

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

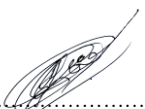
ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

**до кваліфікаційної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр**


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

на тему: «Аналіз методів розрахунку та оптимізації пропускної здатності
транспортної системи»

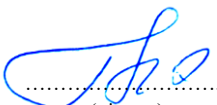
Виконав: здобувач вищої освіти
групи ОПЗТ-19д
Панченко А.О.


.....
(підпис)

Керівник: доц. Баранов І.О.


.....
(підпис)

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


.....
(підпис)

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Факультет транспорту і будівництва
Кафедра логістичного управління та безпеки руху на транспорті
Освітньо-кваліфікаційний рівень - бакалавр
Галузь знань 27 – «Транспорт»
Спеціальність 275 – «Транспортні технології (залізничний транспорт)»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
проф.Чернецька-Білецька Н.Б.

“ _____ ” _____ 2023року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА
ЗДОБУВАЧЕВІ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Панченко А.О.

1. Тема роботи: Аналіз методів розрахунку та оптимізації пропускнуої здатності транспортної системи

Керівник роботи: Баранов І.О., к.т.н., доцент.
затверджені наказом по університету від 30.05.2023року № 305/14.03-С

2. Строк подання здобувачем роботи: 15.06.2023

3. Вихідні дані до роботи: Стан питання пропускнуої здатності транспортних пристроїв на сьогодні; розмір руху по першому та другому маршрутах, час зайняття пересічення поїздом

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. Проблеми використання пропускнуої здатності. Підходи до визначення пропускнуої здатності. Особливості використання пропускнуої здатності пристроїв транспорту. Короткий огляд досліджень проблеми оптимального розвитку й використання пропускнуої здатності на транспорті. Методи розрахунку та оптимізації пропускнуої здатності. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Проблеми використання пропускнуої здатності. Зайнятість пристроїв при середніх потоках. Зайнятість пристроїв при збільшених потоках. Методи розрахунку та оптимізації пропускнуої здатності. Помилки при розрахунку транспортних систем

різними методами. Спосіб формалізованого представлення структури транспортної системи.

6. Консультанти розділів роботи (якщо є):

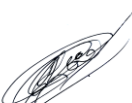
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 18.05.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів	Примітка
	Робота з матеріалами	19.05.23	
	Пошук літературних джерел та обробка інформації	25.05.23	
	Аналіз діючих нормативних документів	29.05.23	
	Виконання технологічної частини	03.06.23	
	Виконання проектної частини	05.06.23	
	Принцип роботи та схеми	07.06.23	
	Креслення схем та чертежів	09.06.23	
	Оформлення пояснювальної записки та рецензування	14.06.23	

Здобувач


(підпис)

Панченко А.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Баранов І.О.
(прізвище та ініціали)

№ строки	Формат	Позначення	Найменування	Кіл. аркушів	№ екз.	Прим.
1						
2			<i>Документація загальна</i>			
3						
4	A1	<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.Т1</i>	<i>Вихідні дані роботи</i>	1	-	<i>слайд</i>
5	A1	<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.Т2</i>	<i>Мета, об'єкт, предмет та методи виконання роботи</i>	1	-	<i>слайд</i>
6						
7	A1	<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.Т3</i>	<i>Проблеми використання пропускнуої здатності.</i>	1	-	<i>слайд</i>
8						
9	A1	<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.Т4</i>	<i>Зайнятість пристроїв при середніх потоках.</i>	1	-	<i>слайд</i>
10						
11	A1	<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.Т5</i>	<i>Зайнятість пристроїв при збільшених потоках.</i>	1	-	<i>слайд</i>
12						
13	A1	<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.Т6</i>	<i>Методи розрахунку та оптимізації пропускнуої здатності.</i>	1	-	<i>слайд</i>
14						
15	A1	<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.Т7</i>	<i>Помилки при розрахунку транспортних систем різними методами.</i>	1	-	<i>слайд</i>
16						
17	A1	<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.Т8</i>	<i>Спосіб формалізованого представлення структури транспортної системи.</i>	1	-	<i>слайд</i>
18						
19	A1	<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.Т9</i>	<i>Висновки</i>	1	-	<i>слайд</i>
20	A1		<i>Разом листів</i>	9	-	<i>слайдів</i>
21	A4	<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	<i>Пояснювальна записка</i>	62	-	
22						
23						
24						

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>		
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Панченко А.О</i>			Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.						3	62
Керівн.		<i>Баранов</i>			Відомість кваліфікаційної роботи бакалавра		
Н. контр.							
Затв.		<i>Чернецька-Біл.</i>					

РЕФЕРАТ

Робота кваліфікаційна бакалавра: 62 стор., 2 табл., 9 рис., 21 джер., 9 слайдів.

Мета роботи – поліпшення використання пропускної здатності транспортних засобів.

Об'єкт – пропускна здатність транспортних систем.

Предмет – методи розрахунку і оптимізації пропускної здатності транспортних систем.

Методи виконання роботи – аналітичний метод, графічний метод, теорія масового обслуговування, імітаційне моделювання, системний підхід до транспорту.

У роботі розглянуті актуальність питання, причини й негативні наслідки нестачі пропускної здатності транспортних засобів. Вивчені різні підходи до визначення, особливості використання пропускної здатності транспортних об'єктів. Зроблений короткий огляд досліджень проблеми оптимального розвитку й використання пропускної здатності на транспорті.

Виконаний аналіз основних методів розрахунку пропускної здатності транспортних об'єктів. Виділені переваги й недоліки по кожному з методів. Зроблений розрахунок тривалості затримки рухомого складу на перетинанні різними методами. Для поліпшення використання пропускної здатності з урахуванням аналізу ситуації запропоновано використовувати синтез моделей, який являє собою комплекс імітаційної й оптимізаційної моделі.

ПРОПУСКНА ЗДАТНІСТЬ, МІСТКІСТЬ, ТРАНСПОРТНІ ПРИСТРОЇ, ТРАНСПОРТНА СИСТЕМА, АНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД, ГРАФІЧНИЙ МЕТОД, ТЕОРІЯ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ, ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>			
<i>Змін</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Реферат</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Панченко А.О</i>					4	62
<i>Перевір.</i>								
<i>Керівн.</i>		<i>Баранов</i>						
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Чернецька-Біл.</i>				<i>СНУ ім. В. Даля, Кафедра ЛУБРТ</i>		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. Аналіз питання використання пропускної здатності транспортних пристроїв.....	8
1.1. Проблеми використання пропускної здатності	8
1.2. Підходи до визначення пропускної здатності	13
1.3. Особливості використання пропускної здатності пристроїв транспорту	22
1.4. Короткий огляд досліджень проблеми оптимального розвитку й використання пропускної здатності на транспорті	28
2. Методи розрахунку та оптимізації пропускної здатності	41
2.1. Аналіз методів розрахунку пропускної здатності	41
2.2. Розрахунок сумарної тривалості затримки для пересічення маршрутів	48
2.2.1. Аналітичний метод.....	49
2.2.2. Графічний метод.....	50
2.2.3. Теорія масового обслуговування	50
2.2.4. Імітаційне моделювання	51
2.3. Оптимізація пропускної здатності транспортної системи	54
2.3.1. Змістовна постановка задачі управління пропускнуою здатністю транспортної системи.....	55
2.3.2. Спосіб формалізованого представлення структури транспортної системи	55
ВИСНОВКИ	59
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	61

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Залізничний транспорт в Україні має винятково важливе значення в життєзабезпеченні багатогалузевої економіки, він несе основне навантаження по перевезеннях вантажів. Провідну роль залізничного транспорту обумовлює порівняно низька собівартість, масовість, універсальність, регулярність, надійність і швидкість перевезень, повсюдність розташування мережі, можливість доставки вантажів від складу відправника вантажу до складу вантажоодержувача.

Визначальний вплив на показники роботи залізничного транспорту виявляє нерівномірність технологічних і виробничих процесів. Негативний результат нерівномірності — періодичне виникнення невідповідності між наявною й необхідною величиною пропускної здатності транспортних пристроїв, яке приводить до простоїв рухомого складу й, як наслідок, до погіршення обслуговування клієнтів і збільшення витрат. Тому в умовах нерівномірності актуальною стає задача по оптимізації пропускної здатності транспортних об'єктів і відшукуванню найбільш раціональних методів розрахунку.

Поняття пропускної здатності використовується й у практичній діяльності транспортних підприємств, і в наукових дослідженнях, присвячених транспорту. Більшість нормативних документів трактує пропускну здатність як величину, зворотну часу виконання певної операції перевізного процесу. Але це правомірно тільки в найпростіших випадках, коли транспортний пристрій виконує лише єдину й однакову для всіх одиниць транспортного потоку операцію, що на практиці зустрічається дуже рідко. У наукових дослідженнях існує практика застосування різного роду коефіцієнтів, за допомогою яких можна відобразити вплив дійсних умов функціонування транспортних систем на пропускну здатність. На кількість пропущених (обслугованих) транспортною системою одиниць потоку в заданий інтервал часу впливають не тільки її технічні параметри, але й

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

характеристики самого потоку, і способи управління системою, що раніше практично не відображалось у величині пропускної здатності. У її визначенні не враховувалися також якісні показники функціонуванні транспортних систем.

Розширення вихідних передумов збільшує сферу можливого використання поняття пропускної здатності й в оперативній діяльності, і в практиці планування. Однак ускладнення поняття вимагає використання нових розрахункових методів, зокрема імітаційного моделювання.

Виходячи з цього, у виконаній кваліфікаційній роботі бакалавра, основна увага присвячена методам розрахунку та оптимізації пропускної здатності транспортної системи.

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1. АНАЛІЗ ПИТАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ПРИСТРОЇВ

1.1. Проблеми використання пропускної здатності

Високе завантаження багатьох ліній в умовах коливань обсягів перевезень, викликаних нерівномірністю відвантаження багатьох видів продукції, збиральними жнивими й підготовкою до неї, організацією запасів палива, «піком» пасажирських перевезень, ремонтно-будівельними роботами, снігопадами й заметілями і т.д., привело до того, що традиційні технологічні методи часто не забезпечують стійкість перевізного процесу. Виникаючі утруднення в експлуатаційній роботі викликають непоправні втрати навантажувальних ресурсів, пропускної здатності ділянок і станцій, погіршення використання вагонів і локомотивів, збільшення різниці між тарифною й експлуатаційною тонно-кілометровою роботами. Тому розробка інтенсивних технологій — це веління часу. Така технологія повинна передбачати роботу як у нормальних умовах, так і при зниженні пропускної здатності через різні причини й періодичних змін обсягу перевезень.

Практика планування, що склалася на транспорті, недостатньо опирається на комплексний підхід до розвитку пропускної здатності транспортних об'єктів, їх посилення розглядається ізольовано друг від друга.

Для перевізного процесу характерна сезонна, добова й внутрішньодобова нерівномірність, яка приводить до простоїв. Сезонну нерівномірність обумовлює в першу чергу зміна обсягу виробництва й пред'явлення різних видів вантажів до відправлення по періодах року.

З ростом інтенсивності руху поїздів усе частіше стали утворюватися затори на підходах до основних сортувальних станцій. Іноді вони приймають затяжний характер, коли протягом декількох діб прийом поїздів здійснюється як би в уповільненому темпі, різко зростають простої на підходах до станцій, швидкість просування різко вповільнюється.

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обіг вантажного вагона з усіма його складовими елементами є одним з основних показників роботи залізниць. Скорочення часу обігу вагона в середньому по мережі на одну годину дозволяє щодоби вивільняти для додаткового навантаження понад 8000 вагони й забезпечити річний приріст навантаження не менш 25 млн. т. Питання прискорення обігу вагона в умовах необхідності найбільш ефективного використання транспортних засобів і скорочення простоїв має величезне значення.

Аналіз експлуатаційної діяльності вантажних станцій показує, що в основному вагони простоюють не під технологічними операціями, а чекаючи їх виконання (рис. 1.1). Міждоопераційні затримки становлять близько 70% загального балансу часу. При цьому значну частину займають простої від прибуття вагонів на станцію до вантажних операцій і від їхнього закінчення до відправлення зі станції. Тривалість власне вантажних операцій нерідко становить лише 20-25 % загального часу перебування вагона на станції.

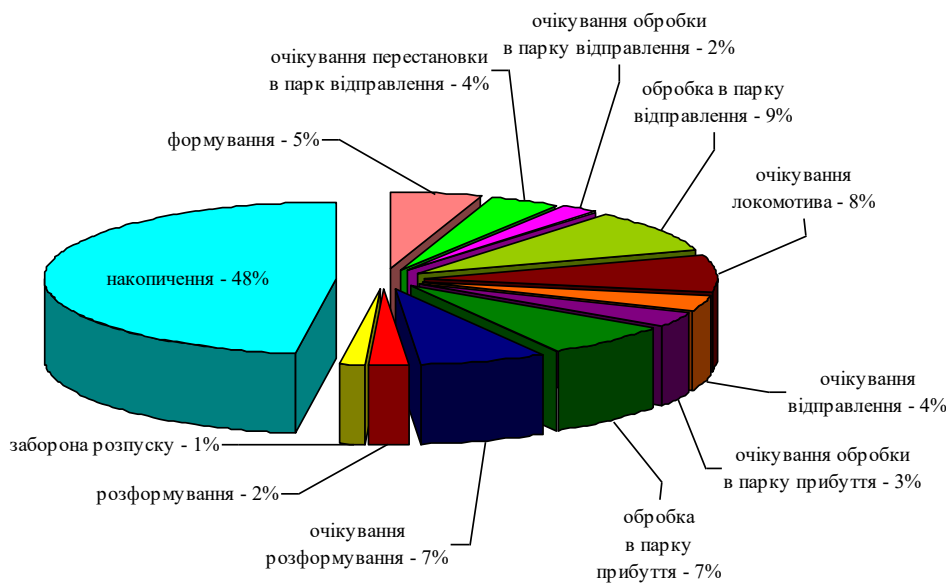


Рис. 1.1. Розчленований простій транзитного вагона з переробкою

Практика показує, що причини затримок транзитних вагонів з переробкою й уповільнення їх просування викликані, у першу чергу,

відсутністю чіткої взаємодії всіх елементів станції й прилягаючих ділянок, порушенням установлених технологічних норм, низькою якістю оперативного планування. При цьому зміна якого-небудь одного параметра роботи станції найчастіше впливає на інші параметри, а стан попередніх у технологічному ланцюзі елементів станції змінює стан наступних або навпаки.

