

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Інститут, факультет Інститут транспорту і логістики
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра кафедра залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних систем

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)
освітньо-кваліфікаційного рівня магістр
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

спеціальності 275 "Транспортні технології (транспортні системи)"
(шифр і назва спеціальності)

на тему **«Дослідження параметрів залізничної транспортної системи з метою прискорення доставки вантажів»**

Виконав: студент групи ТС-16зм

Рубан М.Ю.
(прізвище, та ініціали)

.....
(підпис)

Керівник к.т.н., доц. Кузьменко С.В.
(прізвище та ініціали)

.....
(підпис)

Завідувач кафедри д.т.н., проф. Горбунов М.І.
(прізвище та ініціали)

.....
(підпис)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

Поз	Найменування	Кіл.	Примітки
	<u>Документація</u>		
1.	MP.TC-16зм.015.T1 Мета та задачі дослідження	1	A1 ел, А4
2.	MP.TC-16зм.015.T2 Дерево цілей прискоренної доставки вантажів	1	A1 ел, А4
3.	MP.TC-16зм.015.T3 Взаємозв'язки параметрів залізничної транспортної системи	1	A1 ел, А4
4.	MP.TC-16зм.015.T4 Перешкоди сталому розвитку залізничного транспорту та їх причинно-наслідкові зв'язки	1	A1 ел, А4
5.	MP.TC-16зм.015.T5 Статистичний аналіз	1	A1 ел, А4
6.	MP.TC-16зм.015.T6 Кореляційне поле	1	A1 ел, А4
7.	MP.TC-16зм.015.T7 Розподіл сортувальних станцій за простором вагонів	1	A1 ел, А4
8.	MP.TC-16зм.015.T8 Розподіл сортувальних станцій за обсягом транзиту	1	A1 ел, А4
9.	MP.TC-16зм.015.T9 Пропозиції щодо режиму роботи станцій	1	A1 ел, А4
10.	MP.TC-16зм.015.T10 Моделі для оцінки показників роботи сортувальних станцій	1	A1 ел, А4
11.	MP.TC-16зм.015.T11 Висновки	1	A1 ел, А4
12.	MP.TC-16зм.015.ПЗ Пояснювальна записка	1	A4x127
		1	

MP.TC-16зм.015.ПЗ						
Зм.	Ліст	№ доким.	Підпис	Дат		
Розроб.	Рудан					
Перев.						
Керівн.	Кизьменко					
Н. контр.						
Затв.	Гординов					
Відомість роботи				Літ.	Ліст	Лістов
					3	1
				СНУ ім.В.Даля		

РЕФЕРАТ

Робота магістерська, 127 стор, 29 рис., 35 табл., 11 арк. креслень

В результаті проведених досліджень визначено системні взаємозв'язки і найбільш вагоми параметри ЗТС, що впливають на терміни доставки, збереження вантажів та перспективи сталого розвитку ЗТС.

Сформульовано технологічні і економічні критерії оптимізації визначених параметрів ЗТС доставки вантажів.

Створенно базову математичну модель прогнозу терміну доставки вантажів на конкретному маршруті перевезення, що враховує розміри транзитних вагонопотоків і особливості сортувальних станцій на шляху прямування вантажу, достовірність якої є достатньою для практичного застосування.

Опрацювана методика оптимізації кількості вагонів в складі поїзда, співвідношення маси та швидкості руху вантажних поїздів, чисельності парку транспортних засобів в залежності від коливання попиту на перевезення.

ЗАЛІЗНИЧНА ТРАНСПОРТНА СИСТЕМИ, ВАГОНОПОТОК,
ВАНТАЖНИЙ ПОЇЗД, ШВИДКІСТЬ ДОСТАВКИ, ОПТИМІЗАЦІЯ,
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ

					<i>МР.ТС-16зм.015.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>	<i>Реферат</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акцршів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Рибан</i>					4	1
<i>Перевір.</i>						<i>СНУ ім.В.Даля</i>		
<i>Керівн.</i>		<i>Кцзьменко</i>						
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затв.</i>		<i>Гордцнов</i>						

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. АНАЛІЗ СИСТЕМИ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ	11
1.1. Визначення основних параметрів залізничної транспортної системи	11
1.2. Аналіз кількісних і якісних показників перевезень вантажів залізничним транспортом	18
1.3. Аналіз досліджень і практичних заходів щодо вдосконалення параметрів функціонування залізничної транспортної системи з метою прискорення доставки вантажів.....	26
1.4. Висновки.....	32
2. ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ СОРТУВАЛЬНОЇ РОБОТИ І ВАГОНОПОТОКІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ.....	34
2.1. Дослідження взаємозалежностей кількісних і якісних показників системи організації переробки вагонопотоків на мережі залізниць.....	34
2.2. Дослідження показників використання вагонів на сортувальних станціях.....	40
2.3. Визначення залежності простою транзитного вагона з переробкою від розмірів транзитних вагонопотоків і інших параметрів сортувальних станцій	49
2.4. Висновки	50

3. ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ СОРТУВАЛЬНОЇ РОБОТИ І ВАГОНОПОТОКІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ.....	59
3.1. Оптимізація режиму роботи сортувальних станцій і систем.....	59
3.2. Оптимізація режиму тягового обслуговування перевезень вантажів	65
3.3 Оптимізація чисельності парку транспортних засобів в умовах коливання попиту на перевезення	82
3.4. Висновки.....	87
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	91
4.1. Охорона праці	91
4.1.1. Основні вимоги і положення охорони праці	92
4.1.2. Аналіз шкідливих і небезпечних чинників на транспорті ...	93
4.1.3. Проектні дослідження за розрахунком освітлення залізничної станції	99
4.1.3. Пожежна безпека	101
4.2. Безпека у надзвичайних ситуаціях	104
4.3. Висновки.....	110
ВИСНОВКИ	111
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	115

ВСТУП

Україна відноситься до числа найбільших залізничних держав світу. На євразійському просторі за обсягами залізничних перевезень наша країна поступається лише Китаю, Росії й Індії та випереджує будь-яку країну Європи. Залізниці України забезпечують 49% вантажообороту всіх видів транспорту, включно з трубопровідним (85% - без нього) та 43% пасажирообороту. Якщо порівняти ситуацію, яку маємо в Україні, з Центральною та Західною Європою, то там ці цифри складають 15-20 і менше відсотків, причому залізниці там, як правило, продовжують втрачати свою частку транспортного ринку.

Виконуючи значну частку внутрішньодержавних та експортно-імпортних перевезень, залізниці України є одночасно важливою ланкою забезпечення міжнародних транзитних перевезень, які складають майже 22% їх тарифного вантажообороту та ще більшу частку їх доходів. Показники навантаження, вивантаження, вантажообороту й інші кількісні показники роботи залізниць, що стрімко падали з 1991-го до 1998 року через відомі соціально-економічні проблеми держави, у 1999-2001 роках стабілізувалися, а згодом почалося й їх помірковане зростання. Здавалося б, такій динаміці розвитку вітчизняної залізничної транспортної системи (ЗТС), особливо в порівнянні з нашими західними сусідами, можна тільки радіти. Однак паралельно відбуваються й інші, негативні процеси, які несуть загрози нашому залізничному транспорту.

Старішає фізично та морально, зменшується через списання парк рухомого складу. Так, дефіцит вантажних вагонів складає 11 тисяч (перш за все – напіввагонів і нафтобензинових цистерн), пасажирських – 8,5 тис., а джерела фінансування покриття цього дефіциту вкрай обмежені. Зменшити дефіцит вагонів можна за рахунок прискорення їх обороту. Однак зменшення, в цілому, часу обороту вагона відбувається в умовах

різноспрямованої зміни його складових, а саме – з причин, на які залізниці не в силі ефективно вплинути, зростають простой вагонів під початково-кінцевими операціями (незважаючи на впровадження плати за користування вагонами), і це зростання залізниці змушені компенсувати прискоренням просування вагонопотоків по дільницях, скороченням простоїв вагонів на технічних станціях. Останні два резерви, що реалізувалися досі через організаційно-розпорядчі, дисциплінарні заходи, практично вичерпані. Про це свідчить те, що середня комерційна швидкість доставки вантажів від станцій відправлення до станцій призначення за останні роки практично не змінилася. Очевидно, за таких умов не може бути й мови про конкурентоспроможність залізничного транспорту, особливо зважаючи на те, що в Україні приблизно 70% залізничних шляхів сполучення мають паралельні автодороги, до того ж почалося спорудження автобанів, а автомобільні перевізники, на відміну від залізничників, мають можливість доставляти вантажі «від дверей до дверей», від складу вантажовідправника до складу вантажоодержувача, без громіздкої процедури планування перевезень.

Ще одна, глобального плану загроза залізничному транспорту України – надзвичайна його залежність від стану світових товарних і конкуруючих сусідніх транспортних ринків (Білоруська залізниця, румунський порт Констанца тощо). Наприклад, погіршення кон'юнктури цін на ринку чорних металів, нафтопродуктів, вугілля тощо може спричинити різке скорочення перевезень цих масових вантажів, і такі приклади ми вже маємо. Отже, прискорення та забезпечення точності доставки вантажів як основні складові культури транспортного обслуговування повинні стати пріоритетами розвитку залізничного транспорту України.

Актуальність теми дослідження.

Термін доставки вантажів – один з найважливіших показників якості транспортного обслуговування в залізничній транспортній системі (ЗТС).

Швидкість доставки вантажів безпосередньо впливає на такі показники та параметри ЗТС як потреба в робочому парку вагонів та експлуатаційному парку локомотивів, попит на перевезення вантажів залізничним транспортом, собівартість і фінансовий результат перевезень. Прискорення доставки вантажів (від нинішньої швидкості приблизно 170 км на добу або 5-7 км/год. – як у пішохода) потрібно досягати найбільш ресурсозберігаючими шляхами, використовуючи перш за все внутрішні організаційно-технологічні ресурси самої ЗТС.

У зв'язку з цим виникає необхідність пошуку згаданих шляхів прискорення доставки вантажів. Для цього необхідно, по-перше, за допомогою системного підходу виділити ті ключові елементи ЗТС, в яких існують найбільші проблеми з забезпеченням необхідних термінів доставки, а по-друге – оптимізувати, на основі апробованих наукових методів, ті параметри ЗТС, які найбільше впливають на терміни доставки.

Мета і задачі дослідження.

Мета роботи - удосконалення організації процесів і технології перевезень в залізничній транспортній системі (ЗТС) для прискорення доставки вантажів на основі системного підходу до вибору найважливіших параметрів ЗТС та створення економіко-математичних моделей їх оптимізації.

Для досягнення мети в роботі поставлені та вирішені такі основні задачі:

- визначення поняття ЗТС, достатнього рівня декомпозиції цієї системи та її параметрів, істотних для цілей дослідження;
- визначення взаємозв'язків і взаємного впливу кількісних та якісних параметрів (показників) функціонування ЗТС;
- аналіз динаміки визначених показників функціонування ЗТС;

- побудова економіко-математичних моделей для оптимізації визначених процесів і параметрів ЗТС, істотних для прискорення доставки вантажів;

- опрацювання конкретних технологій прискореної доставки вантажів.

Об'єкт дослідження – залізнична транспортна система (ЗТС) в частині, що стосується прискорення доставки вантажів.

Предмет дослідження – визначені параметри ЗТС, що відображають стан системи в цілому та окремих її елементів, функціонування яких є істотним для прискорення доставки вантажів.

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

1. АНАЛІЗ СИСТЕМИ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

1.1. Визначення основних параметрів залізничної транспортної системи

Застосовуючи до залізничної транспортної системи (ЗТС) доставки вантажів принципи системного підходу та системного аналізу [36, 49 та ін.], ЗТС можна визначити як складну соціально-економічну цілеспрямовану людино-машинну систему. Хоча поняття «складність» немає чіткого формального визначення, можна стверджувати, що будь-яка складна система характеризується наявністю певних атрибутів, до яких відносяться елементи, структура (в якій вони об'єднані в певній ієрархії чи без такої), функції (все те, що виконує система чи може виконувати згідно до свого призначення), цілі системи. Особливістю складних систем є те, що вони мають декілька цілей, причому при досягненні їх можуть виникати протиріччя. Наприклад, підвищення продуктивності праці, зменшення собівартості перевезень вимагає скорочення персоналу, закриття малодійових об'єктів залізничного транспорту, але це протирічить досягненню іншої цілі – збереженню соціальної стабільності як в ЗТС, так і в більш глобальній системі – в суспільстві. Тому при системному підході застосовується принцип остаточної (єдиної, генеральної, глобальної) мети, який означає, що в системі все повинно бути спрямоване на досягнення її призначення, досягнення глобальності мети. В даному дослідженні під призначенням ЗТС розуміється доставка вантажів від станцій відправлення до станцій призначення, а під її глобальною метою – прискорення доставки вантажів внаслідок оптимізації параметрів ЗТС. Досягнення глобальної мети забезпечується досягненням певних більш «локальних» цілей меншого масштабу, нижчого порядку. Цілі, в свою чергу, поділяють на ідеали (цілі, яких остаточно, повністю не можна досягти, але до яких система повинна прагнути), макроцілі та тактичні цілі.

Для ефективного планування, організації та контролю функціонування системи цілі повинні мати кількісний вимір. Для випадку досліджуваної ЗТС взаємозв'язки та ієрархія цілей показані на рисунку 1.1 (наведені відсотки прискорення доставки вантажів і зміни інших показників носять умовний характер). На кожному з рівней ієрархії «дерева цілей» тактичні цілі можуть мати різний зміст і різний характер взаємозв'язків між ними. Крім того, управління системою може мати різний ступінь впливу на досягнення тих чи інших цілей. Проілюструємо це на прикладі нижнього (першого) рівня. Очевидно, що між визначеними тактичними цілями №№ 1-4 існують наведені на рисунку зв'язки. При цьому управління системою (люди, які забезпечують доставку вантажів в ЗТС) має великий ступінь впливу на досягнення цілей № 2 та № 3, а через них – на досягнення цілі № 1, однак дуже обмежений – на досягнення цілі № 4 (оскільки фронти вивантаження знаходяться у віданні вантажоодержувачів). Якщо ж розглядати весь цикл доставки вантажу від відправника до одержувача, то можна було б у певних випадках поставити «ціль № 0 – покращення підготовки вантажів до перевезення, збільшення частки пакетованих вантажів на ...%». Однак її досягнення знаходиться взагалі поза межами впливу управління ЗТС. З наведеного прикладу випливає, що вибір кількості та змісту цілей і параметрів ЗТС повинен бути обґрунтованим, а саме, їх повинно бути мінімально достатньо та вони повинні бути максимально вагомими для досягнення глобальної мети – прискорення доставки вантажів. Щодо визначення цілей, то за допомогою побудови їх дерева на рисунку 1.1 і його аналізу попередньо визначено, що найбільший ступінь впливу ЗТС має на досягнення двох цілей – збільшення дільничної швидкості поїздів і скорочення простоїв вагонів на технічних станціях (сортувальних, з переробкою та без переробки і дільничних).

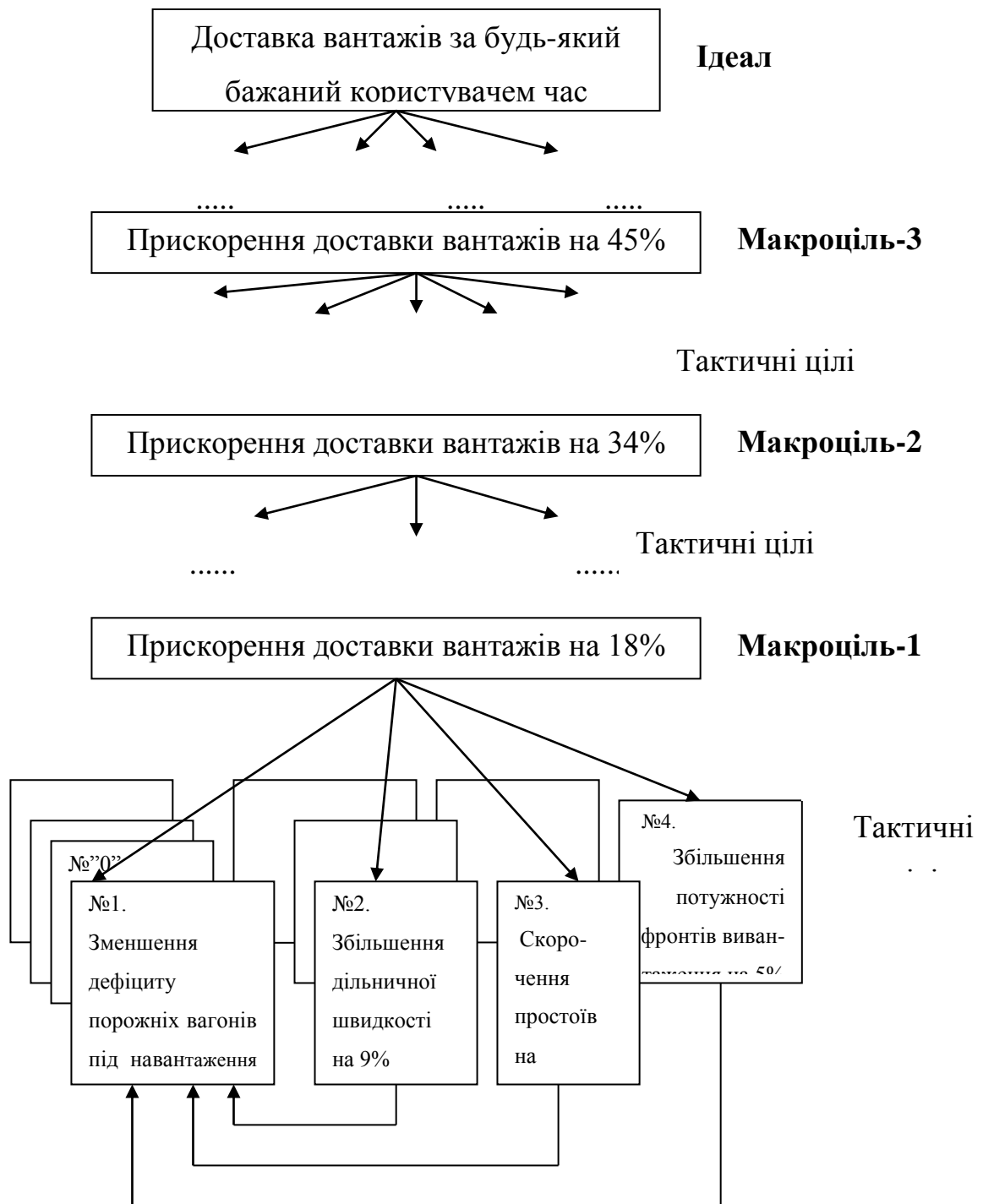


Рис. 1.1 Приклад побудови дерева цілей прискореної доставки вантажів в залізничній транспортній системі

Щодо вибору параметрів, що їх слід оптимізувати для прискорення доставки вантажів, то тут задача більш складна і масштабна.

Параметри (показники) характеризують стан функціонування елементів ЗТС, а їх кількість величезна - вагони, локомотиви, поїзди, станції, дільниці, що їх з'єднують тощо. Згідно з галузевою статистичною звітністю, робота залізничного транспорту характеризується майже 120 кількісними та якісними показниками. Очевидно, що таку систему та її параметри розглянути цілком неможливо та, напевне й не потрібно, якщо застосувати принцип декомпозиції, яка полягає в поділі системи на частини з метою зробити зручнішими певні операції з системою, в певному виправданому спрощенні системи.

Не підлягає сумніву, що ключовими елементами ЗТС в сенсі термінів доставки вантажів є технічні станції, на яких поїзди та вагони формуються, розформовуються, простоюють, а також дільниці (канали системи), по яких рухаються поїзди. Основними параметрами такої «спрощеної» ЗТС, до якої застосовано принцип декомпозиції, є складові терміну доставки вантажу – час знаходження вагона з вантажем у русі та простої вагонів з вантажами на технічних станціях. Значення цих параметрів є, в свою чергу, похідними від інших. Взаємозв'язки та взаємовпливи кількісних і якісних параметрів ЗТС, обґрунтування вибору тих параметрів, які є предметом оптимізації в даному дослідженні ілюструється за допомогою рисунку 1.2. З рисунку видно, що ключовим параметром, що впливає на всі інші параметри (швидкості руху, час у русі, простої на технічних станціях), від яких залежить термін доставки вантажів, є норма маси поїздів (або, що те ж саме, кількість вагонів в составі). Від нього, як вже було сказано, залежить перегонний час руху і найвагоміша складова простою транзитного вагона з переробкою на сортувальних станціях – простій під накопиченням состава.

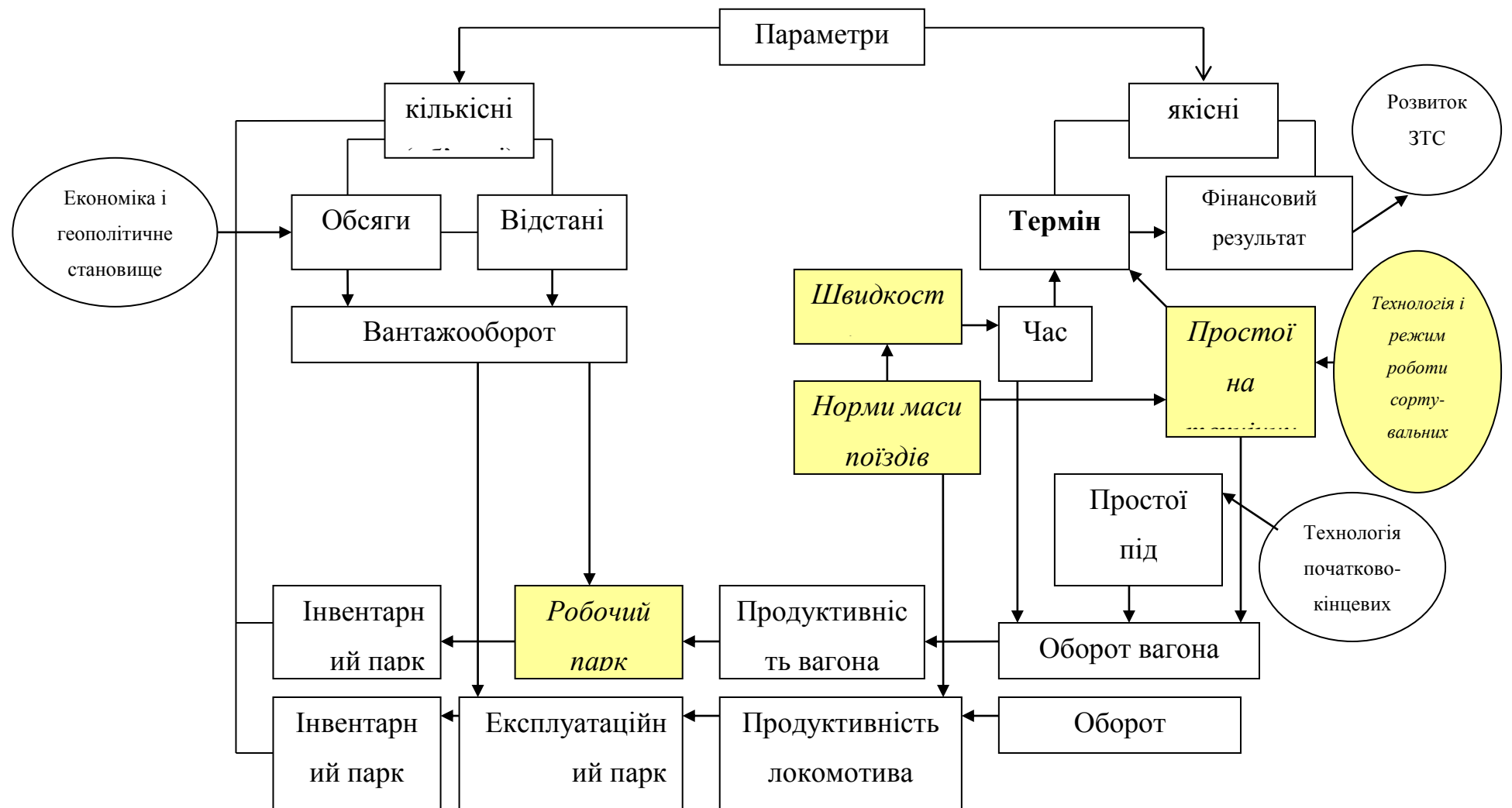


Рис. 1.2 Взаємозв'язки параметрів залізничної транспортної системи

З режимом роботи сортувальних станцій пов'язаний режим підведення до них поїздів в розформування – якщо він денний, то підведення поїздів доцільно організувати переважно у нічний час, що забезпечить максимальну роботу сортувальних систем і мінімальні енерговитрати на тягу поїздів. У свою чергу, час у русі та простої на технічних станціях визначають важливий якісний показник – оборот вагона, від якого залежить потреба в робочому, а отже й інвентарному парку вагонів, відповідні капітальні й експлуатаційні витрати. Якщо розглядати залізничний транспорт у цілому, а не тільки в рамках ЗТС, тоді термін доставки вантажів не є самоціллю. Він важливий тому, що від нього суттєво залежить фінансовий результат перевезень. Це можуть бути і додаткові доходи від прискорення обороту вагона, і штрафи та інші збитки від прострочення доставки вантажів. Фінансові ж результати діяльності залізничного транспорту визначають можливості майбутнього розвитку (або регресу) ЗТС. Цей розвиток повинен бути сталим.

Поняття «сталий розвиток» започатковано ООН в 1987 р. й означає гармонійний розвиток суспільства та природного середовища в інтересах нинішнього і майбутніх поколінь. Концепція сталого розвитку знайшла визнання в Україні [106], прокладає собі дорогу і на залізничному транспорті [74, 107]. Сталий розвиток залізничного транспорту – це таке соціально-економічне становище галузі (у відповідному соціальному, правовому і економічному полі держави), яке задовольняє потреби суспільства в перевезеннях з належною якістю і відповідними гарантіями та надає реальні стійкі можливості розвитку галузі в майбутньому [74]. В результаті аналізу слід визнати, що на сучасному етапі і в найближчому майбутньому існують численні перешкоди та загрози сталому розвитку залізничного транспорту, взаємозв'язки і взаємозумовленість яких показано на рисунку 1.3. Очевидно, що основною з таких перешкод є дефіцит фінансових ресурсів для розвитку.

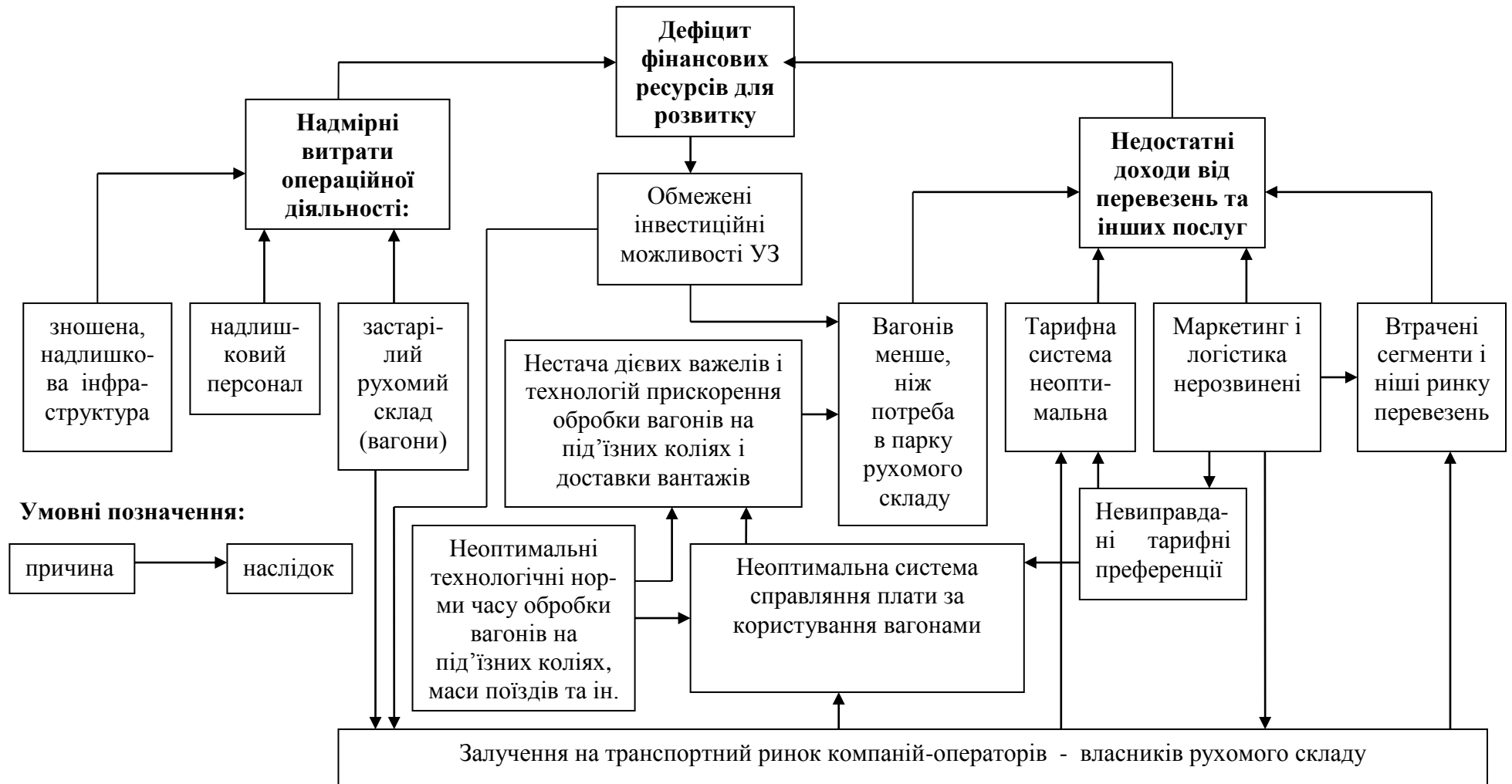


Рис. 1.3 Перешкоди сталому розвитку залізничного транспорту та їх причинно-наслідкові зв'язки

Як видно з рисунку 1.3, всі визначені нижче для оптимізації параметри так чи інакше відносяться до числа чинників, що сприяють сталому розвитку залізничного транспорту. Це режим роботи сортувальних станцій і систем; норма складу (маси) поїздів; співвідношення маси та швидкості поїздів; чисельність парку рухомого складу (з урахуванням попиту на перевезення).

