

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ЕКСПОРТНО- ІМПОРТНОГО ВАГОНОПОТОКУ НА КРУПНИХ ТЕХНІЧНИХ СТАНЦІЯХ ТА ПРИЛЕГЛИХ ДІЛЬНИЦЯХ В МЕЖАХ МІЖНАРОДНИХ ТРАНСПОРТНИХ КОРИДОРІВ

Проведено аналіз основних напрямків міжнародних залізничних вантажопотоків територією України. Виявлено недоліки в технічному та технологічному відношенні для кожного міжнародного транспортно-коридору. Запропоновані напрямки оптимізації технології функціонування технічних станцій в межах МТК та розраховано ефективність від впровадження розглянутих заходів.

Є.С. Альошинський
Доцент, кандидат технічних наук
Кафедра "Залізничні станції та вузли"
УкрДАЗТ
Контактний тел.80674174721

1. Вступ

На початку XXI століття, за оцінками розвитку світової економіки, максимальну вигоду від експорту та імпорту транспортних послуг одержать ті країни, які зможуть залучити на свої транспортні комунікації транзитний євразійський потік. Це пояснюється очікуванням значного збільшення товарних потоків між об'єднаною Європою та країнами Азійсько-Тихоокеанського регіону.

2. Аналіз основних напрямків міжнародних залізничних вантажопотоків

Головним напрямком інтеграції українських залізниць в глобальну транспортну систему є розвиток міжнародних транспортних коридорів (МТК), що на сьогодні проходять територією України за 10 напрямками:

- 3 Критські коридори (МТК №3, МТК №5 та МТК №9) з відгалуженнями;
- 1 додатковий «Балтійсько-Чорноморський» транспортний коридор (умовно МТК №10);
- 4 міжнародні коридори Організації співробітництва залізниць ОСЗ (МТК ОСЗ №3, №5, №8 («Європа-Азія») та МТК ОСЗ «Москва-Сімферополь»);
- 1 водний «Дунайський» коридор (МТК №7);
- 1 мультимодальний коридор «Європа-Кавказ-Азія» (TRACECA).

Загальна структурно-логічна схема міжнародних залізничних коридорів України наведена на рисунку 1.

Ключове значення в переробці міжнародних вантажопотоків в межах МТК відіграють залізничні станції, в першу чергу прикордонні передавальні та припортові вантажні.

Проблема вибору оптимальної технології обробки експортно-імпортного вантажопотоку на вищезазначених станціях докладно розглянута в роботах [1, 2, 3].