Однієї з головних причин виникнення зворотного зв'язка, що впливає на простої, є нерівномірність протікання станційних процесів і наслідки збоїв у роботі елементів станції, які особливо відчутні при їхніх високих завантаженнях і недостатньому технічній оснащенні.

Існуючий механізм централізованого управління вагонами опирається на технічне нормування перевізного процесу. У цей час навіть протягом місяця коливання навантаження й вивантаження на мережі мають яскраво виражений характер, вагонопотоки перестали бути стаціонарними. У галузі відбувся перехід від місячного плану перевезень до заявок на перевезення, обсяг яких кожний конкретний відправник вантажу задає щодобово.

Зміни в країні спричинили ряд змін у принципах напрямку вагонопотоків, здійснений перехід від експлуатації єдиного вагонного парку до парку, розділеного за видами власності. Потоки вагонів перестали бути однорідними, виникла диференціація вартостей і вимог до доставки вагонів різних типів і власників. У зв'язку зі збільшенням парку приватних вагонів (рис. 1.2) на мережі залізниць збільшилася кількість зустрічних порожніх пробігів, що загрожує ускладнити ситуацію із пропускнуою здатністю магістралей.

Розв'язати проблему простоїв можна на основі поліпшення використання пропускнуої здатності, оптимального перерозподілу потужностей транспортних засобів, удосконалення технології перевізного процесу, а також деякої зміни системи управління.

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

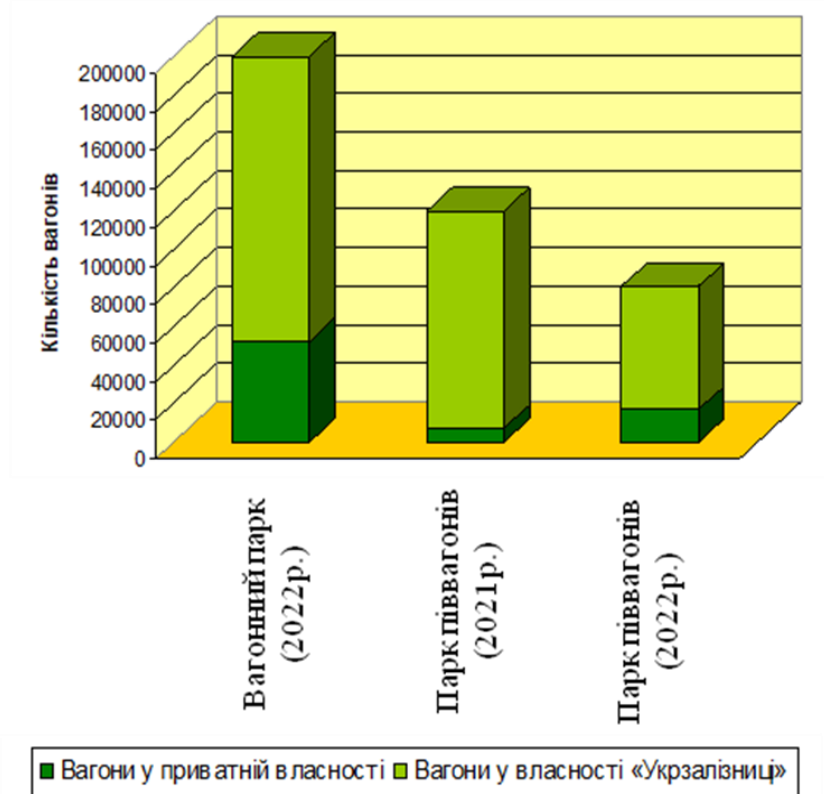


Рис. 1.2. Збільшення парку приватних вагонів

Поліпшення роботи транспорту в сучасних умовах означає насамперед збільшення пропускної й провізної здатності. На сьогодні багато напрямків мережі відчувають напруженість у роботі, не мають необхідних резервів пропускної здатності. Це порушує ритмічність транспортного обслуговування клієнтури, погіршує якість роботи транспорту. Природно, що в таких умовах проблему розвитку й використання пропускної здатності залізниць слід вирішувати не тільки посиленням потужності ліній, що вимагає значних капітальних вкладень, але в першу чергу — пошуком нових технологічних розв'язків, вишукуванням резервів у кожній ланці залізничного транспорту. Результативну пропускну здатність можна реалізувати при різних співвідношенні потужності елементів залізничного напрямку. Від якісної й надійної роботи кожного окремого елемента залізничного напрямку також залежить використання результативної пропускної здатності.

Проблема використання пропускної здатності досить багатогранна. Вона торкається всіх рівнів і ланок функціонування транспорту. Природно, що для кожного рівня й ланки необхідно використовувати свої методи й рекомендації.

У реальності сукупна пропускна здатність транспортних об'єктів у більшості випадків перевищує розрахункову необхідну величину. Незважаючи на неможливість досягнення строгої відповідності динаміки необхідної і наявної пропускної здатності, її треба прагнути, оскільки велика величина диспропорції приводить до омертвляння капітальних вкладень і збільшення експлуатаційних витрат.

В ідеалі технічна оснащеність транспорту в будь-який момент часу повинна строго відповідати обсягам перевезень. На практиці це нездійснено в силу неkratності приросту (скорочення) потужності транспортних пристроїв, у результаті реалізації тих або інших реконструктивних заходів, величині зміни обсягу транспортної роботи.

Погіршення показників використання транспортних пристроїв виправдане, якщо в найближчі 2-3 року прогнозується збільшення обсягів перевезень. У цьому випадку зростають можливості й доцільність використання гнучких технологій на транспорті.

Диспропорція між наявною й необхідною пропускною здатністю транспорту має свої причини. Одна з них полягає у відсутності показників, на які повинні орієнтуватися транспортники, якщо відбувається досить велика й тривала зміна обсягу або структури перевезень. Надійне і якісне обслуговування перевезеннями клієнтів є головною метою транспортної системи. Ця мета повинна досягатися за умови заданого рівня ефективності транспорту. Однак чіткі стимули й показники, спрямовані на підвищення ефективності роботи транспортної системи в умовах динаміки обсягу перевезень не сформульовані.

Питання розрахунків пропускної здатності транспортних об'єктів теоретично достатньо добре пророблені. Але в практиці планових

									Арк.
									12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

розрахунків пропускних здатностей широке застосування знайшли лише два методи — аналітичний і графічний. Це пояснюється тим, що вони не вимагають такої кваліфікації, певного знання математичних методів оптимізації й обчислювальної техніки, як того вимагає, допустимо, використання методів динамічного програмування або статистичного моделювання. Тому на практиці не вдається врахувати вплив інших станцій на роботу споруджуваного об'єкта або того, що реконструюється, динаміку обсягу перевезень, тим більше — можливості використання сучасних гнучких технологій управління перевізним процесом. Після реконструкції або пуску в роботу нових станцій транспортною системою здійснюється коректування схеми колійного розвитку, кількості транспортних засобів, вантажно-розвантажувальних механізмів, потужності вантажних фронтів, технології роботи. Діапазон проведених поправок іноді дуже широкий, що приводить до досить великих втрат на транспорті.

Проектувальники транспорту висловлюють крайню незадоволеність існуючими методами точного розрахунків пропускної здатності транспортних пристроїв, заснованими на використанні складних математичних моделей. Необхідний апарат, який певною мірою був би простий, зручний, не вимагав великих витрат праці на підготовку вихідних даних, але в той же час ураховував динаміку зміни обсягів перевезень при розрахунках величини пропускної здатності транспортних пристроїв.

1.2. Підходи до визначення пропускної здатності

Пропускна здатність — одна з основних характеристик транспортних пристроїв, напрямків, полігонів і мережі в цілому. Пропускна здатність транспортних пристроїв має приблизно таке ж значення, як потужність, продуктивність промислових агрегатів і машин. Поняття пропускної здатності широко використовують у плановій, проектній і управлінській діяльності. На посилення пропускної здатності щорічно витрачаються великі

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

грошові й матеріальні ресурси; рівень її багато в чому визначає ефективність використання змінних засобів транспорту, якісні показники транспортного обслуговування населення й підприємств усіх галузей. Тому наукове обґрунтування й самого поняття пропускної здатності, і методів її визначення має велике значення.

Твердо сталого й загальноприйнятого визначення поняття пропускної здатності немає. На різних видах транспорту, а в межах одного виду — для різних пристроїв використовують неідентичні визначення пропускної здатності. У більшості випадків під пропускнуою здатністю розуміють максимальну кількість деяких заявок, яка може бути обслугована за певний період часу. Для залізничної лінії під пропускнуою здатністю іноді розуміють найбільше число пар поїздів (або поїздів у кожному напрямку) установленої маси, яке може бути пропущене по ній протягом доби залежно від технічної оснащеності, організації руху поїздів і технології роботи [9], [3] і ін.

Під пропускнуою здатністю залізничної станції розуміють найбільше число вантажних поїздів при встановленому числі пасажирських, яке може бути пропущене через неї за добу з виконанням усіх необхідних операцій. Відмінність цього визначення від аналогічного визначення для ділянок полягає у фіксуванні додаткової умови — установленого числа пасажирських поїздів. Пояснити це можна тим, що технологічні операції, виконувані на станції з пасажирськими й вантажними поїздами, занадто різні й по складу, і за часом виконання. Однак вони різні й на ділянках. У такий спосіб навіть на одному виді транспорту немає єдиного методичного підходу до визначення поняття пропускної здатності.

Фактичні можливості станції пропускати поїздопотік можуть виявитися або вище максимальної розрахункової величини, або нижче її, тому що порядок використання постійних пристроїв міняється залежно від склавшихся експлуатаційних умов. Та або інша організація руху поїздів, технологія роботи станції не може бути заздалегідь на всі випадки життя

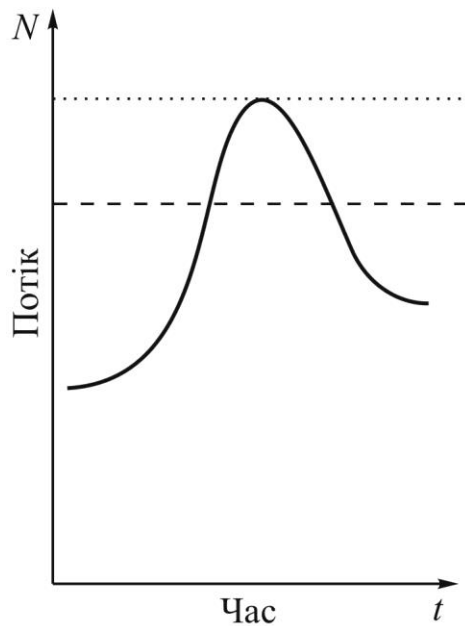
					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

визначена як найвигідніша, найкраща. Багато чого залежить від професійної майстерності й досвіду станційного персоналу.

Відомо, що пропускна здатність станції залежить і від того, у якій послідовності використовуються станційні колії, як сполучається місцева станційна робота з поїзної. Найкращий результат виходить у тому випадку, якщо є можливість передбачити так звані конфліктні ситуації. Тоді можна планово, за прийнятим критерієм вибрати оптимальну черговість пересувань. Інакше кажучи, порядок, при яким досягається найкраще використання постійних пристроїв, у принципі може бути визначений, але для цього потрібно випереджати поточну ситуацію. Відомо, що число поїздів установленної ваги не повністю характеризує складність структури пересувань по станції. Завантаження її елементів залежить від того, звідки й куди пропускаються поїзди, у якій послідовності займаються й звільняються елементи станції, у якій черговості проводяться пересування. Для кожної станції, як вже говорилося, існує порядок роботи, при яким досягається найвища пропускна здатність усього комплексу пристроїв, але його практично не можна досить швидко відшукати перебором усіх можливих варіантів графіка й технології навіть із використанням ЕОМ.

Поряд з максимальною слід розрізняти так звану ефективну пропускну здатність. Оскільки рух поїздів здійснюється організовано (за графіком), прокладання ниток графіка повинно проводитися з деяким резервом, що забезпечує стабільність намічуваного графіка, що, власне, і гарантує виконання встановлених якісних показників роботи ділянок і станцій. Із цього випливає, що ефективна пропускна здатність (граничне середнє завантаження) завжди виявляється нижче граничного максимального завантаження. Їхнє можливе співвідношення пояснює рис. 1.3.

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15



Рівні пропускної здатності

- максимальної
- ефективної
- зміна потоку

Рис. 1.3. Співвідношення максимальної й ефективної пропускної здатності

Ефективна пропускна здатність є здатність станції як системи освоювати тривалий час поїздопотік заданої структури із заданими якісними показниками. Тому розрахунок пропускної здатності повинен супроводжуватися визначенням затримок рухомого складу при різних рівнях завантаження системи.

Виконання якісних показників роботи станції, а разом з тим і стабільного графіка не забезпечується, якщо фактичне завантаження постійних пристроїв перевищує ефективну пропускну здатність.

Поняття пропускної здатності станцій не буде досить повно розкрито, якщо не обмовитися про одиницю виміру й розрахунковому періоді. По своїй сутності пропускна здатність станції — величина багатоелементна, векторна. Кількість компонентів вектора пропускної здатності визначається структурою основних пересувань — поїзних (пасажирських і вантажних) і

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

внутрішньостанційних. Таке представлення пропускної здатності дозволяє оцінити й розмежувати якісно різні пересування, не прибігаючи до допомоги умовних перевідних коефіцієнтів. Якщо, наприклад, для якоїсь станції структура пересувань (якість потоку) визначена вектором \bar{S}_0 , то пропускна здатність її повинна виражатися вектором \bar{S}_n , що відображає структуру пересувань за час прийнятого розрахункового періоду.

