

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної роботи бакалавра

на тему «Аналіз умов та показників роботи рухомого складу на маршруті
автобусу №302 у місті Кривий Ріг під час воєнного часу»

Виконав:

студент 4 курсу, групи ТТ-18 _____ М.А. Співак
(шифр групи) (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент _____ В.О.Сістук
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри:

д.т.н., професор _____ Ю.А. Монастирський
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (прізвище та ініціали)

Кривий Ріг – 2022 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський) рівень вищої освіти

Галузь знань: 27 – «Транспорт»

Спеціальність: 275 – «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
автомобільного транспорту

_____/_____
_____”_____ 2022 р

ЗАВДАННЯ

НА ВИПУСКНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Співаку Микиті Андрійовичу

1. Тема Аналіз умов та показників роботи рухомого складу на маршруті автобусу №302 у місті Кривий Ріг під час воєнного часу

керівник проекту Сістук В.О., к.т.н., доцент

затверджені наказом університету від 27.04.2022 року №280с

2. Строк подання студентом роботи для перевірки на плагіат 16.06.2022

3. Вихідні дані до роботи: Розклад руху на маршруті 302.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Огляд методів обстеження роботи громадського автотранспорту.

2. Аналіз показників роботи рухомого складу на маршруті міського автобусу

302 3. Розрахунок ефективності запропонованих заходів 4. Безпека життєдіяльності

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень)

Графіки та діаграми по результатах досліджень у вигляді презентації в програмі Microsoft Office Power Point, на компакт диску з шістьма екземплярами роздруківки презентації для членів ДЕКу.

6. Дата видачі завдання 27.04.2022.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1	Огляд методів обстеження роботи громадського автотранспорту	27.04-5.05	
2	Аналіз показників роботи рухомого складу на маршруті міського автобусу 302	5.05 – 12.05	
3	Розрахунок ефективності запропонованих заходів	12.05-15.05	
4	Безпека життєдіяльності	15.05-16.05	
5	Оформлення пояснювальної записки і презентації	16.05-26.05	

Студент

(підпис)

М.А. Співак

Керівник роботи

(підпис)

В.О. Сістук

РЕФЕРАТ

У роботі проведені обстеження пасажиропотоку на автобусному маршруті громадського транспорту 302 у місті Кривий Ріг «А/С Інгулець-площа Визволення» з урахуванням фактору дії воєнного стану.

Проведено натурні обстеження пасажиропотоку на маршруті у салоні автобусу у ранкову пікову годину доби та на зупинці «Центральний ринок» в обох напрямках руху.

Визначено, що дія воєнного часу мала значний вплив на роботу рухомого складу:

- частина автобусів була використана для евакуації громадян України із зон бойових дій;

- розроблено новий розклад руху, за якого суттєво збільшилися інтервали руху (в середньому до 97 хвилин) при тривалості рейсу в один напрямок 82 хвилини;

- добові обсяги перевезень зменшились до 577 – 601 пасажирів, а рівень заповненості салону у пікову годину доби становив 40% від номінальної пасажиромісткості автобуса, що спричинено переміщенням в інші райони міста та поза місто частини жителів району Інгульця.

Пропонується збільшити кількість автобусів на маршруті з 2 до 3, що дозволить отримати два види ефектів: під час війни – соціальний ефект від зменшення часу очікування пасажирів автобусу, у післявоєнний час – очікувати додатковий річний дохід від реалізації білетів у розмірі 392 тис.грн.

Зміст

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД МЕТОДІВ ОБСТЕЖЕННЯ РОБОТИ ГРОМАДСЬКОГО АВТОТРАНСПОРТУ	9
1.1. Огляд літературних джерел з використання великих даних на громадському транспорті	9
1.2. Методи обстеження громадського транспорту	12
1.3 Автоматизоване відстеження транспортного засобу (AVL)	12
1.4 Автоматизований збір оплати проїзду (AFC)	14
1.5. Автоматизований підрахунок пасажирів (APC)	19
1.6 Висновки до розділу 1	23
РОЗДІЛ.2. АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ РУХОМОГО СКЛАДУ НА МАРШРУТІ МІСЬКОГО АВТОБУСУ 302	24
2.1. Обґрунтування методики дослідження	24
2.2. Характеристика маршруту міського комунального автобусу 302	30
2.3. Результати обстежень пасажиропотоків на маршруті у салоні автобуса	32
2.4. Результати обстеження рівня заповненості автобусу на локації	37
2.4. Розробка рекомендацій щодо підвищення ефективності маршруту з урахуванням фактору воєнного часу	41
2.5. Висновки до розділу 2	45
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ	46
3.1. Обґрунтування методики	46
3.2.Результати розрахунків	47

РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ НА ГРОМАДСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ ПІД ЧАС ПАНДЕМІЇ COVID-19.....	49
ВИСНОВКИ.....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	56

ВСТУП

Актуальність теми. Уперше за часи незалежності Україна зіткнулась із військовим нападом Російської Федерації, який за масштабами перевищує бойові дії останніх 8 років на Сході державі. Знищення українського народу, цивільної інфраструктури, внутрішня та зовнішня міграція, перебудова економіки, яка супроводжується значним спадом по цілим галузям, – все це далеко не повний перелік подій теперішнього воєнного часу. Міста України, особливо ті, що знаходяться у безпосередній близькості до фронту, потребують нових підходів до організації господарчої діяльності, її відповідності сучасному стану речей. До таких міст відноситься Кривий Ріг. У Криворізькому районі Дніпропетровської області проходять активні бойові дії із застосуванням важкої артилерії. Одним із поселень, які знаходяться в небезпеці, є місто Інгулець, яке входить з 2002 року до складу Кривого Рогу разом із Широківською селищною громадою. Частина мешканців Інгульця була евакуйована. Однак тих мешканців, які залишились й представляють працездатну категорію населення, умовно можна розділити на дві категорії: працівники, задіяні на робочих місцях в Інгульці (в основному ПрАТ «ІнГЗК») та працівники підприємств, розташованих саме у місті Кривий Ріг. Оскільки останні є джерелом генерації поїздок типу «робота-дім» та поглинання поїздок «дім-робота» між віддаленими районами міста (більше 30 км), важливим стає ефективна організація роботи громадського транспорту, який поєднує район Інгульця з іншими районами міста Кривий Ріг у воєнний час. Особливою актуальності це питання набуває в умовах стрімкого підвищення вартості палива, яке спостерігається під час війни, що має суттєвий вплив при виборі типу транспорту для здійснення відповідних поїздок. Єдиним маршрутом громадського транспорту, який без пересадок з'єднує район Інгульця з іншими районами міста є маршрут комунального автобусу «пл. Визволення-автостанція Інгулець» під номером 302. У зв'язку з вищенаведеними

факторами, актуальним є обстеження пасажиропотоків та визначення показників роботи рухомого складу на маршруті 302 в умовах воєнного часу.

Мета і задачі дослідження. Необхідно виконати аналіз особливостей роботи та показників ефективності рухомого складу на автобусному маршруті №302 у місті Кривий Ріг у військовий час.

Основні задачі дослідження:

- провести аналіз сучасних методів обстеження громадського транспорту;
- провести обстеження пасажиропотоку на автобусному маршруті комунального транспорту №302 у місті Кривий Ріг;
- визначити показники роботи рухомого складу на маршруті автобусу №302;
- розробити рекомендації щодо вдосконалення роботи автобусного маршруту №302.

Об’єкт дослідження – пасажирські перевезення міським громадським автотранспортом у місті Кривий Ріг.

Предмет дослідження – показники роботи рухомого складу на маршруті громадського автотранспорту № 302.

Методи дослідження. Аналіз, математична статистика, візуальні обстеження, аналіз літературних джерел.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблені рекомендації для удосконалення організації роботи автобусів на маршруті комунального транспорту 302 у місті Кривий Ріг.

Структура і обсяг роботи. Робота складається з реферату, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 53 найменувань. Загальний обсяг роботи – 61 с, включаючи 5 рисунків та 7 таблиць.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД МЕТОДІВ ОБСТЕЖЕННЯ РОБОТИ ГРОМАДСЬКОГО АВТОТРАНСПОРТУ

1.1. Огляд літературних джерел з використання великих даних на громадському транспорті

Громадський транспорт (ГТ) все більше відіграє важливу роль у житті населення великих міст. При цьому організація роботи складної мережі пасажирського транспорту у вигляді щоденних поїздок є складним завданням, особливо в умовах швидкої урбанізації та пов'язаного з цим збільшення населення. Тому для системи громадського транспорту запроваджуються відповідні інструменти аналізу його роботи. Справді, у кількох дослідженнях (наприклад, [1–3]) показано, що отримання достовірної інформації має вирішальне значення для належного функціонування тих же інформаційних систем громадського транспорту. Зауважимо, по-перше, що, загалом, система громадського транспорту складається з пропозиції (представлена через транзитну послугу) і попиту (відображає поведінку пасажирів).

Кінцевою метою роботи системи ГТ є досягнення балансу, за якого транзитні послуги задовольняють потреби пасажирів, використовуючи наявну інформацію.

З одного боку, класичні джерела даних про транспортне обслуговування, які в основному надаються органами місцевого самоврядування, засновані на розкладах руху та загальної інформації про відповідний маршрут. Однак ці статичні дані не є інформативними з точки зору збоїв (наприклад, затримок, переривань), оскільки вони повністю засновані на графіках, які є очікуваннями, а не на результатах спостережень.

Крім того, зазначимо, що фактичне дотримання графіків руху може виконуватись, а може і не виконуватись, при цьому розклад не визначає певні деталі, які мають місце, наприклад, коли кажуть, що автобус ходить з інтервалом п'ять хвилин. Замість того, щоб використовувати розклад, на

робота громадського транспорту може бути організована за вимогою, або застосовуватися інші варіанти.

З іншого боку, традиційні ручні підходи до збору інформації про попит і поведінку пасажирів, такі як опитування домогосподарств, показали обмеження, які не дозволяють впоратися з поточними проблемами самостійно [4]. Тому в останні роки великі дані використовуються як область, яка надає нові перспективи вдосконалення систем ГТ. Тобто наявність цих даних в поєднанні з передовими підходами до інструментів аналізу проклали шлях для використання наборів масиву даних для ГТ. Як наслідок, сьогодні це широке застосування великих даних до проблем ГТ відкриє нові перспективи досліджень, які раніше були недоступні традиційними підходами до транспортних даних. Тому для ГТ все більше стає важливим розробка джерел загального збору даних про ГТ, а також більш потужних аналітичних інструментів. Однак значне збільшення доступності даних викликає зростання проблеми щодо їх обробки, включаючи перевірку.

Інтерес до використання великих даних для ГТ почав виникати давно, ще до того, як слово «великі дані» навіть не було використано. Основні посилення на великі дані у відкритих літературних джерелах почалося приблизно з 2014 року [5]. За останні роки опубліковано багато досліджень щодо використання великих даних на ГТ. Нещодавно було опубліковано кілька оглядів про великі дані в ГТ, які підсумовуємо нижче.

По-перше, робота [5], яка видається найбільш повним оглядом питання використання великих даних на ГТ, має на меті категоризувати відповідні дослідження за цією темою у трьох областях, а саме аналіз поведінки пасажирів, оптимізація роботи і формування транспортної політики. Опишемо основні джерела даних та поділимо їх відповідно до технології, з яких вони походять, або традиційні або передові технології збору даних.

У роботі [6] висвітлюються основні джерела великих даних на ГТ, у поєднанні з відповідним їх використанням. Автори класифікують включені наукові праці залежно від їх призначення, а саме сервіс (продуктивність),

поведінка користувачів, попит на поїздки, організація, сталість і безпека. Інші наукові публікації присвячені конкретним темам. Наприклад, у роботі [7] автори мають на меті переглянути прогрес транспортних досліджень.

Інші роботи зосереджені на огляді ширшої сфери транспорту. Наприклад, мета дослідження [8] – використання аналітики великих даних для побудови інтелектуальних транспортних систем. Зокрема, автори поділяють різні джерела даних на смарт-картки, глобальну систему позиціонування (GPS), відео, датчики, підключені транспортні засоби та пасивні джерела збору даних (наприклад, соціальні мережі). Автори також розглядають деякі з основних додатків і прийняті аналітичні підходи. Для нашої роботи важливим є те, що у [9] розглянуто застосування великих даних для соціального ГТ. Автори прагнуть забезпечити для кожної програми дій необхідні джерела, а також інформацію, що міститься в них, і необхідний аналітичний підхід для обробки даних. У роботі [10] визначаються потенційні можливості, які відкривають великі дані для оптимізації послуг ГТ.

Сучасні публікації скоріше мають на меті показати різні застосування великих даних у ГТ, ніж зосередитися на самих джерелах даних. Через різноманітність використання великих даних на транспорті, описані публікації-огляди не є вичерпними. Наприклад, ряд використань, виділених у [11], не згадуються в цих статтях.

