

УДК 656.2+656.224

DOI: 10.34029/2311-4061-2019-131-2-04-16

Д-р техн. наук Ломотько Д. В.

Канд. техн. наук Красноштан О. М.

Магістрант Філіпський О. В.

Магістрант Ломотько М. Д.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗА УЧАСТЮ АВТОТРАНСПОРТУ

Ключові слова: залізниця, автобусні перевезення, транспортно-пересадочний вузол, пасажирські перевезення, мультимодальні перевезення, пересадка пасажирів, єдиний квиток, узгоджений графік руху.

Вступ. Перевезення пасажирів є одним з найголовніших завдань транспортної галузі, оскільки вони займають особливе місце в економіці України. Функціонування усіх видів транспорту спрямовано на забезпечення потреб регіонів країни, тому освоєння пасажиропотоків на залізничному транспорті вимагає впровадження комплексних транспортних послуг із належним рівнем сервісу [1]. Зараз транспортна інфраструктура країни потребує реформування, для чого потрібно оновлення транспортно-пересадочних вузлів (ТПВ), вокзалів та рухомого складу, необхідно здійснювати капітальні вкладення в технічну і технологічну складову пасажирських перевезень.

Постановка задачі та її актуальність. Ефективна організація перевезень пасажирів забезпечується не тільки спеціалізацією за видами сполучень (міжнародне, Intercity, бізнес-клас, економ-клас, тощо), але й раціональною роботою ТПВ, пунктів та засобів продажу проїзних документів, наявністю та можливістю здійснення комфортних пересадок між маршрутами, що обслуговуються одним або декількома перевізниками, в тому числі – що представляють різні види транспорту. Це потребує застосування інноваційних технологій узгодження графіку руху транспортних засобів, продажу проїзних документів, надання сучасних сервісних послуг пасажиром,

створення єдиного інформаційного середовища.

Літературний огляд (існуючих методів, підходів, рішень). Використання логістичних принципів в пасажирських перевезеннях, задачі прогнозування, управління і контролю пасажиро- та поїздопотоків, створення інтелектуального інформаційного простору в транспортних системах [4, 6, 7, 11] - це основні напрямки в дослідженнях вчених Українського державного університету залізничного транспорту.

Вокзальні комплекси на залізничному транспорті часто перетворюються на багатофункціональні ТПВ, що забезпечують зменшення тривалості та підвищення безпечності пересадки пасажирів [5, 6]. Для уникнення незручностей при пересуванні по ТПВ пропонується раціоналізація маршрутів прямування пасажиропотоків при здійсненні пересадки [4, 6, 8] та підвищення рівня інформаційного забезпечення [4, 9, 12], що дозволить враховувати особливості мультимодальної технології перевезення пасажирів [11, 13], шляхом узгодження руху пасажирського транспорту.

Створенню математичних моделей оптимізації та синхронізації розкладів руху транспортних засобів в мережі описано в роботах багатьох авторів. Наприклад, для перевезень за участю автобусів використовується математична модель синхронізації лінійного цілочисельного програмування [16]. Оскільки найчастішим випадком є взаємодія транспортних засобів в системах з одним ТПВ, завдання узгодження вирішується за допомогою теорії розкладів шляхом застосування «одноприладових» методів зі зворотними критеріями максимізації [14] або мінімізації цільової функції зваженого числа запізнілих вимог [15].

Висвітленню загальних проблем мультимодальних перевезень та аналізу їх економічної доцільності присвячено багато праць [2, 10, 11, 13]. Але поряд з вагомими результатами в сфері технології пасажирських перевезень, до сьогодні відсутнє обґрунтування сучасної парадигми розвитку технології пасажирських мультимодальних перевезень, що є основою для забезпечення синергетичного ефекту взаємодії різних видів транспортних засобів.

Мета статті. Метою роботи є дослідження умов необхідних для формування ефективних залізничних пасажирських перевезень з участю автотранспорту за єдиним графіком (мультимодальних пасажирських перевезень).

Основний матеріал дослідження. Впровадження складних перевезень пасажирів за участю декількох видів транспорту досить обмежено врегульовано з нормативної точки зору. Згідно [2] мультимодальне перевезення – це перевезення двома або більше видами транспорту за єдиним транспортним документом у внутрішньодержавному чи (та) міжнародному сполученнях. Але для вантажних перевезень важливу роль у їх організації грає оператор мультимодального перевезення – будь-яка особа, у тому числі експедитор, що укладає договір мультимодального перевезення та приймає на себе зобов'язання за таким договором, як перевізник та експедитор [2].

Пропонується нормативно мультимодальні пасажирські перевезення визначити безпосередньо до вимог ст. 913 ЦКУ [3]: «перевезення вантажу, пасажирів, багажу, пошти може здійснюватися кількома видами транспорту за єдиним транспортним документом (пряме змішане сполучення). Відносини організацій, підприємств транспорту, що здійснюють перевезення у прямому змішаному сполученні, визначаються за домовленістю між ними». Тому договір на перевезення пасажирів в прямому змішаному сполученні (договір мультимодального пасажирського перевезення) повинен стати одним із самостійних договорів перевезення.

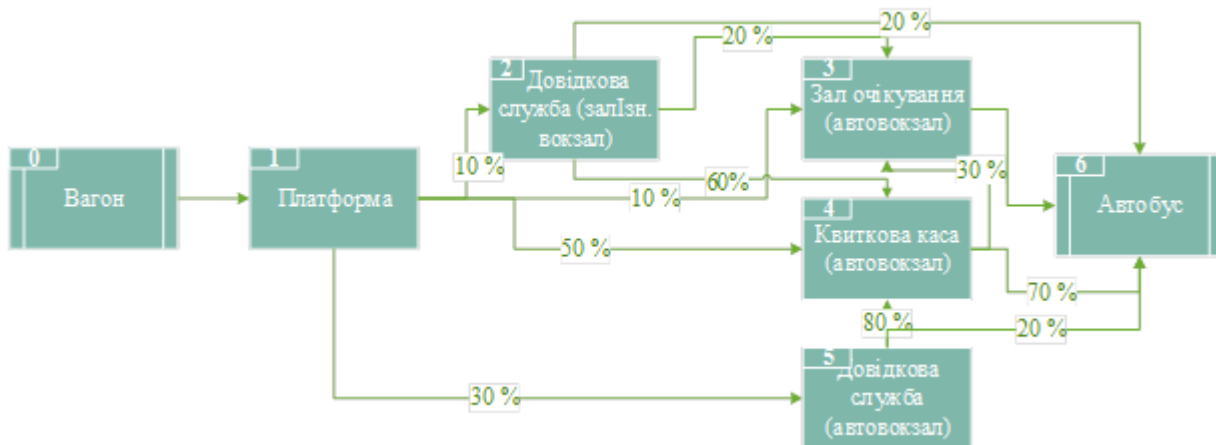
Мультимодальне перевезення в пасажирському сполученні – це перевезення пасажирів на окремо взятому напрямку транспортними засобами одного або декількох перевізників на основі логістичних принципів [5]. Це перевезення базується на узгодженому інтегрованому графіку руху задіяних транспортних засобів, при цьому найбільш затребуваний варіант в країні є перевезення залізничним транспортом та автобусами. Тому до інтегрованого графіку слід включити технологічний час на обробку поїздів, вагонів та автобусів, на пересадку пасажирів, а також резервний технологічний час на випадок порушення графіку руху з урахуванням періоду очікування транспортних засобів в пункті пересадки. В якості полігону дослідження

обрано крупний населений пункт – м. Дніпро і його залізничний та автовокзали.

