

**Палант О.Ю.**

доктор економічних наук,  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О.М. Бекетова

**Стаматін В.В.**

аспірант кафедри підприємництва та бізнес-адміністрування,  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О.М. Бекетова

**Тараруєв Ю.О.**

кандидат економічних наук, доцент,  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О.М. Бекетова

**Palant Oleksii, Stamatyn Vyacheslav, Tararuyev Yuriy**

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

## ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ СТАНЦІЙ МЕТРОПОЛІТЕНУ

*У статті розглянуто основні економічні аспекти підвищення пропускної здатності станцій метрополітену у зв'язку з майбутнім запровадженням систем автоведення поїздів на метрополітенах країни. Поняття підвищення пропускної здатності станцій тісно пов'язано з поняттями пропускної спроможності ліній та точністю виконання графіків руху. Саме ці показники вибрано для дослідження характеристик роботи метрополітенів, виявлено їх вплив на фінансові результати роботи метрополітенів. Саме їх підвищення забезпечить бездотаційне фінансування метрополітенів. Запропоновано практичні заходи, пов'язані з оптимізацією руху підземного транспорту з використанням системи САВП та застосуванням сумарної пропускної здатності як критерію оптимізації. Наведено порівняння з метрополітенами світу, де вже запроваджено такі системи.*

**Ключові слова:** метрополітен, система автоведення поїздів метрополітену, пропускна здатність станцій, пропускна спроможність ліній, оптимізація графіків руху, підвищення якості транспортних послуг.

**Постановка проблеми.** Впровадження системи автоматичного (автоматизованого) ведення поїздів (САВП) дає змогу вирішити одразу декілька важливих практичних завдань, таких як забезпечення енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності функціонування метрополітенів; більш раціональне використання рухомого складу та рейкового господарства; перекваліфікація частини працівників та підвищення комфорту пересування пасажирів. Однак найголовнішою метою використання САВП є оптимізація руху поїздів для забезпечення своєчасності та підвищення якості надання транспортних послуг, що досягається через підвищення пропускної здатності станцій метрополітенів і буде проілюстровано на прикладі КП «Харківський метрополітен».

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Криза пасажирської транспортної системи нашої країни докладно розглянута в роботах [1; 2], а вирішенню завдань сталої роботи метрополітенів присвятили свої дослідження О.В. Познякова [3], М.С. Анастасов [4], І.Г. Міренський [5] та інші вчені.

Однак у наукових розробках майже не приділено уваги проблемам забезпечення результативності роботи метрополітенів щодо підвищення пропускної

здатності станцій, ущільнення графіків руху поїздів та системного методологічного підходу до цього важливого питання. Саме це свідчить про актуальність вибраної теми дослідження.

**Формулювання цілей статті.** Метою статті є обґрунтування практичних рекомендацій щодо впровадження системи автоведення поїздів метрополітену та оптимізації руху транспорту через підвищення пропускної здатності станцій.

**Виклад основного матеріалу.** Одним з найбільш важливих аргументів на користь впровадження САВП є економічна доцільність впровадження цієї системи, що ілюструється через розрахунок величини відповідного економічного ефекту. Передбачено, що економічний ефект буде отримано в результаті зростання обсягів перевезення пасажирів. Складові частини економічного ефекту в узгальненому вигляді охарактеризовано нижче (рис. 1).

Важливо відзначити, що досягнення економічного ефекту є поетапним, а його елементи пов'язані між собою: оптимізація графіків руху поїздів приводить до підвищення якості та своєчасності надання послуг, що приводить до підвищення репутації метрополітену та додаткового зростання кількості перевезених пасажирів, зокрема

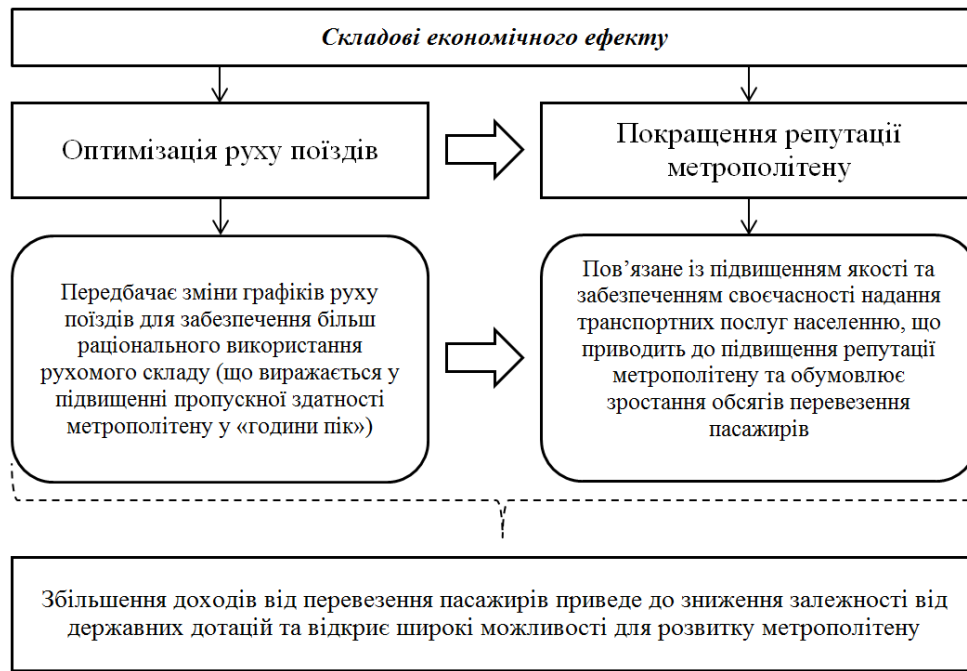


Рис. 1. Характеристика складових частин економічного ефекту від впровадження САВП

тих, хто пересів на метрополітен з інших видів транспорту, в тому числі зі власних автотранспортних засобів.

