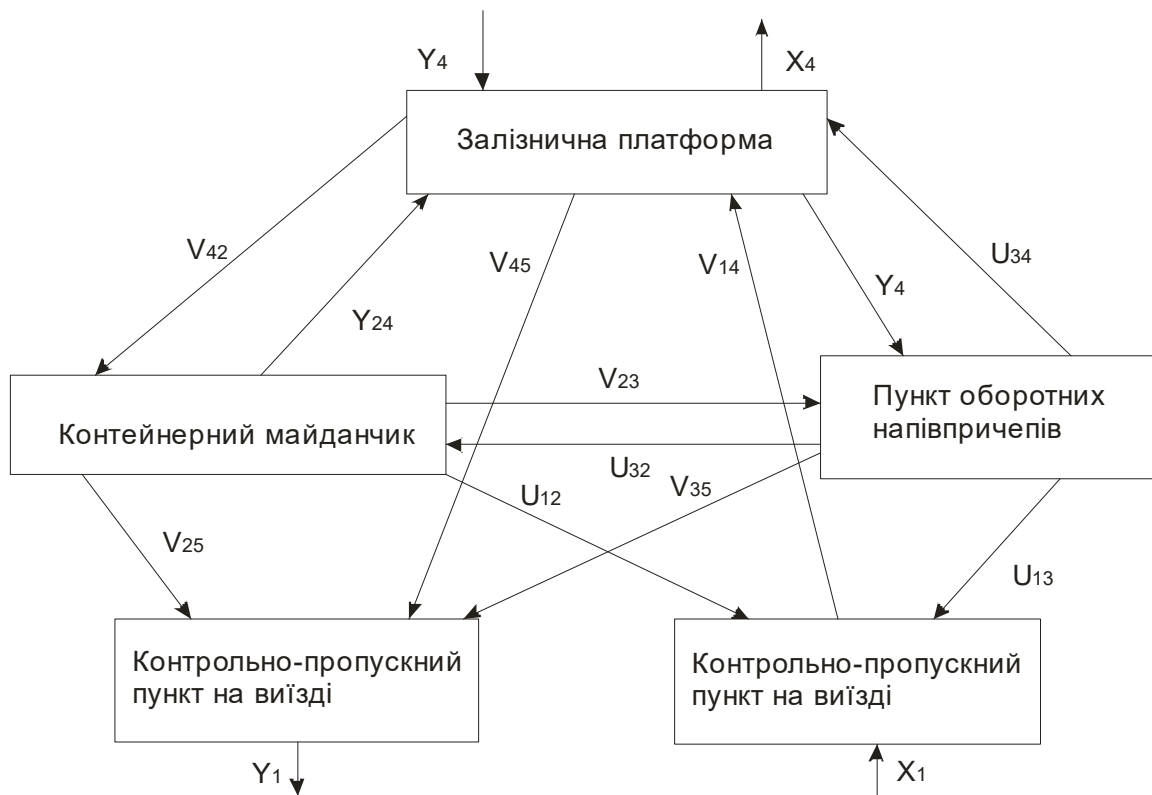


Рис. 2.5 Об'єднаний граф робіт по завезенню і вивозу контейнерів з терміналу

Визначенням варіанту технологічного процесу переробки контейнерів на терміналі займається диспетчер. В даний час цей процес відбувається на інтуїтивному рівні без науково обґрунтованої методики. А без такої методики проведення коректного аналізу роботи всього терміналу в цілому для диспетчера є нерозв'язним завданням. Тому необхідно озброїти диспетчера методикою, що дозволяє виявити оптимальну стратегію функціонування терміналу для конкретної практичної ситуації.

Таблиця 2.2

Можливі варіанти роботи по обслуговуванню контейнерного терміналу

Номер способу перевезень	Номер варіанту	Найменування варіанту	Тривалість варіанту	Час знаходження автомобіля на території терміналу, мин.		Номер розряду
				Сумарне	Обслуговування	
1	2	3	4	5	6	7
1	1	Завезення і вивіз по ПВ (прямий варіант)	$U_{14} + V_{45}$	35	26	VII
	2	Прибуття без контейнера, вивіз по ПВ	$U_{15} + U_{34} + V_{45}$	27	18	IV
2	3	Завезення по ПВ, вивіз з ППІ (пункт оборотних напівпричепів)	$U_{14} + V_{43} + V_{35}$	33	24	VI
3	4	Завезення по ПВ, вивіз з КП (контейнерний майданчик)	$U_{14} + V_{43} + V_{35}$	35	26	VII
4	5	Завезення на ППІ, вивіз по ПВ	$U_{13} + U_{34} + V_{45}$	36	27	VIII

1	2	3	4	5	6	7
	6	Прибуття без напівпричепів, вивіз по ПВ	$U'_{13} + U_{34} + V_{45}$	30	21	V
5	7	Завезення на КП, вивіз по ПВ	$U_{12} + U_{24} + V_{45}$	35	26	VII
6	8	Завезення і вивіз з ППІ	$U_{13} + V_{35}$	23	18	III
	9	Прибуття без контейнера, вивіз з ППІ	$U'_{13} + V_{35}$	21	16	II
	10	Прибуття без напівпричепів, вивіз з ППІ	$U'_{13} + V_{35}$	17	12	I
7	11	Завезення на ППІ, вивіз з КП	$U_{13} + U_{32} + V_{25}$	36	27	VIII
	12	Прибуття без напівпричепів, вивіз з КП	$U'_{13} + U_{32} + V_{25}$	30	21	V
8	13	Завезення на КП, вивіз з ППІ	$U_{12} + V_{23} + V_{35}$	33	24	VI
9	14	Завезення і прибуття з КП	$U_{12} + V_{25}$	35	26	VII
	15	Прибуття без контейнерів, вивіз з КП	$U'_{13} + V_{32} + V_{25}$	27	18	IV

2.2 Удосконалення технології перевантаження контейнерів за допомогою прогновної моделі

Вивчення складної системи роботи контейнерного терміналу показало необхідність обліку безлічі параметрів, що характеризують як взаємодію окремих елементів вказаної системи, так і взаємозв'язки системи з навколишнім середовищем. Наявність великої кількості випадкових чинників, які впливають на функціонування системи, примушує відмовитися від звичних детермінованих підходів при вирішенні багатьох практичних завдань.

Математичним апаратом, який дозволив би врахувати як детерміновані, так і випадкові складові економічних процесів, що протікають на терміналі, показати «прояв основних законів в хаосі явищ», є теорія випадкових процесів і випадкових функцій. Даний апарат дозволяє не тільки проаналізувати взаємодію детермінованих і випадкових компонент, але і, що особливо важливе, прослідкувати зміни протікаючих процесів в часі.

У основі розгляду явищ методами теорії випадкових процесів лежить вивчення їх статистичних характеристик (таких, як закони розподілу, моменти розподілу, кореляційні функції і ін.).

Якнайповнішою характеристикою випадкового процесу є його багатовимірний закон розподілу. Проте для практичних цілей часто виявляється достатньо і деяких простіших характеристик.

При проектуванні контейнерного вантаження і транспортування, необхідно дати відповідь на наступне питання:

- скільки потрібно устаткування із заданою потужністю для вантаження і транспортування;

Завантаження і вивантаження залізничних платформ відбувається за допомогою контейнерних кранів.

Контейнерний кран сам завантажує контейнери на контейнеровоз і сам розвантажує їх з нього. У разі відсутності контейнеровоза контейнери

розміщуються на перехідній ділянці, звідки контейнеровоз вже може переміщати контейнери.

Контейнерний вантажний пристрій знімає контейнер або (якщо відсутній вільний контейнерний кран) вантажить його на контейнеровоз.

При визначенні необхідного числа контейнерних кранів, контейнеровозів і контейнерних вантажних пристроїв, слід мати на увазі, що час, необхідний для розвантаження контейнерів із залізничної платформи, розміщення їх на складській площі, переміщення і так далі є величина змінна. Отже, процес вантаження (розвантаження) і переміщення контейнерів може бути досліджений як стохастичний процес. Тому, може бути побудована багатоканальна каскадна система як модель цього процесу (рис.2.6).

Припустимо, що прибуття контейнерів підкоряється розподілу Пуассона, а час обслуговування (обробки) експонентному розподілу.

Величина розподілу Пуассона, прибуття контейнерів, визначиться по наступній формулі:

$$\lambda = \frac{1}{t_d} \quad (2.12)$$

де t_d - середнє значення часу такту контейнерних кранів.

Якщо застосовуються m контейнерних кранів, то тоді:

$$\begin{aligned} \lambda_m &= n_1 \lambda \quad \text{если } 0 \leq n \leq m \\ \lambda_m &= m \lambda \quad \text{если } n_1 \geq m \end{aligned} \quad (2.13)$$

де n_1 - кількість контейнерів в системі N1.

Параметр експонентного розподілу обслуговування контейнеровозів може бути визначений таким чином:

$$\mu_1 = \frac{1}{t_T} \quad (2.14)$$

де t_T - середнє значення часу на обслуговування контейнеровозів.