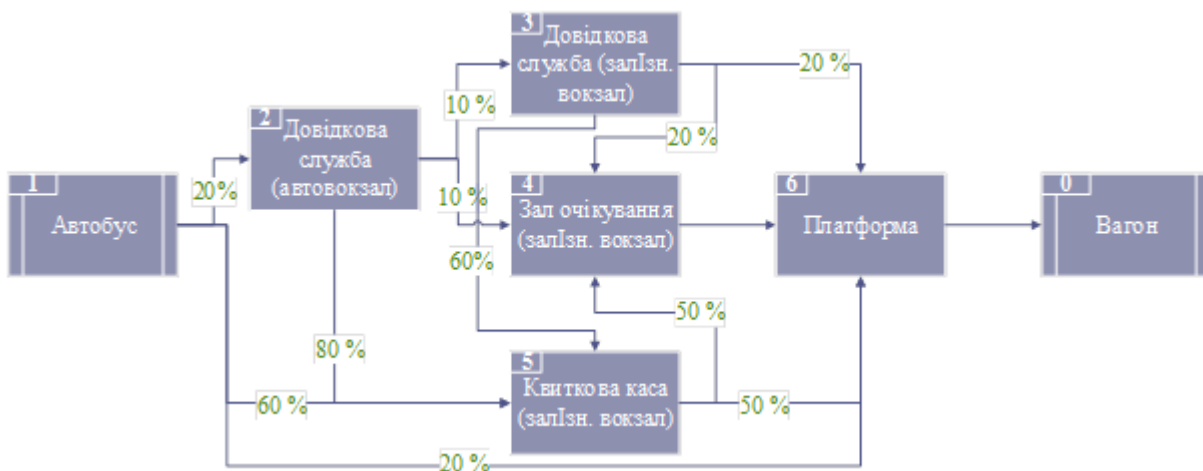
Реалізація узгоджених графіків руху транспортних засобів, що входять до мультимодального пасажирського маршруту, потребує врахування особливостей пересадки пасажирів та передбачає окремі технологічні заходи щодо скорочення простою і підвищення зручності пересадки. На рисунку 1 наведено структурно-логічні схеми пересадки із залізничного транспорту на автобуси (рис. 1а), з автобусів на поїзди (рис. 1б) та з поїздів на приміські електропоїзди (рис. 1в). Частки пасажиропотоку між окремими ланками пересадки визначено експертним методом. В загальному випадку ці частки змінюються з урахуванням нерівномірності пасажиропотоку на протязі доби, тобто функціонально залежні від часу.

В умовах ТПВ Дніпро рух пасажирів з автовокзалу на залізничний вокзал і в зворотному напрямку викликає певні складності, що збільшує час на пересадку $\tau_{\text{пер}}$. Піший маршрут складає близько 800 м, тому на першому етапі для зручності орієнтування запропоновано шлях прямування обладнати знаками з вказівкою напрямку, а також поліпшити якість дорожнього полотна та нанести розмітку. Для інформування пасажирів рекомендовано використати аудіовізуальну рекламу на вокзалах та на екранах поїздів Intercity за 20, 10 та 5 хв. до часу прибуття в Дніпро.

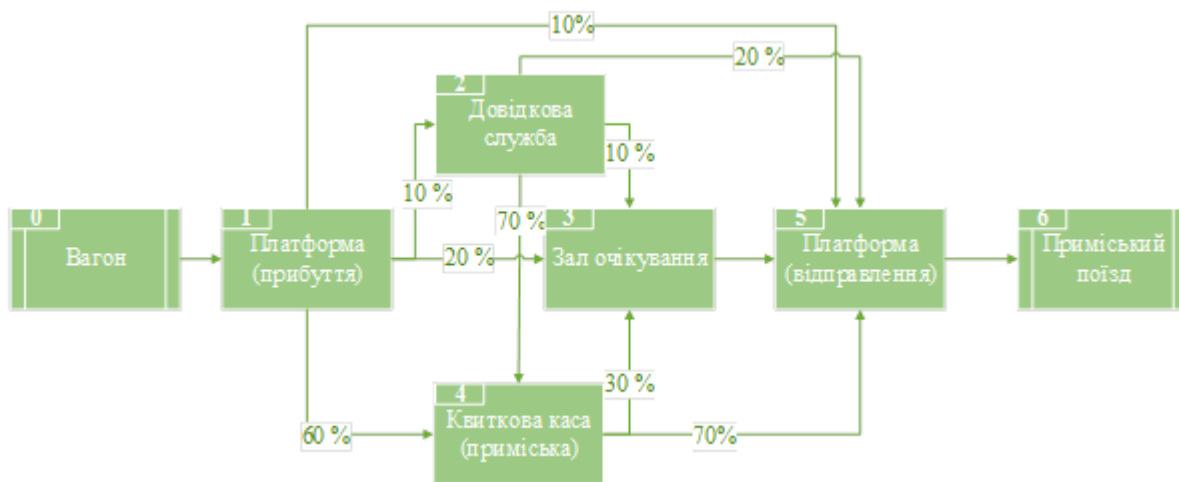
На другому етапі передбачено використання міського транспорту – трамваю із «плаваючим» інтервалом руху 2...7 хв та з безкоштовним проїздом між вокзалами за умови пред'явлення залізничного та автобусного квитків. Зручно та безпечно потрапити на трамвайну зупинку можливо через підземний перехід та по наземному переходу. Зараз це трамвай маршруту № 11, з графіком роботи з 5:30 до 23:36. Одночасно пропонується впровадження сервісної послуги з доставки багажу між вокзалами. В подальшому можливо задіяти низькопідлогові автобуси або електробуси, які передбачається використовувати в режимі «shuttlebus».