Основними джерелами автоматизованого збору вихідних даних на ГТ є автоматичне визначення місця розташування транспортного засобу (AVL), системи автоматизованого збору тарифів (AFC) та автоматизованого підрахунку пасажирів (APC). Ці дані є ендегенними, оскільки до них можуть отримати доступ безпосередньо відповідні установи, якщо для них доступні необхідні технології. Крім того, інтерес представляють екзогенні джерела, як-от погода, дорожній рух, соціальні мережі, смартфони та опитування, які також містять цінну інформацію. На основі всебічного обговорення різних типів джерел даних у відповідній літературі, можна сформулювати структуру

управління інформацією, яка дозволяє впорядкувати майбутню роботу в цій сфері.

1.2. Методи обстеження громадського транспорту

У підрозділі приведено огляд можливих внутрішніх даних для різних зацікавлених сторін, а також інформаційних систем на ГТ. Вирішальною умовою для загального використання цих джерел даних є те, що вони відкритими, коректними, послідовними та тим, що оновлюються на регулярній основі з метою забезпечення функціональності та надійного використання. Цілі цих даних можуть бути взаємопов'язані з допоміжними операціями, знаннями про систему ГТ, а також юридичними питаннями. Дані можуть надходити як статичні, так і динамічні, які змінюються з часом.

Наш основний інтерес стосується AVL, AFC та APC, представлених у кількох наступних підрозділах. Крім цього, можуть використовуватися додаткові ендогенні дані, як, наприклад, зазначено у роботі [12], у якій досліджується використання даних про потік каналів, кількість адресатів та/або середнє значення відстані проїзду. Особливу увагу приділимо APC.

1.3 Автоматизоване відстеження транспортного засобу (AVL)

Системи AVL – це комп'ютеризовані системи відстеження транспортних засобів, які працюють шляхом вимірювання розташування кожного транспортного засобу в реальному часі та передачу цієї інформації назад до базової станції.

Системи AVL збирають місцезнаходження транспортних засобів, як правило, шляхом передачі значень датчиків з дуже короткою періодичністю (найчастіше від 10 до 30 с). Для цього можна використовувати багато технологій для AVL (іноді також називаються автоматичний моніторинг автомобіля — AVM). Прикладами таких технологій є GPS, показник і інтерполяція одометра, наземне радіо. Для отримання додаткової інформації

про технологічні аспекти, які привели до впровадження AVL, зацікавлений можна скористатись джерелом [13]. Слід зазначити, що технології, які були важливими деякий час, мають сьогодні менше значення. Зауважимо, що GPS на даний момент здається найбільш використовуваною технологією в західній півкулі [14]. Система GPS працює через мережу орбітальних супутників, які передають сигнали на землю. Спеціальні приймачі на кожному транспортному засобі здатні зчитувати наявні сигнали, щоб визначити їх положення [15]. Потім – географічне розташування (часто вимірюється широтою та довготою), а також датою, часом та іншими оперативними даними розповсюджується між різними зацікавленими сторонами, наприклад, транспортними перевізниками.

Основна мета впровадження систем AVL – дозволити особам, що приймають рішення, дистанційно відстежувати місцезнаходження автопарку, наприклад, за допомогою Інтернету. Насправді ці дані є потенційно багатим джерелом інформації про фактичні операції автопарку і зазвичай використовуються, зокрема для оцінки транспортних послуг.

Важливість впровадження AVL в режимі реального часу давно усвідомлена. Наприклад, у роботі [16] ілюструється, як AVL міг бути інтегрованим зі статичними даними. Крім того, в AVL необхідною є функція збереження надійності. У роботі [17] представлена методологія вимірювання надійності через AVL. У роботі [18] підкреслюється, що AVL разом з іншими джерелами даних може бути альтернативою бортових опитувань, які були традиційним способом оцінки транзитних послуг. За останні десятиліття з'являється все більше досліджень у цій області. В роботі [19] запропоновано підхід, метою якого є оцінити автобусні зупинки для маршрутів, надійність яких недостатня разом із причинами їх забезпечення превентивних стратегій. Ця робота була розширена в [20] і [21], в яких замість надійності вводиться поняття пунктуальності. Основна відмінність, на думку авторів, полягає в тому, що остання додатково враховує час прибуття пасажирів. Зокрема, в [22] автори пропонують веб-платформу для підтримки перевізників, які оцінюють свої послуги. У [22] автори використовують інший підхід щодо аналізу

затримки, який спрямований на виявлення зупинок, найбільш уразливих до затримок.

У роботі [23] пропонується підхід, який використовує розташування автобуса для покращення надійності транспортних послуг шляхом визначення пріоритетності сигналів автобуса. Підхід полягає у використанні технологій підключеного транспортного засобу та впровадження адаптивної моделі синхронізації сигналів. Автори [24] також зацікавлені в оптимізації ГТ на основі даних AVL.

Що стосується перевірки даних AVL, цю проблему можна було б вирішити шляхом покращення інвестування в базову технологію (наприклад, GPS). Автори [25] розглядають проблему відновлення траєкторій транспортних засобів за розрідженими послідовностями точок GPS.

Інші рішення для перевірки AVL також можуть бути ефективними. Наприклад, у [26] дослідники Google прагнуть узгодити спостереження за траєкторіями транспортних засобів за маршрутами, що служить виявленню змін у дорозі за допомогою відповідного методу оцінки.

1.4 Автоматизований збір оплати проїзду (AFC)

Перш за все, зазначимо, що технологія смарт-карт є основною технологією для виконання AFC. Висвітliamo деякі переваги використання цієї технології перед традиційними варіантами оплати проїзду. Зокрема, однією з її головних переваг є те, що вона характеризується багатим джерелом даних (крім пільг можна також розглянути поведінкові проблеми, що виникають, наприклад, якщо готівка зменшується або відкидається). Дійсно, коли пасажир на станції натискає на картку, інформація про неї записується в систему AFC. Іншими словами, AFC надає інформацію про пасажирів, які оплачують за допомогою смарт-картки або інших форм електронних квитків.

Відзначимо, що за останні роки спостерігається значний прогрес у можливостях платіжних систем, засобів масової інформації та обладнання та

що цей прогрес швидко продовжується. У роботі [27], автори розглядають та оцінюють нові тенденції та зміни, пов'язані з оплатою проїзду (технології магнітної смуги та смарт-картки). Більш свіжий огляд сучасних технологій AFC з їх порівнянням можна знайти в [28]. Останній огляд літератури щодо ухилення від оплати проїзду наведено в [29].

Багато дослідників прагнуть отримати інформацію за дуже низькою ціною та дані карток розумно задовольняють цю потребу, оскільки надають цінну інформацію для аналізу обох складових пасажирських перевезень – попиту і обслуговування. Фактично, аналізуючи літературу, ми помічаємо, що AFC в основному призначена для вивчення поведінки пасажирів і особливостей транспортного попиту. Однак вона також може бути корисним для інших цілей, у тому числі для аналізу та оцінку перевізних послуг, як підкреслюється в [30]. Стаття узагальнює різні застосування даних AFC на стратегічному, тактичному та оперативному рівні. Фактично, дані AFC можуть надати інформацію про попит пасажирів і аналіз їх поведінки на стратегічному рівні, оцінку перевізної служби на тактичному та оперативному рівнях. Один з найбільш важливих застосувань системи стосується просторово-часових даних і неявних моделей мобільності пасажирів. Враховуючи проблеми безпеки даних, може бути важко визначити як довгострокові мобільність і стабільність моделей поїздок пасажирів. Для цього, наприклад, у роботі показано спробу [31] дослідити метрику для вимірювання подібності даних смарт-карт у часі.

Поведінка пасажирів та попит на ГТ традиційно оцінювалися опитуваннями. Однак опитування можуть бути ненадійними та упередженими. Далі їх складніше поєднувати з іншими екзогенними джерелами даних (наприклад, погода, дорожній рух; принаймні більшість анкет для громадськості зазвичай не надають інформацію про погодні дані), якщо не прийняті відповідні інструменти обробки. Дійсно, в багатьох документах було зазначено, що дані смарт-карт виходять за рамки традиційних підходів до опитування, надаючи більше повної та вичерпної

інформації про ГТ (наприклад, [32]). Незважаючи на наявність даних опитування, які намагаються надати детальну та повну інформацію, їх потрібно часто оновлювати, і вони є ресурсомісткими. Смарт-карта, як альтернатива, дає змогу отримувати інформацію про різних пасажирів (найчастіше за номерами їхніх карток), додавши до цього концепцію «таємного шопінгу», про який згадується в [33]. Таємний шопінг – це маркетинговий метод, призначений для вимірювання якості послуги та збору іншої інформації.

У роботі [34] показано, як дані смарт-картки можна використати для вимірювання, наскільки користувачі ГТ змінюють свою поведінку з часом. Зазначаємо, що різні методи були прийняті для обробки AFC з вищезгаданої причини. Наприклад, у [35] пропонується стохастична методологія, яка аналізує поведінку пасажирів з використанням даних смарт-карток в реальному часі від системи AFC, яка відображає характеристики користувачів ГТ. Інший підхід до групування пасажирів відповідно до їхніх тимчасових звичок представлено в [35].

У [36] розроблено методологію для зв'язку даних дезаггегованих поїздок відповідно до опублікованих розкладів з метою вивчення поведінки пасажирів.

У [37] встановлено індекс для кількісної оцінки діапазону переваг користувачів, які завжди вибирають поїздки тим самим маршрутом.

У [38], автори аналізують попит на перевезення, щоб запропонувати індивідуальні автобусні послуги.

У великій кількості статей дані AFC використовуються для отримання матриці відправлення-призначення (O-D). Така матриця має на меті побудувати моделі попиту на поїздки та кількісно оцінити попит на транспорт між географічними регіонами міста, які також використовуються при аналізі поведінки в поїздках. І тут дані AFC є корисною альтернативою польових опитувань, як показано, наприклад, у [39]. Насправді автори стверджують, що

опитування домогосподарств може значно недооцінити попит і що дані AFC необхідно доповнювати.

Крім того, у [40] проведено порівняння з великим опитуванням O-D у місті Сантьяго, Чилі. Автори прагнуть перевірити результати опитування та виявити певні помилки шляхом поєднання даних AFC і AVL. У [41] представлено дві різні методики для оцінки місця призначення пасажирських поїздок за даними AFC.

Якщо місце посадки доступне (наприклад, у поєднанні з даними AVL), ця інформація може бути просторово розподілена по мережі. Зазначимо, що це визначається як одна з переваг AFC поза опитуваннями, як показано, наприклад, у [34], у якій автори мали на меті зрозуміти просторово-часову динаміку поведінки пасажирів у подорожі в контексті мережі ГТ. У [42] пропонуються метод ланцюга поїздок, який використовує дані AFC і AVL, щоб зробити висновок про найбільш імовірну траєкторію руху окремих пасажирів. Така ж проблема розглядається в [38]. У [43] запропоновано метод моделювання міні-діяльності в межах структури створених поїздок шляхом змішування історії поїздок та рекомендацій планувальника подорожі.

Для розрахунків пасажирський перевезень стає корисним використання за допомогою системи смарт-карт конкретних показників ефективності в міській маршрутній мережі ГТ, наприклад, дотримання графіка (оцінюється шляхом порівняння часу посадки, наданого AFC на певних зупинках з графіком маршруту). Можна знайти приклад статті, яка використовує ці дані для оцінки надійності обслуговування [43].

Загалом, зазначимо, що існує сильний зв'язок між різними програмами, описаними вище. Фактично, матриця O-D спирається на поведінку пасажирів, яка залежить від служби перевізника. Тому деякі дослідження зацікавлені в дослідженні цих питань одночасно. Наприклад, в [43], використовуючи дані AFC, визначено і оброблено дані спостереження за вибором маршруту пасажирів між тими самими O-D в різних умовах середовища. Крім того, в [44] транзакції зі смарт-картками використовуються для отримання уявлення про

компроміси між часом у дорозі, пересадками, часом очікування та заторами при виборі маршрутів громадського транспорту на основі виявлених даних про переваги. Загалом можна стверджувати, що дані AFC використовуються для визначення цілей поїздки та виявлення моделей подорожей у міському районі. Як приклад, серед багатьох інших, у [44] автори демонструють процес визначення мети поїздки на основі даних смарт-картки. Кейс для міста Лондона (Великобританія) наведено в [45]. Крім класичної методології, сучасні розробки в науці про дані та інтелектуальний аналіз даних дозволяють більш глибоко досліджувати й аналізувати AFC. Наприклад, динамічне викривлення часу можна використовувати для порівняння різних класів даних часових рядів.