Перш ніж розраховувати розмір економічного ефекту, необхідно визначити поточну пропускну здатність підземного транспорту. Специфіка визначення цього показника полягає в тому, що він вимірюється в парах поїздів на годину, оскільки рух здійснюється одночасно у протилежних напрямках. Для розрахунку показника пропускної здатності використовують формулу (1):

$$P = \frac{60}{T_{\text{сер}}}, \quad (1)$$

де  $P$  – пропускна здатність, пар поїздів/год.;  $T_{\text{сер}}$  – середній час очікування поїзду, хв.

Таким чином, пропускна здатність характеризує інтенсивність руху поїздів метрополітену в одиницю часу та вважається важливою характеристикою функціонування не лише підземного, але й інших видів транспорту.

Наступним етапом розрахунків є визначення поточної пропускної здатності для різних ліній метрополітену. Нижче представлені графіки руху поїздів Харківського метрополітену (табл. 1).

Пропускна здатність для кожного часового періоду графіку руху на лініях буде різною, оскільки обсяги пасажирів також змінюються в процесі функціонування метрополітену по часах доби. Для застосування формули (1) необхідно перетворити інтервали на середні часові показники. Інтервали для різних станцій не співпадають, тому необхідно навести спільні інтервали та уникнути повторів. Результати цих розрахунків представлені в табл. 2.

Для оцінювання інтенсивності руху підземного електричного транспорту доцільно визначити сумарну

пропускну здатність у розрізі інтервалів руху. Графічно вона представлена нижче (рис. 2).

Узагальнення інформації щодо пропускної здатності поїздів метрополітену необхідне для того, щоб виявити інтервали найбільш інтенсивного руху транспорту (так звані години пік) та запропонувати рекомендації щодо оптимізації розкладу руху транспорту для кожної лінії метрополітену. Як бачимо, найбільш інтенсивним є рух підземного транспорту в інтервалах 7:00–9:00 та 17:00–18:00, що обумовлене графіком роботи більшості закладів, установ та організацій міста, бо в першому випадку пасажири прагнуть дістатися робочих місць, а у другому – повернутися з роботи.

Головна ідея оптимізації розкладу руху транспорту полягає в тому, щоби збільшити пропускну здатність у «години пік» та суміжні інтервали. При цьому рекомендується враховувати такі умови.

1) Мінімальний час очікування поїзду пропонується встановити на рівні 2,5 хв., що приблизно відповідає часу подолання поїздом відстані однієї зупинки. При цьому максимальна пропускна здатність становитиме 24 пари поїздів на годину. Для Олексіївської лінії, де пропускна здатність дещо менше, цей показник збільшується до 3 хв.

2) Для інтервалів, що є суміжними відносно тих, що мають найбільшу інтенсивність руху, час очікування збільшується до 4 хв., а пропускна здатність становить 15 пар поїздів на годину (для Олексіївської лінії показники становлять 5 хв. та 12 пар поїздів).

3) Для інших інтервалів розкладу час очікування може дещо збільшитися, бо значна кількість людей у цей час перебуває на робочих місцях або вже вдома.

Таблиця 1

## Графіки руху поїздів Харківського метрополітену

Холодногірсько-Заводська лінія		Салтівська лінія		Олексіївська лінія	
Інтервал розкладу руху	Час очікування	Інтервал розкладу руху	Час очікування	Інтервал розкладу руху	Час очікування
5:30–6:00	7–5	6:00–6:30	6–5	5:30–7:00	6
6:00–7:00	4	6:30–7:00	4		
7:00–9:00	3	7:00–9:00	3–4	7:00–9:00	5
9:00–10:00	3:30	9:00–14:00	5:30		
10:00–15:30	5:30	14:00–15:00	5	9:00–16:30	6
15:30–16:00	5	15:00–16:00	4	16:30–17:00	5:30
16:00–18:00	3:30–4	16:00–18:00	3:30	17:00–18:00	5
18:00–18:30	4	18:00–18:30	4	18:00–20:30	6
18:30–19:00	4:30	18:30–19:00	4:30		
19:00–20:00	5	19:00–20:00	5		
20:00–21:00	6	20:00–21:00	6–7	20:30–21:00	7
21:00–22:00	7–8	21:00–22:00	8		
22:00–23:00	10	22:00–23:00	10	21:00–23:00	10
23:00–00:00	12–15	23:00–00:00	12–15	23:00–00:00	15