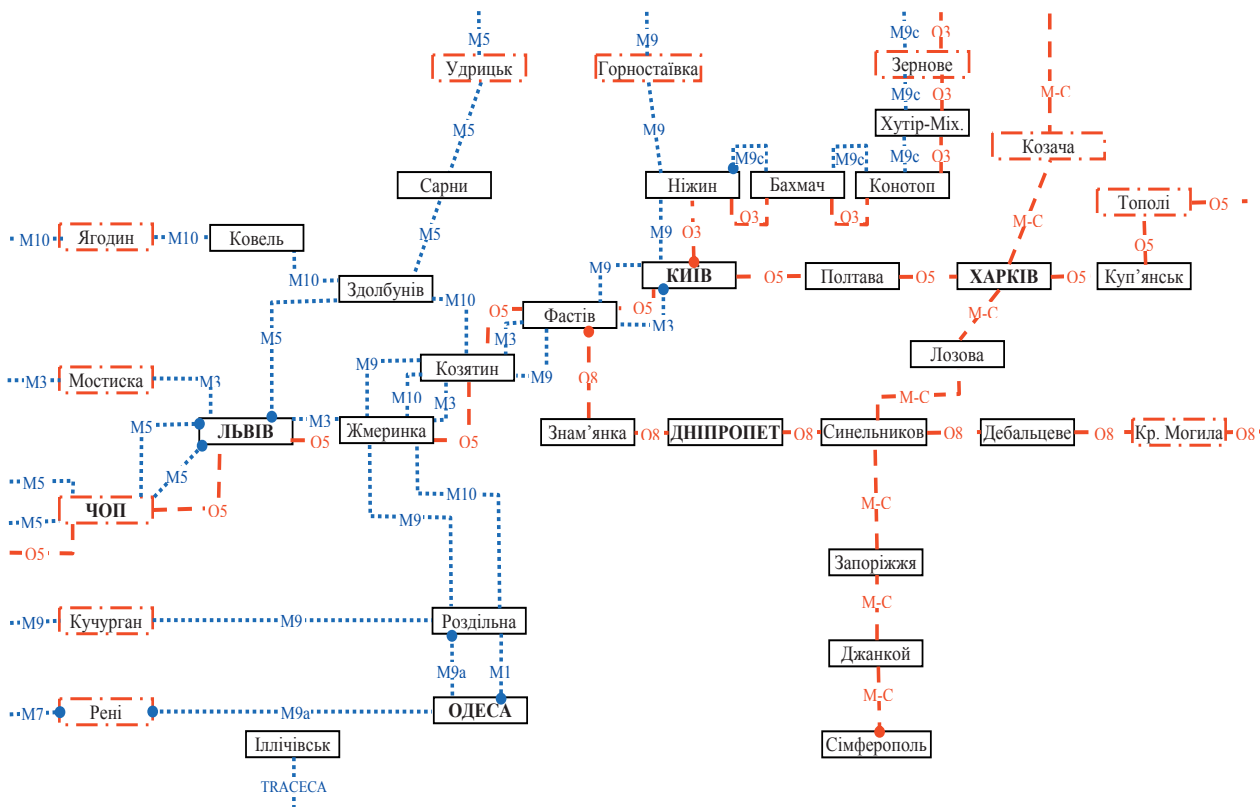


Рисунок 1. Загальна структурно-логічна схема міжнародних залізничних коридорів України

Крім цих станцій, важливу роль для функціонування транспортного комплексу міжнародних перевезень відіграють великі технічні (сортувальні, рідше дільничні) станції, не дивлячись на те, що в більшості випадках вони виконують лише транзитні функції.

На значному числі таких технічних станцій та прилеглих дільниць виконується пріоритетне обслуговування експортно-імпорتنних вагонопотоків, що проходять ці станції транзитом без переробки. Однак, не всі напрямки, що визначені як міжнародні транспортні коридори, відповідають вимогам якнайшвидшого транспортування експортно-імпорتنних вантажів.

Недоліки, що призводять до затримок в русі та при переробці мають як технічні, так і технологічні властивості. При цьому, характер затримок не носить чіткий характер. Тому для виявлення залежностей від можливості затримок на тому чи іншому транзитному напрямку пропонується застосувати моделювання з використанням теорії нечітких множин [1].

Для цього необхідно вивести функцію приналежності до затриманих вагонів на технічних станціях та дільницях між ними з метою подальшої мінімізації отриманої функції.

3. Розрахунок функції приналежності по затримкам експортно-імпортного вагонопотоку на крупних технічних станціях та прилеглих дільницях в межах МТК

Ступінь приналежності до можливих затримок в русі по перегонам залежить в значній мірі лише від технічних недоліків дільниць (1-коліїні та неелектрифіковані дільниці або дільниці з крутими уклонами та кривими малих радіусів), що проаналізовано в таблиці 1.

Ступінь приналежності до можливості затримок з тієї чи іншої причини є величиною, що зворотно пропорційна величинам наведеним в цій таблиці.

Таким чином, якщо частка прямих дільниць та дільниць з уклонами <math> < 8^0/00 </math> в МТК №3 складає 0,883, то можливість затримки складу з цієї причини буде складати

$$\forall x \in E \mu A(x) = 1 - \mu B(x) = 1 - 0,883 = 0,117$$

Аналогічно визначається ступінь приналежності до можливих затримок в русі по перегонам з інших технічних причин.

