

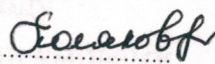
**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**
Навчально-науковий інститут транспорту та будівництва
Кафедра логістичного управління та безпеки руху на транспорті

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня магістр

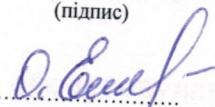
галузі знань 27 – «Транспорт»
спеціальності 273 «Залізничний транспорт». Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті

на тему: «Дослідження транзитних перевезень вантажів у міжнародному сполученні з урахуванням їх інтероперабельності»

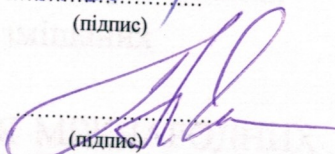
Виконав: студент групи ІБЗТ-19зм
Полякова А.В.


.....
(підпис)

Керівник: доц. Єпіфанова О.В.


.....
(підпис)

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


.....
(підпис)

Рецензент: *Бойцов С.*

.....
(підпис)

1.4 Дослідження транспортування основних вантажів залізницями країни

Які вантажі слід віднести до основних (див. далі – стратегічних), що є найбільш важливими для транзиту залізницями – залежить від обраних критеріїв оцінки. Історично склалося, що в залізничній звітності та обліку найменування вантажів розташовуються у тій послідовності (див. табл. 1.4), яка наведені у п.п. а) (історичні назви та послідовність вантажів «за обліком»). Ця послідовність лише частково відображає «важливість» вантажів (якщо її оцінювати обсягами перевезень).

Таблиця 1.4

а) За обліком		б) Рейтинг за обсягом		
№	Вантаж	№	Вантаж	Критерій 1 – Обсяг перевезення, тис. тонн
1	Кам'яне вугілля	2	Нафта і нафтопродукти	14 830,18
2	Нафта і нафтопродукти	1	Кам'яне вугілля	8 952,04
3	Руда залізна і марганцева	3	Руда залізна і марган.	7 231,56
4	Руда кольорова	8	Хім. і мінер. добрива	4 842,99
5	Чорні метали	5	Чорні метали	3 314,83
6	Кольорові метали	9	Хімікати	3 069,29
7	Лісні вантажі	12	Зерно і продукти перемелу	937,70
8	Хім. і мінер. добрива	15	Мінбудматеріали	500,31
9	Хімікати	4	Руда кольорова	315,89
10	Автомобілі	17	Сіль	256,66
11	Машини і устаткування	13	Кокс	121,82
12	Зерно і продукти перемелу	7	Лісні вантажі	79,89
13	Кокс	11	Машини і устаткування	66,75
14	Брухт чорних металів	14	Брухт чорних металів	57,53
15	Мінбудматеріали	10	Автомобілі	49,33
16	Цемент	6	Кольорові метали	17,68
17	Сіль	16	Цемент	7,85

У табл. 1.4, б транзитні вантажі розташовані в порядку зменшення обсягів їх перевезень (дані Укрзалізниці за 2018 рік). Аналіз цих даних дозволяє стверджувати, що в такому «рейтингу» вихідна нумерація вантажів

порівняно з табл. 1.4, б суттєво «збилася», вантажі за обсягом перевезень розташувалися в іншій послідовності.

Таблиця 1.5 містить такий критерій, як «питомий дохід від перевезень вантажу, доларів США на 1000 тонно-км нетто (дані УЗ за 2010 рік)».

Таблиця 1.5

Рейтинг за прибутком

№	Вантаж	Критерій 2 - Доходи від перевезень, дол. США/тис. тонно-км
11	Машини і устаткування	68,20
10	Автомобілі	45,27
6	Кольорові метали	43,30
7	Лісні вантажі	34,07
2	Нафта і нафтопродукти	26,29
13	Кокс	25,59
12	Зерно і продукти перемелу	24,54
14	Брухт чорних металів	23,98
15	Мінбудматеріали	22,42
4	Руда кольорова	20,98
16	Цемент	19,25
17	Сіль	19,17
9	Хімікати	18,84
5	Чорні метали	18,62
8	Хім. і мінер. добрива	18,37
1	Кам'яне вугілля	12,99
3	Руда залізна і марганцева	12,75

Аналіз таблиці 1.5 вказує на те, що за рейтингом «Доходи від перевезень, дол. США/тис. тонно-км» послідовність вантажів знову інша. Доходи від перевезень є не менш значущим критерієм, ніж обсяги, хоча між ними й існує певний зв'язок, причому при аналізі обсягів перевезень вантажів з 2004 року та оцінці їх стабільності застосовано третій критерій і отримана нова послідовність розташування вантажів у рейтингу (табл. 1.6).

Отже критерії виявляються суперечливими, і цю суперечливість слід усунути, щоб однозначно й об'єктивно відносити вантажі до переліку

«стратегічних» за допомогою певного «мультиплікативного» критерію, який повинен враховувати всі «частинні» критерії.

Однак цей перелік не повинен бути раз і назавжди заданим, незмінним, він повинен враховувати реальні, об'єктивні процеси, що відбуваються в сфері транспортного забезпечення зовнішньоекономічної діяльності.

Порядок віднесення вантажів до переліку стратегічних за допомогою запропонованого мультиплікативного критерію був наступний.

«1. Серед показників транзитних перевезень обрано три критерії оцінки для кожного вантажу, економічний сенс яких полягає у тому, що чим більшим є значення критерію для даного вантажу, тим більш «бажаним» є даний транзитний вантаж для України». Ці критерії такі:

Критерій 1 – Обсяг перевезень i -го вантажу ($i = 1, 2, 3, \dots, m - 1, m$, в нашому випадку кількість вантажів у переліку, $m = 17$), тис. тонн за рік (див. графі 1 та 2 табл. 1.4, б).

Цей критерій для i -го вантажу береться із звітних даних Укрзалізниці за той рік, для якого він визначається (в нашому випадку це 2010 рік), в табл. 1.5 це величина Q_i в графі 3 таблиці.

В графі 4 табл. 1.6 визначається «Рейтинг-1», R_1 для кожного вантажу. Для цього в графі 4 відшукується вантаж з максимальним обсягом перевезень – $\max Q$. В нашому випадку це вантаж «Нафта і нафтопродукти» з обсягом перевезень 14830,18 тис. тонн за рік. На цю величину діляться обсяги перевезень усіх 17-ти вантажів в графі 3 табл. 1.7, таким чином визначається рейтинг кожного вантажу:

$$R_{1i} = \frac{Q_i}{\max Q}. \quad (1.7)$$

Таким чином, вантаж з найбільшим обсягом перевезень отримує за першим Критерієм Рейтинг-1, що дорівнює 1,0, а інші вантажі – рейтинги менші одиниці.(див. графу 4 табл. 1.6).

Таблиця 1.6

Аналіз мультиплікативного критерію
при дослідженні транзитних вантажів

1	2	Показники, Критерії, Рейтинги						Критерії, Рейтинги		
		Критерій 1 - Обсяг перевезень, тис. тонн		Млн. тонно- км нетто, QL	Середня відстань перевезе нь, км, L	Фактичні доходи від перевезе нь, тис. дол. США, E_Q	Критерій 2 Фактичні доходи від перевезень, дол. США/тис. тонно-км		Критерій 3 Коефіцієнт стабільнос ті, K_{CT}	Мульти- плікатив ний критерій, $R = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3$
		Q	Рейтин г-1, (R_1)				e_Q	Рейти нг-2, (R_2)		
3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	Кам'яне вугілля	8952,04	0,6036	8141,53	909,5	105752,7	2,990	1905	0,746312	0,08580
2	Нафта і нафтопродукти	14830,18	1,0000	14049,74	947,4	369357,1	6,290	3855	0,576295	0,22214
3	Руда залізна і марган.	7231,56	0,4876	8733,78	1207,7	111366,5	2,750	1870	0,731827	0,06672
4	Руда кольорова	315,89	0,0213	254,33	805,1	5334,72	20,980	3076	0,437214	0,00286
5	Чорні метали	3314,83	0,2235	3386,43	1021,6	63050,76	8,620	2730	0,721228	0,04401
6	Кольорові метали	17,68	0,0012	20,99	1187,7	909,01	43,300	6349	0,300631	0,00023
7	Лісні вантажі	79,89	0,0054	90,58	1133,8	3086,28	34,070	4996	0,416355	0,00112
8	Хім. і мінер. добрива	4842,99	0,3266	4651,37	960,4	85458,88	8,370	2694	0,869026	0,07645
9	Хімікати	3069,29	0,2070	3149,93	1026,3	59359,73	8,840	2763	0,825939	0,04723
10	Автомобілі	49,33	0,0033	59,78	1211,7	2706,37	45,270	6638	0,489749	0,00108
11	Машини і устаткування	66,75	0,0045	63,44	950,37	4326,48	68,201	10000	0,700711	0,00315
12	Верно і пр-ти перемелу	937,70	0,0632	499,09	532,25	12246,47	4,540	3598	0,269764	0,00614
13	Кокс	121,82	0,0082	143,82	1180,57	3681,08	25,590	3753	0,363411	0,00112
14	Брухт ч/металів	57,53	0,0039	37,51	652,07	899,52	23,980	3516	0,289908	0,00040
15	Мінбудматеріали	500,31	0,0337	507,58	1014,53	11381,42	22,40	3288	0,653398	0,00725
16	Цемент	7,85	0,0005	7,37	938,39	141,82	19,20	2823	-0,889852	-0,00013
17	Сіль	256,66	0,0173	119,10	464,02	2282,87	19,10	2811	0,669123	0,00325
	Разом									0,56882
	Максимальне значення	14 830,18					68,20		0,869026	

Критерій 2 – Фактичні доходи від перевезень, дол.США/тис. тонно-км, які визначаються з відомих із залізничної звітності показників (див. табл. 1.7).