Таблиця 2

## Пропускна здатність ліній залежно від розкладу руху поїздів

Інтервал розкладу руху	Пропускна здатність на лініях		
	Холодногірсько-Заводська	Салтівська	Олексіївська
5:30–6:00	10		10
6:00–6:30	15	11	10
6:30–7:00	15	15	10
7:00–9:00	20	17	12
9:00–10:00	17	11	10
10:00–14:00	11	11	10
14:00–15:00	11	12	10
15:00–15:30	11	15	10
15:30–16:00	12	15	10
16:00–16:30	16	17	10
16:30–17:00	16	17	11
17:00–18:00	16	17	12
18:00–18:30	15	15	10
18:30–19:00	13	13	10
19:00–20:00	12	12	10
20:00–20:30	10	9	10
20:30–21:00	10	9	9
21:00–22:00	8	8	6
22:00–23:00	6	6	6
23:00–00:00	4	4	4

4) Максимальну пропускну здатність пропонується також встановити на 18:30 замість 18:00, бо потрібен певний час, аби дістатися до станції після завершення робочого дня.

5) Розподілення інтервалів очікування необхідно здійснити таким чином, щоб сумарна кількість пар поїздів протягом добового руху транспорту залишилася незмінною, що дасть змогу оптимізувати графік руху без додаткових витрат ресурсів.

6) В процесі визначення величини пропускну здатності у роботі будуть використані інтервали, що узагальнені для всіх ліній метрополітену (рис. 2), що

полегшить представлення результатів розрахунків у графічному вигляді.

Зміни графіків руху здійснюються для кожної лінії окремо, що відображає особливості використання рухомого складу, але за результатами врахування описаних умов визначаються оновлені показники, що характеризують графіки руху (терміни очікування) та пропускну здатність станцій.

Крім того, результати розрахунків пропонується узагальнити аналогічно до узагальнень, представлених на рис. 2, що забезпечить їх коректне порівняння.

Кількість пар поїздів визначаємо за формулою (2):

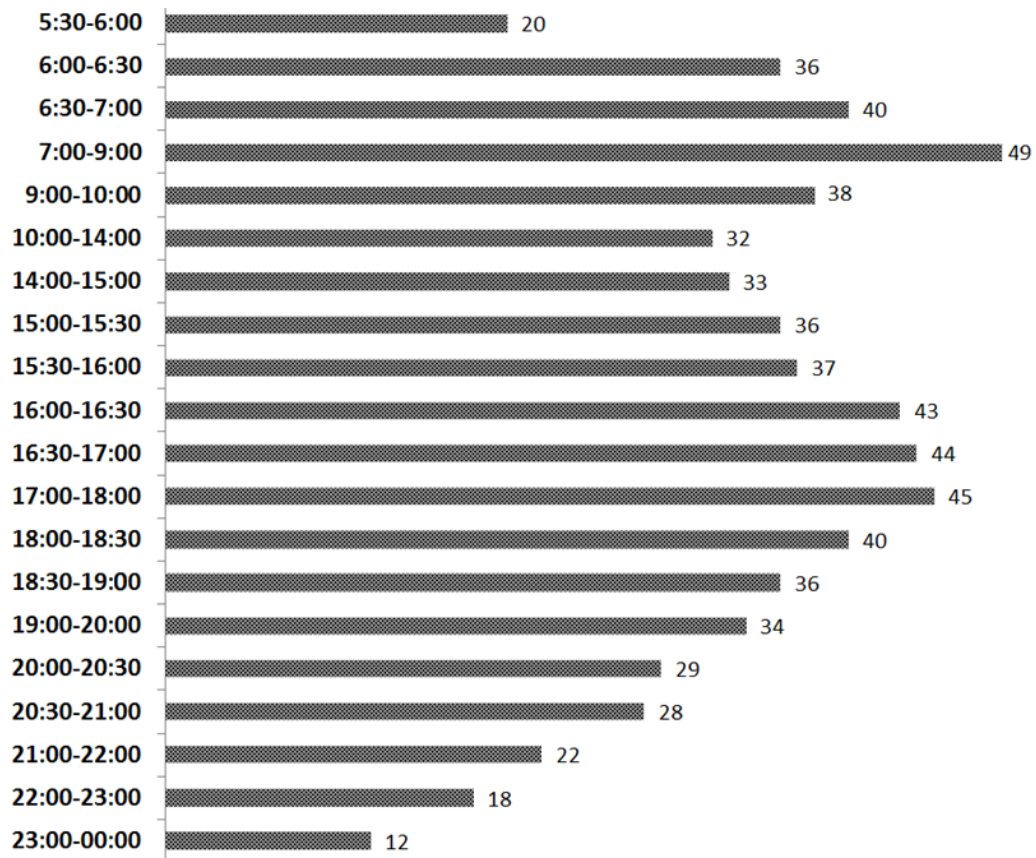


Рис. 2. Пропускна здатність Харківського метрополітену на різних інтервалах графіку руху поїздів

$$K_{\text{пп}} = \sum_{i=1}^n P_i \times T_i, \quad (2)$$

де  $K_{\text{пп}}$  – кількість пар поїздів на графіку руху поїздів;  $P_i$  – пропускна здатність протягом  $i$ -го інтервалу графіку руху, пар поїздів/год.;  $T_i$  – тривалість інтервалу, год.;  $n$  – кількість інтервалів.

