

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ
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: «Організація роботи міжнародних транспортних коридорів з урахуванням вимог інтероперабельності»

Виконав: студент групи ІБЗТ-19зм
Кириченко І.О.


.....
(підпис)

Керівник: доц. Шворникова Г.М.


.....
(підпис)

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


.....
(підпис)

Рецензент: *Вісник Е.В.*

.....
(підпис)

2. РОЗВИТОК МЕРЕЖІ МІЖНАРОДНИХ ТРАНСПОРТНИХ КОРИДОРІВ НА ОСНОВІ ВИМОГ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ

2.1. Основні аспекти та вимоги інтероперабельності

Необхідність створення нових стандартів, спрямованих на забезпечення роботи з гармонізації технічних вимог та адаптації залізничного транспорту для його інтеграції в суміжні транспортні системи об'єднуються під поняттям інтероперабельності [22].

Згідно визначенню, даному в стандарті ISO/IEC 24765, Systems and Software Engineering Vocabulary, Інтероперабельність – це здатність двох чи більше систем або елементів обмінюватися інформацією та використовувати цю інформацію. Однак термін «інтероперабельність» визначає не тільки простий обмін інформацією та її використання, але й забезпечення узгодженої взаємодії учасників транспортного процесу, для чого повинно бути досягнуто загальне поняття цілей і методів взаємодії.[21]

Отже, інтероперабельність – це здатність транс'європейської системи залізниць забезпечувати безпечний, безперешкодний і безперервний рух поїздів, що відповідає експлуатаційним вимогам до цих ліній. Ця здатність ґрунтується на сукупності регламентних, технічних і експлуатаційних умов, які повинні бути виконані з метою задоволення основних вимог [26].

Залізнична транспортна система України (колія 1520 мм) не є наразі інтероперабельною із залізничними системами усіх сусідніх країн ЄС (колія 1435 мм). З цієї ж причини, та багатьох інших, вона не буде інтероперабельною із залізничною мережею TEN-T [27].

Відповідно до ст. 369 Угоди про асоціацію між Україною та Європейським союзом співробітництво охоплює такі сфери як розвиток мультимодальної транспортної мережі, пов'язаної з Транс'європейською транспортною мережею (TEN-T), та удосконалення інфраструктурної політики з метою кращого визначення й оцінки інфраструктурних проектів щодо різних видів транспорту [28].

Найбільш розповсюдженою в світі є колія 1435 мм, тому вона і називається «нормальною», і саме така колія використовується на залізницях практично усіх розвинених країн на усіх континентах. Перші залізниці на західних теренах України теж мали таку колію (до 1939 року). Залізниці з такою колією складають 60% протяжності усіх залізниць світу, тоді як колія 1520 мм – менше 17% (рис. 2.1).

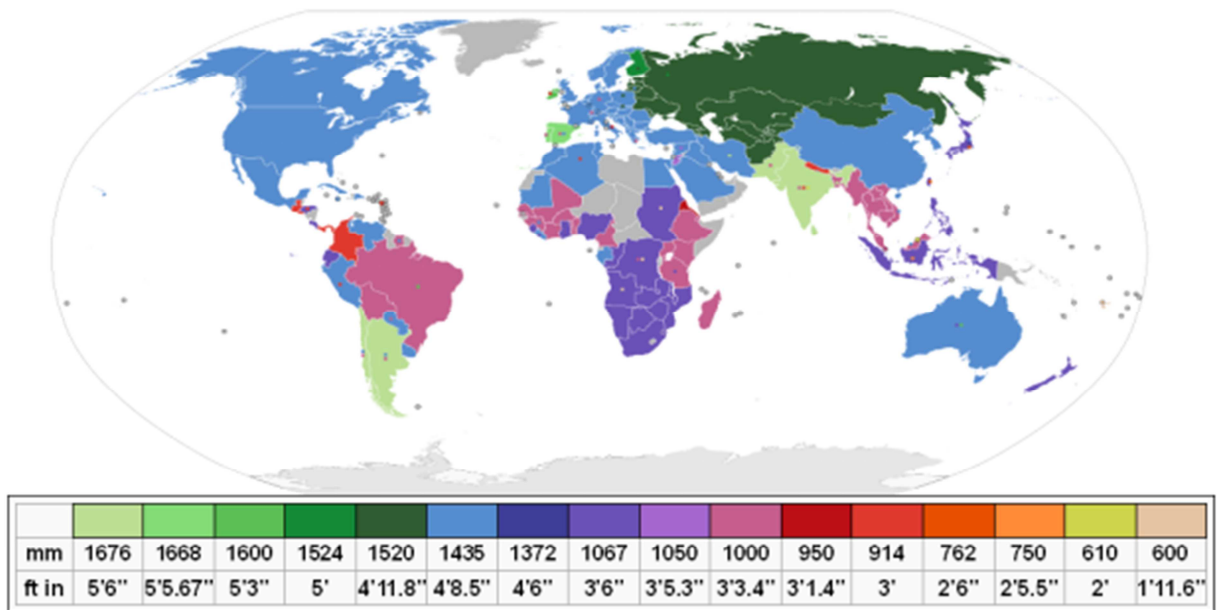


Рис. 2.1. Стандарти залізничної колії

Забезпечення експлуатаційної сумісності залізничних систем 1520/1435 базується на оптимальному рівні технічної гармонізації, забезпечення якої робить можливим [1]:

- спрощення, вдосконалення і розвиток міжнародних залізничних перевезень;
- підтримку поступового створення внутрішнього ринку обладнання і послуг з будівництва, відновлення, модернізації й експлуатації транс'європейської залізничної системи;
- стимулювання експлуатаційної сумісності транс'європейської залізничної системи.

Запровадження інтероперабельних перевезень має багато ускладнень та потребує вирішення ряду проблем:

- різниця в ширині колії;
- різниця у габаритах споруд та рухомого складу;
- різниця у напрузі електрифікованих ліній;
- необхідність оновлення фондів локомотивного та вагонного господарств;
- необхідність застосування ІТ;
- необхідність створення транспортно-логістичних розподільних центрів та термінальних комплексів;
- необхідність розвитку господарства електрифікації та електропостачання на основі передових досягнень в області електроенергетики і залізничного транспорту;
- необхідність активної міжнародної співпраці.

Найбільш логічним, правильним і радикальним способом забезпечення повної інтероперабельності залізничної системи України з основними та найбільш розвиненими залізницями світу був би поступовий перехід її залізниць на колію 1435 мм – як шляхом будівництва нових високошвидкісних ліній, так і «перешивки» колії 1520 мм на ширину 1435 мм або улаштування суміщеної колії 1435мм/1520мм. Доцільно розпочати нове будівництво двоколійної високошвидкісної магістралі – залізниці 1435 мм (ВШМ 1435) на напрямку Одеса – Київ – Львів – Мостиська-2 (кордон України та ЄС) – Медика (Польща). У подальшому ВШМ 1435 слід від Києва продовжити на Харків та Дніпро, а після звільнення Донбасу з'єднати ці міста з Донецьком та Луганськом.

Нові високошвидкісні залізниці України колії 1435 мм – це не фантастичний проект, а цілком реальний бізнес-проект, який дає Україні в перспективі багато переваг, а саме [27]:

1. Здійсниться реальна євроінтеграція, безперешкодний залізничний зв'язок з Євросоюзом в єдиній колії 1435 мм, що втілює остаточно нову геополітичну орієнтацію України та її повернення в Європу.

2. Будівництво та експлуатація нових найсучасніших ліній 1435 мм принесе в Україну нові технології та створить робочі місця з достойною оплатою, підвищить платоспроможність населення.

3. Залізниці отримають можливість здійснювати по нових лініях швидкісні перевезення вантажів, що потребують прискореної доставки – передусім контейнерних, а також інших вантажів мультимодального транспорту, що матиме позитивні економічні, екологічні та соціальні наслідки.

4. Зросте мобільність населення в національному та міжнародному масштабі, гасло Майданів «Схід і Захід – разом» нарешті втілиться в життя, буде забезпечена якісна транспортна підтримка безвізового режиму.

5. Оживиться бізнес, ринок праці та житлового будівництва навколо нових високошвидкісних ліній колії 1435 мм, зросте податкова база усіх бюджетів.

6. Обороздатність та територіальна цілісність України будуть забезпечені на якісно вищому рівні.

Задля підвищення транспортної та торгівельної кооперації з боку Європейського Союзу було прийнято ряд нормативних документів направлених на підвищення рівню інтеперабельності залізничного транспорту [22]:

- директива 96/48/ЄС Про експлуатаційну сумісність високошвидкісних транс'європейських систем;
- директива 2001/16/ЄС Про експлуатаційну сумісність звичайних залізничних ліній;
- директива 2004/50/ЄС, що вносить зміни у дві попередні директиви.

Зазначені документи спрямовані на зменшення розбіжностей у системах, покращення безпеки руху поїздів, коли вони із воєї національної мережі входять у міжнародну мережу. Повне відкриття залізничної мережі міжна-

родних вантажних перевезень означає необхідність введення інтероперабельності в межах усієї міжнародної залізничної галузі [21].

Також для підвищення інтероперабельності основними заходами, згідно з Транспортною стратегією України та програмою ЄС для України «Підтримка інтеграції України до Транс'європейської транспортної мережі ТЕМ-Т», є комплексна оптимізація роботи залізниць України, що спрямована на підвищення ефективності якості експлуатаційної роботи та сприяння зростанню обсягів використання мультимодального, інтермодального та комбінованого транспорту в Україні.

Залізничні перевезення вантажів зараз менше, ніж під час Світової фінансової кризи. За останні 5 років вони стрімко зменшувалися: внутрішні та експорт в середньому на 24 млн. тонн щороку, і майже на 8 млн. тонн - транзит. У рекордному 2008 році залізниці України перевезли майже 70 млн. тонн транзитних вантажів, з них більше 66 млн. тонн через морські порти. У 2015 році через морські порти було перевезено менше 16 млн. тонн, а всього по залізницях - менше 17 млн. тонн. Падіння за 5 років майже в 5 разів, а прогноз ще гірше. У такому катастрофічному падінні обсягів перевезень не все пояснюється анексією Криму, військовими діями на Донбасі. Є й інші причини [27].

Перспектив повернення масових транзитних вантажів на залізниці України немає ніяких. Бо майже 90% цих вантажів походили з Росії, а вона все успішніше використовує для експорту продукції свою національну транспортну систему. Росія вже майже обходить без українських портів, будує залізниці в обхід України у себе і в інших країнах, а також високошвидкісну магістраль Москва-Казань та інші, які призначені і для перевезень вантажів транзитом між Китаєм і Європою. Внутрішні і експортні перевезення залізниць України, з яких майже 60% складають вантажі гірничо-металургійного комплексу, теж мають погані перспективи. Адже вони залежать від позицій України на світовому ринку чорних металів, а вона вже випала з першої десятки світових експортерів. Здавалося б, непогані перспективи має експорт

зерна, проте його транспортування по залізницях пов'язане з відомими технічними і комерційними проблемами. Є, втім, одна тенденція, яку можна оцінити як позитивну – це швидкий поворот економіки України в бік Євросоюзу. ЄС став її основним торговим партнером, його частка в товарообороті вже майже 50% і вдвічі більше, ніж у Росії та інших країн СНД [27].