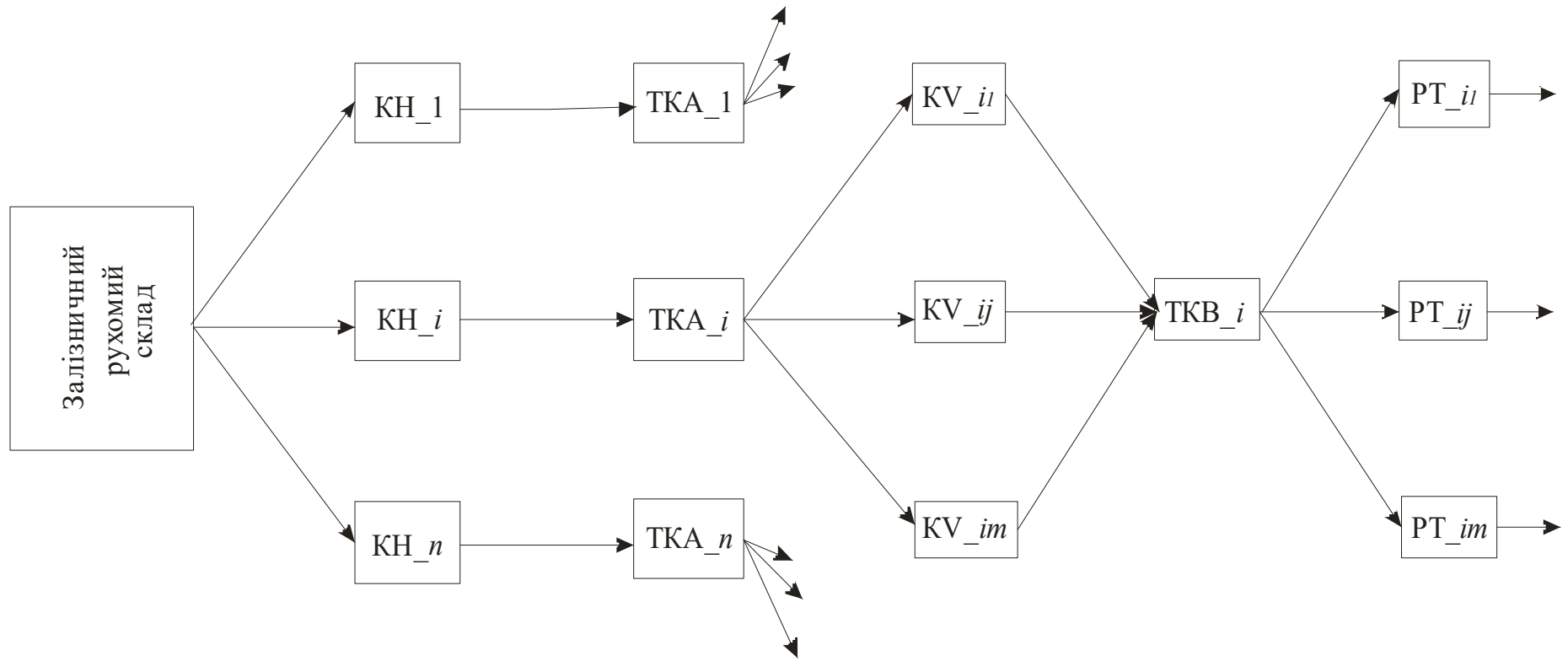


Рис. 2.6. Схема обробки контейнерів

Кн_{*i*} – *i*-ий контейнерний кран; ТКА_{*i*} – *i*-ий тимчасовий контейнерний склад для контейнерів, що прибувають; КV_{*ij*} – *ij*-ий тимчасовий контейнерний склад для убиваючих контейнерів; ТКВ_{*i*} – *i*-ий тимчасовий склад до якого відноситься *j*-ий контейнеровоз; РТ_{*ij*} – *ij*-ий тимчасовий склад до якого відноситься *i*-ий контейнеровоз.

Якщо застосовуються r контейнеровозів, то тоді:

$$\begin{aligned}\mu_{1m} &= n_1 \mu_1 \text{ если } 0 \leq n \leq m \\ \mu_{1m} &= r \mu_1 \text{ если } n_1 \geq r\end{aligned}\tag{2.15}$$

Параметр експонентного розподілу обслуговування у випадку з контейнерними кранами:

$$\mu_2 = \frac{1}{t_R}\tag{2.16}$$

де t_R - середнє значення часу такту контейнерних кранів.

Якщо застосовуються w контейнерних кранів, то тоді:

$$\begin{aligned}\mu_{2w} &= n_2 \mu_2 \text{ если } 0 \leq n_2 \leq w \\ \mu_{2w} &= w \mu_2 \text{ если } n_2 \geq w\end{aligned}\tag{2.17}$$

де n_2 - кількість контейнерів в системі N2.

Параметри каскаду системи N1: $\lambda; \mu_1$.

Параметри каскаду системи N2: $\lambda; \mu_2$

Визначимо поняття "Інтенсивність руху" для обох систем:

$$\psi_1 = \frac{\lambda}{\mu_1} m \text{ и } \psi_2 = \frac{\lambda}{\mu_2} m\tag{2.18}$$

Вірогідність того, що в системі N1 опиниться n_j елементів, складе:

$$p_{n1} = p_{01} \frac{\psi_1}{n_1!}, \quad 1 \leq n_1 \leq r; \quad p_{n1} = p_0 \frac{\psi_1^{n1}}{r! r^{n1-r}}, \quad n_1 \geq r \quad (2.19)$$

Вірогідність того, що в системі N2 опиниться n_2 елементів, складе

$$p_{n2} = p_{02} \frac{\psi_2}{n_2!}, \quad 1 \leq n_2 \leq w; \quad p_{n2} = p_{02} \frac{\psi_2^{n2}}{w! w^{n2-w}}, \quad n_2 \geq w \quad (2.20)$$

Визначимо значення вірогідності.

$$\sum_{i=0}^{\infty} p_{01i} = 1, \quad \sum_{i=0}^{\infty} p_{02i} = 1. \quad (2.21)$$

Після виконання необхідних дій, отримаємо:

$$p_{01i} = \frac{1}{\frac{\psi_1^r}{r! \left(1 - \psi_1/r\right)} + \sum_{n1=0}^{r-1} \frac{\psi_1^{n1}}{n1!}} \quad (2.22)$$

$$p_{02i} = \frac{1}{\frac{\psi_2^w}{w! \left(1 - \psi_2/w\right)} + \sum_{n2=0}^{w-1} \frac{\psi_2^{n2}}{n2!}} \quad (2.23)$$

Очікувана величина кількості елементів, знайдених в системі, складе:

$$\bar{n}_1 = \sum_{n_1=0}^{\infty} n_1 p_{n_1} \quad (2.24)$$

$$\bar{n}_2 = \sum_{n_2=0}^{\infty} n_2 p_{n_2} \quad (2.25)$$

Кількість елементів, знайдених в чекаючій черзі:

$$\bar{v}_1 = \sum_{n_1=r+1}^{\infty} (n_1 - r) p_{n_1} \quad (2.26)$$

$$\bar{v}_2 = \sum_{n_2=w+1}^{\infty} (n_2 - w) p_{n_2} \quad (2.27)$$

Кількість вільних елементів:

$$\bar{p}_1 = \sum_{n_1=0}^r (r - n_1) p_{n_1} \quad (2.28)$$

$$\bar{p}_2 = \sum_{n_2=0}^w (w - n_2) p_{n_2} \quad (2.29)$$

Мається на увазі, що:

$$\bar{n}_1 = \bar{v}_1 + \bar{p}_1 \quad (2.30)$$

$$\bar{n}_2 = \bar{v}_2 + \psi_2 \quad (2.31)$$

Передбачувана кількість елементів, що очікується в системі:

$$\bar{v}_1 = \sum_{n_1=r+1}^{\infty} (n_1 - r) p_{n_1} = \frac{\psi_1^{r+1}}{r r! \left(1 - \psi_1 / r\right)^2} p_{01} \quad (2.32)$$

i

$$\bar{v}_2 = \sum_{n_2=w+1}^{\infty} (n_2 - w) p_{n_2} = \frac{\psi_2^{w+1}}{w w! \left(1 - \psi_2 / w\right)^2} p_{02} \quad (2.33)$$

Вірогідність того, що час простою буде більший, ніж $Z1$ и $Z2$

$$P(t_{f1} \geq z_1) = e^{-r \cdot \mu_1 \cdot z_1 \cdot \left(1 - \psi_1 / r\right)} \cdot P(t_{f1} \geq 0) \quad (2.34)$$

i

$$P(t_{f2} \geq z_2) = e^{-w \cdot \mu_2 \cdot z_2 \cdot \left(1 - \psi_2 / w\right)} \cdot P(t_{f2} \geq 0) \quad (2.35)$$

Де:

$$P(t_{f1} \geq 0) = \frac{\psi_1^r}{r! \left(1 - \psi_1 / r\right)} p_{01} \quad (2.36)$$

i

$$P(t_{f2} \geq 0) = \frac{\psi_2^w}{w! \left(1 - \psi_2/w\right)^2} p_{02} \quad (2.37)$$

Очікуване значення часу простою складе:

$$t_{f1} = \frac{\bar{v}_1}{\lambda} = \frac{\psi_1^r}{rr! \mu_1 \left(1 - \psi_1/r\right)^2} p_{01} \quad (2.38)$$

і

$$t_{f2} = \frac{\bar{v}_2}{\lambda} = \frac{\psi_2^w}{ww! \mu_2 \left(1 - \psi_2/w\right)^2} p_{02} \quad (2.39)$$

Маючи на увазі, що:

$$\bar{p}_1 = \sum_{n1=0}^{r-1} (r - n_1) p_{n1} \quad (2.40)$$

і

$$\bar{p}_2 = \sum_{n2=0}^{w-1} (w - n_2) p_{n2} \quad (2.41)$$

замінюючи у формулах на відоме вище значення, отримуємо:

$$\bar{p}_1 = r - \psi_1 \quad (2.42)$$

і

$$\bar{p}_2 = w - \psi_2 \quad (2.43)$$

Вірогідність того, що в системі N1 знайдеться кількість елементів $-n_1$, а в системі N2 $-n_2$, становитиме:

$$p(n_1, n_2) = p_{n1} \cdot p_{n2} \quad (2.44)$$

Таким чином запропонована модель на підставі якої можна прогнозувати вірогідність часу простою контейнера на складській площі; час простою контейнерів і сумарний час очікування в системі.

Так само можна досліджувати: вплив технічних характеристик вище переліченого устаткування на показники обробки контейнерів.

Отже, за допомогою прогнозованої моделі можливо провести розрахунок системи контейнерної обробки і отримати надійний метод для проектування системи.

2.3 Удосконалення системи зберігання в моделях просторово-часового перетворення матеріального потоку

У складській системі взаємодіють матеріальні потоки, які засновані на функціях транспортування і зберігання. Функції транспортування визначають рух матеріалів, а функції зберігання реалізують, окрім складування, різні види вирівнювання запасів, що зберігаються

Вирівнювання за часом необхідне для тих галузей, в яких функція часу і періодичності попиту не відповідає часу виготовлення. Наприклад, може виникати суперечність між виготовленням оптимальними партіями і сезонними змінами попиту.

Вирівнювання по кількості відноситься до підприємств, що мають серійне виробництво, яке, враховуючи завдання економії витрат, виготовляє більшу кількість продукції, чим це потрібно виходячи з поточного попиту.

Вирівнювання об'ємів потрібне там, де місцеположення виробництв не відповідає знаходженню споживача продукції. Це викликає необхідність залучення транспортних засобів. Шлях до споживача може слідувати безпосередньо або через проміжний склад.

Вирівнювання асортименту необхідне для підприємств, які проводять широкий асортимент, потрібний в різний час або виготовляють як власними, так і сторонніми підприємствами. Оскільки споживачі часто замовляють не тільки товари із спектру виробничої програми - вирівнювання попиту досягається за допомогою складу, де складається загальний асортимент продукції.