1.2. Аналіз кількісних і якісних показників перевезень вантажів залізничним транспортом

Термін доставки вантажів – надзвичайно важливий показник якості транспортного обслуговування, який набуває все більшого значення для забезпечення конкурентоспроможності залізничного транспорту. Дослідження закономірностей виконання термінів доставки можливі двома методами, один з яких можна назвати прямим (аналіз даних дорожніх відомостей на виконанні перевезення та порівняння фактичних термінів доставки з нормативними, визначеними згідно з Правилами перевезень), другий – розрахунково-аналітичним. Слід відзначити важливі результати досліджень П.О. Яновського [120, 121], одержані прямим методом. Вони, в дещо видозміненому вигляді, наведені в таблиці 1.1 та на рисунку 1.4. Ці результати свідчать про те, що положення з виконанням нормативних термінів доставки (не кажучи вже про можливість запропонувати вантажовласникам договірні терміни) можна оцінити в цілому як незадовільне. Виключення становить хіба що транзитне сполучення. Це пояснюється, очевидно, тим що в ньому переважають маршрутизовані вагонопотоки масових вантажів (руда чорних металів, кам'яне вугілля, мінеральні добрива, нафтопродукти), які прямують без переробки на сортувальних станціях, тому й швидкість їх просування найбільша. Що стосується експортно-імпортних перевезень і внутрішньодержавного сполучення («Україна», таблиця 1.1), то тут можна зробити такі висновки.

Таблиця 1.1 Характеристики термінів доставки вагонних відправок

	Статистична ймовірність подій :									
	Доставка		Доставка з простроченням, діб.:							
	раніше строку	в строк	1	2	3	4	5	6	7	8
Транзит	0.818	0.06	0.038	0.024	0.046	0.014	0	0	0	0
Експорт	0.19	0.306	0.284	0.07	0.048	0.03	0.012	0.044	0.014	0.002
Імпорт	0	0.243	0.167	0.257	0.097	0.07	0.06	0.05	0.043	0.013
Україна	0.31	0.287	0.229	0.106	0.044	0.01	0.014	0	0	0

Статистична
ймовірність

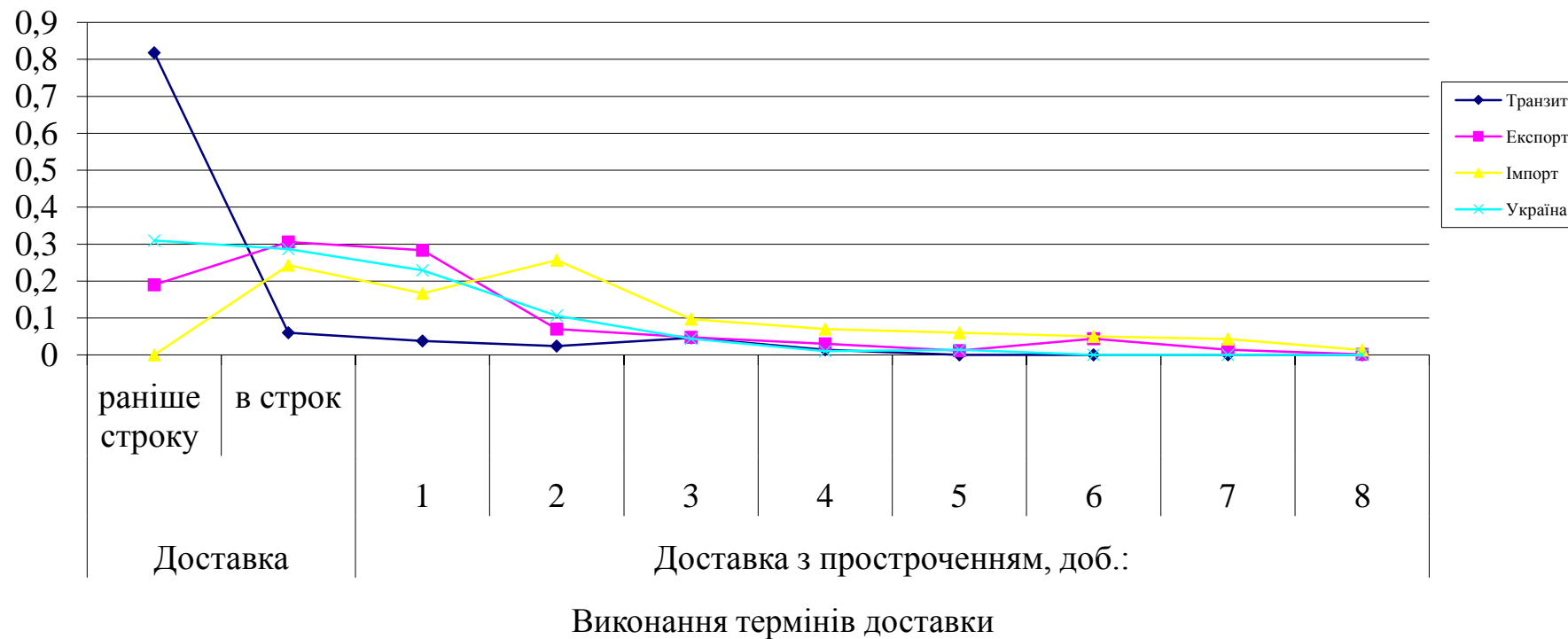


Рис. 1.4 Ймовірнісні характеристики термінів доставки вантажів

Приблизно 20% вантажів доставляється раніше нормативного строку, а це не завжди добре, оскільки основним принципом сучасної транспортної логістики є доставка «точно в строк». У середньому тільки 25% вантажів доставляються в строк, проте «точність» ця досить відносна, оскільки, згідно з Правилами перевезень вантажів термін доставки закінчується о 24-й годині останнього дня терміну доставки. Отже, у середньому більше половини вантажних відправок прибувають з простроченням від 1 до 8 діб, як це видно з таблиці 1.1. Відомо, що при простроченні доставки залізниця, у разі пред'явлення вантажоодержувачем претензії з цього приводу повертає йому частину одержаної перевізної плати (до 30% при простроченні 4 і більше діб), а у випадках, коли прострочення спричинило псування вантажу – відшкодовує його вартість. Поки що збитки Укрзалізниці, пов'язані з простроченням доставки вантажів не перевищують 10 млн грн на рік, але можна не сумніватися, що по мірі зростання як тарифів, так і вимог вантажовласників до якості транспортного обслуговування ці збитки зростатимуть.

Як вже було зазначено, в галузевій статистичній звітності не ведеться облік фактичних термінів і швидкостей доставки вантажів. Це змусило застосувати розрахунково-аналітичний метод, коли за відомими звітними даними (тарифний вантажооборот, відправлення вантажів, коефіцієнт порожнього пробігу до навантаженого, оборот вагона) розраховуються невідомі: повний рейс вагона, його середньодобовий пробіг (це й є фактична середня комерційна швидкість доставки у км/год.), термін доставки вантажу. Результати розрахунків наведені в таблиці 1.2 та на рисунку 1.5. З них добре видно пряму залежність між оборотом вагона та терміном доставки й обернену – між терміном і швидкістю доставки. Якщо порівняти величину розрахованого середньодобового пробігу з нормативною швидкістю доставки (наприклад, 200 км/доб. для вагонних відправок, то видно що при таких середньодобових пробігах є всі підстави для систематичних порушень нормативних строків доставки.

Таблиця 1.2 Оцінка термінів і швидкості доставки вантажів

Рік	Вантажоо- борот (та- рифний), млн т-км нетто	Відправ- лено ван- тажів, млн т	Середня відстань переве- зень ван- тажів, км	Коеф. порож- нього пробігу	Повний рейс, км	Оборот вагона, доб.	Серед- ньодобо- вий про- біг ваго- на, км/доб	Термін доставки вантажів, доб.	Швидкість доставки, км/год.
2004	246356	407.85	604.0	0.591	961.0	4.85	198.1	3.05	8.26
2005	200423	360.225	556.4	0.555	865.2	5.09	170.0	3.27	7.08
2006	195762	296.051	661.2	0.636	1081.8	5.78	187.2	3.53	7.80
2007	163384	293.524	556.6	0.655	921.2	7.17	128.5	4.33	5.35
2008	160433	286.322	560.3	0.676	939.1	9.11	103.1	5.44	4.30
2009	158693	284.244	558.3	0.685	940.7	8.93	105.3	5.30	4.39
2010	156336	295.933	528.3	0.679	887.0	7.21	123.0	4.29	5.13
2011	172840	313.097	552.0	0.685	930.2	5.92	157.1	3.51	6.55
2012	177465	330.188	537.5	0.684	905.1	5.6	161.6	3.33	6.73
2013	193141	363.365	531.5	0.66	882.3	5.2	169.7	3.13	7.07

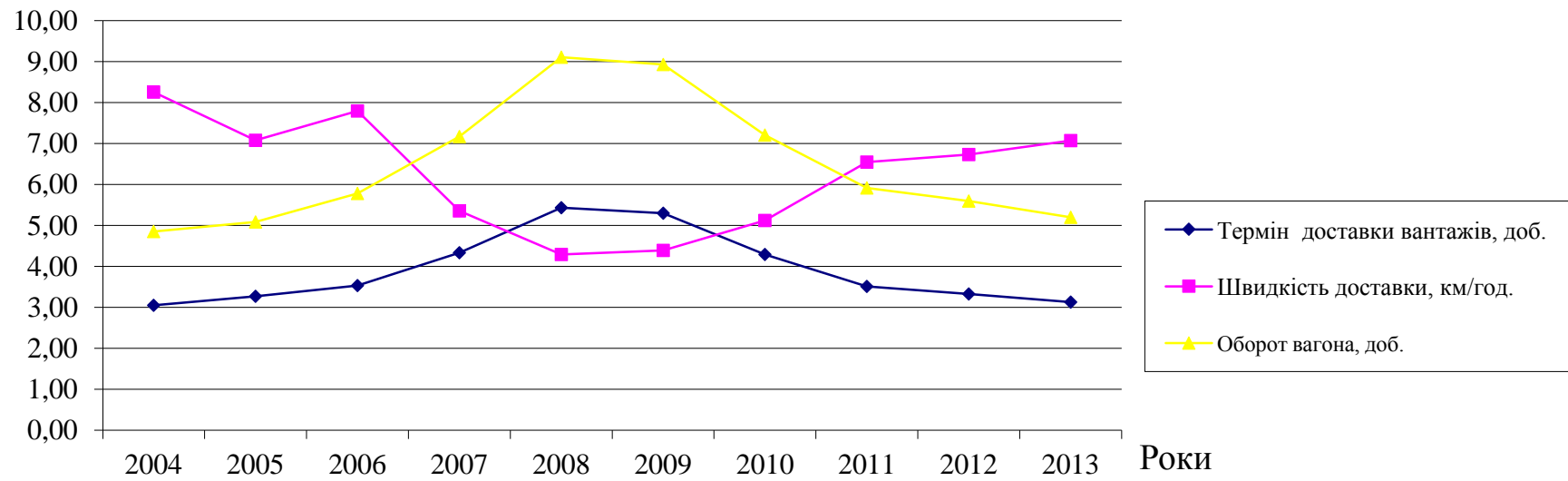


Рис. 1.5 Динаміка терміну та швидкості доставки вантажів і обороту вагона

Таблиця 1.3 Оцінка складових обороту вантажного вагона

Рік	Навантаження, ваг./доб.	Вивантаження, ваг./доб.	Робота, ваг./доб.	Коефіцієнт місцевої роботи	Простій під однією вантажною операцією, год.	Простої під вантажними операціями за оборот, год.	Дільнична швидкість, км/год.	Повний рейс, км	Час у русі, год.	Оборот вагона, год.	Складові обороту вагона, %		
											простої:		час у русі
											під вантажними операціями	на технічних станціях	
2004	18800	19371	21557	1.771	23.4	41.43	32.5	961	29.57	116.4	35.60	39.00	25.40
2005	16404	17410	19427	1.741	23.63	41.13	31.2	865.2	27.73	122.16	33.67	43.63	22.70
2006	13368	13863	15646	1.740	26.2	45.60	31.2	1081.7	34.67	138.72	32.87	42.14	24.99
2007	13103	13837	15270	1.764	37.73	66.56	31.6	921.2	29.15	172.08	38.68	44.38	16.94
2008	12696	13632	14838	1.774	49.22	87.33	32.4	939.1	28.98	218.64	39.94	46.80	13.26
2009	12514	13880	14757	1.789	48.97	87.59	32.1	940.7	29.31	214.32	40.87	45.46	13.67
2010	13113	14725	15870	1.754	42.12	73.88	32.4	887	27.38	173.04	42.70	41.48	15.82
2011	13851	15109	16525	1.752	35.37	61.99	33.9	930.1	27.44	142.08	43.63	37.06	19.31
2012	14553	16070	17673	1.733	32.45	56.23	34.5	905.2	26.24	134.4	41.84	38.64	19.52
2013	16140	18132	20056	1.709	30.06	51.37	34.8	882.3	25.35	124.8	41.16	38.53	20.32

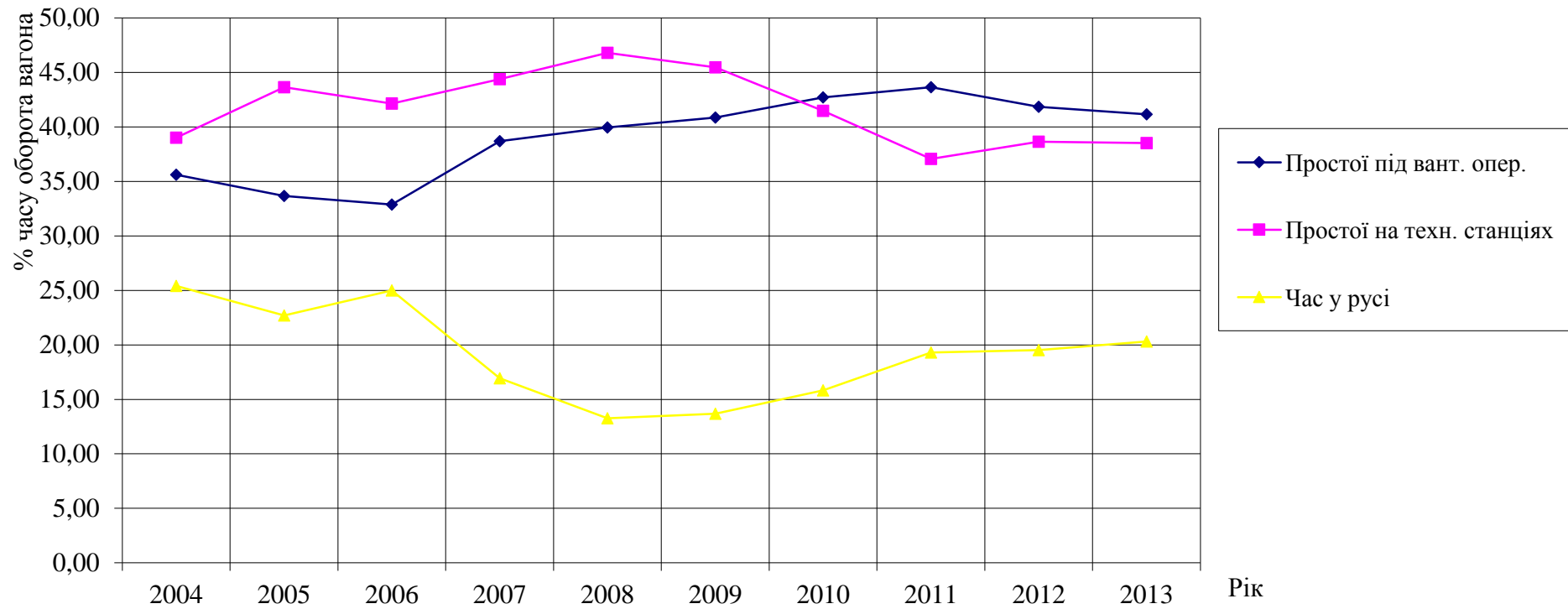


Рис. 1.6 Динаміка складових обороту вагона

З графи «Швидкість доставки, км/год.» таблиці 1.2 можна зробити висновок, що вантажі у нас доставляються зі швидкістю, що не набагато перевищує середню швидкість пішохода (5 км/год.).

Виявлення причин такого положення потребує аналізу, який виконано у таблиці 1.3 та на рисунку 1.6. При цьому також використано розрахунково-аналітичний метод. З наведених даних видно, що приблизно по 40% часу обороту вагона він знаходиться на вантажних і технічних станціях і лише 20% часу – у русі. Для порівняння слід зазначити, що в Росії, для якої характерні більші відстані перевезень, цей показник сягає 30 і більше відсотків.

Виконаний аналіз ще раз підтверджує обґрунтованість вибору шляху прискорення доставки вантажів за рахунок скорочення простоїв вагонів на технічних станціях і збільшення частки часу їх знаходження в русі, чого можна досягти завдяки оптимізації параметрів ЗТС, попередньо визначених у п. 1.1.

1.3. Аналіз досліджень і практичних заходів щодо вдосконалення параметрів функціонування залізничної транспортної системи з метою прискорення доставки вантажів

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

Розглядаючи проблему прискорення доставки вантажів в ЗТС, слід і самі дослідження систематизувати. На наш погляд, систематизація повинна бути такою, яка наведена на рисунку 1.7. В ній на чільне місце, знову ж таки, поставлена глобальна мета – прискорення доставки вантажів в ЗТС, яке забезпечується певною системою заходів і відповідних їм досліджень.

Терміни доставки вантажів, їх виконання та скорочення завжди були проблемами, що в більшій чи меншій мірі турбували залізничників, а ще більше – вантажовласників, перш за все вантажоодержувачів, експедиторів та інших суб'єктів транспортного ринку.

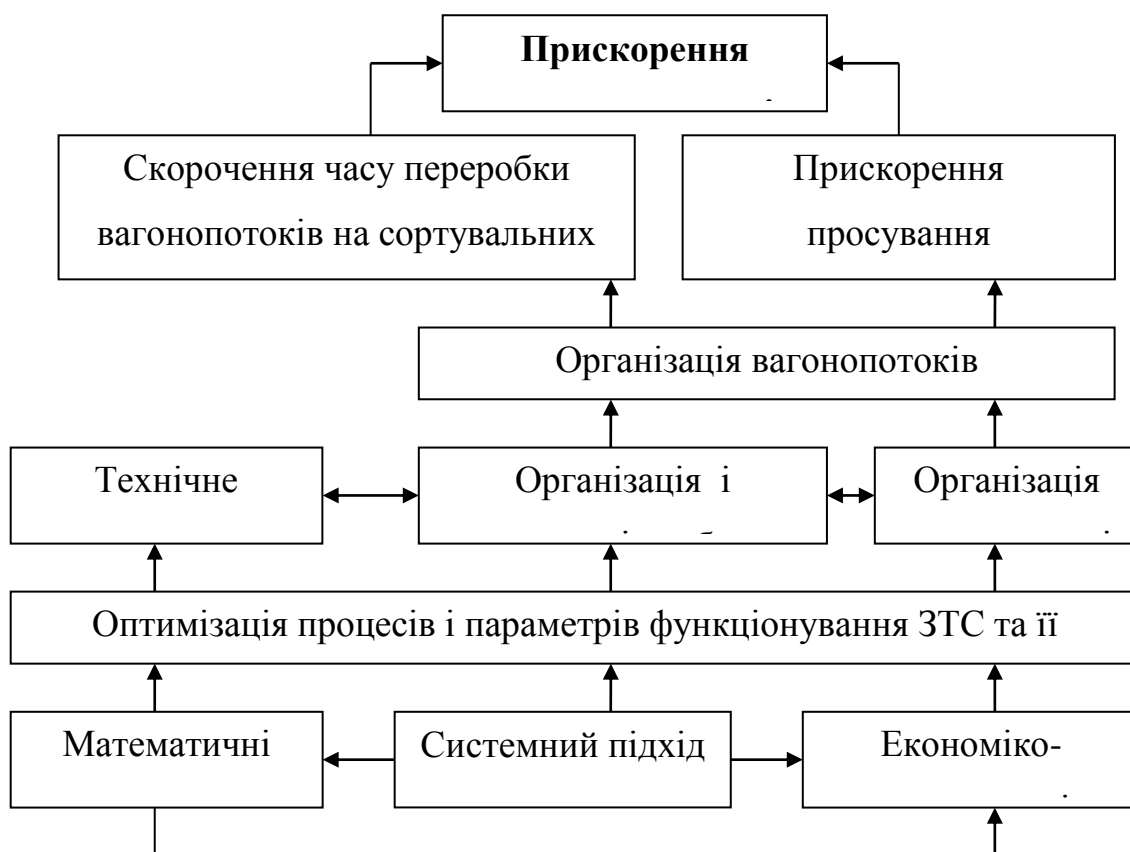


Рис. 1.7 Система науково-дослідного забезпечення задачі прискорення доставки вантажів в залізничній транспортній системі

Спеціалісти та вчені залізничного транспорту, основні школи яких в галузі транспортних систем і організації їх роботи сформувалися і діють в Росії, Україні та Білорусі, завжди відчували, намагалися відповідно описати та використати системні зв'язки між технічними, технологічними, організаційними, навіть економічними параметрами елементів і підсистем ЗТС, їх сукупний вплив на стан і результати функціонування системи. В межах сучасної України, головним чином у вищих навчальних закладах залізничного транспорту в Дніпропетровську, Харкові, Києві відповідні дослідження почали інтенсивно розвиватися з кінця 1940-х років і представлені роботами докторів технічних наук, професорів Долаберидзе О.М., Шафіта Є.М., Нагорного Є.В., Котенка А.М., Жуковицького І.В., Соболева Ю.В., Бабаєва М.М., Бобровського В.І., Бутько Т.О., Самсонкіна В.М., Мироненка В.К. та ін., кандидатів технічних наук, доцентів Шиша В.О., Берестова І.В., Запари В.М., Ломотька Д.В., Левицького І.Ю., Топчієва М.П. та ін. Російські наукові школи того ж періоду у відповідних напрямках представлені іменами докторів технічних наук, професорів Угрюмова А.К., Кудрявцева В.О., Тертерова М.М., Сміхова А.О., Сотникова Є.О., Єфименка Ю.Ю., Персіанова В.А., Тішкіна Є.М. та ін. Внесок білоруської школи представлений роботами докторів технічних наук, професорів Негрея В.Я., Грунтова П.С.

Слід зазначити, що в більшості робіт у цих та інших вчених і спеціалістів переважну увагу приділено технічній компоненті проблеми, а саме, автоматизації окремих процесів, вдосконаленню технічного оснащення окремих систем сортувальних станцій, їх конструкцій та колійного розвитку.

Спеціалісти одностайні в тому, що сортувальні станції є ключовими елементами ЗТС, від якості функціонування яких безпосередньо залежить термін доставки вантажів, а опосередковано – їх схоронність. Тому багато робіт присвячено різним аспектам технології роботи сортувальних станцій у взаємодії з дільницями, їх ролі в організації вагонопотоків на мережі залізниць, математичному моделюванню цих процесів.

Незважаючи на те, що перевізний процес на залізничному транспорті жорстко регламентується графіком руху, планом формування поїздів, йому все ж таки органічно притаманна нерівномірність, що було встановлено ще А.К. Угрюмовим [114] та залишається незаперечним фактом і тепер [112]. Ця нерівномірність є одним з основних, якщо не основним чинником, що впливає на терміни доставки вантажів. Одним з її пояснень є те, що між згаданими графіком і планом існує протиріччя – якщо перший вимагає, щоб поїзди відправлялися точно у визначений час (і тоді ніякої нерівномірності не було б), то другий визначає норми кількості вагонів в составах поїздів, що формуються сортувальними станціями. Накопичення составів до цих норм, особливо при слабких, нерівномірних вагонопотоках, потребує додаткового часу, подовжує термін доставки, робить його непередбачуваним. Тому спеціалісти відзначають, що оптимізація нормативів плану формування поїздів, зокрема составу (маси) поїзда, графіку руху поїздів (з урахуванням можливостей сучасних інформаційних технологій), вдосконалення управління вагонопотоками, у т.ч. впровадження адаптивного управління, є важливими напрямками вирішення проблем, що мають залізниці (а з ними – й вантажовласники) з термінами доставки вантажів. На думку багатьох спеціалістів, підхід до встановлення норми составу поїзда (а можливо, її доцільність) слід переглянути. Так, російськими спеціалістами за допомогою аналізу звітних даних і математичного моделювання встановлено [61], що при кількості навантажених вагонів у составі поїзда 40 і більше починають швидко зростати витрати, пов'язані з накопиченням составу та, особливо, зі штрафами за прострочення доставки вантажів. Виконані розрахунки показали доцільність формування комбінованих поїздів із 35-40 навантажених і 30-35 порожніх вагонів. Формування поїздів з 50-70 навантажених вагонів приводить до збільшення прямих витрат у 1,2 – 3 рази через штрафи за прострочення доставки вантажів. В результаті дослідження зроблено основний висновок про те, що найбільший вплив на експлуатаційні витрати залізниць в сучасних

умовах має простій навантажених вагонів під накопиченням. Тому є всі підстави ставити питання про відхід від фіксованих маси та довжини поїзда [119], і якщо це актуально для Росії з її більш потужними вагонопотоками та більш міцним становищем залізниць на транспортному ринку, то тим більш актуальне для України.

Транспортний ринок, в який все глибше «занурюються» залізниці, ставить жорсткі умови до якості транспортного обслуговування. Цьому надзвичайно актуальному питанню приділяється чимало уваги. Одним з показників якості транспортного обслуговування є кількість видів транспортних послуг, які залізниці можуть запропонувати споживачам. Якщо робити оцінку за цим показником, то картина виявляється невтішною. Як і 100 років тому, залізниця може запропонувати перевезення маршрутними, груповими, вагонними відправками, проте втратила ринок перевезень дрібними відправками (через відсутність відповідного вантажопотоку, який зараз освоюється автотранспортом). Натомість з 1950-х років почали бурхливо розвиватися контейнерні перевезення у середньовагових, а згодом у великовагових контейнерах, але в першій половині 1990-х вони зазнали катастрофічного спаду і лише зараз почалося їх відродження (переважно у великовагових контейнерах). На зламі XX і XXI століть почалися спочатку дослідні, а потім регулярні (поїзди «Вікінг», «Ярослав») контрейлерні автомобільно-залізничні перевезення. Цим двом надзвичайно ефективним технологіям приділялося і приділяється достатньо уваги. Однак відомо, що ці дві технології успішно розвиваються там, де для цього є не тільки технологічні, а й сприятливі законодавчі та економічні умови. Вочевидь, останні у нас поки що відсутні, чим і пояснюються незначні обсяги контейнерних і контрейлерних перевезень залізницями України. Є й інші, так звані «високі» технології перевізного процесу, аналіз яких, виконаний М.А. Аветикяном [3], доцільно у короткому викладенні навести тут. Цей аналіз показує, що у всьому світі високі технології перевезень на залізничному

транспорті є безперевантажувальними, безпереробочними і безвагонними технологіями. Основу безперевантажувальної технології становить технологічна маршрутизація. Технологічна маршрутизація – це частина перевізної роботи залізниць, повністю інтегрована з процесом виробництва товарів, видобуванні сировини, їх використання. Одночасно це можливість підвищення ваги поїздів. У розвинених країнах рівень технологічної маршрутизації на початок 1990-х років досяг 85%, а на рубежі століть – 100%. Технологічними маршрутами охоплюються вже не тільки масові вантажі, але й значна частка розпорошених потоків. У США програма технологічної маршрутизації перевезень вугілля, руди, зерна була визнана національною та створювалось за участю уряду і Конгресу.