До затримок, що носять технологічний характер можна віднести:

- затримки на дільницях з великою середньою вантажонапруженістю (більше 30 млн т*км/км);
- затримки на дільницях з постійним інтенсивним пасажирським рухом (більше 20 пар пасажирських та приміських поїздів на 2-коліїних дільницях);
- затримки при виконанні обслуговування составів поїздів на кожній великій технічній (сортувальній або дільничній) станції даного напрямку.

Узагальнююча характеристика напрямків МТК України

Назва МТК	Частка дільниць 2-коліїних ліній	Частка електрифікованих ліній	Частка прямих дільниць та дільниць з уклонами <math><8^{\circ}/_{00}</math>	Частка прямих дільниць та дільниць з кривими радіусом >1200м	Середня вантажо-напруж-ть дільниць МТК, млн т*км/км	Середня кількість постійних пасажирських поїздів на дільницях МТК	Вірогідність реалізації швидкості на дільницях до 100 км/год.
	P2	PE	PI	PR	QB	λ П	PV шв
МТК №3	1,000	1,000	0.883	0.899	26,7	20	0.4...0,5
МТК №5	1,000	1,000	0.770	0.728	15,0	5	0,1...0,2
МТК №9	0,829	0,924	0.908	0.871	27,9	18	0,3...0,4
МТК №9с	1,000	1,000	0.996	0.928	30,7	15	0,5...0,6
МТК №10	0,924	0,853	0.900	0.871	23,0	9	0,3...0,4
ОСЗ №3	1,000	1,000	0.998	0,914	31,3	19	0,5...0,6
ОСЗ №5	1,000	0,987	0,914	0,922	29,2	18	0,4...0,5
ОСЗ №8	0,979	1,000	0,843	0,729	55,9	15	0,2...0,3
ОСЗ «М-С»	1,000	1,000	0,913	0,927	31,4	20	0,5...0,6

Таблиця 2

Перелік основних причин затримки транзитних міжнародних вагонопотоків на технічних станціях та перегонах

Причини	Код
Наявність 1-коліїних дільниць	X1
Наявність неелектрофікованих дільниць	X2
Наявність дільниць з крутими уклонами	X3
Наявність дільниць з кривими малих радіусів	X4
Велика середня вантажонапруженість дільниць	X5
Інтенсивний пасажирський рух на дільницях	X6
Технологічні затримки на сортувальних (дільничних) станціях	X7

Можливість затримки з причин X5 та X6 визначається зіставленням максимально рекомендованої інтенсивності (вантажонапруженості) до середньої інтенсивності (вантажонапруженості) на кожному напрямку з урахуванням частки електрифікованих та 2-коліїних ліній.

Так можливість затримки з причин великої вантажонапруженості ліній відповідно МТК №3 та МТК №9с дорівнює

$$\forall x \in E \mu A(x3) = 1 - \mu B(x3) = 1 - 30/26,7 = -0,124 = 0,000;$$

$$\forall x \in E \mu A(x9) = 1 - \mu B(x9) = 1 - 30/30,7 = 0,023.$$

Аналогічно визначається ступінь приналежності до можливих затримок в русі по перегонах з перших двох технологічних причин.

Можливість затримок при обслуговуванні та відправленні составів маршрутних міжнародних транзитних (без переробки) поїздів на сортувальних станціях може виникати в наступних випадках:

- відсутність «вікон» на дільниці для вантажного руху із-за зайнятості перегонів пасажирськими та приміськими поїздами, що мають постійний пріоритет

в пропуску перед вантажним рухом (іноді очікування «вікна» на одній станції складає більше ніж 4 години);

- відсутність вільної бригади технічного чи комерційного огляду;

- відсутність вільної локомотивної бригади;
- якщо передбачається часткова зміна маси состава - несвоєчасна подача (прибирання) групи вагонів, що підлягають причепленню (відчепленню) до состава та ін.

В більшості випадків сумарний час затримок на всіх сортувальних (або дільничних) станціях залежить від числа самих сортувальних станцій, через які передбачається пропуск транзитних міжнародних поїздів.

За статистичним аналізом для гарантованого безпечного руху вантажних поїздів достатньо проходити необхідні технічні операції через кожні 200-250 км. Тому функція приналежності до можливих затримок составів на сортувальних станціях залежатиме від відношення числа великих сортувальних станцій до загальної довжини МТК в межах України.