У загальному випадку втрати матеріальних засобів, пов'язані із зберіганням і управлінням запасами, розділяються на наступні групи:

- втрати при управлінні (планування об'єму запасів і підвезення матеріальних засобів);
- втрати в процесі функціонування системи матеріального забезпечення (зберігання, видача і поповнення запасів);
- втрати за рахунок освіти дефіциту по окремих номенклатурах.

У кожній з цих груп витрачання можуть бути постійними, змінними; можуть мати лінійний і нелінійний характер, включати різне число компонентів. Так, у формуванні витрат на зберігання запасів можуть брати участь наступні чинники:

- витрати (витрати) на зміст складського приміщення (споруда, оренда, опалювання, освітлення, використання техніки і т. д.);
- виплата заробітної плати персоналу складу, оплата технічних засобів;
- витрати на підтримку мікроклімату в приміщеннях;
- втрати від природного спаду, фізичного псування і старіння ресурсів, що зберігаються.

Розрахунок витрат в оптимальному управлінні запасами пов'язаний з виявленням ступеня і характеру їх впливу на оптимальність стану і руху

запасів, Витрати, що не роблять істотного впливу, до уваги прийматися не повинні.

У управлінні запасами широко поширена формула Вільсона:

$$Q_i^{opt} = \sqrt{\frac{2C_i^3}{C_i^{xp}} q_i^{xp}} \quad (2.45)$$

де Q_i^{opt} — оптимальний розмір замовлення по i -й керованій номенклатурі;

C_i^{xp} — питомі витрати зберігання;

C_i^3 — питомі витрати замовлення;

q_i^{xp} — витрата в одиницю часу

У формулі визначення оптимального розміру замовлення важливе не стільки абсолютне значення витрат, скільки їх співвідношення. Неправильне числення абсолютних значень витрат замовлення і витрат зберігання приводить до зміни їх співвідношення, а, отже, і до порушення оптимальності запасів. Для того, щоб виявити, які витрати включати в C_i^{xp} і C_i^3 потрібно не просто користуватися формулою Вільсона або будь-якою іншою готовою формулою, а кожного разу наново, з урахуванням конкретних умов, проводити процес моделювання. В даному випадку необхідно починати з рівняння витрат, з якого, власне, і виводиться будь-яка формула оптимального розміру замовлення.

Допустимо, що різні компоненти витрат, пов'язані із запасами, є функціями різних змінних: Q — розміру замовлення; T — часу зберігання, замовлення; A — інших чинників. В цьому випадку загальне рівняння витрат, пов'язаних із запасами і управлінням, можна представити в наступному вигляді:

$$C^{cov} = f_1(Q; T; A) + f_2(Q; A) + f_3(T; A) + f_4(A) \quad (2.46)$$

де C^{cos} - сукупні втрати по керованій номенклатурі

$f_1 - f_4$ - функції витрат, що становлять

Це рівняння можна спростити, вважаючи, що функції лінійні, сукупність інших чинників (А) – зводиться до кількості замовлень, що подаються, в періоді, а величина планового періоду (Т) – рівною часу витрати однієї замовлення. Спрощене рівняння матиме вигляд:

$$C^{cos} = K_1 Q_i T + K_2 Q_i + K_3 T + K_4 \quad (2.47)$$

де $K_1 - K_4$ – коефіцієнти витрат

Замінюючи Т на Q_i і q_i^{xp} отримаємо

$$C^{cos} = K_1 \frac{Q_i^2}{q^{cp}} + K_2 Q_i + K_3 \frac{Q_i}{q^{cp}} + K_4 \quad (2.48)$$

Витрати на одиницю запасу складуть

$$\frac{C^{cos}}{Q_i} = K_1 \frac{Q_i}{q^{cp}} + K_2 + \frac{K_3}{q^{cp}} + \frac{K_4}{Q_i} \quad (2.49)$$

Мінімум цього виразу досягатиметься при рівності першої похідної по ∂Q нулю:

$$\frac{\partial C^{cos}}{\partial Q} = \frac{K_1}{g^{cp}} + 0 + 0 - \frac{K_4}{Q_i^2} \quad (2.50)$$

Перетворюючи цей вираз, отримаємо:

$$Q = \sqrt{\frac{K_4 q^{cp}}{K_1}} \quad (2.51)$$

Отриманий вираз аналогічно виразу, описаному формулою Вільсона. Відмінності, викликані надмірним спрощенням перетворень, в даному випадку нас не цікавлять. Істотнішим виявляється наступне:

як функція вибраний мінімум сукупних втрат (витрат);

на оптимальне управління запасами впливають витрати (витрати), які є функцією кількості одиниць ресурсів, що зберігаються, часу їх зберігання і витрати (витрати), кількості замовлень, що є функцією, в плановому періоді.

Решта всіх видів втрат (витрат), так або інакше пов'язані з існуванням запасів або управлінням ними, вплив на оптимальність процесу управління не роблять (при диференціюванні звертаються в нуль), і, отже, вводиться в параметри C_i^3 і C_i^{xp} не повинні.

Специфіка процесів оперативного управління багато номенклатурними запасами накладає певні обмеження на вибір стратегії управління ними. Для вирішення поставленого завдання можуть бути використані наступні типи стратегій управління запасами;

- з постійним розміром і змінною точкою замовлення, тобто із змінним інтервалом між моментами подачі замовлення на поповнення запасів;
- із змінним розміром і постійною точкою замовлення;
- із змінними розміром і точкою замовлення.

Для кожної з цих трьох стратегій можна побудувати достатньо велике число різних моделей управління запасами, з якими можна познайомитися в спеціальних роботах по теорії даного питання, З урахуванням особливостей можливості вибору прогнозних методів обмежимося наступною сукупністю моделей:

модель по методу ковзаючої середньої;
лінійна предикативна модель;
метод експоненціального згладжування.

Введемо обмеження з урахуванням основних відмінностей цих стратегій один від одного, проаналізувавши варіанти моделей управління, що реалізують кожну з них. Нумерація моделей управління, що приводиться нижче, носить умовний характер і використовується тільки для зручності подальшого викладу.

1. Прогнозна модель ковзаючою середньою має вигляд:

$$q_{i,t+1}^{np} = \frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} q_{i,t-m}^{\phi} \quad (2.52)$$

де $q_{i,t+1}^{np}$ — прогнозна величина витрати номенклатури, що зберігається і керованої;

$q_{i,t-m}^{\phi}$ — фактична величина витрати за $t - m$ -й період часу;

M — число членів в ковзаючій середній.

Трудність у використанні цієї моделі — це визначення оптимального значення M . Збільшення цього числа підвищує стійкість системи до обурення зовнішнього середовища, але одночасно знижує чутливість до дії обурень. Визначення числа M проводиться в загальному випадку шляхом ретроспективної перевірки. Перевіряються різні значення M і вибирається те, яке дає найменшу помилку прогнозу. Метод ковзаючою середньою вимагає зберігання в машинній пам'яті регулярно оновлюваних даних за M періодів по кожній прогнозованій і керованій позиції.

2. Лінійна предикативна модель оптимізує розмір кожного замовлення, що подається, розраховується на основі оперативного прогнозу витрати запасів. Чергове замовлення подається через рівні проміжки часу незалежно від стану запасів.

Розмір замовлення в простому випадку визначається як величина витрати за минулий період. У більш складному випадку розмір замовлення може порівнюватися до прогнозованої величини попиту в майбутньому періоді часу. Модель, що реалізує таку стратегію управління, може бути описана наступними виразами:

$$T^{opt} = \frac{Q_{i,M}^{oz}}{q_i^{cp}}; \quad (2.53)$$

$$Q_{i,T}^{oz} = \sum_{m=0}^{T^{opt}-1} q_{i,t-m}^{\phi} \quad (2.54)$$

Методика розрахунку по даній моделі із змінним розміром замовлення і постійною точкою замовлення, полягає в наступному:

1. за даними базисного періоду розраховуються:

q_i^{cp} - щодобова витрата

T^{opt} - оптимальний період між подачами чергових замовлень

2. розраховується витрата і-ої номенклатури за T^{opt} днів базисного періоду

При кожній перевірці стану запасів (через T^{opt}) подається замовлення, рівне витраті за період, що пройшов з моменту подачі попереднього замовлення.

Система управління по лінійній предикативній моделі має наступні особливості:

- замовлення на поповнення запасів подається через рівні проміжки часу;
- розрахунок оптимального розміру замовлення по кожній керованій номенклатурі здійснюється на основі величини витрати запасів

3. Метод експоненціального згладжування має, в порівнянні з розглянутими вище методами, перевага — для його реалізації необхідна менша кількість даних з минулого. Він забезпечує цілком стійку реакцію системи управління на зміну попиту на номенклатури, що зберігаються, причому швидкість реакції досить легко регулюється параметром Z (ваговим коефіцієнтом). Основна і найбільш проста модель цього методу має вигляд:

$$q_{i,t+1} = Cq_{i,t} + (1 - C)q_{i,t} \quad (2.55)$$

де Z - ваговий коефіцієнт

$q_{i,t}$ - тенденції.

Оскільки ця модель погано уловлює наявність стійкої тенденції, її слід модифікувати, наприклад, в наступний вигляд:

$$q_{i,t+1} = Cq_{i,t} + (1 - C)[q_{i,t} + (q_{i,t} - q_{i,t-1})] \quad (2.56)$$

Проте при дуже коротких інтервалах прогнозування прояв тенденції може бути непомічене і цією моделлю, у зв'язку з чим ускладнення розрахунків і об'ємів початкової інформації виявиться невиправданим, особливо при великому числі прогнозованих позицій

У, методі експоненціального згладжування найбільш складним є визначення оптимального значення вагового коефіцієнта, на вибір якого впливає і динаміка ряду і інтервал прогнозування. Поряд авторів рекомендується для поволі змінного процесу приймати $Z = 0,1$; а для періодів із значними змінами $Z = 0,3 - 0,5$.

Проведені дослідження показують, що в однакових умовах управління запасами реалізація різних стратегій і різних моделей може привести до однакових або вельми близьких результатам. Тому при рішенні задачі

оптимального оперативного управління багатомножинними запасами важливішими критеріями, ніж мінімум сукупних витрат за розрахунковий період, стають інші характеристики: можливість використання в машинній системі управління, ступінь автоматизації процесів управління, що допускається, вимоги до об'єму машинної пам'яті і початкової інформації і так далі

2.4 Моделювання технологічного процесу локальної транспортної системи

Необхідно відзначити, що підприємства і установи (вантажодержувачі) одночасно споживають матеріальні засоби широких номенклатур; очевидно, що об'єми споживання по кожній номенклатурі визначаються характером вирішуваних виробничих завдань і навколишніми умовами. В той же час, перевезення вантажів магістральним транспортом здійснюється, як правило, порційно, крупними (визначуваними ваговими і об'ємними характеристиками транспортних засобів) партіями однорідних номенклатур. Цим визначається потреба демпфування матеріальних засобів і проведення операцій по розукрупненню матеріального потоку в розподільних центрах (РЦ).