Таким чином, виконання принципів інтеперабельності при організації міжнародних перевезень значно підвищить їх ефективність, прискорить інтеграцію транспортної системи України до Європейського простору та сприятиме підвищенню рівня економічної привабливості та конкурентоздатності залізничного транспорту. Але слід зазначити, що для ефективного застосування принципів інтеперабельності при удосконаленні організації перевезень в міжнародному сполученні необхідно переглянути правовідносини, тарифну політику та сприяти розвитку мультимодального, інтермодального та комбінованого транспорту в Україні.

2.2. Модель розвитку інтеперабельності залізничних транспортних коридорів

На концептуальному рівні в основі математичного опису постановки задачі необхідним є врахування окрім міжнародних вантажопотоків, що слідує через МТК, також вантажопотоки, які тільки проходять по окремих елементах МТК, але впливають на їх завантаженість. Умова формалізації процесу розвитку вимагає вирішувати задачу тільки для визначеного тренду зростання обсягів системних перевезень (без врахування сезонних коливань) на МТК з урахуванням довгострокового періоду планування. По суті як основну рушійну силу розвитку інтеперабельності МТК запропоновано використовувати закладені в періоді планування зростаючі навантаження на мережу МТК (тобто, на основі прогностичних тенденцій росту обсягів перевезень).

Основна умова, що формує комплексність рішення задачі базується на тому, що підвищення пропускної та провізної спроможності МТК безпосере-

дньо залежить від проведення заходів щодо інформаційної, експлуатаційної, технічної, технологічної сумісності залізничних систем різних країн в межах МТК. Це означає, що по суті математична модель повинна при виборі заходів щодо розвитку інтегрованості МТК вирішувати задачу приведення у відповідність транспортну потужність МТК із заданими обсягами перевезень.

З позиції системного підходу основним принципом формування моделі розвитку інтегрованості залізничних транспортних коридорів, що взаємопов'язані загальним транспортним потоком, є їх представлення як динамічної системи $S(t)$, в якій із-за зростання обсягів перевезень безперервно змінюється ступінь відповідності потрібної з наявною пропускної та перевізної спроможностей їх основних структурних елементів, а саме - станцій та дільниць. В умовах зростання перевезень кожний з основних елементів МТК може стати обмежуючим в системі, що визначається на основі розрахунку результативної пропускної спроможності. За таких умов виникає ситуація, коли резерви між наявною та потрібною пропускними спроможностями зменшуються критичними темпами (виникає насичення), а отже обмежуючий елемент інфраструктури напрямку потребує або значних капітальних вкладень для підвищення потужності напрямку, або реалізації технологічних рішень, що дозволить за рахунок ефективного використання інших елементів системи привести у рівновагу процес відповідності потужності інфраструктури МТК до обсягів перевезень.

Для опису просторового визначення топології залізничної мережі, що об'єднує декілька залізничних МТК, запропоновано розбити залізничну мережу на транспортні коридори $r = \overline{1, m}$, які, в свою чергу, поділяються на елементи $j = \overline{1, k}$: лінії – окремі частини коридору, що характеризуються однаковими експлуатаційними умовами; технічні станції, що обмежують дані лінії. Враховуючи взаємопов'язаність транспортних коридорів в єдиній мережі, запропоновано здійснити наскрізну нумерацію елементів мережі МТК. Згідно до цього кожному транспортному коридору відповідає визначений набір номерів елементів (ліній та станцій), що входять до нього.

Для виявлення системного ефекту в магістерській роботі запропоновано критерій якості управління розвитком мережі МТК, який в неявному вигляді можна записати:

$$F = \int_0^{t_{\text{план}}} F(L(t), U(t)) dt \Rightarrow \min, \quad (2.1)$$

де F – витрати за період планування, грн; $t_{\text{план}}$ – період планування, роки; $L(t)$ – стан системи, грн; $U(t)$ – вектор управління процесом розвитку інтегрованості МТК.

До управляючих змінних $U(t) = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ системи $S(t)$ можна віднести варіанти розвитку інтегрованості МТК, що дозволять, в свою чергу, посилити транспортну потужність мережі коридорів. До таких заходів запропоновано віднести наступні: u_1 – побудова додаткової колії шириною 1520 мм (INF₁); u_2 – побудова додаткової колії шириною 1435 мм (INF₂); u_3 – електрифікація (ENE); u_4 – закупівля рухомого складу з розсувними колісними парами (WAG); u_5 – подовження тягових пліч локомотивів в умовах жорсткого графіку руху поїздів (OPE₁); u_6 – поповнення локомотивного парку (LOC); u_7 – оснащення лінії пристроями ETCS рівня 1 (CCS₁); u_8 – оснащення лінії пристроями ETCS рівня 2 (CCS₂); u_9 – оснащення лінії пристроями ETCS рівня 3 (CCS₃); u_{10} – подовження колій на технічній станції (INF₃); u_{11} – заходи спрощення митних операцій (електронне декларування вантажів, OPE₂).

Для обліку тенденції впровадження прийнятого заходу від реалізації до відмови використання в роботі запропоновано враховувати його функціонування за період життєвого циклу (англ., Life Cycle, LC). Для спрощення розрахунків життєвий цикл запропоновано представити стадіями: впровадження, зрілості (насичення) та завершення використання.

Таким чином, вектор управління системою $S(t)$ характеризується послідовністю точок $U(0), U(1), \dots, U(t_{план})$ в просторі управляючих змінних u_1, u_2, \dots, u_n . Тоді фазовими параметрами l_p ($p = \overline{1,5}$), які змінюються при зміні управляючих змінних є:

l_1 – інтервал між поїздами, I , год;

l_2 – довжина приймально-відправних колій на станціях $l_{не}$, км;

l_3 – погонне навантаження вагонів на колію p , т/пог.м;

l_4 – швидкість на розрахунковому підйомі V_p^e , км/год;

l_5 – коефіцієнт потреби локомотивів на пару поїздів k_n .

Враховуючи, що не всі управляючі заходи здійснюються одночасно (деякі компоненти вектору $U(t)$ можуть дорівнювати нулю), стан системи $L(t)$ в кожний момент характеризується p фазовими координатами

$$L(t) = (l_1(t), l_2(t), \dots, l_p(t)), \quad (2.2)$$

де $l_p(t)$ - значення p -го фазового параметра (тобто параметра, змінного при здійсненні i -го способу розвитку інтеперабельності). За таких умов послідовність $L(1), L(2), \dots, L(t_{план})$ станів системи в моменти $t = 0, 1, \dots, t_{план}$ є фазовою траєкторією руху системи.

Як наслідок, вихідними параметрами системи є маршрутна швидкість руху поїзда на МТК, час простою поїздів на станціях, пропускна та провізна спроможності транспортних коридорів тощо.

Згідно вище наведеного, враховуючи дискретний характер заходів стратегічного розвитку інтеперабельності транспортних коридорів, постає оптимізаційна задача розвитку інтеперабельності мережі МТК з цільовою функцією

$$F = \sum_{r=1}^m \left[\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n K_{ij}^r(l_{ji}) \cdot \alpha_{t_i} + \sum_{i=1}^n M_i^r \cdot \alpha_{t_i} + \sum_{i=1}^n \sum_{t=t_{i-1}+1}^{t_i} E_i^r(l_{ji}, \Gamma_{ni}^r(N_{nj}^r, P_{nj}^r), t) \cdot \alpha_{t_i} \right] \rightarrow \min, \quad (2.3)$$

та обмеженнями

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^k N_{nj}^r(t) = N_n^r(t), r = 1, \dots, m; \end{array} \right. \quad (2.4)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^k P_{nj}^r(t) = P_n^r(t), r = 1, \dots, m; \end{array} \right. \quad (2.5)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{r=1}^m N_{nj}^r(t) \leq N_{nj}^{\max}(t); \end{array} \right. \quad (2.6)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{r=1}^m P_{nj}^r(t) \leq P_{nj}^{\max}(t); \end{array} \right. \quad (2.7)$$

де r – порядковий номер залізничного коридору, $r = \overline{1, m}$; j – порядковий номер елемента транспортного коридору, $j = \overline{1, k}$; i – порядковий номер етапу розвитку (модернізації) елементів транспортного коридору, $i = \overline{1, n}$; l_{ij} – вектор значень всіх параметрів, що визначає стан елемента j транспортного коридору при впровадженні заходу i ; $\Gamma_{nj}^r(N_{nj}^r, P_{nj}^r)$ – провізна спроможність транспортного коридору r при впровадженні i -го заходу, що залежить від структури поїздопотоків на обмежуючому елементі j , млн. t нетто за рік; $N_{nj}^r(t)$, $P_{nj}^r(t)$ – величина відповідно поїздопотоків вантажних та пасажирських поїздів транспортного коридору r , що спрямована на елемент j в поточному році t , поїздів на рік.; $N_n^r(t)$, $P_n^r(t)$ – величина загального поїздопотоків відповідно вантажних та пасажирських поїздів транспортного коридору r в поточному році t , поїздів на рік; $N_{nj}^{\max}(t)$, $P_{nj}^{\max}(t)$ – наявна результативна

пропускна спроможність елементу j в поточному році t , що виділена відповідно для вантажних та пасажирських поїздів, поїздів на рік; K_i^r – одноразові капітальні вкладення при i -му заході для коридору r , які знаходяться в певній залежності від значень параметрів, що характеризують стан лінії, грн.; α_{t_i} – коефіцієнт дисконтування в момент впровадження заходу t_i ; t_{i-1}, t_i – моменти відповідно початку і закінчення життєвого циклу i -го заходу посилення пропускної і провізної спроможностей залізничного коридору. Значення строків експлуатації коридорів на кожному з етапів повинні задовольняти умові $t_{i-1} \leq t_i \leq t_{i+1}$, рік; M_i^r – вартість маси вантажу на колесах, що одночасно знаходиться на коридорі r , грн.; E_i^r – річні перевізні витрати, що знаходяться в залежності від значень параметрів, які характеризують технічне оснащення та величини вантажопотоку, що направляється на коридор r , грн.