Так ступінь приналежності до можливості затримки на 4 технічних станціях (Львів, Жмеринка, Козятин, Фастів (без урахування кінцевої станції Дарниця)) в МТК №3 при його загальній довжині 708 км складатиме

$$\forall x \in E \mu A(x) = 1 - \mu B(x) = 1 - 708/(4*200) = 0,115$$

Таким чином, функція приналежності до можливості затримки на сортувальних станціях та перегонах між ними складається із алгебраїчної суми можливостей затримки з технічних та технологічних причин.

Але на відміну від «технологічних» затримок, «технічні» приймаються не як сума, а як найбільше з чотирьох значень. В загальному вигляді для кожного транзитного напрямку (V_i) можливість затримки

транзитного поїзда з будь-якої причини (X_i), що зведені до таблиці 2, складатиме

$$\forall X \in E = \frac{X_1 \cup X_2 \cup X_3 \cup X_4 + (X_5 + X_6 + X_7)}{Y_i} \quad (1)$$

Наприклад, функція приналежності до можливості затримки транзитного міжнародного вагонопотоку в МТК №3 (Y₁) дорівнює

Аналогічно проводиться розрахунок цільових

$$\forall X \in \text{МТК} \#3 = \frac{0,000 \cup 0,000 \cup 0,117 \cup 0,101 + (0,000 + 0,100 + 0,115)}{Y_1} = \frac{0,307}{Y_1}$$

функцій для кожного з транзитних міжнародних коридорів.

Сумарна функція приналежності для всіх міжнародних транспортних коридорів має наступний кінцевий вигляд

$$\forall X \in \text{МТК} = \frac{0,307}{Y_1} + \frac{0,272}{Y_2} + \frac{0,398}{Y_3} + \frac{0,495}{Y_4} + \frac{0,348}{Y_5} + \frac{0,548}{Y_6} + \frac{0,117}{Y_7} + \frac{0,615}{Y_8} + \frac{0,467}{Y_9}$$

З отриманої функції приналежності видно, що найбільш сприятливі умови для транзитних міжнародних перевезень існують в межах транспортного коридору ОСЗ №5, а найменш сприятливі умови – в межах коридорів «Європа-Азія» ОСЗ №8 та МТК ОСЗ №3.

Відповідно, $\frac{0,117}{Y_7}$ проти $\frac{0,615}{Y_8}$ та $\frac{0,548}{Y_6}$.

Значення функції приналежності за конкретними причинами затримок для кожного міжнародного транспортного коридору наведені на рисунку 2.

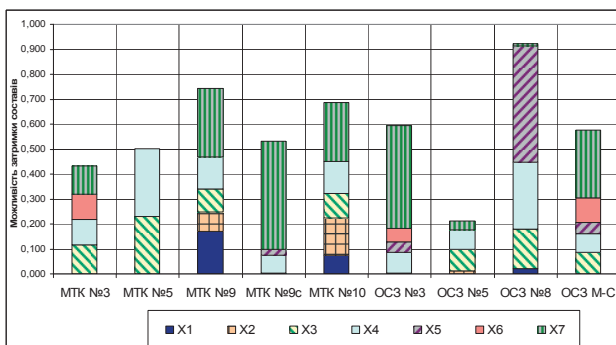


Рисунок 2. Значення функції приналежності за причинами затримок для кожного міжнародного транспортного коридору.

4. Розробка оптимальної технології обробки експортно-імпортного вагонопотоку на сортувальних станціях та прилеглих дільницях

Як видно з рисунку 2, найбільшу можливість затримки транзитних поїздів визивають не тільки тех-

нічні недоліки (дільниці з крутими уклонами (X₃) та кривими малих радіусів (X₄)), а в більшій мірі технологічні причини, а саме затримки на технічних станціях (X₇).

Тобто для удосконалення системи доставки вантажів при міжнародних залізничних перевезеннях в межах транспортних коридорів в першу чергу увагу слід приділяти оптимізації роботи технічних станцій.