а)



б)



в)

Рис. 1 - Структурно-логічні схеми розподілу пасажиропотоку при здійсненні пересадки за участю залізничного транспорту на автобусів

На третьому етапі планується капітальні вкладення у формування об'єднаного авто- та залізничного вокзалів шляхом створення підземних переходів, обладнаних ескалаторами, ліфтами для осіб з обмеженими фізични-

ми можливостями, та з'єднаними з гілкою метрополітену. Це викликано вимогами діючих нормативів та будівельних норм, які рекомендують максимальну відстань пішої пересадки не більш ніж 400 м.

З урахуванням рекомендацій [11] графік руху кожного задіяного транспортного засобу повинен задовольняти вимогам одночасного прибуття до транспортно-пересадочного вузла задіяних транспортних засобів (поїзду, автобусу), або проміжного засобу трансферу до місця пересадки. Скороченню тривалості пересадки сприяє процедура «секторизації» зон платформи, з яких раціонально здійснювати пересадку, а також гнучкої системи орієнтування пасажирів на станції з урахуванням схеми поїзда класу Інтерсіті [12]. У випадку пішої доступності тривалість пересадки $\tau_{\text{пер}}$ повинна враховувати час на самостійний підхід пасажирів та придбання квитків. Зокрема, останній випадок є характерним для ТПВ м. Дніпро.

Більш складним є випадок взаємного пасажирообміну між взаємодіючими видами транспорту. Загальна тривалість пересадки приймається по її максимальному часу переміщення з одного транспортного засобу в інший. Резервний технологічний час $t_{\text{рез}}$ на випадок загрози запізнення, що закладається до узгодженого графіку руху, приймається в залежності від:

- можливостей інфраструктури кожного з видів транспорту (інтенсивності руху, кількості платформ, місткості транспортного вузла, систем автоматизованого продажу квитків);

- місцевих умов, що впливають на тривалість стоянки транспортних засобів та пересадки (наявність переходів, ескалаторів, інформаційного забезпечення орієнтації пасажирів, зручності розташування та шляху пересадки);

- рівня складності мультимодального маршруту (кількість видів транспорту, забезпечення точності виконання графіку).

Для економічної оцінки ефективності роботи ТПВ за участю залізничного транспорту критерієм оцінки якості вирішення транспортних потреб пасажирів запропоновано прийняти вартість 1 пас – год. повних витрат часу на мультимодальну поїздку.

Потік пасажирів при здійсненні пересадки рухається відповідно до мети знаходження пасажирів на ТПВ. Для умов ТПВ «залізничний вокзал – автовокзал» м. Дніпро характерним є:

- пересадка до іншого поїзду (автобусу) далекого сполучення;

- пересадка до іншого поїзду (автобусу) місцевого сполучення;

- пересадка до міського транспорту та метрополітену;

- пересадка до особистого автомобільного транспорту;

- рух пасажирів з вагона поїзда (автобусу) до квиткових кас або до готелю.

З метою дослідження попиту та встановлення раціональної технології мультимодальних пасажирських перевезень в умовах ТПВ Дніпро досліджено загальні пасажиропотоки та їх основні напрямки (рис. 2). Аналіз показує, що основним напрямком в далекому сполученні є місто Київ, при цьому по усіх напрямках спостерігається незначна різниця між кількістю пасажирів по прибуттю та відправленню загалом за рік.

Формування узгодженого графіку здійснено з урахуванням погодинної добової нерівномірності пасажиропотоків. Результати дослідження погодинного коливання пасажиропотоку далекого сполучення на ТПВ станції Дніпро, що наведено на рис. 3, показали наявність значної нерівномірності в розподілі показника у часі. При цьому характер нерівномірності є близьким до нерівномірності у приміському залізничному сполученні та по автовокзалу ТПВ Дніпро, з наявністю ранкового (по прибуттю) та вечірнього (по відправленню) пікових періодів. Співставлення результатів розподілу пасажиропотоків по ТПВ Дніпро дало змогу встановити, що найбільша імовірність попиту на мультимодальну послугу з боку пасажирів буде спостерігатись з 06 год. до 10 год. ранку: в цей період прибуття пасажирів складає до 45 % добового обсягу залізницею та до 33 % - автобусами. Таким чином, аналіз свідчить про необхідність режимної організації мультимодальних пасажирських перевезень у першу половину доби (з 06 год. до 10 год.) з переважною орієнтацією на пасажирів, що прибувають, а в другу половину дня (з 19 год. до 22 год.) – на пасажирів, що відправляються.

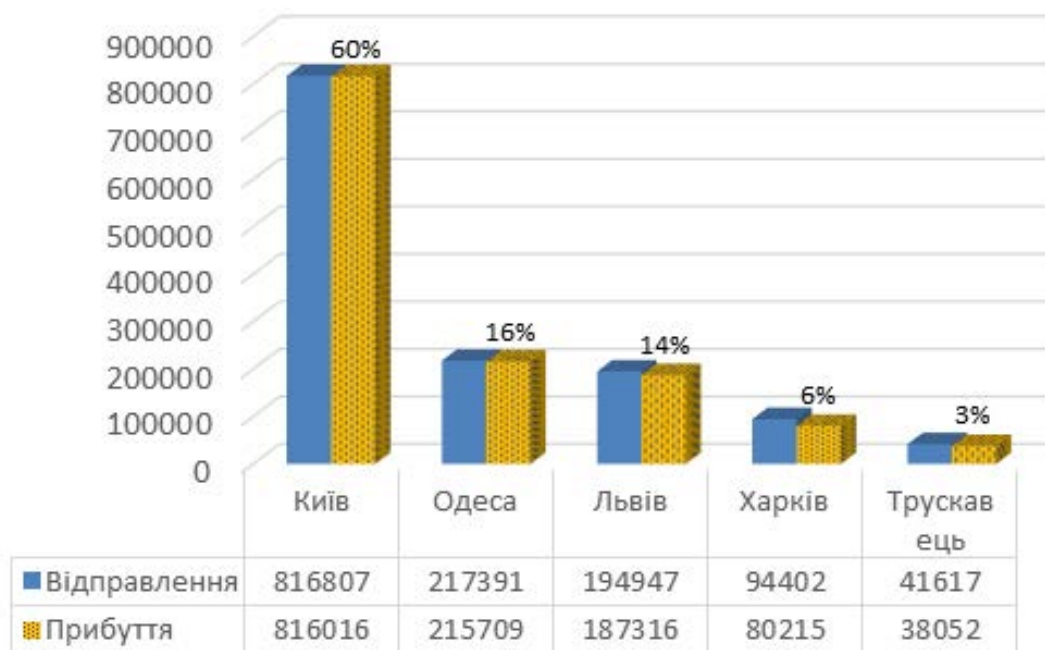


Рис. 2 - Основні напрямки пасажиропотоків далекого сполучення, транспортно-пересадочного вузла ст. Дніпро, пас./рік (дані АТ «Укрзалізниця»)