Цей критерій також береться із звітних даних або розраховується (див. графі 3, 5, 6 та 7 табл. 1.6). Значення критерію, e_Q , наведені для всіх вантажів у графі 8 табл. 1.5. Визначається вантаж з максимальною величиною цього критерію – $\max e_Q$. В нашому випадку це вантаж «Машини і устаткування» з величиною питомого доходу 68,20 дол.США/тис. тонно-км. Далі визначається для кожного вантажу Рейтинг-2:

$$R_{2i} = \frac{e_{Qi}}{\max e_Q}. \quad (1.8)$$

Вантаж з найбільшим значення Критерію-2 отримує найвищий Рейтинг-2, що дорівнює 1, а всі інші вантажі – рейтинги менші за одиницю (див. графу 9 табл. 1.6).

Критерій 3 – Коефіцієнт стабільності перевезень вантажу K_{CT} .

Цей коефіцієнт визначається наступним чином:

$$K_{CT} = 1 - v_Q, \quad (1.9)$$

де v_Q - коефіцієнт варіації обсягів перевезень вантажу за період аналізу 2010 – 2017 рр.

Коефіцієнт варіації v_Q визначається в програмному середовищі Excel за відомими формулами математичної статистики:

$$v_Q = \frac{\sigma_Q}{M_Q}; \quad \sigma_Q = \sqrt{D_Q}, \quad (1.10)$$

де σ_Q - середньоквадратичне відхилення (стандарт) випадкової величини обсягу перевезень вантажу Q (за всі роки періоду аналізу);

M_Q - математичне сподівання випадкової величини обсягу перевезень вантажу Q (те ж);

D_Q - дисперсія випадкової величини обсягу перевезень вантажу Q .

Дисперсія визначається так:

$$D_Q = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - M_Q)^2 p_Q(x) dx, \quad (1.11)$$

де $p_Q(x)$ - щільність ймовірності розподілу величини обсягу перевезень вантажу Q , яка може приймати випадкові значення x .

Як видно з графі 10 табл. 1.6, значення критерію K_{CT} для вантажу «цемент» є від'ємним. З точки зору математики це є цілком коректним, і означає, що вантаж з такими нестабільними обсягами перевезень не може розглядатися як «стратегічний». Інакше кажучи, він є дуже «ненадійним», на нього не можна розраховувати (наприклад, будувати під нього термінал в порту).

Далі приймається, що значення Рейтингу-3 тотожно дорівнює значенню коефіцієнту стабільності K_{CT} (Критерію 3), розрахованому за допомогою формул (1.9) – (1.11), тобто

$$R_{3i} \equiv K_{CTi}. \quad (1.12)$$

Значення Рейтингу-3 наведені в графі 10 табл. 1.6.

2. Визначається мультиплікативний критерій кожного вантажу, що отримується шляхом множення частинних рейтингів.

Застосування цього мультиплікативного критерію, який позначено \mathfrak{R}_i , стало необхідним тому що, як було зазначено вище, частинним критеріям властива суперечливість (див. табл. 1.5 та 1.6 і пояснення до них). Крім того, критерії є частково залежними – наприклад, чим більший обсяг перевезень пропонує вантажовласник, тим на менший тариф він розраховує. Це частково враховується Критерієм 2. Нарешті, один критерій, якщо він замінює три інших, при цьому не втрачає їх сенсу та враховує їх, не

суперечить їм, – такий один критерій завжди краще і зручніше у використанні ніж три критерії.

Мультиплікативний критерій кожного вантажу визначається перемноженням частинних критеріїв за формулою

$$\mathfrak{R}_i = R_{1i} \cdot R_{2i} \cdot R_{3i} \quad (1.13)$$

Значення мультиплікативного критерію \mathfrak{R}_i для усіх вантажів наведені у графі 11 табл. 1.6. Для «ідеального» за усіма частинними критеріями транзитного вантажу мультиплікативний критерій $\mathfrak{R} \equiv 1$. Але на практиці таке неможливо, що й відображається величинами критеріїв $\mathfrak{R}_i < 1$.

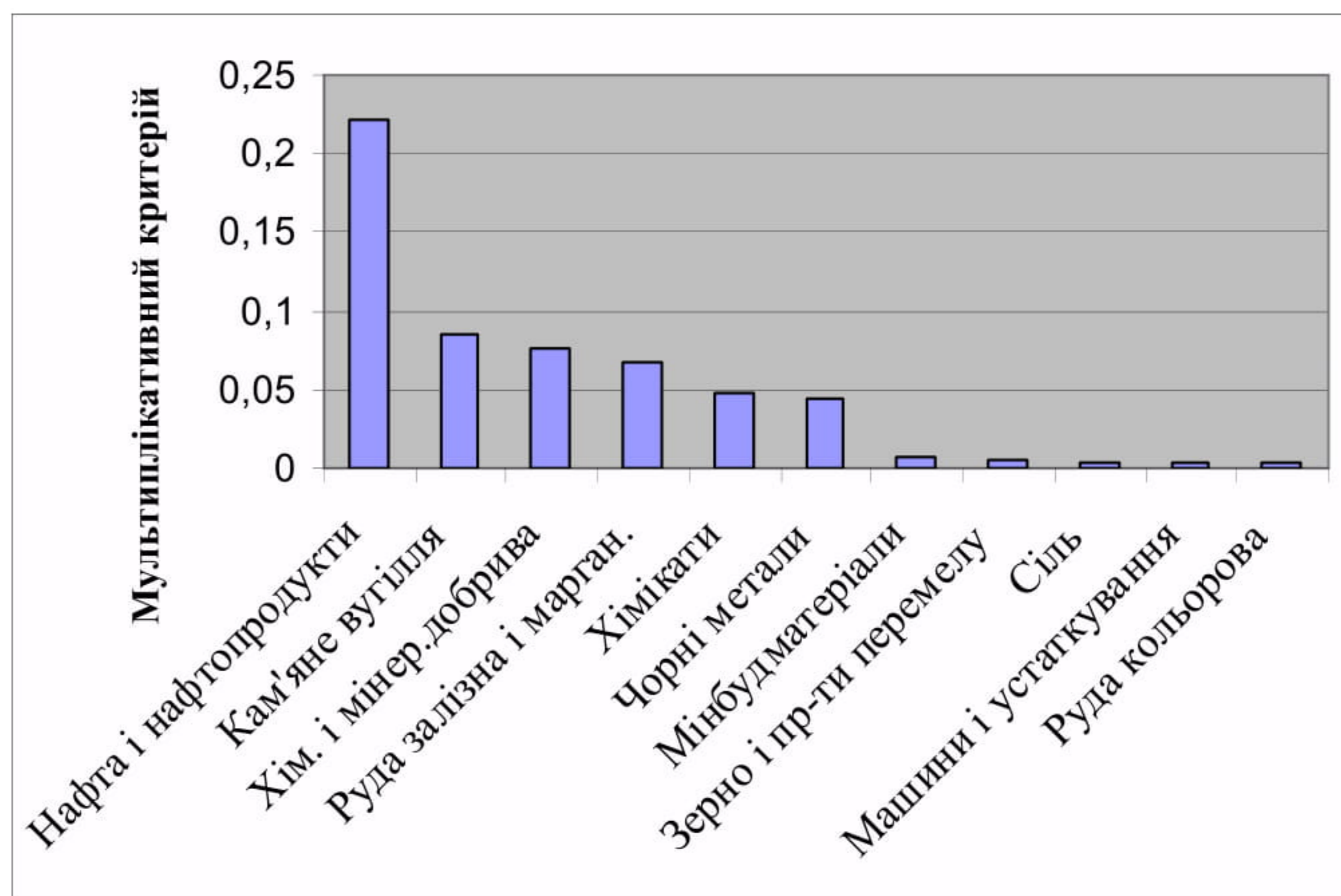


Рис. 1.8 Стратегічні транзитні вантажі залізниць України за мультиплікативним критерієм

3. Вантажі розташовуються в порядку зменшення цього мультиплікативного критерію, співставляються та аналізуються їх величини. Після цього робляться висновки та приймаються рішення про віднесення

вантажів до переліку стратегічних транзитних вантажів залізниць України (рис. 1.8).

Описаний вище «рейтинговий» підхід та використання мультиплікативних критеріїв у цій роботі є єдиним, системним методологічним підходом.

На основі мультиплікативних критеріїв стратегічних вантажів здійснювалось визначення стратегічних маршрутів (напрямоків).

Кожному напрямку слідування стратегічного вантажу виділялась («нараховувалась») частка мультиплікативного критерію пропорційно до обсягу стратегічного вантажу, що слідує цим маршрутом

$$R_j^i = \mathfrak{R}_i \cdot \gamma_j, \quad (1.14)$$

де R_j^i – частка мультиплікативного критерію, що припадає на J -ту «елементарну ділянку» між двома суміжними станціями від i -ого вантажу;

\mathfrak{R}_i – мультиплікативний критерій вантажу;

γ_j – частка обсягу транзиту i -ого вантажу, що припадає на «елементарну ділянку».