Виходячи із умов обчислювальної складності (велика розмірність мережі, комбінованість заходів розвитку інтегрованості), в роботі для рішення поставленої задачі (2.3-2.7) запропоновано використати метод еволюційного моделювання на базі генетичного алгоритму (ГА) з перестановочним кодуванням. В основі функціонування ГА закладено принцип моделювання еволюції на рівні геномів, які подаються у вигляді генетичних структур – хромосом H_q , $q = 1, N$, що являють собою генну комбінацію, де гени h моделюють послідовність та індекси заходів щодо розвитку інтегрованості всієї мережі МТК

$$H_q = \left\{ \underbrace{h_1, h_2}_{1}, \underbrace{h_3, h_4}_{2}, \underbrace{h_5, h_6, h_7}_{3}, \underbrace{h_8, h_9, h_{10}, h_{11}}_{4}, \underbrace{h_{12}, h_{13}, h_{14}}_{j}, \underbrace{h_{15}, h_{16}, h_{17}, h_{18}, h_{19}, h_{20}}_{9}, \underbrace{h_{21}, h_{22}, h_{23}, h_{24}}_{k} \right\}, \quad (2.8)$$

де l – індекс гену h , який відповідає нумерації генів в хромосомі, $l = \overline{1, L}$; h – ген, ціле число, в якому закодовано номер елемента та відповідний індекс за-

ходу розвитку його інтероперабельності за виразом $h_l = \{j \ i\}$, де i – номер заходу розвитку інтероперабельності на заданому j -тому елементі (лінія або станція), $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, k}$.

Таким чином, сформована модель дозволяє визначити раціональну послідовність впровадження заходів для підвищення рівня інтероперабельності мережі МТК. На рисунку 2.2 наведено діаграму етапного освоєння планових обсягів перевезень на паралельних маршрутах транспортних коридорів (а) та схему мережі МТК (б). Як логічне продовження цієї задачі постає завдання формування автоматизованої технології управління вантажопотоками на тактичному рівні.

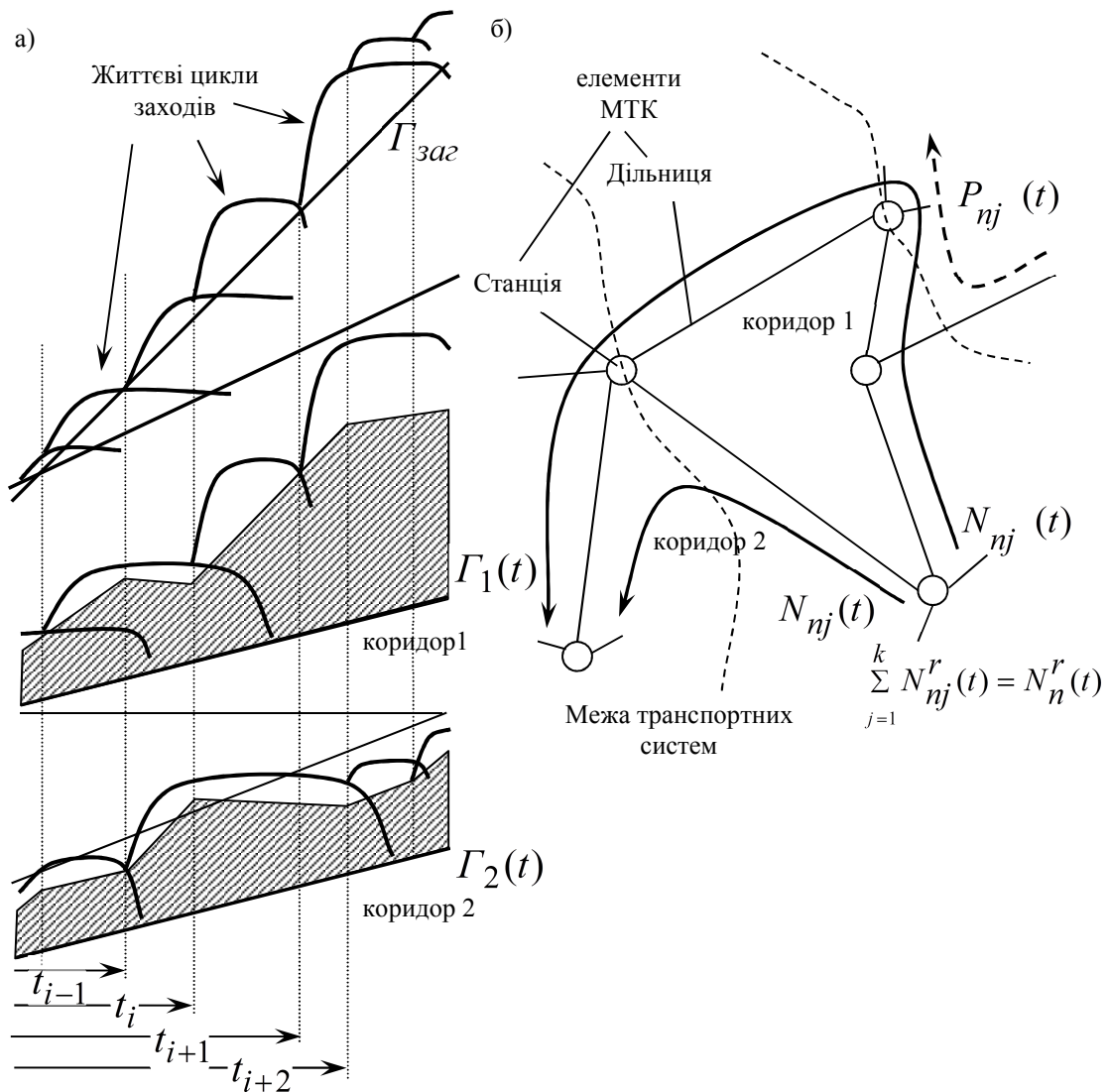


Рис. 2.2. Діаграма етапного освоєння планових обсягів перевезень на паралельних маршрутах транспортних коридорів (а) та схема мережі МТК (б)

2.3. Висновки за розділом 2

1. Виконання принципів інтероперабельності при організації міжнародних перевезень значно підвищить їх ефективність, прискорить інтеграцію транспортної системи України до Європейського простору та сприятиме підвищенню рівня економічної привабливості та конкурентоздатності залізничного транспорту.

2. Для ефективного застосування принципів інтероперабельності при удосконаленні організації перевезень в міжнародному сполученні необхідно переглянути правовідносини, тарифну політику та сприяти розвитку мультимодального, інтермодального та комбінованого транспорту в Україні.

2. Для реалізації розвитку інтероперабельності мережі МТК, сформовано множину можливих заходів, що представляють наступні варіанти розвитку транспортного коридору: побудова додаткової колії шириною 1520 мм; побудова додаткової колії шириною 1435 мм; електрифікація; закупівля рухомого складу з розсувними колісними парами; подовження тягових пліч локомотивів в умовах жорсткого графіку руху поїздів; поповнення локомотивного парку; оснащення лінії пристроями ETCS рівня 1; оснащення лінії пристроями ETCS рівня 2; оснащення лінії пристроями ETCS рівня 3; подовження колій на технічній станції; заходи спрощення митних операцій (електронне декларування вантажів).

3. Сформовано математичну модель на основі апарату генетичного алгоритму з перестановочним кодуванням, який адаптований до умов функціонування МТК, та дозволяє на основі еволюційного моделювання знаходити оптимальну стратегію розвитку інтероперабельності всієї мережі МТК.

3. УПРАВЛІННЯ ВАГОНОПОТОКАМИ У МЕЖАХ МІЖНАРОДНИХ ТРАНСПОРТНИХ КОРИДОРІВ

3.1. Технологія роботи прикордонних передавальних станцій

Створення транспортних коридорів та входження їх до міжнародної транспортної системи визначено пріоритетним напрямком розвитку транспортної інфраструктури.

Але існують перешкоди для ефективного транзитного просування поїздів. В першу чергу це відноситься до невідповідності показників транзитних перевезень в Україні міжнародним вимогам відносно швидкості, цілісності вантажів, неперервності, тарифів і цін на послуги.

Це відбувається здебільшого через низькі темпи розвитку внутрішньо-державної системи транзитних перевезень, недостатній розвиток мережі шляхів прямування, віднесених до міжнародних транспортних коридорів, низькі швидкості просування транзитних поїздів та значні затримки міжнародних составів на прикордонних передавальних станціях у процесі реалізації технології передавання составів за кордон. Це призводить до збільшення термінів доставки вантажів.

Ефективність організації міжнародних перевезень вантажів значно залежить від злагодженої організації роботи прикордонної передавальної станції (ППС).

В умовах становлення України як самостійної держави зусилля підприємств транспортної галузі повинні бути зосереджені на повному та якісному задоволенні потреб споживачів у перевезеннях. Для цього, згідно з „Концепцією розвитку транспортно-дорожнього комплексу України на середньостроковий період та до 2020 року”, необхідно завершити реформування транспортного сектору економіки шляхом створення умов для доступу до інфраструктури залізничного транспорту компаній-операторів незалежно від форми власності. Важлива роль у формуванні ринку транспортних послуг належить маркетинговим структурам, системам ліцензування та сертифікації, які

мають забезпечити допуск на ці ринки кваліфікованих перевізників та придатних до експлуатації транспортних засобів. Одним з рішень проблеми є створення умов для якісної роботи станцій передачі вантажів через державний кордон.

Технологія роботи передавальних станцій має враховувати ці особливості транспортних послуг. Передавальна станція є одним із підрозділів, які створюють умови обслуговування вантажовласників залізницею.

В процесі формування залізничної мережі нових суверенних держав окремі прикордонні переходи виявилися розташованими на перегонах між станціями. Орієнтуючись на таку ситуацію та з метою встановлення, в першу чергу, точних взаєморозрахунків, організація обліку передачі вагонів та контейнерів повинна враховувати технологію митного та інших видів державного контролю. Із введенням передавальних операцій, запровадженням контрольних функцій знижується переробна спроможність станцій і одночасно зростають вимоги до їх технічного оснащення.

Завдання практичного використання викладених нижче технологічних рішень – забезпечити відповідність вимог контролю технічному оснащенню станцій, що дозволяє освоїти реальні розміри передачі поїздів і вантажів через прикордонні переходи. Ці рішення виходять із наявності на прикордонному напрямку пари взаємодіючих станцій:

- міждержавної передавальної, на якій здійснюються (роздільно або разом із представниками сусідньої адміністрації) операції з передачі поїздів;
- прикордонної, яка обмежує перегін перед державним кордоном.

За згодою сторін передача поїздів, вагонів та контейнерів в обох напрямках може здійснюватися:

- на станції однієї сторони спільно з представниками суміжної залізниці;
- на декількох станціях, які утворюють прикордонну передавальну зону – у разі недостатнього технічного оснащення та великих обсягів роботи;

- одна передавальна станція працює на два і більше прикордонних переходи.

Зазначені форми роботи станції з міждержавної передачі вагонів і вантажів визначаються відповідно до основних завдань передавальних станцій, серед яких:

- забезпечення безпеки руху поїздів;
- освоєння погоджених розмірів руху поїздів;
- виконання операцій приймання, відправлення, розформування та формування поїздів, перевантаження вантажу, технічного обслуговування та комерційного огляду (ТО та КО) поїздів та вагонів;
- здійснення прикордонного, митного, карантинного, фітосанітарного, екологічного, ветеринарного, санітарно-епідеміологічного контролю.