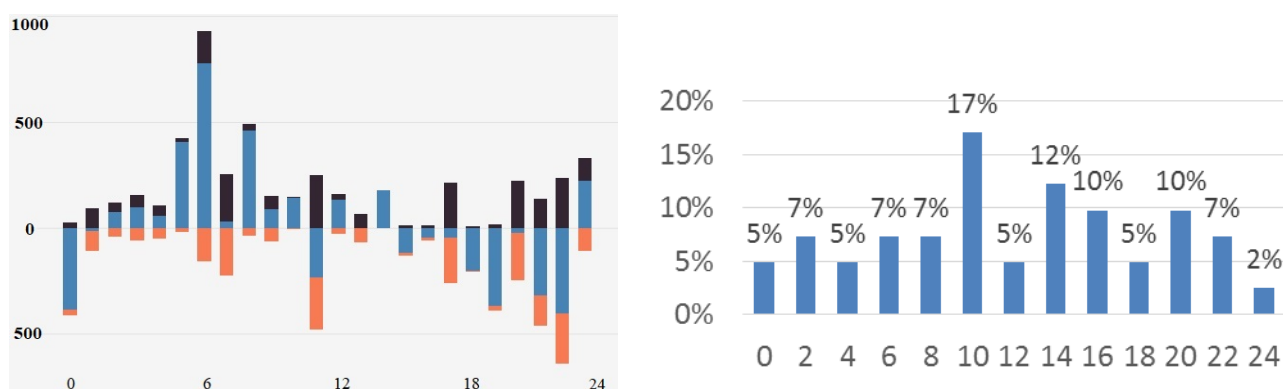


Рис. 3 - Нерівномірність пасажиропотоків далекого сполучення на транспортно-пересадочному вузлі ст. Дніпро та на автовокзалі, пас./год (дані Укрзалізниці та ПАТ «ДОПАС»)

Подальше дослідження можливості залучення частини місцевих пасажирів до мультимодального перевезення здійснено в ранковий піковий часовий інтервал 6...10 год., як найбільш складний випадок з точки зору узгодження графіку на прикладі найбільш значного напрямку місцевого пасажиропотоку ТПВ Дніпро (рис. 4). Математичне очікування середньодобової кількості пасажирів ТПВ Дніпро у далекому залізничному сполученні склало $N_{\text{дал}}=4244$ пас./добу, в приміському – $N_{\text{прим}}=11170$ пас./добу, в автобусному – $N_{\text{авт}}=2050$ пас./добу, при коефіцієнтах варіації

відповідно $v_{\text{дал}}=0,033$, $v_{\text{прим}}=0,027$ та $v_{\text{авт}}=0,138$.

Оцінку потоку пасажирів за годину у «піковий» період здійснено як

$$\eta_i = \frac{1}{24} N_i (1 + v_i). \quad (1)$$

Таким чином, найімовірніша інтенсивність потоку пасажирів ТПВ Дніпро у далекому сполученні склала $\eta_{\text{дал}}=182.7$ пас./год, в приміському – $\eta_{\text{прим}}=478.0$ пас./год, в автобусному – $\eta_{\text{авт}}=97.2$ пас./год.

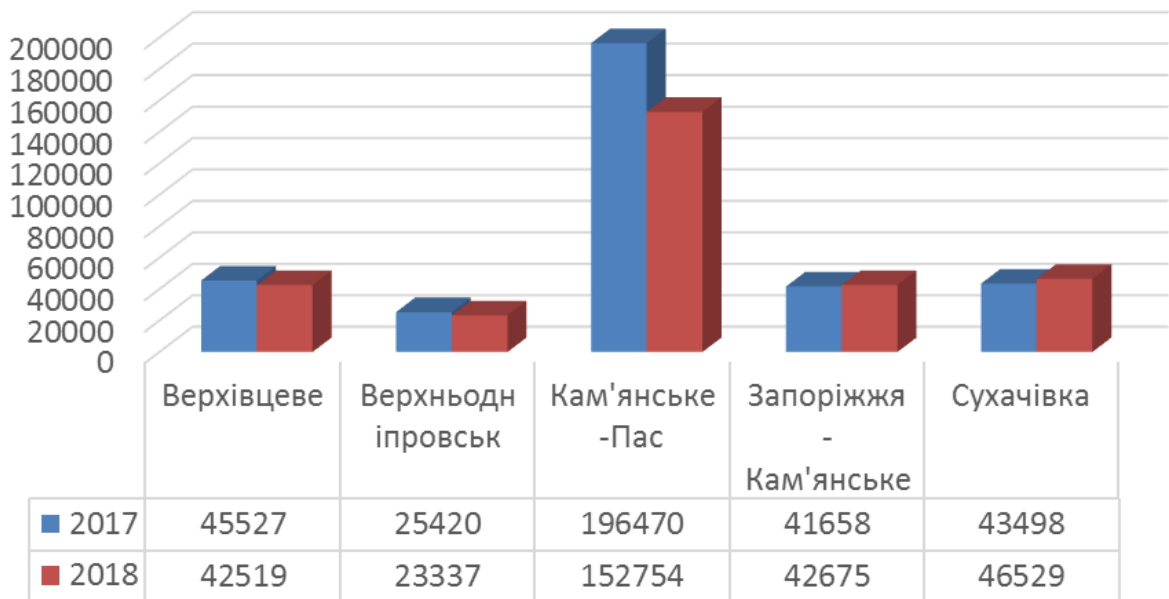


Рис. 4 - Розподіл найбільш значного місцевого пасажиропотоку транспортно-пересадочного вузла ст. Дніпро, пас./рік

На прийняття рішення пасажиром про здійснення мультимодальної поїздки істотний вплив здійснює зручність пересадки у ТПВ. Розроблені структурно-логічні схеми розподілу пасажиропотоку при здійсненні пересадки за участю залізничного транспорту та автобусів (див. рис. 1) дають можли-

вість кількісної оцінки привабливості мультимодального перевезення.