Таким чином відносний сумарний мультиплікативний рейтинг всього напрямку, що складається з окремих ділянок, розраховується за формулою:

$$\sum_i \sum_j \mathfrak{R}_i \cdot \gamma_j, \quad (1.15)$$

У таблиці 1.10 наведено рейтинг портів, розрахований на основі мультиплікативних критеріїв стратегічних вантажів.

Таблиця 1.7

Рейтинг портів на основі мультиплікативних критеріїв вантажів

Залізнична припортова станція	Рейтинг зал. припортових станцій	ПОРТ	Рейтинг порту
Одеса-Пересип, Одеса, Одеса-Порт	0,1242	Одеса	0,1242
Чорноморська, Чорноморська (ТІС)	0,0802	Южний	0,1224
Берегова	0,0422		
Іллічівськ, Іллічівськ-пором	0,0683	Іллічівськ	0,0704
Ксенієве	0,0021		
Сумарний рейтинг портів Одеського регіону			0,3170
Жовтнева	0,0418	Миколаїв	0,0683
Миколаїв, Миколаїв-вант.	0,0265		
Херсон-Порт	0,0033	Херсон	0,0033
Сумарний рейтинг портів Дніпро-Бузької дельти			0,0716
Айвазовська	0,0264	Феодосія	0,0264
Камишова Бухта	0,0182	Севастополь	0,0182
Керч-Південна, Керч-Порт	0,0082	Керч	0,0082
Сумарний рейтинг Кримських морських портів			0,0528
Маріуполь, Маріуполь-Порт	0,0186	Маріуполь	0,0186
Бердянськ	0,0004	Бердянськ	0,0004
Сумарний рейтинг портів Азовського моря			0,0190
Ізмаїл	0,0109	Ізмаїл	0,0109
Рені, Рені-Порт, Рені екс	0,0059	Рені	0,0059
Сумарний рейтинг портів Дунайського регіону			0,0168

Маючи наведену вище методику рейтингової оцінки маршрутів, безумовно доцільно за допомогою цього рейтингу класифікувати основні маршрути транзиту і розвивати інфраструктуру маршрутів та їх окремих ділянок в порядку пріоритетів отриманих рейтингів, які враховують не тільки обсяги транзитних перевезень, але й їх ритмічність і доходи від кожної перевезеної тонни вантажу.

2. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ З УРАХУВАННЯМ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ОКРЕМИХ ГРУП ВАНТАЖІВ

2.1 Вихідні положення до моделі транзиту вантажів

У 2015-2017 роках відбулось драматичне скорочення обсягів транзитних вантажопотоків, які пройшли через українські порти – з 69 млн. т у 2015 р. до 44,2 млн. т у 2017 р. Однією з причин втрати 25 млн. т транзиту стала відміна в 2008 р. знижок на перевалку транзитних вантажів. Після трьох років скорочення, у 2017 р. транзит через українські порти і термінали збільшився. Зростання склало 7,5 % (3,34 млн. т) – до 47,6 млн. т, при цьому у державних морських торговельних портах обсяги транзиту зросли на 20,4 % (до 39,8 млн. т). Однак обсяги вантажопотоків з основної для України країни походження транзиту – Російської Федерації – не повернулись. Вони зросли лише на 0,3 млн. т, за рахунок зростання обсягів деяких сухих вантажів (зерна, хімічних, контейнерних). Якщо врахувати інтенсивне будівництво в південних російських портах нових перевалочних потужностей, то перспективи російського транзиту через українські порти не виглядають обнадійливими.

У той же час перевалка російських зовнішньоторговельних вантажів як у російських, так і в іноземних портах за останнє десятиріччя більше ніж подвоїлась – з 270,5 млн. т у 2001 р. до 639,4 млн. т у 2011 р. (у т.ч. в Прибалтиці – 69,7 млн. т і в Україні – 34,2 млн. т). У чорноморсько-азовських портах Росії у 2011 р. перероблено 172,8 млн. т.

Додамо до цього активну конкурентну боротьбу за вантажі між портами України і Росії на Чорному морі.

Якщо на ці та інші зовнішні фактори, що суттєво впливають на транзитні вантажопотоки України, неможливо вплинути, то їх необхідно принаймні врахувати, щоб відповісти на запитання – від чого залежить величина і напрямок транзитного потоку. Спробуємо це відобразити за

допомогою схеми, наведеної на рис. 2.1.

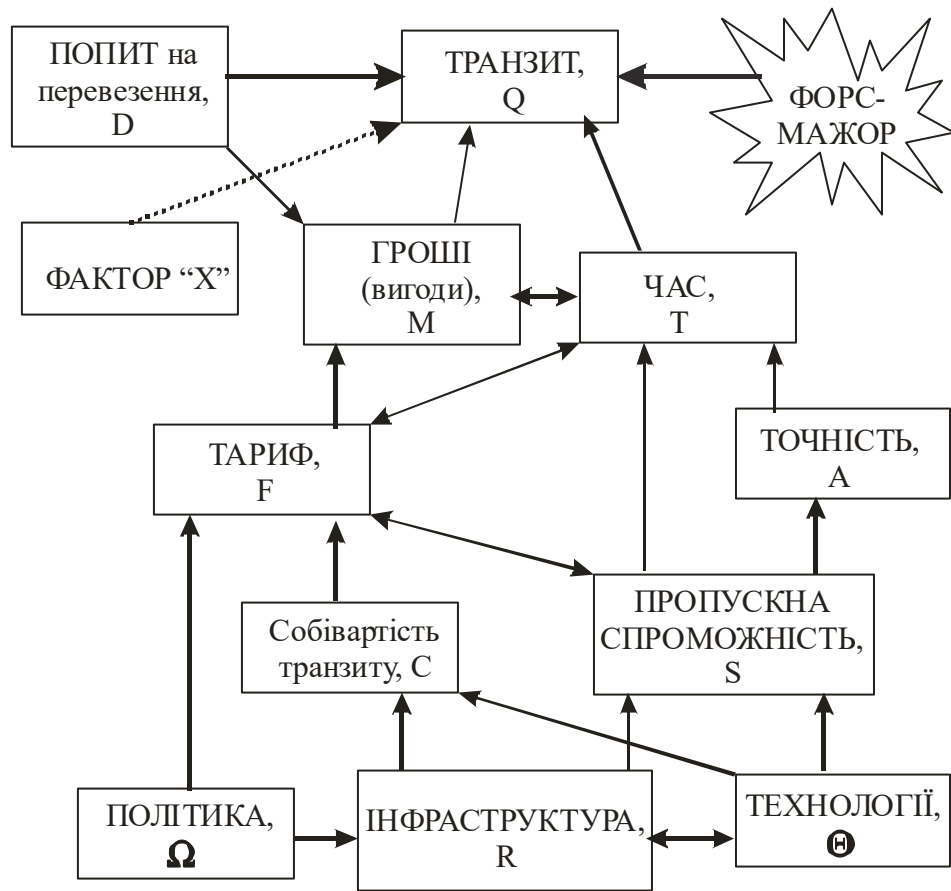


Рис. 2.1 Модель системи факторів впливу на транзит вантажу

Можна сказати, що суттєвих, основоположних факторів впливу на транзит не так багато. Усі вони показані у верхній частині рис. 2.1 (від них виходять стрілки, безпосередньо спрямовані на блок, позначений як «ТРАНЗИТ, Q »). Назви цих факторів скорочені, при цьому вони відображають саму суть впливу фактора.

Дійсно, аксіомою є те, що транзитні вантажопотоки і перевезення відбуваються не самі по собі, а виникають лише тоді, коли за їх допомогою переміщуються певні товари (для транспорту – вантажі) з товарного ринку, де вони продаються за однією ціною, та інший товарний ринок, де їх купують за ціною, вищою на величину ΔP . Якщо такої ринкової різниці цін не існує, то не буде й перевезення, тому що відсутній «ПОПИТ на перевезення, D ».

Безпосередній (хоча не обов'язково лінійний, пропорційний) вплив на транзит мають фактори, які звичайно згадуються «в парі» - «ЧАС» і «ГРОШ». Очевидно, чим більші вигоди в грошовому чи іншому вимірі отримує від транзитного перевезення вантажовласник, тим більшим (за інших рівних умов) буде транзитний потік. Чим менша тривалість транзиту, менші її відхилення від певної розрахункової чи договірної величини, тим більшим буде транзитний вантажопотік, знову ж таки за інших рівних умов.

Очевидно, транзитні вантажопотоки зменшуються чи зникають при настанні форс-мажорних обставин, таких як військові дії, напади піратів на торговельні судна чи замерзання акваторії портів.

Всі інші чинники, якими не можна пояснити зміну величини транзиту, відносяться до групи «ФАКТОР X ». Це можуть бути, наприклад, непередбачені або не задокументовані додаткові витрати, пов'язані з транзитом, у тому числі й витрати корупційного характеру.