Технологія взаємодії залізниць суміжних держав передбачає виконання операцій, обов'язкових для міждержавних передавальних станцій:

- митний контроль перевізних документів, наявності ліцензій і дозволу на право ввезення та вивезення вантажу, вибіркова перевірка вантажів у поїздах;
- прикордонний контроль поїздів; -
фітосанітарний, екологічний, карантинно-епідеміологічний контроль;
- технічний контроль справності вагонів;
- перевірка кількості та номерів перевізних засобів, що передаються;
- огляд комерційного стану вагонів (цілісність пломб, запірнопломбувальних пристроїв (ЗПП), правильність навантаження та кріплення вантажу тощо);
- засвідчення конторою передач факту передачі поїздів, вагонів та контейнерів;
- здійснення транспортно-експедиційною конторою (Прикордон ТЕК) контролю за пропуском транзитних вантажів;
- облік станційним технологічним центром (СТЦ) переходу поїздів, вагонів та контейнерів.

На прикордонному переході операції передачі вагонів та контейнерів у технічному, комерційному, митному відношеннях та оформлення документів, як правило, мають здійснюватися в роздільному режимі роботи бригад суміжних держав (приймання й передача окремо на кожній із сторін). Передача вантажів об'єднаними бригадами суміжних держав на передавальній станції однієї із сторін може запроваджуватися з урахуванням особливостей роботи цієї станції.

Передача вагонів, контейнерів та знімного вагонного устаткування оформляється поїзною передатною відомістю (ППВ), що складається російською мовою стороною, яка здає. Кількість примірників ППВ визначається, виходячи з місцевих умов. На прикордонних переходах з третіми країнами на всі вантажні поїзди залізництва, яка здає поїзд, складає комплект передаточних документів, до якого входять:

- вагонна відомість (ф.ИНУ-1) чи телеграма
- натурний лист
- вагонна відомість (СТНЛ);
- попередня або вхідна, початкова передатна відомість ППВ на відправки (ф.ИНУ-3);
- передатна відомість на великотоннажні контейнери (ф.ИНУ-98).

Комплект перевізних документів перевіряється співставленням його даних з результатами натурального списування. До комплекту додаються супроводжуючі документи. Приймання та здавання поїздів провадиться агентами обох сторін:

- колією 1520 мм - на прикордонній станції інозалізниці;
- колією 1435 мм - на прикордонній станції Укрзалізниці.

При виконанні операцій здавання та приймання поїздів окремо на передавальних станціях суміжних держав ППВ, складена на залізниці, яка здає пересилається на передавальну станцію приймаючої залізниці. Поїзні передатні відомості повинні мати послідовну нумерацію з початку календарного року. Час пред'явлення вагонів до передачі та час закінчення ТО, КО, митно-

го та інших видів контролю засвідчується підписами і календарними штампами в ППВ, які проставляються агентами обох сторін. Вагони вважаються прийнятими з моменту підписання ППВ (натурних листів) представниками приймаючої сторони.

На прикордонних станціях із Словаччиною, Угорщиною, Польщею в передаточних документах ставляться підписи та календарні штампелі обох сторін з середньоєвропейським часом, на румунському переході – з київським часом.

Штемпель сторони, яка здає, містить також дату вручення документів агентам приймаючої сторони. Штемпель приймаючої сторони ставиться після приймання поїзда (вагонів, вантажів, контейнерів). На прикордонних станціях з третіми країнами вагони вважаються прийнятими після підписання вагонної відомості представниками приймаючої сторони. Момент перетину кордону є часом оперативної звітності.

Вагони та контейнери з комерційними або технічними несправностями (крім порожніх, які перевозяться у ремонт), якщо несправності не можна усунути без відчеплення, повинні бути відчеплені від поїзда стороною, яка здає. У разі несправності контейнера відчепленню підлягає вагон.

При роздільному виконанні операцій передавання поїздів ППВ у разі необхідності корегується приймаючою стороною, повні дані про неприйом передаються сусідній стороні. Неприйняті вагони та контейнери виключаються із взаєморозрахунків і повертаються у погоджений термін. Усунення несправностей може за узгодженням здійснюватися приймаючою стороною за рахунок залізниці, яка здає.

Суперечки розглядаються спільно, при цьому пріоритет має позиція приймаючої сторони. З прикордонної стикової станції на передавальну станцію повідомляється час перетинання поїздом державного кордону. Цей час визначається графіком руху, який веде поїзний диспетчер, вважається часом проходження поїздом стикової станції, фіксується в ППВ (СТНЛ) і використовується в розрахунках за користування вагонами та контейнерами.

Існуючі межі дільниць обертання локомотивів на прикордонних переходах можуть бути збережені в разі, якщо:

- передавальна станція є станцією зміни локомотивів або бригад;
- передавальна станція розташована всередині дільниці, і додаткові простої поїздів не викликають порушення тривалості роботи локомотивних бригад.

Порядок розрахунків за роботу локомотивів та бригад на суміжній території визначається угодою сторін.

У разі проведення повного прикордонного та митного контролю, а також при неможливості збереження меж дільниць обертання локомотивів, їх зміна повинна бути організована на передавальній станції.

Якщо при цьому утворюються короткі (до 70 км) дільниці обертання локомотивів, роботу локомотивних бригад на них доцільно організувати за принципом вивізного руху при 12-годинних змінах.

Специфіка функціонування сучасних ППС полягає в тому, що більшість із них було створено на базі сортувальних або дільничних станцій, найбільш близьких до кордонів. До набуття станціями статусу прикордонних обробка поїзних документів та передача інформації проходила паралельно із технічним та комерційним оглядом і не перевищувала норм часу на виконання технічних операцій. Але, після появи відповідних додаткових контролюючих служб, на ППС при обробці вантажопотоку у міждержавному сполученні багато часу займає саме оформлення вантажів та передача поїзної інформації між державами, що тягне за собою збільшення простоїв вагонів. Для виконання комплексу митних прикордонних та інших операцій технічне оснащення і технологія роботи ППС потребує кардинальних змін.

Основні причини затримок вагонів, що є найбільш поширеними та характерними для всіх ППС ДН-2 (рис. 3.1):

- митний огляд;
- митне оформлення;
- відсутність електронного повідомлення митниці відправлення;

- технічна або комерційна несправність вагона;
- розбіжність інформації у товаротранспортній накладній (ТТН) і вантажній митній декларації (ВМД);
- затримання суміжними службами (прикордонною, фітосанітарною, ветеринарною або санітарно-карантинною);
- затримання службою екологічного та радіаційного контролю;
- неправильно оформлені документи;
- закриття або відсутність коду експедитора;
- порушення маршруту прямування
- відсутність інформації в центральній базі даних;
- відсутність рахунку-фактури.



Рис. 3.1. Аналіз причини затримок вагонів на прикордонних станціях [30]

При виконанні операцій, що здійснюються на прикордонних передавальних станціях, можливі затримки вагонів з таких причин [30]:

- збільшення тривалості митних та прикордонних операцій;
- неякісне оформлення перевізних документів;
- технічні та комерційні несправності вагонів;

- відчеплення вагонів, затриманих прикордонними, митними, санітарно-карантинними, ветеринарними та іншими органами;
- тимчасове закриття кордону;
- непрофесійність роботи прикордонних та митних служб.

Кожна затримка вагонів на ППС призводить до збільшення витрат ресурсів всіх видів. Більшість із них пов'язана з витратами часу, інші слід віднести до паливно-енергетичних, виробничих, людських, інформаційних та, передусім, матеріальних ресурсів.

Оснащення передавальних станцій повинно забезпечити [29]:

- погодження сторонами розмірів руху;
- операцій з приймання, відправлення, розформування та формування поїздів;
- операцій, пов'язаних з технічним та комерційним оглядом (ТО та КО) поїздів, прикордонним, митним, екологічним, ветеринарним та іншими видами державного контролю.

Якщо за своїм технічним оснащенням ППС не може виконати зазначені обсяги і види робіт, важливо передати частину роботи на менш завантажену сортувальну станцію суміжної сторони та удосконалити її роботу задля скорочення витрат ресурсів всіх видів та пришвидшення просування вагонопотоків міжнародного слідування.

Якщо за своїм технічним оснащенням ППС не може виконати зазначені обсяги і види робіт, важливо передати частину роботи на менш завантажену сортувальну станцію суміжної сторони та удосконалити її роботу задля скорочення витрат ресурсів всіх видів та пришвидшення просування вагонопотоків міжнародного слідування.

3.2. Організація вагонопотоків у межах міжнародних транспортних коридорів

В основі організації руху поїздів на вітчизняних залізницях лежать такі найважливіші принципи:

- організація вагонопотоків у спеціалізовані поїзди;
- розроблення на плановий період графіка руху поїздів;
- організація роботи станцій;
- технічне нормування експлуатаційної роботи;
- оперативне планування експлуатаційної роботи;
- диспетчерське управління і контроль виконання завдань з перевезень.

В сучасних умовах реалізація цих принципів спрямована на підвищення конкурентоздатності Українських залізниць на транспортному ринку перш за все за рахунок прискорення перевезень вантажів. Ефекту в прискоренні перевезень може бути досягнуто за рахунок зміни технології практично безподаткових капіталовкладень.

Головні принципи удосконалення експлуатаційної роботи:

- пріоритетність прискорення транспортних перевезень;
- формування і пропускання маршрутних поїздів у межах міжнародних транспортних коридорів;
- впровадження зручного плану формування поїздів;
- підвищення ролі стабільного графіка руху вантажних поїздів.

Система експлуатації залізниць України базується на плановій організації роботи. В її основі – єдині для всієї мережі взаємопов'язані плани перевезень, план формування, графік руху поїздів і технічний план. Правила експлуатації, пономерного обліку та розрахунків за користування вантажними вагонами, які є власністю інших держав, побудовані на принципах, запропонованих Укрзалізницею: вільний оборот справних вагонів на залізницях СНД та Балтії на основі узгодженої технології організації перевізного процесу та самостійність взаєморозрахунків.

У графіку руху поїздів закладаються розміри руху вантажних поїздів, які повністю забезпечують пропускання очікуваного вагонопотоку. Розрахункова дільнична швидкість у 2001 р. підвищена проти 2000 р. на 1 км/год, технічна – на 1,7 км/год. Обороти вантажного вагона на Українських залізницях

у 2001 р. в порівняно до 1997 р. і 1999 р. прискорено майже на 17%. Прискорення обороту вагона у 2001 р. дало змогу додатково вивільнити з робочого парку в середньому на добу близько 23 тис. вагонів.

У результаті впровадження заходів галузевої програми “Грошима робити гроші” по господарству перевезень у 2000 р. досягнуто економічного ефекту на суму 70 млн. грн., а за 10 місяців 2001 р. -370,5 млн. грн.

Організація вагонопотоків у поїзди встановлює найбільш економічні шляхи проходження вагонів і раціональну організацію маршрутних перевезень. Вона ґрунтується на розробленні взаємно ув’язаних планів формування поїздів усіх видів на сортувальних, дільничних і великих вантажних станціях при високих показниках надійності їхньої роботи з пропуску і переробки поїздопотоків. Система організації і просування навантажених і порожніх вагонопотоків у пункти призначення визначається планом формування поїздів.