Процес пересадки із залізничного транспорту на автобуси будемо вважати Марківським, тому цю технологію роботи ТПВ (див. рис. 1а) можливо записати у вигляді системи диференціальних рівнянь Колмогорова:

$$\begin{cases} \frac{dp_2(t)}{dt} = -(\lambda_{23} + \lambda_{24} + \lambda_{26})p_2(t) + \lambda_{12}p_1(t) \\ \frac{dp_3(t)}{dt} = -\lambda_{36}p_3(t) + \lambda_{13}p_1(t) + \lambda_{23}p_2(t) + \lambda_{43}p_4(t) \\ \frac{dp_4(t)}{dt} = -(\lambda_{43} + \lambda_{46})p_4(t) + \lambda_{14}p_1(t) + \lambda_{24}p_2(t) + \lambda_{54}p_5(t) \\ \frac{dp_5(t)}{dt} = -(\lambda_{54} + \lambda_{56})p_5(t) + \lambda_{15}p_1(t) \\ \frac{dp_6(t)}{dt} = -p_6(t) + \lambda_{26}p_2(t) + \lambda_{36}p_3(t) + \lambda_{46}p_4(t) + \lambda_{56}p_5(t) \end{cases}, \quad (2)$$

$$p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 = 1$$

де: λ_{ab} – інтенсивність потоку пасажирів з а-ї технологічної операції до операції b. У загальному випадку $\lambda_{ab} = f(t)$, тобто є функціонально залежною від часу t, але для спрощення прийнято $\lambda_{ab} = const$;

$p_i(t)$ – функція імовірності знаходження системи у i-м стані.

Особливість дослідження саме пасажиропотоку відбивається в тому, що для системи (2) сумарні інтенсивності потоків, що вихо-

дять з кожного стану технологічної операції, дорівнюють сумарному потоку та у відносних одиницях дорівнюють 1. Тому для технологічної схеми (рис. 1а) в умовах ТПВ Дніпро система (2) буде мати вигляд:

$$\begin{cases} \frac{dp_2(t)}{dt} = -p_2(t) + 0.2p_1(t) \\ \frac{dp_3(t)}{dt} = -p_3(t) + 0.1p_1(t) + 0.2p_2(t) + 0.6p_4(t) \\ \frac{dp_4(t)}{dt} = -p_4(t) + 0.5p_1(t) + 0.6p_2(t) + 0.8p_5(t) \\ \frac{dp_5(t)}{dt} = -p_5(t) + 0.3p_1(t) \\ \frac{dp_6(t)}{dt} = -p_6(t) + 0.2p_2(t) + p_3(t) + 0.7p_6(t) + 0.2p_5(t) \\ p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 = 1 \end{cases} \quad (3)$$

Для пошуку фінальних імовірностей систему рівнянь (3) перетворено на систему рівнянь у матричному вигляді:

$$\begin{bmatrix} -0.2p_1 + p_2 + 0p_3 + 0p_4 + 0p_5 + 0p_6 \\ -0.1p_1 - 0.2p_2 + p_3 + 0.6p_4 + 0p_5 + 0p_6 \\ -0.5p_1 - 0.6p_2 + 0p_3 + p_4 - 0.8p_5 + 0p_6 \\ -0.3p_1 + 0p_2 + 0p_3 + 0p_4 + p_5 + 0p_6 \\ 0p_1 - 0.2p_2 - p_3 - 0.7p_4 - 0.2p_5 + p_6 \\ p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Фінальні імовірності для існуючих умов застосування технологічної схеми пересадки із залізничного транспорту на автобуси та потрібна годинна переробна спроможність елементів ТПВ Дніпро зведено то таблиці 1.

Існує особливість, яка істотно збільшує потрібний час на пересадку: під час пересадки «поїзд → автобус» практично відсутній пасажиропотік, що безпосередньо прямує до автобусу. Під час пересадки «автобус → поїзд» потік пасажирів безпосередньо до платформи на поїзд існує, але він незначний. Цю особливість обрано в якості одного з напрямків удосконалення технології пересадки па-

сажирів при організації мультимодального перевезення у ТПВ Дніпро шляхом застосування електронних засобів автоматизованого продажу квитків (платіжне-довідкових терміналів самообслуговування).

Удосконалена з урахуванням наведених вище заходів технологія пересадки при мультимодальному перевезенні призведе до змін у системі рівнянь (2) для інтенсивності та напрямків руху пасажирів: $\lambda_{14} = 0.25, \lambda_{15} = 0.15, \lambda_{16} = 0.5$. Аналогічно вище наведеному встановлено фінальні імовірності.

Табл. 1 – Характеристика технологічних елементів ТПВ задіяних у схемі пересадки пасажирів із залізничного транспорту на автобуси (умови ТПВ Дніпро)

Технологічний показник	Довідкова служба залізничного вокзалу	Зал очікування автовокзалу	Квиткова каса автовокзалу	Довідкова служба автовокзалу	Всього
Існуюча технологія					
Фінальна імовірність \bar{p}_i	0.028	0.101	0.225	0.084	-
Потрібна переробна спроможність, B_i , пас./год.	5.12	18.45	41.11	15.35	80.03

Мультимодальна технологія					
Фінальна імовірність \bar{p}_i	0.033	0.082	0.142	0.05	-
Потрібна переробна спроможність V_i , пас./год.	6.03	15.0	25.94	9.14	56.11
Зміни у потрібній спроможності, %	+17.8	-17.6	-36.9	-40.5	-30 (23.92 пас/год)

Аналогічно, відповідно до структурно-логічних схем пересадки з автобусів на поїзди (див. рис. 1б) та з поїздів на приміські електропоїзди (див. рис. 1в), розраховані показники технологічних елементів схеми пересадки в умовах ТПВ Дніпро (табл. 2 і 3).

Таким чином, в умовах ТПВ міста Дніпро за рахунок впровадження мультимодальної технології пасажирських перевезень загальну потрібну переробну спроможність вузла може бути зменшено на $\Delta V_i = 73.22$ пас./год (9.7 % від існуючої).

Табл. 2 – Характеристика технологічних елементів схеми пересадки з автобусів до залізничного транспорту (умови ТПВ Дніпро)

Технологічний показник	Довідкова служба автовокзалу	Довідкова служба залізничного вокзалу	Зал очікування залізничного вокзалу	Квиткова каса залізничного вокзалу	Всього
Існуюча технологія					
Фінальна імовірність \bar{p}_i	0.059	0.006	0.120	0.227	-
Потрібна переробна спроможність, V_i , пас./год.	5.73	0.58	11.66	22.06	40.03
Мультимодальна технологія					
Фінальна імовірність \bar{p}_i	0.075	0.007	0.060	0.102	-
Потрібна переробна спроможність V_i , пас./год.	7.29	0.68	5.83	9.91	23.71
Зміни у потрібній спроможності, %	+27.2	+17.2	-50.0	-55.1	-40.8 (16.32 пас/год)

Табл. 3 – Характеристика технологічних елементів схеми пересадки з поїздів на приміські електропоїзди (умови ТПВ Дніпро)

Технологічний показник	Довідкова служба залізничного вокзалу	Зал очікування залізничного вокзалу	Квиткова каса (приміська) залізничного вокзалу	Всього
Існуюча технологія				

Фінальна імовірність \bar{p}_i	0.314	0.129	0.211	-
Потрібна переробна спроможність, V_i , пас./год.	150.09	61.66	100.86	312.61
Мультимодальна технологія				
Фінальна імовірність \bar{p}_i	0.375	0.109	0.101	-
Потрібна переробна спроможність V_i , пас./год.	179.25	52.10	48.28	279.63
Зміни у потрібній спроможності, %	+18.9	-15.5	-52.1	-10.5 (32.98 пас/год)

Перехід до узгодженого розкладу руху залізничного та автобусного транспорту забезпечить збалансованість використання місць у всіх транспортних засобах при мультимодальному перевезенні відповідно до прогнозного пасажиропотоку. Це дозволить раціонально використати місткість швидкісних поїздів, електропоїздів і автобусів та скоротити час очікування пасажирами у ТПВ до 30 % за рахунок впровадження комфортної пересадки, наявності єдиного квитка, використання сучасних засобів інформування і орієнтування, та електронних засобів автоматизованого продажу квитків (платіжно-довідкових терміналів самообслуговування).