Перший напрямок оптимізації стосується вибору раціональних та менш завантажених маршрутів прямування транзитного міжнародного вагонопотоку через достатньо оснащенні сортувальні залізничні станції.

В цьому випадку можливе скорочення затримок з причин X₆ та особливо X₅, що виникають через перевантаженість деяких ліній внутрішніми пасажирськими та вантажними перевезеннями.

Але ця пропозиція не є досконалою, бо вона не враховує багато різних чинників, в тому числі пріоритети орієнтації напрямків міжнародних перевезень від відправника до отримувача вантажів.

Для зменшення часу знаходження на сортувальних станціях, можна запропонувати метод «зустріч поїзда з ходу». Тобто при застосуванні цього принципу обробку на деяких із сортувальних станцій можна проходити не за 1 годину (з існуванням можливості затримки більше ніж на 4 години в очікуванні «вікна»), а менше ніж за 20 хвилин, застосовуючи лише візуальний контроль робітниками ПТО та ПКО при проході поїзда по горловині станції.

Для зменшення числа сортувальних станцій, на яких виконується обробка составів, можна використати пропозицію «подовження плеча».

Тобто при наявності гарантійних плечей до 250 км, число технічних станцій, на яких проводиться обробка транзитних міжнародних вагонопотоків, може скоротитись до числа що пропорційне відношенню загальної довжини транзитного коридору до довжини подовженого гарантійного плеча (250 км).

Також для зменшення числа сортувальних станцій, на яких виконується обробка составів, можна застосувати «спеціальні транзитні нитки графіку руху поїздів». В цих випадках при наявності ниток графіку можна проходити деякі сортувальні станції взагалі без зупинок.

Використовуючи наведені принципи, можна значно (на 20-30%) скоротити число сортувальних станцій на яких будуть проводитись якісь технічні операції.

Наприклад, маршрутні транзитні міжнародні поїзди можуть проходити з Козятина до Конотопа без зупинки по станції Дарниця, або з Жмеринки до Дарниці – без зупинки в Козятині та т.і.

Крім скорочення числа зупинок на технічних станціях, а з цим і скорочення загального часу транспортування вантажів в межах міжнародних транспортних коридорів, можна досягти зменшення можливості затримок з причини X₇ (на технічних станціях).

В графічному вигляді результати розрахунків зменшення можливості затримок на сортувальних станціях наведено на рисунку 3.

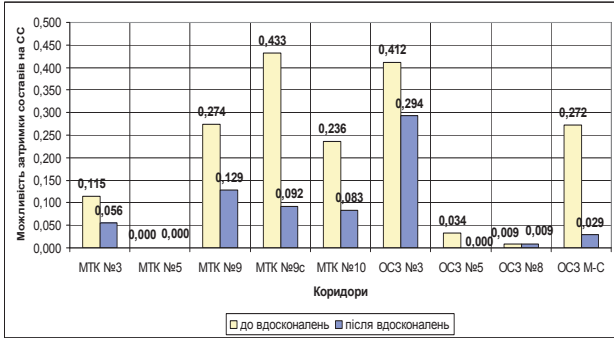


Рисунок 3. Зміна функції приналежності розподілу затриманих составів на сортувальних станціях

В математичному вигляді (після зменшення числа сортувальних станцій до оптимальної кількості згідно запропонованим чотирьом етапам вихідна функція приналежності по затримкам в усіх міжнародних транспортних коридорах України (Y_i) зміниться до функції