Зокрема, одним із питань, що залежать як від поведінки пасажирів, так і від транспортного обслуговування, є час очікування. AFC також можна використовувати для оцінки очікування пасажирів, як у [42]. Крім того, у [44] записано поїздки, використовуючи дані AFC, а потім визначені фактори, що впливають на час очікування пасажирів. Ще одна робота, яка спрямована на аналіз як попит на подорожі, так і послуги громадського транспорту є [46]. Автори пропонують кластерувати дані смарт-карт, орієнтованих на пасажирів (попит на подорожі) і станції (транспортні послуги).

Ще одне важливе питання в громадському транспорті – як боротися з явищами неподоланної сили [46]. AFC також використовується при вивченні цих проблем і, зокрема, впливу пандемії. Насправді дані смарт-карт можуть допомогти зрозуміти вплив COVID-19, як показано, наприклад, у [46]. Робота ГТ у воєнний час також підпадає під вивчення, що особливо актуально в контексті даної роботи.

Зауважимо, що AFC також можна використовувати для оцінки даних AVL. Метою [47] є розробити підхід, який використовує дані AFC для оцінки інформації про посадку пасажирів і, отже, місце розташування транспортного засобу. З іншого боку, є постійні проблеми щодо використання смарт-картки на ГТ.

По-перше, проблема з системами AFC полягає в тому, що для неї немає стандарту. Тому ряд авторів цікавляться цим питанням. Наприклад, у [48] пропонується загальна концепція на основі наявних на даний момент технічних стандартів та процедур впровадження, які зазвичай можна застосовувати для обміну даними смарт-карт між різними транспортними організаціями. По-друге, конфіденційність і безпека даних – це питання, яке потрібно вирішити. По-третє, перевірка даних AFC все ще залишається проблемою, яка може бути досліджена у подальшому. Насправді, хоча дані є більш достовірними, ніж традиційні опитування [48], вони не вільні від помилок. Насправді, як зазначено в [48], можна часто недооцінювати кількість пасажирів через те, що потенційні шахраї не купують квитки або мають недійсні білети. Крім того, використання даних смарт-карт критикують за те, що такі дані не надають точних знань щодо обсягів пасажирів і неможливо відстежити як відправлення, так і призначення пасажирів (для систем тарифів у певних регіонах і країнах).

1.5. Автоматизований підрахунок пасажирів (APC)

Автоматизований підрахунок пасажирів (технологія APC) працює з пристроєм, встановленим на транспортних засобах ГТ, який підраховує кількість пасажирів, найчастіше сідають і виходять на кожній зупинці. Ці дані разом із місцем розташування та інформацією про час зупинки є корисними. Дані APC мають перевагу у порівнянні з AFC, оскільки вони не залежать від квитків, хоча також отримуються в автоматизованому режимі. Насправді, важливість цього джерела даних визнається в ряді досліджень. Однією з найперших робіт, яка висвітлювала можливості та виклики APC до 2008 року, є [49].

В [49] також автори вважають, що, використовуючи транспортні засоби, оснащені APC, перевізні організації могли б покращити роботу транспорту. У більшості випадків ці дані поєднуються з AVL для покращення

транспортного обслуговування. Стаття [98] розширює свою попередню роботу в [28], в ній виявлено, що стратегії управління можуть бути покращені шляхом поєднання технологій відстеження та підрахунку пасажирів (тобто APC і AVL).

Нижче відзначимо впливову роботу, опубліковану після [49].

По-перше, у [49] пропонується метод, що поєднує AVL і APC для оцінки середньої величини і дисперсії затримок транспортного засобу через перехрестя, регульовані світлофором. По-друге, зауважимо, що використання цих даних є більш складним, ніж AFC та AVL. Тобто, на відміну від них обох, які часто складаються зі структурованих даних, пристрої APC у багатьох випадках мають похибку вимірювань, і, отже, корисна інформація, яка отримується, не є однозначною.

Існує ряд методів підрахунку, які спрямовані на підрахунок, наприклад, кількості пасажирів, які сідають і виходять в салон транспортного засобу на кожній станції або кількості пасажирів у транспортному засобі в певний час. Стосовно до першого випадку, іноді буває важко розрізнити пасажирів, які висаджуються на вхідній поїзді та пасажирів, які роблять посадку у виліт. Такі дані важливі для визначення кількості пасажирів на кожній станції (зупинці). Ще одна проблема оцінки O-D є розрізнення пасажирів, які вийшли у попередній подорожі, та тих, які зайшли до нової подорожі. Загалом ці питання залежать від кожного конкретного випадку дослідження.

Інша проблема полягає в узгодженні даних APC з AVL, особливо для автобусів, які не мають конкретного місця зупинки (один автобус може зупинятися в дещо іншій частині зупиночного пункту, якщо його місце займає інший транспортний засіб). Особливо це характерне для маршрутних таксі міста Кривого Рогу. У [49] обґрунтовано вирішення проблеми відповідності даних APC з автобусною зупинкою. Автори також зацікавлені у перевірці даних та усуненні аномалій. Вони розділяють аномалії даних APC на роботу в сервісних і технічних проблемах. Перший стосується проблем обслуговування (наприклад, непередбачені поломки, перервані подорожі), тоді як останні

може відповідати, наприклад, нелогічним значенням (наприклад, дисбаланс між посадкою та висадкою протягом усієї подорожі), що означає, що виникла технічна проблема.

У роботі [50] представлено набір загальнодоступних даних для відеопідрахунку пасажирів. Цей набір даних містить записані відео, отримані з відповідної камери, що містить комбінацію кольорів червоного, зеленого та синього (RGB), датчики глибини. Крім того, у статті представлено метод підрахунку людей у реальному часі в людних сценах.

Наведені вище методи спрямовані на точний підрахунок пасажиропотоку. В інших роботах автори мають намір оцінити пасажиропотік за допомогою машинного навчання (ML) і статистичних методів.

Щодо першого, у [50] представлено систему підрахунку пасажирів, яка поєднує звичайну модель виявлення нейронної мережі та просторово-часову контекстну модель, що допомагає вирішити проблему підрахунку в сценах з низькою роздільною здатністю та з різним освітленням.

Щодо останнього, то в [50] за допомогою описової статистики пояснюється середній час посадки та висадки пасажирів на зупинках (на додаток до часу перебування в автобусі). Інші оцінки і підходи моделювання також можуть бути використані в цьому відношенні. Наприклад, у [49] використано мезоскопічну модель призначення для короткострокового прогнозування кількості транспортних засобів, враховуючи прогнозу інформацію про їх скупчення.

Щодо статистичних підходів, зазначимо, що статистичні тести також підходять для перевірки даних APC. У [50] прийняти переглянутий і розширений t-тест для перевірки систем APC. Також зазначаємо, що перевірка даних APC може виконуватися одночасно з перевіркою даних AVL [51].

У таблиці 1.1 підсумовуємо роботу над APC.

Типи досліджень даних APC

Параметр	Метод	Можливості	Дані
Координатія розкладу	– Статистичний прогноз – Моделювання	Балансування часу, заощадженого для пізнього прибуття.	AVL
Час затримки	Описовий аналіз	Пояснення зв'язку між затримкою автобуса та часу посадки та висадки пасажирів.	-
Затримки на регульованому перехресті	Метод оцінки якості	– Визначення та розстановка пріоритетів у можливих заходів щодо пріоритету транзиту; – Включення пріоритетів транзитного сигналу.	AVL
Оцінка якості даних	Статистичний тест	Визначення ненадійного архіву даних AVL-APC	AVL
Підрахунок кількості пасажирів	Моделювання даних про вагу	Спосіб забезпечує більш точні дані о кількості пасажирів, ніж від датчиків інфрачервоного обладнання	-
Валідація даних	Підбір автобусної зупинки та APC	– Усунення аномалії (через експлуатацію в сервісних та технічних проблемах); – Прогноз кількості пасажирів в салоні в транспортних мережах	-
Передбачення кількості на борту	Мезоскопічна модель призначення	Зафіксовані індивідуальні ефекти прогнозованої інформації та скупченості на борту	-
Підрахунок пасажирів	– Традиційна нейронна мережа моделі виявлення; – Просторово-часова контекстна модель	– Виявлення кількості і відстеження пасажирів; – Метод більш точний в сценах з низькою роздільною здатністю і з різним освітленням.	-
Генерування даних Підрахунок в режимі реального часу	Обчислення висоти нормалізованого зображення	– Забезпечення широкомасштабного набору даних для підрахунку кількості пасажирів; – Метод підрахунку людей у режимі реального часу у людних сценах.	-
Валідація APC	Розширений t-тест	Введення нового підходу до тестування	-

1.6 Висновки до розділу 1

Системи APC, незважаючи на свої великі переваги, не дозволяють отримувати інформацію про різних пасажирів (наприклад, люди похилого віку чи студенти), як при використанні AFC. З іншого боку, крім цих внутрішніх даних (AVL, AFC, APC), інші зовнішні джерела можуть стати цінним джерелом інформації.

РОЗДІЛ.2. АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ РУХОМОГО СКЛАДУ НА МАРШРУТІ МІСЬКОГО АВТОБУСУ 302

2.1. Обґрунтування методики дослідження

Дослідження маршруту ГТ під номером 302 у місті Кривий Ріг проводилось у трьох напрямках:

- обстеження пасажиропотоків на маршруті у салонах автобусу;
- оцінка рівня заповненості салону автобуса, яке проводиться на локації;
- визначення експлуатаційних показників роботи рухомого складу.

Для обстеження пасажиропотоку на маршруті в салоні автобусу використовується метод натурних спостережень.

Загальна кількість перевезених пасажирів за оборотний рейс дорівнює кількості пасажирів, що зайшли до транспортного засобу на початковій та проміжних зупинках (P_i^1) або вийшли на проміжних та кінцевій зупинках (P_i^0).

$$P_{\text{пас}} = \sum_{i=1}^m P_i^1 = \sum_{i=1}^m P_i^0 \quad (2.1)$$

де m – кількість зупиночних пунктів, у тому числі, початковий та кінцевий.

Кількість перевезених пасажирів на ділянці маршруту визначається як різниця між числом пасажирів, що зайшли на зупиночних пунктах, включаючи початкову зупинку, та числом пасажирів, що вийшли на проміжних пунктах:

$$P_i = \sum_{i=1}^{m-1} P_i^1 - \sum_{i=1}^{m-1} P_i^0 \quad (2.2)$$

Пасажирооборот (п·км), виконаний на i -тій ділянці маршруту, представляється як добуток кількості перевезених пасажирів на даній ділянці на її довжину:

$$U_i = P_i \cdot l_i \quad (2.3)$$

Тоді загальний пасажирооборот на маршруті обстеження за оборотний рейс визначатиметься:

$$U_p = \sum_{i=1}^n P_i \cdot l_i \quad (2.4)$$

n – кількість ділянок маршруту у прямому та зворотному напрямках.

Дані про кількість пасажирів, які зайшли та вийшли на кожній зупинці маршруту заносяться у відповідний бланк обстеження (табл.2.1).

Табл.2.1

Час	Маршрут автобуса			
	Назва зупинки	Кількість пасажирів		Кількість пасажирів в салоні
		вийшли	зайшли	
У прямому напрямку				
У зворотному напрямку				

Обстеження проводиться у ранкову пікову годину.

Дані обліку кількості пасажирів, перевезених за оборотний рейс, можуть бути використані для визначення:

- середньої відстані перевезення пасажирів,
- коефіцієнту змінності пасажирів;
- статичного та динамічного коефіцієнтів заповнення автобуса;
- середньої швидкості сполучення;
- добових обсягів перевезень на маршруті;
- середнього інтервалу руху транспортних засобів на маршруті;
- виконаної добової транспортної роботи;
- річних обсягів перевезень на досліджуваному маршруті.

Слід зауважити, що річні обсяги перевезень на маршруті можуть бути визначені за допомогою даних системи контролю оплати проїзду (AVL), яка, по суті, у місті Кривий Ріг реалізується за допомогою електронного

персоналізованого проїзного «Картка криворіжця» або «Транспортної картки». Повноцінне впровадження даної системи виконано у 2021 році, отже, наявні дані про річні обсяги перевезень на комунальному транспорті за 2021 рік. Оскільки для виконання даної роботи ці дані недоступні, скористаємось методом переходу від оцінки рейсового пасажиропотоку до, відповідно, добових та річних його значень.

Середня відстань поїздки оцінюється як відношення транспортної роботи на маршруті до кількості перевезених пасажирів за оборотний рейс:

$$l_{\text{сер}} = \frac{U_p}{P_p} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot l_i}{P_p} \quad (2.5)$$

де P_p – загальна кількість пасажирів, перевезених за оборотний рейс; P_i – кількість пасажирів на перегоні i ; l_i – довжина перегону i .