Розрахунковий період, тобто проміжок часу, для якого визначається пропускна здатність, звичайно рекомендується приймати рівним одній добі. Прийняття однієї доби як розрахункового періоду для всіх випадків не можна визнати обґрунтованим. Багато хто орієнтуються на добу за традицією. Дійсно, у минулому добовий період як розрахунковий заперечення не викликав по цілком зрозумілих причинах: структура поїздопотіка була більш однорідна, будувався дільничний графік, при одній-двох парах пасажирських поїздів. Лише пізніше став звертати на себе увагу приміський рух.

Тепер умови роботи мережі суттєво змінилися. Графік на багатьох вантажонапружених лініях став структурно неоднорідним, і збереження 1440 хв у якості розрахункового періоду при визначенні пропускної здатності станцій викликає плутанину й ускладнення формул. У пасажирському приміському русі від нього відмовилися й уже давно визначають пропускну здатність за період 1-2 год. «пик». По дальньому пасажирському русі пасажирські станції також доцільно розраховувати на характерні для них один або кілька періодів згущеного прибуття й відправлення дальніх поїздів. Аналогічний підхід застосовується до внутрішньовузлових ходів, сортувальних і вантажних станцій. При цьому розрахунковий період повинен бути погоджений з організацією роботи станції, урахувати ритмічність зміни її завантаження й визначатися на відповідний період планування.

Для тих внутрішньовузлових ходів, де приміський рух має високу питому вагу й не виділен на самостійні головні колії, за розрахунковий період доцільно приймати не добу, а періоди доби з характерною для

									Арк.
									17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

кожного періоду структурою поїздопотіка. У якості цих періодів можуть бути прийняті наступні:

- ранковий «пік» приміського руху тривалістю 2-3 год.;
- проміжок часу між ранковим і вечірнім «піками» тривалістю 6-7 год.;
- вечірній «пік» тривалістю 3-4 год.;
- проміжок між вечірнім «піком» і припиненням приміського руху тривалістю 5-6 год.;
- проміжок між припиненням і поновленням приміського руху (нічний час) тривалістю близько 5 год.

Розподіл різних категорій поїздів за періодами доби й усередині кожного періоду залежить від ритму роботи вузла.

Так, перший період характеризується високою питомою вагою приміського руху. Підведені за попередній період вантажні поїзди обробляються на сортувальних станціях (розформування, накопичення, формування). Накопичуються передаточні поїзди з місцевими вантажами на станції вузла. Для великих міст у цей період типово згущене прибуття дальніх пасажирських поїздів.

Особливість другого періоду — спад приміського руху й наростання темпу відправлення вантажних поїздів (транзитних і свого формування). На вантажних станціях прискорюються вантажно-розвантажувальні операції, а на сортувальних — поїздоутворення: спад приміського руху дозволяє дільничним диспетчерам інтенсивно підводити до вузла вантажні поїзди в переробку.

Третій період починається наростанням приміського руху й зниженням темпу відправлення вантажних поїздів. На вантажних станціях підготовлені до відправлення вагони місцевого навантаження. Дільничні диспетчери прагнуть підвести до стикових пунктів і здати на сусідні дороги й відділення можливо більшу кількість вантажних поїздів.

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Четвертий період — спад приміського руху й підвищення інтенсивності пропуску вантажних поїздів. У великих містах згущається відправлення дальніх пасажирських поїздів і підведення передач від вантажних станцій до сортувальних.

П'ятий, заключний, період характеризується порівняно однорідною структурою поїздопотіка. Інтенсивність вантажно-розвантажувальних операцій у вузлі знижується. Процеси сортування й формування поїздів уповільнюються, що затрудняє використання повною мірою можливості згущеного відправлення транзиту з переробкою й поїздів свого формування.

На залізничному транспорті нарівні із пропускнуою здатністю використовується поняття провізної здатності, для якої в технічній літературі існує два зовсім різні тлумачення. В одному випадку провізна спроможність відрізняється від пропускнуою тільки фізичною величиною. Пропускную здатність вимірюють числом поїздів, провізну — кількістю тонн вантажу. Очевидно, що це практично не додає нічого нового до поняття пропускнуою здатності. Тому немає підстав і розрізняти друг від друга два ці поняття. В іншому випадку під провізною спроможністю розуміють частину пропускнуою здатності, яку можна реалізувати наявними змінними засобами: рухомим складом, паливом, робочою силою. Змінні транспортні засоби, як правило, не прив'язані до конкретних транспортних пристроїв. Тому враховувати їх має сенс тільки при розгляді великих транспортних об'єктів, напрямків, полігонів або всієї мережі.

Правила формальної логіки вимагають, щоб визначення було несуперечливо й давало принципову можливість у кожному конкретному випадку дати кількісну оцінку кожного поняття й окреслити сферу можливого його використання. У визначенні терміна пропускна здатність слово «пропустити» слід розуміти як дати пройти через себе, обслужити, обробити, виконати деяку операцію з яким-небудь об'єктом. Таке розуміння цього слова дозволяє безліч уживаних понять (переробна, перевантажувальна, перевізна здатність і ін.) позначити одним — пропускна

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

здатність. Надалі пропускна здатність і трактується як властивість транспортних пристроїв (комплексу транспортних пристроїв), що дозволяє виконати певну операцію (сукупність операцій) перевізного процесу. Яких-небудь обмежень на склад транспортних пристроїв або виконуваних ними операцій перевізного процесу не передбачається. Тому поняття пропускна здатність відноситься до перегону, ділянки, станції, перевалочного пункту, транспортного напрямку, полігона, мережі тощо. Очевидно, що для однозначності визначення в кожному конкретному випадку необхідно точно вказати, які саме операції перевізного процесу повинні виконуватися транспортними пристроями або їх комплексом. Здатність транспортного пристрою виконувати операції перевізного процесу залежить як від його внутрішніх характеристик (структури, технічних параметрів і ін.), так і від зовнішніх умов функціонування.

Поняття пропускної здатності, що використовується на транспорті, неповністю задовольняють формальним вимогам, що пред'являються до визначень. Кількісна оцінка пропускної здатності відповідно до цих визначень може бути дана тільки при дуже жорстких припущеннях. По суті, негласно передбачається, що транспортний пристрій функціонує без перерв. У реальнім житті це не так. Перерви в роботі викликаються багатьма причинами об'єктивного й суб'єктивного характеру. Це й привело до того, що були введені різні коефіцієнти, що враховують надійність роботи транспортних пристроїв, нерівномірність транспортного потоку й ін. Однак це лише в незначному ступені виправляє недоліки, властиві самому підходу до поняття пропускної здатності. У використовуваних поняттях не визначені також сфери можливого використання значень пропускної здатності. У практичній же діяльності поняття пропускна здатність використовується при розв'язку численних і різноманітних питань (оперативне управління перевізним процесом, вибір напрямку використання капітальних вкладень для підвищення рівня технічного розвитку й ін.).

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З ряду причин транспортний процес слід віднести до процесів, що підкоряються стохастичним закономірностям. Основні з них: нерівномірність транспортного потоку, неоднаковий час виконання однотипних операцій, випадковий характер відмов у роботі пристроїв. Нерівномірність транспортного потоку пояснюється не тільки зовнішніми причинами. Спеціальні дослідження показали, що якщо припустити, що вантаж до перевезень на всій мережі (або досить великому полігоні) пред'явлений рівномірно, то й у цих умовах окремі транспортні пристрої будуть зазнавати змінне в часі навантаження. Випадковий характер відмов у роботі технічних пристроїв — факт загальновідомий. Час виконання операцій визначається індивідуальними властивостями одиниці транспортного потоку (кількістю відчепів у складі, що розформовується, масою поїзда й ін.), технічним станом пристроїв, кваліфікацією виконавців і ін.

Усі названі й багато інші причини викликають аж ніяк не невеликі збурювання, що порушують плавний і закономірний хід процесу, навпаки, вони становлять головну рису транспортного процесу. Для вивчення стохастичних процесів успішно застосовується теорія масового обслуговування.

Сформульовані передумови щодо умов функціонування транспортних пристроїв значно розширені в порівнянні з тими, які використовувалися при визначенні пропускну здатності раніше. Вони дозволяють урахувати більшість ситуацій, що зустрічаються на транспорті. Однак при дослідженні характеристик реальних об'єктів (у тому числі й такої, як пропускну здатність) потрібно кількісно описати всі фактори, що визначають умови їх функціонування. Від точності опису залежить достовірність характеристик, отриманих розрахунком.

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3. Особливості використання наявної пропускної здатності пристроїв транспорту

Визначальний вплив на показники використання наявної пропускної здатності пристроїв транспортної системи робить нерівномірність транспортних і виробничих процесів. Дослідженню нерівномірності з використанням конкретних статистичних даних присвячена безліч робіт.

Негативний результат нерівномірності — періодичне виникнення невідповідності між наявною й потрібною величиною пропускної здатності транспортних ланок. Невідповідність може бути двоякого роду. Перше, коли наявна пропускна здатність пристрою більше потрібної. У цьому випадку чекаючи роботи простоюють локомотиви, вантажні механізми, бригади транспортних працівників і ін. У результаті погіршуються показники використання наявної пропускної здатності. По-друге, може спостерігатися недолік пропускної здатності при згущеному надходженню вагонів в обробку на транспортний пристрій, що приводить до простою вагонів у очікуванні початку обробки. Це можна наочно побачити на прикладі ст. Ясинувата. При середніх (існуючих) потоках звичайно виникають міжопераційні простої — через зайнятість пристроїв (табл. 1.1). Однак ці затримки суттєво збільшуються при зростанні потоків (табл. 1.2).

У зв'язку з погіршенням використання наявної пропускної здатності транспортної системи в умовах нерівномірності забезпечити перевезеннями клієнтів у потрібному режимі вдається тільки за рахунок утримання певних, часом значних, резервів транспортних потужностей.

Велика амплітуда періодичних змін пропускної здатності вагонопотоків, які доводиться обробляти, вимагає великих резервів.

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1

Зайнятість пристроїв при середніх потоках

Показник	Графічно	Сумарн. (год:хв)	Середн. на операцію (год:хв)
Диспетчерські локомотиви		84:49	1:28
Колія №4 парку Західний		44:52	1:11
Колія витяжна №23 парку Західний		36:23	1:39
Колія виставочна №26 парку Східн		22:26	4:00
Група стрілок №158		18:39	0:21
Колія виставочна №27 парку Східн		18:32	2:43
Колія витяжна №24 парку Західний		14:26	0:35
Колія виставочна №28 парку Східн		13:40	2:31
Колія №9 парку Західний		13:18	0:15
Колія виставочна №27 парку Східн		12:26	1:56
Група стрілок №154		11:45	0:13
Колія виставочна №29 парку Східн		11:38	2:00
Колія витяжна №29 (364/418)		11:38	0:20
Група стрілок №151		11:28	0:09
Колія витяжна №46 парку Західний		11:03	0:22
Колія №10 парку Західний		10:01	0:14
Колія №5 парку Західний		9:24	0:10
Колія витяжна №46 (206/210)		9:17	0:20
Колія виставочна №23 парку Східн		8:23	1:07
Бригада прийомопередачі в парку Східному		8:05	0:22
Колія виставочна №30 парку Східн		7:55	1:16
Колія витяжна №45 (128/212)		7:39	0:12
Група стрілок №142		6:18	0:10
Колія витяжна №30 (390/420)		5:57	0:12
Колія №8 парку Західний		5:57	0:08
Група стрілок №136		5:54	0:10
Група стрілок №135		5:13	0:06
Група стрілок №157		4:37	0:10
Група стрілок №138		4:15	0:05

Таблиця 1.2

Зайнятість пристроїв при збільшених потоках

Показник	Графічно	Сумарн. (год:хв)	Середн. на операцію (год:хв)
Диспетчерські локомотиви		153:01	2:45
Колія №4 парку Західний		64:21	1:36
Колія витяжна №23 парку Західний		49:49	9:57
Колія виставочна №26 парку Східний		46:19	6:14
Група стрілок №158		27:48	5:47
Колія виставочна №27 парку Східний		25:36	4:16
Колія витяжна №24 парку Західний		25:29	0:43
Колія виставочна №28 парку Східний		21:56	0:38
Колія №9 парку Західний		20:13	0:23
Колія виставочна №27 парку Східний		11:51	0:36
Група стрілок №154		11:07	0:24
Колія виставочна №29 парку Східний		10:53	0:15
Колія витяжна №29 (364/418)		10:48	0:13
Група стрілок №151		10:47	0:08
Колія витяжна №46 парку Західний		9:43	0:11
Колія №10 парку Західний		9:29	0:16
Колія №5 парку Західний		9:07	1:28
Колія витяжна №46 (206/210)		8:43	0:12
Колія виставочна №23 парку Східний		8:22	0:09
Бригада прийомопередачі в парку Східному		7:28	0:16
Колія виставочна №30 парку Східний		7:14	1:38
Колія витяжна №45 (128/212)		6:20	0:12
Група стрілок №142		6:06	0:19
Колія витяжна №30 (390/420)		5:24	0:06
Колія №8 парку Західний		4:29	0:10
Група стрілок №136		4:28	1:03
Група стрілок №135		4:15	0:15
Група стрілок №157		4:03	0:09
Група стрілок №138		3:53	0:05

Таким чином, в умовах нерівномірності показники використання наявної пропускної здатності транспортних пристроїв погіршуються, у результаті чого якісне й надійне забезпечення перевезеннями клієнтів, виконання норми обігу вагонів «Укрзалізниці» вимагає додаткових колій, локомотивів, вантажних механізмів, працівників, вагонів — статичних резервів [3]. Але за рахунок гнучких форм організації перевезень статичні резерви можливо знизити.