Поїздом називається сформований і зчеплений склад вагонів з одним або декількома діючими локомотивами або моторними вагонами, що має встановлені сигнали. Локомотиви, що відправляються на перегін без вагонів, моторні вагони, автомотриси і дрезини не знімного типу розглядаються як поїзди.

План формування вантажних поїздів установлює, які поїзди, з яких вагонів і на які призначення, тобто на які станції вивантаження або станції розформування (розпилення), повинна формувати кожна станція залізничної мережі, а також, які поїзди вона повинна розформувати і які пропустити без переробки. Розроблюваний на основі плану перевезень план формування встановлює кореспонденцію вагонопотоків між районами навантаження і вивантаження. Дані про цю кореспонденцію зводяться в косі таблиці, або, як їх ще називають, “шахматки”. Вони наочно показують число вагонів, що проходять через станцію.

При формуванні поїзда підбираються вагони, що прямують до однієї станції призначення або розформування. При цьому прагнуть включати якомога більшу кількість вагонів у маршрути, щоб поїзди прямували на великі

відстані без переробки (переформування) на попутних станціях. Сортувальна робота між станціями повинна розподілятися з урахуванням їх завантаження і рівня технічного розвитку.

План формування класифікує вантажні поїзди:

– за умовами формування: маршрути, організовані з місць навантаження, у тому числі; відправницькі – з вагонів, завантажених одним відправником вантажу на одній станції; ступеневі – з вагонів, завантажених декількома відправниками вантажу на одній станції або на декількох станціях однієї або двох ділянок (з обов'язковим звільненням не менш як однієї станції від переробки вагонів, яка передбачена планом формування вантажних поїздів); поїзди, які формуються на сортувальних, дільничних і вантажних (без участі відправників вантажів) станціях;

– за умовами прямування до станції призначення: наскрізні – проходять без переробки одну або кілька дільничних або сортувальних станцій, дільничні – прямують без переформування по одній ділянці; збірні – для розвозу і збору вагонів по проміжних станціях ділянки. Різновидами збірних поїздів є: зонні – з роботою на частині проміжних станціях однієї ділянки; подовжені – з роботою на проміжних станціях двох суміжних ділянок; збірно-дільничні – прямують по декількох ділянках з роботою на проміжних станціях одних ділянок і транзитом проходять інші ділянки; вивізні – прямують із сортувальної або дільничної станції до окремих проміжних станцій прилеглої ділянки і назад; передатні – обертаються між станціями, що входять в один вузол, і обслуговуються парком спеціальних передатних локомотивів;

– за дальністю проходження і швидкістю руху: швидкі, прискорені, молочні, овочеві тощо;

– за станом вагонів, що включаються, у поїзд: навантажені, порожні, комбіновані складаються – з навантажених і порожніх вагонів;

– за кількістю груп вагонів у складі поїзда: одногрупні – на одну станцію призначення (вивантаження або розформування); згруповані – із двох або більше підібраних груп вагонів на різні станції призначення.

У цілому план формування повинен забезпечувати найменший загальний простій вагонів як під навантаженням, так і при їхній переробці, а також мінімальні експлуатаційні витрати. Вибір оптимального плану формування поїздів у масштабі мережі здійснюють за допомогою ЕОМ. Порядок розроблення плану формування регламентується Інструктивними вказівками з організації вагонопотоків на залізницях.

За старшинством поїзди поділяються на позачергові і чергові. До позачергових належать: пожежні і відбудовні поїзди, снігоочисники, одиночні локомотиви, автотриси і дрезини не знімного типу, що призначаються для відновлення нормального руху і гасіння пожежі. Чергові поїзди: пасажирські швидкі, пасажирські всіх інших найменувань, поштово-багажні, військові, вантажопасажирські, прискорені вантажні, вантажні, господарські поїзди і локомотиви без вагонів. Господарськими називаються поїзди, що обслуговують власні потреби залізниці (перевезення баласту, рейок, шпал тощо).

Кожному поїзду залежно від його категорії на станціях формування привласнюють номер: швидким – 1-150; швидкісним – 151-170; пасажирським далеким – 171-599; приміським – 6001-6999; вантажним: наскрізним – 2001-2998, дільничним – 3001-3398, збірним – 3401-3448; вивізним – 3501-3598; передатним – 3601-3798.

Норми маси і довжини поїздів встановлюються у плані формування і графіку руху поїздів. Необхідне гальмове натиснення в поїзді залежить від швидкості руху і керованого спуску і розраховується за нормами, встановленими Укрзалізницею.

Вантажний поїзд обслуговує локомотивна бригада.

На кожну поїздку заповнюють маршрут машиніста, що є одним з основних поїзних документів на дільниці роботи локомотивних бригад.

Через складність взаємозв'язків усіх підрозділів залізничного транспорту між собою практично неможливо оцінити простої в очікуванні здачі поїздів у інші країни. Тому необхідно розглянути математичну модель просування міжнародних вагонопотоків по мережі залізниць України, структура

якої включає цільову функцію – питомі експлуатаційні витрати на один вагон упродовж всього логістичного ланцюга та систему обмежень, яка визначає технічні, технологічні та нормативні умови [30].

$$C_I(m) = \sum_{i=1}^7 C_i(m) \rightarrow \min, \quad (3.1)$$

де C_1 - питомі витрати, що припадають на формування поїзда міжнародного сполучення, грн;

C_2 - питомі витрати, що припадають на просування поїзда міжнародного сполучення від станції формування до сортувальної станції, грн;

C_3 - питомі витрати, пов'язані з простоем поїзда під технічними операціями на сортувальній станції, грн;

C_4 - питомі витрати, пов'язані з простоем поїзда під очікуванням нитки ГР, грн;

C_5 - питомі витрати, пов'язані зі слідуванням поїзда з сортувальної станції на прикордонну передавальну станцію, грн;

C_6 - питомі витрати, що пов'язані з простоем поїзда на ППС, грн;

C_7 - питомі витрати на просування поїзда від ППС до прикордонної станції суміжної держави.

Таким чином, в результаті виключення одного із елементів цільової функції, а саме питомі витрати, що припадають на очікування нитки графіка руху міжнародним поїздом, сукупні питомі витрати можуть зменшитися як для транзитних, так і для міжнародних поїздів.

Також очевидно, що на величину кожної складової C_i впливає значна кількість незалежних параметрів, які важко адекватно визначити стандартними математичними методами, тому в такій постановці задачу визначення мінімальних експлуатаційних витрат при забезпеченні стійкого просування

поїзда міжнародного сполучення доцільно віднести до слабкоструктурованих і вирішувати відповідними методами.

В умовах підходу до станцій одночасно можуть знаходитись декілька поїздів, причому вибір пріоритетного пропуску залежить від декількох факторів, які безпосередньо впливають на умови пропуску.

Для формалізації процедури планування роботи вихідні дані подамо у вигляді матриць: X – вектор-матриця, яка містить інформацію про порядок пропуску поїзда; N – матриця, яка містить повну інформацію про поїзд: номер поїзда, його тип та час очікування до відведеної нитки графіка даному поїзду; Q – матриця, яка містить інформацію про витрати на простій поїздів: тип поїзда, час простою на станціях під обробкою та витрати на простій.

Цільову функцію моделі у явному вигляді можна подати як

$$C_I(m) = \sum_{i=2}^k \left(Q_{N_{x_i,2,3}} \cdot Q_{N_{x_{i-1},2,2}} \right) \Rightarrow \min, \quad (3.2)$$

де k - кількість поїздів, які знаходяться на підході до станцій;

i - параметр циклу.

Обмеження, які пов'язані із часом очікування нитки графіка (3),

$$\sum_{i=1}^n Q_{N_{x_i,2,2}} \leq N_{n,3}, \text{ де } n = 1 \dots k. \quad (3.3)$$

3.3. Модель оперативного управління вагонопотоками у межах міжнародних транспортних коридорів

Ринки транспортних послуг країн генеруються всією системою їх економічних відносин і видів господарської діяльності, а також процесами товарного руху в світовій торгівлі. В зв'язку з цим рішенням Ради глав урядів Співдружності Незалежних держав в 2009 року була затверджена Програма реалізації пріоритених напрямків співробітництва на період до 2020 року,

одним з основних завдань якої є вирішення проблеми «Актуалізації «Схеми транспортних повідомлень на період до 2020 року» з урахуванням формування міжнародних транспортних систем залізничного транспорту».

Таким чином, на сьогодні для Укрзалізниці одним із основних напрямів досліджень стає вибір сучасних концепцій, заснованих на принципах інтероперабельності залізничних систем, для реалізації системного підходу удосконалення технології функціонування мережі вантажних перевезень в межах міжнародних транспортних коридорів (МТК) [31, 32].

Через територію України проходить біля десятка міжнародних залізничних напрямків, які умовно розділяють на Європейські (Критські) міжнародні транспортні коридори та коридори Організації співробітництва залізниць, які є продовженням перших на територію Росії й далі на Азіатський континент (таблиця 3.1).

Для вирішення поставленого завдання прогнозування можливості застосування нових принципів організації функціонування мережі МТК на основі інтероперабельності необхідно провести комплексне дослідження функціонування транспортної системи експортно-імпортних перевезень, для чого необхідно розробити загальну модель функціонування транспортного комплексу по обслуговуванню міжнародних перевезень.

Схема пересування вагонопотоків в міжнародних залізничних коридорах України є дуже складною багаторівневою системою, що функціонує відразу за кількома як послідовними, так й розгалуженими напрямками. Тому для прогнозування вагонопотоків в межах таких складних багаторівневих комплексів найкращим чином підходить такий математичний апарат, як інтегрована система моделювання «Мережі Петрі» [33].