Безперевантажувальна технологія дозволяє ліквідувати всі проміжні операції з вантажем, вантажним вагоном і на 25-30% знижує собівартість перевезень. Ефективність безперевантажувальної технології перевезень масових вантажів настільки велика, що за 2-3 роки окуплюється спорудження автоматизованих (або повністю автоматичних систем) навантаження та вивантаження, у тому числі без розчеплення вагонів (потрібні спеціальні вагони з поворотними автозчепленнями).

Безпереробочна технологія полягає в ліквідації багатогодинних простоїв вагонів на попутних технічних станціях під розформуванням, накопиченням (особливо) і формуванням составів. Звідси дуже висока ефективність заміни переформування составів на сортувальних станціях поїздами прямого призначення у міжміському сполученні.

Безвагонні технології передбачають заміну у „безвагонних” поїздах звичайних залізничних вагонів роудрейлерами – „гібридом” вантажного вагона й автомобіля для перевезення контейнерів „від дверей до дверей”, повз термінали, спорудження яких потребує величезних капітальних вкладень. У США парк роудрейлерів складає 2000 одиниць, у Німеччині – 180 одиниць.

Взагалі, впровадження роудрейлерів йде повільно через великі початкові інвестиції.

Порівнюючи викладене з умовами, які маємо в Україні, можна зробити наступні висновки. Безперевантажувальні технології, широке впровадження яких, очевидно, потребує двох передумов, а саме якісного інформаційного забезпечення, інтегрованості інформаційних систем залізниць та їх користувачів і створення спеціальних вантажних комплексів та рухомого складу, що потребує відповідних інвестицій, є для України досить віддаленою перспективою. Широке впровадження безвагонних роудрейлерних технологій, через їх дороговизну, не під силу навіть США та Німеччині, тим більше воно неможливе у нас. Залишаються, як реальна для України перспектива прискорення доставки вантажів, безпереробочні технології, які, однак, потребуватимуть для їх впровадження серйозних змін у підходах до організації перевезень, а саме: створення мереж маршрутів поїздів змінної маси, що рухаються за твердим розкладом, «нічних експресів», ([44], [72], [96]), змін в організації місцевої роботи тощо.

1.4. Висновки

В результаті виконаного в цьому розділі аналізу можна зробити наступні висновки та поставити відповідні задачі досліджень.

1. ЗТС є складною соціально-економічною цілеспрямованою людино-машинною системою. Призначенням ЗТС є доставка вантажів від станцій відправлення до станцій призначення, а її глобальною метою – прискорення доставки вантажів внаслідок оптимізації параметрів ЗТС. Необхідність прискорення доставки вантажів підтверджується дослідженням фактичних термінів і швидкостей доставки вантажів, порівнянням їх з нормативними.

2. Параметри ЗТС, що підлягають оптимізації – состав (маса) поїздів, що визначає прості вагонів під накопиченням; режим роботи сортувальних

систем і станцій (цілодобовий, денний), режим підведення до них поїздів, що визначають прості вагонів і енерговитрати на тягу поїздів; співвідношення маси та швидкості поїздів. Оптимізовані параметри повинні забезпечувати скорочення часу знаходження вагонів на сортувальних станціях і на ділянках в русі та, як наслідок, прискорення доставки вантажів.

3. Аналіз досліджень і практичних заходів щодо прискорення доставки вантажів показав, по-перше, обґрунтованість вибору зазначених вище параметрів; по-друге, що дослідженню та оптимізації (за тими чи іншими критеріями) кожного з цих параметрів окремо присвячені наукові роботи і приділялася увага спеціалістів залізничного транспорту; по-третє, аналіз показав необхідність розгляду системного взаємозв'язку та впливу зазначених параметрів на терміни доставки вантажів, чому недостатньо приділялося уваги в попередніх дослідженнях, що й зумовлює необхідність, актуальність і новизну даної роботи та її мету – забезпечення прискорення доставки вантажів шляхом оптимізації обраних параметрів ЗТС.

2. ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ СОРТУВАЛЬНОЇ РОБОТИ І ВАГОНОПОТОКІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

2.1. Дослідження взаємозалежностей кількісних і якісних показників системи організації переробки вагонопотоків на мережі залізниць

В системі організації переробки вагонопотоків основними елементами є сортувальні станції, основними кількісними показниками їх роботи є транзитні вагонопотоки з переробкою і без переробки, а основними якісними показниками - простої на сортувальних станціях транзитних вагонів з переробкою і без переробки. На протязі більш ніж десятирічної еволюції, як було зазначено, відбулося спочатку погіршення, потім стабілізація і, нарешті, почалося покращення цих показників. Зважаючи на те, що у ході досліджень був одержаний значний обсяг даних, що відображають динаміку цих показників як у часі (за роками спостережень), так і у просторі (на різних сортувальних станціях і залізничних мережах), була висунута гіпотеза, дуже приваблива в теоретичному відношенні та дуже багатообіцяюча в практичному застосуванні - про залежність між кількісними та якісними показниками роботи сортувальних станцій як основних елементів організації вагонопотоків, визначальних в сенсі термінів доставки вантажів і їх прискорення. Дійсно, якщо така залежність існує (а саме – що більшим є транзитний вагонопотік, що переробляється станцією або прямує через неї без переробки, то меншими є відповідні простої вагонів, принаймні транзитних з переробкою, для яких скорочується час накопичення), тоді таку залежність можна використовувати для формування відповідної математичної моделі прогнозу простоїв вагонів на попутних станціях в залежності від перероблюваного ними вагонопотоку, а отже, для прогнозування та оптимізації термінів доставки вантажів.

Для аналізу з метою виявлення таких залежностей використано звітні дані про переробку вагонів та їх простої на 36 сортувальних станціях мережі залізниць України. За базовий прийнято 1991 рік, з яким порівнюються звітні дані 2011, 2012 та 2013 років. Першим результатом аналізу стало наведене у таблиці 2.1 “кореляційне поле”, метою використання якого є встановлення наявності або відсутності кореляційної залежності простою транзитного вагона з переробкою $t_{\text{ПЕР}}$ (основний якісний показник сортувальної станції) від середньодобового транзита вагонів з переробкою $U_{\text{ПЕР}}$ (основний кількісний показник).

Для цілей кореляційного аналізу весь інтервал спостережень ($t_{\text{ПЕР}} = 5,8 \div 22,9$ год., $U_{\text{ПЕР}} = 160 \div 6127$ ваг./доб.) розбито на дев'ять рівномірних інтервалів. Аналіз, виконаний за допомогою таблиці 2.1 показує, що тісної однозначної залежності $t_{\text{ПЕР}}$ від $U_{\text{ПЕР}}$ немає. Однак можна говорити про наявність певних тенденцій зміни одного показника при зміні іншого та про досить значну дисперсію значень $t_{\text{ПЕР}}$ в залежності від $U_{\text{ПЕР}}$. Це зумовлюється, поза сумнівом, особливостями колійного розвитку, технічного оснащення та технології роботи конкретних сортувальних станцій. З таблиці 2.1 видно (навіть з розташування зі значним розсіянням позначок, що відповідають значенням показників різних років), що про достатньо тісну кореляцію між простоями транзитного вагона з переробкою та потужністю транзитного вагонопотоку з переробкою можна говорити лише з застереженнями. У всякому разі, можна припустити, що така залежність може бути багатофакторною, причому, не завжди фактори можуть мати кількісний вимір, наприклад, у якості фактору може виступати технологія, у т.ч. режим роботи сортувальної станції чи системи сортувальної станції.

У таблиці 2.2 представлені результати обробки даних, наведених у “кореляційному полі” таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 “Кореляційне поле” залежності простою транзитного вагона з переробкою від середньодобового транзиту з переробкою

$t_{\text{ПЕР}}$, ГОД.	$U_{\text{ПЕР}}$, ваг./доб.									$\bar{t}_{\text{ПЕР}}$, ГОД.
	160 ÷ 823	824 ÷ 1486	1487 ÷ 2149	2150 ÷ 2812	2813 ÷ 3475	3476 ÷ 4138	4139 ÷ 4801	4802 ÷ 5464	5465 ÷ 6127	
5,8 ÷ 7,7		••••	•	••				••	•	6,75
7,8 ÷ 9,6	••	• ++	••••• × +	•••••	••			•	••	8,65
9,7 ÷ 11,5	++	• ××	••••	•	•			•		10,5 5
11,6 ÷ 13,4	× ++++	• × ++++	 + +	× +						12,4 5
13,5 ÷ 15,3	×××× +++++ +	+++	×	+						14,3 5
15,4 ÷ 17,2	• ××× ++++	× +	×							16,2 5
17,3 ÷ 19,1	××× +	×× +								18,1 5
19,2 ÷ 21,0	××× +	×	+		+					20,0 5
21,1 ÷ 22,9	×××××× +		×		×					21,9 5
$\bar{U}_{\text{ПЕР}}$, ваг./доб.	492	1155	1818	2481	3144	380 7	447 0	513 3	579 6	-

Позначення: • - 1991 рік; × - 2012 рік; + - 2013 рік; $\bar{U}_{\text{ПЕР}}$, $\bar{t}_{\text{ПЕР}}$ - середні для відповідного інтервалу значення $U_{\text{ПЕР}}$ та $t_{\text{ПЕР}}$

Таблиця 2.2 Середні прості вагона з переробкою по Укрзалізниці в залежності від середньодобового транзиту з переробкою та розподіл кількості станцій за середньодобовим транзитом з переробкою*

Середн ьодобов ий транзит з перероб -кою, ваг.	160 ÷ 823 (492)	824 ÷ 1486 (1155)	1487 ÷ 2149 (1818)	2150 ÷ 2812 (2481)	2813 ÷ 3475 (3144)	3476 ÷ 4138 (3807)	4139 ÷ 4801 (4470)	4802 ÷ 5464 (5133)	5465 ÷ 6127 (5796)	
Р і к	199	3	6	9	8	3	-	-	4	3
	1	11,18	8,65	9,07	8,41	9,28	-	-	8,19	8,02
	201	22	7	5	1	1	-	-	0	0
	2	18,58	15,44	14,35	12,45	21,95	-	-	-	-
201	3	19	10	4	2	1	-	-	0	0
	3	14,55	13,40	12,93	13,40	20,05	-	-	-	-
У середнь о-му, год.	16,34	12,78	11,39	9,69	13,97	-	-	8,19	8,02	

*Примітка: у лівому верхньому куті кожної клітинки таблиці вказано кількість сортувальних станцій, для яких величина середньодобового транзиту з переробкою потрапляє у відповідні інтервали.

В тілі таблиці наведені середньозважені за кількістю спостережень у таблиці 2.1 значення простою транзитного вагона з переробкою $t_{\text{ПЕР}}$, год., що відповідають середнім значенням величини $\bar{U}_{\text{ПЕР}}$ (показані в дужках) відповідного інтервалу.

Аналіз даних таблиці 2.2 дозволяє зробити такі висновки.

Транзит вагонів з переробкою на основних 36 сортувальних станціях скоротився з 1991 по 2012 рік у середньому на 64%, а простій транзитного з переробкою збільшився на 30÷116%, причому більші значення спостерігаються для станцій з більшим середньодобовим транзитом з переробкою. Таким чином, залежність, що аналізувалася у таблицях 2.1 та 2.2, потребує подальшого вивчення.

До деякої міри у 1991 році, а особливо виразно у 2012 та 2013 роках проявляється тенденція неоднозначної зміни $\bar{t}_{\text{ПЕР}}$ в залежності від $\bar{U}_{\text{ПЕР}}$ - спочатку простої знижуються, а потім починають зростати, як це показано за даними таблиці 2.2.

Згадана тенденція неоднозначної зміни потребує обережного, зваженого підходу та недопущення надмірної концентрації сортувальної роботи, адже при цьому збільшується середньодобовий транзит з переробкою на меншій кількості станцій, а це, не виключено, приведе до зростання простою транзитного вагона з переробкою через зростання коефіцієнту завантаження сортувальних систем.

Для подальшого аналізу вагонопотоків слід провести класифікацію сортувальних станцій мережі в залежності від середньодобового транзиту з переробкою та інших показників. Зручною та водночас близькою до інтервалів, що було застосовано у таблицях 2.1 та 2.2, буде така градація інтервалів середньодобового транзиту з переробкою, вагонів за добу:

Транзит з переробкою	Кількість станцій (2013 р.)
до 500	10
501 ÷ 1000	13
1001 ÷ 1500	6
1501 ÷ 2000	3
2001 ÷ 2500	3
2501 ÷ 3000	-
3001 ÷ 3500	1
Всього станцій	36

Слід відзначити, що порівняно з 2000 роком п'ять станцій, через збільшення транзиту з переробкою, перейшли до інтервалу з більшими величинами вагонопотоку, і лише одна – до інтервалу з меншими величинами.

Аналіз даних про транзит з переробкою, простої транзитного вагона з переробкою та співвідношення цих показників для 36 сортувальних станцій мережі за 2000 та 2001 роки показав, знов-таки, неоднозначний характер залежності між показниками, що аналізуються ($t_{\text{ПЕР}}$ в залежності $U_{\text{ПЕР}}$). Тільки у 30% випадків для 10 станцій першої групи ($U_{\text{ПЕР}}=0 \div 500$ ваг./доб.) при збільшенні транзиту з переробкою зменшується простий транзитного з переробкою (у співвідношенні: +1% збільшення транзиту спричиняє – 3,1% зменшення простою).

Для тринадцяти станцій другої групи ($U_{\text{ПЕР}} = 501 \div 1000$ ваг./доб.) у 54% випадків це співвідношення у середньому складає +1% і –2%.

Для шести станцій третьої групи ($U_{\text{ПЕР}}=1001 \div 1500$ ваг./доб.) у 83% випадків - +1% і –1,2%.

Для трьох станцій четвертої групи (1501 ÷ 2000 ваг./доб.) у 67% випадків - +1% і –2,9%.

Для трьох станцій п'ятої групи (2001 ÷ 2500 ваг./доб.) у 100% випадків - +1% і –0,8%.

Для єдиної станції п'ятої групи (3001 і більше ваг./доб.) - +1% і –2%.

Узагальнюючи цей аналіз, можна зробити висновок, що у середньому для сортувальних станцій збільшення середньодобового транзиту з переробкою на 1% приводить до зменшення простою транзитного вагона з переробкою на 2%, проте ця залежність є дуже орієнтовною та потребує додаткового дослідження з урахуванням інших чинників.

2.2. Дослідження показників використання вагонів на сортувальних станціях

Узагальнюючим якісним показником використання рухомого складу на мережі, полігоні чи підрозділі залізниць є оборот вантажного вагона.

У 2013 році порівняно з відповідним періодом 2012 року (перше півріччя) прискорився як загальний оборот вагона (більш ніж на 10 годин або 7,4%), так і дещо покращилася його структура. Зокрема, у русі вагон знаходився 15,5 % часу обороту проти 14,6% у 2012 році. Тривалість простоїв на технічних станціях скоротилася більш ніж на 3 години, однак у структурі обороту їх частка збільшилася з 40,5 % до 41,3 %. Така тенденція збереглася й надалі. Тому слід і далі розглядати скорочення простоїв вагонів на технічних станціях, особливо на сортувальних станціях з переробкою, як найважливіший резерв вдосконалення експлуатаційної роботи залізниць.

Основними якісними показниками використання вагонів на сортувальних станціях є простій транзитних вагонів з переробкою t_{II} та без переробки $t_{БИ}$. Їх аналіз виконано в таблицях 2.3 та 2.4.

Ці показники, цілком природньо, дуже відрізняються для станцій в залежності від перероблюваного транзитного вагонопотоку, колійного розвитку та інших чинників. Зокрема, простій транзитного вагона з переробкою у 2013 році коливався від 8,4 год. (ст. Одеса - Сортувальна) до 22,9 год. (ст. Стрий), а середньозважене за обсягами переробки значення цього показника для 36-ти найважливіших станцій залізниць склало 14,08 год.

Простій транзитного вагона без переробки у 2001 році коливався від 0,8 год. (ст. Фастів) до 9,8 год. (ст. Роздільна) при середньозваженому для мережі 2,67 год.

Гістограми розподілу випадкових величин простоїв наведено на рисунках 2.1 та 2.2. Вид гістограм розподілу випадкових величин простоїв вагонів t на сортувальних станціях мережі дозволяє висунути припущення, що ці величини підлягають логарифмічно нормальному закону розподілу зі щільністю розподілу

$$f(t) = \frac{\lg e}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\left(\frac{\lg t - a}{2\sigma}\right)^2}, \quad (2.1)$$

де t - значення випадкової величини простою;

a - математичне очікування випадкової величини t ;

σ - середньоквадратичне відхилення випадкової величини t від її математичного очікування a .

Таблиця 2.3 Розподіл сортувальних станцій за простоем транзитного вагона з переробкою

i	Простій транзитного вагона з переробкою, t_{Pi} , год.	Середня точка інтервалу, t_{Pi}^*	Кількість станцій, N_i	Частість, P_i
1	8,0 ÷ 10,0	9	3	0,0833
2	10,0 ÷ 12,0	11	6	0,1667
3	12,1 ÷ 14,0	13	11	0,3056
4	14,1 ÷ 16,0	15	7	0,1944
5	16,1 ÷ 18,0	17	4	0,1111
6	18,1 ÷ 20,0	19	3	0,0833
7	20,1 ÷ 22,0	21	1	0,0278
8	22,1 ÷ 24,0	23	1	0,0278
Всього			36	1,0000

Таблиця 2.4 Розподіл сортувальних станцій за простим транзитного вагона без переробки

i	Простий транзитного вагона без переробки, $t_{БПi}$, год.	Середня точка інтервалу, $t_{БПi}^*$	Кількість станцій, N_i	Частість, P_i
1	2	3	4	5
1	0,00 ÷ 1,25	0,625	2	0,0571
2	1,26 ÷ 2,5	1,875	10	0,2857
3	2,51 ÷ 3,75	3,125	13	0,3714
4	3,76 ÷ 5,0	4,375	6	0,1714
5	5,01 ÷ 6,25	5,625	2	0,0571
6	6,26 ÷ 7,5	6,875	1	0,0571
7	7,51 ÷ 8,75	8,125	-	-
8	8,76 ÷ 10,00	9,375	1	0,0286
Всього			35	1,0000

Визначення параметрів розподілів за формулами (2.1) та (2.2) при необхідності здійснюється за допомогою методів теорії ймовірностей і математичної статистики [87 та ін.].

Логічно припустити наявність певних залежностей між кількісними (переробка вагонів) і якісними показниками (простий вагонів) роботи сортувальних станцій. З метою пошуку таких залежностей виконано аналіз розподілу сортувальних станцій за обсягом середньодобового транзитного вагонопотоку з переробкою $U_{П}$ та без переробки $U_{БП}$ (див. таблиці 2.5 та 2.6).

Результати аналізу наведено на рисунках 2.3 та 2.4. Як видно з цих рисунків, вид гістограм розподілу обсягів $U_{П}$ і $U_{БП}$ не має спільного характеру з гістограмами розподілу величини простоїв вагонів на рисунках 2.1 та 2.2.

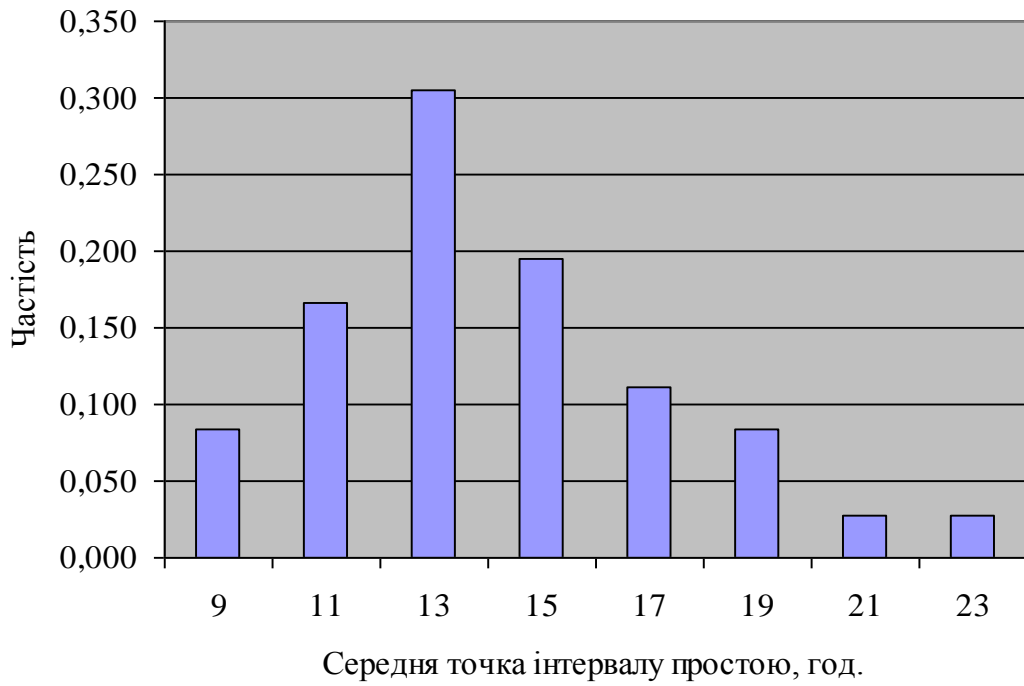


Рис. 2.1 Гістограма розподілу сортувальних станцій за простоем транзитного вагона з переробкою

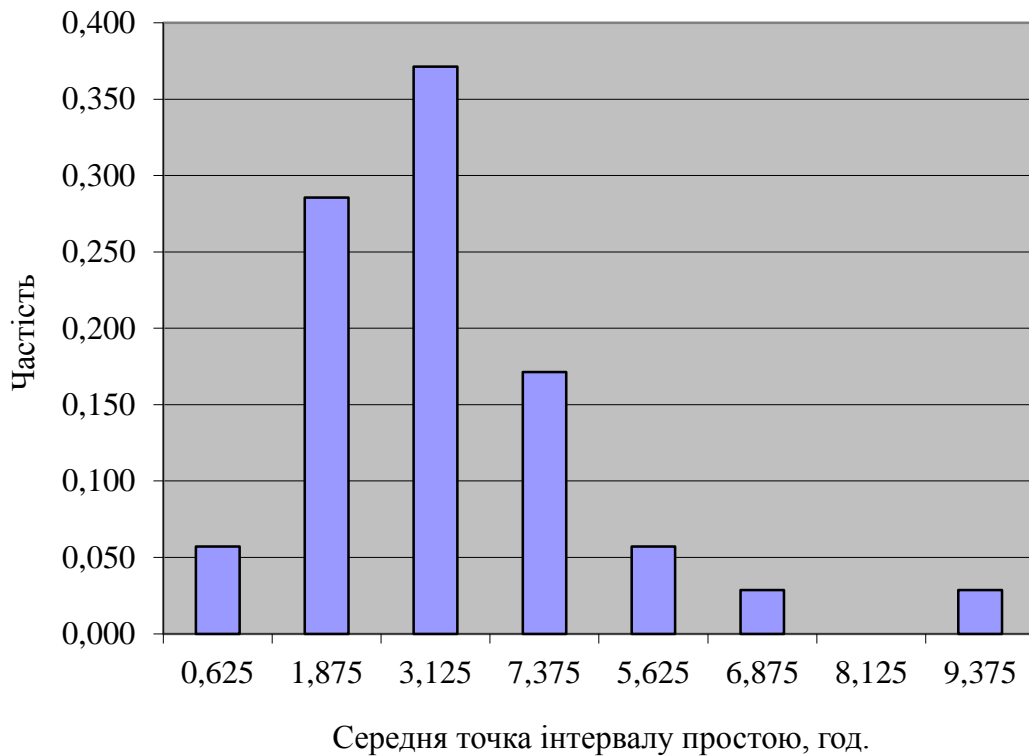


Рис. 2.2 - Гістограма розподілу сортувальних станцій за простоем транзитного вагона без переробки

Таблиця 2.5 Розподіл сортувальних станцій за обсягом середньодобового транзиту з переробкою U_{Π}

i	Транзит з переробкою, U_{Π} , ваг./доб	Середня точка ін. інтервалу, U_{Π}^*	Кількість станцій, N_i	Частість, P_i
1	100 ÷ 500	300	10	0,2778
2	501 ÷ 900	700	10	0,2778
3	901 ÷ 1300	1100	9	0,2504
4	1301 ÷ 1700	1500	2	0,0556
5	1701 ÷ 2100	1900	1	0,0278
6	2101 ÷ 2500	2300	3	0,0828
7	2501 ÷ 2900	2700	-	-
8	2901 ÷ 3300	3100	1	0,0278
Всього			36	1,0000

Таблиця 2.6 Розподіл сортувальних станцій за обсягом середньодобового транзиту без переробки $U_{БП}$.

i	Транзит з переробкою, $U_{БП}$, ваг./доб.	Середня точка інтервалу, $U_{ПБ}^*$	Кількість станцій, N_i	Частість, P_i
1	0 ÷ 360	180	11	0,3143
2	361 ÷ 720	540	9	0,2571
3	721 ÷ 1080	900	6	0,1714
4	1080 ÷ 1440	1260	4	0,1143
5	1441 ÷ 1800	1620	-	-
6	1801 ÷ 2160	1980	-	-
7	2161 ÷ 2520	2340	1	0,0286
8	2521 ÷ 2880	2700	3	0,0857
9	≥ 2881	4664	1	0,0286
Всього			35	1,0000

З цього можна зробити висновок про практичну відсутність прямого впливу обсягів транзитного вагонопотоку як з переробкою, так і без переробки на відповідні прості транзитних вагонів на сортувальних станціях. Ще один висновок, який можна зробити та навести як доказ необхідності оптимізації розподілу сортувальної роботи на мережі - на залізницях України переважають середні та малі сортувальні станції з обсягами транзитного вагонопотоку ($U_{\Pi} = 500 \div 900$ ваг./доб. і $U_{БП} = 360 \div 720$ ваг./доб.).