Узгоджений графік руху транспортних засобів передбачає єдину технологію роботи різних перевізників та видів транспорту. Тому формування елементів узгодженого графіка починається з встановлення:

- тривалості пересадки $\tau_{\text{пер}}$ в ТПВ, з урахуванням виду комфортної пересадки та узгодженості стоянки з технологічної точки зору;
- резервного технологічного часу $t_{\text{рез}}$, який є необхідним для відновлення інтегрованого графіка руху на випадок запізнення у ТПВ транспортних засобів.

Згідно до публікації [11], аналіз інтервалів руху між місцевими поїздами по основним ТПВ вітчизняного залізничного транспорту

показав, що характерними є графіки руху з інтервалом I_p 8, 24 та 40 хв. між поїздами. Тому при створенні узгодженого графіку руху мультимодальної пасажирської перевозки прийнято за максимальну тривалість, що пов'язана з надходженням наступного транспортного засобу T_{max_i} не більше 40 хв. Ту же величину прийнято за максимальний інтервал можливого корегування розкладу місцевих, приміських поїздів та автобусів від існуючого часу відправлення або прибуття.

Аналіз публікацій [6, 7, 12] довів, що тривалість маршрутів прямування пасажирів на ТПВ залежать від організації руху пасажирів під час пересадки. Зокрема, в умовах станції ТПВ Дніпро середній час повної пересадки пасажирів між поїздами складає 7 хв., за діючих умов шлях прямування між залізничним та автовокзалами складає 10 хв. Тому, технологічно обмежена мінімальним технологічним інтервалом T_{min_i} тривалість пересадки пасажирів в умовах ТПВ Дніпро між залізничним та автовокзалами складає 20 хв.

Прийняття рішення про створення узгодженого графіку пасажирського руху декількох видів транспорту та його оцінка виконується за спеціально розробленою процедурою. Інформація, яка необхідна для аналізу варіантів обробки руху поїздів різних категорій та автобусів може бути отримана з системи АСК ПП УЗ і диспетчерської системи авто-

бусного терміналу, яку пропонується використовувати для взаємодії із залізничним транспортом. Наявність відповідних даних дозволяє завчасно підготувати транспортні засоби, раціонально використовувати транспортну інфраструктуру, оперативного корегувати графік руху, завчасно інформувати клієнтуру про можливість поїздки з пересадкою, в тому числі – про придбання єдиного квитка.

З метою формування узгодженого графіку мультимодальної пасажирської перевезки запропоновано модель математичного програмування організації прибуття до ТПВ поїздів різних категорій та автомобільного транспорту. Модель дозволяє вибирати раціональний розклад для транспортних засобів (поїздів, автобусів), а при неможливості узгодження графіку – раціональний маршрут прямування пасажирів з пересадкою у транспортно-пересадочному вузлі [11, 17]. В основу сформованої моделі покладено наступну цільову функцію та обмеження:

$$F(A_{k,i}, D_{k,j}, \tau_{ijk}) = \sum_i^N \sum_j^N M_{i,j} \sum_k^K \mu_k \tau_{ijk} \rightarrow \min, \quad (5)$$

$$\begin{cases} A_{k,i} \geq 0, D_{k,j} \geq 0, T_{max_i} \geq D_{k,j} - A_{k,i} > 0, \\ i, j \in [1, N], k \in [1, K], \forall M_{i,j} \geq 0 \Rightarrow i \neq j, \\ A_{k,i} + \tau_{ijk} \leq D_{k,j}, \\ \tau_{ijk} \in [T_{min_i}, T_{max_i}], \sum_k^K \mu_k = 1 \end{cases} \quad (6)$$

де: $A_{k,i}$ – значення часу прибуття до ТПВ кожного транспортного засобу k з маршруту прямування i ;

$D_{k,j}$ – значення часу відправлення транспортного засобу з ТПВ на маршрут прямування j ;

$M_{i,j}$ – елемент матриці пасажиропотоку пересадок з i -го на j -й маршрут прямування;

τ_{ijk} – директивна тривалість операції з пересадки пасажирів у вузлі між транспортними засобами i -го та j -го маршрутів, яка технологічно обмежена мінімальним технологічним інтервалом T_{min_i} (тривалістю пересадки пасажирів) та максимальною тривалістю обробки T_{max_i} , що пов'язана з надходженням наступного транспортного засобу, хв.;

K – кількість поїздів (автобусів), що заплановані на маршруті;

N – кількість можливих маршрутів прямування;

μ_k – показник відносної «ваги» кожної категорії транспортних засобів (поїздів або автобусів).

Задачу (5-6) запропоновано вирішити за допомогою теорії розкладів, як задачу мінімізації цільової функції зваженого числа запізнілих вимог [15], типу $n/m/G/F_{min}$ за загальноприйнятої класифікацією.

Формування узгодженого графіку мультимодального пасажирського перевезення за участю поїздів далекого сполучення, автобусів та приміських електропоїздів в умовах ТПВ Дніпро наведено на рис. 5. Для більш повного використання місткості транспортних засобів, з урахуванням директивної тривалості пересадки $\tau_{пер}$, розроблено рекомендації щодо корегування діючого графіку руху. Наприклад, для найбільш напруженого приміського напрямку Верхівцеве – Верхньодніпровськ - Кам'янське рекомендовано «здвинути» до межі комфортної пересадки T_{mini} о 7:18 відправлення електропоїзду 6011 (Кривий Ріг) та трьох автобусів маршрутом на Кам'янське (див. рис. 5). Одночасно ця рекомендація дозволить створити мультимодальне перевезення на міжрегіональних напрямках Київ → Дніпро → Кривий Ріг та Покровськ → Дніпро → Кривий Ріг.