Основні напрямки МТК України

Назва МТК	Напрямок МТК	Загальна довжина МТК в межах України, км
МТК №3	Берлін/Дрезден (Німеччина) – Катовіце (Польща) – Львів – Красне – Тернопіль – Жмеринка – Козятин – Фастів – Київ (всі Україна)	708
МТК №5	Трієст (Італія) – Любляна (Словенія) – Загреб (Хорватія) – Будапешт (Угорщина) – Чоп – Львів	266
МТК №9	Александруполіс (Греція) – Пловдив (Болгарія) – Бухарест (Румунія) – Кишинів (Молдова) – Кучурган – Роздільна – Жмеринка – Козятин – Фастів – Київ – Ніжин – Чернігів – Горностаївка (всі Україна) – Жлобін (Білорусь) – Вітебськ (Білорусь) Санкт-Петербург (Росія) – Гельсінкі (Фінляндія)	871
МТК №10 (умовно)	Гданськ – Варшава – Люблін (всі Польща) – Ягодин – Ковель – Здолбунів – Шепетівка – Козятин – Жмеринка – Роздільна – Одеса (всі Україна)	917
ОСЗ №3	Київ – Ніжин – Бахмач – Конотоп – Хутір-Михайлівський – Зернове (всі Україна) – Брянськ (Росія) – Москва	353
ОСЗ №5	Чоп – Львів – Жмеринка – Козятин – Фастів – Київ – Дарниця – Полтава – Харків – Куп'янськ – Тополі (всі Україна) – Валуйки – Пенза – Челябінськ – Курган (всі Росія) і далі на Казахстан та Китай	1546
ОСЗ №8 «Європа - Азія»	Фастів – Знамянка – Нижньодніпровськ-Вузол – Дебальцеве – Крайна Могила (всі Україна) – Лиха – Волгоград – Магат Бейнеу (Узбекистан) – Навої – Чарджоу (Туркменістан) і далі на Іран	991
ОСЗ «М-С»	Москва – Тула – Орел – Курськ – Белгород (всі Росія) – Козача Лопань – Харків – Лозова – Синельникове – Запоріжжя – Джанкой – Сімферополь (всі Україна)	728

Для більш чіткого уявлення функціонування системи транспортного комплексу міжнародних транспортних перевезень на рисунок 3.2 запропонована структурно-логічна схема матричного типу мережі МТК України, де Критські МТК зображено синім кольором та позначено літерою «М», а МТК ОСЗ – червоні та позначені літерою «О».

В математичному вигляді, виходячи з рисунка, територію України умовно можна уявити у вигляді $(m \times n)$ - матриці над K . Наприклад, розглянемо МТК №9, який (з урахуванням відгалуджень) є найбільш протяжним мериді-

альним ходом напрямку Північ-Південь та поєднує регіони басейнів Середземного (Адріатичне й Чорне) та Балтійського (Фінська затока) морів (рис. 3.3).

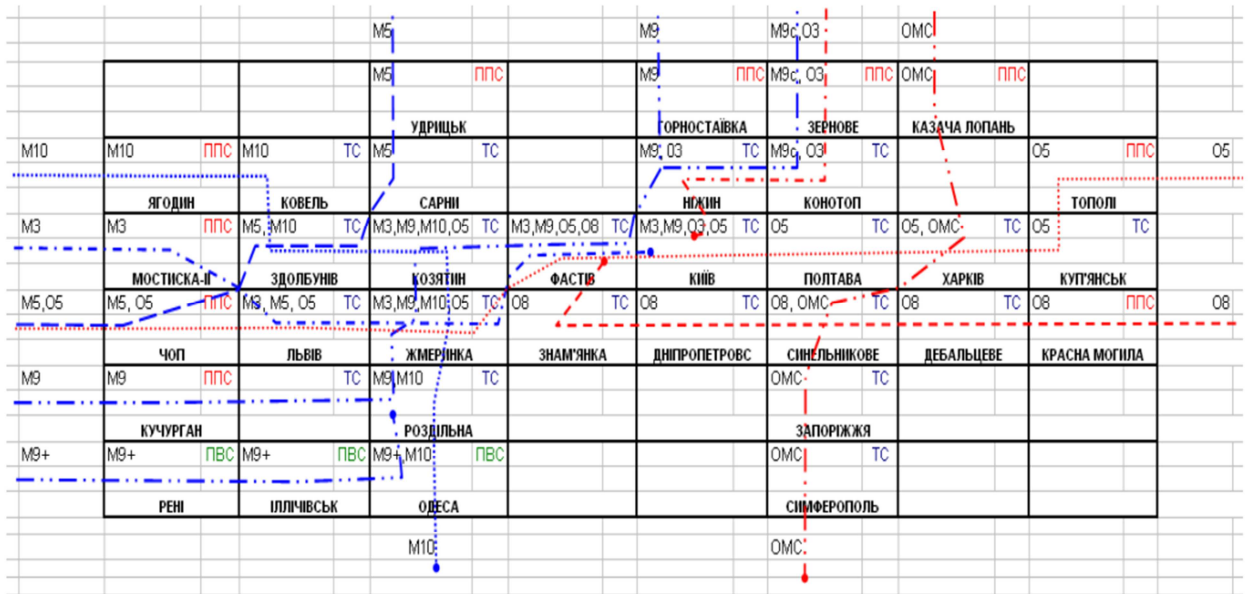


Рис. 3.2. Макрорівнева структурно-логічна схема мережі МТК

МТК №9 можна задати матрицею, де кожна заповнена ячейка описує роботу відповідної (прикордонної передавальної, припортової вантажної або технічної (сортувальної)) станції [34]

$$M_{M9} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & N_{M9} & N_{M9c} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & N_{M9} & N_{M9c} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & N_{M9} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & N_{M9} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ N_{M9} & N_{M9} & N_{M9} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ N_{M9+} & N_{M9+} & N_{M9+} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (3.4)$$

де N_{ij} - міжнародний поїздопоток, що проходить переробку на відповідній залізничній станції;

M_k - напрям міжнародного (транзитного або експортно/імпортного) поїздопоток в межах відповідного МТК.



Рис 3.3. Пан-європейський транспортний коридор №9

Аналогічно представлено всі МТК у вигляді ($\times 86$) – матриць. Для спрощення сприйняття при формалізації деякі МТК об'єднано з іншими. Таким чином, 9 напрямів МТК представлено шістьма матрицями інцидентності. В зв'язку із тим, що всі матриці адитивні, то всю мережу МТК України можна уявити як асоціативне кільце

$$M_{M3} = \|M3_{ij}\|, \quad M_{M5} = \|M5_{ij}\|, \quad M_{M9} = \|M9_{ij}\|, \quad M_{M10} = \|M10_{ij}\|, \quad M_{O8} = \|O8_{ij}\|, \\ M_{OMC} = \|OMC_{ij}\| \in M_{m,n}(K).$$

Тоді сума матриць за визначенням дорівнює

$$M = M_{M3} + M_{M5} + M_{M9} + M_{M10} + M_{O8} + M_{OMC} = \left\| M3_{ij} + M5_{ij} + M9_{ij} + M10_{ij} + O8_{ij} + OMC_{ij} \right\| \quad (3.5)$$

З урахуванням нульових елементів всіх матриць (аналогічних матриці (3.4)) виводиться матриця інцидентності (3.6), що описує модель оперативно-го управління вагонопотоками у межах МТК України.

$$M = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & N_{O3} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & N_{O3} & N_{O3} & 0 & 0 \\ N_{M3} & 0 & N_{M3} & N_{M3} & N_{M3} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & N_{M3} & N_{M3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & 0 & N_{M5+} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & N_{M5+} & 0 & 0 & 0 & 0 & N_{O5} \\ 0 & N_{M5+} & 0 & N_{O5} & N_{O5} & N_{O5} & N_{O5} & N_{O5} \\ N_{M5} & N_{M5} & N_{O5} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} +$$

$$+ \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & N_{M9} & N_{M9c} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & N_{M9} & N_{M9c} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & N_{M9} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & N_{M9} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ N_{M9} & N_{M9} & N_{M9} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ N_{M9+} & N_{M9+} & N_{M9+} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ N_{M10} & N_{M10} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & N_{M10} & N_{M10} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & N_{M10} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & N_{M10} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & N_{M10} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} +$$

$$+ \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & N_{O8} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & N_{O8} & N_{O8} & N_{O8} & N_{O8} & N_{O8} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & N_{OMC} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & N_{OMC} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & N_{OMC} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & N_{OMC} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & N_{OMC} & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (3.6)$$

На підставі макрорівневої структурно-логічної схеми та матриці інцидентності мережі міжнародних транспортних коридорів проводиться побудова макрорівневої моделі комплексу МТК України на основі мережі Петрі. Якщо ув'язати в єдину мережу всі залізничні (прикордонні передавальні, припортові та сортувальні) станції та перегони між ними, то макрорівнева модель мережі МТК отримує наступний вигляд

Запропонована модель є універсальною, в якій існує можливість оперативно змінювати не лише обсяги та інтенсивність руху міжнародного поїздо-поток, але й, при необхідності, перенаправляти рух транзитного вантажного вагонопотоку з найбільш завантажених напрямків на інші.

Слід зауважити, що у запропонованій на рисунку 3.4 макрорівневій моделі існує ряд умовностей, основна з яких полягає в тому, що кожен з наведених переходів являє собою складну вкладену модель відповідних залізничних станцій та перегонів між ними. Це дає змогу:

- описувати виробничу ситуацію при переробці міжнародного поїздового потоку на потрібних станціях або залізничних перегонах;
- відстежувати окремі поїзди у заданий час на маршруті просування територією України;
- оперативно впливати при моделюванні на зміни технологічного та технічного характеру при можливій раціоналізації процесу функціонування мережі МТК на основі принципів інтеперабельності.

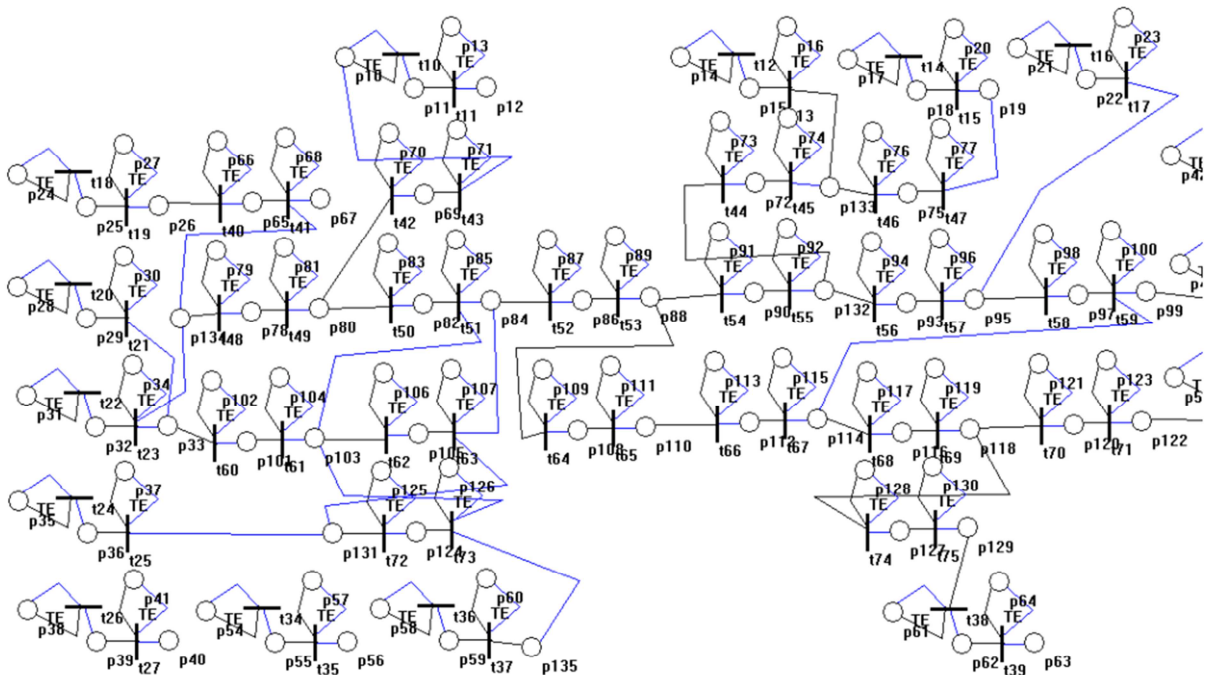


Рис. 3.4. Макрорівнева модель оперативного управління вагонопотоками у межах МТК

Модель дозволяє провести моделювання виробничої ситуації як при існуючому об'ємі міжнародного поїздового потоку, так й при можливому збільшенні обсягів транзитних перевезень. Моделюванням досягається мета по визначенню переробної спроможності комплексу МТК України за різних умов фу-

нкціонування, заснованих на принципах інтероперабельності. Крім того, з'являється можливість знаходження критичної точки насичення ситеми. При моделюванні враховується й умова завантаженості станцій та перегонів постійними операціями по переробці місцевих вантажних та пасажирських поїздів.