З метою подальшого дослідження наявності чи відсутності залежностей між кількісними та якісними показниками у таблиці 2.7 та на рисунку 2.5 виконано аналіз розподілу сортувальних станцій за часткою транзиту з переробкою ΔU_{Π} у загальному транзитному вагонопотоці:

$$\Delta U_{\Pi} = \frac{U_{\Pi}}{U_{БП} + U_{\Pi}} = \frac{1}{\frac{U_{БП}}{U_{\Pi}} + 1} \quad (2.2)$$

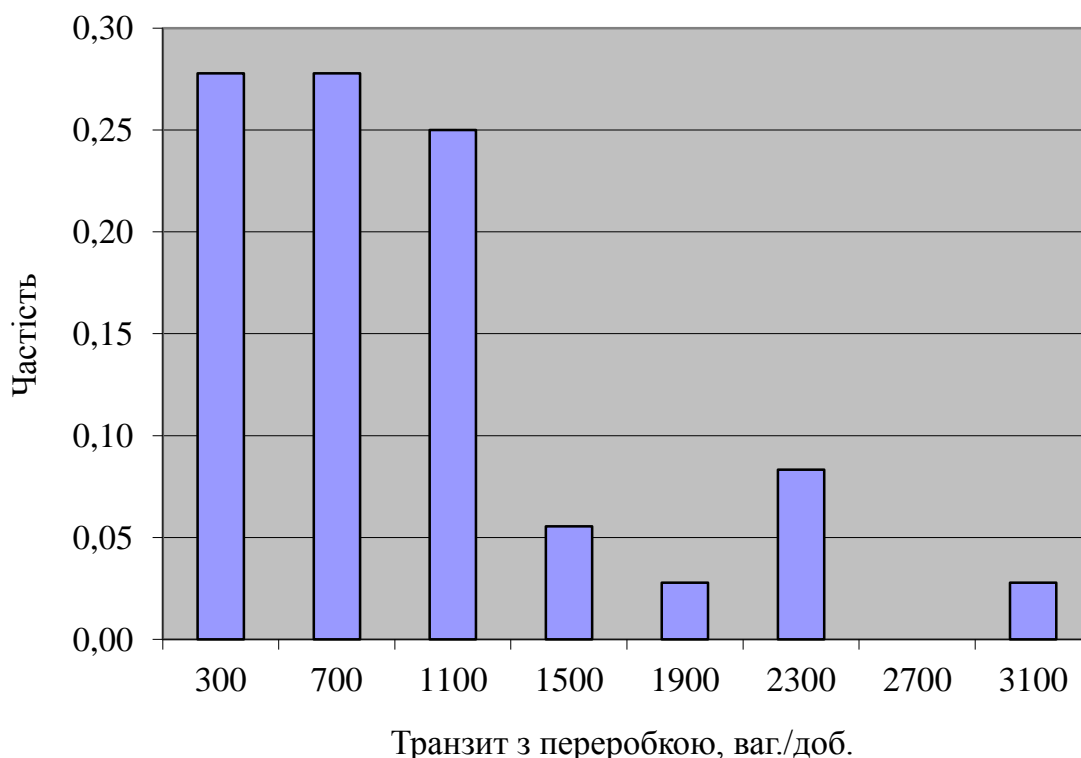


Рис. 2.3 Гістограма розподілу сортувальних станцій за обсягом середньодобового транзиту з переробкою

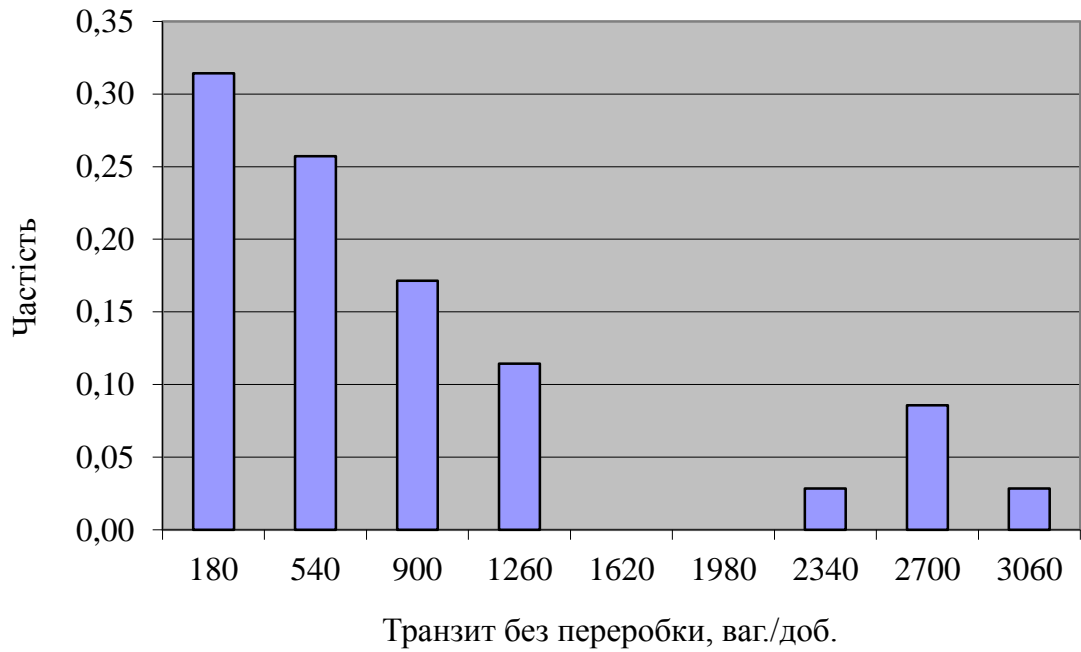


Рис. 2.4 Гістограма розподілу сортувальних станцій за обсягом середньодобового транзиту без переробки

Таблиця 2.7 Розподіл сортувальних станцій за часткою транзиту з переробкою у загальному транзитному вагонопотоці

i	Частка транзиту з переробкою, ΔU_{II}	Середня точка інтервалу, U_{II}^*	Кількість станцій, N_i	Частість, P_i
1	0,1 ÷ 0,20	0,15	3	0,0833
2	0,21 ÷ 0,30	0,25	2	0,0556
3	0,31 ÷ 0,40	0,35	3	0,0833
4	0,41 ÷ 0,50	0,45	5	0,1389
5	0,51 ÷ 0,60	0,55	3	0,0833
6	0,61 ÷ 0,70	0,65	10	0,2778
7	0,71 ÷ 0,80	0,75	7	0,1944
8	0,81 ÷ 0,90	0,85	1	0,0278
9	0,91 ÷ 1,00	0,95	2	0,0556
Всього			36	

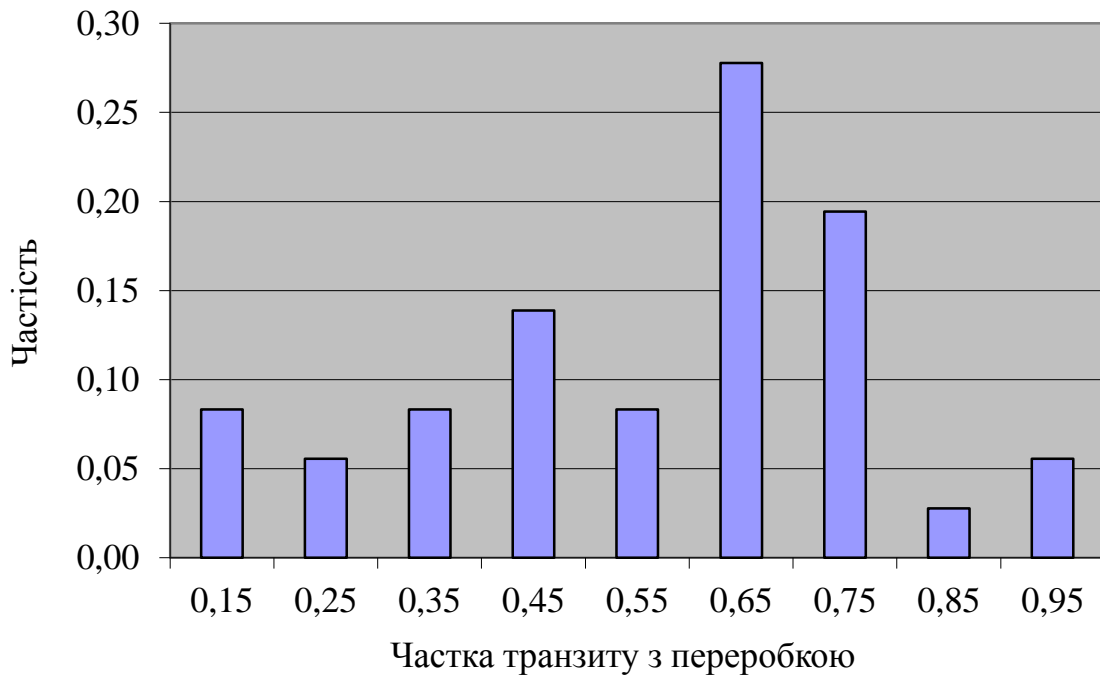


Рис. 2.5 Гістограма розподілу сортувальних станцій за часткою транзиту з переробкою у загальному транзитному вагонопотоці

З таблиці 2.7 та з рисунку 2.5, побудованого за її даними, якщо порівняти їх з таблицями 2.3 та 2.4, рисунками 2.1 та 2.2, видно, що на перший погляд, будь-який істотний вплив частки транзиту з переробкою на прості транзитних вагонів з переробкою та без переробки практично відсутній. З іншого боку, порівнюючи ці рисунки, можна все ж таки зауважити певну „обернену” закономірність – у лівій половині шкали абсцис низьким значенням частки транзиту з переробкою ΔU_{Π} , ніби-то „розмитим” з невеликими щільностями ймовірності ($P_i = 0,0556 \div 0,1389$) між ймовірностями $U_{\Pi} = 0,1 \div 0,6$, яким відповідають найбільш ймовірні величини простоїв на рисунках 2.1 та 2.2. Завершує аналіз показників використання рухомого складу на сортувальних станціях таблиця 2.8.

У графі 8 цієї таблиці розраховано узагальнюючий для економіки експлуатаційної роботи залізниць показник - економію робочого парку вагонів.

Таблиця 2.8 Визначення показників використання рухомого складу на сортувальних станціях

Назва сортувальних станцій	± Зміни 2013 р. до 2012 р.				Зменшення (-) або збільшення (+) робочого парку вагонів		
	Транзит, ваг./доб.		Простий транзитного вагона, год		з переробкою $\Delta n_{П}^P$	без переробки и $\Delta n_{БП}^P$	Разом Δn_P
	з переробкою $\Delta U_{П}$	без переробки $\Delta U_{БП}$	з переробкою $\Delta t_{П}$	без переробки $\Delta t_{БП}$			
Дебальцеве	217	68	-1,04	-0,28	-9,4	-0,79	-10,2
Красний Лиман	26,4	-2364	-00,15	-0,13	-0,17	1,43	1,27
Волноваха	-62	456	-0,72	-0,2	1,86	-3,8	-1,94
Іловайськ	19	-358	-0,71	-0,34	-0,56	5,07	4,51
Ясинувата	462	228	-1,5	-0,1	-28,88	-0,95	-29,83
Красноармійськ	28,1	524	-1,08	-0,1	-1,26	2,18	-3,45
Нижньодніпр.Вузол	118	2054	-0,69	-0,12	-3,39	-10,27	-13,66
Запоріжжя Ліве	1237	118	-0,66	-0,07	-34,02	-0,34	-34,36
Джанкой	-100	-97	-0,52	-0,32	2,17	1,29	3,46
Кривий Ріг	15	0	-1,15	0	-0,72	0	-0,72
Основа	235	122	-0,88	-0,52	-8,62	-2,64	-11,26
Полтава	-143	548	-1,19	-0,31	7,09	-7,08	0,01
Кременчук	282	325	-0,98	-0,11	-11,52	-1,49	-13,00
Куп'янськ – Сорт.	241	-272	-1,33	-0,4	-13,36	4,53	-8,82
Лозова	-129	-89	-0,563	-0,2	3,03	0,74	3,77
Харків – Сорт.	29	206	-1,28	-1,94	-1,55	-16,65	-18,20
Дарниця	99	-357	-1,86	-0,18	-7,67	2,68	-5,0
Фастів	-87	-18	-0,67	-0,03	2,43	0,02	2,45
Козятин	145	-170	-0,5	-0,07	-30,2	0,5	-2,53
Шепетівка	42	-313	-1,25	-0,18	-2,19	2,35	0,16
Одеса – Застава 1	231	-39	-0,58	-0,42	-5,58	0,68	-4,9
Знам'янка	68	439	-0,76	-0,1	-2,15	-1,83	-3,98
Миколаїв	8	164,7	-1,13	-0,37	-0,38	-2,54	-2,92
Львів	-131	-80	-0,28	-0,23	1,53	0,77	2,3
Клепарів	134	-142	-1,029	-0,32	-5,75	1,89	-3,85
Здолбунів	155	-175	-0,78	-0,22	-5,04	1,6	-3,43
Ковель	-40	-9	-1,39	-0,2	2,32	0,08	2,39
Сарни	24	-92	-2,12	-0,58	-2,12	2,22	0,1
Стрий	92	105	-1,17	-0,72	-4,49	-3,15	-7,64

2.3. Визначення залежності простою транзитного вагона з переробкою від розмірів транзитних вагонопотоків і інших параметрів сортувальних станцій

У п. 2.1 після виконаних досліджень було висловлено припущення, що на величину простою транзитного вагона з переробкою впливає не тільки розмір відповідного вагонопотока, а й інші чинники. В подальших дослідженнях до їх числа було віднесено:

m - кількість вагонів у складі поїзда;

U_{Π} - середньодобовий транзитний вагонопотік з переробкою, ваг./доб.;

$U_{БП}$ - те ж, без переробки, ваг./доб.;

$K_{\Pi\Phi\Pi}$ - кількість призначень плану формування поїздів даної сортувальної станції;

$K_{\Pi X}$ - кількість підходів до сортувальної станції;

$t_{\text{ПЕР}}^{\Phi}$, $t_{\text{БП}}^{\Phi}$ - фактичні (за звітом) простої транзитного вагона з переробкою і без переробки у попередньому періоді.

З урахуванням цих чинників емпіричним шляхом було підібрано залежність, яка дозволяє прогнозувати для конкретної сортувальної станції величину простою транзитного вагона з переробкою $t_{\text{ПЕР}}^{\text{ПР}}$:

$$t_{\text{ПЕР}}^{\text{ПР}} = \left[t_{\text{БП}}^{\Phi} + \frac{24m(U_{\Pi}K_{\Pi\Phi\Pi} + U_{\text{БП}}K_{\Pi X})}{U_{\Pi}(U_{\Pi} + U_{\text{БП}})} \right] K_{\text{КОР}} \quad (2.4)$$

Корегувальний коефіцієнт $K_{\text{КОР}}$, що входить до формули (2.5), визначається за допомогою тих же параметрів за формулою:

$$K_{\text{КОР}} = \frac{(t_{\Pi}^{\Phi} - t_{\text{БП}}^{\Phi})(U_{\Pi} + U_{\text{БП}})U_{\Pi}}{24m(U_{\Pi}K_{\Pi\Phi\Pi} + U_{\text{БП}}K_{\Pi X})} \quad (2.5)$$

Результати розрахунків за формулами (2.4) та (2.5) наведені у таблицях 2.9 – 2.14 для всіх сортувальних станцій і залізниць України та відображені на рисунку 2.6. Аналізуючи одержані результати, можна констатувати наступне.

Якщо прийняти достатньою для інженерних цілей точність розрахунків 20%, то прогноз не задовольняє такій точності тільки для трьох станцій (Харків-Сортувальний, Роздільна, Сарни), причому помітно, що всі три станції мали дуже незначний, «нетиповий» для більшості сортувальних станцій транзитний вагонопотік з переробкою. Якщо ж прийняти достатньою точність прогнозу 10%, то й у цьому випадку необхідна точність прогнозу забезпечується для 2/3 станцій (для 23-х з 36-ти). Якщо ж оцінювати достовірність прогнозу не відхиленням прогнозу від факту (звіту) по кожній станції, а середнім відсотком відхилення по залізницях, тоді можна стверджувати, що точність прогнозу простою транзитного вагона з переробкою за формулами (2.5) та (2.6) вельми висока – відхилення не перевищує - 7% для Південної залізниці та знаходиться в межах від -1,4% до +2,1% для інших залізниць. Отже, запропоновану математичну модель можна використовувати як базову для прогнозу й оптимізації простоїв транзитного вагона з переробкою та термінів доставки вантажів на конкретному маршруті. Опрацювання більш точних, порівняно з базовою, моделей прогнозу терміну доставки вантажу потребує окремих досліджень та врахування додаткових чинників.

2.4. Висновки

1. Виконаний аналіз кількісних та якісних показників системи організації сортувальної роботи і вагонопотоків на залізницях України мав на меті встановлення залежностей основного якісного показника роботи сортувальних станцій – простою транзитного вагона з переробкою і без переробки від середньодобових вагонопотоків з переробкою і без переробки, що дозволило б прогнозувати простої вагонів на станціях, а отже прогнозувати і терміни доставки вантажів.

Таблиця 2.9 Прогноз простоїв транзитного вагона з переробкою для сортувальних станцій Донецької залізниці

Станція	Простій без переробки, год.	Состав поїзда, ваг.	Транзит з переробкою, ваг./доб.	Кількість призначень ПФП	Транзит без переробки, ваг./доб.	Кількість підходів до станції	Прогноз простою з переробкою, год.	Звіт простою з переробкою, год.	% відхилення прогнозу від звіту	Корегувальний коефіцієнт
Дебальцеве	3.40	58	2303	19	662	5	14.09	13.8	2.1	1.08
Красний Лиман	2.80	58	1770	13	881	3	8.75	9.2	-4.8	0.84
Волноваха	2.00	58	1027	11	1115	3	13.98	13.5	3.6	1.24
Іловайськ	4.70	58	963	11	584	4	11.67	13.1	-10.9	0.70
Ясинувата	1.40	58	3255	31	1717	5	21.25	19.9	6.8	1.96
Красноармійськ	1.50	58	684	9	4664	5	15.19	14.9	2.0	1.19
Микитівка	2.60	58	385	10	157	4	8.37	10.3	-18.7	0.26
По залізниці	1.99		10387	19.21	9780	4.33			0.5	1.26

Таблиця 2.10 Прогноз простоїв транзитного вагона з переробкою для сортувальних станцій Придніпровської залізниці

Станція	Простій без переробки, год.	Состав поїзда, ваг.	Транзит з переробкою, ваг./доб.	Кількість призначень ПФП	Транзит без переробки, ваг./доб.	Кількість підходів до станції	Прогноз простою з переробкою, год.	Звіт простою з переробкою, год.	% відхилення прогнозу від звіту	Корегувальний коефіцієнт
Н.-Дн/ськ-Вузол	2.30	57	2462	17	2448	4	12.96	11.6	11.7	1.59
Запоріжжя-Ліве	1.90	57	908	9	358	4	12.13	12.3	-1.4	0.91
Джанкой	3.00	57	904	12	298	4	7.67	9.4	-18.4	0.42
Кривий Ріг-Сорт.	0.00	57	829	12	0	3	20.00	20	0.0	1.01
По залізниці	2.32		5103	13.88	3104	3.84			2.1	1.26

Таблиця 2.11 Прогноз простоїв транзитного вагона з переробкою для сортувальних станцій Південної залізниці

Станція	Простій без переробки, год.	Состав поїзда, ваг.	Транзит з переробкою, ваг./доб.	Кількість призначень ПФП	Транзит без переробки, ваг./доб.	Кількість підходів до станції	Прогноз простою з переробкою, год.	Звіт простою з переробкою, год.	% відхилення прогнозу від звіту	Корегувальний коефіцієнт
Основа	4.20	57	1219	17	501	4	12.83	14.2	-9.6	0.67
Полтава	2.70	57	566	9	848	4	11.74	12.6	-6.8	0.68
Кременчук	1.60	57	1047	9	398	3	13.88	13.5	2.8	1.24
Куп'янськ-Сорт.	3.90	57	1034	16	979	5	11.87	13.2	-10.0	0.66
Лозова	3.20	57	583	6	1037	4	14.69	14.6	0.6	1.03
Харків-Сорт.	6.50	57	328	6	174	2	11.64	15.2	-23.4	0.45
По залізниці	3.38		4777	11.98	3937	3.86			-6.3	0.82

Таблиця 2.12 Прогноз простоїв транзитного вагона з переробкою для сортувальних станцій Південно-Західної залізниці

Станція	Простоїв без переробки, год.	Состав поїзда, ваг.	Транзит з переробкою, ваг./доб.	Кількість призначень ПФП	Транзит без переробки, ваг./доб.	Кількість підходів до станції	Прогноз простою з переробкою, год.	Звіт простою з переробкою, год.	% відхилення прогнозу від звіту	Корегувальний коефіцієнт
Дарниця	3.00	57	1659	16	1036	4	22.70	20.2	12.4	1.83
Фастів	0.80	57	209	6	381	4	10.77	11.3	-4.7	0.34
Козятин	1.80	57	503	7	2534	4	10.78	11.2	-3.7	0.77
Шепетівка	2.30	57	503	9	294	5	11.35	12.5	-9.2	0.50
Жмеринка	3.40	57	690	9	335	4	11.59	12.8	-9.5	0.64
Коростень	4.50	57	666	9	113	5	13.61	15.3	-11.0	0.62
Конотоп	3.10	57	387	7	1362	3	15.44	15.7	-1.6	0.92
По залізниці	2.40		4617	10.99	6055	4.17			-0.3	1.00

Таблиця 2.13 Прогноз простоїв транзитного вагона з переробкою для сортувальних станцій Одеської залізниці

Станція	Простій без переробки, год.	Состав поїзда, ваг.	Транзит з переробкою, ваг./доб.	Кількість призначень ПФП	Транзит без переробки, ваг./доб.	Кількість підходів до станції	Прогноз простою з переробкою, год.	Звіт простою з переробкою, год.	% відхилення прогнозу від звіту	Корегувальний коефіцієнт
Одеса-Застава	5.1	57	785	11	365	3	11.98	14	-14.4	0.60
Одеса-Сорт.	2.6	57	1060	7	1235	4	7.97	8.4	-5.1	0.83
Роздільна	9.8	57	160	11	780	3	12.63	19.8	-36.2	0.27
Знам'янка	1.7	57	2104	13	2684	3	13.40	11.6	15.5	2.06
Миколаїв	3.8	57	493	11	381	4	15.12	16.7	-9.4	0.58
По залізниці	3.44		4602	10.99	5445	3.34			-1.4	1.32

Таблиця 2.14 Прогноз простоїв транзитного вагона з переробкою для сортувальних станцій Львівської залізниці

Станція	Простій без переробки, год.	Состав поїзда, ваг.	Транзит з переробкою, ваг./доб.	Кількість призначень ПФП	Транзит без переробки, ваг./доб.	Кількість підходів до станції	Прогноз простою з переробкою, год.	Звіт простою з переробкою, год.	% відхилення прогнозу від звіту	Корегувальний коефіцієнт
Львів	3.2	47	1662	12	80	5	11.37	11.3	0.6	1.02
Клепарів	4.5	47	1107	16	530	3	16.63	16.6	0.2	1.01
Здолбунів	2.9	47	686	8	2529	3	15.05	13.4	12.3	1.57
Ковель	3	47	298	12	213	5	16.20	17.9	-9.5	0.43
Сарни	7.5	47	289	6	117	4	10.43	15.2	-31.4	0.36
Стрий	2.1	47	305	6	398	5	22.97	22.9	0.3	1.04
Хриплін	5.3	47	239	6	106	3	13.19	16.1	-18.1	0.45
По залізниці	3.24		4586	11.28	3973	4.05			-1.4	1.14

Результати моделювання простою транзитного вагона з переробкою

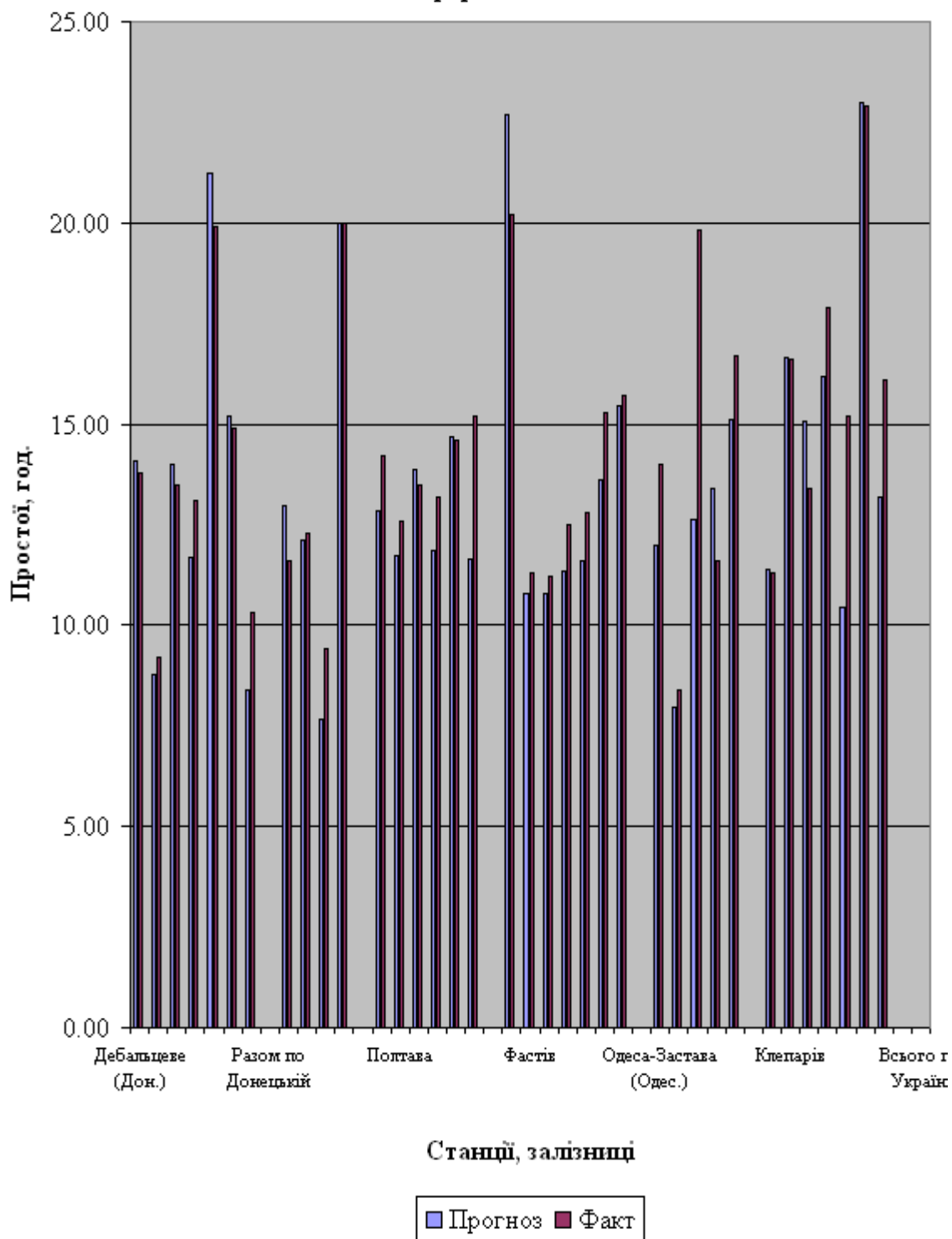


Рис. 2.6 Результати моделювання простою транзитного вагона з переробкою

2. Виконаний аналіз показав, що тісної однозначної залежності простоїв транзитних вагонів від середньодобових транзитних вагонопотоків немає. Однак можна говорити про наявність певних тенденцій зміни одного показника при зміні іншого та про досить значну дисперсію значень простоїв вагонів з переробкою в залежності від вагонопотоків з переробкою, що зумовлюється особливостями колійного розвитку, технічного оснащення та технології роботи конкретних сортувальних станцій.

3. Встановлено, що для більшості сортувальних станцій характерні простої транзитних вагонів з переробкою у середньому 13 год., без переробки – 3 год., а характер розподілу щільності ймовірності величин простоїв є близьким до логарифмічно нормального закону. Значними простоями транзитних вагонів на сортувальних станціях (до 40% часу оборота вагона) пояснюється те, що тільки 15-20% часу свого обороту вагон знаходиться в русі.

4. Доведено, що ні потужність, ні співвідношення в транзитному вагонопотоці вагонів з переробкою та без переробки не справляють однозначного впливу на простої вагонів на сортувальних станціях.

5. В результаті виконаних досліджень опрацьовано базову математичну модель для прогнозування простоїв транзитних вагонів з переробкою на сортувальних станціях і термінів доставки вантажів на конкретних маршрутах, яка враховує, крім потужності середньодобових вагонопотоків з переробкою та без переробки, ще й такі чинники, як кількість вагонів в составах поїздів на маршруті, кількість призначень плану формування поїздів сортувальної станції, кількість підходів до неї, простої вагонів в попередньому періоді. Модель забезпечує достовірність прогнозу терміну доставки, достатню для інженерних цілей.

3. ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ СОРТУВАЛЬНОЇ РОБОТИ І ВАГОНОПОТОКІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

3.1. Оптимізація режиму роботи сортувальних станцій і систем

Переробка вагонів сортувальними станціями залізниць України порівняно з 1991 роком зменшилась у середньому у 3 рази. За той же час простої транзитного вагона з переробкою зросли з 8,5 – 11,2 год. до 14,5-29 год. Переробні спроможності сортувальних станцій використовуються у середньому на 40-50%. Очевидно, що робота сортувальних станцій потребує реорганізації, про що уже ставилося питання керівництвом і спеціалістами галузі [6]. Одним з напрямків реорганізації є скорочення кількості сортувальних станцій. В Японії, наприклад, станом на 2000 рік закрито для переробки вагонопотоків усі сортувальні станції магістральних залізниць, колії яких здано в оренду фірмам, компаніям операторам і т.д. У Франції, Німеччині, інших країнах Євросоюзу у 1990–х роках було закрито для переробки вагонів більше 50% станцій [3].

В умовах України процес скорочення кількості сортувальних станцій повинен проводитись поміркованими темпами, оскільки він тягне за собою серйозні соціальні наслідки. На нашу думку, заслуговує на увагу та всебічну оцінку ще один шлях реорганізації роботи сортувальних станцій як основної ланки системи доставки вантажів. Він полягає в тому, щоб організувати переробку вагонів і формування поїздів на сортувальних станціях у денну зміну роботи, а відправлення та просування поїздів – переважно у нічну зміну, яка, таким чином, стане „періодом згущеного підведення/відправлення поїздів”. Це забезпечить:

- скорочення простоїв транзитних вагонів з переробкою під накопиченням за рахунок згущеного підведення поїздів з ранку і на початку денної зміни;
- прискорення доставки вантажів і суттєве зменшення штрафів за прострочення доставки;
- скорочення потрібного робочого парку вагонів;
- економію трудових ресурсів і фонду заробітної плати персоналу сортувальних гірок, економію витрат на спецодяг цих працівників;
- економію витрат на освітлення парків станцій у темну пору доби;
- економію витрат на тягу поїздів за рахунок нижчого зонного тарифу на електроенергію у нічний час.

При цьому технологія роботи з транзитними поїздами та вагонами без переробки не змінюється.

Період згущеного відправлення (прибуття) поїздів доцільно передбачити з 21⁰¹ до 07⁵⁹ (11 годин = $t_{зг}$), коли тарифи на електроенергію для тяги поїздів найнижчі.

Різниця тарифів на електроенергію – це суттєвий аргумент щодо перегляду часового режиму роботи сортувальних станцій і систем.

Кількість поїздів, яка може бути згущено прийнята (відправлена) у період $t_{зг}$ з заокругленням до меншого цілого визначається як

$$N_{згп} = \frac{t_{зг}}{I_{зг}} + 1 \leq \psi_{к} K_{п(в)}, \quad (3.1)$$

де $t_{зг}$ - період згущеного прибуття (відправлення), год.;

$I_{зг}$ - інтервал згущеного прибуття (відправлення), год.;

$\psi_{к}$ - коефіцієнт (ймовірність) наявності вільних колій у парку прибуття (відправлення);

$K_{п(в)}$ - кількість колій прибуття (відправлення) в системі.