Коефіцієнт заповнення автобуса (статичний) у відповідному напрямку визначається відношенням:

$$\gamma = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{q_n} \quad (2.6)$$

n – кількість перегонів, q_n – номінальна пасажиромісткість автобуса, пас.

Динамічний коефіцієнт заповнення автобуса буде визначатись:

$$\gamma_d = \frac{U_p}{q_n \cdot \sum_{i=1}^n l_i} \quad (2.7)$$

Середня швидкість сполучення на маршруті визначається за відомою формулою, км/год.:

$$v_{\text{сер}} = \frac{l_m}{t_i} \quad (2.8)$$

де l_m – довжина маршруту, км; t_i – тривалість їздки від початкової до кінцевої зупинки, год.

Добовий обсяг перевезень на маршруті визначається, виходячи з кількості пасажирів, перевезених за оборотний рейс, часових інтервалів

роботи рухомого складу на маршруті та коефіцієнтів нерівномірності пасажиропотоку:

$$P_{\text{доб}} = \frac{P_p \cdot n_{\Gamma} \cdot T_n}{k_{\Gamma}} \quad (2.9)$$

де P_p – загальна кількість пасажирів, перевезених за оборотний рейс, виходячи із даних обстеження пасажиропотоків у салоні автобуса; $n_{\text{год}}$ – кількість оборотних рейсів у пікову годину доби; T_n – кількість годин роботи маршруту на добу; $k_{\text{год}}$ – коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку для тієї години, яка є піковою для маршруту.

Для визначення пікової години у практиці транспортних досліджень використовують коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку. Водночас, його вимірювання потребує більш масштабних досліджень, ніж обстеження пасажиропотоку за оборотний рейс, тому що необхідним стає вивчення роботи ГТ протягом всієї робочої зміни. Для цього проводяться спостереження за роботою транспорту на маршруті на певній локації мережі ГТ, у якості якої зазвичай виступає зупинка ГТ.

Коефіцієнти нерівномірності пасажиропотоків визначаються для кожної години обстеження за формулою:

$$k_n = \frac{P_i}{\sum_j^n P_i} \quad (2.10)$$

де P_i – пасажиропотік за i -ту годину; n – кількість годин дослідження.

Для практичних розрахунків використовуємо коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку, визначений як відношення коефіцієнту нерівномірності пасажиропотоків, отриманого для кожної години дослідження, до середньоарифметичного значення за всю робочу зміну:

$$k_{\text{год}} = \frac{k_i}{k_c} \quad (2.11)$$

де k_i – значення коефіцієнту нерівномірності пасажиропотоку, встановлене для i -тої години (за формулою 2.8); k_c – середнє значення коефіцієнту нерівномірності пасажиропотоку за весь період роботи ГТ на маршруті.

Іншим методом оцінки добової кількості перевезених пасажирів є використання формули:

$$P_{\text{доб}} = (P^{\text{п}} + P^{\text{з}}) \cdot K_{\text{зм}}, \quad (2.12)$$

де $P^{\text{п}}$, $P^{\text{з}}$ – пасажиропотік у прямому та зворотному напрямках маршруту відповідно за період обстеження, $K_{\text{зм}}$ – коефіцієнт змінності пасажирів на маршруті.

Для оцінки $P^{\text{п}}$, $P^{\text{з}}$ необхідні дані про пасажиропотоки на автобусному маршруті протягом робочої доби за період з 5:00 до 23:00 години.

З метою отримання таких даних необхідно провести оцінку кількості пасажирів в автобусі, находячись не в його салоні, а на локації, в якості якої виступає зупинка ГТ. Візуальному оцінюванню підлягає рівень заповненості салону за 5-бальною шкалою (табл.2.2), оскільки підрахувати точну кількість пасажирів в автобусі, що проходить повз зупинку, є вкрай важким завданням.

Маючи шкалу оцінювання та фіксуючи час проходження автобусу на локації, можна отримати:

- інтервали руху автобусу на даній локації;
- рівень заповненості салону рухомого складу.

Виходячи з того, що рухомий склад на маршруті 302 представлений автобусами великої пасажиромісткості із загальною кількістю місць 110, розроблено спеціальну шкалу рівня заповненості їх салонів (табл.2.2).

Підсумовуючи пасажиропотік для прямого та зворотного напрямку за період всієї робочої зміни, отримуємо значення для $P^{\text{п}}$, $P^{\text{з}}$.

Коефіцієнт змінності пасажирів на маршруті визначається:

$$K_{\text{зм}} = \frac{P_{\text{р}}}{q} \quad (2.13)$$

де q – пасажиромісткість транспортного засобу, пас.

Рівні заповнення салонів автобусу великої пасажиромісткості

Оцінка рівня заповнення	Рівень заповнення
1	10%
2	25%
3	40%
4	65%
5	100%

Коефіцієнт змінності пасажирів також може бути визначений за формулою:

$$k_{зм} = \frac{L}{l_c} \quad (2.14)$$

де L – середня довжина маршруту, км; l_c – середня відстань поїздки пасажирів, км.

Річний пасажиропотік на маршруті визначатиметься:

$$P_y = P_{доб} \cdot \delta \quad (2.15)$$

δ – кількість робочих днів на рік, враховуючи зменшення обсягів пасажирських перевезень у вихідні дні (320).

Таким чином, лише поєднання двох методів обстежень пасажиропотоку, відповідно, у салоні рухомого складу та на локації надає більш повне уявлення про експлуатаційні характеристики роботи рухомого складу, оскільки для визначення та оцінки різних показників використовуються різні методи. Отримані за даною методикою добові та річні пасажиропотоки, звичайно, є оціночними. Калібруванню могли б підлягати визначені за представленою методикою значення річних обсягів перевезень на маршруті, однак в умовах воєнного часу, дані щодо кількості поїздок на рік із системи AVL, які можна було б прийняти за фактичні показники, є закритими.

2.2. Характеристика маршруту міського комунального автобусу 302

Перевезення пасажирів на маршруті комунального автобусу «пл. Визволення-автостанція Інгулець» виконується КП «Міський тролейбус». Довжина маршруту в одному напрямку – 43,3 км. Географічно маршрут забезпечує транспортне обслуговування центральної частини міста Кривого Рогу (райони Соцміста (ст. Кривий Ріг, площа Горького), старого міста (площа Визволення)) із віддаленим за межі міста районом Інгульця, що можна бачити із рис.2.1. Однак адміністративно мікрорайон «Інгулець» відноситься до міста Кривий Ріг, й, відповідно, перевезення пасажирів на маршруті є міськими.

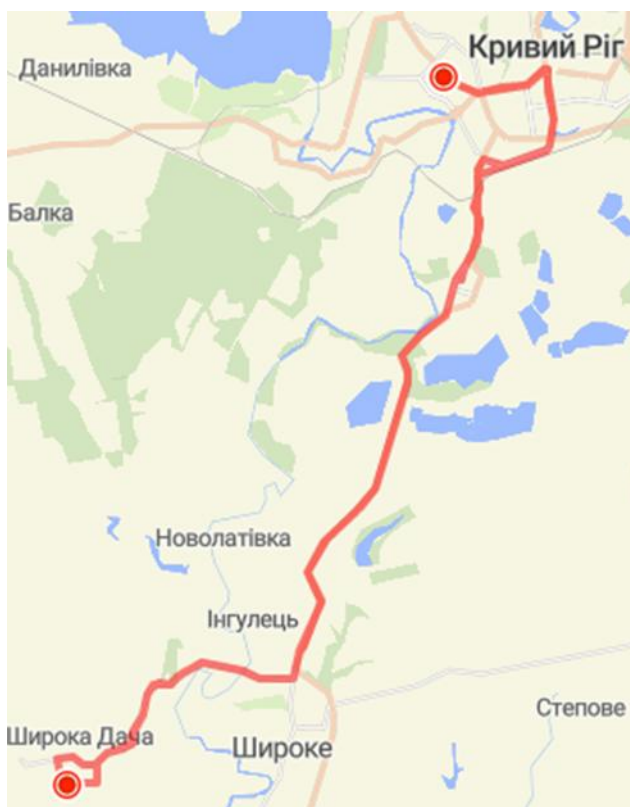


Рис.2.1. Схема маршруту автобусу комунального транспорту 302

Затверджений з 20.04.2022 року актуальний розклад роботи автобусів на маршруті показано у таблиці 2.1. Розклад є тимчасовим.

Для перевірки дотримання даного розкладу дослідження рівня заповненості салону автобуса на локації бажано було б провести на однієї з початкових зупинок – площі Визволення або автостанції «Інгулець». Якщо час

відправлень на початковій зупинці співпадає із розкладом протягом зміни, то можна стверджувати, що водії дотримуються розкладу.

Табл.2.1

Розклад руху автобусів на маршруті у робочі та вихідні дні

Пл.Визволення		А/С Інгулець	
Час			
Прибуття	Відправлення	Прибуття	Відправлення
З АТП ч/з 173 кв. 05:11	05:21	06:47	07:02
З АТП ч/з 173 кв. 06:48	06:58	08:24	08:39
08:26	08:41	10:07	10:42
10:03	10:18	11:44	12:19
12:06	12:16	13:42	13:57
13:43	13:56	15:22	15:37
15:21	15:34	17:00	17:15
17:01	17:11	18:37	19:05
18:39	18:54	20:20	20:55
20:25	20:35	22:01	22:10 до 173 кв. в АТП
22:19	22:29 до 173 кв. в АТП		

Однак дані міркування, які впливатимуть на вибір локації для обстеження рівня заповненості салону, мають ряд обмежень. У березні 2022 року під час сигналу тривоги автобуси на маршруті 302 виконували вимушену зупинку, що неодмінно призводило до зриву виконання перевезень за графіком. З квітня 2022 року автобуси більше не зупинялись під час тривоги, отже, з'явилась нагода перевірити, чи дотримується розклад руху на маршруті. Однак вибір локації для обстеження прив'язаний у транспортних дослідженнях подібного роду саме до показників максимальної кількості пасажирів у салоні або пасажирообміну за оборотний рейс. З двох названих

показників важливішу роль відіграє пасажирообмін. Таким чином, остаточне рішення щодо вибору локації для обстеження рівня наповненості салону автобуса приймається після аналізу даних пасажирообміну на зупинках маршруту, отриманих за результатами обстеження пасажиропотоків у салоні рухомого складу. При цьому на початкових зупинках не може спостерігатись максимальний пасажирообмін (люди тільки заходять у салон автобуса), в той час, як пікова кількість користувачів ГТ цілком можлива.

2.3. Результати обстежень пасажиропотоків на маршруті у салоні автобуса

Результати обстеження пасажиропотоків на маршруті автобусу 302 за оборотний рейс представлені у таблиці 2.2.

Табл.2.2

Пасажиропотоки на маршруті оборотний рейс

Час	Маршрут автобуса 302				Довжина перегону, км	Транспорт на роботу, пас*км
	Назва зупинки	Кількість пасажирів		Кількість пасажирів в салоні		
		вийшли	зайшли			
У прямому напрямку						
7:00	АС «Інгулець»	0	31	31		
	Вул. Каткова	0	5	36	1,7	61,2
	Дитячий табір «Олімпієць»	1	0	35	1,6	56
7:11	Горіховий гай	1	0	34	3,15	107,1
	Візірка	0	0	34	0,81	27,54
	Дачи ПівдГЗК	0	0	34	2,5	85
	Центр надання адміністративних послуг	0	3	37	16,6	614,2
7:45	Пр.Південний	4	5	38	0,86	32,68
	Руднічна	0	0	38	2,2	83,6
7:55	1-а дільниця	1	1	38	2,9	110,2
8:03	Станція Кривий Ріг	4	4	38	1	38
8:04	3-а дільниця	1	1	38	0,74	28,12

8:09	Редакція газети «Червоний гірник» (Соцмісто)	3	2	37	1,9	70,3
8:13	Пл.Горького (95-й квартал)	3	6	40	1,25	50
8:16	Міська лікарня № 1	2	2	40	0,9	36
8:22	Центральний ринок	16	0	24	1,96	47,04
8:24	пл. Визволення	24	0	0	0,97	23,28
	Сума за напрямком	60			41,04	1470,3
У зворотному напрямку						
8:41	Пл.Визволення	0	21	21		
8:42	Центральний ринок	0	3	24	0,97	23,28
8:49	Міська лікарня № 1	1	1	24	1,96	47,04
	Пл.Горького (95-й квартал)	0	5	29	0,9	26,1
8:54	Редакція газети «Червоний Гірник» (Соцмісто)	4	3	28	1,25	35
	3-а діляниця	0	0	28	1,9	53,2
9:02	Ст.Кривий Ріг	1	2	29	0,74	21,46
	1-а діляниця	0	3	32	1	32
	Трампарк	0	0	32	2,9	92,8
	Руднічна	0	0	32	2,2	70,4
9:15	пр.Південний	6	8	34	0,86	29,24
9:17	Центр надання адміністративних послуг	4	0	30	16,6	498
9:30	Дачи ПівдГЗК	2	2	30	2,5	75
9:55	Візірка	0	1	31	0,81	25,11
	Горіховий гай	0	0	31	3,15	97,65
	Дитячий табір «Олімпієць»	0	3	34	1,6	54,4
9:58	Вул.Каткова	8	0	26	1,7	44,2
	КЗШ №114	1	0	25	0,7	17,5
	ЦДЮТ «Ріднокрай»	8	0	17	1,06	18,02
10:06	АС «Інгулець»	17	0	0	0,94	15,98
	Сума за напрямком	52			43,74	1276,4
	Сума за оборотний рейс	112			84,78	2476,6

За прямий напрямок прийнятий рух від автостанції «Інгулець», за зворотній – від площі Визволення. Обстеження проводилось у робочій день на першому ранковому рейсі маршруту від автостанції «Інгулець». Початок відправлення – о 7:00 годині, що на 2 хвилини раніше розкладу. Прибуття на площу Визволення – о 8:24 годині, що на ті самі 2 хвилини раніше розкладу. Початок відправлення на зворотному рейсі – о 8:41 годині, що відповідає тимчасовому розкладу. Прибуття на автостанцію Інгулець – о 10:06, що на 1 хвилину раніше, ніж у розкладі.