Показником ефективності мультимодального перевезення пасажирів може виступати повні витрати пасажирів з урахуванням загального часу поїздки T . Безпосередній розрахунок ефекту дає оціночну величину для умов ТПВ Дніпро на рівні 3.2 млн. грн./рік

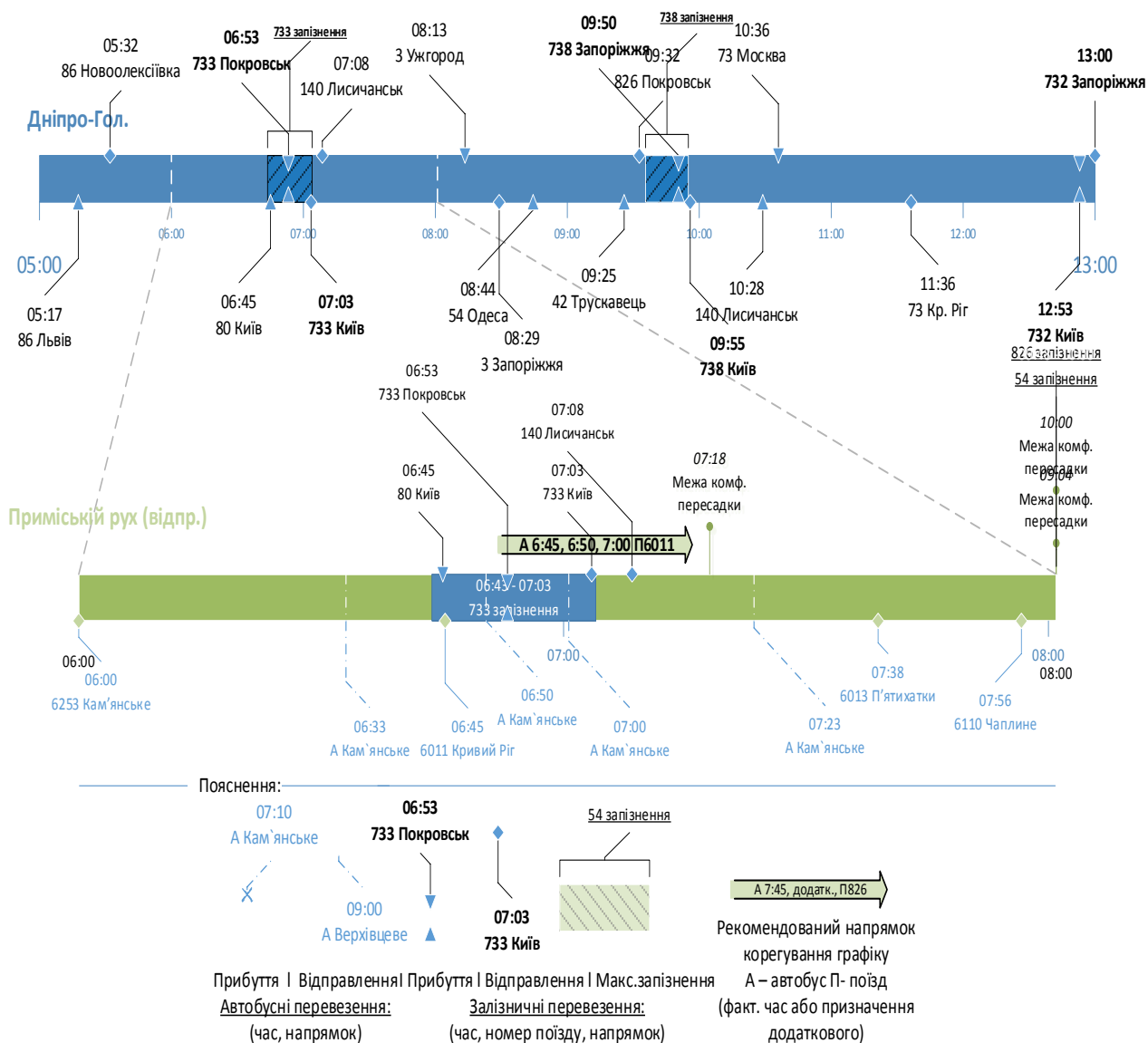


Рис. 5 - Формування узгодженого графіку мультимодального пасажирського перевезення за участю поїздів, електропоїздів та автобусів (відправлення за умови ТПВ Дніпро,у «піковий» період 06...10 год.)

Висновки

Удосконалення технології мультимодальних залізничних пасажирських перевезень за участю автотранспорту базується на створенні узгодженого графіку руху всіх видів транспорту, що задіяно у даному перевезенні. Рационалізацію та узгодження графіку запропоновано здійснити з використанням моделювання пасажиропотоків та процесу взаємодії різних видів транспорту. Це дозволить покращити використання місткості швидкісних поїздів, електропоїздів і автобусів, скоротити на 30 % час очікування пасажирами у пунктах пересадки, зменшити необхідну переробну спроможність технологічних елементів ТПВ.

Проведені дослідження довели, що навіть в умовах існуючих ТПВ за участю швидкіс-

ного залізничного транспорту можливо досягнення сучасного рівня сервісу та задоволеності пасажирів. Це сприятиме найбільш повному використанню можливостей пасажирського рухомого складу саме в мультимодальних пасажирських перевезеннях, в умовах інтеграційних рішень на базі інформаційних технологій та застосування «єдиного квитка». Проведені розрахунки для умов ТПВ Дніпро показали можливість зменшення навантаження на транспортну інфраструктуру на 9,2 %, при оціночному економічному ефекті близько 3.2 млн. грн. в рік.

Запропоновані заходи закладають основу для вирішення завдань фінансового забезпечення окремих видів пасажирських перевезень, а також сприятимуть залученню в цю

сферу окремих суб'єктів підприємницької діяльності та інвесторів.

Література

1. Про схвалення Транспортної стратегії України на період до 2020 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2010 р. № 2174-р / Урядовий кур'єр (офіційне видання) від 22.12.2010 р. - №240.

2. Проект Закону України Про мультимодальні перевезення. URL: <https://mtu.gov.ua/> (дата звернення 01.02.2019).

3. Цивільний кодекс України. №435-IV від 16.01.2003 (ред. від 31.03.2019) URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/435-15> (дата звернення 01.04.2019).

4. Бутко ТВ, Прохорченко АВ. Удосконалення системи оперативного прогнозування пасажирських потоків на основі використання інтелектуальних технологій. / Зб. наук. праць.-Харків: УкрДАЗТ, 2007.- С. 161-171.

5. Вакуленко, С. П. Мультимодальные пассажирские перевозки с участием АО «ФПК»: Учебное пособие / Вакуленко С. П., Копылова Е.В., Куликова Е. Б., Колин А.В. — М.: МГУПС (МИИТ), 2015. — 110 с.