Відповідно можна виділити функціональний період, за який об'єм вантажів розвезитиметься по «гілках» схеми і споживатиметься вантажодержувачами, визначаючи об'єм транспортної роботи всіх елементів схеми на подальший період. Отже, загальний виробничий процес локальної транспортної системи (ЛТС) визначатиметься сукупністю взаємопов'язаних технологічних процесів у виділених базових елементах.

Розглянемо фідерну ЛТС, що включає послідовність з двох груп РЦ, в яких, виконується по декілька технологічних операцій (зон Б, В і Г) із загального технологічного циклу перевезення. Після закінчення формування партії вантажів (матеріальних засобів різних номенклатур) в Рц1 (порт або група портів різної спеціалізації, залізнична станція, перевалочна база), вони

поступають в Рц2; (порт, станція вивантаження; (перевантаження)), де переформовуються в споживані партії і матеріальних засобів, а потім із заданим темпом доставляються споживачам. Таким чином, розглядається двобункерна логістична система. Як бункер прийнято розуміти демпфуючий матеріальні потоки розподільний центр.

Вантажі доставляються партіями, їх об'єм в партіях фіксований і однаковий для обох РЦ. Технологічні операції організовані на декількох технологічних лініях, різних для кожного РЦ. По кожній номенклатурі вантажів відома їх норма обробки в логістичному каналі (обумовлена пропускною спроможністю технологічних ліній РЦ і провізною здатністю спеціалізованих транспортних засобів).

Введемо позначення:

- ознаки: $q = \{1, \dots, m\}$ — номенклатур вантажів; $i = (1 \dots, n) \sim$ технологічних ліній Рц1; $j = (1 \dots, до)$ — технологічних ліній Рц2;
- показники: b – розмір партії вантажу, т; d – об'єм споживаної партії матеріальних засобів по певній номенклатурі, т; M — норма обробки вантажів в логістичному каналі, доб./т.

Припустимо, що номінальні потужності логістичних каналів, витікаючих від кожного РЦ, відомі, як визначувані, виходячи з балансу наявного фонду часу наявних в РЦ засобів (підйомно-транспортного, складського устаткування, транспортних засобів, елементів шляхів сполучення, тобто — технологічних ресурсів) і норм обробки вантажів різних номенклатур в логістичних каналах (визначаються в ході уторговування якісних показників перевезення):

$$P_i \geq \sum_q M_{qi} \cdot d_q ; \quad P_j \geq \sum_q M_{qj} \cdot d_q \quad (2.57)$$

Очевидно, що вантажі, партії яких менше або рівні об'єму споживаної партії матеріальних засобів по даній номенклатурі за плановий період, включаються у виробничу програму ЛТС. Регулювальні заходи необхідні у випадках, коли розмір партії вантажів перевищує поточну потребу.

Введемо змінні y_{qt}^1 і y_{qt}^2 , що приймають значення рівні одиниці, якщо партія вантажів q -ї номенклатури обробляється у функціональному (плановому) періоді t , відповідно в першому і в другому РЦ, і приймаючи нульові значення — інакше.

Визначимо перше обмеження — по пропускній спроможності логістичних каналів. Воно означає, що в кожному плановому періоді і загальна потреба у вантажопереробці не повинна перевищувати номінальної потужності наявних технологічних ресурсів, тобто

$$\sum_q M_{qi} \cdot b_q \cdot y_{qt}^1 \leq P_i; \quad \sum_q M_{qj} \cdot b_q \cdot y_{qt}^2 \leq P_j \quad (2.58)$$

Для забезпечення безперервності перевезень в кожному РЦ (у «бункері») повинен знаходитися певний запас матеріальних засобів. Припустимо, що на початок планового періоду t є деякий запас по кожній номенклатурі q матеріальних засобів: r_{qt}^1 - в Рц1 r_{qt}^1 - в Рц2.

Виходячи з цих даних, можна визначити величину запасу па початок наступного планового періоду:

$$\begin{aligned} r_{q,t+1}^1 &= r_{qt}^1 - b_q y_{qt}^2 + b_q y_{qt}^1 - \text{для Рц1} \\ r_{q,t+1}^2 &= r_{qt}^2 - d_{qt} + b_q y_{qt}^2 - \text{для Рц2} \end{aligned} \quad (2.59)$$

Вантажі, які пройшли технологічну обробку повністю передаються по логістичних каналах до кінця планового періоду. Тому для забезпечення

безперервності функціонування ЛТС величина запасу в будь-якому плановому періоді не повинна опускатися нижче за потребу:

$$r_{q,t}^1 \geq b_q y_{qt}^2; \quad r_{q,t}^2 \geq d_{qt} \quad (2.60)$$

Математична модель планованого процесу для випадку $b_q > d_q$ приймає вигляд:

$$y_{qt}^1 = \begin{cases} 1, \text{ якщо вантаж } q \text{ -ої номенклатури обробляється в період } t \text{ в Рц1} \\ 0, \text{ інакше} \end{cases}$$

$$y_{qt}^2 = \begin{cases} 1, \text{ якщо вантаж } q \text{ -ої номенклатури обробляється в період } t \text{ в Рц2} \\ 0, \text{ інакше} \end{cases}$$

$$\left. \begin{aligned} \sum_q M_{qi} \cdot b_q \cdot y_{qt}^1 &\leq P_{qi} \\ \sum_q M_{qj} \cdot b_q \cdot y_{qt}^2 &\leq P_{qj} \\ r_{q,t+1}^1 &= r_{qt}^1 - b_q y_{qt}^2 + b_q y_{qt}^1 \\ r_{q,t+1}^2 &= r_{qt}^2 - d_{qt} + b_q y_{qt}^2 \\ r_{q,t}^1 &\geq b_q y_{qt}^2; \\ r_{q,t}^2 &\geq d_{qt} \end{aligned} \right\} (2.61)$$

Вирішенням системи рівнянь будуть вектори:

$$Y_{qt}^1 = \{y_{1t}^1, y_{2t}^1, \dots, y_{mt}^1\}, \quad Y_{qt}^2 = \{y_{1t}^2, y_{2t}^2, \dots, y_{mt}^2\}$$

Вектор Y_{qt}^1 задає виробничу програму Рц1 на плановий період t , а вектор Y_{qt}^2 — відповідно Рц2

Вирішуючи систему рівнянь, в кожному плановому періоді t отримуємо загальну виробничу програму функціонування ЛТС. Очевидно, що можливість вирішення системи в черговому періоді істотно залежить від рішення в попередньому періоді. При послідовному рішенні можливі два випадки:

1. вірогідне настання такого планового періоду, коли порушується обмеження і не можна буде отримати чергове допустиме рішення;
2. завжди знайдуться рішення Y_t^1 Y_t^2

Визначимо, що набір векторів $\{y_{qt}^1\}$ і $\{y_{qt}^2\}$ задаючий виробничу програму ЛТС на тривалому проміжку часу (фактично протягом всього періоду функціонування ЛТС) характеризує собою стратегію виробництва (Z).

Будь-яка стратегія Z припускає деякий об'єм запасу R_t , який може бути або зростаючим при $t \rightarrow \infty$, або обмеженим. Стратегію виробництва ЛТС, для якої об'єм запасу обмежений, назвемо стаціонарною.

Реальна ЛТС, яка функціонує є складною, динамічною системою, схильною до впливу безлічі зовнішніх чинників, і здійснює, з позицій загальної теорії систем, нестационарний процес (тобто припускає наявність перехідної на подальші планові періоди зростаючої величини недовезення). Разом з тим, можна припустити, що в деякі проміжки часу (до моменту початку планування) всі параметри, що характеризують процес функціонування двохбункерної фідерної ЛТС, є незмінними. Тоді процес може бути описаний як стаціонарний.

$$y_1 = \frac{\begin{vmatrix} P_1 & M_{21}b_2 & \dots & M_{m1}b_m \\ P_2 & M_{22}b_2 & \dots & M_{m2}b_m \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_m & M_{2m}b_2 & \dots & M_{mm}b_m \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} M_{11}b_1 & M_{21}b_2 & \dots & M_{m1}b_m \\ M_{12}b_1 & M_{22}b_2 & \dots & M_{m2}b_m \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ M_{1m}b_1 & M_{2m}b_2 & \dots & M_{mm}b_m \end{vmatrix}}$$

$$y_2 = \frac{\begin{vmatrix} M_{11}b_1 & P_1 & \dots & M_{m1}b_m \\ M_{12}b_1 & P_2 & \dots & M_{m2}b_m \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ M_{1m}b_1 & P_m & \dots & M_{mm}b_m \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} M_{11}b_1 & M_{21}b_2 & \dots & M_{m1}b_m \\ M_{12}b_1 & M_{22}b_2 & \dots & M_{m2}b_m \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ M_{1m}b_1 & M_{2m}b_2 & \dots & M_{mm}b_m \end{vmatrix}}$$

$$y_m = \frac{\begin{vmatrix} M_{11}b_1 & M_{21}b_2 & \dots & P_1 \\ M_{12}b_1 & M_{22}b_2 & \dots & P_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ M_{1m}b_1 & M_{2m}b_2 & \dots & P_m \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} M_{11}b_1 & M_{21}b_2 & \dots & M_{m1}b_m \\ M_{12}b_1 & M_{22}b_2 & \dots & M_{m2}b_m \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ M_{1m}b_1 & M_{2m}b_2 & \dots & M_{mm}b_m \end{vmatrix}}$$

Оскільки y_m визначені як булеві змінні, тобто приймаючі значення тільки 0 або 1, то для виконання цієї умови необхідно, щоб елементи у визначниках

тобто забезпечувалася безперервна (впродовж періоду функціонування) ритмічна робота ЛТС, необхідне забезпечення строго певних значень величин M_{qi} і M_{qj} ..

Очевидно, що при виконанні масових перевезень, кількості вантажів однієї номенклатури є відносно обмеженими. Через це за існуючими технологічними лініями закріплюється виконання операцій з вантажами схожих номенклатур, але по технологіях, що розрізняються, з різними нормами обробки. З іншого боку, партії вантажів розрізняються розмірами і, при необхідності, вантажі однієї партії можуть перероблятися на різних технологічних лініях з різними ж нормами обробки. Отже, відмінності в нормах обробки вантажів і розмірах партій виключають можливість роботи по єдиному ритму.