У цей час у якості форм організації перевезень на транспорті застосовують план формування й графік руху. Головною особливістю цих форм є жорсткість, вони розробляються для певних розрахункових умов в одному варіанті. Відповідно до цього управління роботою транспортної системи спрямоване в основному на підтримку встановлених показників і норм.

Оскільки реальна експлуатаційна обстановка часом далеко не відповідає вихідним даним, на підставі яких розробляються графіки руху й план формування, нормативні показники найчастіше порушуються. В умовах нерівномірності вагонопотоків основою організації перевізного процесу усе більше стає ситуаційне диспетчерське управління.

Об'єктивне існування в складі основних фондів транспорту рухомого складу (змінних пристроїв) і транспортної інфраструктури (постійних пристроїв) диктує необхідність розв'язку двох класів завдань оперативного управління транспортними системами [6]:

- встановлення розкладу обслуговування транспортних засобів у зоні постійних пристроїв;
- вибір маршруту проходження транспортних засобів.

Обидва ці завдання можна представити як завдання вибору способу перерозподілу пропускної здатності між елементами транспортної системи, оскільки зміна як розкладу обслуговування транспортних засобів, так і маршруту їх проходження змінює величину наявної пропускної здатності цих елементів.

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Можливість поліпшення використання пропускної здатності шляхом її оперативного перерозподілу залежно від завантаження елементів системи обумовлюється періодичним характером зміни потужності вагонопотоків.

На практиці транспортники вже широко застосовують різні способи перерозподілу потужності між транспортними пристроями. Досить часто здійснюється тимчасове перекидання локомотивів, транспортних працівників у райони зі зрослим обсягом роботи. При зміні завантаження вантажних фронтів між ними по-іншому розподіляються вантажні механізми й бригади вантажників. Застосовується гнучка спеціалізація колій на станціях, що дозволяє збільшити приймання поїздів одних категорій за рахунок зниження приймання, або вповільнення пропуску інших категорій поїздів. Вивчення практичної роботи показує, що крім перекидання змінних засобів з однієї станції на іншу є можливість інакше розподіляти сортувальну роботу між станціями. За рахунок коректування плану формування збільшується обсяг роботи на менш завантажених станціях, але полегшується робота інших, у цей час більш завантажених станцій. Практика є головним аргументом на користь можливості й доцільності поліпшення використання наявної пропускної здатності транспортної системи за рахунок гнучкої організації роботи. У цьому вона почасти випереджає теорію. Однак, процес управління представляє далеко не тривіальне завдання й при відсутності науково обґрунтованої методики не може здійснюватися в раціональному режимі. Наприклад, повинна враховуватися ситуація не тільки на елементах, пропускна здатність яких змінюється, але й на всіх інших. А якщо ні, то ефект, наприклад, від перекидання локомотива на гірку може бути анульований із-за зростання простою в очікуванні поїзного локомотива в парку відправлення. Крім того, надлишок або недолік пропускної здатності — величина відносна. Так, перекидання локомотива з обслуговування вантажного фронту на гірку може бути вигідне не тільки при вільності цього фронту. Локомотив вигідно перекидати навіть при наявності вагонів для подачі на вантажний фронт, якщо в результаті перекидання буде отриманий

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

більший виграш у скороченні вагоно-годин простою в очікуванні розформування. У практичній роботі рішення про перерозподіл пропускної здатності реалізується лише у випадку очевидності його правильності, коли ефект від перерозподілу набагато вище витрат на перехід до іншої технології.

У силу цього очевидно, що прийняття диспетчером рішень по оперативному перерозподілу пропускної здатності між ланками транспортної системи лише на підставі досвіду й інтуїції, не гарантує їхньої правильності. Нерідко при підведенні підсумків роботи змін на оперативних нарадах виникають суперечки про те, як необхідно було вчинити в тій або іншій обстановці. Становище погіршується високою інтенсивністю потоку надходячої інформації.

Гнучка технологія повинна застосовуватися на практиці набагато ширше, чим у цей час. Дати кількісну оцінку збитків у результаті недостатньо гнучкого оперативного управління пропускними здатностями елементів транспортної системи в умовах нерівномірності вагонопотоків не представляється можливим. Але безсумнівно, що ефективність жорсткої організації перевізного процесу досить низька.

Аналіз параметрів вагонопотоків показує, що їх нерівномірність за останні роки збільшилася. Це пов'язане зі зниженням налагоджених виробничих зв'язків між підприємствами, зростанням аритмії в їхній роботі, ростом кількості дрібних відправників вантажу, що впливає на можливість використання технології перерозподілу пропускної здатності транспортних пристроїв.

Оскільки зниження наявної пропускної здатності в результаті реалізації конкретного технологічного способу відбувається дискретно, то може виявитися, що такий рішення неприпустиме. Наявна потужність може знизитися на величину, що перевищує величину зниження обсягу перевезень. Однак, при збільшенні нерівномірності вагонопотоків зростає частота й тривалість періодів, коли наявна пропускна здатність елемента буде максимальною. Такі періоди тим частіше й тим довше, чим менше сумарний

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

обсяг перевезень і чим менше амплітуда коливань пропускної здатності вагонопотоків. Наприклад, при зменшенні кількості подач на вантажні fronti збільшується число й тривалість періодів часу, протягом яких можна використовувати на іншій роботі локомотив, що обслуговує ці вантажні fronti.

Таким чином, функціонування залізничного транспорту в умовах високої нерівномірності вагонопотоків негативно позначається на використанні пропускної здатності його пристроїв. Більший розмах коливань вагонопотоків вимагає утримування більших статичних резервів транспорту. Знизити наявну потужність транспортної системи при збереженні необхідного рівня надійності транспортного обслуговування можна за рахунок оперативного перерозподілу пропускної здатності між ланками транспорту залежно від їхнього завантаження. Реально це досягається відповідними способами зміни технології перевізного процесу. Крім того, використання пропускної здатності транспортної системи може бути поліпшене, якщо ще при виборі конкретних заходів щодо нарощування або зниження потужності заздалегідь будуть прийматися в розрахунки можливі способи оперативного управління пропускною здатністю. Можна передбачити більшу взаємозамінність транспортних засобів, схему колійного розвитку, що прискорює просторове перекидання засобів з однієї ділянки роботи на іншу тощо. Необхідне вирішення питань зацікавленості диспетчерів у використанні гнучкої технології, оскільки на сьогодні вони найчастіше прагнуть звільнитися від додаткової роботи, пов'язаної з оперативним управлінням пропускною здатністю пристроїв.

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4. Короткий огляд досліджень проблеми оптимального розвитку й використання пропускної здатності на транспорті

Становлення транспортної науки проходило під впливом двох головних факторів: один пов'язаний з рівнем розуміння суті транспортних процесів, інший — з розвитком науки в цілому.

Перші наукові праці в галузі транспорту виконані на початку минулого століття. У джерел транспортної науки стояли А.Н. Фролов, В.Н. Образцов, С.Д. Карейши, Б.Д. Воскресенський, А.В. Верховський, І.І. Васильєв, В.А. Сокович, Е.А. Гибшман. На початковому етапі проблеми проектування й експлуатації транспорту вирішувалися з єдиних позицій. Але вже на початку 30-х років настав етап аналізу, став простежуватися досить виражений поділ досліджень на проблеми проектування й проблеми експлуатації залізничного транспорту.

В області проектування залізничного транспорту слід виділити праці Бартенева П.В., Карейши С.Д., Земблінова С.В., Шаульського Ф.І., Ющенко Н.Р., Персіанова В.А., Скалова К.Ю., Козлова І.Т., Козина Б.С. і ін.

Центральним поняттям теорії проектування транспорту є поняття пропускної здатності. Воно використовується в технічній літературі здавна, але загальноприйнятого визначення так і не одержало. Зміна поглядів на поняття пропускної здатності в достатньому ступені відображає й розвиток досліджень в області проектування.

Спочатку, при елементарному підході до транспорту пропускна здатність основних елементів залізничних об'єктів трактувалася як величина, зворотна часу виконання певної операції технологічного процесу [6, 9]. Ця посилка лежить в основі методик розрахунків пропускної здатності транспортних пристроїв аналітичним і графічним способом [7, 14, 12].

За допомогою диференціального обчислення визначали оптимальну кількість колій у парках, вагонів у складі поїзда й ін. [2, 7, 8, 5]. Ці методи прості, зручні у використанні. Однак аналітичний метод "...дає лише

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

орієнтовну оцінку рівня пропускної здатності системи взаємодіючих елементів комплексу" [17]. З їхньою допомогою неможливо розкрити наявні резерви, визначити "вузькі" місця. Графічні способи дозволяють детально розглядати конкретні технологічні процеси, конструкції схем колійного розвитку, що забезпечує одержання більш точних результатів.

Подібний підхід до розрахунків пропускної здатності транспортних об'єктів не може забезпечити достовірні результати, оскільки по своїй суті не здатний відображати принципово важливих умов, у яких функціонує транспорт. Особливо яскраво це проявляється при розгляді не окремо взятих транспортних пристроїв, а їх сукупності. Зачатки системного підходу до дослідження транспорту прослідковуються з 60-х років. Стало ясно, що "... до забезпечення пропускної здатності й вибору необхідної потужності технічних засобів на перспективу треба підходити не з позиції ізольованої роботи кожного елемента, а розглядати її як результат взаємодії всієї сукупності технічних засобів" [9].

Робота кожного елемента транспортної системи прямо або опосередковано обумовлюється станом інших елементів системи. Система, як ціле, має принципово інші властивості, чим ті, що властиві окремо її складовим елементам. Крім того, система розвивається під впливом зовнішніх (потреба в освоєнні більшого обсягу перевезень) і внутрішніх (спрацювання устаткування, створення нових транспортних засобів і ін.) факторів. Ці положення постійно розвивалися, хоча й в іншій послідовності, як при розробці методології оптимізації потужності залізничних ліній, так і станцій.

Перші роботи з етапного розвитку пропускної здатності залізничних ліній виконані в ІКТП і МПТе. У роботі [2] вирішена задача двоетапного розвитку одноколіїної лінії, у дослідженні [3] проводиться трьохетапна оптимізація. Проф. Макароцьким А.М. зроблена спроба оптимізувати процес поетапного розвитку [4]. Оскільки відшукування найвигіднішої етапності — складне комбінаторна задача, можливості її розв'язку

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

розширилися при використанні комп'ютерів. У дослідженні [2] уже вирішується задача розвитку двоколіїної лінії, в [4] в окремих схемах пропонується заміна тепловозної тяги на електричну. Однак, недоліки розв'язків, одержуваних на основі розгляду окремих ліній, стають усе більш очевидними. У зв'язку із цим ставиться задача оптимізації розвитку всієї транспортної мережі (системи). Першими в цьому напрямку були роботи [5, 4]. Більш широко задача для мережі поставлена Козловим І.Т. і Лівшицем В.Н. [6]. Для розв'язку задачі мережа розбивається на підсистеми. Узгодження моделей підсистем зводиться до розробки умов їх функціонування, при яких досягнення локальних оптимумів забезпечує одержання глобального оптимуму для всієї системи. Найбільш перспективними з відомих методів оптимізації розвитку мережі слід назвати застосування методів гілок і границь і евристичних методів [6, 4, 1], використання різних способів декомпозиції й агрегування і їх різновидів [1, 18, 3]. Методи математичного програмування [5, 8], нелінійного, динамічного [3, 4, 8] дозволяють відобразивши, хоча й спрощено, взаємозв'язки між елементами, урахувати обмеження різного характеру. Їхнім результатом "...є, як правило, вибір цілком певної альтернативи: плану розвитку регіону, параметрів конструкції і т.д." [4].

Важливим моментом у дослідженні пропускну здатності станції стало розуміння необхідності розглядати процеси взаємодії як станцій із прилягаючими ділянками, так і елементів станцій між собою. Уперше таку концепцію висунув професор І.І. Васильєв [12]. Роботи цього напрямку надалі одержали розвиток на базі теорії масового обслуговування й статистичного моделювання [9, 4, 1, 9]. У працях Сотнікова І.Б. [8, 8], Грунтова П.С. [17], Бикадинова А.В. [12] розглядається взаємодія все більшого числа станцій і станційних пристроїв.

Проведена велика кількість досліджень по визначенню законів розподілу вхідних вагонопотоків на станції, часу виконання операцій і ін. Коливання транспортних процесів стали сприймати як об'єктивну

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

закономірність, а не порушення встановлених норм [7, 5]. У цьому зв'язку про пропускну здатність слід говорити в імовірнісному значенні. На підставі кількісних характеристик випадкових процесів вирішувалася задача визначення числа колій, вагонів, локомотивів, потужності сортувальних, вантажних обладнань і виникаючих при цьому величин міжопераційних простоїв при наявності випадковостей. Однак, застосування подібних методів має істотні обмеження. Так, аналітичний метод розв'язку задач масового обслуговування розроблений тільки для найпростішого потоку й показового закону розподілу часу обслуговування. Для систем з більш складним законом розподілу аналітичні залежності розроблені недостатньо, або зовсім відсутні [15]. І головне, у транспортних системах зв'язки між елементами більш різноякісні, чим в телефонних мережах, на дослідженні функціонування яких сформувалася теорія масового обслуговування. Як показує аналіз "... на транспорті застосування математичного апарата стає, ледве чи не самоціллю ... найбільшою мірою це відноситься до імовірнісного моделювання, результати якого в планово-проектній практиці досить надійні лише для випадкових стаціонарних процесів. Але ж усі реальні транспортно-економічні процеси нестационарні й перемежуються перехідними станами" [8]. На транспорті велика роль приділяється людям, їх досвіду, факторові управління. У цьому зв'язку розрахунки за моделями, створеними на базі теорії масового обслуговування внаслідок недообліку можливостей управління, приводили до завищених результатів. Але її використання обґрунтувало необхідність певних резервів транспорту через випадковий характер транспортних процесів.