При розрахунках прийнято $t_{зг} = 11$ год.; $I_{зг} = 1$ год.; $\psi_k = 0,8$.

Розрахункова кількість поїздів визначається діленням середньодобової кількості вагонів з переробкою на середній состав поїзда (47 вагонів для Львівської залізниці і 57 вагонів – для інших залізниць). Після цього розраховується коефіцієнт завантаження станцій за тією з систем, яка є критичною, тобто має менше значення кількості поїздів, які може бути прийнято або відправлено. За допомогою коефіцієнтів завантаження можна класифікувати сортувальні станції на предмет:

- можливого переведення на денний режим – коефіцієнт до 0,5;
- збереження цілодобового режиму роботи - коефіцієнт 0,51 і більше.

З урахуванням такого підходу сортувальні станції слід класифікувати й експлуатувати таким чином, як наведено в таблиці 3.1, з якої видно, що з 35 проаналізованих сортувальних станцій 19-21 станцію можна розглядати як такі, що підлягають переведенню на денний режим роботи сортувальних систем. На цих станціях переробляється 34-38,7% вагонопотоків мережі. Решта 61,3-66% вагонопотоків мережі переробляється на 14-16 потужних сортувальних станціях, режим роботи яких зберігається цілодобовим.

Можливий по максимуму перехід 26 сортувальних систем (19 станцій) на денний режим роботи дозволить визволити близько 720 робітників експлуатаційного штату, які працюють на сортувальних гірках та в парку прийому станції та зекономити в цілому 12 млн.грн./рік експлуатаційних витрат, з них на заробітну плату на рік близько 6,4 млн. грн.; скоротити на сортувальних станціях 20 маневрових локомотивів, які працюють на маневровій роботі. Розрахунки виконуються окремо для станцій, рівень завантаженості пристроїв яких становить більше $\psi_o \geq 0,5$, та решти сортувальних станцій, рівень завантаженості пристроїв яких становить менш ніж $\psi_o < 0,5$.

Таблиця 3.1 Пропозиції щодо класифікації сортувальних станцій за режимами роботи

Збереження цілодобового режиму			Можливе переведення на денний режим роботи	
Залізниця, станція	Середньодобова переробка вагонів	Кількість призначень	Станція	Середньодобова переробка вагонів
1	2	3	4	5
Львівська	4546			645
Ковель	403	12	Стрий	363
Сарни	287	6	Хриплін	282
Львів	1774	12		
Клепарів	1300	16		
Здолбунів	782	8		
Південно - Західна	5613			
Козятин	573	7	Фастів	220
Шепетівка	625	9		
Конотоп	416	7		
Жмеринка	989	9		
Дарниця	2047	16		
Коростень	743	9		
Південна	5417			
Основа	1275	17	Харків – Сорт.	442
Полтава	591	9		
Куп'янськ	1338	16		
Лозова	575	6		
Кременчук	1196	9		
Одеська	5131			
Роздільна - сортувальна	1092	11		
Миколаїв	682	11		
Чорноморська	387	3		
Одеса – Застава 1	1071	11		
Знам'янка	1899	13		
Придніпровська	5740			
Джанкой	1522	12		
Запоріжжя - Ліве	980	9		

Н – Дніпровськ - Вузол	2269	17		
Кривий Ріг	969	12		
Донецька	12865			
Красний Лиман	2755	13		
Іловайськ	949	11		
Красноармійськ	1417	9		
Дебальцеве	2633	6		
Волноваха	1146	19		
Ясинувата	3481	31		
Микитівка	484	3		
Разом вагонів	39312			645
%	98,4			1,6

В першому випадку не скорочуються працівники, які працюють в парку прийому станції в нічну зміну, а також маневровий локомотив для насуву на гірку. Їх переводять в денну зміну, інтенсивність роботи якої зростає практично вдвічі. Це дозволить збільшити переробку вагонів на сортувальній гірці в денну зміну також не менш ніж вдвічі. Однак працівники сортувальної гірки нічної зміни скорочуються (черговий по сортувальній гірці, оператори сортувальної гірки, складачі поїздів, регулювальники швидкості руху вагонів, електромеханіки). Окрім цього з нічної зміни в денну переходять працівники пункту технічного огляду, пункту комерційного огляду, машиністи маневрового локомотива. Сумарна економія фонду оплати праці за рік на одну сортувальну систему становитиме щонайменше 33 000 грн. Матиме місце також економія експлуатаційних витрат на спецодяг для цих працівників.

Економія всіх експлуатаційних витрат по одній сортувальній системі становитиме на рік 214 000 грн. Таких сортувальних систем, де $\psi_o \geq 0,5$ є 6, і для них сумарна економія експлуатаційних витрат становитиме 1 280 890 грн./рік, а скорочення експлуатаційного штату досягне 120 чол.

Для сортувальних систем станцій, де $\psi_0 < 0,5$, скорочуються як працівники гірки, так і парку прийому станції, які працюють в нічну зміну, а також маневровий локомотив, який працює в нічну зміну на сортувальній гірці.

Загалом, скорочення експлуатаційного штату становитиме 600 чоловік, скорочення на маневровій роботі сортувальних станцій маневрових локомотивів становитиме 20 одиниць.

Сумарна економія експлуатаційних витрат становитиме не менше 11 млн грн/рік, у т.ч.:

- економія ФОП становитиме 6,4 млн грн./рік
- економія електроенергії на освітлення – 0,9 млн грн/рік;
- економія на спецодязі – 0,13 млн грн. /рік;
- економія локомотиво-годин маневрової роботи – 3,6 млн грн./рік.

Ще однією статтею економії експлуатаційних витрат є скорочення потреби у робочому парку вагонів. Воно забезпечується завдяки зменшенню середнього простою транзитного вагона з переробкою на кожній потужній сортувальній станції.

Практично існують істотні обмеження, які необхідно враховувати:

- нерівномірність перевезень, через яку фактичне прибуття поїздів в розформування в окрему сортувальну систему може суттєво перевищувати розрахункове значення N , тому в якості максимального слід прийняти $N=15$;
- обмеження колійного розвитку систем, станцій, можлива недостатність кількості колій для приймання поїздів, що прибувають у нічний час;
- цілодобовий режим виконання станціями інших операцій, крім сортувальної роботи, наприклад на тих сортувальних станціях, які є ще й передавальними в міждержавному сполученні;

- соціальні аспекти, тобто необхідність працевлаштування працівників, які вивільняються з нічної зміни й яких не усіх можна працевлаштувати у денній зміні (наприклад, чергові, оператори при чергових сортувальній гірці).

Однак, навіть з урахуванням цих обмежень, доцільне переведення на денний режим роботи сортувальних систем щонайменше чотирьох станцій на Львівській, Південно-Західній та Південній залізницях, що забезпечить річний економічний ефект як мінімум 400 000 грн., з наступним можливим переведенням на денний режим ще трьох станцій (див. висновки по розділу).

3.2. Оптимізація режиму тягового обслуговування перевезень вантажів

Режим тягового обслуговування розглядається тут у декількох взаємопов'язаних аспектах – енергетичному, економічному, технологічному. З урахуванням залежності України від зовнішніх поставок енергоносіїв слід переглянути підходи до розробки графіків руху поїздів з точки зору енергозбереження. В технологічному аспекті велике значення має оптимізація такого параметру як маса (состав) поїзда, адже від нього залежать не тільки рух поїздів, енерговитрати, а й потреба в локомотивному парку, простій вагонів на сортувальних станціях і терміни доставки вантажів. Енергозберігаючі графіки руху поїздів повинні забезпечувати:

- максимально згущене відправлення сформованих поїздів з сортувальних станцій у період з 21⁰¹, коли забезпечується мінімальний середній рівень зонних тарифів на електроенергію; більш раннє або більш пізнє відправлення поїздів супроводжується збільшенням середнього рівня тарифів на електроенергію на 28-43% і більше;

- максимально згущене прибуття поїздів на сортувальні станції в розформування у період до 8⁰⁰ з тих же міркувань що й відправлення.

Недотримання цих вимог приводить до зростання витрат на електроенергію для тяги поїздів у середньому до 68%.

Економія витрат на електроенергію для тяги поїздів визначається як:

$$E_T = 365 \Delta \varepsilon_T e_{пт} \left(P_{ст} + q_T + \frac{Q_L}{m} \right) \frac{\sum u_{п} L_B}{S_L} (1 + \alpha_{п}) (1 + \beta) \gamma_e \cdot 10^{-4}, \quad (3.2)$$

де ε_T - розрахункова різниця середньодобового тарифу на електроенергію та середнього зонного тарифу в період згущеного відправлення (прибуття) поїздів (з 21⁰¹ до 8⁰⁰), грн./кВт·год.;

$e_{пт}$ - питомі витрати електроенергії на тягу поїздів у вантажному русі, кВт·год/10 000 ткм брутто;

$P_{ст}, q_T$ - відповідно статичне навантаження і маса тари вагона, т;

Q_L - маса брутто локомотива, т;

m - середня кількість вагонів у составі;

$\sum u_{п}$ - середньодобовий транзит вагонів з переробкою на станціях, що переводяться на денний режим роботи;

L_B - середня відстань перевезень вантажів, км ;

S_L - середньодобовий пробіг локомотива, км;

$\alpha_{п}$ - коефіцієнт порожнього пробігу вагона (по відношенню до навантаженого);

β - коефіцієнт допоміжного пробігу локомотивів;

γ_e - частка вантажообігу, що обслуговується електричною тягою.

Прийняті наступні середні для мережі показники:

$\varepsilon_T = 0,0529$ грн/кВт.год; $e_{пт} = 116,6$ кВт.год/10000 ткм брутто; $P_{ст} = 62$ т;
 $q_T = 23$ т; $Q_L = 150$ т; $m = 56$ ваг.; $u_{п} = 11437$ ваг./доб; $\alpha_{п} = 0,385$; $\beta = 0,458$;
 $\gamma_e = 0,75$.

Оскільки значення відстаней перевезень вантажів значно відрізняються за видами сполучень, а середньодобовий пробіг – по залізницях, виконано варіантні розрахунки, наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 Річна економія витрат на електроенергію для тяги поїздів за рахунок переведення частини сортувальних станцій і систем на денний режим роботи, грн.

Середньодобовий пробіг локомотива, S_d , км	Середня відстань перевезення вантажу, L_B , км			
	100	400	700	420
400	103995	415979	727963	у середньому
500	83196	332783	582371	
600	69330	277319	485309	
456,3	у середньому			382887

У разі, якщо вдасться забезпечити відправлення всіх зформованих поїздів з 21⁰¹, а прибуття поїздів в переробку на сортувальні станції до 8⁰⁰, річна економія витрат зросте ще на 13%.

Для визначення величини прискорення доставки вантажів, економії робочого парку вагонів завдяки меншому часу знаходження транзитних вагонів з переробкою при режимі згущеного підводу (відправлення) поїздів і денної роботи сортувальних комплексів застосуємо наступні моделі (рисунок 3.2).

Важливе значення у подальших розрахунках має технологічний цикл сортувальної роботи $t_{гц}$ (не треба плутати з відомим терміном „гірковий цикл”) - це середній час усього комплексу операцій з розформування і формування, включно з міжопераційними простоями, що припадає на один сформований состав.

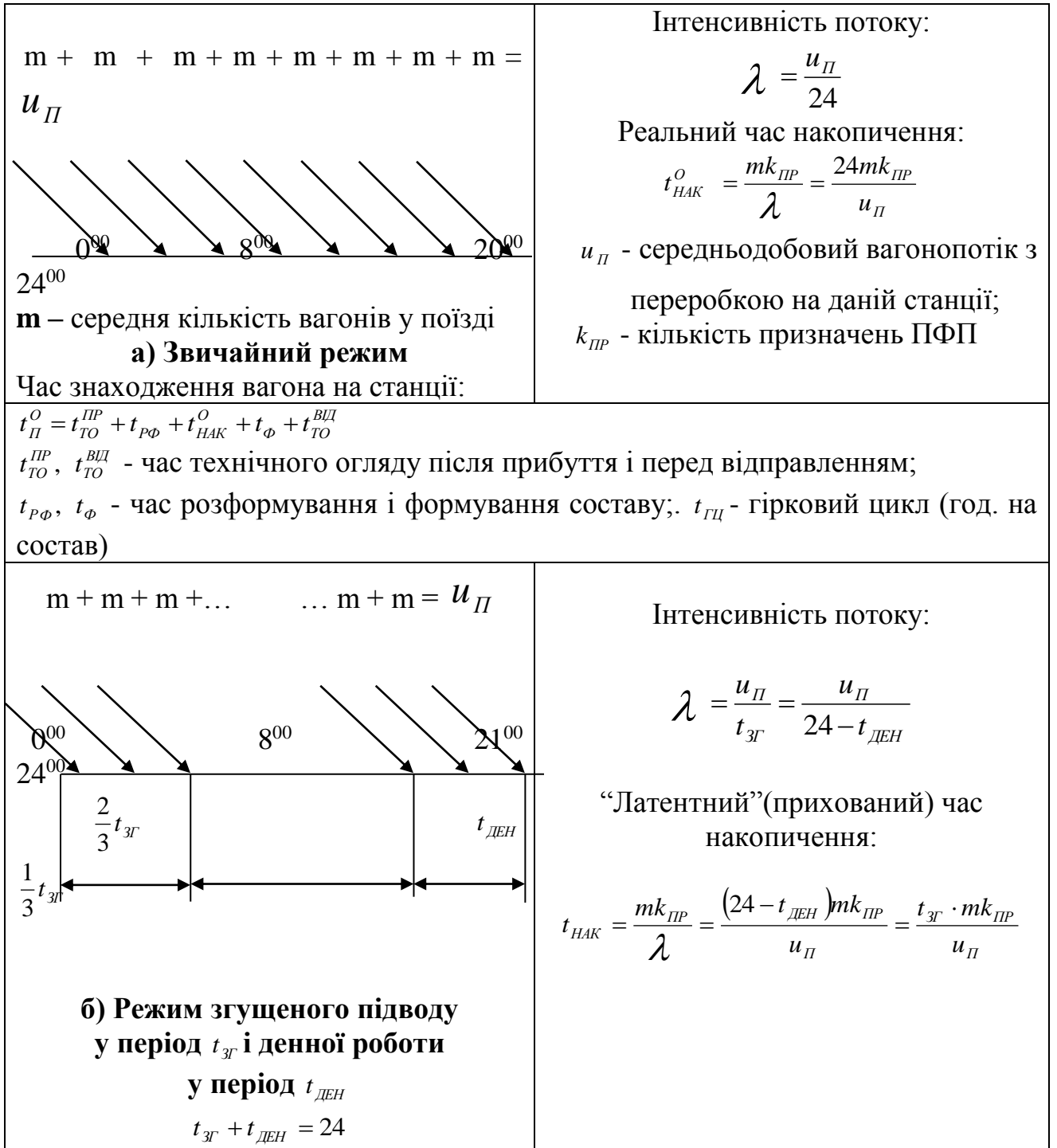


Рис. 3.2 Моделі для оцінки показників різних режимів роботи сортувальних станцій

Важливе значення у подальших розрахунках має технологічний цикл сортувальної роботи $t_{ГЦ}$ (не треба плутати з відомим терміном „гірковий цикл”) - це середній час усього комплексу операцій з розформування і формування, включно з міжопераційними простоями, що припадає на один сформований состав. Цей час можна визначити як

$$t_{ГЦ} = \frac{(24 - t_{ПР})\psi_0 m S}{u_{П}}, \quad (3.3)$$

де $t_{ПР}$ - тривалість регламентованих перерв в роботі сортувальної гірки протягом доби, год. (прийmemo $t_{ПР} = 2$ год.);

ψ_0 - рівень завантаженості основних пристроїв ;

m - состав поїзда (у середньому $m = 57$ вагонів, крім Львівської залізниці, де $m = 47$ вагонів);

S - кількість сортувальних систем, які працюють.

Розрахунки зведено до таблиці 3.3, у якій визначено також розрахункові величини середнього часу накопичення вагонів $t_{НАК}$ та середні час очікування ними розформування, розформування, очікування формування і формування $t_{РФФ}$. Це основні елементи простою транзитного вагона з переробкою $t_{П} = t_{НАК} + t_{РФФ} + t_{ТО}$, де $t_{ТО}$ - тривалість передбачених технологією технічних оглядів.

Тривалість накопичення вагонів одного призначення в період їх згущеного прибуття визначається за формулою, яка наведена на рисунку 3.2, а саме

$$t_{НАК} = \frac{mk_{ПР}t_{ЗГ}}{u_{П}} \quad (3.4)$$

Таблиця 3.3 Розрахунок технологічного циклу сортувальної роботи та інших показників роботи сортувальних станцій

Львівська залізниця

Станція	Систем, S	Транзит з переробкою $u_{\text{п}}$, ваг./доб.	Кількість призначень, $k_{\text{пр}}$	Середня потужність призначень, $\frac{u_{\text{п}}}{k_{\text{пр}}}$	Рівень завантаженості пристроїв, ψ_0	Технологічний цикл, $t_{\text{тл}}$, год.	Простий транзитного вагона з переробкою, $t_{\text{п}}$, год.		+ % відхилення
							Розрахунок	Звіт (2003р. 9 міс.)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Львівська залізниця</i>									
1. Ковель	1	403	12	34	0,41	1,05	14,2	12,9	+10,08
2. Сарни	2	287	6	48	0,20	1,44	9,6	12,9	-25,58
3. Стрий	1	363	6	61	0,56	1,59	12,3	14,7	-16,33
4. Хриплін	1	282	6	47	0,37	1,36	11,5	10,2	+12,75
5. Львів	1	1774	12	148	0,46	0,27	7,9	9,1	-13,19
6. Клепарів	1	1300	16	81	0,59	0,47	11,0	14,1	-21,99
7. Здолбунів	1	782	8	98	0,47	0,62	9,1	9,6	-5,21
Разом (У середньому)	-	5191 (742)	(9,43)	(78,68)	-	(0,65)	(9,94)	(11,38)	

Продовження таблиці 3.3 Розрахунок технологічного циклу сортувальної роботи та інших показників роботи сортувальних станцій

Південно-Західна залізниця

Станція	Систем, S	Транзит з переробкою $u_{\text{п}}$, ваг./доб.	Кількість призначень, $k_{\text{пр}}$	Середня потужність призначень, $\frac{u_{\text{п}}}{k_{\text{пр}}}$	Рівень завантаженості пристроїв, ψ_0	Технологічний цикл, $t_{\text{цл}}$, год.	Простий транзитного вагона з переробкою, $t_{\text{п}}$, год.		+ % відхилення
							Розрахунок	Звіт (2003р. 9 міс.)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Південно–Зах. залізниця</i>									
8. Козятин	2	573	7	82	0,57	2,49	12,4	11,2	+10,71
9. Шепетівка	1	625	9	69	0,21	0,42	8,2	11,0	-25,45
10. Конотоп	1	416	7	59	0,28	0,84	10,0	14,2	-29,58
11. Фастів	1	220	6	37	0,36	2,05	15,1	10,3	+46,60
12. Жмеринка	1	989	9	110	0,53	0,67	10,0	11,5	-13,04
13. Дарниця	2	2047	16	128	0,65	0,80	11,0	17,5	-37,14
14. Коростень	1	743	9	83	0,26	0,44	8,0	11,1	-27,93
Разом (У середньому)	-	5613 (802)	(9,00)	(89,11)	-	(0,91)	(10,34)	(13,70)	

Продовження таблиці 3.3 Розрахунок технологічного циклу сортувальної роботи та інших показників роботи сортувальних станцій

Південна залізниця

Станція	Систем, S	Транзит з переробкою $u_{\text{п}}$, ваг./доб.	Кількість призначень, $k_{\text{пр}}$	Середня потужність призначень, $\frac{u_{\text{п}}}{k_{\text{пр}}}$	Рівень завантаженості пристроїв, ψ_0	Технологічний цикл, $t_{\text{цл}}$, год.	Простий транзитного вагона з переробкою, $t_{\text{п}}$, год.		+ % відхилення
							Розрахунок	Звіт (2003р. 9 міс.)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Південна залізниця</i>									
15. Основа	2	1275	17	75	0,16	0,31	7,2	14,0	-48,57
16. Полтава Півд.	1	591	9	66	0,23	0,49	8,7	9,8	-11,22
17. Кременчук	1	1196	9	133	0,37	0,39	7,6	7,3	+4,11
18. Куп'янськ Сорт.	2	1338	16	84	0,27	0,51	8,1	13,3	-39,10
19. Лозова	1	575	6	96	0,31	0,68	8,1	11,5	-29,57
20. Харків-Сорт.	1	442	6	74	0,11	0,31	6,7	13,4	-50,00
Разом (У середньому)	-	5417 (903)	(10,50)	(86,00)	-	(0,44)	(7,73)	(11,58)	

Продовження таблиці 3.3 Розрахунок технологічного циклу сортувальної роботи та інших показників роботи сортувальних станцій

Одеська залізниця

Станція	Систем, S	Транзит з переробкою $u_{\text{п}}$, ваг./доб.	Кількість призначень, $k_{\text{пр}}$	Середня потужність призначень, $\frac{u_{\text{п}}}{k_{\text{пр}}}$	Рівень завантаженості пристроїв, ψ_0	Технологічний цикл, $t_{\text{ц}}$, год.	Простий транзитного вагона з переробкою, $t_{\text{п}}$, год.		+ % відхилення
							Розрахунок	Звіт (2003р. 9 міс.)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Одеська залізниця</i>									
21. Роздільна-Сорт.	1	1092	11	99	0,75	0,86	12,9	17,38	-25,78
22. Миколаїв	1	682	11	62	0,53	0,97	12,6	13,5	-6,67
23. Чорноморська	1	387	3	129	0,46	1,49	9,2	10,49	-12,30
24. Одеса-Застава-1	1	1071	11	97	0,52	0,61	10,3	13,2	-21,97
25. Одеса-Сорт.	1	1598	7	228	0,86	0,67	12,0	8,41	+42,69
26. Знам'янка	1	1899	13	146	0,48	0,32	8,6	12,01	-28,39
Разом (У середньому)	-	6729 (1122)	(9,33)	(120,26)	-	(0,67)	(10,82)	(12,28)	

Продовження таблиці 3.3 Розрахунок технологічного циклу сортувальної роботи та інших показників роботи сортувальних станцій

Придніпровська залізниця

Станція	Систем, S	Транзит з переробкою $u_{\text{п}}$, ваг./доб.	Кількість призначень, $k_{\text{пр}}$	Середня потужність призначень, $\frac{u_{\text{п}}}{k_{\text{пр}}}$	Рівень завантаженості пристроїв, ψ_0	Технологічний цикл, $t_{\text{ц}}$, год.	Простий транзитного вагона з переробкою, $t_{\text{п}}$, год.		+ % відхилення
							Розрахунок	Звіт (2003р. 9 міс.)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Придніпровська залізниця</i>									
27. Джанкой	1	1522	12	127	0,51	0,42	9,3	8,83	+5,32
28. Запоріжжя-Ліве	1	980	9	109	0,66	0,84	11,5	13,3	-13,53
29. Н-Дніпровськ Вузол	2	2269	17	133	0,39	0,43	7,8	13,37	-41,66
30. Кривий-Ріг Сорт.	1	969	12	81	0,38	0,49	9,4	19,0	-50,53
Разом (У середньому)	-	5740 (1435)	(12,50)	(114,80)	-	(0,51)	(9,10)	(13,10)	

Продовження таблиці 3.3 Розрахунок технологічного циклу сортувальної роботи та інших показників роботи сортувальних станцій

Донецька залізниця

Станція	Систем, S	Транзит з переробкою $u_{п}$, ваг./доб.	Кількість призначень, $k_{пр}$	Середня потужність призначень, $\frac{u_{п}}{k_{пр}}$	Рівень завантаженості пристроїв, ψ_0	Технологічний цикл, $t_{ц}$, год.	Простий транзитного вагона з переробкою, $t_{п}$, год.		+ % ВІДХИЛЕННЯ
							Розрахунок	Звіт (2013р.)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Донецька залізниця</i>									
31. Красний Лиман	2	2755	13	212	0,85	0,77	12,1	10,27	+17,82
32. Іловайськ	2	949	11	86	0,31	0,82	8,5	21,94	-61,26
34. Дебальцеве	1	2633	19	139	0,55	0,26	9,4	11,49	-18,19
35. Волноваха	1	1146	11	104	0,65	0,71	11,5	14,84	-22,51
36. Ясинувата	2	3481	31	112	0,50	0,36	9,5	18,58	-48,87
Разом (У середньому)		12865(1838)	(13,86)	(132,61)	-	(0,56)	(10,40)	(14,41)	
Разом (У середньому) по залізницях	-	41555(1123)	(10,68)	(105,15)	-	0,61	9,88	13,04	-

Накопичення вагонів при згущеному прибутті транзитного потоку в переробку відбувається у формі, яку можна було б визначити як „приховану”, латентну. Ще до початку розформування (у денну зміну) составів, що прибули в переробку, на приймальних коліях станції вже накопичилися вагони, які слід тільки переформувати у відповідності до їх призначень. Тому в денну зміну такий елемент простою як „накопичення” відсутній, вагони знаходяться в процесі „чистої” сортувальної роботи та пов’язаних з нею технологічних міжопераційних простоїв, тривалість якої на протязі денної зміни залежить від технологічного циклу $t_{ГЦ}$ (формула 3.3) та потужності вагонопотоку, що переробляється в системах. Состави (вагони), що першими потрапляють у розформування, не обов’язково будуть першими сформовані. Це залежить від плану сортувальної роботи, який визначається багатьма чинниками. У зв’язку з цим середній час знаходження „випадкового” вагона на станції під операціями розформування-формування, включно з притаманними цьому процесу міжопераційними простоями, визначається як середній між „першим” і „останнім” сформованим составом, тобто з діленням на 2:

$$t_{PФФ} = \left(t_{ГЦ} + \frac{u_{П} t_{ГЦ}}{mS} \right) \cdot \frac{1}{2} = \left(\frac{u_{П}}{mS} + 1 \right) \cdot \frac{t_{ГЦ}}{2} \quad (3.5)$$

Таким чином, при згущеному прибутті поїздів і роботі сортувальних систем у денну зміну розрахунковий середній простій транзитного вагона з переробкою складає:

$$t_{ПЕР} = \frac{mk_{ПР} t_{ЗГ}}{2u_{П}} + \left(\frac{u_{П}}{mS} + 1 \right) \cdot \frac{t_{ГЦ}}{2} + t_{ГО} \quad (3.6)$$

З таблиці 3.3, графи 8, 9 та 10 видно, що запропонована модель розрахунку (прогнозу) простою транзитного вагона з переробкою за формулою (3.6) достатньо адекватно відображає процес переробки вагонів на сортувальних станціях. Лише у 2-х випадках з 19-ти, або у 10,5 % випадків (станції Фастів і Роздільна) відхилення розрахункових значень від звітних

склало відповідно +108 та 132,4%. Тому ці випадки, хоч вони і не стосуються вирішальних сортувальних станцій, необхідно дослідити в наступному окремо. У 4-х випадках (21%) відхилення складає $\pm 25 \div 50\%$, в інших випадках (68,5%) відхилення не перевищує $\pm 20\%$.

З формул (3.4), (3.5) та (3.6) видно, що кількість вагонів в составі поїздів, що прибувають і відправляються (m) неоднозначно впливає на величину простою вагона з переробкою (простій під накопиченням зростає прямо пропорційно, простої під розформуванням-формуванням - зменшуються обернено пропорційно m).

Так само неоднозначно на величину простоїв впливає й потужність вагонопотоку u_{Π} . Тобто маємо справу з типовою оптимізаційною задачею, причому оптимізація повинна здійснюватися як за технологічним критерієм (цільова функція – мінімум часу знаходження транзитного вагона з переробкою на станції: $t_{\Pi} \Rightarrow \min$), так і за економічним критерієм – мінімум сумарних витрат, пов'язаних з простоями транзитного вагонопотоку на станції та з маневровою роботою при розформуванні – формуванні поїздів ($E_B + E_M \Rightarrow \min$). Задача вирішується відомими математичними методами [87 та ін.].