За умов, що кількість поїздів буде незмінною, виконується умова (3):

$$\sum_{i=1}^n \Delta K_{\text{пп}(i)} = 0, \quad (3)$$

де  $\Delta K_{\text{пп}(i)}$  – відхилення кількості пар поїздів на  $i$ -му інтервалі руху.

Введення показників формул (2, 3) пов'язане з необхідністю оптимізації руху поїздів та відповідних витрат, а також обумовлене різною тривалістю інтервалів руху.

Враховання описаних вище умов дає змогу розрахувати величину пропускної здатності для ліній метрополітену, що дає можливість збільшити інтенсивність руху поїздів у години пік завдяки невеликому її зменшенню на інших інтервалах графіку руху. Реалізація такого підходу дає змогу підвищити якість обслуговування пасажирів, оскільки в цьому разі враховуються зміни потреб населення у перевезеннях.

Розрахунки доцільно навести для кожної лінії окремо, а також продемонструвати виконання умови незмінності загальної кількості поїздів протягом доби (табл. 3–5).

Для ілюстрації різниці між змінами пропускної здатності до та після впровадження рекомендацій необхідно порівняти загальні показники пропускної здатності (аналогічно до рис. 2). Це дасть змогу виявити збільшення інтенсивності руху транспорту у «години пік», про що йшлося вище.

Результати порівняння загальних показників пропускної здатності по КП «Харківський метрополітен» загалом представлені нижче (рис. 3).

Як уже зазначалося, за умов впровадження запропонованих рекомендацій пасажирів зможуть більш оперативно діставатися робочих місць і повертатися у місця проживання, але водночас терміни руху поїздів у робочий час дещо подовжені, бо впровадження рекомендацій не потребує додаткових витрат ресурсів (загальна кількість поїздів залишається незмінною).

Вжиття запропонованих заходів передбачає формування розкладу руху поїздів на основі змінених показників пропускної здатності, що покладатиметься на адміністрацію ліній метрополітену.

Економічний ефект від запровадження описаних вище пропозицій пов'язаний з покращенням репутації метрополітену та збільшенням річного обсягу перевезених пасажирів (за мінусом пільгового контингенту) в середньому на 4%. З урахуванням викладеного вище формула для визначення економічного ефекту матиме такий вигляд (4):

**Визначення пропускної здатності відповідно до рекомендацій, що пропонуються  
(Холодногірсько-Заводська лінія)**

Інтервал розкладу руху	Тривалість інтервалу	Пропускна здатність		Кількість пар поїздів	
		наявна	запропонована	наявна	запропонована
5:30–6:00	0,5	10	8	5	4
6:00–6:30	0,5	15	12	7,5	6
6:30–7:00	0,5	15	15	7,5	7,5
7:00–9:00	2	20	24	40	48
9:00–10:00	1	17	15	17	15
10:00–14:00	4	11	12	44	48
14:00–15:00	1	11	11	11	11
15:00–15:30	0,5	11	10	5,5	5
15:30–16:00	0,5	12	9	6	4,5
16:00–16:30	0,5	16	9	8	4,5
16:30–17:00	0,5	16	11	8	5,5
17:00–18:00	1	16	15	16	15
18:00–18:30	0,5	15	24	7,5	12
18:30–19:00	0,5	13	15	6,5	7,5
19:00–20:00	1	12	12	12	12
20:00–20:30	0,5	10	10	5	5
20:30–21:00	0,5	10	8	5	4
21:00–22:00	1	8	6	8	6
22:00–23:00	1	6	5	6	5
23:00–00:00	1	4	4	4	4
Всього	18,5			229,5	229,5

**Визначення пропускної здатності відповідно до рекомендацій, що пропонуються (Салтівська лінія)**

Інтервал розкладу руху	Тривалість інтервалу	Пропускна здатність		Кількість пар поїздів	
		наявна	запропонована	наявна	запропонована
6:00–6:30	0,5	11	11	5,5	5,5
6:30–7:00	0,5	15	15	7,5	7,5
7:00–9:00	2	17	24	34	48
9:00–10:00	1	11	15	11	15
10:00–14:00	4	11	10	44	40
14:00–15:00	1	12	9	12	9
15:00–15:30	0,5	15	9	7,5	4,5
15:30–16:00	0,5	15	10	7,5	5
16:00–16:30	0,5	17	11	8,5	5,5
16:30–17:00	0,5	17	11	8,5	5,5
17:00–18:00	1	17	15	17	15
18:00–18:30	0,5	15	24	7,5	12
18:30–19:00	0,5	13	15	6,5	7,5
19:00–20:00	1	12	11	12	11
20:00–20:30	0,5	9	9	4,5	4,5
20:30–21:00	0,5	9	7	4,5	3,5
21:00–22:00	1	8	7	8	7
22:00–23:00	1	6	6	6	6
23:00–00:00	1	4	4	4	4
Всього	18			216	216

Визначення пропускної здатності відповідно до рекомендацій, що пропонуються (Олексіївська лінія)