Спробуємо пов'язати згадані фактори у математичну модель виду

$$Q = f(D, M, T, N, \dots),$$

де Q – транзитний вантажопотік, т/доба, а інші фактори впливу враховуються за допомогою наступних параметрів:

S – максимальна (за станом інфраструктури і технологій) пропускна спроможність маршруту транзиту, т/доба;

D – попит на товар, що є вантажем на маршруті транзиту, який визначається ємністю ринку покупця (кінцевого імпортера);

y – ставка банківського кредиту, % річних;

T – розрахункова тривалість транзиту за маршрутом, доба;

Δ_T – «точність» виконання розрахункового терміну доставки, доба;

ΔP – різниця цін на товар на ринках покупця і продавця (ринковий потенціал товару, що перевозиться транзитом, \$/тонна або в інших грошових одиницях);

F – транспортний тариф та інші витрати, безпосередньо пов'язані з транспортуванням товару, що перевозиться, по усьому маршруту

транзиту(крім витрат, що відносяться на «фактор X »), у тих самих грошових одиницях;

X – витрати, що відносяться на «фактор X » (корупція, злочинність, інші «тіньові» витрати), у тих самих грошових одиницях.

Економіко-математична модель транзиту базується на таких припущеннях.

1. Максимальний потік транзиту обмежується пропускною спроможністю маршруту транзиту.

2. Використання (заповнення) пропускної спроможності маршруту на всі 100% неможливе (необхідні резерви пропускної спроможності), але воно буде тим більшим, чим більший попит на товар (вантаж), що перевозиться транзитом і менші відхилення від розрахункової тривалості транзиту.

3. Попит на товар (вантаж), що перевозиться транзитом, залежить прямо – від максимально можливої різниці цін на цей товар, що існує між товарними ринками, які поєднує маршрут транзиту і обернено – від величини транспортного тарифу та інших витрат, безпосередньо пов'язаних з транспортуванням товару, а також тривалості транспортування.

2.2 Особливості моделювання транзитних транспортних потоків з використанням науково-методичного підходу

Моделювання транспортних потоків є ефективним засобом вдосконалення та оптимізації транспортних систем та підвищення якості транспортного обслуговування. З теоретичної та практичної точок зору актуальність моделювання транспортних потоків пасажирів і вантажів настільки актуальна, що цьому питанню присвячена величезна світова література.

На сьогодні існує безліч методик, які із достатньою точністю дозволяють моделювати транспортні потоки. Всі методики умовно можна

поділити на три групи: аналітичні, графоаналітичні, імітаційного моделювання, висвітлені у відповідній літературі [19-25].

Аналітичний метод є найбільш зручним і вимагає невеликої кількості статистичних та інших вихідних даних. Аналітичними розрахунками важко врахувати більшість обмежень та умов, тому ці методики мають обмежене використання, як правило, при дослідженні нескладних процесів. Результати моделювання мають велику похибку. Похибка збільшується прямо пропорційно збільшенню складності процесу.

Графічний та графоаналітичний методи дозволяють врахувати більшість обмежень та впливів факторів на процес. Крім того, цей метод складний у використанні та має статичну природу: для кожної окремої ситуації необхідне нове окреме графічне моделювання. Цей метод достатньо достовірний, однак при моделюванні складних, багатфакторних процесів вимагає великої кількості вихідних даних та є трудомістким.

Імітаційне (динамічне) моделювання – найбільш точний метод. Він дозволяє максимально повно та точно змоделювати транспортний процес, фактично без обмежень. Реалізація методу ускладнюється розробкою спеціального програмного забезпечення та потребою у значній кількості оброблених та систематизованих статистичних даних.

Враховуючи зазначене, для моделювання транспортного потоку необхідно застосовувати імітаційне або графоаналітичне моделювання із використанням великих обсягів систематизованих статистичних даних. Але що робити, якщо такі дані в достатньому обсязі відсутні або є ненадійними?

Пропонується підхід, який можна віднести до групи аналітичних методів. Цей підхід характеризується прагненням до використання якнайменшої кількості факторів, що впливають на інтенсивність транспортних потоків. Причому значення цих факторів повинні бути наявними в офіційній звітності з перевезень та інших джерел інформації, які можна вважати надійними. Крім того, математичні моделі, що пропонуються,

повинні давати можливість оцінити за допомогою вихідних «сигналів» моделі величини тих факторів, які є невідомими.

Математична модель транспортного потоку повинна, в основних рисах його «поведінки», бути подібно до реального транспортного потоку, тобто адекватною по відношенню до явища, процесу, який моделюється. Що це за основні риси? По-перше, транспортний потік Q через певну транспортну інфраструктуру (систему) не може бути більшим від попиту на перевезення D ; по-друге, якщо попит D перевищує пропускну спроможність транспортної системи S , то транспортний потік Q не може бути більший за пропускну спроможність S . Це виражається наступними співвідношеннями:

$$0 \leq Q \leq \begin{cases} D, D \leq S \\ S, D > S \end{cases} \quad (2.1)$$

Очевидно, в реальних умовах на величину транспортного потоку впливають не тільки D та S , а й інші фактори. Наприклад, при інших рівних умовах, чим більша вартість перевезення, тим меншим може бути транспортний потік (якщо існує інша транспортна система з меншою вартістю перевезення). Так само на величину транспортного потоку може впливати транспортний час, відхилення фактичного терміну транспортування від розрахункового, інші фактори. Теоретично ідеальними умовами чи ціллю організації транспортних потоків можна було б вважати рівновагу попиту на перевезення D і пропозиції транспортних послуг S , тобто ситуацію, коли $Q = S = D$. Однак таке уявлення є хибним, адже з практики відомо, що чим ближча величина потоку Q до пропускої спроможності транспортної системи S (тобто чим більшим до 1 є коефіцієнт завантаження транспортної системи $\rho = Q/S \rightarrow 1$), тим менш надійним є функціонування системи. Теоретичне обґрунтування цього добре відомо з теорії масового обслуговування. Отже, математична модель транспортного потоку повинна відображати властивість реальних систем забезпечувати надійний пропуск

потоків лише до певної граничної величини, після якої навіть при зростанні попиту ($D > S$) транспортний потік не збільшується, а зменшується.

Як врахувати ці властивості транспортного потоку в математичній моделі? Ця модель повинна адекватно відображати динаміку реальних потоків і бути водночас придатною для їх аналізу і прогнозування майбутніх потоків залежно від різних факторів впливу.

Повернемося до співвідношень, що відображаються формулою (2.1). Можна сказати, що на практиці попит на перевезення ніколи не дорівнює пропозиції транспортних послуг, надто вже динамічні і залежні від великої кількості факторів ці величини. Назвемо це явище «транспортний дисбаланс попиту і пропозиції» і будемо його оцінювати за допомогою величини:

$$\psi = \frac{1}{2} \left(\frac{S}{D} + \frac{D}{S} \right). \quad (2.2)$$

Реальні транспортні потоки саме тому й існують, що завжди $D > 0$ і $S > 0$, отже формула (2.2) з математичної точки зору є коректною (немає ділення на 0). З формули слідує, що при балансі попиту і пропозиції ($S = D$) величина $\psi = 1$, а при будь-якому дисбалансі ($S \neq D$, не має значення, що більше, що менше) $\psi > 1$. З урахуванням обмежень, заданих формулою (2.1) і практичних обмежень, транспортний потік Q завжди менший від пропускної спроможності транспортної системи S . Але чим кращі «умови» забезпечує транспортна система (в сенсі вартості, швидкості, схоронності тощо), тим ближчий потік за величиною до пропускної спроможності, тобто асимптотично прагне до неї. З математичного аналізу відомо, що таку динаміку має обернена експоненціальна залежність (див. рис. 2.2). Можна стверджувати, що при такій залежності і даній пропускній спроможності системи S , максимальний транспортний потік в системі $\max Q_R$ за умов, що характеризуються певним відносним узагальнюючим фактором R , дорівнює

$$\max Q_R = S(1 - e^{-R}). \quad (4.3)$$

Узагальнюючому фактору R слід надати більш конкретний практичний зміст, а саме він повинен відображати те, що за будь-яких інших умов транспортний потік буде тим більшим, чим більшим за величиною є співвідношення D/S , тобто попит D є первинним при формуванні транспортного потоку по відношенню до пропускної спроможності S . Крім того, узагальнюючий фактор R має включати в себе інші фактори впливу, що враховуються певною безрозмірною величиною, як і фактор R , величиною $Z \geq 0$.

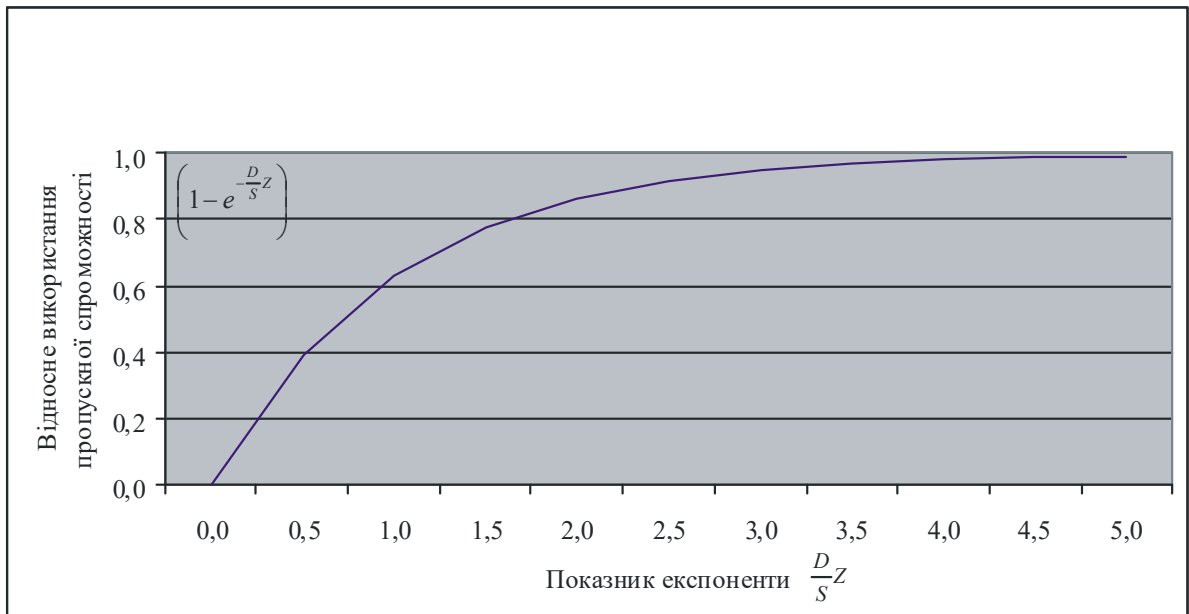


Рис. 2.2 Асимптотичний характер величини транспортного потоку по відношенню до пропускної спроможності транспортної системи