Піковим напрямком у ранковий час є напрямок від автостанції «Інгулець», на якому перевезено 60 пасажирів. Відповідно, загальна транспортна робота на даному напрямку становила 1470,3 пас·км проти 1276,4 пас·км у протилежному напрямку. Протягом рейсу ділянкою із максимальним показником виконаної транспортної роботи є «Дачі ПівдГЗК – Центр адміністративних послуг» за рахунок довжини перегону у 16,7 км.

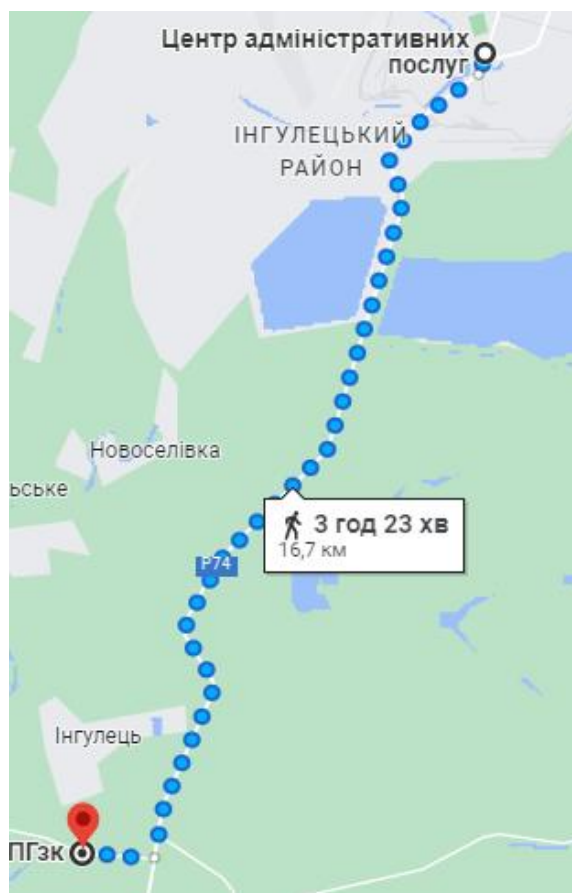


Рис.2.2. Перегін, на якому транспортна робота максимальна

Пасажироутворюючою зупинкою у прямому напрямку є автостанція Інгулець (у салон зайшла 31 особа), відповідно, центром пасажиропоглинання на цьому напрямку є кінцеві зупинки «Центральний ринок» (вийшло 16 осіб) та «площа Визволення» (вийшло 24 особи). У зворотному напрямку, навпаки, зупинка «площа Визволення» виступає у якості центру пасажироутворення, в той час як, «А/С Інгулець» – пасажиропоглинання.

Пасажирообмін зупинки визначається сумою кількості осіб, які зайшли та вийшли із салону автобуса на відповідній зупинці. Максимальні суми отримані для зупинки «А/С Інгулець» для прямого напрямку та «площа Визволення» для зворотного напрямку, відповідно 31 та 21 особи. Другу групу важливих зупинок на маршруті з точки зору пасажирообміну складають «Центральний ринок» (16 осіб), «проспект Південний» (9 осіб) у прямому напрямку, та «а/с Інгулець» (17 осіб) та «проспект Південний (14 осіб) у зворотному напрямку.

Таким чином, обстеження пасажиропотоку за оборотний рейс показало, що початкові/кінцеві зупинки маршруту відіграють вирішальну роль у формуванні обсягів пасажирських перевезень. Маршрут в основному функціонує для забезпечення доставки пасажирів у двох напрямках (в обидві сторони): між районом автостанції Інгульця та районом ПівдГЗК (проспект Південний) та між районом Інгульця та старим містом (площа Визволення та Центральний ринок). Основним напрямком є другий. Тому будь-які зміни у графіку руху або трасі маршруту будуть призводити до змін якості транспортного обслуговування саме між районом Інгульця та Центрально-міським районом Кривого Рогу.

За кількістю перевезених пасажирів за оборотний рейс та виконаною транспортною роботою стає можливим оцінити середню відстань поїздки пасажирів (формула 2.5), км:

$$l_{\text{сер}} = \frac{2746,6}{112} = 24,5$$

Даний показник на рівні 24,5 км є нехарактерним для більшості міських перевезень у багатьох великих містах світу. Зазвичай, у міських умовах середня відстань поїздки пасажирів становить 5-6 км.

Показник кількості перевезених пасажирів за оборотний рейс також дозволяє визначити коефіцієнт змінності пасажирів на маршруті (формула 2.13):

$$K_{зм} = \frac{112}{110} = 1,01$$

Іншим варіантом визначення коефіцієнта змінності є формула (2.14). Використовуючи дану формулу, маємо

$$K_{зм} = \frac{43}{24,5} = 1,75,$$

тобто за різними методиками визначення коефіцієнти змінності не співпадають. В обох випадках, можна вести мову про низькі значення даного показника: на одному посадочному місці (включаючи стоячи місця) за весь оборотний рейс у середньому перевозиться від 1,01 до 1,75 пасажирів.

Коефіцієнт заповнення автобуса (статичний) у відповідному напрямку визначимо за формулою 2.6:

$$\gamma^п = \frac{35,7}{110} = 0,32$$

$$\gamma^з = \frac{33,5}{110} = 0,30$$

Динамічний коефіцієнт заповнення автобусу – формула 2.7:

$$\gamma^п_д = \frac{1470}{110 \cdot 41} = 0,32$$

$$\gamma^п_д = \frac{1276}{110 \cdot 41} = 0,28$$

Номінальна пасажиромісткість автобусу використовується неефективно, рівень заповненості салону автобусу для маршруту даного функціонального призначення є недостатнім.

Середня швидкість сполучення на маршруті:

$$v_{\text{сер}} = \frac{84}{3,1} = 27,3$$

Середня швидкість сполучення, яка дорівнює 27,3 км/год, є цілком прийнятною для умов міських перевезень, однак на ділянці руху між зупинками «Дачі ПівдГЗК – Центр адміністративних послуг» відсутня міська забудова, що дозволяє підвищити швидкість руху автобусу, скоротивши тривалість оборотного рейсу.

2.4. Результати обстеження рівня заповненості автобусу на локації

З метою визначення добових обсягів перевезень пасажирів на маршруті необхідно

- розрахувати коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку за добу (перший метод);
- оцінити пасажиропотоки для кожного оборотного рейсу за період роботи ГТ на добу.

В обох випадках потребується оцінка рівня заповненості салону автобусу, що проводиться обліковцем із виходом на відповідну локацію (зупинку ГТ).

Попередньо ми виходили з того, що локація для обстеження повинна відповідати критерію максимальності пасажирообміну за оборотний рейс. Такому критерію відповідає зупинка «площа Визволення». Однак у якості локації для обстеження маршруту було обрано зупинку «Центральний ринок». Це друга за величиною пасажирообміну зупинка. Даний вибір обумовлений тим, що виконання одночасного контролю рівня заповненості автобусу у двох протилежних напрямках його руху однією особою на зупинці «площа

Визволення» неможливе, оскільки у такому разі мова ведеться не про одну зупинку для відправлення та прибуття, а про дві зупинки, які знаходяться на протилежних сторонах транспортного кільця (рис.2.3).

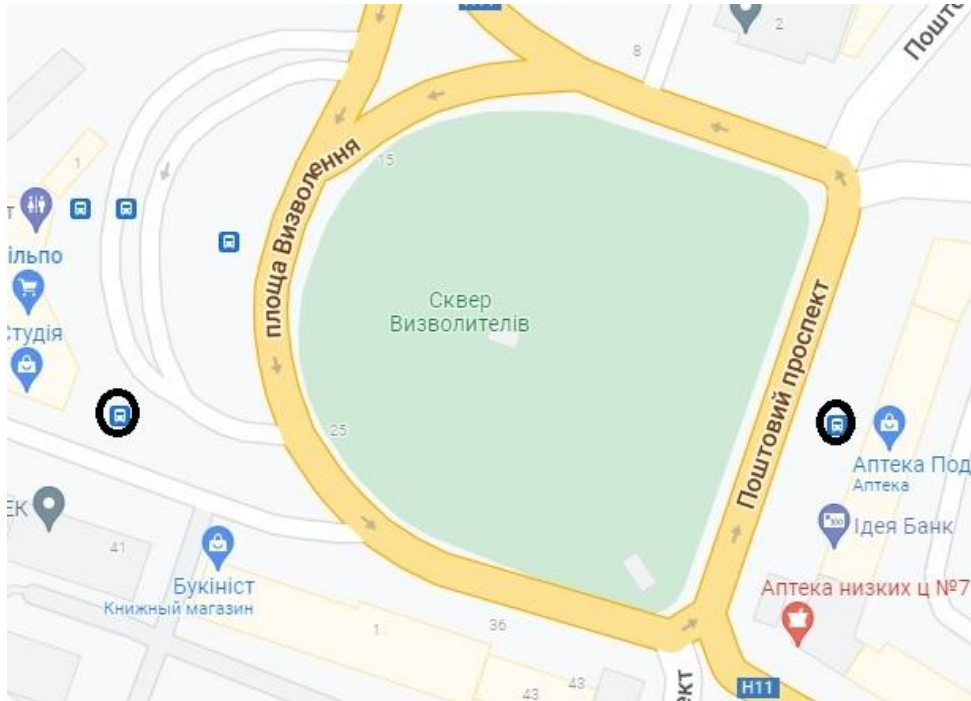


Рис.2.3. Розташування зупинок маршруту автобусу 302 на площі Визволення

Знаючи розклад руху автобусу (табл.2.1), обстеження можна проводити не у безперервному режимі, а виходячи на зупинку приблизно з інтервалом півтори години для фіксування проходження автобусу у прямому та зворотному напрямку та оцінки рівня його заповненості за шкалою з табл.2.2.

Визначені у результаті обстежень рівні заповненості рухомого складу на маршруті й відповідні обсяги перевезень пасажирів показані у табл.2.3. Як бачимо з даної таблиці, водії дотримуються прийнятого розкладу руху.

Піковими годинами для напрямку руху автобусів убік площі Визволення є період з 10:00 до 12:00 години, убік автостанції «Інгулець» – період з 11:00 до 19:00 години. Отже, напрямок від площі Визволення до району Інгульця є більш навантаженим, ніж зворотній напрямок.