Технічне оснащення станцій обумовлюється заданим обсягом роботи, що дозволило обґрунтувати ефективність поетапного введення потужностей на станціях [4]. Наяшков Ю.П. поклав початок новому напрямку в дослідженні функціонування залізничних станцій [6], застосувавши метод динамічного програмування до оптимізації розвитку підсистеми розформування. У дослідженнях [6, 4, 3] розглянуті способи посилення

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

пропускної здатності станцій у цілому, і за аналогією з розвитком залізничних ліній намічені варіанти черговості введення нових потужностей.

Важливим кроком як у справі проектування, так і експлуатації транспорту, стало усвідомлення значимості й виділення такої характеристики як "місткість (ємність)" транспортних пристроїв. "Можливості в освоєнні перевезень характеризуються не тільки пропускною й провізною здатністю колій, але й колійним розвитком" [8]. У роботах [8, 2, 5] запропоновані методики визначення раціонального рівня заповнення вагонами й поїздами станцій, перегонів, напрямків і полігонів мережі. Показано, що при недостатній пропускній здатності зростає час перебування вагона в системі, зростають затримки на підходах до станції. Такий параметр як місткість дуже важливий при розгляді об'єктів транспорту. В [3] показано, що завдання управління перевезеннями в транспортній системі певною мірою суперечливе. З одного боку, треба забезпечити швидке просування вагонів з метою скорочення обігу. З іншого боку — при нерівномірним прибутті поїздів із загальної мережі й для надійного обслуговування неритмічно працюючого виробництва треба мати додаткові колії для приймання поїздів, запаси порожняка й вантажу (на складі або у вагоні). Це вимагає більшого рівня місткості транспортної системи в цілому. Принциповий факт, що пропускні здатності й місткості транспортних пристроїв обумовлюють один одного. Нерозвиненість одного параметра вимагає більшої розвиненості іншого, і навпаки.

Особняком серед методів прикладного системного аналізу стоїть імітаційне моделювання. Метод імітаційного моделювання передбачає створення аналога реального об'єкта. При розробці моделі процес її функціонування може відтворюватися з різним ступенем деталізації. Для одержання інформації, що цікавить, про досліджуваний об'єкт потрібно не "розв'язувати", а робити експерименти на імітаційній моделі при різних умовах. До основних недоліків імітаційного моделювання відноситься трудомісткість створення моделі, відсутність правил перевірки моделі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

реальному об'єкту, складність одержання оптимуму. Імітаційні моделі "... не здатні формувати свій розв'язок ..., а можуть служити лише в якості засобу для аналізу поведінки системи в умовах, які визначаються експериментатором. Отже, імітаційне моделювання — не теорія, а методологія вирішення проблем" [9].

По використанню імітаційного моделювання на транспорті існує велика різноманітність рекомендацій для різних проблем, що вирішувалися. Перша модель, запропонована проф. Персіановим В А [5], і модель, розроблена під керівництвом к.т.н. Таля К.К. [6], були універсальними, розрахованими на різностороннє дослідження широкого класу об'єктів. В [5] уперше розроблено багато методичних питань моделювання транспортних систем. Модель [7] орієнтована більшою мірою на проектування залізничних станцій і вузлів. Заснована на [5] методика [2], розроблена проф. Козловим П.А., дозволяє відображати процеси накопичення й, що особливо важливо, можливості управління роботою транспорту.

Запропонований ряд спеціалізованих моделей для розв'язку певного кола проблем. Наприклад, моделі вантажних [6], сортувальних [5] і інших залізничних станцій [4, 8], вантажних фронтів [5, 7] підприємств промислового залізничного транспорту [3, 8]. Бурхливий розвиток мов програмування відкриває нові можливості для методів імітаційного моделювання, наприклад, на принципах об'єктно-орієнтованого програмування [7].

Процес накопичення конкретних знань про окремі сторони, характеристики, властивості транспортних об'єктів у своїй основі завершився до початку 80-х років. З'явилася база для комплексного вирішення всіляких транспортних проблем. Більше того, до розрахунків і використання пропускної здатності в ряді досліджень стали підходити із системних позицій. Системний підхід передбачає розгляд об'єкта під певним кутом зору, а саме — з погляду його організації. В [5] вказується: " Для теорії систем об'єктом дослідження є не "фізична реальність", не, скажимо, хімічне або

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

соціальне явище, а "система", тобто формальний взаємозв'язок між спостережуваними ознаками й властивостями". При дослідженні об'єкта як системи в комплексі вирішуються два завдання. Перше — визначення того набору властивостей, які система повинна підтримувати в собі, щоб зберегти свою цілісність, здатність виконувати властиві їй функції. Друге — вивчення механізмів підтримки необхідних системних властивостей в умовах дезорганізуючого впливу зовнішнього й внутрішнього середовища.

Залізничний транспорт функціонує в мінливих експлуатаційних умовах. Великий досвід у розв'язку завдань з підвищення ефективності функціонування систем у стохастичних умовах накопичений в інших науках. Збереження стійкості, тобто здатності системи при наявності факторів, що обурюють, підтримувати задані параметри в деяких межах, досягається за допомогою різноманітних механізмів. У якості одного з них у складних, створених людиною системах, виступає управління. Процеси управління носять двоїсту спрямованість — стратегічну й оперативну. Стратегічне управління, базуючись на бізнес-плані, вирішує, наприклад, питання реконструкції, нового будівництва, регулювання парку рухомого складу й ін. Оперативне управління служить "робочим" механізмом стратегічного, його завдання в тому, щоб "...нейтралізувавши впливи, що обурюють, на систему, що забезпечується своєчасною перебудовою її структури..." [6]. Тому в умовах нерівномірності "жорсткі" форми організації перевізного процесу малоефективні. Подібні думки висловлюються в багатьох роботах, зокрема, в [7].

Розгляду проблем оперативного управління роботою залізничного транспорту присвячена безліч досліджень, наприклад [13, 11]. Процес управління роботою транспорту з обліком його постійної взаємодії з різними промисловими підприємствами вимагає своєрідного підходу. Відмітною рисою багатьох досліджень із проблем оперативного управління роботою залізничного транспорту у взаємозв'язку із промисловими підприємствами, виконаних в 80-90х роках, є урахування динаміки транспортних і виробничих

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

процесів, комплексний підхід до розв'язку завдань управління, що позначається у врахуванні інтересів виробництва й транспорту. Розроблені форми організації перевізного процесу, гнучкі технології, що дозволяють із даним рівнем надійності забезпечити перевезеннями виробництво в умовах нерівномірності.

Найбільше повно гнучкі форми роботи залізничного транспорту й великих промислових підприємств розглянуті проф. Козловим П.А. [3, 9, 7, 8]. За рахунок оперативного управління перевізним процесом виникають динамічні резерви — здатність підвищувати надійність транспортного обслуговування при такому ж рівні технічної оснащеності. Запропоновані методи максимізації динамічних резервів при використанні рекомендованих гнучких технологій. Прискорення просування термінових вантажів за рахунок менш важливих для роботи споживачів у даний період дозволяє підвищити надійність зв'язків між ними й постачальниками. Методика управління однопродуктовими вагонопотоками викладена в [8]: дефіцит вагонів по одним призначенням частково усувається за рахунок надлишку по інших. При вичерпанні адаптивних можливостей транспорту об'єктом управління може стати виробництво, яке з урахуванням справжніх можливостей транспорту певною мірою здатне оперативно коректувати плани виробництва й споживання [3, 20]. Подібні методики розширюють можливості адаптації транспортних систем до мінливих умов функціонування.

При розв'язку задач оперативного управління неприпустимо зневажати динамічним характером розв'язуваних задач. З'являються методи, що враховують фактор часу: задача про максимальний динамічний потік [5, 9], динамічна транспортна задача в мережній і матричній постановці [3, 2]. Для розв'язку задач маршрутизації в динаміці використовується лінійне програмування [4, 16, 3], для динамічної оптимізації розкладів обслуговування транспортних засобів методи цілочислового програмування, гілок і границь [13]. У цих задачах транспорт певною мірою розглядають як

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

гнучку систему, що пристосовується. Корисними для оперативного управління можуть бути рекомендації, отримані за допомогою теорії масового обслуговування або імітаційного моделювання. Однак вони не можуть замінити моделі оптимізації оперативного управління в детермінованій постановці.

Стійкість транспортної системи в умовах нерівномірності може бути підвищена ще одним шляхом — за рахунок впровадження так званої "структурної технології" [9]. Під структурною технологією мається на увазі сукупність технологічних способів, що дозволяють в оперативному режимі управляти властивостями структури транспортної системи. Така технологія повинна передбачати роботу як у нормальних умовах, так і при зниженні пропускної здатності через різні причини й періодичних змін обсягів перевезень" [7].

В [4] структура розуміється "... як закон, принцип зв'язку елементів, система елементів і їх відносин у рамках даного цілого". Опис транспортної системи не можна звести тільки до перерахування й характеристики її елементів. Для складних систем "... важливою характеристикою є її структура, що визначає значною мірою можливі способи організації функціонування". Таким чином, під структурою розуміється взаєморозташування складових елементів (постійних пристроїв і змінних засобів) і, що досить важливо, сукупність зв'язків між ними. Відображення цього моменту при описі транспортної системи принципово важливо й вимагає особливих прийомів. Широко для цих цілей використовуються поняття теорії графів.

Дослідження в інших областях знань дозволяють стверджувати, що у випадковій середовищі структура повинна бути мінливою, адаптивною. Тільки тоді система зможе працювати стійко. Ще основоположник загальної організаційної науки А.А. Богданов розглядав структуру не як щось застигле, а як безупинно мінливу не тільки під впливом зовнішніх факторів, але й під впливом функціонування системи [8]. Академік Н.Н. Моїсеїв виділяє в

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

структурі два початки: лабільне й консервативне. "Перше пов'язане з функціонуванням організму, визначає швидкість його адаптації, його прагнення поставити собі на службу зовнішні обставини" [5]. Друге — це архітектурна форма системи, її організація. У понятті структури виділяються закономірності двох типів: що відносяться до складу й способів взаємозв'язку частин.

На транспорті зв'язки між елементами структури, взаємодія "... різних пристроїв системи виражається саме технологією перевізного процесу" [3]. За рахунок переходу на іншу технологію міняється порядок взаємодії між транспортними пристроями, змінюється сукупність і характер зв'язків між ними, що впливає на основні параметри елементів структури — пропускні здатності й місткості. Набір елементів, що складають структуру, зберігається. Схема колійного розвитку, парк локомотивів, вантажних засобів, чисельність працівників залишаються тими ж, що й були. Міняється лише лабільний початок структури — зв'язки між її елементами. Саме в цьому плані слід говорити про зміну структури транспортного об'єкта. Перехід на іншу технологію дозволяє реалізувати наявну в деяких організованих системах, у тому числі й транспортних, потенційну структурну надмірність [8, 9], коли на допомогу одним елементам, що не справляються, надаються інші елементи, призначені для виконання інших функцій, але мало завантажені на даний час.

Задачі оперативного управління транспортними системами пророблені в дослідженнях Образцова В.Н., Петрова А.П., Акулінічева В.М., Акермана Г.Л., Сотнікова Е.А., Дьякова Ю.В., Тишкіна Е.М., Тулупова Л.П., Шубко В.Г., Козлова І.Т., Персіанова В.А., Ускова Н.С., Козлова П.А. і ін.

У теоретичних дослідженнях обґрунтовується доцільність цілісного підходу до розгляду питань формування структури транспорту й технології перевезень. Визнається необхідність прийняття до уваги при проектуванні транспортного об'єкта впливу його структури на ефективність перевізного процесу, і те, що при його подальшій експлуатації є можливість за рахунок зміни технології роботи впливати на параметри транспортних пристроїв

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

(пропускні здатності й місткості). Так, в [19] відзначається: "... при проектуванні розвитку транспортного вузла необхідно забезпечувати максимальну гнучкість у використанні пристроїв, передбачати заходи щодо зміни спеціалізації й порядку використання тих або інших пристроїв у випадку різкої зміни транспортних потоків", а в [17], що при "... диспропорції розвитку основних ланок транспортної системи взаємопов'язаний або комплексний підхід ... дає можливість подолати однієї ланки усунути за рахунок надлишкової потужності іншої".

Але сказане, на практиці залишається в більшій частині лише побажанням. Реально взаємозв'язок структури й технології враховується в процесі проектування, реконструкції транспортних об'єктів. Але при цьому які-небудь заходи, що розширюють можливості використання гнучких форм організації перевізного процесу, не передбачаються. Особливо недостатньо приділяється увага впливу технології роботи транспорту на його структуру, пошуку технологічних способів, за допомогою яких можлива зміна параметрів елементів структури. Хоча на пропускну здатність транспортної системи впливають "... і способи управління системою, що раніше практично не відображалось у величині пропускної здатності". Необхідно глибше досліджувати поняття структури транспорту й технології перевізного процесу в їхньому взаємозв'язку.

Таким чином, поняття пропускної здатності транспортних пристроїв у процесі розвитку транспортної науки розширювалося й глибшало. Як відзначено в [2], цей шлях по-різному й в іншій хронологічній послідовності проходив при розробці методології оптимізації розвитку ліній і станцій (вузлів). У цілому ж в уточненні поняття пропускної здатності можна виділити наступне накопичення уявлень:

- величина пропускної здатності транспортного пристрою обернено пропорційна часу його зайнятості;
- в умовах динаміки обсягу перевезень для визначення оптимального розвитку пропускної здатності транспортного об'єкта на який-небудь

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

період послідовність можливих реконструктивних заходів необхідно розглядати одночасно;

- задачу розрахунків оптимальної пропускної здатності даного транспортного об'єкта слід вирішувати при одночасному розгляді всього комплексу транспортних об'єктів;
- про пропускну здатність транспортного пристрою слід говорити в імовірнісному змісті, оскільки характер транспортного потоку й час його обробки носять випадковий характер;
- у стохастичних умовах величина пропускної здатності одних транспортних пристроїв обумовлюється не тільки пропускну здатністю, але й місткістю інших пристроїв;
- використання пропускної здатності в мінливих експлуатаційних умовах може бути поліпшене за рахунок оперативного управління технологією перевізного процесу.