Тобто запишемо

$$R = \frac{Z}{\psi}. \quad (2.4)$$

Після чого суть математичної моделі сформулюємо у виді

$$Q = S \left(1 - e^{-\frac{Z}{\psi}} \right) + \frac{S - Q}{\psi}. \quad (2.5)$$

У такому записі в правій частині рівняння друга складова враховує, що певна частка резерву пропускної спроможності системи $(S - Q)$ теж може бути використана для збільшення потоку Q , який в рівнянні (2.5) розглядається як невідоме.

Використаємо ці спостереження і зауваження щодо властивостей реальних транспортних потоків для їх відображення у теоретичній математичній моделі, яка пропонується нижче.

З теоретичної точки зору задача застосування цієї моделі і її призначення полягають у тому, щоб визначити Q - розрахунковий транспортний потік з урахуванням попиту на перевезення D і комплексу (критерію) зовнішніх та внутрішніх технологічних, організаційних, комерційних та інших факторів Z , що впливають на транспортний потік. Функція, яка використовується для визначення потоку Q , повинна «автоматично» сама реалізувати обмеження, виражені співвідношенням (2.1) за допомогою врахування явища дисбалансу, який оцінюється величиною ψ . Що це за функція? Після тривалих пошуків автори зупинилися на функції, в основі якої лежить обернено експоненціальна залежність. Ця функція, що отримана з базової математичної моделі (2.5), представлена формулою (2.6):

$$Q = \frac{S}{\psi} \left(1 - e^{-\frac{Z}{\psi}} \right), \quad (2.6)$$

$$\text{де } Z = \frac{\Delta P \cdot Y}{F + ET + X} \cdot \frac{1 - v_T}{1 + v_T},$$

$$\text{за умов: } \Delta P \cdot Y > F + ET + X; \quad Y = 1 - \frac{T \cdot y_{BC}}{365 \cdot 100}; \quad Z \geq 0; \quad 0 \leq v_T \leq 1. \quad (2.7)$$

де ΔP – ринкова різниця цін на товар, що перевозиться (різниця між максимальною ціною на ринку покупця і мінімальною ціною на ринку продавця), в розрахунку на тону, одиницю товару;

F – основні, документовані транспортні та супутні витрати, не залежні від тривалості транзиту T , в розрахунку на тонну, одиницю товару за весь шлях транзиту;

E – основні, документовані транспортні та супутні витрати, залежні від тривалості транзиту T , в розрахунку на тонну, одиницю товару за добу (наприклад, оренда, лізинг транспортного засобу, плата за користування транспортним засобом);

T – розрахункова тривалість транзиту (доставки, перевезення), діб;

X – додаткові транспортні та супутні витрати, в розрахунку на тонну, одиницю товару;

Y – фактор, що враховує використання кредитних коштів при зовнішньоекономічній діяльності та міжнародних перевезеннях;

v_T – відхилення (коефіцієнт варіації) фактичної тривалості транзиту від розрахункової;

u_{BC} – банківська ставка плати за кредит, відсоток річних.

Результати розрахунків за формулою (2.6) при $Z = 1,5$ наведено на рис. 2.3.

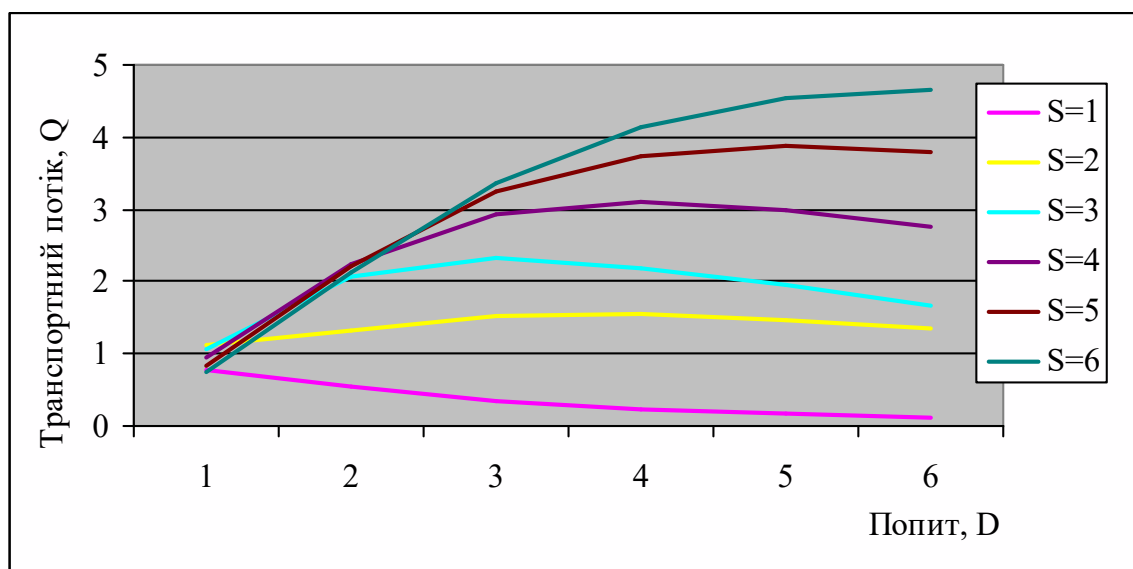


Рис. 2.3 Розрахункові транспортні потоки залежно від співвідношень попиту і пропозиції

Як видно з рис. 2.3, при попиті, що дорівнює пропозиції, величина транспортного потоку є максимальною, але тим меншою, чим меншим є значення величини Z , яка відображає вплив описаних вище факторів, врахованих у формулі (2.6). При подальшому збільшенні попиту і незмінній пропускній спроможності транспортної системи ($D > 1$, $S = 1$) з рис. 2.3 видно, що транспортний потік не збільшується, а зменшується! – він ніби «шукає» транспортну систему з більшою пропускною спроможністю, яка задовольнила б більший попит.

Чи не те ж саме відбувається в житті? Приклад – глобальні потоки вантажів у контейнерах, що усе більше переорієнтуються на азійські морські порти, які пропонують більші переробні потужності і кращі умови транзиту, ніж європейські, американські порти. Теж саме стосується українських портів, які втрачають вантажопотоки на користь російських чорноморських портів, портів країн Балтії, або українських залізниць, які втрачають транзит, у той час як на білоруській залізниці він зростає. Отже, модель адекватно відображає процеси, що відбуваються в реальності.

Ще одна риса моделі, яка відображається на рис. 2.3 – транспортний потік ніколи не досягає величини пропускної спроможності, хоча він тим ближчий до неї, чим кращі умови транзиту, що відображаються фактором Z . Цікаво і добре видно з рис. 2.3, що при сприятливих умовах транзиту ($Z \geq 1$) транспортний потік, виражений у відносних одиницях до пропускної спроможності, прагне до значень 0,7 і більше. Ці значення відповідають коефіцієнту завантаження транспортної системи, і добре відомо з практики, підтверджується теорією, що система при таких коефіцієнтах завантаження починає працювати менш надійно (зростають черги заявок, що очікують обслуговування, збільшується час очікування, не обслужені заявки можуть покинути систему тощо). Отже, модель відображає і цю сторону реальності.

Після таких обґрунтованих висновків повернемося до формули (2.6). Якщо віднести отримане за цією формулою значення потоку Q до величини пропускної спроможності S , то отримаємо не що інше, як коефіцієнт

завантаження ρ транспортної системи в цілому, яке створює в ній транспортний потік. Отже,

$$\rho = \frac{1 - e^{-\frac{Z}{\psi}}}{\psi}. \quad (2.8)$$

Усі величини, що входять до формули (2.8), визначені вище. Результати розрахунків за формулою (2.8) представлені на рис. 2.4. Цю формулу і побудовану на її основі математичну модель можна застосовувати для аналізу та оптимізації транспортної системи методами дослідження операцій, зокрема теорії масового обслуговування.

Така математична модель найбільш придатна для практичного застосування, адже вона враховує за допомогою величин Z та ψ найбільш суттєві внутрішні (притаманні самій транспортній системі) фактори, так і зовнішні фактори, незалежні від неї (див. опис перемінних у формулах 2.6 та 2.7).