Формалізація задачі за технологічним критерієм має вигляд

$$\frac{dt_{\Pi}}{dm} = 0; \frac{d^2t_{\Pi}}{d^2m} > 0, \text{ що приводить до рівняння, за яким визначається із}$$

формули (3.6) величина оптимального составу поїзда в залежності від u_{Π} , $t_{\Gamma\Omega}$, та інших чинників:

$$opt m = u_{\Pi} \sqrt{\frac{t_{\Gamma\Omega}}{2Sk_{\Pi P}t_{3r}}} \quad (3.7)$$

Після підстановки середніх для мережі залізниць із таблиці 3.3 ($u_{\Pi} = 1123$ ваг./доб., $t_{\Gamma\Omega} = 0,61$ год., $k_{\Pi P} = 10,68$, $t_{3r} = 24$ год, (тобто без

згущеного прибуття і відправлення) матимемо для односистемних станцій (S=1) і для двосистемних станцій (S=2):

$$S = 1 \rightarrow \text{opt } m = 37,84 = 39 \text{ вагонів};$$

$$S = 2 \rightarrow \text{opt } m = 27,4 = 28 \text{ вагонів}.$$

При таких значеннях $m = \text{opt } m$ матимемо найменшу тривалість знаходження вагонів на станціях, визначену після підстановки $m = \text{opt } m$ з формули (3.7) до формули (3.6) та перетворень:

$$\min t_{II} = \sqrt{\frac{2t_{3r}t_{ГЦ}k_{ПР}}{S}} + \frac{t_{ГЦ}}{2} + t_{ТО}, \quad (3.8)$$

При тих же середніх вихідних даних, що у попередньому розрахунку та $t_{ТО} = 0,75$ год. одержимо:

$$\text{при } S = 1 \rightarrow \min t_{II} = 18,74 \text{ год};$$

$$\text{при } S = 2 \rightarrow \min t_{II} = 13,56 \text{ год}.$$

Ці результати достатньо близькі до реальних звітних значень, хоча, з іншого боку, їх можна та слід використати для подальшого корегування й уточнення математичних моделей, представлених формулами (3.3)-(3.8).

За економічним критерієм (мінімум сумарних витрат) оптимізаційна задача формулюється наступним чином:

витрати по вагоно-годинах простою транзитних вагонів з переробкою:

$$E_B = 365u_{II} \left[\frac{mk_{ПР}t_{3r}}{2u_{II}} + \left(\frac{u_{II}}{mS} + 1 \right) \cdot \frac{t_{ГЦ}}{2} + t_{ТО} \right] \cdot C_{BG}, \quad (3.9)$$

де C_{BG} - собівартість вагоно-годин простою, грн.;

витрати по локомотиво-годинах маневрової роботи на станціях переробки:

$$E_M = 365M_{Л} \left(\frac{u_{II}}{mS} + 1 \right) t_{ГЦ} C_{ЛГ}, \quad (3.10)$$

де $M_{Л}$ - кількість маневрових локомотивів, що працюють у S сортувальних системах;

$C_{ЛГ}$ - собівартість локомотиво–години маневрової роботи, грн..

$$\text{З умов} \quad \frac{dE_B}{dm} + \frac{dE_M}{dm} = 0; \quad \frac{dE_B^2}{d^2m} > 0 \quad (3.11)$$

матимемо після диференціювання, підстановок та перетворень вираз для визначення оптимального з економіко–технологічної точки зору складу поїзда:

$$\text{opt } m = \sqrt{u_{\Pi} \left(\frac{1 + M_{Л} \frac{C_{ЛГ}}{C_{ВГ}}}{2Sk_{\Pi\Pi}} \right) \frac{t_{ГЦ}}{t_{ЗГ}}} \quad (3.12)$$

Розрахунки при таких же середніх вихідних даних, за умови що $M_{Л} = S$ (по одному локомотиву в системі), а також при $C_{ЛГ} = 177,35$ грн. і $C_{ВГ} = 0,37$ грн. дають такі результати:

$$M_{Л} = S = 1 \rightarrow \text{opt } m = 46 \text{ вагонів};$$

$$M_{Л} = S = 2 \rightarrow \text{opt } m = 88 \text{ вагонів}.$$

Організація та нормативи роботи сортувальних станцій (зокрема, встановлена норма складу поїздів, m , період їх згущеного підведення – відправлення $t_{ЗГ}$) мають вплив на роботу прилеглих ділянок, напрямків – і навпаки. Тому слід визначити, як впливають згадані нормативи на потребу в експлуатаційному парку локомотивів і відповідні витрати.

Разом із витратами, що визначені за формулами (3.9) та (3.10) слід врахувати й витрати, пов'язані з експлуатацією потрібного парку поїзних локомотивів:

$$E_{Л} = \frac{u_{\Pi} L_{Т} (1 + \beta)}{m} \left(\frac{24C_{ЛВГ}}{S_{Л}} + C_{ЛКМ} \right), \quad (3.13)$$

де $L_{Т}$ - довжина тягового плеча, км;

$C_{ЛВГ}$ - собівартість локомотиво–години, грн.;

$C_{ЛКМ}$ - собівартість локомотиво·км пробігу, грн.;

$S_{\text{Л}}$ - середньодобовий пробіг поїзних локомотивів в усіх видах робіт.

Врахувавши цю статтю витрат у функціоналі (3.11), після підстановок і перетворень матимемо вираз для визначення оптимального складу поїзда з урахуванням роботи сортувальних станцій та їх взаємодії з дільницями:

$$\text{opt } m = \sqrt{\frac{u_{\text{П}} \left[L_{\text{Т}}(1 + \beta) \left(\frac{24C_{\text{ЛБГ}}}{S_{\text{Л}}} + C_{\text{ЛКМ}} \right) + \frac{t_{\text{ГЦ}}}{2S} (24M_{\text{Л}}C_{\text{ЛГ}} + u_{\text{П}}C_{\text{ВГ}}) \right]}{k_{\text{ПР}}t_{\text{З}}C_{\text{ВГ}}}} \quad (3.14)$$

В результаті обробки даних таблиці 3.1 встановлено, що фактична кількість призначень поїздів залежить від перероблюваного вагонопотоку. Ця залежність апроксимується поліномом першого ступеню:

$$k_{\text{ПР}}^{\phi} = \frac{u_{\text{П}}}{25} \left(1 - \frac{u_{\text{П}}}{2400} \right), \quad (3.15)$$

де $k_{\text{ПР}}^{\phi}$ - фактична кількість призначень.

Після підстановки цього значення замість $k_{\text{ПР}}$ до формули (3.14) маємо

$$\text{opt } m = \sqrt{\frac{25 \cdot \left[L_{\text{Т}}(1 + \beta) \left(\frac{24C_{\text{ЛБГ}}}{S_{\text{Л}}} + C_{\text{ЛКМ}} \right) + \frac{t_{\text{ГЦ}}}{2S} (24M_{\text{Л}}C_{\text{ЛГ}} + u_{\text{П}}C_{\text{ВГ}}) \right]}{\left(1 - \frac{u_{\text{П}}}{2400} \right) t_{\text{З}}C_{\text{ВГ}}}} \quad (3.16)$$

Більш деталізовані розрахунки (по залізницях і за родами тяги, з урахуванням диференційованих техніко–економічних показників) показують, що скорочення складу поїзда є найбільш ефективним при тепловозній тязі, а при електровозній тязі склад поїзда, як правило, може бути прийнятий за довжиною приймально–відправних колій або за профілем колій і силою тяги. З урахуванням одержаних результатів рекомендується оптимальний склад поїзда при тепловозній тязі 48-51 вагон.

Отже, з економіко-технологічної точки зору слід, в залежності від умов, зменшувати встановлені норми складів поїздів. Однак з експлуатаційної точки зору таке рішення не є незаперечним, оскільки зростає потреба в локомотивах. Компромісне й оптимальне рішення можна знайти, застосувавши

згущене «нічне» підведення–відправлення вантажних поїздів до, та з сортувальних станцій з денним режимом роботи. У той же час в масштабах мережі залізниць повинна цілеспрямовано проводитися робота з переведення максимальної кількості пасажирських поїздів в категорію денних.

Кількість вагонів в складі поїзда, а також їх стан (навантажені, порожні) визначає масу поїзда, від якої, в свою чергу, залежить його швидкість та енергозатрати на тягу поїздів [98]. Дослідженнями [73] і тяговими розрахунками ([37], [93]) встановлено, що з економічної точки зору оптимальною (за мінімумом енергозатрат на шляху прямування) середньою швидкістю поїзда (при електровозній тязі) V_0 при кількості вагонів в його складі m повинна бути:

$$V_0 = \sqrt[3]{2B_0 - 350 + \sqrt{B_0 - 350}} + \sqrt[3]{2B_0 - 350 - \sqrt{B_0 - 350}} - 7, \quad (3.17)$$

$$\text{де } B_0 = 5100 \frac{(C_{ЛБГ} + mC_{ВГ})\eta}{C_{ЕЛ} \left(\frac{Q_{Л}}{Q_{В}} + m \right)}, \quad (\text{проміжна розрахункова величина}), \quad (3.18)$$

$C_{ЛБГ}$ - собівартість локомотиво – години, грн.;

$C_{ВГ}$ - собівартість вагоно–години, грн.;

$C_{ЕЛ}$ - ціна 1 кВт – год. електроенергії на тягу поїздів, грн.;

m – кількість вагонів у складі;

$Q_{Л}$ - маса брутто локомотива, т;

$Q_{В}$ - маса брутто вагона, т;

η - коефіцієнт корисної дії електровоза.

Розрахунки за формулами (3.17), (3.18) показують, що при складі поїзда 30-40 навантажених вагонів його оптимальні швидкості знаходяться в межах 100 – 120км/год. Наразі реалізувати такі швидкості не дозволяє стан рухомого складу та інфраструктури, однак одержані результати відповідають європейському досвіду та вимогам до швидкостей руху поїздів в міжнародних транспортних коридорах.

3.3 Оптимізація чисельності парку транспортних засобів в умовах коливання попиту на перевезення

Якісне задовільнення попиту на перевезення вантажів в умовах його коливання потребує наявності певного резерву парку транспортних засобів (вагонів, контейнерів та ін.). В той же час додатковий парк рухомого складу – це додаткові непродуктивні експлуатаційні витрати в періоди зменшення попиту на перевезення. Тому при оптимізації чисельності парку транспортних засобів необхідно знайти баланс між цими небажаними витратами в періоди падіння попиту та неодержаними доходами перевезень в періоди, коли створюється дефіцит рухомого складу при зростанні попиту.

В загальному вигляді подібну оптимізаційну задачу сформулював (для визначення парку контейнерів) ще у 1982 році професор А.О. Смахов. В роботі [34] використано запропонований ним раціональний підхід і доведено задачу до інженерного розв'язання. Для формалізації задачі введемо терміни:

D_0 - „розрахунковий” попит на перевезення, виходячи з якого визначається потреба у робочому парку транспортних засобів, одиниць на добу;

D_{MAX} - максимально можливий попит на перевезення, одиниць на добу;

$p(D)$ - диференціальна функція розподілу щільності ймовірності випадкової величини попиту D .

Функцію розподілу $p(D)$ визначимо за допомогою моделі, зображеної на рисунку 3.3.

Диференціальна та інтегральна функції розподілу легко встановлюються за допомогою геометричних доводів з трикутника, заштрихованого на рисунку 3.3. Модель ґрунтується на тому, що запас парку потрібний тоді, коли більш ймовірними є величини попиту більш середньої ($0,75 \leq p(D > D_0) \leq 1$).

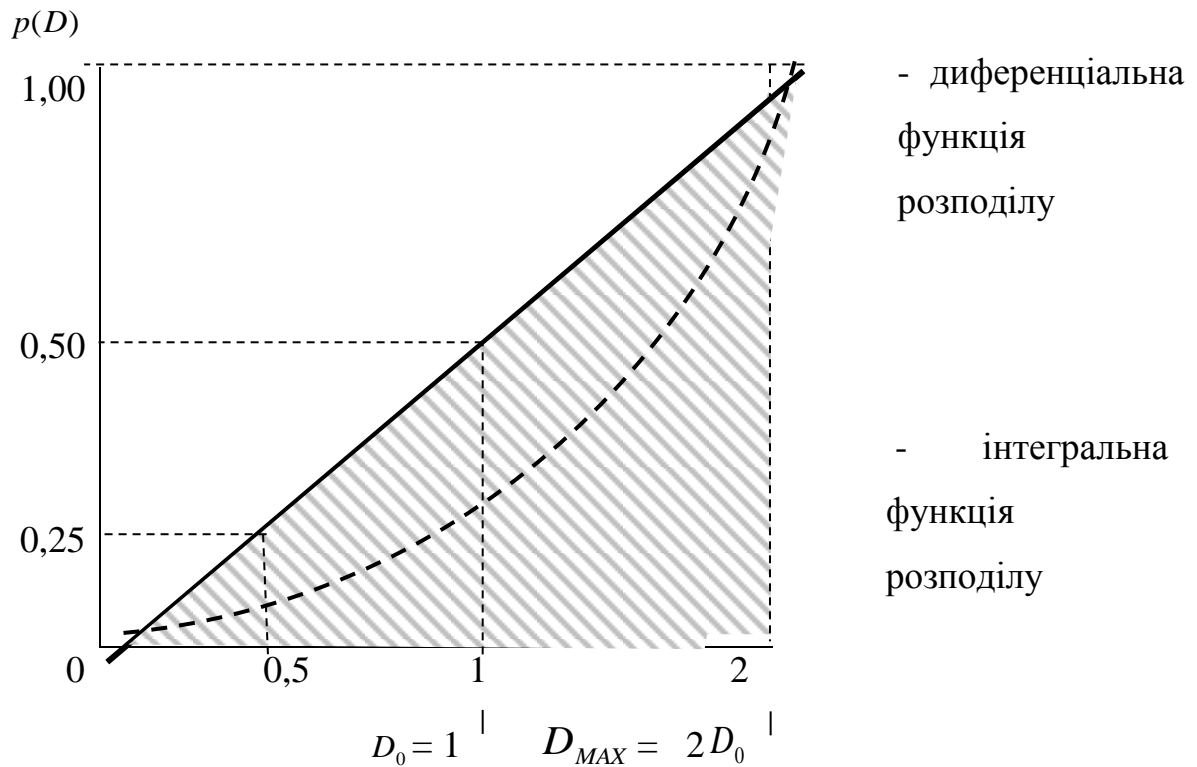


Рис. 3.3 Модель попиту на перевезення

Однак надмірний запас (надлишок) парку приводить до додаткових експлуатаційних витрат. Ці витрати можна визначити як

$$E_H = C_H \int_{D_0}^y (y - D)p(D)dD, \quad (3.19)$$

де y - підвищений попит ($y > D$), на який розраховується парк транспортних засобів;

C_H - „ціна” доби надлишку одиниці парку.

Після інтегрування одержимо:

$$E_H = \frac{C_H}{3D_{MAX}} (y^3 + 2D_0^3 - 3yD_0^2) \quad (3.20)$$

Дефіцит парку ($D > y$) також має наслідки - „витрати” (неодержані доходи від перевезень):

$$E_D = C_D \int_y^{D_{MAX}} (D - y)p(D)dD = C_D \left(\frac{y^3}{3D_{MAX}^2} - y + \frac{2}{3}D_{MAX} \right) \quad (3.21)$$

де C_D - „ціна” доби дефіциту одиниці парку.

З практичної точки зору очевидно, що ні одних (E_H), ні інших (E_D) витрат одночасно уникнути неможливо. Однак необхідно мінімізувати їх у сумі, тобто знайти цільову функцію $E_H + E_D \Rightarrow \min$. Метод знаходження цього мінімуму шляхом диференціювання відомий – розв’язання рівняння відносно аргументу y :

$$\frac{dE_H}{dy} + \frac{dE_D}{dy} = 0, \quad (3.22)$$

за умов $\frac{d^2E_H}{dy^2} > 0$ та $\frac{d^2E_D}{dy^2} > 0$.

Розв’язання рівняння (3.22) дає значення величини попиту на перевезення y_0 , на яку слід розраховувати оптимальну чисельність парку транспортних засобів:

$$y_0 = D_{MAX} \sqrt{\frac{\left(\frac{D_0}{D_{MAX}}\right)^2 C_H + C_D}{C_H + C_D}} \quad (3.23)$$

Для практичного користування формулою (3.23) слід конкретизувати значення величин, що до неї входять. Величина „розрахункового” D_0 та максимально можливого D_{MAX} попиту на перевезення встановлюються шляхом маркетингових досліджень і прогнозів. Величина „ціни” доби надлишку C_H або дефіциту C_D одиниці парку транспортних засобів можна визначити як:

$$C_H = 24C_{ог}, \quad (3.24)$$

де $C_{ог}$ - собівартість вагоно-години, контейнеро-години простою транспортного засобу;

$$C_D = \frac{24(A + BL)}{K_M t_{ВАНТ} + (1 + \alpha_{П}) \left(\frac{1}{V_D} + \frac{t_{ТЕХ}}{l_{ТЕХ}} \right) L}, \quad (3.25)$$

де A, B - ставки тарифу відповідно за контейнер, початково-кінцеву операцію (грн. за вагон) та за операцію перевезення (грн. за вагоно-км, контейнеро-км);

L - відстань перевезення, км;

K_M - коефіцієнт місцевої роботи;

$t_{ВАНТ}$ - простій під вантажною операцією, год.;

$\alpha_{П}$ - коефіцієнт порожнього пробігу по відношенню до навантаженого;

V_D - дільнична швидкість руху поїздів км/год.;

$t_{ТЕХ}$ - середній простій вагона (контейнера) на технічній станції;

$l_{ТЕХ}$ - середня відстань між технічними станціями, км.

Виконаємо розрахунки для вагонного парку і середніх умов експлуатації залізниць, які характеризуються наступними даними:

$C_{ог} = 0,6$ грн./вагоно-год.;

$A = 310$ грн./вагон;

$B = 1,14$ грн./вагоно-км (для найбільш розповсюдженої тарифної схеми № 1 і середнього завантаження вагона 62 т);

$L = 420$ км;

$K_M = 1,8$; $t_{ВАНТ} = 35,38$ год.; $\alpha_{П} = 0,67$; $V_D = 33,9$ км/год.; $t_{ТЕХ} = 7,49$ год.;

$l_{ТЕХ} = 105$ км.

За таких умов середня величина перевізної плати (без податку на додану вартість) складає $A + BL = 789$ грн., а величина обороту вагона

$$\theta_B = \frac{1}{24} \left[K_M t_{\text{ВАГТ}} + (1 + \alpha_{\Pi}) \left(\frac{1}{V_D} + \frac{t_{\text{ТЕХ}}}{t_{\text{ТЕХ}}} \right) L \right] = \frac{1}{24} [1,8 \cdot 35,38 + (1 + 0,67) \cdot \left(\frac{1}{33,9} + \frac{7,49}{105} \right) \cdot 420] =$$

$$= 5,6 \text{ доби.}$$

Таким чином, „ціна” доби надлишку одиниці вагонного парку $C_H = 14,4$ грн., а „ціна” доби дефіциту $C_D = 140,9$ грн. При середньодобовому попиті на перевезення на мережі залізниць України $D_0 = 14000$ вагонів розрахуємо, який необхідно мати робочий парк вагонів, щоб з мінімальними витратами задовольнити попит на перевезення $D_0 = 20000$ вагонів. За допомогою формули (3.23) маємо:

$$n_p = \theta_B y_0 = \theta_B D_{\text{MAX}} \sqrt{\frac{\left(\frac{D_0}{D_{\text{MAX}}} \right)^2 C_H + C_D}{C_H + C_D}} = 5,6 \cdot 20000 \sqrt{\frac{\left(\frac{14000}{20000} \right)^2 \cdot 14,4 + 140,9}{14,4 + 140,9}} = 109320$$

вагонів, що на 12% більше робочого парку вантажних вагонів за звітом 2001 року. Слід зауважити, що традиційна методика розрахунку дала б інший результат – при попиті 20000 вагонів на добу слід було б збільшити робочий парк на 43%.

Для цілей аналізу формулу (3.25) перетворимо і покладемо у ній $D_{\text{MAX}} = 1$:

$$y_0 = \sqrt{\frac{D_0^2 \frac{C_H}{C_D} + 1}{\frac{C_H}{C_D} + 1}}. \quad (3.26)$$

Результати розрахунків за формулою (3.26) наведені у таблиці 3.4.

З таблиці 3.4 видно, що, з економічної точки зору, в умовах коливання попиту на перевезення слід утримувати робочий парк транспортних засобів на 2 ÷ 5% менший порівняно з розрахованим за традиційним методом. Пояснюється це тим, що „ціна” доби надлишку одиниці парку C_H значно менша „ціни” доби її дефіциту.

Таблиця 3.4 Попит на перевезення, на який слід розраховувати оптимальну чисельність парку транспортних засобів (по відношенню до максимально можливого)

$\frac{C_H}{C_D}$	D_0/D_{MAX}					
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,05	0,982	0,985	0,988	0,991	0,991	1,000
0,10	0,965	0,970	0,977	0,984	0,991	1,000
0,15	0,950	0,957	0,966	0,976	0,988	1,000

Дану методику оптимізації чисельності парку транспортних засобів можна без принципових змін застосовувати також для оптимізації парку поїзних локомотивів.

3.4. Висновки

1. Незважаючи на певне зростання в останні роки обсягів перевезень вантажів і переробки вагонів на сортувальних станціях, актуальною залишається задача зосередження сортувальної роботи на меншій кількості станцій, вибір яких повинен здійснюватися на підставі технолого–економічних обґрунтувань.

2. Запропоновано найбільш виважений в технологічному, економічному і соціальному сенсі підхід до оптимізації розподілу сортувальної роботи та вагонопотоків – це не повне закриття або консервація сортувальних станцій, систем, а їх переведення, там де це виправдано і можливо, на денний режим роботи, при якому сортувальна система здійснює розформування, накопичення, формування составів поїздів лише в денну зміну.

3. Рекомендується, з урахуванням денного режиму роботи сортувальних систем і станцій, здійснювати максимальну прокладку поїздів, передусім на вантажонапружених напрямках, у нічні години. Це забезпечить річну економію витрат на електроенергію для тяги поїздів за рахунок нижчого зонного тарифу на електроенергію в нічний час у розмірі 380-500 тис. грн. Одночасно пропонується проводити в масштабах мережі залізниць роботу з переведення максимальної кількості пасажирських поїздів в категорію «денних експресів».

4. Пропонується методика оцінки доцільності можливого переведення сортувальних систем, станцій на денний режим роботи, яка ґрунтується на порівнянні експлуатаційних витрат від додаткових вагоно–годин простою вагонів, що прибувають у нічний час, коли сортувальна система не працює, в очікуванні розформування–формування, з економією маневрових локомотиво–годин гіркового локомотива в період, коли гірка не працює, економією фонду оплати праці за рахунок переведення частини працівників з нічної зміни у денну, економією за рахунок зменшення витрат електроенергії на освітлення парків станцій та електроенергії на тягу поїздів у нічний час за зниженим зонним тарифом.

Оцінці доцільності можливого переведення на денний режим роботи підлягають сортувальні системи, станції, для яких коефіцієнт завантаження основних пристроїв не перевищує 50%, а місткість колій для прийому поїздів достатня для розрахункової кількості поїздів, що прибувають у нічний час. Незалежно від виконання цих умов, не підлягають переведенню на денний режим роботи ті станції, які працюють як передавальні в міжнародному сполученні або є єдиними в регіоні. Методика оцінки враховує необхідність і дає рекомендації щодо вирішення соціальних питань, що можуть виникати при переведенні сортувальних систем, станцій на денний режим роботи.

5. Техніко–економічними розрахунками за згаданою вище методикою встановлено, що за позитивним балансом економії та витрат можна ставити питання про доцільність переведення на денний режим роботи або закриття як сортувальних наступних станцій з очікуваним річним економічним ефектом (як мінімум):

Стрий Льв.	178 760 грн.
Хриплін Льв.	177 450 грн.
Фастів Півд. – Зах.	30 660 грн.
Харків – Сортувальний Півд.	8440 грн.
Разом	395 310 грн.

Зважаючи на велику кількість сортувальних станцій у відносно компактному регіоні Донбасу, через що середній пробіг вагона між сортувальними станціями значно менший, ніж на інших залізницях, а отже, просування вагонопотоків повільніше, слід розглянути питання перерозподілу сортувальної роботи на меншій кількості станцій з урахуванням особливостей регіону. Для цього регіону основним вантажним напрямком є Красний Лиман – Ясинувата – Волноваха – Маріуполь, де виконується 60-70% сортувальної роботи. Сортувальні станції Іловайськ і Дебальцеве, розташовані осторонь цього напрямку, є можливими варіантами перенесення сортувальної роботи з однієї станції на іншу. При цьому варіанти зосередження сортувальної роботи на станції Іловайськ та її припинення на станції Дебальцеве є цілком конкурентоспроможними, оскільки ці станції близькі за рівнем технічного оснащення, однак станція Іловайськ є більш близькою до потужного Маріупольського порту і до того ж є передавальною в міжнародному

сполученні. Доцільним є також закриття як сортувальних станцій Волноваха та Микитівка.

В другу чергу можна розглядати питання про переведення на денний режим роботи станцій: Сарни Льв., Козятин Півд.– Зах., Полтава Півд.

6. Встановлено, що більш інтенсивна робота сортувальних систем в денному режимі при згущеному підведенні поїздів в розформування переважно у нічний час порівняно з режимом цілодобової роботи і рівномірним підведенням поїздів забезпечує менші вагоно–години по таких елементах простою вагона як „очікування розформування” та „накопичення”.

7. Питання про доцільність переведення сортувальної системи на денний режим роботи слід ставити при таких співвідношеннях середньодобової кількості поїздів, що прибувають в розформування (N) і кількості призначень плану формування поїздів (ПФП) системи, станції ($K_{ПР}$): $N \leq 3(K_{ПР} - 1)$. При середній кількості поїздів, що прибувають у розформування, більше 15 на добу, незалежно від кількості призначень ПФП, доцільним є тільки цілодобовий режим роботи сортувальної системи, станції.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці

Охорона праці - це система законодавчих актів, соціально-економічних, технічних, гігієнічних та організаційних заходів, що служать для створення безпеки, збереження здоров'я і працездатності людини у процесі праці.

Законодавство України про охорону праці складається із: Закону "Про охорону праці"[43], "Кодексу законів про працю України", Закону "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення", Закону України "Про пожежну безпеку", "Норм радіаційної безпеки України (НРБУ-97)" та інших нормативно-правових актів, які регулюють взаємовідносини між різними суб'єктами права у сфері охорони праці[44, 45, 46].

Закон України "Про охорону праці" визначає положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону їхнього життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює за участю відповідних державних органів відносини між власником підприємства, установи й організації або уповноваженим ним органом (далі - власник) і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

У "Кодексі законів про працю України" визначається правове регулювання охорони праці у главах "Трудовий договір", "Робочий час", "Час відпочинку", "Нагляд і контроль за додержанням законодавства про працю", "Праця молоді", "Праця жінок", "Охорона праці".

4.1.1. Основні вимоги і положення охорони праці

Відповідно до закону України "О охороні праці", Кодексу закону України про працю і інших нормативних актів, а також відповідно до міжнародних договорів і угод вводяться різні державні і галузеві нормативні акти по охороні праці, правила, стандарти, положення, нормативи і інші документи, які є обов'язковими для підприємств всіх форм власності при проектуванні і експлуатації виробничого устаткування, транспортних засобів.

В Україні діють всі норми і правила, розроблені в 1972-1992 рр., до ухвалення закону про охорону праці. В даний час, починаючи з 1993 року, розробляються нові нормативні документи «Державні нормативні акти про охорону праці» - ДНАОП [45, 46]. На транспорті, транспортних підприємствах і заводах транспортного машинобудування окрім загальних положень по охороні праці в промисловості діють і міждержавні стандарти країн СНД, які після їх розгляду у відповідних організаціях упроваджуються до України.

Забезпечення здорових і безпечних умов праці покладається на адміністрацію підприємств. Адміністрація зобов'язана упровадити сучасні засоби техніка безпеки, застережлива виробничий травматизм, і забезпечувати санітарно-гігієнічні умови що запобігають виникненню професійних захворювань робітників і службовців.

Виробничі будівлі, споруди, устаткування, технологічні процеси повинні відповідати вимогам, що забезпечують здорові і безпечні умови праці. Ці вимоги включають: раціональне використання території і виробничих приміщень, правильну експлуатацію устаткування і організацію технологічних процесів, захист робітників від дії шкідливих умов праці, вміст виробничих приміщень і робочих місць відповідно до санітарно-гігієнічних норм і правил. При проектуванні, будівництві і експлуатації виробничих будівель і споруд повинні дотримуватися правила і норми по охороні праці. Проекти машин,

механізмів і іншого виробничого устаткування повинні відповідати вимогам по техніці безпеки.

Адміністрація підприємств зобов'язана здійснювати організаційну роботу по забезпеченню безпечних і здорових умов праці (планування і фінансування різних заходів щодо охорони праці, проведення інструктажу робітників і службовців по техніці безпеки і тому подібне).

У законодавстві про працю особлива увага приділяється дотриманню вимог охорони праці при проектуванні і розробці нових підприємств, машин, устаткування і технологічних процесів.

У розвиненому суспільстві, де охорона праці є визначальною соціальною категорією, відношення інженерно-технічних і керівних працівників до практичного здійснення у виробничих умовах заходів щодо охорони праці повинне служити критерієм їх цивільної зрілості. При цьому слід враховувати і те, що охорона праці є важливим економічним чинником — поліпшення умов праці впливає на продуктивність, якість продукції, що випускається, зменшення числа аварій зниження текучості кадрів, зниження травматизму, профзахворювань і пов'язаних з цим економічних втрат.