Табл.2.3

Оцінка рівня заповненості автобусу

Убік площі Визволення			Убік А/С Інгулець		
Час	Оцінка	Пас.	Час	Оцінка	Пас.
06:46	2	27	05:23	2	27
08:25	2	27	7:00	2	27
10:00	3	44	08:42	2	27
12:02	2	27	10:20	2	27
13:41	2	27	12:18	3	44
15:20	2	27	13:57	3	44
17:00	1	11	15:35	3	44
18:38	1	11	17:14	3	44
20:23	1	11	18:57	2	27
22:16	1	11	20:38	2	27
			22:34	1	11

Табл.2.4

Коефіцієнти нерівномірності пасажиропотоку

Убік площі Визволення			Убік А/С Інгулець		
Час	к _н	к _{год}	Час	к _н	к _{год}
06:00 – 07:00	0,12	1,2	06:00 – 07:00	0,12	0,83
07:00-08:00	0,12	1,2	07:00-08:00	0,12	0,83
08:00 – 09:00	0,12	1,2	08:00 – 09:00	0,12	0,83
09:00- 10:00	0,12	1,2	09:00- 10:00	0,12	0,83
10:00-11:00	0,19	1,9	10:00-11:00	0,12	0,83
11:00- 12:00	0,19	1,9	11:00- 12:00	0,19	1,32
12:00 – 13:00	0,12	1,2	12:00 – 13:00	0,19	1,32
13:00- 14:00	0,12	1,2	13:00- 14:00	0,19	1,32
14:00 – 15:00	0,12	1,2	14:00 – 15:00	0,19	1,32
15:00- 16:00	0,12	1,2	15:00- 16:00	0,19	1,32
16:00-17:00	0,12	1,2	16:00-17:00	0,19	1,32
17:00-18:00	0,04	0,4	17:00-18:00	0,19	1,32
18:00-19:00	0,04	0,4	18:00-19:00	0,12	0,83

Убік площі Визволення			Убік А/С Інгулець		
Час	k _н	k _{год}	Час	k _н	k _{год}
19:00- 20:00	0,04	0,4	19:00- 20:00	0,12	0,83
20:00- 21:00	0,04	0,4	20:00- 21:00	0,12	0,83
21:00- 22:00	0,04	0,4	21:00- 22:00	0,12	0,83
22:00-23:00	0,04	0,4	22:00-23:00	0,04	0,28

Добовий обсяг перевезень на маршруті за формулою (2.9) визначається з урахуванням даних табл.2.4, пас.:

$$P_{\text{доб}} = \frac{112 \cdot 0,68 \cdot 15}{1,9} = 601$$

Добовий обсяг перевезень на маршруті за формулою (2.12) визначається, пас.:

$$P_{\text{доб}} = (223 + 349) \cdot 1,01 = 577$$

Різниця у визначених добових обсягах перевезень складає 4,1%.

Відповідно, оціночні річні обсяги перевезень будуть мати значення:

$$P_y = 601 \cdot 320 = 192320$$

$$P_y = 577 \cdot 320 = 184640$$

Таким чином, прогнозовані річні обсяги перевезень пасажирів становлять за різними підходами від 184 до 192 тис.осіб. Воєнний фактор мав негативний вплив на обсяги перевезень пасажирів на даному маршруті, зумовивши стрімке їх зменшення. Більшість населення Інгульця були вимушені переселитись у більш віддалені від бойових дій райони Кривого Рогу або за межі міста. Частина рухомого складу виведена з маршруту, відповідно, зменшилась кількість оборотних рейсів протягом доби.

2.4. Розробка рекомендацій щодо підвищення ефективності маршруту з урахуванням фактору воєнного часу

Основний вплив війни на роботу ГТ у місті Кривий Ріг має такий характер:

- збільшення тарифів на пасажирські міські перевезення на маршрутках приватних перевізників у зв'язку із значним зростанням ціни пального;
- безоплатний проїзд на комунальному авто- та електротранспорті, у тому числі, для вимушено переміщених осіб;
- кардинальна зміна транспортного попиту на конкретних ділянках маршрутів ГТ або на окремих маршрутах (маршрут автобусу 302);
- необхідність реорганізації або ліквідації деяких маршрутів (наприклад, маршрутне таксі № 266);
- використання комунального транспорту у якості автомобільного евакуаційного транспорту для зони бойових дій.

Незважаючи на приведені негативні умови, органи місцевого самоврядування намагаються забезпечити зростаючий транспортний попит населення на ГТ, який виникнув внаслідок, перед усім, подорожчання пального.

Оскільки частина комунального транспорту залучається до виконання евакуаційних рейсів, важливим стає визначення оптимальної кількості рухомого складу на конкретному маршруті, для збереження якості транспортних послуг.

Підходи щодо розв'язання даної задачі, хоча й лежать в складній площині, описані в багатьох джерелах [52].

Для досліджуваного маршруту у контексті наявності ділянки по суті міжміського руху довжиною 16,3 км, й, відповідно, можливого резерву підвищення швидкості сполучення на маршруті, визначення необхідної

кількості рухомого складу можна проводити в залежності від швидкісних параметрів, а саме

$$A_p = \frac{2 \cdot L}{v_{\text{сер}} \cdot t_m} = \frac{t_{\text{об}}}{t_m} \quad (2.1)$$

де L – довжина маршруту, км; $t_{\text{об}}$ – час обороту рухомого складу, год.; t_m – інтервал руху на маршруті, год.

Подивимось, чи може суттєво впливати збільшення швидкості сполучення на необхідну кількість автобусів на маршруті. Для відповіді на це питання побудовано відповідний графік за формулою 2.1 (рис.2.4).

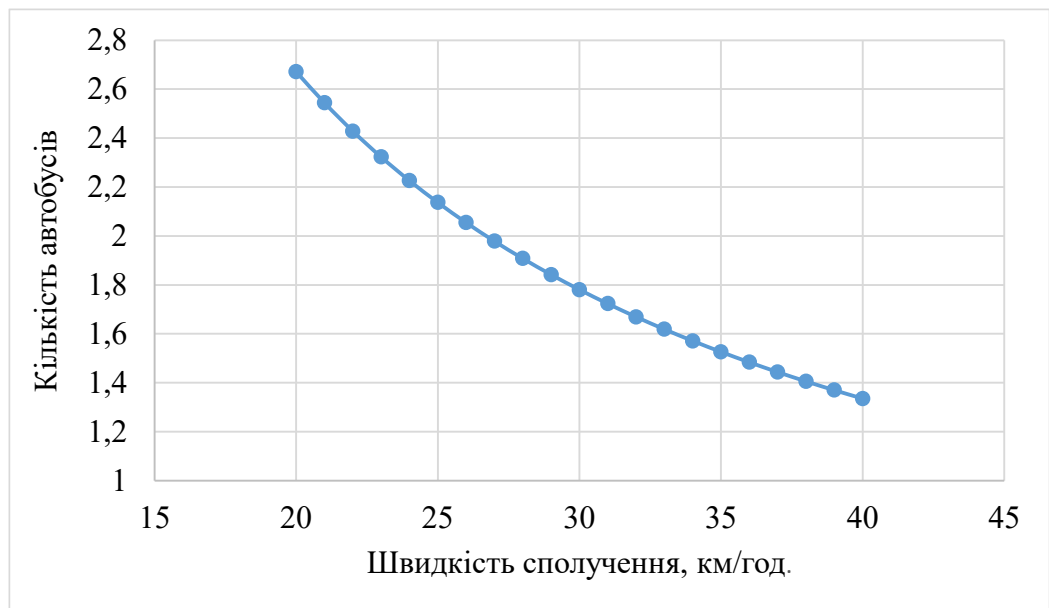


Рис.2.4. Залежність необхідної кількості автобусів від швидкості сполучення на маршруті

Таким чином, з рис.2.4 бачимо, що збільшення швидкості сполучення суттєво не впливає на необхідну кількість рухомого складу на маршруті 302, оскільки основний вплив має велика довжина рейсу в одному напрямку – 43 км, й використання вільної від автотранспорту ділянки для збільшення швидкості руху не надає переваг стосовно ефективності експлуатації автопарку.

Друга частина формули 2.1 показує, скільки рухомого складу необхідно задіяти на маршруті для забезпечення заданого інтервалу руху (рис.2.5).

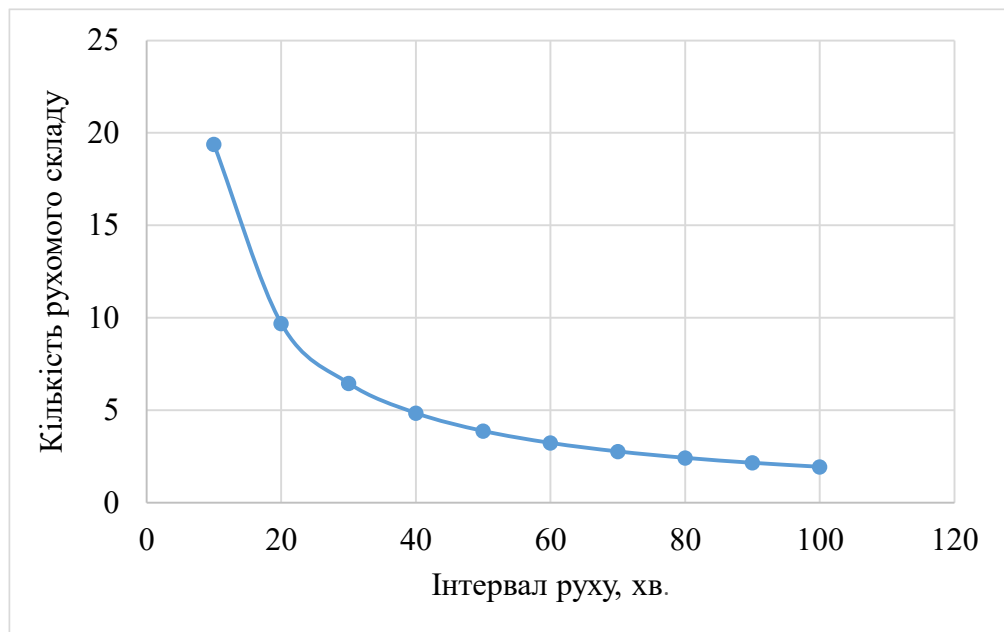


Рис.2.5. Залежність кількості рухомого складу від інтервалу руху

У теперішніх умовах середній інтервал руху на маршруті 302 становить 100 хв., при цьому для перевезень задіяно 2 машини (рис.2.5). У разі необхідності зменшення інтервалу руху до 10 хвилин, за яким працюють маршрутні таксі (крайній випадок), виникає затребуваність у 19 машинах, а до 60 хвилин – 3 машини. Для інтервалу 30 хвилин і менше необхідна кількість автобусів стрімко збільшується. Таким чином, робочими інтервалами на маршруті 302 можуть виступати інтервали від 100 до 40 хвилин із залученням від 2 до 4 автобусів.

Іншим підходом до визначення кількості рухомого складу на маршруті є використання формули, за якої основний вплив на розмір автопарку має обсяг пасажирських перевезень:

$$A_p = \frac{P_{зр} \cdot t_{об} \cdot K_{год}}{q \cdot \gamma} \quad (2.2)$$

де $P_{зр}$ – пасажиропотік для більш завантаженого напрямку руху у пікову годину досліджень, пас.; γ – оціночний рівень заповнення салону автобуса у пікову годину (табл.2.2).

Підставляючи отримані значення параметрів у формулу 2.2:

$$A_p = \frac{60 \cdot 1,45 \cdot 1,9}{110 \cdot 0,40} = 3,75$$

Таким чином, незважаючи на зменшення обсягів перевезень на маршруті у порівнянні з минулим роком, для забезпечення поточного рівня транспортного попиту необхідним стає залучення (у середньому) 3,75 автобусу, у той час, як на маршруті задіяні 2 автобуса. Звичайно, кількісні показники можуть бути тільки цілим числом. Використання 3 автобусів дозволить зменшити інтервал руху до 50 хвилин і створить резерв часу на простої на зупиночних пунктах. Наявність 2 автобусів на маршруті при оптимальній кількості 3,75 говорить про існуючі можливості збільшення рівня заповненості салону до номінальної місткості.

Як показали результати обстежень пасажиропотоку, необхідне збільшення кількості рухомого складу (доля до оптимальності на рівні 1,75) пояснюється не зростаючим попитом на ГТ в умовах воєнного часу, а нерівномірністю пасажирських потоків на всій довжині маршруту: в основному центрами пасажироутворення є початкові та кінцеві зупинки маршруту, що неодмінно впливає на високе значення годинної нерівномірності пасажиропотоків (1,90).

Крім того, середній інтервал руху автобусів на маршруті 302 становить 1,61 год., при тривалості рейсу 1,45 год., тобто маємо ситуацію, коли $t_p < t_m$. Такі витрати часу пасажирів на очікування ГТ є неприпустимими. Зменшення пасажиромісткості рухомого складу для ущільнення інтервалів руху навряд чи можна розглядати як раціональне рішення з огляду на існуючий транспортний попит, особливо на початкових та кінцевих ділянках маршруту. А ось збільшення кількості рухомого складу до 3-4 одиниць надасть можливість покращити якість транспортного обслуговування, повернувши інтервали руху автобусу до більш сприйнятих, хоча й не до воєнних, для користувачів мережі значень.

2.5. Висновки до розділу 2

У роботі проведено обстеження пасажиропотоків на маршруті комунального автобусу 302 у місті Кривий Ріг.

1. Визначено, що в умовах воєнного часу внаслідок використання частини автопарку комунального транспорту для евакуаційних цілей та зменшення кількості жителів району Інгульця попит на перевезення на даному маршруті зменшився порівняно з 2020 роком, незважаючи на зростаючий попит на ГТ у місті як альтернативу індивідуальному транспорту при зростанні вартості палива. Однак, у той же час, у пікову годину доби рівень заповненості салону автобусу від номінальної місткості (разом із місцями для стояння) становить 40% із великою середньодобовою нерівномірністю пасажиропотоків із коефіцієнтом 1,9, коли основними центрами пасажирообміну виступають початкові/кінцеві зупинку маршруту.