Необхідність урахування перерахованих факторів при оптимізації пропускної здатності транспортних систем вимагає досить складного математичного інструментарію. Кожний з розглянутих вище методів дослідження транспортних об'єктів має як достоїнства, так і недоліки й орієнтований на розв'язок певного кола задач. Представляється, що найбільш прийнятним для поставлених задач є метод, що розвивається останнім часом у системному аналізі. Він заснований на об'єднанні достоїнств різних моделей. Ідея полягає в створенні "синтезу моделей", що представляє комплекс імітаційної й однієї або декількох оптимізаційних моделей. Результати, отримані при використанні абстрактних оптимізаційних моделей, рідко можуть бути застосовані в "чистому" виді на практиці. Тому за допомогою "... спрощеної моделі (швидкого алгоритму) проводиться відбраковування можливих альтернатив і формується та безліч варіантів, яка й пред'являється для імітаційного експерименту на повній моделі" [4]. На транспорті такий підхід апробований проф. Козловим П.А. [3, 3]. Наприклад, для розрахунків кількості колій на станції можна попередньо скористатися

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

математичним програмуванням. Надалі при детальній проробленні схеми станції число колій може бути уточнене на імітаційній моделі. Недоліком "синтезу моделей" є відсутність методів і алгоритмів "стикування" моделей. Але, незважаючи на це, даний метод має, мабуть, найбільше можливостей.

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
						40
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2. МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ

2.1. Аналіз методів розрахунку пропускної здатності

Методи, що застосовуються при дослідженні транспортних процесів у цей час, можна умовно підрозділити на описові й математичні. Описові методи не дають кількісної міри для оцінки досліджуваних процесів. Тому нижче розглядаються в основному математичні методи, що отримали широке розповсюдження в останні роки. У них насамперед потрібно відзначити існування двох напрямків: детерміністського й імовірнісного.

У першому випадку транспорт розглядається як своєрідний механізм (конвеєр), а його складові частини — станції, вузли, ділянки, напрямки — як його ланки, причому зв'язки між елементами представляються у вигляді твердих аналітичних залежностей. У другому випадку виходять із передумови, що експлуатаційні процеси носять імовірнісний, кореляційний, а не однозначно детермінований характер. Часто обидва цих підходів сполучаються у формі, наприклад, середньозважених величин (вага поїздів, час ходу, інтервали й т.п.) і експлуатаційних констант (коефіцієнти знімання, параметр накопичення й т.п.), значення яких устанавлюється на підставі спостережень і імовірнісних уявлень про процеси. Такий метод більш обґрунтований, тому що транспортний процес, що включає елемент випадковості, не являє собою, однак, чисто випадкового процесу; у ньому винятково висока роль «організованої» складової — графіка руху поїздів, технологічних процесів і схем. Тому формули, розроблені на підставі тільки імовірнісного або детерміністського підходу до транспортних процесів, часто не відповідають існуючій системі роботи транспорту.

У розрахунках пропускної здатності станцій аналітичний метод є найпоширенішим. Станція розчленовується на елементи, що розраховуються ізольовано. Пропускна здатність звичайно визначається в поїздах або парах

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поїздів якої-небудь однієї категорії. Інші пересування розглядаються як постійні операції, на виконання яких затрачується частина розрахункового періоду.

Один з різновидів аналітичного методу, що одержав найбільше поширення, полягає в безпосередньому поділу розрахункового періоду на тривалість однієї операції. Діючими вказівками рекомендується метод розрахунку за допомогою коефіцієнта завантаження елемента за формулами виду

$$N_{\max} = \frac{(1 - \beta) \cdot N_{\phi}}{k - \beta}, \quad (2.1)$$

де N_{ϕ} – фактичне завантаження елемента в поїздах даної категорії;

k – коефіцієнт завантаження елемента за часом усіма операціями;

β – коефіцієнт завантаження елемента «постійними» операціями.

Основний недолік розрахунку за коефіцієнтом завантаження полягає в припущенні, що в міру вичерпання пропускної здатності елемента витрата часу на одну операцію не змінюється, або резерв із ростом N_{ϕ} знижується лінійно, це видно з рис. 2.1 (безперервна лінія). Дійсна картина зміни резерву показана штриховою лінією: чим більше фактичне завантаження, тим помітніше відхилення резерву від прямолінійного графіка. Результати розрахунку за коефіцієнтом завантаження виявляються завищеними на величину $\varepsilon = N'_{\max} - N''_{\max}$. Перекладка залежностей виду (2.1) на ЕОМ недоліків розрахунку за коефіцієнтом завантаження, звичайно, не усуває.

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

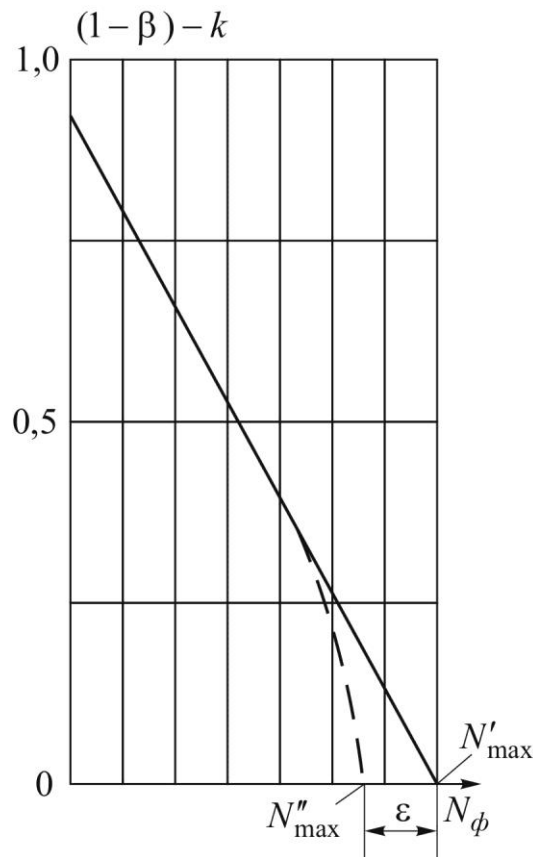


Рис. 2.1. Зміна резерву пропускної здатності зі збільшенням фактичного завантаження в моделі аналітичного розрахунку

Достоїнством (і, мабуть, єдиним) аналітичного методу є простота. Урахування якісних особливостей внутрішньої структури, вплив випадкових процесів ураховується коефіцієнтами. Звичайно, користуватися цим методом потрібно з великою обережністю, тому що значення коефіцієнтів, підраховані для одних умов, будуть невірно відображати дійсність для інших (рис. 2.2).

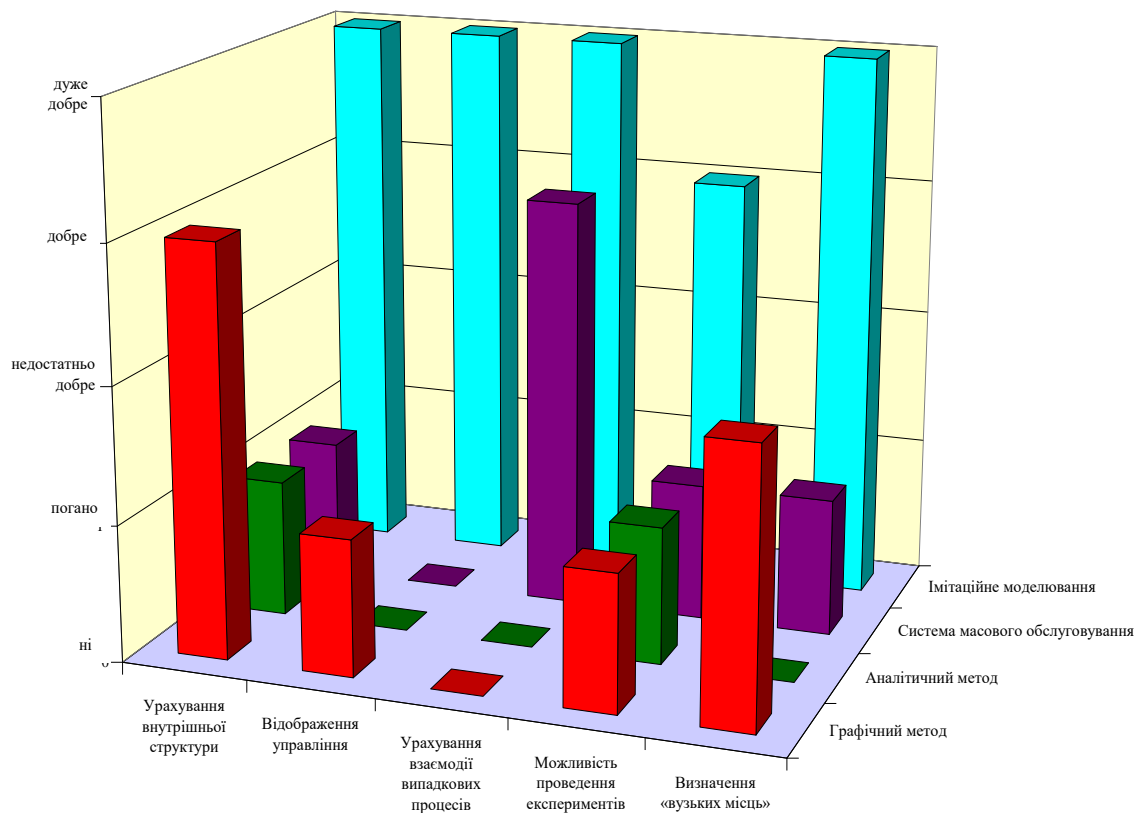


Рис. 2.2. Відображення властивостей транспортної системи різними методами

Більш надійний результат забезпечує графічний метод, що широко застосовувався для розрахунку станцій ще в дореволюційний період. Він наочний і простий, але досить трудомісткий. До початку 50-х років відноситься розробка так званого графоаналітичного методу, який поєднує користування номограмами й емпіричними коефіцієнтами з підрахунком результуючих величин за аналітичними формулами.

Графічний метод має більше достоїнств у порівнянні з аналітичним. Результат, отриманий даним методом, незмірно ближче до дійсності, чим результат, отриманий аналітичним методом. У ньому враховуються взаємодія елементів станції між собою й з підходами, що примикають, наочність зображення, зручність аналізу, але, він вимагає більших витрат праці, а результат відповідає лише одному варіанту.

Графічний метод — це в основному, побудова добового плану-графіка роботи станції або графіка руху поїздів на полігоні. Важливим недоліком є неможливість коректного відображення випадкових процесів. Помилки при цьому можуть бути значними.

Теорія масового обслуговування, опираючись в основному на апарат теорії імовірності, вивчає процеси, пов'язані з масовим обслуговуванням. За допомогою цієї теорії розробляються математичні методи для відшукування основних характеристик процесів масового обслуговування, оцінюються якості функціонування обслуговуючої системи. При цьому ставиться завдання: установити з можливою точністю залежність між числом обслуговуючих одиниць і якістю обслуговування, яка вимірюється різними показниками (кількість заявок, що отримали відмову; кількість пасажирів, що не отримали квиток на даний поїзд; час очікування початку насування состава на гірку, виставки состава із сортувального парку у відправний і т.д.).

Досліджуючи великі станції (сортувальні й вантажні), різні автори висловлювалися за різні закони розподілу вхідного потоку, що цілком закономірно. Не існує єдиного розподілу для всіх станцій; навіть для однієї й тієї ж станції розподіл не може залишатися незмінним.

Аналітичний апарат теорії масового обслуговування найчастіше оперує так званим найпростішим потоком, у якому розподіл заявок в інтервалі часу підкоряється закону Пуассона. Такий потік іноді ще називають, трохи більш повно розкриваючи його сутність, ординарним, стаціонарним, потоком без післядії. Відсутність післядії означає, що ймовірність появи деякої події не залежить від того, чи давно така подія мала місце в останнє. Інакше кажучи, у системах з найпростішим потоком відсутні функції управління й регулювання, хоча в реальній транспортній системі цією справою зайняті тисячі людей.

Стаціонарність означає, що імовірнісний режим потоку в часі не змінюється, тобто система живе одноманітним «життям» і в ній немає місця так званим перехідним процесам, коли ця одноманітність порушується.

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вимога ординарності виключає появу в розглянутий момент часу одночасно двох і більше подій (наприклад, одночасного прибуття двох поїздів з різних напрямків в один й той же парк станції).

Можна сперечатися про те, чи підкоряється розподіл прибуття поїздів на станцію закону Пуассона або Пірсона, але при цьому не слід забувати, що всі розподіли враховують кількісну сторону процесу, опускаючи якісну. Імовірнісний розподіл потоку однієї категорії, розглянутий ізольовано від інших, є кількісним вираженням якогось середнього графіка надходження поїздів на станцію з безлічі можливих. Заміна реального графіка кривої розподілу вхідного потоку може позбавити її важливих характеристик.

Реальний транспортний потік є динамічним по своїй природі. У ньому потрібно розрізняти кілька видів нерівномірностей, основними з яких є:

- тимчасова нерівномірність (сезонні коливання, по днях тижня, внутрішньодобові й ін.);
- просторова нерівномірність, специфічна для кожного виду перевезень (приміські, дальні пасажирські й вантажні).

Розрахунок транспортних об'єктів, як систем масового обслуговування, дозволяє добре враховувати вплив випадкових процесів на величину міжопераційних простоїв, але погано відображає внутрішню структуру й майже не відображає управління.