Зростає виробництво машин, механізмів, приладів, апаратури, призначених безпосередньо для поліпшення умов праці, підвищення безпеки що працюють, розширюється асортимент і покращується якість спецодягу і запобіжних пристосувань.

Сучасне виробництво вимагає, аби безпека праці робітників базувалася на науково-технічній основі з врахуванням технічного прогресу.

4.1.2. Аналіз шкідливих і небезпечних чинників на транспорті

Науково-технічна революція привела до інтенсивного зростання виробництва до ускладнення техніки. Це неминуче наводить до зміни умов

праці. Разом з автоматизацією і механізацією технологічних процесів, завдяки яким усувається важка фізична, ручна праця, все ж діють чинники, у тому числі і нові, що створює небезпеку для здоров'я і життя тих, що працюють.

Відповідно до визначення [47], виробнича небезпека - можливість дії на працюючих небезпечних і шкідливих виробничих чинників. До небезпечних виробничих чинників відносять чинники, дія яких на того, що працює наводить до травми, а до шкідливих — чинники, які наводять до захворювання.

Згідно [47], небезпечні і шкідливі виробничі фактори розділяються за природою дії на наступні групи: фізичні, хімічні, біологічні і психофізіологічні.

Група фізичних небезпечних і шкідливих чинників розділяється на наступні підгрупи:

- рухомі машини і механізми, незахищені рухливі елементи виробничого устаткування, вироби, що пересуваються, заготовки, матеріали;
- підвищена або знижена температура поверхонь устаткування, матеріалів;
- підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищений рівень інфразвукових коливань;
- підвищений рівень ультразвуку;
- підвищений або знижений барометричний тиск в робочій зоні і його різка зміна;
- підвищена або знижена вологість повітря;
- підвищена або знижена рухливість повітря;
- підвищена запилена і загазованість повітря робочої зони;

- підвищена або знижена іонізація повітря;
- підвищений рівень іонізуючих випромінювань в робочій зоні;
- небезпечна напруга в електричному ланцюзі;
- підвищений потенціал статичної електрики;
- підвищена щільність потоку електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону;
- підвищена напруженість електричного або магнітного поля;
- підвищена інтенсивність випромінювань оптичного діапазону;
- відсутність або недолік природного світла;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищена яскравість світла;
- знижена контрастність;
- пряма і відбита блесккість;
- підвищена пульсація світлового потоку.

Група хімічних небезпечних і шкідливих виробничих чинників підрозділяється на наступні підгрупи:

- по характеру дії на організм людини (загальнотоксичні, дратівливі, сенсibiliзуючі, канцерогенні, мутагенні, впливаючі на репродуктивну функцію);
- по шляху проникнення в організм людини через дихальні дороги, травну систему, шкірний покрив.

Група біологічних небезпечних і шкідливих виробничих чинників включає. Біологічні об'єкти, дія яких на тих, що працюють викликає травми або захворювання:

- мікроорганізми (бактерії, віруси, рикетсії, спірохети, гриби, та ін.);
- макроорганізми (рослини і тварини).

Група психофізіологічних небезпечних і шкідливих виробничих чинників по характеру дії підрозділяється на наступні підгрупи; фізичні і нервово-психічні перевантаження.

Фізичні перевантаження підрозділяються на статичні, динамічні і гіподинамічні, а нервово-психічні — на розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці і емоційні перенавантаження.

Серед небезпечних виробничих чинників особливо небезпечні шкідливі речовини. Відповідно до [48], шкідливою речовиною називають речовину, яка при контакті з організмом людини в разі порушення вимог безпеки може викликати, — виробничі травми, професійні захворювання або відхилення в стані здоров'я, що об'являється сучасними методами як в процесі роботи, так і в віддалені терміни життя сьогодення і подальшого покоління.

По мірі дії на організм шкідливі речовини підрозділяються на чотири класи безпеки; 1 — речовини надзвичайно небезпечні; 2 — високонебезпечні; 3 — помірно небезпечні; 4 — слабо небезпечні.

Робота залізничників основних професій протікає в умовах, безпосередньо пов'язаних з рухом потягів і виробництвом маневрів, тобто в умовах підвищеної безпеки. Порушення вимог безпеки при виконанні таких робіт може спричинити випадки травматизму з важким результатом в результаті наїзду рухомого складу на людей. Тому при знаходженні на залізничному полотні, переході через шляхи або виконанні робіт на залізничних коліях необхідно строго дотримувати загальні вимоги безпеки, встановлені на основі багаторічної практики роботи залізничного транспорту.

Ці вимоги в першу чергу виходять з того, щоб працівники без потреби не знаходилися на залізничних коліях, роботи виконувалися в інтервали між проходячими поїздами, а місця робіт захищалися відповідними сигналами. Особливі заходи безпеки здійснюються при роботі на електрифікованих лініях.

Забезпечення безпеки працівників, що виконують роботи на полотні залізничної колії, покладено на безпосереднього керівника робіт. Разом з тим всі працівники повинні бути ознайомлені з правилами поведінки на залізничних коліях.

Проходи на роботу і з роботи дозволяються тільки по узбіччю земляного полотна або в стороні від шляху під наглядом і відповідальністю керівника робіт або спеціально виділеного працівника.

У випадках коли неможливо пройти в стороні від шляху або по узбіччю, допускається прохід робітників по шляху, але при цьому повинні бути вжиті відповідних заходів обережності. При наближенні потягу робітники завчасно відводяться убік від рейкової колії. На двоколійній лінії слід йти назустріч правильному руху потягів. Керівник попереджає робітників про особливу обережність і стежить за тим, щоб вони йшли поодиноці (один за одним) або по два в ряду, не допускаючи відставання працівників і руху їх безладним натовпом.

Керівник повинен знаходитися позаду групи, захищаючи її розгорненим червоним прапором (вночі — ліхтарем з червоним вогнем). Попереду групи йде спеціально виділений і проінструктований робітник, що також захищає групу сигналами зупинки.

В умовах поганої видимості (в крутих кривих і глибоких виїмках, в лісистій або забудованій місцевості, а також в темний час доби, в туман, завірюху) керівник робіт, крім того, виділяє двох сигналістів. Вони слідуєть попереду і позаду групи на відстані зорового зв'язку, але так, щоб

потяг, що наближається, був видний їм за 500 м від групи, що йде, і своєчасно оповіщають о. наближенні потягу. Сигналісти йдуть з розгорненими червоними прапорами (вночі — з ліхтарями з червоним вогнем) і захищають групу робітників, що йде, до тих пір, поки вони не зійдуть з шляху.

При наближенні потягу або путніх машин до групи, що йде, на відстань не менше 400 м робітники відводяться убік від шляху. Нижче приведені відстані (в м) від крайньої рейки, на які повинні відводитися робітники при підході рухомого складу. При перевезенні інструменту і матеріалів на двоколісних однорейкових або одноосних візках кількість супроводжуваних їх робітників повинна бути достатньою для зняття вантажу і прибирання з шляху візка завчасно до підходу потягу. Маршрути проходів на території кожної станції повинні бути наперед продумані і позначені покажчиками.

На станціях переходити шляхи слід по найкоротшій відстані, тобто під прямим кутом, заздалегідь переконавшись в тому, що на шляхах, що перетинаються, немає рухомого складу, що наближається (локомотивів, вагонів, автодрезин і т. п.).

Особливо обережним треба бути при виході на шлях позаду того, що коштує складу, біля стрілочних постів, платформ і інших станційних споруд, погіршуваних видимість сусідніх з ними шляхів. Не можна переходити і перебігати шлях перед складом або локомотивом, що наближається.

Під час переходу через шляхи не можна наступати на рейки, ставати між рамними рейками і дотепниками або в жолоби хрестовини стрілочного перекладу, оскільки це може привести до падіння або травмування.

У всіх випадках, коли вимагається перейти шлях, зайнятий вагонами, слід користуватися тільки гальмівними майданчиками. При необхідності обходу вагонів, що стоять на шляхах, треба переходити шлях на відстані не менше 5 м від крайнього вагону. Забороняється пролізати під вагонами, що стоять, переносити під вагонами інструмент, прилади і матеріали, переходити по ударних і зчіпних приладах або між вагонами, що стоять на відстані менше 10 м один від одного. При виході на шлях через стрілочні пости, лінійно-путніх і інших будівель, погіршуваних видимість шляху, необхідно заздалегідь переконатися у відсутності рухомих одиниць, що рухаються по ньому[49].

4.1.3. Проектні дослідження за розрахунком освітлення залізничної станції

Розрахунок системи освітлення залізничної станції

Вихідні данні:

Довжина - $A_T = 800\text{м}$.

Ширина - $B_T = 30\text{м}$.

Нормативний коефіцієнт освітленості:

$E_n = 10\text{лк}$

Розрахунок:

1. Визначається площа території:

$$S_T = A_T \cdot B_T \quad (4.1)$$

$$S_T = 800 \cdot 30 = 24000 \text{ м}^2$$

де A_T і B_T – довжина і ширина території, м.

2. Вибирається тип прожектора, тип джерела світла і його потужність (чим більше площа, тим потужніше джерело світла).

Для дослідження обираємо наступні пристрої:

1. Прожектор ПСМ-40-1. Тип лампи та її потужність Г220 500Вт.
2. Прожектор ПСМ-50-2. Тип лампи та її потужність ПЖ220 1000Вт.
3. Визначається кількість прожекторів для освітлення відкритої території за методикою питомої потужності:

$$n = \frac{m \cdot E_n \cdot S_T}{P_n} \quad (4.2)$$

$$n_1 = \frac{m \cdot E_n \cdot S_T}{P_n} = \frac{0,3 \cdot 10 \cdot 24000}{500} = 144 \text{ пр.}$$

$$n_2 = \frac{m \cdot E_n \cdot S_T}{P_n} = \frac{0,3 \cdot 10 \cdot 24000}{1000} = 72 \text{ пр.}$$

де m - коефіцієнт світловіддачі прожектора, приймається в межах 0,3...0,5;

E_n - освітленість за нормою, лк;

S_T - площа території, m^2 ;

P_n - потужність лампи, Вт.

4. Вибирається максимальна висота щогл за величиною нормативної освітленості, типу прожектора і ламп.

1. Для прожектора ПСМ-40-1 з лампою Г220-500, висота щогл дорівнює $H_{max} = 10\text{м}$.

2. Для прожектора ПСМ-50-2 з лампою ПЖ220-1000, висота щогл дорівнює $H_{max} = 25\text{м}$.

5. Визначається кількість щогл обраної висоти при встановленні декількох прожекторів на одній щоглі:

$$N_m = \frac{n}{n_i} \quad (4.3)$$

$$N_{m1} = \frac{144}{4} = 36 \text{ од.}$$

$$N_{m2} = \frac{72}{4} = 18 \text{ од.}$$

де n_i - кількість прожекторів на одній щоглі, приймається від 1 до 8.

6. Визначається площа освітлення одного прожектора і однієї щогли:

$$S_n = \frac{S_T}{n} \quad (4.4)$$

$$S_m = \frac{S_T}{N_m} \quad (4.5)$$

$$S_{n1} = \frac{24000}{144} = 166,6 \text{ м}^2$$

$$S_{n2} = \frac{24000}{72} = 333,3 \text{ м}^2$$

$$S_{m1} = \frac{24000}{36} = 666,6 \text{ м}^2$$

$$S_{m2} = \frac{24000}{18} = 1333,3 \text{ м}^2$$

6. Визначається відстань між щоглами при розташуванні їх в ряд або в шаховому порядку і відстань між напрямком осей прожекторів:

$$l_n = \frac{A_T}{n} \quad (4.6)$$

$$l_p = \frac{A_T}{N_m} \quad (4.7)$$

$$l_{ш} = \frac{A_T}{N_m - 1} \quad (4.8)$$

$$l_{n1} = \frac{800}{144} = 5,55 \text{ м.}$$

$$l_{n2} = \frac{800}{72} = 11,11 \text{ м}$$

$$l_{p1} = \frac{800}{36} = 22,22 \text{ м.}$$

$$l_{p2} = \frac{800}{18} = 22,22 \text{ м.}$$

$$l_{ш1} = \frac{800}{36 - 1} = 22,85 \text{ м.}$$

$$l_{ш2} = \frac{800}{18 - 1} = 47 \text{ м.}$$

4.1.3. Пожежна безпека

Пожежа - неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, яке призводить до матеріальної шкоди.

Пожежна безпека – стан об’єкта, при якому з регламентованою ймовірністю виключається можливість виникнення та розвиток пожежі і впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Причинами пожеж та вибухів на підприємстві є порушення правил і норм пожежної безпеки, невиконання Закону “Про пожежну безпеку”.

Заходи з пожежної профілактики поділяються на організаційні, технічні, режимні та експлуатаційні.

Небезпечними факторами пожежі і вибуху, які можуть призвести до травми, отруєння, загибелі або матеріальних збитків є відкритий вогонь, іскри, підвищена температура, токсичні продукти горіння, дим, низький вміст кисню, обвалення будинків і споруд.

Спалимі рідини більш пожежонебезпечні, ніж тверді матеріали і речовини, тому що вони легко займаються, інтенсивніше горять та утворюють з повітрям вибухо- та пожежонебезпечні суміші і характеризуються температурою спалаху, нижньою і верхньою межею поширення полум’я нижньою і верхньою межею поширення полум’я.

- Легкозаймисті (ЛЗР) – це рідини з температурою спалаху до 61°C (в закритому тиглі) або до 66 °C (у відкритому тиглі).

- Спалимі рідини (СР) – це рідини з температурою спалаху понад 61°C (в закритому тиглі) або понад 66 °C (у відкритому тиглі).

Виходячи з властивостей речовин і матеріалів, умов їх застосування і обробки і у відповідності із ОНТП 24-86 “Визначення категорій приміщень і будівель по вибухопожежній і пожежній небезпеці” приміщення по вибухопожежній і пожежній небезпеці діляться на п’ять категорій – А, Б, В, Г, Д.

До категорії Г належать приміщення, в яких є неспалимі речовини та матеріали в гарячому, розпеченому або розплавленому стані, а також спалимі

гази, рідини та тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо; процес їх обробки супроводжується виділенням променевої теплоти, іскор та полум'я.

Засоби та способи гасіння пожежі.

Пожежу, яка виникла можна ліквідувати, якщо забрати один з трьох факторів необхідних для горіння: горючу речовину, окислювач, джерело тепла.

Існують два способи гасіння пожеж: фізичний та хімічний.

До фізичних способів припинення горіння відносяться:

- охолодження зони горіння або горючих речовин
- розбавлення реагуючих речовин в зоні горіння негорючими речовинами
- ізоляція реагуючих речовин від зони горіння.

Хімічний спосіб припинення пожежі – це хімічне гальмування реакції горіння. До основних засобів гасіння пожежі (з допомогою яких здійснюється той чи інший спосіб припинення горіння) відносяться:

- вода (у вигляді струменя або у розпиленому стані);
- інертні гази (вуглекислий газ, азот);
- піни хімічні та повітряномеханічні;
- порошкові суміші;
- покривала з брезенту та азбесту.

Для гасіння пожеж всередині будівель, крім пожежних кранів встановлюються автоматично діючі спринклерні або дренчерні установки. Спринклерна установка водяної системи являє собою розгалужену мережу труб під стелею зі спринклерними головками (розбризкувачами), які закриті легкоплавкими замками, що розраховані на спрацювання при температурі 72, 93, 141, 182 °С. Установки мають контрольно-сигнальний клапан, який пропускає воду в спринклерну мережу, при цьому одночасно подає звуковий сигнал, контролює тиск води до і після клапану.

4.2. Безпека у надзвичайних ситуаціях

Безпека у надзвичайних ситуаціях – це стан захищеності населення, робітників та службовців об'єктів економіки та довкілля від небезпеки у надзвичайних ситуаціях.

Надзвичайна ситуація – обстановка на окремій території чи суб'єкті господарювання на ній або водному об'єкті, яка характеризується порушенням нормальних умов життєдіяльності населення, спричинена катастрофою, аварією, пожежею, стихійним лихом, епідемією, епізоотією, епіфітотією, застосуванням засобів ураження або іншою небезпечною подією, що призвела (може призвести) до виникнення загрози життю або здоров'ю населення, великої кількості загиблих і постраждалих, завдання значних матеріальних збитків, а також до неможливості проживання населення на такій території чи об'єкті, провадження на ній господарської діяльності [50, 51].

Цивільний захист – це функція держави, спрямована на захист населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій шляхом запобігання таким ситуаціям, ліквідації їх наслідків і надання допомоги постраждалим у мирний час та в особливий період.

Тема: Оцінка стійкості залізничної станції при аварії на хімічно небезпечному об'єкті.

У промисловості використовуються різноманітні хімічні речовини. Значна їх частина становить серйозну небезпеку для людини при впливі на органи дихання, слизової оболонки, шкіру, шлунково-кишковий тракт.

Небезпечна хімічна речовина (НХР) – це хімічна речовина, дія якої може привести до загибелі, гострого або хронічного захворювання людей та завдати шкоди навколишньому середовищу.

Токсичність – це здатність НХР вражати людину.

Для кількісної оцінки характеристики токсичності НХР використовуються поняття – **токсодоза** D . Токсодози поділяються на: $D_{гр}$ – гранична, $D_{вр}$ – вражаюча, $D_{см}$ – смертельна.

Гранично припустима токсодоза (ГПК) – така доза (концентрація), при якій симптоми отруєння ще не наступають.

Середня гранична токсодоза (токсодоза PC_{50}) – доза, яка викликає початкові симптоми ураження НХР у 50% уражених людей. Це мінімальна ефективна концентрація (найменша кількість речовин, яка може викликати відчутний фізіологічний ефект).

Середня вражаюча (токсодоза IC_{50}) – доза, яка призводить до виходу з ладу 50% уражених людей.

Середня смертельна (токсодоза LC_{50}) – доза, яка призводить до загибелі 50% людей або тварин при 2-4 годинній інгаляційній дії НХР.

При загальній дії токсичний ефект з'являється після попадання НХР в кров через шкіру (шкіряна резорбційна токсичність), органи дихання (інгаляційна токсичність) або шлунково-кишковий тракт (пероральна токсичність). Відповідно при оцінці токсичності необхідно враховувати як характер і ступінь токсичності, так і спосіб попадання НХР в організм людини.

Інверсія виникає при ясній погоді, малій швидкості вітру (до 4 м/с), у вечірній час, приблизно за 1 годину до заходу сонця і припиняється протягом години після заходу сонця. При інверсії нижні шари повітря холодніші за верхні, що перешкоджає розсіюванню його по висоті і створює найбільш сприятливі умови для збереження високих концентрацій зараженого повітря.

Конвекція виникає при ясній погоді, малих швидкостях вітру десь за 2-2,5 години до заходу сонця. При конвекції нижні шари повітря нагріваються сильніше ніж верхні і це сприяє швидкому розсіюванню зараженої хімічною речовиною хмари і зменшенню вражаючої дії.

Ізотермія спостерігається в хмарну погоду і характеризується стабільною рівновагою повітря в межах 20-30 метрів від земної поверхні. Ізотермія, так само як і інверсія, сприяє тривалому застою парів ОР і СДОР на місцевості, в лісі, несених пунктах.

Вихідні дані:

Об'єкт господарювання: Залізнична станція (відкрита місцевість);

НХР(фазовий стан): Сірчистий ангідрид (рідина з темп. до 20°C);

Об'єм НХР, Q (кг): 3000;

Час доби: ніч;

Хмарність: мінлива хмарність;

Температура повітря, T (°C): 20;

Швидкість вітру, U (м/с): до 0,5-3-5-7;

Напрямок вітру: Від зруйнованої ємності на об'єкт господарювання;

Глибина зони токсичного забруднення, Г (м): 2000;

Висота обвалування (м): 1;

Умови розташування людей: на відкритій місцевості.

Виконати:

1. Визначити стійкість залізничної станції при виникненні аварії на хімічно небезпечному об'єкті.

Розв'язок:

1. Визначаємо коефіцієнт місцевості K_m і коефіцієнт ступеня вертикальної стійкості атмосфери $K_{свса}$.

Для наведених метеоумов, за таблицею 4.1.1. визначаємо ступінь вертикальної стійкості повітря (СВСП):

- при швидкості вітру до 2 (м/с) СВСП – інверсія;
- при швидкості вітру від 2.1 до 7 (м/с) СВСП – ізотермія.

За таблицю 4.1.2 визначаємо коефіцієнт $K_{\text{свса}}$:

- при інверсії $K_{\text{свса}}=1$;
- при ізотермії $K_{\text{свса}}=1,5$;

За таблицю 4.1.3 визначаємо коефіцієнт $K_{\text{м}}$:

- для відкритої місцевості $K_{\text{м}}=1$.

За таблицю 4.1.4 визначаємо коефіцієнт $K_{\text{зм}}$:

- при висоті обвалування 1м $K_{\text{зм}}=2,5$

За таблицю 4.1.5 визначаємо коефіцієнт α :

- для рідини з темп. до 20°C $\alpha=0,22$

2. Визначаємо граничну токсодозу для швидкості вітру $U=0,5$ (м/с):

$$D_{\text{гр}} = \frac{200 \cdot Q \cdot \alpha}{U \cdot K_{\text{свса}} \cdot \sqrt{(K_{\text{м}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot \Gamma)^3}} = \frac{200 \cdot 3000 \cdot 0,22}{0,5 \cdot 1 \cdot \sqrt{(1 \cdot 2,5 \cdot 2000)^3}} = \frac{132000}{176776,7} = 0,746 \left(\frac{\text{МГ}}{\text{Л}} \cdot \text{хв} \right)$$

Таблиця 4.1.1 Графік для оцінки ступеня вертикальної стійкості повітря за даними прогнозу

Швидкість вітру U , м/с	День			Ніч		
	ясно	мінлива хмарність	хмарно	ясно	мінлива хмарність	хмарно
до 0,5 м/с						
0,6-2 м/с						
2,1-4 м/с						
Більше 4 м/с						

– Інверсія
 – Ізотермія
 – Конвекція

Таблиця 4.1.2 Коефіцієнт ступеня вертикальної стійкості атмосфери

Інверсія (Г)	Ізотермія (Д)	Конвекція (А)
1	1,5	2

Таблиця 4.1.3 Значення поправочного коефіцієнта місцевості ($K_{\text{м}}$) для визначення граничної токсодози

Відкрита місцевість	Міська забудова	Лісові масиви
1	3,5	3,5

Таблиця 4.1.4. Коефіцієнт зменшення ($K_{зм}$) глибини поширення хмари НХР при виливі (викиді) «у піддон», «обвалування»

Найменування НХР	Висота обвалування, м		
	1	2	3
Хлор	2,1	2,4	2,5
Аміак	2,0	2,25	2,35
Сірчаний ангідрид	2,5	3,0	3,1
Фосген	2,5	3,4	4,5
Синильна кислота	3,0	5,5	7,2
Сірководень	1,6	1,6	1,6
Соляна кислота	4,6	7,4	10,0
Хлорпікрин	5,3	8,8	11,6
Формальдегід	2,1	2,3	2,5

3. Визначаємо граничну токсодозу для швидкості вітру $U=3$ (м/с):

$$D_{гр} = \frac{200 \cdot Q \cdot \alpha}{U \cdot K_{свса} \cdot \sqrt{(K_M \cdot K_{зм} \cdot \Gamma)^3}} = \frac{200 \cdot 3000 \cdot 0,22}{3 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{(1 \cdot 2,5 \cdot 2000)^3}}$$

$$= \frac{132000}{1590990,6} = 0,08 \left(\frac{\text{мг}}{\text{л}} \cdot \text{хв} \right)$$

4. Визначаємо граничну токсодозу для швидкості вітру $U=5$ (м/с):

$$D_{гр} = \frac{200 \cdot Q \cdot \alpha}{U \cdot K_{свса} \cdot \sqrt{(K_M \cdot K_{зм} \cdot \Gamma)^3}} = \frac{200 \cdot 3000 \cdot 0,22}{5 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{(1 \cdot 2,5 \cdot 2000)^3}}$$

$$= \frac{132000}{2651650,4} = 0,05 \left(\frac{\text{мг}}{\text{л}} \cdot \text{хв} \right)$$

5. Визначаємо граничну токсодозу для швидкості вітру $U=7$ (м/с):

$$D_{гр} = \frac{200 \cdot Q \cdot \alpha}{U \cdot K_{свса} \cdot \sqrt{(K_M \cdot K_{зм} \cdot \Gamma)^3}} = \frac{200 \cdot 3000 \cdot 0,22}{7 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{(1 \cdot 2,5 \cdot 2000)^3}}$$

$$= \frac{132000}{3712310,6} = 0,036 \left(\frac{\text{мг}}{\text{л}} \cdot \text{хв} \right)$$

6. Порівнюючи розраховані $D_{гр}$ з гранично встановленою (табл. 4.1.6)

$D_{гр.вст} = 1,8 \left(\frac{мг}{л} \cdot хв \right)$, робимо висновок про стійкість залізничної станції до хімічного забруднення. У результаті розрахунків стійкості залізничної станції при аварії на об'єкті з ємністю сірчистого ангідриду та йодного об'ємом 2000л, видно, що у всіх випадках, залізнична станція є стійкою до хімічного забруднення, тому що $D_{гр.вст} > D_{гр}$.

При перебуванні людей у будівлях чи інших приміщеннях, розрахункові токсодози слід зменшити в 2 рази.

При хімічному забрудненні місцевості, подається сигнал «Увага всім!» з інформацією «аварія на хімічно небезпечному об'єкті», де і коли відбулася аварія на ХНО [52].

Заходи що до підвищення стійкості об'єкта при хімічному зараженні:

- використання засобів індивідуального захисту: від сірчистого ангідриду протигазу - ИП-4, КИП-8, АП-96, АСВ-2, і засоби захисту шкіри (костюми Л-1, КИХ-4);
- залишатися в приміщенні, закрити всі двері, вікна, за герметизувати всі отвори, вимкнути вентиляцію, системи кондиціонування і обігріву;
- не залишати укриття до одержання інструкцій від влади або до інформації о ліквідації аварії;
- якщо влада розпорядилася евакуювати населення, візьміть із собою радіоприймач, теплий одяг, усі необхідні вам медикаменти, особисті документи і гроші;
- вчасно залишіть зону забруднення, рухаючись перпендикулярно до напрямку вітру;
- якщо ви перебуваєте по за приміщенням, то закрийте ніс і рот хусткою (краще вологою), увійдіть до найближчого будинку і залишайтеся в ньому, поки не буде дана інформація про відбій хімічної небезпеки або розпорядження про евакуацію;

- якщо ви знаходитесь у автомобілі, то вимкніть вентиляцію і закрийте вікна, слухайте радіо, спробуйте залишити автомобіль і укритися в найближчому будинку;
- якщо ви вважаєте, що піддалися впливу токсичних речовин, то приміть душ, перевдягніть одяг і відвідайте лікаря, як тільки буде інформація про відбій хімічної небезпеки;
- при приїзді на нове місце перебування довідайтеся у місцевих органів державної влади і місцевого самоврядування адреси організацій, що несуть відповідальність за надання допомоги потерпілому населенню[53, 54].

4.3. Висновки

У даному розділі розглянуто загальні питання охорони праці і техніки безпеки при роботі на залізничній станції, створенню здорових та безпечних умов праці, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі трудової діяльності, були спроектовані рішення з охорони праці стосовно до висвітлення залізничної станції розмірами 800х30м. За розрахунковими даними токсодоз, при заданих метеоумовах, залізнична станція виявилась стійкою до хімічного забруднення.

ВИСНОВКИ

За допомогою системного підходу залізничну транспортну систему (ЗТС), що забезпечує доставку вантажів, визначено як складну соціально-економічну цілеспрямовану людино-машинну систему, глобальною метою якої (як і даної роботи) є прискорення доставки вантажів від станцій відправлення до станцій призначення.

Аналіз стану справ із термінами доставки вантажів на залізничному транспорті України показав незадовільну картину – більше половини відправок вантажів доставляються до місць призначення з простроченням терміну, а швидкість доставки у середньому не набагато перевищує швидкість пішохода. Штрафи за прострочення доставки вантажів вже складають близько десяти мільйонів гривень на рік і, при такому стані справ, безумовно, зростатимуть.

Серед численних кількісних та якісних параметрів, що характеризують стан і розвиток ЗТС, цілеспрямовано та системно було обрано саме ті, що найбільшою мірою впливають на швидкість і терміни доставки вантажів і було поставлено задачу їх оптимізації за узагальнюючим критерієм мінімуму сумарних витрат і збитків залізниць, пов'язаних з доставкою вантажів, а також за частковими технологічними критеріями, з урахуванням взаємодії основних елементів ЗТС доставки вантажів – сортувальних станцій і дільниць.

Визначено параметри ЗТС, що підлягають оптимізації – це состав (маса) поїздів, що визначає простої вагонів під накопиченням; режим роботи сортувальних систем і станцій (цілодобовий, денний); режим підведення до них поїздів та тягового обслуговування перевезень, що також визначають простої вагонів і енерговитрати на тягу поїздів; співвідношення маси та швидкості поїздів на дільницях.