З цього виходить, що якщо для виконання масових перевезень потужності РЦ розраховуються з умови балансу наявного і необхідного фонду часу, то стаціонарної стратегії в загальному випадку не існує і при накладених обмеженнях рішення можливе тільки теоретично. Для існування стаціонарної стратегії виробництва ЛТС необхідний деякий надлишок (резерв) потужності.

Практично можливість підвищити пропускну спроможність логістичних каналів, тобто збільшити їх потужність повинна реалізовуватися різними способами, наприклад, збільшенням змінності роботи підйомно-транспортного устаткування, залученням додаткового устаткування, зокрема що належить вантажовласникам, використанням продуктивнішого устаткування і так далі

В цьому випадку модель прийме вигляд:

$$\begin{aligned}y_{qt}^1 &= \{0;1\} \\ y_{qt}^2 &= \{0;1\} \\ \sum_q M_{qi} \cdot b_q \cdot y_{qt}^1 &\leq P_{qi} + x_{it}\end{aligned}$$

$$\sum_q M_{qj} \cdot b_q \cdot y_{qt}^2 \leq P_{qj} + x_{jt}$$

$$r_{q,t+1}^1 = r_{qt}^1 - b_q y_{qt}^2 + b_q y_{qt}^1$$

$$r_{q,t+1}^2 = r_{qt}^2 - d_{qt} + b_q y_{qt}^2$$

$$r_{q,t}^1 \geq b_q y_{qt}^2;$$

$$r_{q,t}^2 \geq d_{qt}$$

де x — резерв потужності РЦ.

В рамках даної моделі проведемо пошук стаціонарної стратегії виробництва ЛТС.

Розглянемо відношення величин — розмірів партій вантажів і об'ємів споживаної партії матеріальних засобів по певних номенклатурах:

$$\gamma_q = \frac{b_q}{d_q} \quad (2.65)$$

Величина γ_q показує на скільки планових періодів РЦ, забезпечить формування споживаних партій матеріальними засобами q -ої номенклатури з моменту їх відвантаження в кількості b і при потребах споживання d .

Хай γ — найменше число, яке ділиться на будь-яке γ_q без залишку:

Тоді приватне від їх ділення (β_q) означає число необхідних, відправок партій вантажу за γ планових періодів, що задовольняють потребу комплектації.

Дійсно $\beta_q = \gamma d_q$ таким чином отримаємо:

$$\gamma d_q = b_q \beta_q$$

Отже, якщо припустити, що на початок розрахунків був початковий залишок r_{q0}^2 то при стратегії виробництва ЛТС Z2 для якої:

$$\sum_{t=1}^{\gamma} y_{qt}^2 = \beta_q \quad (2.66)$$

через γ періодів залишок буде наступним:

$$r_{q\gamma}^2 = r_{q0}^2 - \sum_{t=1}^{\gamma} d_{qt} + \sum_{t=1}^{\gamma} y_{qt}^2 b_q \quad (2.67)$$

або

$$r_{q\gamma}^2 = r_{q0}^2 - \gamma \cdot d_q + \beta_q b_q \quad (2.68)$$

Звідси отримаємо:

$$r_{q\gamma}^2 = r_{q0}^2 \quad (2.69)$$

За технологією роботи ЛТС Рц1 забезпечує потребу в матеріальних засобах Рц2. Для кожного планового періоду t ця потреба визначатиметься виразом:

$$d_{qt} = b_q \cdot y_{qt}^2 \quad (2.70)$$

У кожен плановий період ця величина різна. Оскільки в Рц2 технологічний процес повторюється через кожних γ періодів, та кількість матеріальних засобів, якими Рц1, забезпечує Рц2 за цикл, буде постійна і рівна:

$$\sum_{t=1}^{\gamma} d_{qt} \quad (2.71)$$

Число відправок партій вантажів β_q^1 для РЦ1 визначається таким чином:

$$\beta_q^1 = \frac{\sum_{t=1}^{\gamma} d_{qt}}{b_q} = \frac{b_q \sum_{t=1}^{\gamma} y_{qt}^2}{b_q} = \beta_q^2 \quad (2.72)$$

тобто доцільне число відправок партій вантажів і багатомноменклатурних партій споживаних матеріальних засобів відповідно з Рц1 і Рц2 повинне бути однаковим.

Хай в РЦ1 є початковий залишок r_{q0}^1 тоді при стратегії Z2 для якої:

$$\sum_{t=1}^{\gamma} y_{qt}^1 = \beta_q^1 \quad (2.73)$$

через γ періодів залишок буде наступний:

$$r_{q\gamma}^1 = r_{q0}^1 - \sum_{t=1}^{\gamma} d_{qt} + \sum_{t=1}^{\gamma} y_{qt}^1 b_q$$

Враховуючи попередні вирази, отримаємо:

$$r_{q\gamma}^1 = r_{q0}^1 - b_q \beta_q^2 + b_q \beta_q^2 \text{ тобто } r_{q\gamma}^1 = r_{q0}^1 \quad (2.74)$$

Таким чином, доведено, що при стратегіях Z1 і Z2 процес виробництва повторюється і в Рц1 і в Рц2 кожні γ планових періодів.

У методології планування проміжок часу, протягом якого те або інше явище повторюється, прийнято називати циклом. У нашому випадку циклом

роботи ЛТС $C(\gamma)$ назвемо період часу, через який вирішення системи рівнянь повторюється. Стратегія виробництва ЛТС, відповідно, може бути названа циклічною (що погоджує різні ритми роботи Рц1 і Рц2).

Циклічні стратегії виробництва дозволяють перейти при дослідженні моделі від тривалого інтервалу часу до кінцевого відрізка часу певної тривалості.

Оскільки циклічна стратегія передбачає повторення технологічних операцій через відомі проміжки часу, то будь-яка циклічна стратегія виробництва є стаціонарною. Доказ може бути проведене аналогічно.

Як було показано, будь-яка стратегія припускає наявність деяких об'ємів запасів матеріальних засобів. Визначимо їх таким чином:

$$\begin{aligned} R_t^1 &= \sum_q \sum_i r_{qt}^1 M_{qi} \quad \text{- для Рц1} \\ R_t^2 &= \sum_q \sum_j r_{qt}^2 M_{qj} \quad \text{- для Рц2} \end{aligned} \quad (2.75)$$

$$R_t = R_t^1 + R_t^2 \quad \text{- загальний об'єм запасів в ЛТС}$$

Хай r_{q0}^1 і r_{q0}^2 — залишки по q -й номенклатурі на початок циклу $C(\gamma)$ Рц1 і Рц2. Тоді об'єм запасу в будь-який плановий період $t \in C(\gamma)$ можна визначити таким чином:

$$\begin{aligned} R_t^1 &= \sum_q \sum_i r_{q0}^1 M_{qi} + \sum_q \sum_i \sigma_q^1 \left(b_q - \sum_{t=1}^{\gamma} d_{qt} \right) \times M_{qi} \\ R_t^2 &= \sum_q \sum_j r_{q0}^2 M_{qj} + \sum_q \sum_j \sigma_q^2 \left(b_q - \sum_{t=1}^{\gamma} d_{qt} \right) \times M_{qj} \end{aligned} \quad (2.76)$$

де σ_q^1 і σ_q^2 - число відправок вантажів q -й номенклатури з Рц1 і Рц2

Ці числа лежать в межах $0 \leq \sigma_q^1 \leq \beta_q$; $0 \leq \sigma_q^2 \leq \beta_q$. Тому можна записати:

$$\begin{aligned}
R_t^1 &\leq \sum_q \sum_i r_{q0}^1 M_{qi} + \sum_q \sum_i \beta_q \left(b_q - \sum_{t=1}^{\gamma} d_{qt} \right) \times M_{qi} \\
R_t^2 &= \sum_q \sum_j r_{q0}^2 M_{qj} + \sum_q \sum_j \beta_q \left(b_q - \sum_{t=1}^{\gamma} d_{qt} \right) \times M_{qj} \quad (2.77)
\end{aligned}$$

β_q — цілі позитивні числа, що не перевершують γ тобто лежать в межах $1 \leq b_q \leq \gamma$. Правими частинами нерівностей є постійні величини, таким чином, можна записати:

$$\begin{aligned}
R_t^1 &\leq \sum_q \sum_i r_{q0}^1 M_{qi} + \sum_q \sum_i \beta_q \left(b_q - \sum_{t=1}^{\gamma} d_{qt} \right) \times M_{qi} = A_1 \\
R_t^2 &= \sum_q \sum_j r_{q0}^2 M_{qj} + \sum_q \sum_j \beta_q \left(b_q - \sum_{t=1}^{\gamma} d_{qt} \right) \times M_{qj} = A_2
\end{aligned}$$

Оскільки об'єми запасів R_t^1 і R_t^2 обмежені постійними величинами A_1 і A_2 , то загальний об'єм запасу буде обмежений постійною величиною.

На основі приведених міркувань можна зробити вивід про те, що ЛТС, функціонування якої описується вказаною моделлю, завжди має стаціонарну циклічну стратегію виробництва, достатньою умовою існування якої є наявність деякого надлишку ресурсів (потужності логістичних каналів і запасів матеріальних засобів).

Проходять технологічні операції і перевозяться тільки вантажі «дефіцитних» номенклатур, тобто якщо залишки по ним опускаються нижче встановленого рівня.

Розглянемо одну з можливих стратегій виробництва ЛТС. Хай в кожен плановий період технологічні операції проводяться тільки з тими вантажами, залишки по яких задовольняють нерівностям:

$$\text{у Рц1} - \quad b_q \leq r_{qt}^1 < 2b_q \quad (2.78)$$

$$y_{qt}^1 = \begin{cases} 1, \text{ якщо } b_q \leq r_{qt}^1 < 2b_q \\ 0, \text{ якщо } r_{qt}^1 \geq 2b_q \end{cases}$$

$$\text{у Рц2} - \quad d_q \leq r_{qt}^2 < 2d_q$$

$$y_{qt}^2 = \begin{cases} 1, \text{ якщо } d_q \leq r_{qt}^2 < 2d_q \\ 0, \text{ якщо } r_{qt}^2 \geq 2d_q \end{cases}$$

Розглянемо технологічні процеси в Рц2.