$$\begin{aligned}
 \forall x \in \text{МТК} = & \frac{0,000 \cup 0,000 \cup 0,117 \cup 0,101 + (0,000 + 0,100 + 0,056)}{Y_1} + \\
 & + \frac{0,000 \cup 0,000 \cup 0,230 \cup 0,272 + (0,000 + 0,000 + 0,000)}{Y_2} + \\
 & + \frac{0,171 \cup 0,076 \cup 0,092 \cup 0,129 + (0,000 + 0,100 + 0,129)}{Y_3} + \\
 & + \frac{0,000 \cup 0,000 \cup 0,004 \cup 0,072 + (0,023 + 0,000 + 0,092)}{Y_4} + \\
 & + \frac{0,076 \cup 0,147 \cup 0,100 \cup 0,129 + (0,000 + 0,000 + 0,083)}{Y_5} + \\
 & + \frac{0,000 \cup 0,000 \cup 0,002 \cup 0,086 + (0,042 + 0,053 + 0,294)}{Y_6} + \\
 & + \frac{0,000 \cup 0,013 \cup 0,086 \cup 0,078 + (0,000 + 0,000 + 0,000)}{Y_7} + \\
 & + \frac{0,021 \cup 0,000 \cup 0,157 \cup 0,271 + (0,463 + 0,000 + 0,009)}{Y_8} + \\
 & + \frac{0,000 \cup 0,000 \cup 0,087 \cup 0,073 + (0,045 + 0,100 + 0,029)}{Y_9} = \\
 = & \frac{0,255}{Y_1} + \frac{0,272}{Y_2} + \frac{0,278}{Y_3} + \frac{0,179}{Y_4} + \frac{0,218}{Y_5} + \\
 & + \frac{0,441}{Y_6} + \frac{0,086}{Y_7} + \frac{0,615}{Y_8} + \frac{0,246}{Y_9}
 \end{aligned}$$

Графічна інтерпретація зміни сумарної функції приналежності по затримках составів на сортувальних станціях та прилеглих перегонах в межах міжнародних транспортних коридорів наведена на рисунку 4.

З рисунка видно, що при застосуванні запропонованих пропозицій сумарна можливість затримок

составів міжнародних поїздів в середньому по всім транзитним напрямкам зменшилась на 27,4%, а для транспортного коридору МТК №9с (Ніжин – Бахмач – Конотоп – Хутір-Михайлівський – Зернове) – взагалі в 2,8 рази. Це обумовлено значним скороченням числа переробок транзитних міжнародних вагонопотоків на технічних станціях мережі залізниць України.

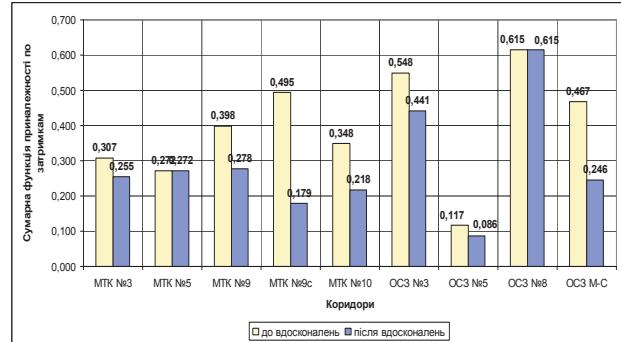


Рисунок 4. Зміна сумарної функції приналежності по розподілу затримок на сортувальних станціях та прилеглих перегонах в межах міжнародних транспортних коридорів.

5. Висновки

Скорочення частки затримок на великих технічних (сортувальних та дільничних) станціях, разом із скороченням можливостей затримок експортно-імпортового вантажопотоку на прикордонних передавальних та припортових вантажних станціях, дозволяє розраховувати на ефективну реалізацію транзитного потенціалу транспортної системи України як сухопутного моста між Європою та Азією.

Література

1. Данько М.І., Альошинський Є.С., Кіхтева Ю.В. Розробка методики розрахунку прогновної оцінки по затримкам вагонів на прикордонних передавальних залізничних станціях// Восточно-європейський журнал передових технологій. № 5/2 (29) – Харків. – 2007. – с. 61-65.
2. Данько М.І., Альошинський Є.С., Кіхтева Ю.В. Пропозиції по розробці методики ресурсозбереження в системі передачі вантажного вагонопотоку на прикордонних передавальних станціях// Восточно-європейський журнал передових технологій. № 6/2 (30) – Харків. – 2007. – с. 37-39.
3. Альошинський Є.С. Оптимізація процесу виконання митних операцій на припортових пунктах переробки міжнародних контейнерних вантажів// Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. - №3. - 20-08. - С. 3-7.