Таким чином, було сформульовано науково-практичну проблему необхідності прискорення доставки вантажів за рахунок оптимізації цих параметрів, визначених на підставі обґрунтованого вибору.

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

1. дослідити показники системи організації сортувальної роботи та вагонопотоків на залізничному транспорті;
2. обрати критерії оптимізації й оптимізувати визначені параметри системи організації сортувальної роботи та вагонопотоків;
3. обґрунтувати, на рівні методик, придатних для практичного інженерного застосування, технології прискореної доставки вантажів залізничним і змішаним транспортом.

В результаті вирішення першої задачі:

- встановлено, що на 36 станціях мережі залізниць України, що класифікуються як сортувальні, переробка вагонів порівняно з 1991 роком скоротилася в 2-3 рази, а технічні засоби більшості станцій завантажені як правило на 50% і менше;

- доведено, що залежність основного якісного показника роботи сортувальних станцій – простою транзитного вагона – від основного кількісного показника – середньодобового транзитного вагонопотоку є неоднозначною та багатофакторною;

- визначено основні фактори, що впливають на простої транзитного вагона з переробкою на конкретних сортувальних станціях – це, крім потужності середньодобових транзитних вагонопотоків з переробкою та без переробки, також і кількість призначень плану формування поїздів даної сортувальної станції, кількість підходів до неї, характерні для станції простої транзитних вагонів у попередньому періоді;

- запропоновано базову математичну модель, яка враховує наведені вище чинники та дозволяє з достатньою для інженерних цілей точністю (10-20% похибки) прогнозувати термін доставки вантажу на конкретному маршруті.

В результаті вирішення другої задачі:

- аргументовано, що шлях закриття чи консервації малодіяльних сортувальних станцій, яким пішли Західна Європа і Японія, є неприйнятним для сучасної України, оскільки тягне за собою серйозні соціальні наслідки та запропоновано інший шлях – переведення сортувальних станцій і систем, там де це доцільно з технологічно-економічної точки зору, на денний режим роботи і одночасне впровадження згущеного підведення та відправлення вантажних поїздів переважно в нічний час (формування мережі «нічних» вантажних експресів);

- запропоновано, що для оптимізації графіків руху з урахуванням енергозбереження, максимальна кількість «нічних» пасажирських поїздів повинна переводитись в категорію денних експресів, що в комплексі забезпечить економію витрат на тягу поїздів у розмірі не менше 380-500 тис. грн. на рік; визначено критерії та обмеження згаданої технологічно-економічної доцільності;

- визначено критерії оптимізації кількості вагонів в составах поїздів, що накопичуються та формуються на сортувальних станціях (крім маршрутів), зокрема технологічний критерій – можливий мінімум часу простою транзитного вагона з переробкою на сортувальній станції та економічний критерій – мінімум сумарних витрат і збитків, пов'язаних з вагоно-годинами потрібного робочого парку в процесі доставки, з роботою маневрових і поїзних локомотивів та штрафами за прострочення доставки вантажів;

- запропоновано методику оптимізації співвідношення маси та швидкості вантажних поїздів змінної маси, що сприяє мінімізації витрат енерговитрат на тягу поїздів;

В результаті вирішення третьої задачі дослідження розроблені придатні для інженерного застосування та вже використані на замовлення Укрзалізниці методики технологічно-економічних обґрунтувань доцільності впровадження нових технологій перевізного процесу:

- вантажних поїздів змінної (зменшеної) маси (крім маршрутів);
- вантажних поїздів – «нічних експресів», що обертаються за маятниковими або кільцевими маршрутами за твердим розкладом;
- термінової доставки вантажів пасажирськими поїздами.

Таким чином, в ході дослідження отримані наступні найбільш суттєві науково обґрунтовані та експериментально підтверджені результати:

1. Визначення системних взаємозв'язків і найбільш вагомих параметрів ЗТС, що впливають на терміни доставки, збереження вантажів та перспективи сталого розвитку ЗТС.
2. Формулювання технологічних і економічних критеріїв оптимізації визначених параметрів ЗТС доставки вантажів.
3. Створення базової математичної моделі прогнозу терміну доставки вантажів на конкретному маршруті перевезення, що враховує розміри транзитних вагонопотоків і особливості сортувальних станцій на шляху прямування вантажу, достовірність якої є достатньою для практичного застосування.
4. Опрацювання методик оптимізації кількості вагонів в складі поїзда, співвідношення маси та швидкості руху вантажних поїздів, чисельності парку транспортних засобів в залежності від коливання попиту на перевезення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Концепція та програма реструктуризації на залізничному транспорті України. – К.: НАБЛА, 1998. – 145 с.
2. Аббасов И.Д. Исследование оптимального режима работы сортировочных станций по переработке вагонопотоков в адрес подъездных путей // Вестник Ростов. гос. ун-та путей сообщ. – 2002. - № 2. – С.60-61.
3. Аветикян М.А. Высокие технологии перевозочного процесса // Железнодорожный транспорт. – 2001. - № 11. – С. 73-77.
4. Автоматизированная система управления работой сортировочной станции на базе Windows NT / А.А. Москалев, С.Ю. Головченко, С.И. Лузик, И.Л. Озерков, С.А. Косенко // Автоматика, телемеханика и связь. – 1997. - № 6. – С. 10-12; № 11. – С. 10-12; № 12. – С. 2-4.
5. Автоматизация технологических процессов в системе оперативного управления сортировочной станцией: Учеб. пособие / [Кузнецов Л. П., Иванченко В. Н., Лябах Н. Н., Самойленко Ю. А.]. - Ростов н/Д : РИИЖТ, 1984. - 77 с.
6. Автоматизированные информационно-управляющие системы на сортировочных станциях железнодорожного транспорта: Межвуз. сб. науч. тр. / Днепропетр. ин-т инженеров ж.-д. трансп. [Редкол.: Е. М. Шафит (гл. ред.) и др.]. – Д. : ДИИТ, 1990. - 79 с.
7. Автоматизированные информационные системы на сортировочных станциях железнодорожного транспорта: Межвуз. сб. науч. тр. / Днепропетр. ин-т инженеров ж.-д. трансп. / [Редкол.: Е. М. Шафит (гл. ред.) и др.]. – Д. : ДИИТ, 1988. — 105 с.
8. Автоматизированные системы управления технологическими процессами на сортировочных станциях магистрального и промышленного транспорта:

- Межвуз. сб. науч. тр. / Днепропетр. ин-т инженеров ж.-д. трансп. – Д.: ДИИТ, 1985. - 126 с.
9. Акулиничев В.М. Организация вагонопотоков. – М.: Транспорт, 1985. – 286 с.
 10. Алёшинский Е.С. Разработка модели транспортного комплекса "сортировочная станция- прилегающие участки" для выбора рациональной технологии его функционирования: Дис... канд. техн. наук. — Х., 2001. — 204 л.
 11. Архангельский Е.В. Нормативы расчета оптимального плана формирования одногруппных поездов из груженных вагонов // Вестник ВНИИЖТ. – 1999. - № 2. – С. 13-18.
 12. Бабушкин Г.Ф., Завгородний И.П. Организация перевозок и коммерческая работа на промышленном железнодорожном транспорте. - К. : Вища шк., 1981. - 247 с.
 13. Бадах В.И., Стрелков М.В. Рационализация управления переработкой вагонопотоков на станции Петербург-Сортировочный-Московский // Повышение эффективности работы железнодорожного транспорта Сибири и Дальнего Востока: Тезисы Всерос. науч.-практ. конф., Хабаровск-Владивосток, 18-21 окт. 2001. – Т. 1. - Хабаровск, 2001. – С. 148-150.
 14. Баранов А.М., Козлов В.Е., Фельдман Э.Д. Развитие пропускной и провозной способности однопутных линий // Труды ВНИИЖТ. – 1964. – Вып. 280. – С. 196.
 15. Бейтлих, Штеффен. Совершенствование организации контейнерных перевозок на железной дороге: Автореф. дис... канд. техн. наук / Ленингр. ин-т инженеров ж.-д. трансп. - СПб., 1991.
 16. Берлин Н.П. Расчеты и оптимизация параметров устройств сортировочных станций, занятых переработкой местных вагонов // Вопросы развития

- железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. науч. тр. – Гомель: БелИИЖТ, 1981. – С. 66-74.
17. Бобровский В.И. Оценка эффективности систем автоматизации сортировочного процесса методом моделирования: Дис... канд. техн. наук: 05.22.08. – Д., 1973. – 236 с.
18. Бобровский В.И. Теоретические основы совершенствования конструкции и технологии работы железнодорожных станций: Дис... д-ра техн. наук / Днепрпетр. нац. ун-т ж.-д. трансп. — Д., 2002.
19. Болотный В.Я. Совершенствование схем и технологии работы железнодорожных станций: Учеб. пособие для вузов.- М.: Транспорт, 1986.- 280 с.
20. Бородин А.Ф. Адаптивное управление вагонопотоками // Железнодорожный транспорт. – 2005. - № 1. – С.33-37.
21. Бородин А.Ф. Рациональное использование мощностей сортировочных комплексов // Вестник ВНИИЖТ. – 1993. - № 8. – С. 12-18.
22. Бородин А.Ф. Управление вагонопотоками в современных условиях // Железнодорожный транспорт. – 1996. - № 5. – С. 10-15.
23. Бородина Е. В., Дядюк Л. И. Методические принципы концентрации сортировочной работы на Московской железной дороге // Развитие железнодорожного транспорта в условиях реформ. - М.: Интекст. – 2003. - С. 98-104.
24. Бородина Е. В., Дядюк Л. И. Специализация сортировочных станций и систем на полигоне железной дороги // Проблемы разработки ресурсосберегающих технологий в эксплуатации железных дорог: Сб. науч. тр. – М.: Изд-во РГОТУПС, 2003.- С. 66-81.
25. Буринская Т.И. Система имитационного моделирования поддержки и оптимизации решений по распределению сортировочной работы на сети станций // Мат. машини і системи. - 2003. - № 3-4. – С. 130-137.

- 26.Буцько Т.В., Сіконенко Г.М., Рустамов Р.Ш. Оцінка технічного рівня й ефективності роботи сортувальних станцій // Залізничний транспорт України. – 2002. - № 6. – С. 15-17.
- 27.Буянов В.А., Кондрахина Н.В. Жесткий график движения поездов в среде информационных технологий организации перевозок // Вестник ВНИИЖТ. – 2001. - № 4. – С. 3-7.
- 28.Буянов В.А., Тишкин Е.М., Шаров В.А. На пути к информационным технологиям перевозочного процесса // Вестник ВНИИЖТ. – 1998. - № 3. – С. 10-15.
- 29.Буянова В.К. и др. Система организации вагонопотоков. – М.: Транспорт, 1988. – 223 с.
- 30.Буянова В.К., Кондрахина Н.В. Совершенствование системы организации внутридорожных вагонопотоков // Железнодорожный транспорт. – 1993. - № 6. – С.20-23.
- 31.Варгунин В.И. Оптимизация работы сортировочных станций на основе совершенствования методов их расчета в условиях высоких загрузок. – М.: ВЗИИТ, 1987. – 68 с.
- 32.Габа В.В. Інтенсифікація переробки вагонів та використання засобів на сортувальних станціях шляхом впровадження денного режиму їх роботи // Збірник наукових праць Київського університету економіки і технологій транспорту. Сер. „Транспортні системи і технології”.- К., 2004 – Вип. 5 – С. 96 – 101.
- 33.Габа В.В. Оптимізація норм складу вантажних поїздів з урахуванням потужності вагонопотоків // Збірник наукових праць Київського університету економіки і технологій транспорту. Сер. „Транспортні системи і технології”. – К., 2003. – Вип. 4. – С. 111-117.
- 34.Габа В.В., Мироненко В.К. Оптимізація чисельності парку транспортних засобів в умовах коливання попиту на перевезення // Інформаційно-

- управляющие системы на ж.-д. трансп. – 2003. - № 3. – С. 29-31.
35. Галабурда В.Г. Комплексная оценка качества транспортного обслуживания // Железнодорожный транспорт. - 1999. - № 5. - С. 60-64.
36. Горстко А.Б., Угольницкий Г.А. Введение в прикладной системный анализ. – Ростов-н/Дону: Книга, 1996. – 367 с.
37. Гребенюк П.Т. и др. Тяговые расчеты: Справ. / П.Т. Гребенюк, А.Н. Долганов, А.И. Скворцова. – М.: Транспорт, 1987. – 272 с.
38. Гринев А.А. Высокопроизводительная работа сортировочной станции. – М.: Транспорт, 1982. – 87 с.
39. Гришин С.А. Новые рубежи эксплуатационной работы // Железнодорожный транспорт. – 2001. - № 6. – С. 20-23.
40. Грунтов П.С. Расчет эксплуатационной надежности и путевого развития сортировочных станций. – Гомель: Изд-во БелИИЖТ. - 1970. – 108 с.
41. Данько М.І., Лаврухін О.В. Прогнозування розподілу вагонопотоків на основі теорії нечітких множин // Інформаційно-управляючі системи на ж.-д. трансп. – 2004. - № 2. – С. 80-83.
42. Дмитренко А.В., Аксенов В.В., Хамина Е.С. Оценка влияния массы поездов на простой вагонов на грузовых станциях // Совершенствование эксплуатационной работы железных дорог: Сб. науч. тр. - Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2002. - С. 90-96.
43. Дьомін Ю.В. Залізнична техніка міжнародних транспортних систем. – К.: Юнікон-Прес, 2001. – 344 с.
44. Европа без границ в грузовых перевозках // Железные дороги мира. – 2002. - № 2. – С. 20-25.
45. Елисеев С.Ю. Повышение эффективности эксплуатационной работы сортировочных станций за счет внедрения новых автоматизированных систем и информационно-управляющих технологий // Железнодорожный транспорт. – 2005. - № 1. – С. 25-30.

46. Елисеева Т.В., Писаревский Г.Е., Матюшин М.В. Эффективность закрытия малодетальных станций для грузовых операций // Вестник ВНИИЖТ. – 1999. - № 3. – С.11-15.
47. Иловайский Н.Д., Рудых А.М., Каштанов Л.А. Организация вагонопотоков в условиях рынка // Вестник ВНИИЖТ. – 1998. - № 4. – С. 43-48.
48. Казанская И.В., Тарасенкова А.В. Новые технологии на сортировочных станциях // Железнодорожный транспорт в Российской Федерации, СНГ и за рубежом: Обзор ЦНИИ инф. и техн.-экон. исслед. ж.-д. трансп. – 2002. - № 29. – С. 63-71.
49. Катренко А.В. Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації. – Львів: Новий світ, 2000. – 424 с.
50. Кирпа Г.Н. Организация контрейлерных перевозок в Украине. – Д.: Арт-Пресс, 1998. – 132 с.
51. Ковалев В.И., Осьминин А.Т. К вопросу развития теории организации вагонопотоков // Вестник ПГУПС. – 2003. - № 1. – С. 5-11.
52. Ковалев В.И., Осьминин А.Т. Совершенствовать организацию и управление вагонопотоками // Железнодорожный транспорт. – 2002. - № 6. – С. 29-33.
53. Козлов П.А., Александров А.Э. Автоматизированный программный комплекс расчета, регистрации и отображения работы сортировочной станции // Железнодорожный транспорт. – 2003. - № 9. – С. 65-67.
54. Конюхова В.А., Коршунова Т.И., Пищухин А.М. Метасистемная модель сортировочной станции // Железнодорожный транспорт. – 2004. - № 10. – С. 49-51.
55. Корешков А.Н. Выбор оптимальных параметров технологии работы и технического оснащения сортировочных станций. – М. : МИИТ, 1997.-119 с.
56. Корешков В.Н. Способ представления схемы сортировочной станции в ЭВМ // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов: Межвуз. сб. науч. тр. – Гомель: БелИИЖТ, 1998. – С.91-96.

57. Косогляд Р.А. Классификация комбинированных автомобильно-железнодорожных перевозок // Железнодорожный транспорт. – 1998. - № 3. – С. 53-56.
58. Котляренко Ф.М., Иваницкий Н.М. Новый подход к концентрации грузовой работы // Железнодорожный транспорт. – 1993. - № 9. – С. 56-61.
59. Кутах А.П. Модульные принципы имитационного моделирования транспортного процесса // Залізничний транспорт України. – 2003. - № 3. – С. 11-14.
60. Кутах О.П., Фурсова Т.И. Система имитационного моделирования оценки эффективности новых технологий и организации перевозок на железнодорожном транспорте // Кибернетика и систем. анализ. – 2003. - № 6. – С. 156-166.
61. Кучеренко П.Г., Зубков В.Н., Тимошек И.Н. Экономически выгодные поезда // Железнодорожный транспорт. – 1998. - № 10. – С. 12-16.
62. Левицкий И. Е., Цегельник Н. Л., Стрельников И.Н. Об алгоритмах начисления штрафов за просрочку в доставке грузов // Залізничний транспорт України. – 2000. - № 4. - С. 30-33.
63. Левицкий И.Е., Босов А.А., Цегельник Н.Л. Стимулирование железных дорог на выполнение сроков доставки // Залізничний транспорт України. – 2003. - № 1. - С. 17-21.
64. Левицький І.Ю. Удосконалення технології прискореної доставки вантажів на залізницях України в умовах ринку транспортних послуг: Автореф. дис... канд. техн. наук. — Д., 2004.
65. Лерман В.Д. Исследование работы сортировочных станций в переходном режиме // Труды МИИТа. – 1978. – Вып. 593. – С. 77-79.
66. Липовець Н.В. Проблеми реорганізації роботи сортувальних станцій // Залізничний транспорт. – 1999. - № 6. – С. 11-13.

67. Логунов В.М., Стрекалов Б.Н., Козлов Ю.Т. Совершенствование грузовой и коммерческой работы // Железнодорожный транспорт. – 1998. - № 4. – С. 30-33.
68. Магомедова Н. М., Магомедова И. Н. Сервис в грузовых перевозках // Труды научно-теоретической конференции профессорско-преподавательского состава "Транспорт-2003", Ростов-на-Дону, апр., 2003. Ч. 2. - Ростов н/Д: Изд-во Рост. гос. ун-та путей сообщ. – 2003. - С. 93.
69. Мандриков М.Е., Чернигина И.А., Мачерет Д.А. Новая система нормирования сроков доставки грузов // Вестник ВНИИЖТ. – 1994. - № 5. – С. 34-39.
70. Масалов Ю.Л. Исследование повторной переработки вагонопотоков на сортировочных станциях: Дис... канд. техн. наук / Харьк. ин-т ж.-д. трансп. – Х., 1969.
71. Математическая модель анализа и оценки стратегий развития транспортной системы и оптимизации грузопотоков / В.К. Мироненко, В.М. Мирошниченко, Н.Г. Журбенко и др. // Збірник наукових праць Київського інституту залізничного транспорту. – К., 1999. – Вип. 3. – С. 26-32.
72. Мироненко В.К., Тітов М.Ф., Габа В.В. Концепція впровадження вантажних поїздів – нічних експресів // Залізничний транспорт України. – 2003. - № 3. – С. 16-18.
73. Мироненко В.К., Тітов М.Ф., Габа В.В. Оптимізація параметрів транспортного обслуговування на електрифікованих ділянках // Залізничний транспорт України. – 2004. - № 6. – С. 39-41.
74. Мироненко 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». – Вип. 5. – К., 2004. – С. 112-116.

75. Мироненко В.К. Реорганізація роботи сортувальних станцій на етапах підведення вагонопотоків // Залізничний транспорт України. - 2003. - № 2. - С. 6-7.
76. Музыкаина Г.И. Оптимизация массы грузовых поездов и путевого развития технических станций в транспортных коридорах: Дис... канд. техн. наук / Днепропетр. гос. техн. ун-т ж.-д. трансп. — Д., 2002.
77. Нагорный Е.В., Бутько Т.В., Титов Н.Ф. Моделирование технологического процесса обработки вагонов, информации и перевозочных документов экспортно-импортного вагонопотока по прибытию на передаточных пограничных станциях // Концепція підвищення ефективності вантажних перевезень на залізничному транспорті: Міжвуз. зб. наук. пр. / ХаркДАЗТ. – 1998. – Вип. 33. – С. 125-129.
78. Нагорный Е.В. Научные основы и разработка комплексной технологии поточной и непрерывной переработки вагонов на сортировочных станциях: Дис... д-ра техн. наук. - Х., 1994. - 449 л.
79. Новые принципы направления вагонопотоков / Г.В. Кочанова, М.Е. Мандриков, Ю.Н. Кожевников, Д.А. Мачерет // Железнодорожный транспорт. – 1993. - № 7. – С. 2-5.
80. О перевозке крупнотоннажных контейнеров в два яруса / Н.И. Миронов, В.С. Плоткин, О.К. Степанов, М.Я. Медведев // Железнодорожный транспорт. – 2001. - № 11. – С. 68-70.
81. Определение рациональной дальности контрейлерных перевозок / Ю.В. Демин, Г.Н. Кирпа, И.П. Корженевич, Н.Б. Курган // Проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів поїздів: Пр. Захід. наук. центру ТАУ. – Л., 1997. – Т. 4. – С. 88-89.
82. Определение сферы эффективности контрейлерных перевозок / Ю.В. Демин, Г.Н. Кирпа, И.П. Корженевич, Н.Б. Курган // Залізничний транспорт України. – 1998. - № 1. – С. 32-36.

- 83.Осипов В.Т. Маршрутизация перевозок грузов. – М.: Транспорт, 1973. – 200 с.
- 84.Островский А.М., Христолюбов А.В., Черняков С.В. Повышение эффективности перевозок наливных грузов // Железнодорожный транспорт. – 2001. - № 11. – С. 28-33.
- 85.Осьминин А.Т., Садчикова В.А. Методика расчета расписания движения передаточных поездов с учетом обеспечения сроков доставки грузов // Вестник ВНИИЖТ. – 1999. - № 6. – С. 14-19.
- 86.Оценка качества перевозочного процесса / П.А. Шапченко, А.Б. Подшивалов, И.А. Чагина, Е.И. Воронин // Вестник ВНИИЖТ. – 2004. - № 4. – С. 9-11.
- 87.Пак В.В., Косенко Ю.Л. Вища математика: Підруч. – К.: Либідь, 1996. – 440 с.
- 88.Паристый И.Л. Совершенствование технологии работы Московской железной дороги в условиях рыночных реформ. – М.: Изд. Моск. ж.д., 1995. – 127 с.
- 89.Пешков А.М. Методы и системы управления эксплуатацией парка грузовых вагонов в новой экономической среде // Вестник ВНИИЖТ. – 1998. - № 1. – С. 14-22.
- 90.Полиньски Я. Совершенствование организации комбинированных перевозок на сети ПКП // Вестник ВНИИЖТ. – 2001. - № 4. – С. 40-44.
- 91.Платонов А.И. Взаимодействие процессов на сортировочных станциях. – М.: Трансжелдориздат, 1955.
- 92.Повышение перерабатывающей способности сортировочных станций / НТО ж.-д. трансп. – М.: Транспорт, 1975.
- 93.Правила тяговых расчетов для поездной работы / ВНИИЖТ. – М.: Транспорт, 1985. – 287 с.

94. Прасад Х.С. Информационные технологии в управлении грузовыми перевозками // Железные дороги мира. – 1993. - № 12. – С. 7-11.
95. Прогнозирование сроков доставки грузов на основе анализа данных о процессах железнодорожных перевозок методами искусственного интеллекта / А.А. Долженков, В.В. Скалозуб, С.Ю. Цейтлин, В.А. Андрищенко // Транспорт: Зб. наук. пр. - Д., 2000. - Вип. 5. - С. 66-71.
96. Пряхин А.Д. Один из путей повышения доходов // Железнодорожный транспорт. – 1998. - № 10. – С. 18-19.
97. Решение оптимизационных задач в АСУ технологическими процессами сортировочной станции: Сб. науч. тр. / ВНИИ ж.-д. трансп.; Под ред. Л. Г. Аверьянова, Б. А. Игнатова. – М.: Транспорт, 1990. - 107 с.
98. Розенфельд В.Е. и др. Теория электрической тяги / В.Е. Розенфельд, И.П. Исаев, Н.Н. Сидоров. – М.: Транспорт, 1983. – 326 с.
99. Сілантьєва Ю.О. Підвищення ефективності контрейлерних перевезень: Дис... канд. техн. наук / Нац. трансп. ун-т. — К., 2003.
100. Соколова Л.Н., Аветикян А.А. Технология перевозочного процесса в период пореформенных структурных преобразований // Железнодорожный транспорт в Российской Федерации, СНГ и за рубежом: Обзор ЦНИИ инф. и техн.-экон. исслед. ж.-д. трансп. – 2002. - Вып 29. – С. 40-62.
101. Соколова Л.Н., Заварская Н.Ф. Экономически эффективные системы управления и прогрессивные технологии организации перевозок // Железнодорожный транспорт в Российской Федерации, СНГ и за рубежом: Обзор ЦНИИ инф. и техн.-экон. исслед. ж.-д. трансп. – 2003. – Вып. 30. – С. 24-43.
102. Сортировочные станции и эффективность перевозок // Железные дороги мира. – 1999. - № 2. – С. 8-12.
103. Сотников Е. А. Взаимодействие станций и участков железных дорог. Исследование операций на станциях. – М.: Транспорт, 1976. – 268 с.

104. Сотников Е. А. Интенсификация работы сортировочных станций. - М. : Знание, 1982. - 64 с.
105. Сотников Е.А. Пути улучшения работы сортировочных станций. - М. : Транспорт, 1981. – 31 с.
106. Сталий розвиток України. – К.: РВПСУ, 1998.
107. Сухорукова Т.Г. Концептуальный взгляд на экономическую безопасность предприятия // Залізничний транспорт України. – 1998. - № 2-3. – С. 9-13.
108. Тишкин Е.М. Метод комбинаторной сортировки вагонов – основа интенсивной технологии местной работы // Вестник ВНИИЖТ. – 1987. - № 2. – С. 1-6.
109. Тишкин Е.М., Бородин А.Ф. Управление вагонопотоками в системе ДИСПАРК // Вестник ВНИИЖТ. – 1998. - № 1. – С. 9-13.
110. Топчієв М.П. Удосконалення технології роботи технічних засобів сортувальних станцій на основі ресурсозбереження: Автореф. дис... канд. техн. наук. — Х., 2004. — 21с.
111. Тулупов Л.П. Автоматизированные системы управления перевозочными процессами на железных дорогах. – М.: Транспорт, 1990. – 204 с.
112. Тулупов Л.П. Неравномерность и срок доставки отправок // Железнодорожный транспорт. – 2001. - № 11. – С. 31-33.
113. Тулупов Л.П. Управление перевозками на участках и направлениях // Железнодорожный транспорт. – 2003. - № 4. – С. 50-54.
114. Угрюмов А.К. Неравномерность движения поездов. - М.: Транспорт, 1968. – 112 с.
115. Ульяницкий Е.М., Скляр В.Н. Моделирование процессов управления вагонопотоками на железнодорожном транспорте // Вестник ВНИИЖТ. – 2003. - № 6. – С. 39-42.
116. Шабалин Н.Н. Оптимизация процесса переработки вагонов на станциях. – М.: Транспорт, 1973. – 184 с.

117. Шаповал Г.В. Шляхи підвищення ефективності функціонування сортувальних станцій //Збірник наукових праць Київського університету економіки і технологій транспорту. Сер. „Трансп. системи і технології”. – К., 2003. – Вип. 3. – С. 38-45.
118. Шаров В.А. Перевозки грузов в условиях рыночных отношений // Железнодорожный транспорт. – 1991. - № 11. – С. 15-18.
119. Экспериментальная проверка технологии поездной работы при постоянных размерах грузового движения и нефиксированных массе и длине составов / А.Ф. Бородин, М.Ф. Васин, М.В. Сулова, Е.В. Трисчев // Вестник ВНИИЖТ. – 1993. - № 5. – С. 3-7.
120. Яновський П.О. Дослідження експлуатаційної надійності перевізного процесу // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2003. - № 4. – С. 53-57.
121. Яновський П.О. Ефективність прискорення просування транзитних вантажів // Залізничний транспорт. – України. – 2001. - № 5. – С. 29-32.
122. Яновський П.О. Про доцільність впровадження згрупованих поїздів // Залізничний транспорт України. – 2002. - № 2. – С. 29-31.
123. Container transporte // Zeitschrift der OSShD. – 2004. - № 1.- S. 11-26.
124. Dietmar Bosserhoft, Hans-Nikol Biehl. “HessenCargo”: Neues Zygsystem für den regionalen Kombinöerten Verkehr // Internationales Verkehrswesen. – 1995. - № 9. – S. 535-551.
125. Hahn O. Just-in-time ein Ruckschritt in die Mangelwirt-Schaft // Internationales Verkehrswesen. – 1991. - № 3. – S. 101-102.
126. Hubert Bronk. Anpassung an EU-Standards erforderlich: Die Verbesserung des Verkehrsystems als Voraussetzung für die Integration Polcus in die Europäische Union // Internationales Verkehrswesen. – 1995. - № 9. – S. 513-519.