Графічну інтерпритацію результатів моделювання в межах МТК №9 при існуючих обсягах перевезень наведено на рисунок 3.5, в лівій частині якого приведені запропоновані принципи інтероперабельності, а в правій – вплив на динаміку зміни сумарного часу руху в МТК (у тому числі окремо час знаходження на прикордонних передавальних станціях на вході та виході з МТК (ППС-1 та ППС-2), всіх технічних станціях (ТС) та перегонах).

Аналогічно проводиться моделювання виробничої ситуації в межах МТК при збільшенні обсягів перевезень. Поетапність процесу зростання об'ємів вантажних перевезень на 50% протягом визначеного терміну дозволяє визначити не тільки вплив інтероперабельності на стан МТК, а й точку насичення ситеми. Результати поетапного моделювання (із кроком прогнозного зростання обсягів міжнародного поїздопоту (N_i) на 10%) для МТК №9 наведено в та на рисунку 3.6.

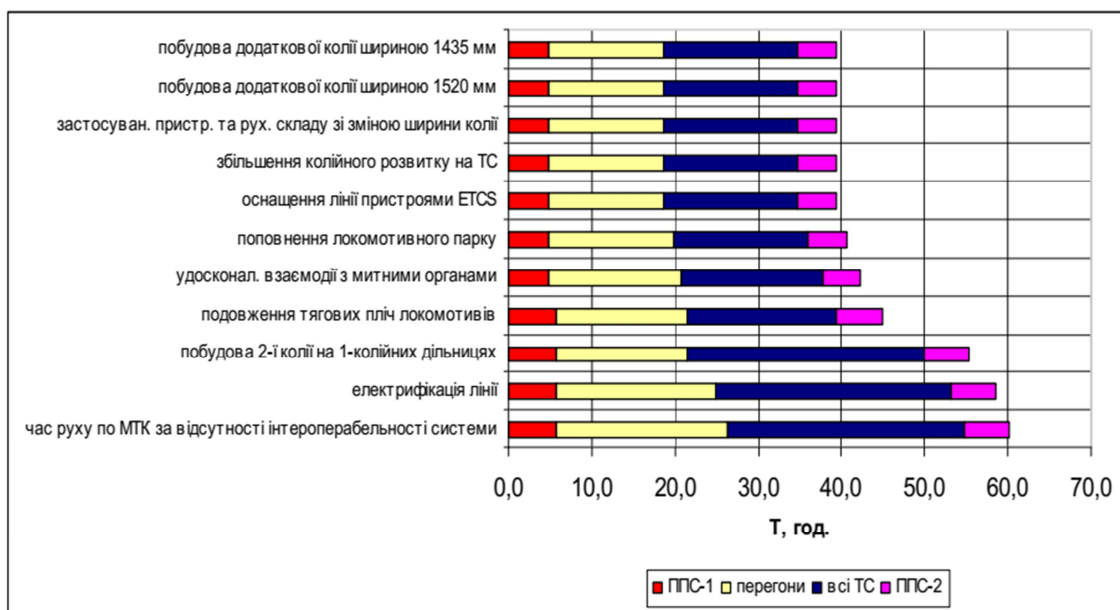


Рис. 3.5. Дослідження впливу принципів інтероперабельності на час знаходження вантажних поїздів в межах МТК №9

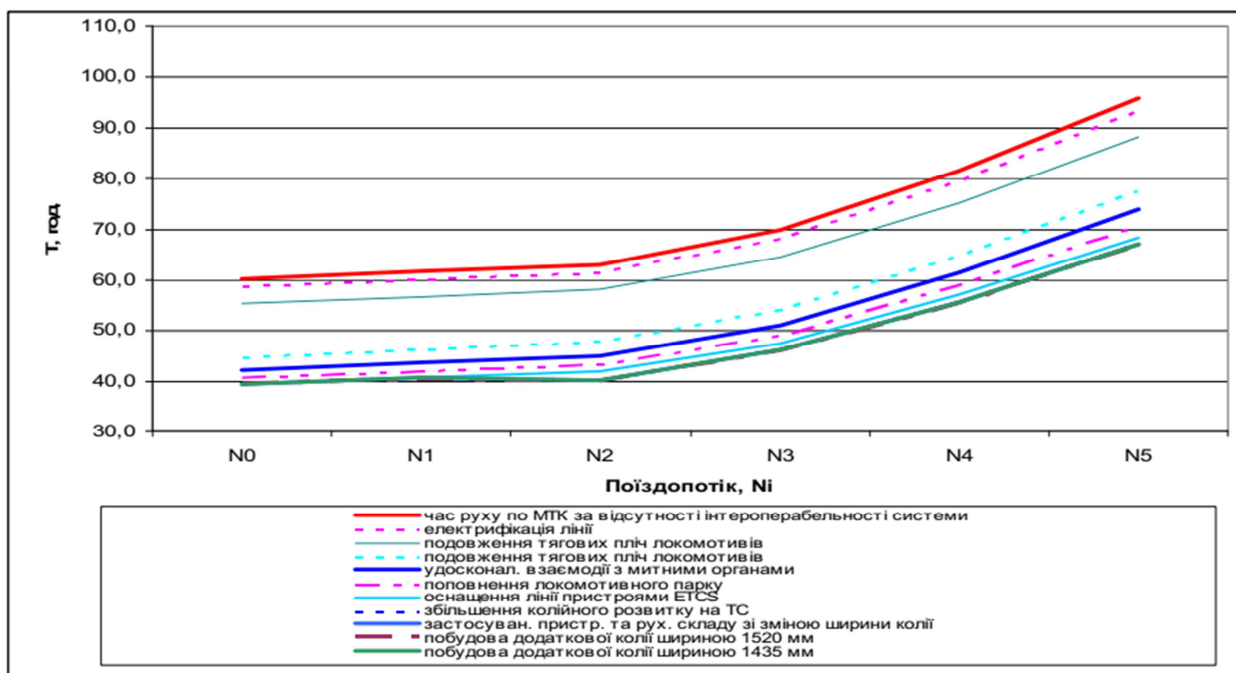


Рис. 3.6. Дослідження впливу динаміки зміни обсягів перевезень на час знаходження вантажних поїздів в межах МТК №9

Аналогічно проводиться моделювання й для інших міжнародних транспортних коридорів України. Як показали дослідження, найбільший ефект з запропонованих напрямків удосконалення функціонування МТК, проявили технологічні пропозиції: удосконалення взаємодії з митними органами (9,5%) та подовження тягових пліч локомотивів (55,4%).

Що характерно, пропозиції з технічного переоснащення парків рухомого складу, колійного розвитку станцій та перегонів дають значно менший ефект (навіть без врахування капітальних витрат), ніж напрямки удосконалення технології функціонування системи МТК. В першу чергу це стосується пропозиції по побудові додаткових колій шириною 1435 мм на території України. Це пояснюється тим, що при заходженні поїздів із шириною візків 1435 мм всередину нашої держави, всі операції по переходу з 1435 мм на 1520 мм все одно приходиться проводити в Україні, але на неоснащених технічних станціях в глибині країни. Пропозиції з електрофікації та побудови 2-колійних ділянок не отримали значної переваги за причини того, що майже

всі напрямки МТК України (крім МТК №9 та МТК №10) вже 2-коліїні та електрофіковані на 98-100 %.

Крім того, дослідження показали, що при зростанні обсягів міжнародних вантажних перевезень до 20%, час знаходження поїздів в межах всіх МТК збільшується повільно. В той же час, для всіх транспортних коридорів критичним стає зростання поїздопотоків в порівнянні з існуючим на 30%. Це в першу чергу пов'язано із тим, що значно збільшуються простої на технічних станціях, що не в змозі переробляти значні вагонопотоки. В першу чергу це стосується великих технічних станцій на напрямку Жмеринка – Козятин – Фастів – Київ (Дарниця). Також значний вплив на час руху поїздів справляє завантаженість ділянок між цими станціями.

В зв'язку із цим пропонується нова схема перерозподілу поїздопотоків МТК №9: з напрямку Одеса – Роздільна - Жмеринка – Козятин – Фастів – Дарниця – Ніжин (довжиною 837 км) на напрям Одеса – Знамянка – Полтава – Бахмач (довжиною 810 км) з перспективою електрофікації необхідних ділянок. Крім того, поїздопоток на Мінськ (Білорусь) та СПетербургу (Росія) з неелектрофікованого 1-коліїного напрямку Ніжин – Чернігів – Горностаївка (довжиною 149 км) – перерозподілити на 2-коліїний напрям Бахмач – Хоробичи (довжиною 157 км).

Як показали дослідження при перерозподілі поїздопотоків не лише зменшується час руху в межах МТК №9 (рис. 3.7), але й точка насичення системи МТК України була зсунута в напрямку N_3 , що дозволяє функціонувати системі в стаціонарному режимі навіть при 30%-му збільшенні обсягів перевезень.