6. Журба, О.О. Моделювання процесу поїздки пасажирів на залізничному вокзалі Харків-пас. за варіантом “пасажирський поїзд – міський транспорт” / О.О. Журба // Збірник наукових праць УкрДАЗТ, 2010. - Вип. 119.- С. 60-66.

7. Ломотько Д. В., Даценко Г.Г. Аналіз рівня сервісу в умовах транспортно - пересадочних вузлів на високошвидкісних залізничних магістралях / Зб. наук. праць.- Харків: УкрДУЗТ, 2016.- Вип. 161. – С. 25-35.

8. Евреенова, Н.Ю. Выбор параметров транспортно-пересадочных узлов, формируемых с участием железнодорожного транспорта: дисс. канд. технических наук: 05.22.08 / Евреенова Н. Ю. – Москва, Московский государственный университет путей сообщения, 2014. – 255 с.

9. Lomotko D.V., Kovalyov A.O., Kovalyova O.V. Formation of fuzzy support system for decision-making on merchantability of rolling stock in its allocation //Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2015. – Т. 6. – №. 3 (78). – С. 11-17. DOI: 10.15587/1729-4061.2015.54496.

10. Rezer S. M. Logistics of passenger transportation by rail: Monograph. Moscow, VINITI RAN publ., 2007, 515 p.

11. Ломотько Д.В. Шляхи удосконалення технології мультимодальних швидкісних пасажирських перевезень / Ломотько Д.В., Листопад М.С., Воскобойников Д.Г., Сірадчук А.Д. // Транспортні системи та технології пе-

ревозень. – 2017. – N 13. - С. 59-66. – Режим доступу : DOI: 10.15802/tstt2017/110770.

12. Прохорченко А. В. Удосконалення системи орієнтування пасажирів на залізничних вокзалах України в умовах упровадження швидкісного руху пасажирських поїздів / А. В. Прохорченко, В. В. Паламарчук // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. - 2017. - Вип. 169. - С. 213-224.

13. Соколова О.Є. Теоретичні основи організації та розвитку мультимодальних перевезень в Україні / О.Є. Соколова, Т.А. Акімова, Л.О. Сулима // Економічний простір, 2014. – №83. – С. 91–103.

14. Aloulou M.A., Kovalyov M.Y., Portmann M.C. Evaluation FlexibleSolutions in Single Machine Scheduling via Objective FunctionMaximization: the Study of Computational Complexity // RAIRO Oper. Res., 2007, 41, pp.1–18.

15. Lawler E.L., Moore J.M., A Functional Equation and its Application to Resource Allocation and Sequencing Problems // Management Science, 1969. Vol. 16. No. 1. pp. 77–84.

16. Ceder A., Golany B., Tal O. Creating bus timetables with maximal synchronization // Transp. Res. Part A: Policy and Practice. 2001. Vol. 35, № 10. pp. 913–920.

17. Бутко, Т. В. Формалізація технології організації групових поїздів оперативного призначення / Т. В. Бутко, А. В. Прохорченко, А. М. Киман // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 4(3). – С. 38-43. – DOI: 10.15587/1729-4061.2015.47866.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Ломотько Денис Вікторович,

д. т. н., професор кафедри «Транспортні системи та логістика» Українського державного університету залізничного транспорту. Пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050, Україна. Тел.: +38 057 730 19 55.
E-mail: den@kart.edu.ua.
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7624-2925>.

Красноштан Олександр Михайлович,

к.т.н., директор Департаменту з організації внутрішніх та міжнародних пасажирських перевезень АТ «Укрзалізниця». Вул. Є.Гедройця, 5, м.Київ, 03050, Україна. Тел.: +38 044 465 02 27.
E-mail: tsl@kart.edu.ua.

Філіпський Олександр Вікторович, магістрант кафедри «Транспортні системи та логістика» Українського державного уні-

верситету залізничного транспорту.
Пл. Фейербаха, 7, м. Харків, 61050, Україна.
Тел.: +38 057 730 19 55.
E-mail: a.filipskiy@gmail.com.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6615-8263>.

Ломотько Микола Денисович,
магістрант кафедри «Управління експлуатаційною роботою» Українського державного університету залізничного транспорту.
Пл. Фейербаха, 7, м. Харків, 61050, Україна.
Тел.: +38 057 730 19 55.
E-mail: kolyanl890@gmail.com.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0294-2686>

КАНДИДАТИ НА ПРЕМІЮ ВЕРХОВНОЇ РАДИ УКРАЇНИ

Відповідно до Постанови Верховної Ради України від 16 березня 2007 року № 775-V «Про премію Верховної Ради України найталановитішим молодим ученим в галузі фундаментальних і прикладних досліджень та науково-технічних розробок» у нашій країні щорічно оголошується прийом документів претендентів та їхніх робіт на розгляд для присудження Премії Верховної Ради України. Ця премія заснована з метою сприяння розвитку вітчизняної науки і техніки, активізації участі талановитих молодих вчених у проведенні міждисциплінарних фундаментальних і прикладних наукових досліджень та науково-технічних розробок, сприянні інноваційному розвитку держави, підвищенню престижу наукового працівника та його ролі у суспільстві.

Колектив молодих вчених філії «НДКТІ» АТ «Укрзалізниця», у складі начальника Науково-впроваджувального центру **Петренка Вячеслава Олександровича**, начальника Управління матеріалознавства та управління якістю продукції, к.ф.-м.н. **Яценко Людмили Федорівни**, начальника відділу динаміки та міцності, к.т.н. **Кари Сергія Віталійовича** і начальника відділу контролю технічного стану вагонів, аспіранта ДУІТ **Кошеля Олексія Олександровича** вирішили вперше подати свою науково-дослідну роботу «**Інноваційне удосконалення несучих конструкцій вантажних вагонів з підвищенням їх міцнісних характеристик**» на розгляд до Комітету з питань науки і освіти Верховної Ради щодо присудження премії. Представлена наукова робота носить теоретичний та експериментальний характер, за результатами якої отримані вагомі наукові здобутки для розвитку рухомого складу залізничної галузі України. Вимоги до претендентів та наукової роботи що подається на здобуття премії встановлені у затвердженій відповідній Інструкції, основні з яких: вік претендентів на 1 квітня 2019 року має бути менше 35 років; науково-технічна робота повинна бути у закінченій формі; висування роботи на премію повинне здійснюватися вченою або науково-технічною радою установи, де виконувалася основна частина дослідження; результати наукової праці повинні бути опубліковані у вітчизняних та міжнародних фахових виданнях.

Побажаємо удачі і підтримаємо наших молодих вчених у здобутті визнання Верховною Радою України результатів їх наукової праці та у подальшій їх науково-технічній діяльності на благо залізничній галузі країни.