Інтервал розкладу руху	Тривалість інтервалу	Пропускна здатність		Кількість поїздів	
		наявна	запропонована	наявна	запропонована
5:30–6:00	0,5	10	7	5	3,5
6:00–6:30	0,5	10	8	5	4
6:30–7:00	0,5	10	12	5	6
7:00–9:00	2	12	20	24	40
9:00–10:00	1	10	12	10	12
10:00–14:00	4	10	8	40	32
14:00–15:00	1	10	8	10	8
15:00–15:30	0,5	10	7	5	3,5
15:30–16:00	0,5	10	7	5	3,5
16:00–16:30	0,5	10	8	5	4
16:30–17:00	0,5	11	8	5,5	4
17:00–18:00	1	12	12	12	12
18:00–18:30	0,5	10	20	5	10
18:30–19:00	0,5	10	12	5	6
19:00–20:00	1	10	9	10	9
20:00–20:30	0,5	10	7	5	3,5
20:30–21:00	0,5	9	6	4,5	3
21:00–22:00	1	6	5	6	5
22:00–23:00	1	6	4	6	4
23:00–00:00	1	4	4	4	4
Всього	18,5			177	177

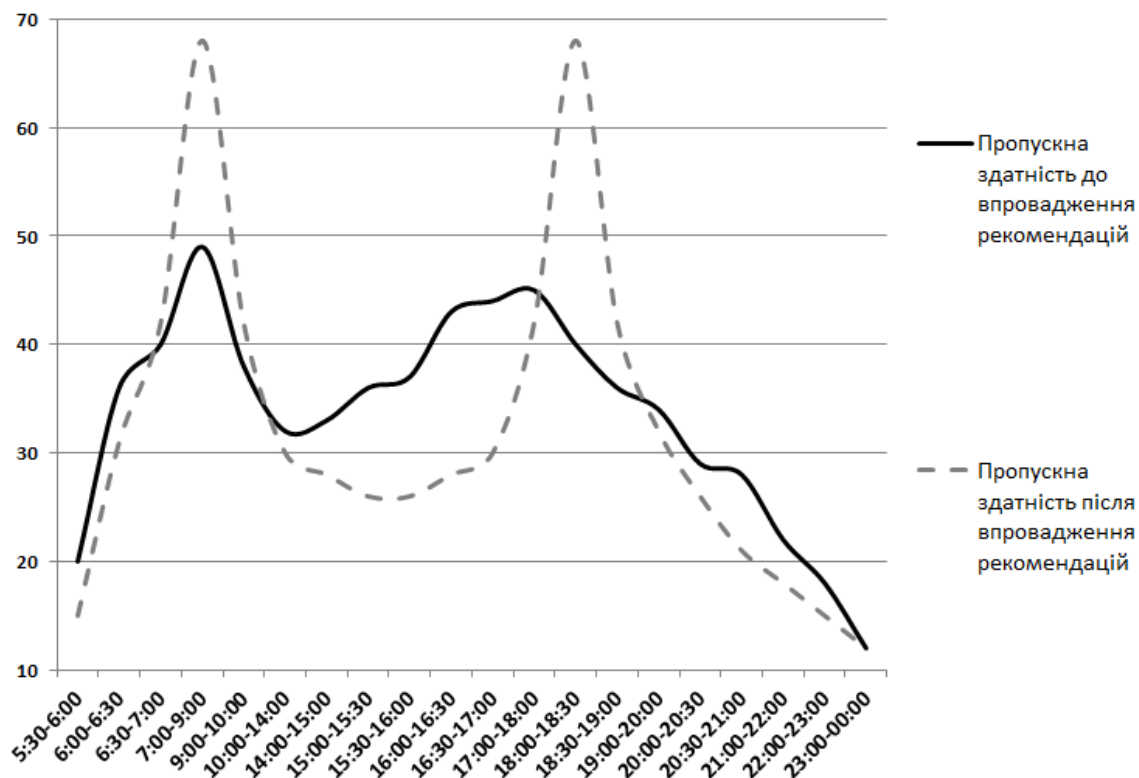


Рис. 3. Загальна пропускна здатність до та після впровадження запропонованих рекомендацій, пар поїздів на годину



$$E = (P - PK) \times 0,04 \times V_n, \quad (4)$$

де  $E$  – економічний ефект від вжиття заходів, млн. грн.;  $P$  – загальна річна кількість перевезених пасажирів, млн. осіб;  $PK$  – кількість пасажирів, що належать до пільгового контингенту, млн. осіб;  $V_n$  – вартість поїзду, грн.

Визначимо розмір економічного ефекту від вжиття запропонованих заходів станом на 2019 р. (дані щодо пасажироперевезень, а саме загальна кількість перевезених пасажирів та кількість перевезених пільговиків, надані КП «Харківський метрополітен»).

$$E = (212,76 - 38,1) \times 0,04 \times 8 = 55,891 \text{ млн. грн.}$$

Наведемо декілька прикладів підвищення пропускної здатності ліній метрополітенів світу. За даними сайту [6], лінія “7 Flushing” стала другою лінією метрополітену Нью-Йорку після лінії “L”, де в рамках модернізації засобів управління рухом поїздів впроваджено автоведення поїздів. Нова технологія дає змогу організувати рух поїздів з оптимальними швидкостями. Машиніст продовжує керувати поїздом під час відправлення зі станції, а за потреби включає екстрене гальмування. Лінії “7 Flushing” та “L” оснащені системою управління рухом поїздів по радіоканалу й після переходу до автоведення демонструють найкращі експлуатаційні показники на метрополітені Нью-Йорку. Зокрема, на лінії “7 Flushing” інтенсивність руху збільшилася з 25–27 до 29 пар поїздів на годину. Це одночасно привело до збільшення пасажирообороту на цій лінії та зростання доходів, які вона приносить у загальну скарбничку метрополітену.