2. Маршрут має довжину в один бік 43 км, що нехарактерно для міських перевезень ГТ. У зв'язку зі значними відстанями перевезень, існуючи резерви збільшення швидкості руху на ділянці «Дачі ПівдГЗК- Центр адміністративних послуг», які бу були спрямовані на збільшення середньої швидкості сполучення, не дозволяють отримати потенційний ефект від зменшення кількості рухомого складу на маршруті або збільшення оборотності руху за існуючої кількості задіяних на маршруті автобусів (2 одиниці).

3. При використанні 2 автобусів на маршруті, попри зменшення транспортного попиту у цілому, величина середнього інтервалу руху перевищує тривалість рейсу, що негативно впливає на час очікування пасажирів.

5. Зважаючи на результати аналізу умов роботи ГТ, рекомендується розглянути варіант збільшення кількості одиниць транспортних засобів на маршруті до 3 –4 автобусів, якщо така можливість технічно доступна для виконання.

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ

3.1. Обґрунтування методики

Виходячи із проведених досліджень, основним питаннями під час воєнного стану для роботи комунального транспорту може бути:

- визначення оптимальної кількості рухомого складу на маршруті;
- необхідність зміни траси маршруту.

Інші питання, такі як, вибір пасажиромісткості автобусу, оновлення автопарку, які часто вирішуються на основі результатів транспортних досліджень, потребують значних інвестицій. Їх актуальність в критичних умовах роботи ГТ значно зменшується. Варіант зміни траси маршруту саме для роботи автобусу 302 у даній роботі не розглядається, оскільки траса маршруту проходить через основні транспортні райони міста, центри генерації та поглинання пасажиропотоків та не потребує перегляду.

Частина автопарку комунального транспорту у місті використовується для виконання евакуаційних рейсів. Якщо технічно можливість збільшення кількості рухомого складу на маршруті за таких умов існує, на наш погляд, її слід розглядати, у тому числі, зважаючи на соціальний та економічний ефект від реалізації даної можливості.

Під час воєнного стану на комунальному транспорті впроваджено безоплатний проїзд, тобто пасажирські перевезення на ГТ фінансуються з бюджету. До війни, слід зазначити, право на безоплатний проїзд мали пільгові категорії громадян та мешканці міста із спеціально оформленою транспортною карткою криворіжця.

Будемо розглядати ситуацію, коли оплата проїзду дозволяє отримати додатковий чистий прибуток підприємства-перевізника «Міський тролейбус». У такому разі, збільшення обсягів перевезень при залученні додаткового

рухомого складу, дозволить збільшити виручку від реалізації проїзних білетів.

Таким чином, запропонований захід дає такі види ефектів:

– під час воєнного стану – соціальний ефект від зменшення часу очікування пасажирів автобусу, відповідно, підвищення якості надання транспортних послуг, підтримання популярності маршруту серед мешканців міста;

– у післявоєнний час – економічний ефект від додаткової виручки у зв'язку із реалізацією проїзних білетів.

Друга складова може бути оцінена:

$$O = (P_{\text{рік}}^2 - P_{\text{рік}}^1) \cdot \text{Ц}$$

де O – приріст виручки від реалізації білетів, тис.грн.; $P_{\text{рік}}^2$ – пасажирообіг при використанні більшої кількості рухомого складу на маршруті, тис.пас.; $P_{\text{рік}}^1$ – оціночний пасажирообіг за існуючої кількості автобусів на лінії (2 одиниці).

3.2.Результати розрахунків

Виходячи з даних на рис.2.5, при залученні на маршрут додаткового автобусу інтервал руху становитиме 60 хв. Це означає, що кількість оборотний рейсів у пікову години збільшиться до 1, а інтервал руху буде відповідати умови: $t_p > t_m$. Тоді добовий обсяг перевезень при збереженні попиту матиме вигляд, пас.:

$$P_{\text{доб}} = \frac{112 \cdot 1 \cdot 15}{1,9} = 884$$

А річний обсяг пасажиропотоку, пас.:

$$P_y = 884 \cdot 320 = 282880$$

Тоді підприємство «Міський тролейбус» матиме очікувану виручку при вартості проїзду у 4 грн.:

$$O = (282880 - 184640) \cdot 4 = 392960$$

Таким чином, при потенційному залученні додаткового автобусу на маршрут комунальне підприємство отримує додатковий річний дохід розміром 392 тис.грн.

РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ НА ГРОМАДСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ ПІД ЧАС ПАНДЕМІЇ COVID-19

Інтенсивна міграція населення під час бойових дій, завдяки розвиненій системі пасажирського транспорту в Україні, є на сьогодні основним джерелом ризику передачі інфекційних захворювань та утворення пандемій, у тому числі, COVID-19. Занадто пізня реакція на спалах призводить до того, що поширення хвороби стає важко зупинити. Міри протидії пандемії, які приймаються органами влади, спрямовані на зменшення мобільності людей залежно від стадії та району епідемії. Під час епідеміологічної загрози або епідемії, навіть якщо міська агломерація знаходиться на карантині, транспортні коридори перерізані, переміщення населення є необхідним для підтримки функціонування громади. Як наслідок, міський транспорт працює на іншій основі, хоча й не зупиняється зовсім.

Пандемія, а отже, і введені обмеження досить сильно впливають на ліквідність перевезень громадським міським транспортом.

Пандемія COVID-19 частково змінила аспекти безпеки транспорту з точки зору необхідності перегляду як постачальників послуг, так і самих користувачів. Поки що безпека, як одна з критеріїв якості транспортної системи, найчастіше розглядається в контексті імовірності дорожньої події, яка спричинить певні наслідки для здоров'я та життя як водіїв, так і пасажирів, а також у контексті поведінки інших пасажирів. Роль громадського транспорту у передачі інфекційних захворювань була широко визнана суспільствами Азіатсько-Тихоокеанського регіону. Причиною цього є один із найвищих показників урбанізації, щільність населення та минулий досвід, тобто спалах SARS-CoV у 2002 році. Це явище також неодноразово аналізувалося дослідниками з усього світу. Дослідження були зосереджені, серед іншого, на можливості передачі збудника через крапельним шляхом в місцях громадського транспорту та моделювалось для міст.

Послуги громадського транспорту характеризуються, серед іншого, можливістю пересуватися великій кількості людей, які користуються одним видом транспорту. Це стає проблемою під час пандемії, коли кількість контактів має бути зведена до мінімуму у закритих приміщеннях, де необхідно уникати повітрообміну. Більше того, через економічні причини використання цього виду транспорту зачіпає найбільшу кількість людей.

Профілактичні заходи проти пандемії, що застосовуються на громадському транспорті, мають бути такими:

1. Виділені зони – у випадку транспортних засобів із напіввідкритими кабінами, перевізники позначають спеціальну зону за першим рядом сидінь, яка також перешкоджає входу/виходу через перші двері, прямо біля водія.

2. Зменшення кількості пасажирів – залежно від стадії епідемії кількість людей у громадському транспорті є різною. Уряд, наприклад, вводить ліміт пасажирів на транспортні засоби на рівні 50% від загальної кількості місць: кількість пасажирів, які можуть увійти в транспортний засіб, становить половину його номінальної пасажиромісткості, враховуючи як місця для сидіння, так і місця стоячи, з дотриманням правила, що може бути зайнята лише половина місць.

3. Дезінфікуючі засоби для рук – деякі перевізники вирішили встановити безконтактні дозатори.

4) Мийка/дезінфекція транспортних засобів – більшість перевізників заявляють, що їхні транспортні засоби продезінфіковані щодня, що насправді не збільшує частоту дезінфекції. Різниця полягає у більшій обережності при очищенні поверхонь, з якими стикаються пасажирів, поручнів, спинок сидінь, квиткових автоматів, ручок.

Ефективність профілактичних заходів найкраще оцінити саме на прикладі міського громадського транспорту, оскільки це масовий транспорт і зачіпає найбільшу кількість людей.

Останні дослідження показують [53], що прикриття обличчя важливо для запобігання зараження SARS-CoV-2, тому що основним механізмом

передачі вірусу є великі краплі діаметром більше 0,1 мм, а не аерозольні краплі діаметром більше 10 мкм, як вважалося раніше.

На це впливає той факт, що найвища експресія клітинного рецептора ACE2 знаходиться в носовій порожнині. Більші частинки затримуються у верхніх дихальних шляхах, що дозволяє їх блокувати масками, які є досить ефективним фізичним бар'єром.

Використання маски для особистого захисту цілком перспективний захід. Зменшення майже всіх великих крапель аерозолі для масок FFP2 втричі для звичайного шматку матеріалу і чотири рази для хірургічної маски забезпечує значний захист проти інфекції. У разі передачі частинок, що виділяються при кашлі, цей захист можна порівняти з ефектом від дистанції на 2 метри, миття рук і уникнення дотику до обличчя. Це було встановлено на основі досліджень, які визначали діапазон великих аерозольних крапель на 1,5 метрів для видиху і більше 2 метрів для кашлю [53].

Все ще не існує точного підтвердження ефективності дотримання дистанції між пасажиром у транспортних засобах. Сучасні дослідження показують, що підтримка дистанції більше 1 метра зменшує ризик зараження до 2,6%. Зменшення цієї відстані підвищує ризик зараження до 12,8 %, в той час як кожен додатковий метр на відстані до 3 метрів може знизити ризик передачі патогенів до половини.

Подорож на громадському транспорті зазвичай вимагає контакту з різними типами поверхонь, натискання дверей або кнопок, що використовуються для сповіщення водія, використання ручок або заняття сидіння. Останні дослідження показують, що контакт з поверхнею, на якій є вірус SARS-CoV-2 має незначний вплив для подальшої передачі збудника. У дослідженні [53] встановлено, що вірусна РНК зустрічається лише на 3% поверхонь, яких найчастіше торкаються (ручки, меблі) у побуті, де щонайменше одна людина була інфікована COVID-19.

Використовуючи дослідження [53] та приймаючи їх результати за відповідні лише досліджуваному критерію, що дозволяє оцінити орієнтовну

ймовірність зараження пасажирів у транспортному засобі громадського транспорту, можна зробити наступні припущення:

- 1) вікна транспортного засобу закриті, штучної циркуляції повітря немає;
- 2) пасажир з COVID-19 присутній у транспортному засобі і генерує в ньому збудник у такій спосіб, завдяки якому він підтримує постійне співвідношення неінфекційних та інфекційних частинок у повітрі, і ці умови навколишнього середовища однакові для всіх пасажирів;
- 3) кількість збудника, необхідного для зараження, є постійною для кожного;
- 4) час витримки усереднено відповідно до припущень джерелознавчих досліджень (припустимо, що це було однаково для всіх досліджень);
- 5) всі пасажирів мають маски одного типу або їх немає взагалі;
- 6) профілактичний захід у вигляді маски для здорового пасажирів є єдиним, який використовується на даний момент;
- 7) коли інфікована людина залишає транспортний засіб, кількість частинок, що містять збудник, знижується до нуля.

Ймовірність зараження залежно від вжитого запобіжного заходу є досить високою. Якщо здоровий пасажир не носить маску, а людина навколо нього інфікована SARS-CoV-2 і також не носить маски, це призводить до майже 1 з 6 випадків передачі хвороби. Варто порівняти два сценарії – той, у якому пасажир не носить маску, але той, хто поширює інфекцію, носить її, і навпаки.

Залежно від типу маски, у першому випадку ймовірність зараження становить від 5,22% до 15,66%, тоді як в останньому він становить лише від 0,17% до 5,74% [53]. Також слід підкреслити, що ймовірність зараження для саморобного типу маски, поки її носять як здорові та інфікованої людини становить 5,17%. Цей факт, у випадку саморобних масок, дає неправильне відчуття безпеки, коли він або вона бачить інших пасажирів у подібних масках, в той час як реальна ймовірність зараження залишається на тому ж рівні.

Залежно від комбінації різних масок для звичайних та інфікованих пасажирів, він коливається від 0,003% для масок FFP2 до 5,17% для саморобних масок. Він незрівнянно менший і набагато менший, ніж якби настанови уряду щодо необхідності масок у громадському транспорті не шанувалися зовсім. У разі застосування запобіжного заходу у вигляді дистанціювання ймовірність зараження досягає 12,8%, якщо відстань від пацієнта з COVID-19 менше ніж 1 м і він не оснащений маскою. Залежно від типу маски та відстані від пацієнта ймовірність передачі збудника коливається від 3,84 до 11,5%, при недотриманні дистанції – від 0,2 до 0,59% для дистанції 3 м [53]. У разі контакту з поверхнею, на якій знаходиться збудник, ризик зараження здається зовсім незначним. Залежно від типу маски, яку носить пацієнт, вона може досягати значень від 0,9 до 3%, але слід підкреслити, що сам по собі контакт з поверхнею не призводить до інфікування та передачі вірусу, інфікування виникає повітряно-крапельним шляхом.