На початку 60-х років був запропонований і реалізований розрахунок пропускної здатності станцій методом імітаційного моделювання на ЕОМ. Вихідною інформацією при розрахунку пропускної здатності станцій методом імітаційного моделювання служать:

а) графіки руху з точною вказівкою категорії всіх поїздів, що прибувають і що відправляються, або структура поїздопотока, якщо графіки не задані;

б) вказівки про напрямки проходження через станцію поїздів усіх категорій;

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

в) технологічні графіки із вказівкою всіх операцій, які зазнає на даній станції кожна категорія поїздів;

г) норми або фактична тривалість зайняття станційних колій, стрілок і інших елементів, необхідні для виконання всіх операцій;

д) план станції або вузла з нумерацією елементів.

На відміну від існуючого аналітичного метод імітаційного моделювання дозволяє розраховувати пропускну здатність станції в цілому, ураховує технологію роботи й взаємодію складових елементів станції. Метод дозволяє вирішувати й окремі приватні завдання, такі, як перевірка пропускної здатності горловин, станційних парків і т.п.

Імітаційне моделювання — це відтворення технологічного процесу, спеціальним образом закодованого в пам'яті комп'ютера. Тут можна з необхідною деталізацією відобразити всі основні властивості транспортних систем. Основна перевага методу імітаційного моделювання полягає в економії часу й ручної праці (у порівнянні із графічним способом) і підвищенні точності результатів (у порівнянні з аналітичним способом). Недоліки — трудомісткість і потрібна висока кваліфікація дослідників. Однак створення систем автоматизованої побудови моделей може значною мірою їх усунути.

Досвід використання різних методів дозволяє оцінити рівень можливих помилок при розрахунку різних систем (рис. 2.3).

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

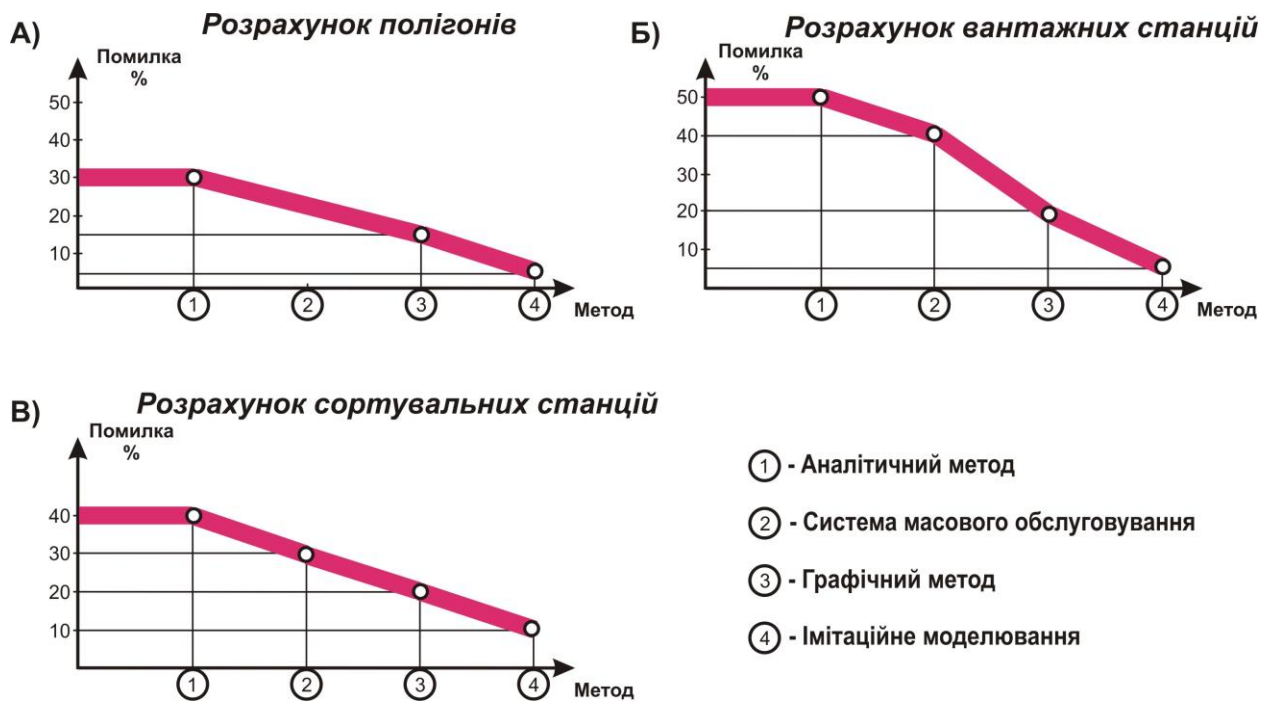


Рис. 2.3. Помилки при розрахунку транспортних систем різними методами

2.2. Розрахунок сумарної тривалості затримки для перетинання маршрутів

На пропускну здатність безпосередньо впливає час затримок, який виникає через нерівномірність транспортних процесів. Тому для аналізу методів здійснимо розрахунок сумарної тривалості затримки для пересічення маршрутів, наведеного на рис. 2.4. Розмір руху по кожному з маршрутів дорівнює 60 поїздів, час зайняття пересічення поїздом становить 7 хвилин.

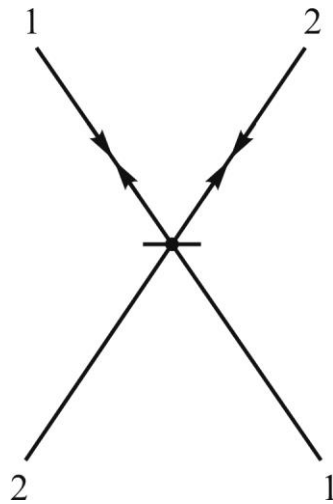


Рис. 2.4. Схема пересічних маршрутів

2.2.1. Аналітичний метод

Сумарна тривалість затримок при пересіченні рівноправних маршрутів визначається залежністю виду:

$$T_{зтр} = \frac{N_1 \cdot N_2 \cdot (t_1^2 + t_2^2)}{2880}, \quad (2.2)$$

де N_1, N_2 – розмір руху відповідно по першому й другому маршрутах;

t_1, t_2 – час зайняття пересічення поїздом.

$$T_{зтр} = \frac{60 \cdot 60 \cdot (7^2 + 7^2)}{2880} = 122,5 \text{ хв.}$$

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.2. Графічний метод

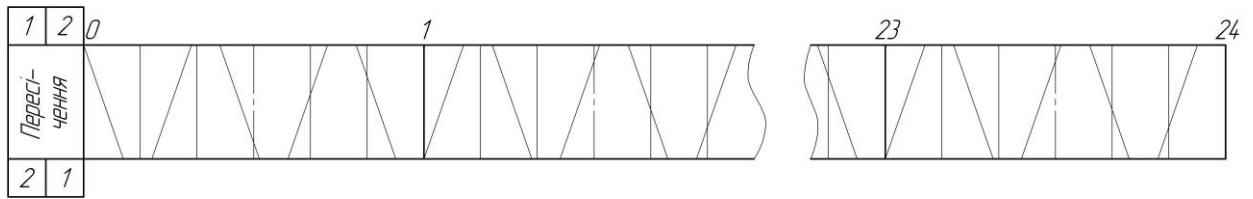


Рис. 2.5. Графік заняття перетинання

Графічний метод дозволяє організувати рух без затримок, але він не враховує випадкових процесів. Це може привести до значних помилок.

2.2.3. Теорія масового обслуговування

Середня інтенсивність зайняття пересічення поїздами

$$\mu = \frac{1440}{t_{\text{зайн}}}, \quad (2.3)$$

де $t_{\text{зайн}}$ – час зайняття перетинання поїздом.

$$\mu = \frac{1440}{7} = 205 \text{ поїздів/доба.}$$

Коефіцієнт завантаження перетинання

$$\psi = \frac{\lambda}{\mu}, \quad (2.4)$$

де λ – середня інтенсивність підходу поїздів.

$$\psi = \frac{120}{205} = 0,585.$$

Середній час затримки поїзда на підході до пересічення

$$T_{\text{ср. зтр}} = \frac{\psi}{\mu \cdot (1 - \psi)}, \quad (2.5)$$

$$T_{\text{ср. зтр}} = \frac{0,585}{205 \cdot (1 - 0,585)} = 10 \text{ хв.}$$

Сумарний час затримки

$$T_{\text{зтр}} = T_{\text{ср. зтр}} \cdot (N_1 + N_2), \quad (2.6)$$

$$T_{\text{зтр}} = 10 \cdot (60 + 60) = 1200 \text{ хв.}$$

2.2.4. Імітаційне моделювання

Дискретні імітаційні моделі в тій або іншій формі представляють ситуації, пов'язані із чергами, у яких є два типи основних подій: прибуття й відхід. Ці події визначають моменти, у які можуть відбуватися зміни в статистиці системи.

Час між прибуттями поїздів

$$T_{\text{мн}} = -\left(\frac{1440}{\lambda}\right) \cdot \ln(R), \quad (2.7)$$

де R – випадкові числа ($0 \leq R \leq 1$).

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Час заняття поїздом пересічення

$$T_{зайн} = a + (b - a) \cdot R, \quad (2.8)$$

де a, b – границі часового інтервалу, протягом якого пересічення зайняте (приймаємо $a = 6$ хв., $b = 8$ хв.).

Позначимо через T час моделювання. Припустимо також, що перший поїзд приходить у момент часу $T = 0$ й перетинання вільне.

$$T_{np1} = 0 \text{ хв.}$$

Час звільнення (відходу) пересічення першим поїздом

$$T_{ex1} = 0 + 6 + (8 - 6) \cdot 0,0415 = 6,08 \text{ хв.}$$

$$T_{np2} = 0 - \left(\frac{1440}{120} \right) \cdot \ln(0,5163) = 7,93 \text{ хв.}$$

$$T_{ex2} = 7,93 + 6 + (8 - 6) \cdot 0,9731 = 15,88 \text{ хв.}$$

$$T_{np3} = 7,93 - \left(\frac{1440}{120} \right) \cdot \ln(0,5238) = 15,69 \text{ хв.}$$

Третій поїзд прибуває раніше, чим пересічення звільняється другим поїздом. Час затримки третього поїзда буде дорівнювати

$$T_{зтр3} = 15,88 - 15,69 = 0,19 \text{ хв.}$$

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$T_{ex3} = 15,88 + 6 + (8 - 6) \cdot 0,0381 = 21,96 \text{ хв.}$$

$$T_{np4} = 15,69 - \left(\frac{1440}{120} \right) \cdot \ln(0,2566) = 32,02 \text{ хв.}$$

$$T_{ex4} = 32,02 + 6 + (8 - 6) \cdot 0,7598 = 39,54 \text{ хв.}$$

$$T_{np5} = 32,02 - \left(\frac{1440}{120} \right) \cdot \ln(0,1471) = 55,01 \text{ хв.}$$

$$T_{ex5} = 55,01 + 6 + (8 - 6) \cdot 0,8783 = 62,77 \text{ хв.}$$

Подальші розрахунки для 115 поїздів, що залишилися, проводяться аналогічно.

Згідно розрахунків загальний час затримки буде дорівнювати $T_{зтр} = 805,70$ хв. Так як при моделюванні отримані результати носять імовірністний характер, то проведемо розрахунки ще для дев'яти варіантів. За розрахунками знайдемо середню величину затримки та середньоквадратичне відхилення.

$$\bar{T}_{зтр} = \frac{\sum T_{зтр_i}}{n},$$

$$\begin{aligned} \bar{T}_{зтр} &= \frac{805,70 + 399,57 + 618,70 + 828,52 + 748,83 + 1127,31}{10} + \\ &+ \frac{408,84 + 550,15 + 341,11 + 554,88}{10} = 638,36 \text{ хв.} \end{aligned}$$

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (T_{зтр_i} - \bar{T}_{зтр})^2}{n}},$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{528633,31}{10}} = 229,92 \text{ хв.}$$

Це означає, що в середньому сумарна затримка поїздів у досліджуваній сукупності відхилялася від середньої сумарної затримки в цілому по сукупності на 229,92 хвилини.

2.3. Оптимізація пропускної здатності транспортної системи

Вище було показано, що в мінливій експлуатаційній обстановці періодично порушується відповідність між наявними пропускними здатностями й місткостями транспортних пристроїв і необхідним обсягом переробки. За рахунок тільки певної зміни технології, без яких-небудь капітальних вкладень, є можливість розширити адаптивні можливості транспорту, а саме, тимчасово збільшувати пропускні здатності й місткості одних ланок транспортної системи за рахунок інших, де в цей час існує відносний надлишок потужності. На практиці така технологія й організація роботи транспорту у цей час не одержала належного розповсюдження, головним чином, через відсутність необхідного методичного базису. Маневровий диспетчер змушен ухвалювати рішення на підставі власного досвіду й інтуїції, що не завжди забезпечує одержання ефективного результату. Необхідна методика оптимізації оперативного управління пропускною здатністю транспортних систем в умовах нерівномірності. Для цього потрібно вирішити дві основні задачі:

- проаналізувати технологічні способи, що дозволяють оперативно перерозподіляти потужності між ланками транспорту;

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- розробити механізм вибору оптимальної послідовності способів управління пропускною здатністю й місткістю транспортних об'єктів;

2.3.1. Змістовна постановка задачі управління пропускною здатністю транспортної системи

Змістовна постановка задачі описується в такий спосіб.

Є транспортна система, для якої відомі:

- структура й динаміка потужності вхідного потоку вагонів у транспортну систему;
- маршрути просування вагонопотоків у транспортній системі і параметри транспортних пристроїв — нормативні пропускні здатності й місткості;
- нормативна потреба у вагонах (нормативний графік подачі вагонів) і порядок відправлення поїздів;
- перелік можливих технологічних способів оперативного управління пропускною здатністю транспортної системи.