Сайт [7] повідомляє, що 1 вересня 2019 р. здана в експлуатацію система управління рухом поїздів по радіоканалу на ділянці лінії “Circle” метрополітену Лондона. Ці роботи виконані за програмою, яка передбачає реконструкцію старих ліній, частина яких експлуатується з 1863 р. Реконструйовані лінії перевозять 1,3 млн. пасажирів щодоби, що відповідає чверті всього пасажиропотоку Лондонського метро. Нині вони продовжують використовувати графік руху з частотою 28 пар поїздів на годину, але після завершення модернізації засобів сигналізації планується збільшити цей показник до 32 пар поїздів на годину.

Повністю автоматизоване метро в м. Лілль (Франція) [8] в «години пік» має мінімальну дистанцію між поїздами, а інтервал між ними дорівнює 60 с. На інших часових відрізках поїзди ходять з інтервалом 1,5–4 хв., по неділях інтервал між поїздами становить 4–6 хв.

Всі названі іноземні системи автоматичного керування потягами метрополітену використовують системи інтервального регулювання руху поїздів на базі радіоканалу СВТС (Communication Based Train Control). СВТС являє собою систему залізничної сигналізації (придатної також для використання на метрополітені), яка використовує телекомунікації між поїздом та обладнанням для керування трафіком та інфраструктурою. За допомогою системи СВТС позиція поїзда відома більш точно, ніж з традиційними системами сигналізації, що нині використовуються на метрополітенах нашої країни. Це забезпе-

чує більш ефективний та безпечний спосіб управління рухом. Система СВТС регламентується стандартом IEEE 1474 [9], у якому надано таке її визначення: «безперервна, автоматична система управління поїздом, що використовує визначення місцезнаходження поїзда з високою роздільною здатністю, незалежно від колійних ланцюгів; безперервна високопродуктивна, двонаправлена комунікація з передачею даних між дорогами; а також процесори, призначені для поїздок та пересування, здатні впроваджувати функції автоматичного захисту поїздів (АТР), а також додаткові функції автоматичного управління поїздом (АТО) та автоматичного відслідковування поїзда (АТС)». Основним завданням СВТС є збільшення пропускної здатності ліній метрополітенів за умов безпечного зменшення проміжку часу між поїздами, що йдуть вздовж ліній.

Сучасні системи СВТС дають змогу застосовувати різний рівень автоматизації. Насправді СВТС не є синонімом словосполучень «без водія» або «автоматизовані поїзди», хоча вона розглядається як основна технологія для досягнення цієї мети. Максимальні рівні автоматизації доступні в діапазоні від операції з ручним захистом (які зазвичай застосовуються як резервний режим) до автономного управління поїздом (UTO). Проміжні режими роботи включають напівавтоматизований режим роботи (STO) або керування потягом без водія, тобто режим поїзда, в якому машиніст не бере жодної участі (DTO), але працює в салоні (супроводжуючий), отже, здатний вплинути на роботу за виникнення несправностей або збоїв у режимі роботи чи в разі надзвичайних ситуацій. Чим вище рівень автоматизації системи, тим вище рівень безпеки пасажироперевезень, функціональність та продуктивність [9].

Повернемося до використання згаданої системи на метрополітені Нью-Йорка. Вперше на метрополітені Нью-Йорка система автоведення поїздів на радіоканалі СВТС була розгорнута на лінії “L Canarsie” у 2009 р. Устаткування системи поставила компанія “Siemens”. Введення в експлуатацію системи СВТС на лінії “7 Flushing” відбулося у 2018 р. Ця лінія протяжністю 16 км проходить від центру Манхеттена до північної частини Квінса й частково є трипутною, причому по ній курсують як поїзди, що зупиняються на всіх станціях, так і прискорені поїзди-експреси (вони курсують у «години пік» у найбільш завантаженому напрямку й мають зупинки лише на більш завантажених станціях). Система СВТС впроваджувалася на лінії “7 Flushing” з 2010 р. Задля цього транспортна адміністрація Нью-Йорка (MTA) уклала контракт вартістю 343 млн. дол. США з компанією “Thales” на розроблення, поставку та установку базових компонентів системи управління рухом поїздів і стандартизованої системи радіозв’язку для обміну інформацією між поїздами та стаціонарним обладнанням. За даними MTA, вартість впровадження такої системи для 1 км шляху для Нью-Йоркського метрополітену була оцінена приблизно 1,5 млн. дол. США. Нині така ж система впроваджується на лінії “Queens Boulevard”, у проєкті беруть участь компанії “Siemens” і “Thales”. Завершення робіт заплановано на 2021 р.