Припустимо, що спочатку залишки по вантажах всіх номенклатур рівні потребі в них на один період, тобто $r_{q0}^2 = d_q$. Це означає, що в перший період необхідно провести технологічні операції і провести відправку вантажів всіх номенклатур.

Розглянемо загальний випадок, тобто коли b_q і d_q не кратні числа. Тоді ці величини можна представити таким чином:

$$b_q = \lambda_q \cdot \bar{b}_q; \quad d_q = \lambda_q \cdot \bar{d}_q \quad (2.79)$$

де λ_q - найбільший загальний дільник чисел b і d ;

$$\bar{b} \quad \bar{d}$$

Можна записати, що:

$$\frac{b_q}{d_q} = \frac{\bar{b}_q}{\bar{d}_q} \text{ або } \bar{d}_q \cdot b_q = \bar{b}_q \cdot d_q \quad (2.80)$$

Це означає, що провівши \bar{d}_q відправок вантажу q-й номенклатури, РЦ забезпечить \bar{b}_q планових періодів, причому слідує:

$$r_{q0}^2 - \bar{b}_q d_q + b_q \bar{d}_q = r_{q\bar{b}_q}^2 \text{ або } r_{q0}^2 = r_{q\bar{b}_q}^2 \quad (2.81)$$

Отже, дана стратегія робить комплекс технологічних операцій по будь-якій номенклатурі вантажів q циклічним, з циклом \bar{b}_q . Цей цикл буде мінімально можливим.

На основі попередніх тлумачень можна зробити наступний висновок. Якщо розглядати модель, в якій величини партій вантажів b_q і потреба d_q по відповідним номенклатурам РЦ2 будуть взаємно простими, то тривалість циклу і кількість відправок по кожній номенклатурі вантажів будуть такими ж, як і для моделі з довільними величинами партій, а величини залишків на начало $\left(r_{q0}^{-2}\right)$ и кінець $\left(r_{q\bar{b}_q}^2\right)$ кожного планового періоду $t \in C(\gamma)$ будуть в λ_q раз менше.

Розширимо первинне припущення про те, що залишки по номенклатурах матеріальних засобів рівні потребі в них.

Припустимо, що пари чисел $\{b_q, d_q\}$ взаємно прості. Стратегія виробництва задає на початок і кінець кожного планового періоду $t \in C(\gamma)$ залишки матеріальних засобів r_{q0}^{-2} і $r_{q\bar{b}_q}^2$ де $p = 0, 1, \dots, b_q - 1$.

Упорядкуємо ці числа за збільшенням і визначимо максимально можливе значення залишку матеріальних засобів на початок періоду. Для обчислення цієї величини застосуємо наступний підхід. Оскільки вантаж q-й номенклатури при застосуванні стратегії виробництва ЛТС не відправляється до тих пір, поки

залишки по ньому не опустяться нижче за рівень $2d_q$ то максимально можливий рівень запасу для ухвалення рішення про відправку чергової партії вантажу в Рц2 буде рівний $2d_q - 1$ (у відповідних одиницях вимірювання). На початок наступного планового періоду ця партія буде врахована, а потреба вантажоодержувачів задовольниться на d_q . Таким чином, максимально можливий на початок планового періоду залишок буде рівний:

$$\bar{r}_{qb_q-1}^{-2} = 2d_q - 1 + b_q - d_q = d_q + b_q - 1 \quad (2.82)$$

Оскільки технологічний цикл по вантажах номенклатури q складається з b_q планових періодів і цей цикл мінімальний, то серед залишків \bar{r}_{gp}^{-2} не може бути що повторюються, отже:

$$\bar{r}_{gp}^{-2} = d_0 + p \quad p=0, 1, \dots, b_q-1 \quad (2.83)$$

Відповідні залишки на кінець кожного планового періоду менше залишків на початок періоду на величину потреби, т. е.:

$$\bar{r}_{gp}^{-2} = p \quad p=0, 1, \dots, b_q-1 \quad (2.84)$$

Знайдемо величину середнього запасу матеріальних засобів в Рц2, що отримується при застосуванні вказаної стратегії виробництва. Середній запас за технологічний цикл рівний:

$$\begin{aligned} r_q^{CP2} &= \frac{1}{2b_q} \sum_{p=0}^{b_q-1} (\bar{r}_{qp}^{-2} + r_{qp}^{-2}) = \frac{1}{2b_q} \left[\frac{(d_q + d_q + b_q - 1)b_q}{2} + \frac{(b_q - 1)b_q}{2} \right] = \\ &= \frac{1}{2} (d_q + b_q - 1) \end{aligned}$$

При проведенні виробничого планування по випередженнях застосовують прийом синхронізації процесів, тобто забезпечення такого їх протікання, коли окремі елементи технологічного циклу здійснюються з незмінним зміщенням в часі. Подібна стратегія побудови виробничого процесу отримала назву синхронної.

Під синхронною стратегією виробництва ЛТС розумітимемо таку стратегію, при якій РЦ, працює з випередженням на один плановий період по відношенню до РЦ2, тобто $y_{qt}^1 = y_{qt-1}^2$. Будь-яка інша стратегія буде несинхронною.

Визначимо середні величини запасів при синхронній і несинхронній стратегіях. При синхронній стратегії технологічний процес організований так, що вантажі, над якими проведені технологічні операції в РЦ1, до кінця планового періоду перевозяться в РЦ2 і доставляються вантажоодержувачам (споживачам) з початку наступного планового періоду. Практично в цих умовах середня величина запасу в РЦ1, прагне до нуля.

Знайдемо середній запас і РЦ1, який необхідний для забезпечення безперервності технологічного процесу в ЛТС при довільній несинхронній стратегії.

Хай отримана довільна несинхронна стратегія, що підкоряється умовам моделі, тобто залишки матеріальних засобів задовольняють умові:

$$b_q \leq r_{qt}^1 < 2b_q \quad (2.85)$$

Розрахуємо максимально можливе значення залишку матеріальних засобів на початок планового періоду. Цей залишок визначається таким чином:

$$r_{qb_q-1}^1 = 2b_q - 1 + b_q - b_q = 2b_q - 1 \quad (2.86)$$

Тоді початковий залишок матеріальних засобів знаходиться із співвідношення:

$$\bar{r}_{qp}^{-1} = b_q + p \quad p=0,1,2,\dots,b_q-1 \quad (2.87)$$

Залишки на кінець планового періоду будуть менші на величину b_q :

$$\underline{r}_{qp}^1 = b_q + p \quad p=0,1,2,\dots,b_q-1 \quad (2.88)$$

Відповідно, середній запас матеріальних засобів в Рц1, буде рівний:

$$\begin{aligned} r_q^{CP1} &= \frac{1}{2b_q} \sum_{p=0}^{b_q-1} (\bar{r}_{qp}^{-1} + \underline{r}_{qp}^1) = \frac{1}{2b_q} \left[\frac{(b_q + b_q + b_q - 1)b_q}{2} + \frac{(b_q - 1)b_q}{2} \right] = \\ &= \frac{1}{2}(2b_q - 1) \end{aligned}$$

Отже, можна зробити висновок, що для забезпечення безперервності технологічних процесів в ЛТС при довільній несинхронній стратегії виробництва, необхідно і достатньо, щоб запас матеріальних засобів в Рц1, підтримувався на рівні:

$$r_q^{CP1} = (2b_q - 1) \quad (2.89)$$

Таким чином, запропонована і описана математична модель функціонування двохбункерної логістичної системи, що відноситься до класу моделей двустадійного серійного виробництва. З дослідження моделі виходить, що функціонування двох розподільних центрів у взаємозв'язку може бути організоване як по синхронній, так і по несинхронній стратегіях виробництва.

3. ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ЗМІШАНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ

3.1 Вирішення багатокритерійного завдання раціонального вибору маршруту змішаного перевезення за різними параметрами

При ухваленні рішень по концепції системного аналізу всі рішення зводяться до вибору оптимальної альтернативи серед безлічі допустимих засобів досягнення поставленої мети. Дійсно, такий підхід часто суб'єктивно сприймається як мета (тобто мета полягає в оптимізації системи по заданому критерію).

Проте в реальних складних системах таких цілей, як правило, виявляється декілька. Можуть переслідуватися одночасно декілька цілей, які часто є суперечливими. При проектуванні складних систем неможливо визначити одну мету або навіть встановити жорстку ієрархію цілей. Тому замість жорсткої моделі необхідно використовувати «м'яку» модель, основна ідея якої полягає в «компромісі» між різними цілями, в знаходженні рішень, які в якійсь мірі задовольняли б всім висунутим вимогам. Цей підхід виник від розуміння того, що у багатьох випадках не хапає інформації для лінійного ранжирування рішень і можна лише здійснити групове ранжирування.

Необхідно також відзначити, що при реалізації цього компромісного підходу можуть виникнути певні труднощі. Особа, що ухвалює рішення (ОУР), далеко не завжди може об'єктивно оцінити рівень якості отриманого рішення, а тим більше вибрати з декількох рішень якнайкраще. Вибір хорошого варіанту можливий тільки в тих випадках, коли використані коректна модель і алгоритм вибору.

Розглянемо метод вибору маршруту змішаного перевезення вантажів за наявності декількох критеріїв на основі нечітких множин.

Постановка завдання представляється таким чином. Хай задана безліч можливих варіантів доставки X :

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n\}$$

Кожен варіант характеризується безліччю параметрів оцінки якості Y :

$$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n\}$$

Між кожним членом множини X і кожним членом множини Y має місце нечітке відношення, позначене через x_y або μ_{ij} . Іншими словами μ_{ij} відображає рівень відповідності i -го варіанту доставки вимогам по j -ому параметру ($\mu_{ij} \in [0,1]; i = 1 \dots n; j = 1 \dots m$). Якщо зібрати, разом всі нечіткі відносини між x_i і y_j то отримаємо матрицю нечітких відносин R розміром nm :

$$R = \{\mu_{ij} | i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m\}$$

Потрібно вибрати кращий варіант x^* з множини X . Постановку завдання вибору маршруту змішаного перевезення вантажів можна записати в наступному вигляді:

$$x^* = opt(X, Y, R, M)$$

де M — використовувана модель рішення задачі, вибрана особою, що ухвалює рішення. Залежно від використовуваної моделі результати рішення поставленої задачі можуть бути різними при одних і тих же початкових даних.