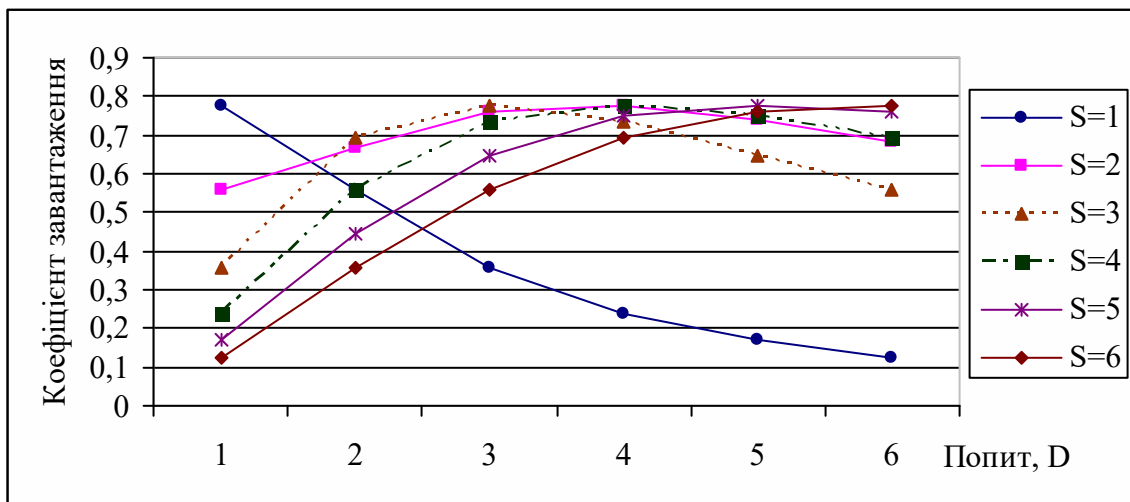


Рис. 2.4 Розрахункові коефіцієнти завантаження транспортної системи

Як видно з рис. 2.4, коефіцієнт завантаження транспортної системи може досягати максимальних значень (близько 0,8 при $Z = 1,5$) при рівновазі попиту і пропозиції ($D = S$). При подальшому зростанні Z , тобто при покращенні тарифно-цінових умов перевезення, коефіцієнт завантаження прагне до 1, що може приводити до зменшення надійності функціонування

системи, наслідки якого можна оцінити за допомогою математичного апарату теорії масового обслуговування.

2.3 Апробація математичної моделі конкретними умовами транзитних перевезень

Особливості залізничного транспорту

Залізничний транспорт, за своїми технологічними особливостями, може забезпечити порівняно невелику пропускну спроможність інфраструктури (відносно, наприклад, автомобільного транспорту), але кожна «нитка» графіку руху дає можливість провезти значну кількість вантажу і забезпечити високу провізну спроможність транспортних ліній. Однак разом із вантажними перевезеннями інфраструктура залізниць використовується для перевезення пасажирів, інших перевезень. В умовах насиченого графіку руху пропуск пасажирського поїзда – це невикористана можливість пропуску вантажного поїзда, і навпаки (відоме явище «зйому» поїздів однієї категорії поїздами іншої категорії). Саме тому питання раціонального використання пропускну спроможності ліній, в умовах її фізичного обмеження, яке завжди було і є відкритим і актуальним, в нинішніх умовах переходу на європейські принципи розмежування інфраструктури і перевізної діяльності на залізничному транспорті [13].

В процесі реформування залізничного транспорту України [11], яке враховує саме ці принципи, базовим напрямом розвитку технології експлуатаційної роботи є комплексна оптимізація роботи залізниць на основі нової системи керування перевізним процесом. Цей напрямок передбачає ефективності використання вагонів, локомотивів за рахунок прискорення обігу вагонів, організації роботи локомотивів та локомотивних бригад на подовжених ділянках обслуговування, збільшення маси вантажних поїздів, направлення вагонопотоків по більш економних, за експлуатаційними витратами, маршрутах. Однак всі ці заходи доведеться реалізовувати у нових

умовах. Серед них одною з принципово нових умов експлуатаційної діяльності залізничного транспорту є необхідність надання рівноправного, недискримінаційного доступу до його інфраструктури, її ефективне використання шляхом найбільш раціонального, справедливого розподілу пропускних спроможностей інфраструктури.

Встановленню пропускної спроможності перегонів і дільниць присвячено багато наукових праць та розроблено достатньо методик, що дозволяють за різними (на вибір) критеріями встановити найбільш раціональну схему пропуску поїздів як однієї, так і різних категорій [17 та ін.]. Методів для визначення пропускної спроможності напрямку, полігону або мережі в цілому, особливо в умовах взаємодії приватних операторських та інших компаній з перевезення вантажів чи пасажирів із компанією-оператором інфраструктури, яка повинна бути створена, шляхом реалізації останньою «ниток» графіка (тобто умовної одиниці пропускної спроможності інфраструктури) практично не існує. Це пов'язано насамперед із централізованим принципом управління інфраструктурою та вагонним і локомотивним парками, що існує з давніх часів, а також із стандартною довжиною диспетчерського кола – частиною мережі лінії, за поїзну роботу на якій відповідає окремий поїзний диспетчер. Зазначений полігон, як правило, не перевищує довжини однієї дільниці. За цим принципом розробляється і графік руху поїздів по кожній дирекції залізничних перевезень. В таких умовах складно ефективно використовувати наявну пропускну спроможність в цілому на всій мережі, або на вибраних напрямках.

На сьогодні диспетчерські кола збільшуються за довжиною, впроваджуються принципи і методи управління рухом поїздів на цілих напрямках, полігонах мережі, що дозволяє системно підвищувати ефективність використання наявної пропускної спроможності, особливо на стратегічно важливих напрямках. Саме тому розробка науково-обґрунтованих методів раціонального виділення пропускної спроможності для користувачів залізничної інфраструктури є назрілою та актуальною.

Методи оцінювання наявної (технічної) пропускної спроможності напрямків, які можуть охоплювати транзитні внутрішньодержавні ходи (від кордону до кордону) будуть дещо відрізнятися від класичних підходів оцінки технологічних можливостей дільниць або перегонів. Якщо для встановлення наявної пропускної спроможності перегонів ключовим вважається міжпоїзний інтервал попутного прямування (на двоколієних дільницях) або період графіку, за який пропускається пара поїздів (для одноколієних напрямків), то для оцінки можливостей напрямку доцільно враховувати загальний час знаходження поїздів в межах напрямку, тобто час обслуговування заявок в єдиній системі транспортного обслуговування, оскільки пропускна спроможність транзитного напрямку може лімітуватися не тільки пропускною спроможністю перегонів, дільниць, але й вхідним або вихідним прикордонними переходами.

Другою важливою відмінністю в методологічних підходах до оцінки пропускної спроможності перегонів порівняно з пропускною спроможністю напрямків є значно більше значення впливу встановлюваного пріоритету поїздів на кінцевий варіант організації поїзної роботи на мережі. Поїзди, що є більш пріоритетними (наприклад пасажирські, прискорені вантажні) мають порівняно із звичайними вантажними поїздами (відповідно менш пріоритетними) більшу ходову швидкість, отже час заняття для них інфраструктури буде меншим. Відтак і вартість пропуску таких поїздів по мережі може бути мінімальною. Відповідно пропуск мережею місцевих вантажних поїздів (збірних, передавальних, вивізних), що мають найнижчу ходову та дільничну швидкість, а отже й найбільший час зайняття інфраструктури, може коштувати інфраструктурі більше втрачених потенційних доходів. Тому логічно постає питання доцільності виділення обґрунтованої частки пропускної спроможності для пропуску певної категорії поїздів. Таке обґрунтування повинно мати як технологічний, так і економічний аспекти.

При цьому ключовим є питання визначення пріоритетів поїздів різних категорій, що рухаються по одній і тій самій інфраструктурі, потребуючи виділення певних, обґрунтованих часток її пропускної спроможності. Очевидно, що чим вищий пріоритет поїзда, тим більшу перевагу він має у виділенні нитки і тим точніше повинен виконуватися графік його руху, до чого й прагнуть на практиці. Відомо, але поки що не відображено у відповідних нормативних документах і те, що точність виконання графіка руху є величиною за своєю природою стохастичною, ймовірнісною, залежною від великої кількості факторів, як технічних, організаційних, технологічних так і від загальновідомого «людського» фактору. Тому для врахування категорії i (пріоритету) поїзда, від якої буде дуже значною мірою залежати розрахункова нормативна імовірність відхилення поїзда від графіка (або імовірність порушення терміну доставки), пропонується формула

$$\Delta_{T(P,i)} = \left(\frac{1+i}{P+i} \right)^{P-i}, \quad (2.9)$$

де P - загальна кількість пріоритетів.

Формула (4.9) дає результати, що задовільно корелюють з аналізом даних Укрзалізниці щодо виконання графіка руху поїздів. Результати розрахунків містяться в графі (4) табл. 2.1 (дані носять примірний, ілюстративний характер).