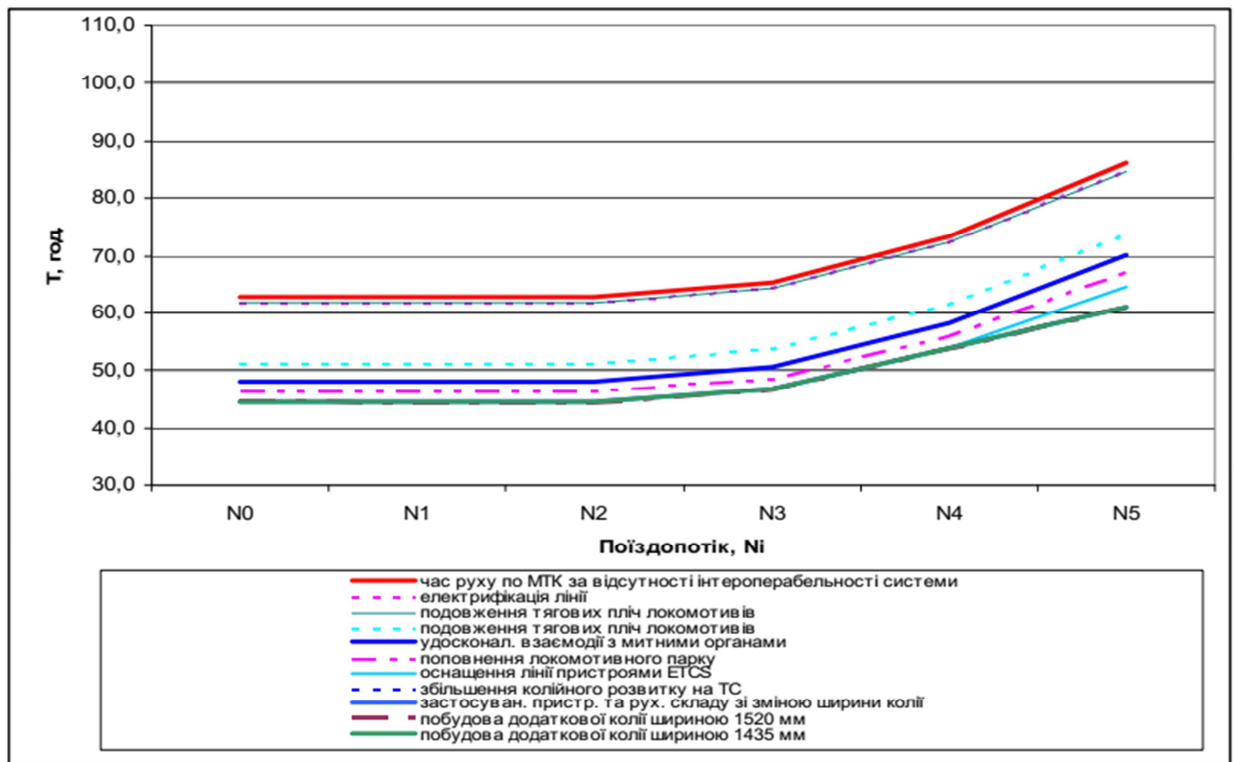


Рис. 3.7. Дослідження впливу динаміки зміни обсягів перевезень на час знаходження вантажних поїздів після перерозподілу вагонопотоків в межах МТК №9

При моделюванні виробничої ситуації в мережі МТК виявлено, що за умови незмінності напрямів міжнародних вантажних перевезень, можливість поетапного збільшення об'ємів транспортування в Україні обмежується точкою насичення системи, яка знаходиться на рівні 20%-го резерву збільшення переробної спроможності по відношенню до існуючих розмірів міжнародного поїздопотіку.

Для удосконалення організації функціонування транспортної системи України та впровадження можливості перспективного 30%-го збільшення об'ємів міжнародних вантажних перевезень, розроблено генетичний алгоритм варіації методів раціоналізації транспортного процесу та запропоновано модель перерозподілу поїздопотіків на мережі МТК, що враховує можливість розвантаження технічних станцій на найбільш напружених напрямках.

За результатами моделювання, з урахуванням перерозподілу поїздопотіків, розраховано можливі варіанти пропуску міжнародних

транспортних потоків через суміжні станції, що знаходяться поза межами МТК. Виявлено, що в умовах можливості збільшення міжнародного поїздопотоків при застосуванні всіх запропонованих вимог інтероперабельності сумарна економія часу на мережі транспортних коридорів України складатиме, зокрема, для МТК №3 32,7 год/поїзд, МТК №5 – 43,8 год/поїзд, МТК №9 - 25,7 год/поїзд, МТК №9с - 3,7 год/поїзд, МТК №10 – 45,3 год/поїзд, МТК ОСЗ №8 – 19,5 год/поїзд, що в цілому підвищує загальну ефективність функціонування мережі на 39,4% (рис. 3.8) [33, 34].

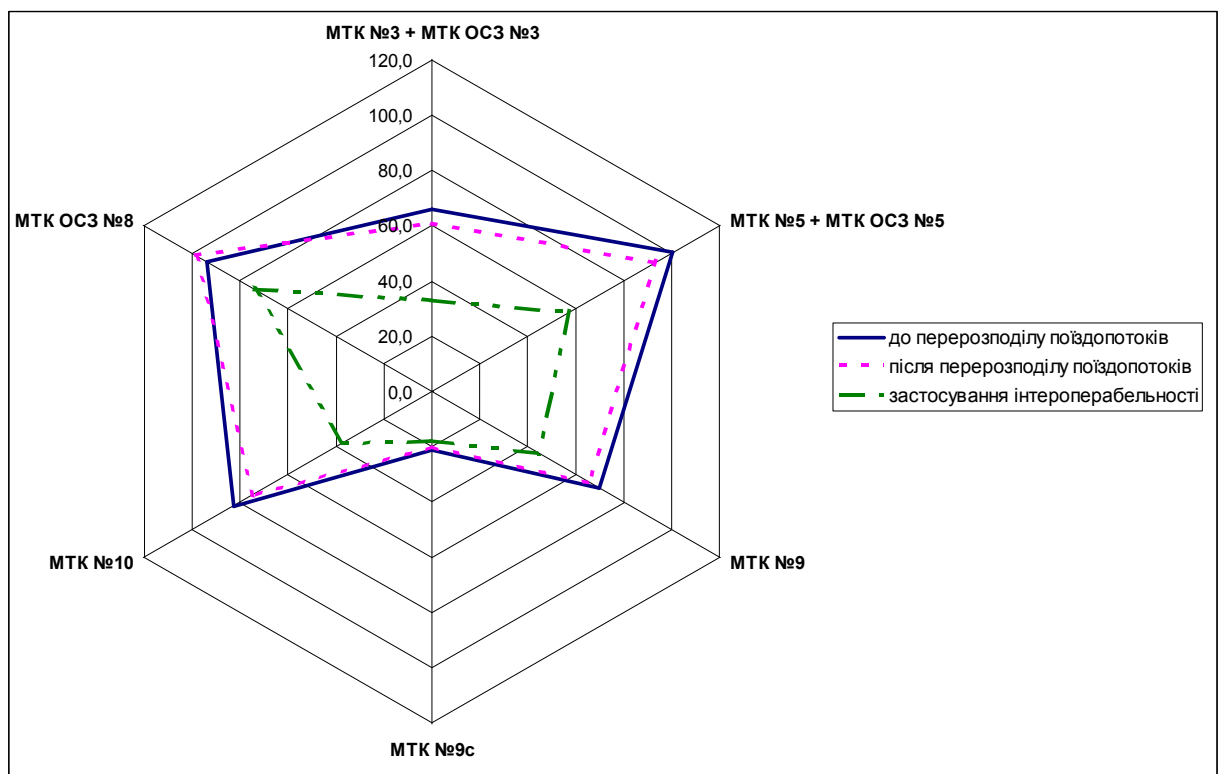


Рис. 3.8. Результати дослідження економії часу просування поїздопотоків на мережі МТК України

Моделюванням оперативного управління вагонопотоками доведено, що тактичний підхід до перерозподілу поїздопотоків дозволяє не лише підвищити пропускну спроможність мережі МТК, а й надати гнучкості системі, що відповідає вимогам інтероперабельності в частині забезпечення взаємодії із

системами TAF.TSI. Реалізація такого підходу вимагає формування мережі розподілених систем підтримки прийняття рішень (СППР) в межах існуючої інформаційно-керуючої системи (ІКС) транспорту.

Таким чином, наявність моделі оперативного управління вагонопотоками МТК в межах комплексу всієї мережі міжнародних транзитних перевезень дозволяє вирішувати задачу по моделюванню виробничої ситуації та, відповідно, й по вирішенню проблеми актуалізації схеми залізничних повідомлень за умови інтеперабельності транспортної системи України.

3.4. Висновки за розділом 3

1. Встановлено, що ефективність організації міжнародних перевезень вантажів значно залежить від злагодженої організації роботи прикордонної передавальної станції.

2. Виконано аналіз основних причин затримок вагонів на прикордонних передавальних станціях.

3. Запропоновано до використання модель оперативного управління вагонопотоками у межах МТК, що дозволяє провести моделювання виробничої ситуації як при існуючому об'ємі міжнародного поїздопотуку, так й при можливому збільшенні обсягів транзитних перевезень. Моделюванням досягається мета по визначенню переробної спроможності комплексу МТК України за різних умов функціонування, заснованих на принципах інтеперабельності. Крім того, з'являється можливість знаходження критичної точки насичення ситеми. При моделюванні враховується й умова завантаженості станцій та перегонів постійними операціями по переробці місцевих вантажних та пасажирських поїздів.

4. Наявність моделі оперативного управління вагонопотоками МТК в межах комплексу всієї мережі міжнародних транзитних перевезень дозволяє вирішувати задачу по моделюванню виробничої ситуації та, відповідно, й по вирішенню проблеми актуалізації схеми залізничних сполучень за умови інтеперабельності транспортної системи України.

ВИСНОВКИ

1. Основні тенденції та шляхи удосконалення в управлінні експлуатаційною роботою залізниць в межах МТК пов'язано із організацією єдиної системи керування залізничним транспортом на базі гнучких технологій та сучасних ІКС з метою зменшення витрат на переміщення вантажопотоку. Це потребує відповідності вимогам інтероперабельності в процесі просування поїздопотоків.

2. Аналіз статистичних досліджень доводить, що обсяги вантажів, які перевозяться транзитом по МТК, поступово зменшується. Це обумовлено не тільки кризисними явищами в економіці. На підвищення тривалості прямування вагонопотоку по МТК істотно впливає недосконалість технології перетинання кордону.

3. Для реалізації розвитку інтероперабельності мережі МТК, сформовано множину можливих заходів, що представляють наступні варіанти розвитку транспортного коридору: побудова додаткової колії шириною 1520 мм; побудова додаткової колії шириною 1435 мм; електрифікація; закупівля рухомого складу з розсувними колісними парами; подовження тягових пліч локомотивів в умовах жорсткого графіку руху поїздів; поповнення локомотивного парку; оснащення лінії пристроями ETCS рівня 1; оснащення лінії пристроями ETCS рівня 2; оснащення лінії пристроями ETCS рівня 3; подовження колій на технічній станції; заходи спрощення митних операцій (електронне декларування вантажів).

4. Згідно до запропонованої ідеології формалізовано процес розвитку інтероперабельності мережі МТК на стратегічному рівні планування як оптимізаційну динамічну модель, що включає інтегральний показник оцінки та систему обмежень.

5. Для проведення функціонального моделювання процесу оперативного управління вагонопотоками у межах транспортних коридорів на підставі матриць інцидентності проведено формування моделей просування вагонопотоків на окремих напрямках міжнародних вантажних перевезень.

6. На відмінність від існуючих моделей транспортних коридорів, запропонована модель є універсальною та спроможною враховувати корегування, що пов'язані із перерозподілом напрямів міжнародного поїздопоток.