Розглянемо конкретні моделі ухвалення рішення маршруту змішаного перевезення. Процес ухвалення рішень найчастіше характеризується однією з наступних ситуацій:

1. ОУР не має в своєму розпорядженні інформації про обмеження на значення параметрів і інформації про рівень їх важливості. Застосовується модель максимінної згортки для вирішення завдання;
2. ОУР вибирає варіант, що забезпечує значення всіх параметрів не гірше потрібних. Ця ситуація відповідає моделі абсолютного рішення;
3. ОУР може вказати бажані обмеження по деяких основних параметрах. Це модель основного параметра;
4. ОУР здатний ранжувати параметри по рівню їх важливості і визначити частку впливу кожного параметра на загальне рішення. У даній ситуація використовується модель компромісного рішення;
5. остання ситуація характеризується як поєднання другої і четвертої ситуації. ОУР шукає оптимальне рішення на моделі, при цьому враховує деяке обмеження на значення параметрів. Ця модель називається моделлю еталонного порівняння.

Модель еталонного порівняння розроблена для усунення недоліків моделей, розглянутих вище. Сутність моделі, складається в наступному: будується еталонний варіант перевезення x_0 . Параметри цього варіанта приймають мінімальні допустимі значення $\mu_0, j = 1 \dots m$. Кожен варіант множини X зрівнюється з еталоном x_0 . Якщо якість у варіанта x_i не гірше, ніж у еталона x_0 за всіма параметрами, то варіант x_i , включають у множину рішення и для нього розраховується інтегральний параметр якості f_i . Для еталонного варіанта інтегральний параметр приймає нульове значення $f_0 = 0$. Оптимальне рішення — варіант з максимальним значенням інтегрального параметра f_{\max} .

Математичний запис моделі:

$$X^* \{x_k, x_k \in X; \mu_{kj} \geq \mu_{0j} \forall j = 1, \dots, m\}$$

$$f_k = \max \{f_i | f_i \in F; i = 1, \dots, n\} \quad (3.1)$$

де

$$f_j = \sum_{j=1}^m (\mu_{ij} - \mu_{0j}) w_j \quad (3.2)$$

Алгоритм рішення задачі такий:

Крок 1. Побудова еталонного варіанту x_0 — встановлення мінімальних допустимих значень μ_{0j} для параметра $y_j, j=1, \dots, m$.

Крок 2. Встановлення рівня важливості параметрів $w_j = 1, \dots, m$.

Крок 3. Нормалізація значення w_j .

Крок 4. Порівняння варіанту x_i множини X з еталонним варіантом x_0 , починаючи з першого варіанту $i = 1$.

Перевіряється умова: $\mu_{ij} \geq \mu_{0j}, j = 1, \dots, m$

Якщо не всі умови виконуються, то переходимо до кроку 6, інакше (всі умови виконані) переходимо до кроку 5.

Крок 5. Включення варіанту x_i у безліч X^* і обчислення для даного варіанту значення інтегрального параметра якості f_i .

Крок 6. Визначається, чи всі варіанти перевірені.

Якщо $i < n$, то повторюємо крок 4 для наступного варіанту ($i = i + 1$), інакше (всі варіанти перевірені) переходимо до кроку 7.

Крок 7. Перевіряється порожнеча безлічі X^* .

Якщо $X^* = \emptyset$, тобто якість у всіх варіантів множини X гірше, ніж у еталонного варіанту x_0 , то переходимо до кроку 8, інакше переходимо до кроку 9.

Крок 8. Перед ОУР є два способи вийти з положення:

1)зм'якшити обмеження на один або декілька параметрів шляхом перестроювання еталонного варіанту x_0 і повернутися до кроку 4 для перегляду варіантів;

2)розширити множину X , тобто знайти нові варіанти: $x_i' \in X$, і повернутися до кроку 4 для розгляду нових варіантів.

Крок 9. Визначення максимального значення інтегрального параметра

$$f_k = \max \{f_i | f_i \in F; i = 1, \dots, n\} \quad (3.3)$$

Варіант x_k — це рішення задачі.

Зауваження. Модель еталонного порівняння є поєднанням моделі абсолютного рішення і моделі компромісного рішення.

При встановленні $w_j = 0 \forall j = 1, \dots, m$ тобто не враховується важливість параметрів, дана модель перетворюється на модель абсолютного рішення.

Коли ОУР задає:

$$\mu_{0j} = 0 \forall j = 1, \dots, m$$

модель еталонного порівняння діє аналогічно моделі компромісного рішення.

З вище за викладеного можна стверджувати, що модель абсолютного рішення і модель компромісного рішення є окремими випадками моделі еталонного порівняння.

Розглянемо застосування вищевикладеної моделі для вирішення завдання багатокритерійного вибору маршруту змішаного перевезення. Було запропоновано чотири варіанти : x_1, x_2, x_3, x_4 . Визначено також три параметри якості доставки:

y_1 — термін доставки вантажів;

y_2 —.стоимость доставки;

у3 — збереження вантажів при доставку.

Результати оцінки рівня якості кожного варіанту по вказаних параметрах показані в табл. 3.1. Розглянемо рішення задачі вибору при застосуванні розроблених моделей.

Таблиця 3.1

Значення варіантів по параметрах

Варіант доставки	Оцінка варіантів по параметрах		
	Термін доставки вантажів, у1	Вартість доставки, у2	Збереження вантажів при доставці, у3
Варіант х1	0,62	0,70	0,80
Варіант х2	0,50	0,60	0,70
Варіант х3	0,90	0,80	0,50
Варіант х4	0,80	0,70	0,60

Рішення задачі по моделі еталонного порівняння.

Щоб не змінювати умови завдання, приймаємо еталонний варіант $x_0=(0,60; 0,50; 0,60)$ і вектор $W=(0,50; 0,30; 0,20)$.

Порівнюємо варіанти x_i з еталонним варіантом x_0 :

варіант $x_2 (0,50; 0,60; 0,70)$ не відповідає вимозі по параметру u_1

варіант $x_3 (0,90; 0,80; 0,50)$ не відповідає вимозі по параметру u_3 .

Обидва варіанти віддаляються з безлічі рішень.

Залишаються два варіанти: x_1 і x_4

$X^* = \{ x_1, x_4 \}$. Їх інтегральний параметр приймає наступні значення:

$$f_1 = (0,62-0,60)0,50+(0,70-0,50)0,30+(0,80-0,60) 0,20=0,11,$$

$$f_4 = (0,80-0,60)0,50+(0,70-0,50)0,30+(0,60-0,60) 0,20=0,16.$$

$$f_{\max} = f_4 = 0,16$$

Результат рішення задачі — варіант $x_4 = (0,80; 0,70; 0,60)$.

3.2 Розробка рекомендацій по удосконаленню процесів організації змішаних перевезень вантажів

Заразом у всьому світі впроваджуються високі технології перевезень у змішаному сполученні, такі як безперевантажувальні, безпереробочними і безвагонні технології.

Однак відомо, що ці технології успішно розвиваються там, де для цього є не тільки технологічні, а й сприятливі законодавчі та економічні умови. Широке впровадження високих технологій, через їх дорожнечу, не під силу навіть США та Німеччині, тим більше воно неможливе у нас.

Тому залишається, як реальна для України перспектива, тим паче в умовах світової економічної кризи, впровадження серйозних змін у підходах до організації змішаних перевезень вантажів.

Проведення організаційних заходів може змінити тривалість виконання тієї або іншої технологічної операції, що, у свою чергу, змінить тривалість перевезення. Особливо, це відноситься до впровадження інформаційних і управлінських технологій, які при мінімальних капіталовкладеннях дозволяють отримати максимальний ефект.

На підставі цього була розроблена система моделей по удосконаленню процесів організації змішаних перевезень вантажів: модель технологічного процесу переробки контейнерів при перевезенні в змішаному повідомленні з урахуванням часу і витрат на їх переробку; прогнозна модель технології перевантаження контейнерів; модель технологічного процесу локальної транспортної системи. За допомогою цієї системи моделей можливо впливати на раціональність організації змішаних перевезень вантажів, оскільки враховуються основні чинники якості змішаних перевезень, що впливають на показники (показники своєчасності виконання перевезень; показники

збереження вантажів; економічні показники). До таких чинників віднесені використання контейнерів в змішаних перевезеннях, що веде як до зменшення часу обробки, так і знижує витрати на проведення навантажувально-розвантажувальних і складських робіт і управління запасами матеріальних засобів, оскільки забезпечення безперервності руху товару вимагає підтримки оптимального рівня запасів. Розроблена прогнозна модель на підставі якої можна прогнозувати вірогідність часу простою контейнера на складській площі; час простою контейнерів і сумарний час очікування в системі.

Так само можна досліджувати: вплив технічних характеристик устаткування на показники обробки контейнерів. За допомогою даної моделі можливо провести розрахунок системи контейнерної обробки і отримати надійний метод для проектування системи. Запропонована і описана математична модель функціонування двохбункерної логістичної системи, що тягне, що відноситься до класу моделей двустадійного серійного виробництва. З дослідження моделі виходить, що функціонування двох розподільних центрів у взаємозв'язку може бути організоване як по синхронній, так і по несинхронній стратегіях виробництва. Однією з властивостей складних систем є ті, що сморід можуть досягати мети різними способами, шляхами. При ухваленні рішень по концепції системного аналізу всі рішення зводяться до вибору оптимальної альтернативи серед безлічі допустимих засобів досягнення поставленої мети.