Наприклад, якщо таку систему впровадити на Київському метрополітені, можна розрахувати термін її окупності після впровадження. Чистий прибуток підприємства «Київський метрополітен» за 2020 р. становить 2,4 млрд. грн. Знайдемо вартість обслуговування 1 км лінії на рік, для чого весь чистий дохід метрополітену за рік поділимо на довжину всіх ліній:  $2\,400\,000\,000 \text{ грн.} : 69,648 \text{ км} = 34\,285\,714 \text{ грн.}$

Переведемо вартість системи СВТС Нью-Йоркського метрополітену в гривню:  $1\,500\,000 \text{ доларів} * 27,8 = 41\,700\,000 \text{ грн.}$  Тепер для того, щоби розрахувати термін окупності системи для Київського метрополітену, потрібно вартість обслуговування 1 км лінії на рік розділити на витрати втілення нової системи на 1 км лінії:  $34\,285\,714 \text{ грн.} : 41\,700\,000 \text{ грн.} = 8 \text{ місяців.}$

З урахуванням витрат на оплату роботи працівникам, доставку апаратури, накладні витрати, що становить близько 40% від вартості обладнання, виходить приблизно 2,5 роки – термін окупності нової систем в Київському метрополітені.

Перехід до новітньої технології ведення поїздів є вигідним кроком на шляху модернізації будь-якого метрополітену. Підвищення комфорту перевезень для пасажирів, збільшення енергоефективності, застосування інтелектуальних систем в оптимізації графіків рухів потягів прискорять виведення метрополітенів із тривалої кризи.

Отримавши належне фінансування, можемо зменшити термін окупності проєкту. Важливою перевагою цієї технології є те, що її не потрібно встановлювати одразу на весь рухомий склад та іншу інфраструктуру всієї лінії (Святошинсько-Броварська лінія Київського метрополітену вибрана як базова для впровадження системи автоведення поїздів), відмовлятися від наявного працюючого обладнання. Так, у системі, що вибрана для втілення в КП «Київський метрополітен», передбачена скомпонована робота з наявною системою АЛС-АРШ. Отже, її можна впроваджувати поступово, при цьому не відмовлятися від наявної.

**Висновки.** Таким чином, у результаті вжиття практичних заходів, пов'язаних з оптимізацією руху під-

земного транспорту з використанням системи САВП та застосуванням сумарної пропускної здатності як критерія оптимізації планується отримати економічний ефект для КП «Харківський метрополітен» у розмірі 55,891 млн. грн., що досягається в результаті підвищення іміджу метрополітену через зростання якості та забезпечення своєчасності надання транспортних послуг.

Крім того, досягається соціальний ефект, що виражається у такому:

1) пропускна здатність станцій метрополітенів підвищиться, що позитивно вплине на кількість пасажирів, які одночасно перебувають на станціях метрополітену в очікуванні поїзда та у рухомому складі;

2) значно підвищиться рівень дотримання розкладу руху, що підвищить рівень обслуговування пасажирів, завдяки якому вони зможуть краще планувати свій час;

3) буде забезпечена точна координація часу приходу поїздів на станції метрополітену з розкладом руху наземного автобусного та електричного транспорту, що забезпечить пересадку пасажирів без затримок на очікування;

4) завдяки оптимізації руху поїздів по перегонах час перебування пасажирів всередині рухомого складу буде зменшений, що позитивно вплине на імідж громадського транспорту та неодмінно приверне увагу нових пасажирів;

5) підвищиться комфорт перевезень за рахунок зменшення кількості та протяжності ділянок розбігу та невиправданого гальмування поїздів;

6) для пасажирів, що опікуються проблемами екології, зазначимо, що витрати електроенергії на тягу поїздів метрополітену знизяться, за прогнозними даними, від 2% до 10%;

7) підвищиться безпека пасажироперевезень за рахунок виключення людського фактору, що приведе до зменшення непередбачуваних ситуацій.

Отже, ми пропонуємо керівникам підприємств метрополітену та керівникам міських рад, яким нині підпорядковані метрополітени, якомога скоріше впроваджувати на метрополітенах країни систему автоведення поїздів з огляду на всі переваги її застосування та можливість отримання значного економічного ефекту від її впровадження.

#### Список літератури:

1. Водовозов Є.Н. та ін. Проблеми реструктуризації підприємств наземного електричного транспорту. Харків : Золоті сторінки, 2018. 208 с.
2. Никифорок О.І. Модернізація наземних транспортних систем України. Київ : НАН України, 2014. 440 с.
3. Познякова О.В., Гуляев М.С. Оновлення логістичної інфраструктури метрополітену Києва. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2018. № 62. С. 104–111.
4. Анастасов М.С., Кочерыгин А.С. Развитие инновационной структуры метрополитена мегаполиса: управленческий аспект. *Транспортное дело России. Серия : Экономика*. 2013. С. 39–44.
5. Міренський І.Г., Сосіпатров А.М. Удосконалення організації пасажирських перевезень на метрополітені. *Вестник ХНАДУ*. 2013. Вип. 61–62. С. 162–169.
6. Пассажирский транспорт. URL: <https://traffic.od.ua/news/worldtrans/1214573> (дата звернення: 19.08.2020).
7. Железные дороги мира. URL: <http://www.zdmira.com/news/sistemaupravleniadvizeniemproezdov> (дата звернення: 19.08.2020).
8. Метрополитен. *Livejournal*. URL: <https://ru-metro/livejournal.com/1139168/html> (дата звернення: 20.08.2020).
9. Communications-Based Train Control (CBTC). URL: <http://www.railsystem.net/communications-based-train-control-cbtc> (дата звернення: 20.08.2020).