Таблиця 2.1

Пріоритети та характеристики P категорій поїздів

i	Категорія поїзда	Розрахункова маршрутна швидкість, V_i , км/год.	Розрахункова нормативна імовірність відхилення від графіка, при $P = 10$ (загальна кількість категорій поїздів)	Мінімальний інтервал попутного відправлення за поїздом вищої категорії пріоритету, J_i , хв.
1	2	3	4	5
0	Спеціальний	За потребою	0	За потребою
1	Пасажи́рський швидкі́сний	120	0,00000	15

2	Пасажирський міжнародний	100	0,00002	14
3	Пасажирський далекий	75	0,00026	12
4	Пасажирський регіональний	60	0,00208	11
5	Пасажирський приміський	30	0,01024	10
6	Вантажний прискорений	25	0,03664	9
7	Вантажний наскрізний	20	0,10421	8
8	Вантажний дільничний	15	0,25000	7
9	Вантажний місцевий	10	0,52632	6

Ще одне ключове питання – необхідність введення у професійний вжиток і використання при організації перевезень поняття «виділена пропускна спроможність». Виділена пропускна спроможність – це новий термін в організації залізничних перевезень. На відміну від традиційних понять – наявна, потрібна пропускна спроможність, виділена пропускна спроможність повинна визначатися для надання/виділення доступу до інфраструктури, який повинен бути, з одного боку, рівноправним, недискримінаційним, а з іншого – економічно виправданим як для перевізника так і для власника (оператора) інфраструктури залізничного транспорту. При цьому цей доступ повинен мати фізичний, технологічний та економічний вимір – це нитка графіку на певному маршруті, в певний час доби, яка має певну ціну. Тому пропонується наступне її розуміння і визначення.

Виділена пропускна спроможність – це частка максимальної наявної пропускної спроможності за період часу $0 < T \leq 24$ год., яка залишиться для пропуску поїздів i -го пріоритету після пропуску всіх поїздів вищого ніж i -ий пріоритет (найвищий пріоритет має ранг $i = 1$, найнижчий – ранг $i = P$, де P – кількість категорій поїздів за пріоритетами). Спеціальні поїзди, перевезення (наприклад, відбудовні поїзди для ліквідації наслідків катастроф, аварій, військові перевезення) мають пріоритет $i = 0$ і, якщо їх треба врахувати, це робиться окремо. Якщо в якості критерію пріоритету взяти, наприклад, маршрутну швидкість поїздів V_i , то пріоритети можуть бути описані

наступним чином (табл. 2.1, дані примірні). Графічна модель, що пояснює поняття «виділена пропускна спроможність», наведена нижче на рис. 2.5.

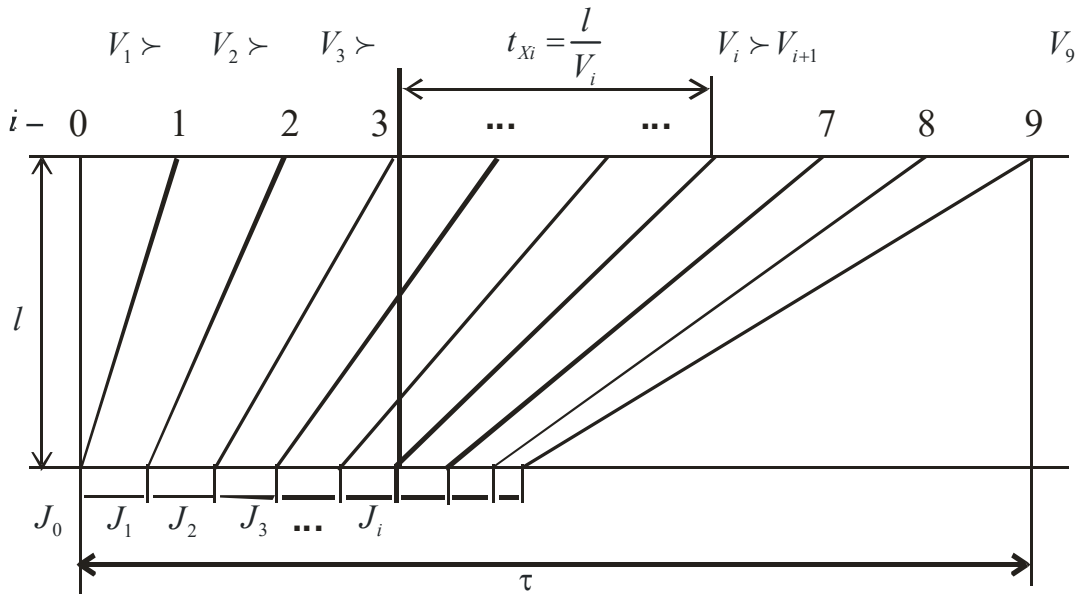


Рис. 2.5 Графічна модель для розрахунку виділеної пропускної спроможності

На рис. 2.5 зображені на умовному залізничному напрямку довжиною l нитки графіку руху поїздів, що мають різні пріоритети i та відповідно різні швидкості $V_i > V_{i+1}$ і тривалості руху по напрямку, що дорівнюють $t_{xi} = \frac{l}{V_i}$. Мінімальний інтервал попутного відправлення за поїздом вищої категорії пріоритету, J_i , хв., має величину, що залежить від співвідношення швидкостей поїздів та конкретних умов організації їх руху. Значення інтервалів, що наведені в табл. 2.1, мають умовні, усереднені величини.

Як видно з графічної моделі рис. 2.5, зменшення інтервалів попутного відправлення за поїздом вищої категорії пріоритету, J_i для більш «тихохідних» поїздів, що відправляються за більш «швидкохідними», супроводжується збільшенням інтервалів прибуття послідовних поїздів, тому в подальших викладках будемо використовувати усереднений мінімальний інтервал попутного слідування J_p , який залежатиме від співвідношення

кількостей поїздів різних категорій N_i та зазначених вище інтервалів попутного відправлення за поїздом вищої категорії пріоритету, J_i :

$$J_P = \frac{\sum_{i=1}^P N_i J_i}{\sum_{i=1}^P N_i}. \quad (2.10)$$

З урахуванням цього на основі моделі рис. 2.5 отримаємо формулу для розрахунку наявної добової пропускної спроможності, що може бути виділена для поїздів i -ої категорії пріоритету, S_i , з урахуванням того, що перед цими поїздами повинні бути пропущені поїзди вищих категорій пріоритету (з меншими значеннями i):

$$S_i = \frac{24 - \sum t_{\Pi}}{\tau} \left(\frac{\tau - l \sum_{i=0}^{i-1} \frac{1}{V_i}}{J_P} - \sum_{i=0}^{i-1} N_i - i + 1 \right); \quad i = 0, 1, \dots, P, \quad (2.11)$$

де $\sum t_{\Pi}$ - середня тривалість регламентованих перерв у русі поїздів на елементі мережі (інфраструктури) протяжністю L , км, год. протягом доби («вікна» і т. ін.);

τ - тривалість періоду доби, що розглядається ($0 < \tau \leq 24$ год.);

V_i - розрахункова маршрутна швидкість, км/год.;

N_i - кількість поїздів i -ої категорії пріоритету в періоді τ ;

P - кількість категорій пріоритету поїздів (в нашому випадку $P = 10$);

J_P - усереднений мінімальний інтервал попутного слідування, що розраховується за формулою (2.10).

У формулі (2.10) і далі величина l приймається за умовою $0 < l \leq \frac{L}{T}$,

де T - кількість повних діб терміну перевезення (доставки) на маршруті загальною протяжністю $L > l$.

Як правило, і особливо на підходах до великих транспортних вузлів, протягом доби виділяється декілька характерних періодів – наприклад, ранішній період «пік» характеризується інтенсивним прибуттям у вузол

різних категорій пасажирських та приміських поїздів, причому останні можуть навіть мати пріоритет. Є й вечірній «пік» відправлення пасажирських поїздів, хоча він менш яскраво виражений. Має економічний й експлуатаційний сенс виділення окремого нічного періоду, коли тариф на електроенергію для тяги поїздів є найнижчим (і навпаки, цей тариф найвищий саме в «пікові» періоди). На необхідність врахування «зонних» тарифів на електроенергію при організації експлуатаційної роботи залізниць вже зверталася увага, та й в аспекті цієї статті виділення окремих періодів в добі теж є доцільним.

Отже, якщо в добі виділяється декілька періодів ($j = 1, 2, 3, 4$, оскільки, на нашу думку, виділяти більше $n = 4$ періодів немає потреби), то виділена пропускна спроможність визначається як середньозважена:

$$\bar{S} = \frac{1}{24} \sum_{j=1}^n S_{ij} \tau_j . \quad (2.12)$$

Однак при необхідності слід окремо враховувати саме той період доби τ_j , у якому виділена пропускна спроможність для поїздів (вантажопотоків) i -ї категорії пріоритету, S_{ij} , є мінімальною.

У випадках, коли для спрощення моделі або для аналізу результатів немає необхідності ділити добу на періоди, може використовуватися формула:

$$\bar{S}_i = \frac{24 - \sum t_{\Pi} - \frac{l}{V_i}}{J_p} - \sum_{i=1}^{i-1} N_i , \quad (2.13)$$

де \bar{S}_i - середня виділена пропускна спроможність;

l, J_p, V_i, N_i - визначені вище.

Слід звернути увагу, що у формулі (2.13) величина $\sum_{i=1}^{i-1} N_i$ - це загальна кількість поїздів усіх категорій пріоритету, вищих за i , для якої розраховується \bar{S}_i .

Наступні важливі фактори, порядок визначення яких повинен бути уточнений – економічні фактори. Зокрема, це F – основні, документовані транспортні та супутні витрати, не залежні від тривалості транзиту (транспортування, доставки) T , в розрахунку на тонну, одиницю товару за весь шлях транзиту; E – основні, документовані транспортні та супутні витрати, залежні від тривалості транзиту T , в розрахунку на тонну, одиницю товару за добу (наприклад, оренда, лізинг транспортного засобу, плата за користування транспортним засобом); T – розрахункова тривалість транзиту (доставки, перевезення), діб; X – додаткові транспортні та супутні витрати, в розрахунку на тонну, одиницю товару.