Проте в реальних складних системах таких цілей, як правило, виявляється декілька. Тому при подальшому дослідженні можливим є розширення розробленого комплексу моделей по удосконаленню процесів організації змішаних перевезень вантажів з урахуванням інших чинників, що впливають на якість організації змішаних перевезень. Отже, сформулюємо алгоритм рішення задачі багатокритерійного вибору раціонального маршруту змішаних перевезень вантажів за різними параметрами, що дозволяє враховувати набір різних чинників. Блок-схема цього алгоритму зображена на рис. 3.1

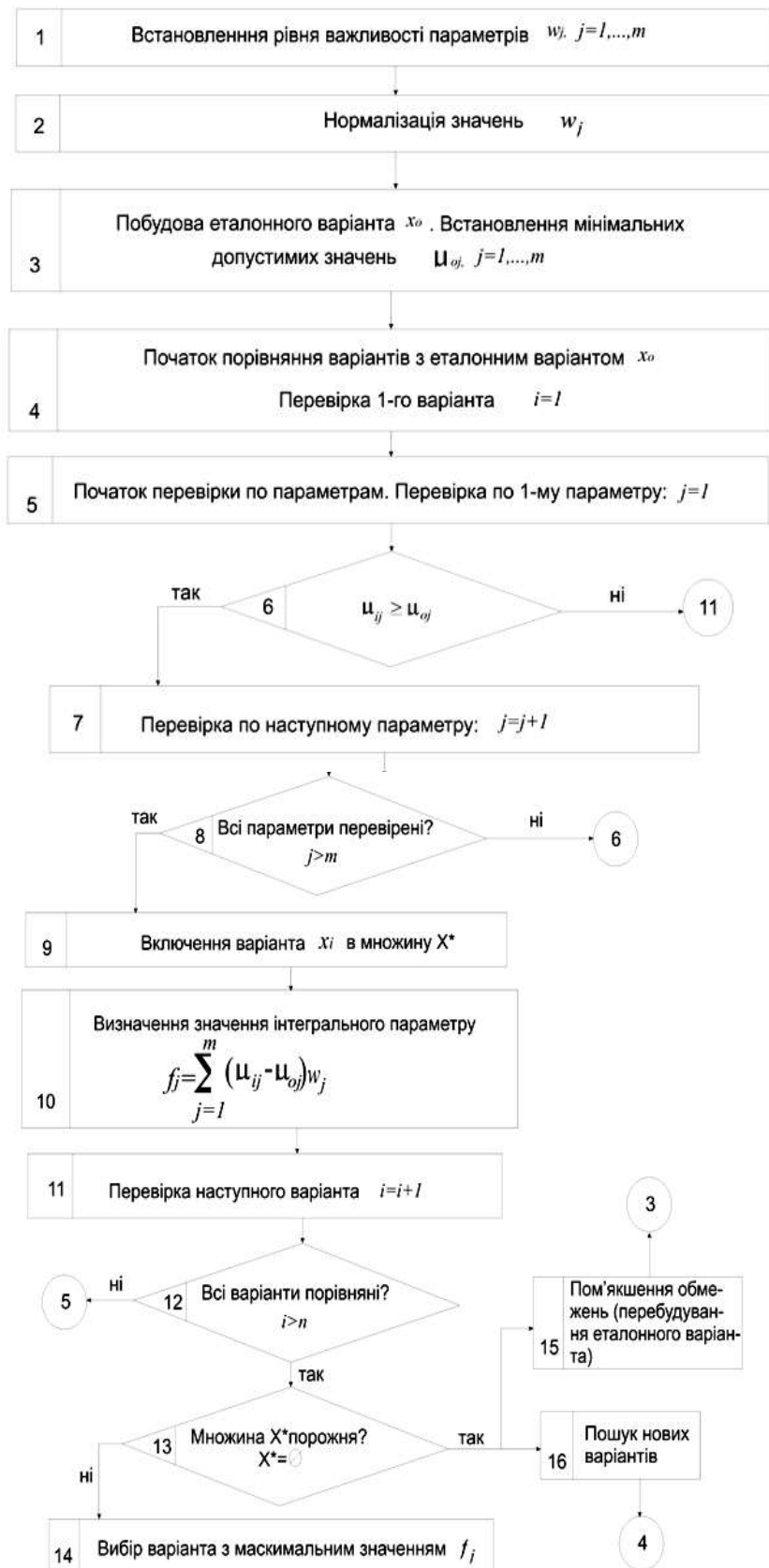


Рис.3.1 Блок-схема вирішення багатокритерійної задачі

ВИСНОВКИ

На сучасному етапі найважливішим чинником отримання Україною своєї ніші в світовому господарстві є сприяння розвитку її зовнішньоекономічної діяльності. Це закономірно, оскільки Україна займає одне з перших місць в світі по показнику відношення об'єму зовнішньоторговельного обороту до ВВП, а це свідчить про те, що макроекономічний розвиток нашої країни прямо пропорційно залежить від стану її міжнародної торгівлі.

Експорт є важливою складовою економічного благополуччя країни, а для ефективної експортної діяльності необхідно мати налагоджену систему організації змішаних перевезень вантажів.

Визначено показники якості змішаних перевезень, що підлягають оптимізації – це показники збереження вантажів, показники своєчасності виконання перевезень, економічні показники.

Серед цих показників, цілеспрямовано та системно було обрано саме ті, що найбільшою мірою впливають на швидкість і терміни доставки вантажів і було поставлене завдання їх оптимізації за узагальнюючим критерієм мінімуму сумарних витрат і збитків, пов'язаних з доставкою вантажів, а також за частковими технологічними .

Таким чином, було сформульовано науково-практичну проблему необхідності удосконалення організації змішаних перевезень за рахунок оптимізації цих параметрів, визначених на підставі обґрунтованого вибору.

Розв'язання цієї проблеми, яку й стало кінцевою метою дослідження, потребувало постановки та вирішення конкретних завдань, які стали предметом окремих розділів роботи:

1. дослідити показники системи організації змішаних перевезень вантажів
2. обрати критерії оптимізації й оптимізувати визначені параметри системи організації змішаних перевезень вантажів;

В результаті вирішення поставлених завдань:

1. була розроблена система удосконалення технологічного процесу переробки контейнерів при перевезенні в змішаному повідомленні з урахуванням часу і витрат на їх переробку.

2. розроблена прогнозна модель на підставі якої можна прогнозувати вірогідність часу простою контейнера на складській площі; час простою контейнерів і сумарний час очікування в системі.

3. Запропонована і описана математична модель функціонування двохбункерної логістичної системи, що відноситься до класу моделей двустадійного серійного виробництва. З дослідження моделі виходить, що функціонування двох розподільних центрів у взаємозв'язку може бути організоване як по синхронній, так і по несинхронній стратегіях виробництва.

У результаті проведеної роботи дані рекомендації по удосконаленню організації змішаних перевезень і сформульований алгоритм рішення задачі багатокритерійного вибору раціонального маршруту змішаного перевезення вантажів, що дозволяє враховувати набір різних чинників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аветікян М.А. Високі технології перевізного процесу // Залізничний транспорт. – 2007. - № 11. – с. 73-77.
2. Болотний В.Я. Вдосконалення схем і технології роботи залізничних станцій: Навчань. допомога для вузів. - М.: Транспорт, 1986.- 280 с.
3. Бродецкий Г.Л. Моделювання логістичних систем. Оптимальні рішення в умовах ризику. – М.: Вершина, 2006. – 376 с.
4. Вінников В.В., Бикова Е.Д., Вінников С.В. Логістика на водному транспорті: Навчальний посібник для студентів і курсантів вищих учбових закладів водного транспорту. – Одеса: Фенікс, 2004. – 222 с.
5. Волгин В.В. Логістика приймання і відвантаження товарів: Практичне керівництво. – М.: Дашков і К, 2006. – 460 с.
6. Горстко А.Б., Угольницький Г.А. Введення в прикладний системний аналіз. – Ростов-н/дону: Книга, 1996. – 367 с.
7. Джонсон, Джеймс, Вуд, Дональд, Вордлоу, Деніел. Сучасна логістика, 7-е видання: Пер. з англ. – М. : Видавничий будинок «Вільямс», 2002. – 624 с.
8. Європа без меж у вантажних перевезеннях // залізниці миру. – 2002. - № 2. – с. 20-25.
9. Інтегрована логістика накопичувально-розподільних комплексів (склади, транспортні вузли, термінали): Навчань. Для транспортних вузів./Под загальною ред. Л.Б. Міротіна. – М.: Вид-во «Іспит», 2003. – 448 с.
10. Катренко А.В. Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації. – Львів: Новий світ, 2000. – 424 с.
11. Кучеренко П.Г., Зубков В.Н., Тімошек І.Н. Економічно вигідні поїзди // Залізничний транспорт. – 1998. - № 10. – с. 12-16.
12. Логістика в зовнішньоекономічній діяльності: Навчань. пособ./И.И. Кретов, К.В. Садченко. – 2-е видавництво, перероб., 2006. – 256 с.

13. Льовіков Г.А. Управління транспортно-логістичним бізнесом: Навчань. посіб. – М.: Рконсульт, 2004, - 114 с.
14. Міроненко В.К., Торопов Б.І. Основні положення сталого розвитку залізничного транспорту // Збірник наукових праць Київського університету економіки і технологій транспорту. Серія «Тр-транспортні системи і технології». – Віп. 5. – До., 2004. – с. 112-116.
15. Назаренко В.М., Назаренко К.С. Транспортне забезпечення зовнішньоекономічної діяльності. – М.: Центр економії і маркетингу, 2000-512 с.
16. Неруш Ю.М. Логістика в схемах і таблицях: Навчань. допомога. – М.: Проспект, 2006. – 192 с.
17. Николайчук В.Е. транспортно-складська логістика: учеб. посіб. – 2-е видавництво – М.: Дашков і До, 2007. – 452 с.
18. Николайчук В.Е. Транспортно-складська логістика: Навчальний посібник. – 2-е видавництво – М.: видавницько-торгова корпорація «Дашков і Ко», 2007. – 452с.
19. Основи логістики : Навчальний посібник / Під ред. Л.Б. Міротіна і В.І.Сергєєва. – М.: ИНФРА-М, 1999. – 200 с.
20. Пак В.В., Косенко Ю.Л. Віща математика: Підруч.– К.: Лібідь, 1996. – 440 з.
21. Перевезення вантажів (тенденції розвитку і шляху раціоналізації) /Под загальною ред. К.П. Ганкіна. – М.: «Транс», 2002, - 172 с.
22. Перевезення експортно-імпортних вантажів. Організація логістичних систем. 2-е видавництво доп. і перераб./Под ред. А.В.Киріченко - Спб.: Пітер, 2004. – 506 с.
23. Постан М.Я. економіко-математичні моделі змішаних перевозок/ переклад з польського/ Одеса, 2006. – 369 с.
24. Пряхин А.Д. Один з шляхів підвищення доходів // Залізничний транспорт. – 1998. - № 10. – с. 18-19.

25. Транспортна логістика: Навчань. для транспортних вузів./Під. загальною ред. Л.Б. Міротіна. – М.: Вид-во «Іспит», 2003. – 512 с.
26. Управління запасами в логістиці: методи, моделі, інформаційні технології: навчань. пособ./ М.Н. Грігорьев, А.П. Боргів, С.А. Уварів. – Спб.: Бізнес-преса, 2006. – 368 с.
27. Шишкин Д.Г., Шишкина Л.Н. Логістика на транспорті: Навчальний посібник для технікумів і коледжів залізничного транспорту. – М.: Маршрут, 2006. – 224 с.
28. Яновський П.О. Ефективність прискорення просування транзитних вантажів // Залізничний транспорт. – Україні. – 2007. - № 5. – с. 29-32.
29. Яновський П.О. Дослідження експлуатаційної надійності перевізного процесу // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2003. - № 4. – с. 53-57.