## References:

1. Vodovozov Yu.N. and other (2018) *Problemy restrukturyzatsiyi pidpryyemstv nazemnoho elektrychnoho transport* [Problems of restructuring enterprises of land electric transport]. Kharkiv: Golden Pages. (in Ukrainian)
2. Nykyforuk O.I. (2014) *Modernizatsiya nazemnykh transportnykh system Ukrayiny* [Modernization of Ukraine's land transport systems]. Kyiv: IEP NANU. (in Ukrainian)
3. Pozniakova O.V., Huliaiv M.S. (2018) Onovlennya lohistychnoyi infrastruktury metropolitenu Kyyyeva [Upgrade of logistic infrastructure of the Kyiv]. *Bulletin of Economics of Transport and Industry*, no. 62, pp. 104–111.
4. Anastasov M.S., Kocherigin A.S. (2013) Razvitiye innovatsionnoy struktury metropolitena megapolisa: upravlencheskiy aspekt [The development of innovation infrastructure underground metropolis: administrative aspect]. *Transport Business in Russia*, pp. 39–44.
5. Mirenskiy I.G., Sosipatrov A.M. (2013) Udoskonalennya orhanizatsiyi pasazhyrs'kykh perevezen' na metropoliteni [Improvement of underground public conveyance service]. *Bulletin of KhNAHU*, vol. 61–62, pp. 162–169.
6. Passazhyrskiy transport [Passenger transport]. Available at: <https://traffic.od.ua/news/worldtrans/1214573> (accessed 19.08.2020).
7. Zheleznie dorohy myra [Railways of the world]. Available at: <http://www.zdmira.com/news/sistemaupravleniad-uznaniempoezdov> (accessed 19.08.2020).
8. Metropolyten [Metro]. Livejournal. Available at: <https://ru-metro/livejournal.com/1139168/html> (accessed 20.08.2020).
9. Communications-Based Train Control (CBTC). Available at: <http://www.railsystem.net/communications-based-train-control-cbtc> (accessed 20.08.2020).

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СТАНЦИЙ МЕТРОПОЛИТЕНА

*В статье рассмотрены основные экономические аспекты повышения пропускной способности станций метрополитена в связи с будущим внедрением систем автоведения поездов на метрополитенах страны. Понятие повышения пропускной способности станций тесно связано с понятиями пропускной способности линий и точностью выполнения графиков движения. Именно эти показатели выбраны для исследования характеристик работы метрополитенов, выявлено их влияние на финансовые результаты работы метрополитенов. Именно их повышение обеспечит бездотационное финансирование метрополитенов. Предложены практические меры, связанные с оптимизацией движения подземного транспорта с использованием системы САВП и применением суммарной пропускной способности как критерия оптимизации. Приведено сравнение с метрополитенами мира, где уже внедрены такие системы.*

**Ключевые слова:** метрополитен, система автоведения поездов метрополитена, пропускная способность станций, пропускная способность линий, оптимизация графиков движения, повышение качества транспортных услуг.

## ECONOMIC ASPECTS OF INCREASING THE THROUGHPUT OF METRO STATIONS

*The article discusses the main economic aspects of increasing the throughput of metro stations in connection with the upcoming introduction of automatic train guidance system in the Ukrainian metro. In scientific developments, practically no attention has been paid to the systemic methodological approach to the issue of the effectiveness of the work of metro in terms of increasing the throughput of stations and tightening train schedules. This is what shows the relevance of the chosen topic and determined the choice of the direction of research in scientific and practical aspects. The concept of increasing station throughput is closely related to the concepts of line throughput and the accuracy of execution of traffic schedules. It was these indicators that were chosen to study the characteristics of the work of metro. Their influence on the financial results of the work of metro was revealed. Raising these indicators will bring metro closer to non-subsidy financing schemes. Practical recommendations are proposed for optimizing the movement of underground transport using the considered automatic train guidance system. The indicator of the total throughput of the stations was selected as an optimization criterion. Comparisons with the subways of other countries, where similar systems have already been introduced, are given. In addition, the result of the proposed measures will be to improve the image of metro, improve the quality of transport services, and ensure the timely delivery of transport. A social effect that cannot be calculated in physical units is also achieved. And the most important positive point is that the safety of passenger transportation will increase by eliminating the human factor, which could cause emergency unforeseen situations. Therefore, we propose to the heads of metro enterprises and heads of city councils, which are now, supervise the metro, to introduce the automatic train guidance system on the metro of our country as soon as possible, taking into account all the advantages of its use. The opportunity to obtain a significant economic effect from its implementation will provide the prerequisites for bringing the urban electric transport industry out of the protracted crisis.*

**Key words:** metro, automatic train guidance system, station throughput, line throughput, optimization of traffic schedules, improving the quality of transport services.