Практичне застосування моделі в обчислювальних експериментах показало, що можна знехтувати фактором, який враховує використання кредитних коштів при зовнішньоекономічній діяльності та міжнародних перевезеннях $Y = 1 - \frac{T \cdot y_{BC}}{365 \cdot 100}$, оскільки навіть при великих значеннях деяких факторів, а саме T - розрахункова тривалість транзиту (доставки, перевезення), діб; y_{BC} – банківська ставка плати за кредит, % річних, значення Y практично дорівнює 1.

У той же час потребують уточнення деякі інші важливі фактори моделі, що відносяться до сфери технічної і комерційної експлуатації залізниць.

Зокрема, слід уточнити порядок визначення величини v_T – відхилення (коефіцієнт варіації) фактичної тривалості транзиту від розрахункової. Це важливий показник якості транспортного обслуговування з точки зору транспортної логістики й економіки. Зробити це необхідно й тому, що вже найближчим часом буде впроваджено новий порядок виділення доступу до

інфраструктури залізничного транспорту (продаж перевізникам «ниток графіка руху поїздів»), який залежатиме від пріоритету поїзда, часу виділення доступу та інших факторів.

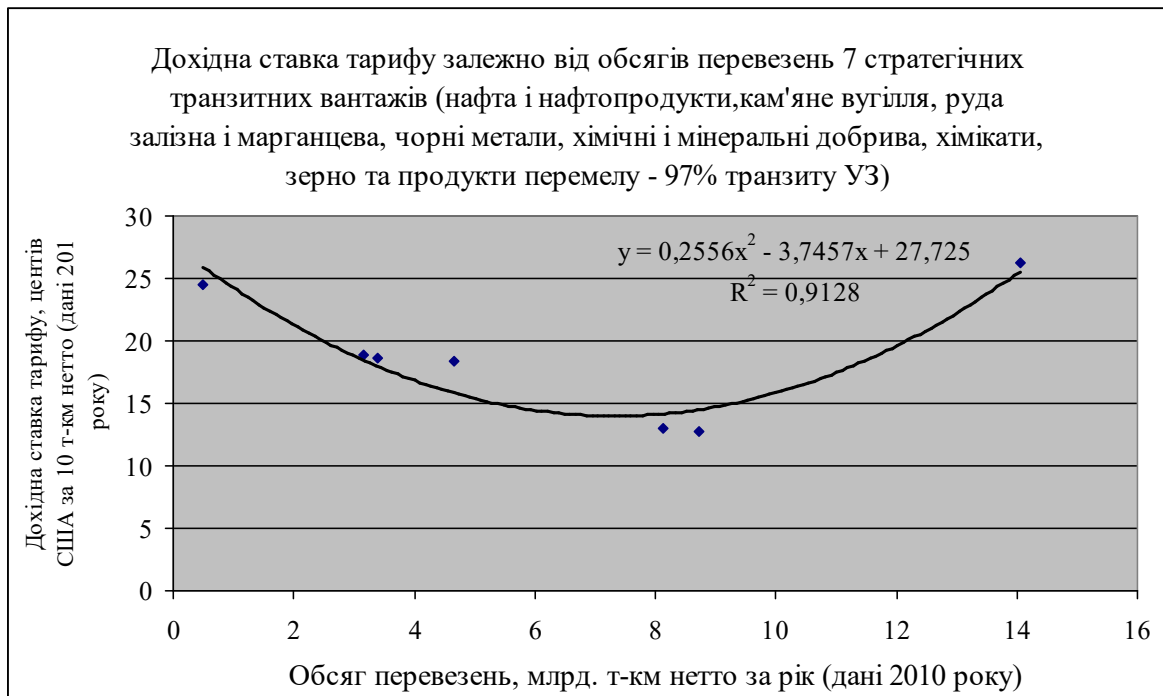


Рис. 2.6 Залежність дохідної ставки тарифу від обсягів перевезень 7 основних (стратегічних) транзитних вантажів залізниць України

Залежний від відстані перевезення транзитний тариф можна визначити за формулою:

$$F = \left[\left(0,2556 \frac{365Q \cdot L}{10^9} - 3,7457 \right) \frac{365Q \cdot L}{10^9} + 27,725 \right] \frac{L}{10^3}, \quad (2.14)$$

з коефіцієнтом апроксимації $R^2 = 0,9128$.

У формулі (2.14) і далі величина Q – це середньодобовий розрахунковий транспортний потік у тоннах (вагонах, контейнерах), а величина L – це протяжність усього маршруту перевезення.



Рис. 2.7 Залежність дохідної ставки тарифу від обсягів перевезень 6 основних (стратегічних) транзитних вантажів залізниць України (крім нафти і нафтопродуктів)

Залежний від відстані перевезення транзитний тариф можна визначити за формулами:

$$F = \left(22,683 - 4,0114 \cdot \ln \frac{365Q \cdot L}{10^9} \right) \frac{L}{10^3}, \quad (2.15)$$

з коефіцієнтом апроксимації $R^2 = 0,909$, або

$$F = \left(24,171 - 1,3627 \frac{365Q \cdot L}{10^9} \right) \frac{L}{10^3}, \quad (2.16)$$

з коефіцієнтом апроксимації $R^2 = 0,9628$.

Ці формули дають результат у доларах США на 1 т (одиницю вантажу, вагон, контейнер), в них величина Q повинна підставлятися в тоннах (вагонах, контейнерах) за добу. При цьому формула (2.15),

незважаючи на дещо менший коефіцієнт апроксимації, більше відповідає характеру залежності, яку вона відображає, тому нею й будемо користуватися далі. Адже формула (2.16) показує при обсягах перевезень (вантажобігу) приблизно 14 млрд. т-км за рік нульове значення дохідної ставки, що не може відповідати дійсності. Формула (2.15) дає значення, що наближуються до 0 асимптотично, що відповідає економічному сенсу процесу, що нею моделюється – чим більші обсяги перевезень, тим нижчі, як правило, та за інших рівних умов, надаються тарифи. І останнє, але дуже суттєве зауваження стосовно тарифу. Розраховуючи на залучення максимального вантажопотоку, слід розраховувати при встановленні тарифу на більшу з величин – попит D , виробництво M або провізну спроможність, W_i , яка дорівнює

$$W_i = \bar{S}_i \cdot q_i, \quad (2.17)$$

де q_i - кількість вантажу, що може бути перевезена по одній виділеній «нитці» графіка руху поїздів.

Остання альтернатива – використовувати провізну спроможність $W_i = \bar{S}_i \cdot q_i$, безумовно, є найбільш адекватною. Тобто саме величину $W_i = \bar{S}_i \cdot q_i$ слід підставляти у формули (2.15) та (2.16) для розрахунку тарифу, залежного від відстані перевезення.

Для визначення складової «основні, документовані транспортні та супутні витрати» загальних транспортних витрат, залежної від тривалості перевезення, E , за основу візьмемо ставки плати за користування вагонами власності інших держав при міжнародних перевезеннях, які у середньому складають приблизно 5,75 швейцарських франки за вагон у добу (це 6,21 долари США, при курсі переводу у долари США на 02.12.2012 складав 1,0810). В розрахунку на 1 тону вантажу при середньому завантаженні вагона 62 т величина E складе приблизно 0,1 дол. США в розрахунку на 1 т вантажу в добу. Однак це базова величина ставки, яку позначимо як E_0 , що

використовується при користуванні іноземним вагоном до 15 діб. При користуванні від 16 до 30 діб до неї застосовується коефіцієнт 1,3, а понад 30 діб – коефіцієнт 3. Позначимо цей коефіцієнт k_{ET} , тоді «основні, документовані транспортні та супутні витрати, залежні від тривалості транзиту T , в розрахунку на тонну, одиницю товару за добу» складуть

$$E = k_{ET}E_0. \quad (2.18)$$

Таким чином, величина Z - комплекс (критерій) зовнішніх та внутрішніх технологічних, організаційних, комерційних та інших факторів, що впливають на транспортний потік, визначатиметься як:

$$Z = \frac{\Delta P}{\left(22,683 - 4,0114 \cdot \ln \frac{365 \cdot \overline{S_i q_i L}}{10^9}\right) \frac{L}{10^3} + k_{\Pi} k_{ET} E_0 T_i + X} \cdot \frac{1 - \Delta_{T(P,i)}}{1 + \Delta_{T(P,i)}},$$

або в загальному вигляді

$$Z = \frac{\Delta P}{\left(A_0 - B_0 \cdot \ln \frac{365 \cdot \overline{S_i q_i L}}{10^9}\right) \frac{L}{10^3} + k_{\Pi} k_{ET} E_0 T_i + X} \cdot \frac{1 - \Delta_{T(P,i)}}{1 + \Delta_{T(P,i)}}, \quad (2.19)$$

де A_0 – ставка тарифу за початково-кінцеву операцію (в центах США за 10 т);

B_0 – ставка тарифу за операцію перевезення (в центах США за 10 т-км);

E_0 – ставка тарифу в розрахунку на 1 тонно-добу знаходження товару в процесі доставки (в доларах США за 1 тонно-добу);

k_{Π} – коефіцієнт, що враховує повернення вагона в порожньому стані тим же маршрутом ($1 \leq k_{\Pi} \leq 2$, що залежить від схеми транспортно-логістичного обслуговування).