Необхідно знайти оптимальну послідовність технологічних способів оперативного управління пропускною здатністю й місткістю транспортної системи із метою своєчасного пропуску вагонопотоку при мінімумі витрат:

- на переробку вагонопотоків у транспортній системі;
- на реалізацію технологічних заходів щодо оперативного управління параметрами транспортних пристроїв.

2.3.2. Спосіб формалізованого представлення структури транспортної системи

Структуру транспортної системи визначають два фактори: конструктивні параметри різноманітних транспортних пристроїв —

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

елементів системи й технологія перевізного процесу, що регламентує зв'язки між елементами, порядок взаємодії. У комбінації ці фактори визначають величину пропускну здатності транспортної системи. Тому для опису структури транспортного об'єкта необхідно використовувати такий спосіб формалізації, який би повністю відбивав два названі фактори, але був вільний від несуттєвих конкретних характеристик окремих транспортних пристроїв.

Найбільше повно відзначеним умовам відповідає спосіб формалізованого опису структури транспортної системи, запропонований проф. П.А. Козловим. В основі даного способу лежить представлення транспортної системи у вигляді сукупності елементів двох типів: «бункерів» і «каналів» (рис. 2.6). За допомогою цих двох елементів моделюється здатність транспорту накопичувати (затримувати) вагонопотоки й переміщати (прискорювати) їх.

Завданням транспорту є організація й реалізація надійного й ефективного матеріального зв'язку між постачальниками й споживачами. Для цього транспорт повинен мати пристрої для пропуску й обробки вагонопотоку, що виконують по суті роль каналу. З іншого боку, йому необхідні пристрої для накопичення вагонів, коли з ними виконуються які-небудь операції, передбачені технологією. Крім того, в умовах нерівномірності для забезпечення надійного транспортного обслуговування транспорт повинен мати можливість нейтралізувати сплески вхідних вагонопотоків і формувати рівномірні вихідні вагонопотоки. Для цього транспорту необхідні пристрої, що відіграють роль своєрідного бункера. Таким чином, каналами відображаються транспортні пристрої для просування вагонопотоку, бункерами — для його накопичення.

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

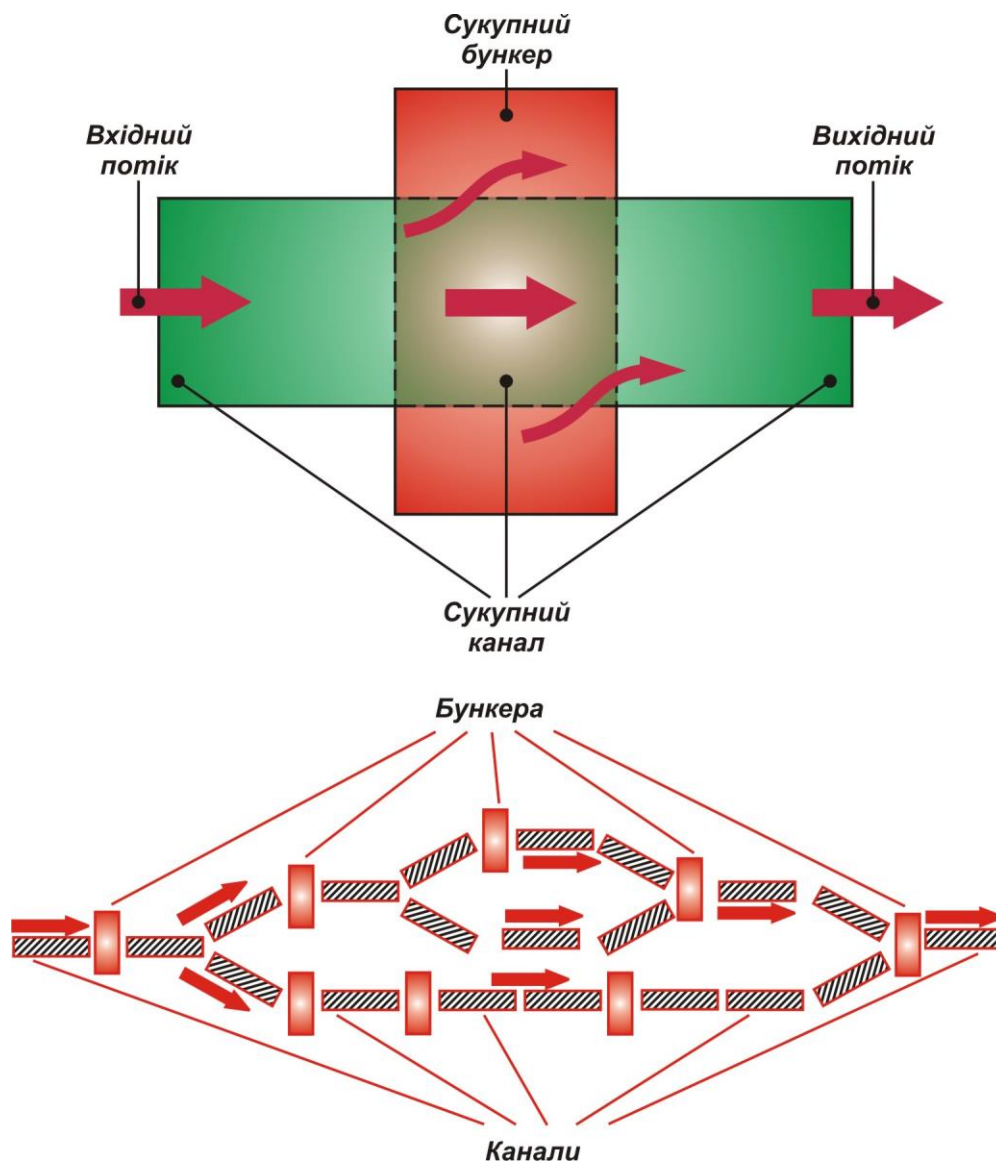


Рис. 2.6. Модель транспортної системи з каналів і бункерів

Дамо формалізований опис бункерів і каналів.

Канал характеризується пропускнуою здатністю d_{ij} . Каналами відображаються перегони, з'єднувальні колії, горловини станцій, стрілочні переводи (стрілочні вулиці), вантажні фронти, сортувальні гірки й інші колійні пристрої, на яких у рамках стандартної технології не допускається стоянка вагонів. Крім пристроїв, що слугують безпосередньо для просторового переміщення вагонів, у вигляді каналів описуються безпосередньо операції перевізного процесу. До таких, наприклад,

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

відносяться вантажно-розвантажувальні операції, технічний і комерційний огляди, процеси накопичення вагонів, формування составів, сортувальна робота на витяжних коліях, процеси переробки інформації.

Бункер характеризують ємністю (місткістю) q_k . У якості бункерів відображають склади, парки (колії) прийому, відправлення, накопичення й інші транспортні пристрої, що використовуються для зберігання або накопичення вагонів.

При грамотно організованій технології забезпечується задана пропускна здатність і необхідна місткість при найменших витратах. У такий спосіб задача ставиться як

$$F = C_{ij} \cdot d_{ij} + C_k \cdot q_k \rightarrow \min, \quad (2.9)$$

при обмеженнях $d_{ij} \leq D, q_k \leq Q$,

де C_{ij} – витрати на одиницю пропускної здатності каналів;

C_k – витрати на одиницю місткості бункерів;

D, Q – задані пропускні здатності і ємності.

Таким чином, складні об'єкти залізничного транспорту можна представити у вигляді комбінації бункерів і каналів.

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. У кваліфікаційній роботі бакалавра проаналізована проблема використання пропускнуої здатності транспортних засобів. Висвітлені актуальність, причини й негативні наслідки її недостатчі.

2. Розглянуті різні підходи до визначення пропускнуої здатності, одиниця виміру й розрахунковий період. Сформульовані передумови щодо умов функціонування транспортних пристроїв, які значно розширені в порівнянні з тими, які використовувалися при визначенні пропускнуої здатності раніше.

3. Зроблений короткий огляд досліджень проблеми оптимального розвитку й використання пропускнуої здатності на транспорті. Виділені основні методи розрахунків: аналітичний, графічний, теорія масового обслуговування, імітаційне моделювання. Виконаний розрахунок тривалості затримок для пересічення рівноправних маршрутів по кожному з методів. Сформульовані достоїнства й недоліки різних методів. Достоїнством аналітичного методу є його простота. Недоліком даного методу є те, що вплив випадкових процесів ураховується коефіцієнтами. Звичайно коефіцієнти підраховані для одних умов будуть невірно відображати дійсність для інших, що суттєво знижує точність результатів, отриманих цим методом. Графічний метод має більше достоїнств у порівнянні з аналітичним. Він наочний і простий, ураховує взаємодію елементів станції між собою, але вимагає більших витрат праці, не враховує випадкових процесів, а результат відповідає одному заданому варіанту. За допомогою теорії масового обслуговування добре враховуються випадкові процеси. Але даний метод погано відображає управління й внутрішню структуру, підходить лише для найпростішого потоку, вимагає високого рівня математичних знань і значних витрат часу. Імітаційне моделювання має більш достоїнств в порівнянні з іншими методами. Цей метод ураховує технологію роботи й взаємодію складових елементів, ураховує стохастичний характер транспортних

										Арк.
										59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

процесів, має більшу гнучкість. Головним достоїнством методу є економія часу й ручної праці. Недоліком імітаційного моделювання є те, що одержувані результати являють собою спостереження, які можуть бути піддані експериментальним помилкам. Також даний метод трудомісткий і вимагає високої кваліфікації дослідників.

4. Визначено, що метод імітаційного моделювання є найбільше перспективним для розрахунку пропускної здатності транспортних систем. Але поряд з достоїнствами імітаційне моделювання має й недоліки. Тому запропоновано для розв'язку поставлених задач використовувати метод, який розвивається останнім часом у системному аналізі. Він заснований на об'єднанні достоїнств різних моделей. Ідея полягає в створенні «синтезу моделей», що представляє комплекс імітаційної й оптимізаційної моделей. У якості оптимізаційної моделі пропонується використовувати модель, у якій транспорт розглядається як система, що складається з елементів двох типів: «бункерів» і «каналів». Канали призначені для пропуску потоків, а бункера — для поглинання й породження сплесків.

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
						60
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1. Автоматизированная система плановых расчетов на транспорте. / Под ред. Б.С. Козина, И.Х. Козлова. - М.: Транспорт, 1981. - 400 с.
2. Акулиничев В.М. Организация перевозок на промышленном транспорте. - М.: Транспорт, 1983. - 219 с.
3. Аникеич А.А. и др. Автоматизация ежедневного планирования работы грузовых автомобилей. - М.: Транспорт, 1971. - 110 с.
4. Ардашин В.А., Козлов И.Х., Сотников Е.А., Тужилкин Н.А. К вопросу об оптимальной этапности перспективного развития сортировочных станций // Принципы построения автоматизированной системы плановых расчетов на транспорте: Тр. ИКТП. Вып. 67, - М.: ИКТП, 1977. - С. 114-126.
5. Арсенов В.И. Оценка вариантов развития транспортной сети с помощью методов линейного программирования: Тр. ИКТП. Вып. 3, - М.: ИКТП. 1967. - С. 5-10.
6. Афанасьев В.Г. Мир живого: системность, эволюция, управление. - М.: Политиздат, 1986. - 334 с.
7. Безель Б.П. Определение потребной технической вооруженности пунктов перевалки методом моделирования их работы // Вопросы совершенствования комплексной эксплуатации транспорта. - М.: Транспорт, 1966. - С. 190-216.
8. Богданов А.А. Всеобщая организационная наука (тектология). – М.: - Л.: 1995, ч. 1.
9. Большая Советская Энциклопедия. 2-е изд. Т. 31. С. 81.
10. Буянов В.А., Ратин П.С. Автоматизированные информационные системы на железнодорожном транспорте. - М.: Транспорт, 1984. - 239 с.
11. Быкадоров А.В. Двухфазная система массового обслуживания с накопителем ограниченной емкости // Теория массового обслуживания: Тр. III Всесоюзной школы и совещания по теории массового обслуживания, т. 2, - М.: Московский университет, 1976. - С. 21-25.

										Арк.
										61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ

12. Васильев И.И. Определение необходимой мощности отдельных элементов станций // Подвижной состав и эксплуатация железных дорог: Сб. науч. тр. Вып. 140, - М.: Трансжелдориздат, 1949.

13. Васильева Е.М., Игудин Р.В., Лившиц В.Н. и др. Оптимизация планирования и управления транспортными системами. - М.: Транспорт, 1987. - 208 с.

14. Вдовиченко В.Н. Способы усиления пропускной способности однопутных железных дорог. - М.: Трансжелдориздат, 1951.

15. Вентцель Е.Г. Исследование операций (задачи, принципы, методология). - М.: Наука, 1988. - 208 с.

16. Глушков В.М. О системной оптимизации // Кибернетика. 1980. №5.-С. 89-90.

17. Грунтов П.С. Расчет эксплуатационной надежности и путевого развития сортировочных станций: Труды БелИИЖТа. Вып. 94, - Гомель: Изд-во БелИИЖТа, 1971.

18. Данциг Д., Вольф В. Алгоритм разложения для задач линейного программирования // Математика. 1964, № 1.

19. Дьяков Ю.В. Этапное развитие линий и станций // Совершенствование управления процессами перевозок на железнодорожном транспорте: Межвуз. сб. науч. тр. Вып. 716. - М.: МИИТ, 1982. - С. 3-20.

20. Журавин С.Г. Организация активного взаимодействия производства и транспорта в условиях интенсификации // Гибкая технология работы железнодорожного транспорта в условиях интенсификации перевозочного процесса: Межвуз. сб. науч. тр. Вып. 81. - Свердловск: 1989. - С. 28-39.

21. Зеленков В.И. Выбор рациональных способов овладения растущим грузопотоком на двухпутных линиях с помощью ЭЦВМ: Сб. науч. тр. МИИТ. Вып. 202. - М.: МИИТ, 1965. - С. 103-172.

					<i>РКБ.ОПЗТ-19д.310.ПЗ</i>	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Подпис	Дата		