ВИСНОВКИ

У роботі виконано дослідження показників роботи рухомого складу на маршруті автобусу №302 у місті Кривий Ріг «А/С Інгулець-площа Визволення» під час воєнного часу.

Отримані такі результати.

1. Встановлено, що окрім натурних спостережень, сучасним і ефективним способом підрахунку кількості пасажирів на громадському транспорті є системи автоматизованого контролю пасажирів (АРС). Однак у більшості випадків відсутня можливість виділення окремих категорій пасажирів.

2. Визначені експлуатаційні показники роботи рухомого складу на маршруті комунального автобусу 302 та обсяги пасажирських перевезень за рейс, за добу та прогнозовані обсяги перевезень за рік.

3. У результаті натурних обстежень пасажиропотоку, проведених у салоні рухомого складу, та на рівня заповненості автобусів, проведених на локації, встановлено, що в умовах воєнного часу робота автобусів на маршруті характеризується:

- використанням частини автопарку комунального транспорту для евакуаційних цілей;
- збільшенням інтервалів руху автобусів (новий тимчасовий розклад), коли величина середнього інтервалу руху перевищує тривалість рейсу, що негативно впливає на час очікування пасажирів;
- зменшенням добових обсягів перевезень до 577 – 601 пасажирів;
- максимальним рівнем заповненості салону у пікову годину доби 40% від номінальної пасажиромісткості автобуса (110 місць);
- значною нерівномірністю пасажиропотоків протягом доби із відповідним коефіцієнтом 1,9;

– значною нерівномірністю пасажирообміну по різних ділянках маршруту, коли основний пасажирообмін відбувається на початкових/кінцевих зупинках;

– малими резервами можливого підвищення середньої швидкості сполучення вище актуальної (27,3 км/год.) для підвищення оборотності руху автобусів, оскільки навіть збільшення швидкості на ділянці міжміського руху між зупинками «Дачі ПівдГЗК» та «Центр адміністративних послуг» довжиною 16,3 км не впливатиме суттєво на середню швидкість сполучення для всього рейсу на трасі довжиною 86 км.

4. Нерівномірність пасажирообміну по різних ділянках маршруту та малі можливості щодо підвищення середньої швидкості сполучення є постійними факторами, характерними для роботи даного маршруту. Інші вищеназвані фактори цілком залежать від зовнішніх умов. Зважаючи на це, рекомендовано, у разі організаційно-технічної можливості, збільшити кількість автобусів на маршруті з 2 до 3, що дозволить отримати два види ефектів: під час війни – соціальний ефект від зменшення часу очікування пасажирів автобусу, у післявоєнний час – очікувати додатковий річний дохід від реалізації білетів у розмірі 392 тис.грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Kaplan, S.; Monteiro, M.M.; Anderson, M.K.; Nielsen, O.A.; Santos, E.M.D. The role of information systems in non-routine transit use of university students: Evidence from Brazil and Denmark. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* 2017, 95, 34–48.
2. Jevinger, E.; Persson, J.A. Exploring the potential of using real-time traveler data in public transport disturbance management. *Public Transp.* 2019, 11, 413–441.
3. Daduna, J.R. (Eds.) *Informations management im Verkehr; Physica: Heidelberg, Germany*, 2000
4. Armoogum, J.; Ellison, A.B.; Kalter, M.J.O. Workshop Synthesis: Representativeness in surveys: Challenges and solutions. *Transp. Res. Procedia* 2018, 32, 224–228.
5. Lu, K.; Liu, J.; Zhou, X.; Han, B. A Review of Big Data Applications in Urban Transit Systems. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* 2020, 1–18.
6. Welch, T.F.; Widita, A. Big data in public transportation: A review of sources and methods. *Transp. Rev.* 2019, 39, 795–818.
7. Hao, J.; Zhu, J.; Zhong, R. The rise of big data on urban studies and planning practices in China: Review and open research issues. *J. Urban Manag.* 2015, 4, 92–124.
8. Zhu, L.; Yu, F.R.; Wang, Y.; Ning, B.; Tang, T. Big Data Analytics in Intelligent Transportation Systems: A Survey. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* 2019, 20, 383–398.
9. Zheng, X.; Chen, W.; Wang, P.; Shen, D.; Chen, S.; Wang, X.; Zhang, Q.; Yang, L. Big data for social transportation. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* 2015, 17, 620–630.
10. Iliopoulou, C.; Kepaptsoglou, K. Combining ITS and optimization in public transportation planning: state of the art and future research paths. *Eur. Transp. Res. Rev.* 2019.

11. Lawson, C.T.; Tomchik, P.; Muro, A.; Krans, E. Translation software: An alternative to transit data standards. *Transp. Res. Interdiscip. Perspect.* 2019, 2.
12. Ait-Ali, A.; Eliasson, J. The value of additional data for public transport origin–destination matrix estimation. *Public Trans.* 2021, Online Available.
13. Lobo, A.X. A review of automatic vehicle location technology and its real-time applications. *Transp. Rev.* 1998, 18, 165–191.
14. Cevallos, F. Transit Service Reliability: Analyzing Automatic Vehicle Location (AVL) Data for On-Time Performance and to Identify Conditions Leading to Service Degradation; Technical Report; University of South Florida: Tampa, FL, USA, 2016.
15. Mintsis, G.; Basbas, S.; Papaioannou, P.; Taxiltaris, C.; Tziavos, I.N. Applications of GPS technology in the land transportation system. *Eur. J. Oper. Res.* 2004, 152, 399–409.
16. Daduna, J.R.; VoЯ, S. Efficient technologies for passenger information systems in public mass transit. In *Proceedings of the first INFORMS Conference on Information Systems and Technology*, INFORMS, Washington, DC, USA, 5–8 May 1996; pp. 386–391.
17. Camus, R.; Longo, G.; Macorini, C. Estimation of transit reliability level-of-service based on automatic vehicle location data. *Transp. Res. Rec.* 2005, 1927, 277–286.
18. Chapleau, R.; Trřpanier, M.; Chu, K.K. The ultimate survey for transit planning: Complete information with smart card data and GIS. In *Proceedings of the 8th International Conference on Survey Methods in Transport: Workshop B1 Paper*, Annecy, France, 25–31 May 2008; pp. 25–31.
19. Barabino, B.; Di Francesco, M.; Mozzoni, S. An offline framework for the diagnosis of time reliability by automatic vehicle location data. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* 2016, 18, 583–594.
20. Barabino, B.; Di Francesco, M.; Mozzoni, S. Rethinking bus punctuality by integrating Automatic Vehicle Location data and passenger patterns. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* 2015, 75, 84–95.

21. Barabino, B.; Lai, C.; Casari, C.; Demontis, R.; Mozzoni, S. Rethinking Transit Time Reliability by Integrating Automated Vehicle Location Data, Passenger Patterns, and Web Tools. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* 2017, 18, 756–766.
22. Wessel, N.; Allen, J.; Farber, S. Constructing a Routable Retrospective Transit Timetable from a Real-time Vehicle Location Feed and GTFS. *J. Transp. Geogr.* 2017, 62, 92–97.
23. Zeng, X.; Zhang, Y.; Jiao, J.; Yin, K. Route-Based Transit Signal Priority Using Connected Vehicle Technology to Promote Bus Schedule Adherence. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* 2020, 22, 1174–1184.
24. Fournier, S.M.; Hulse, E.O.; Pinheiro, J.V. A*-guided heuristic for a multi-objective bus passenger trip planning problem. *Public Trans.* 2019.
25. Hunter, T.; Abbeel, P.; Bayen, A. The Path Inference Filter: Model-Based Low-Latency Map Matching of Probe Vehicle Data. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* 2014, 15, 507–529.
26. Osang, G.; Cook, J.; Fabrikant, A.; Gruteser, M. LiveTraVeL: Real-time matching of transit vehicle trajectories to transit routes at scale. In *Proceedings of the IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC)*, Auckland, New Zealand, 27–30 October 2019; pp. 2244–2251.
27. Fleishman, D.; Shaw, N.; Joshi, A.; Freeze, R.; Oram, R. Fare Policies, Structures, and Technologies; Number Project A-1 FY'92; The National Academies Press: Washington, DC, USA, 1996.
28. Olivkov, I. Comparison and evaluation of fare collection technologies in the public transport. *Procedia Eng.* 2017, 178, 515–525.
29. Barabino, B.; Lai, C.; Olivo, A. Fare evasion in public transport systems: A review of the literature. *Public Transp.* 2020, 12, 27–88.
30. Pelletier, M.-P.; Trépanier, M.; Morency, C. Smart card data use in public transit: A literature review. *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.* 2011, 19, 557–568.

31. Cui, Z.; Long, Y. Perspectives on stability and mobility of transit passenger's travel behaviour through smart card data. *IET Intell. Transp. Syst.* 2019, 13, 1761–1769.
32. Tao, S.; Rohde, D.; Corcoran, J. Examining the spatial–temporal dynamics of bus passenger travel behaviour using smart card data and the flow-comap. *J. Transp. Geogr.* 2014, 41, 21–36.
33. VoЯ, S.; Mejia, G.; VoЯ, A. Mystery Shopping in Public Transport: The Case of Bus Station Design. *Lect. Notes Comput. Sci.* 2020, 12423, 527–542.
34. Espinoza, C.; Munizaga, M.; Bustos, B.; Trăpanier, M. Assessing the public transport travel behavior consistency from smart card data. *Transp. Res. Procedia* 2018, 32, 44–53.
35. Cheon, S.H.; Lee, C.; Shin, S. Data-driven stochastic transit assignment modeling using an automatic fare collection system. *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.* 2019, 98, 239–254.
36. Frumin, M.; Zhao, J. Analyzing Passenger Incidence Behavior in Heterogeneous Transit Services Using Smartcard Data and Schedule-Based Assignment. *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board* 2012, 2274, 52–60.
37. Kim, J.; Corcoran, J.; Papamanolis, M. Route choice stickiness of public transport passengers: Measuring habitual bus ridership behaviour using smart card data. *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.* 2017, 83, 146–164.
38. Qiu, G.; Song, R.; He, S.; Xu, W.; Jiang, M. Clustering passenger trip data for the potential passenger investigation and line design of customized commuter bus. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* 2018, 20, 3351–3360.
39. Egu, O.; Bonnel, P. How comparable are origin-destination matrices estimated from automatic fare collection, origin-destination surveys and household travel survey? An empirical investigation in Lyon. *Transp. Res. Part A Policy Pract.* 2020, 138, 267–282.
40. Munizaga, M.; Devillaine, F.; Navarrete, C.; Silva, D. Validating travel behavior estimated from smartcard data. *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.* 2014, 44, 70–79.

41. Kang, M.J.; Ataeian, S.; Amiripour, S.M.M. A procedure for public transit OD matrix generation using smart card transaction data. *Public Transp.* 2020, 13, 81–100.
42. Kumar, P.; Khani, A.; He, Q. A robust method for estimating transit passenger trajectories using automated data. *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.* 2018, 95, 731–747.
43. Chidlovskii, B. Mining Smart Card Data for Travellers' Mini Activities. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* 2018, 19, 3676–3685.
44. Yap, M.; Cats, O.; van Arem, B. Crowding valuation in urban tram and bus transportation based on smart card data. *Transp. A Transp. Sci.* 2018, 16, 23–42.
45. Aslam, N.S.; Cheng, T.; Cheshire, J. A high-precision heuristic model to detect home and work locations from smart card data. *Geo-Spat. Inf. Sci.* 2019, 22, 1–11.
46. Mohamed, K.E.M.; Cofme, E.; Oukhellou, L.; Verleypsen, M. Clustering smart card data for urban mobility analysis. *IEEE Trans. Intell. Trans. Syst.* 2016, 18, 712–728.
47. Chen, Z.; Fan, W. Extracting bus transit boarding stop information using smart card transaction data. *J. Mod. Transp.* 2018, 26, 209–219.
48. TRB. Using Archived AVL-APC Data to Improve Transit Performance and Management; The National Academies Press: Washington, DC, USA, 2006.
49. TRB. Passenger Counting Systems; The National Academies Press: Washington, DC, USA, 2008.
50. Sun, S.; Akhtar, N.; Song, H.; Zhang, C.; Li, J.; Mian, A. Benchmark Data and Method for Real-Time People Counting in Cluttered Scenes Using Depth Sensors. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* 2019, 20, 3599–3612.
51. Saavedra, M.; Hellinga, B.; Casello, J. Automated Quality Assurance Methodology for Archived Transit Data from Automatic Vehicle Location and Passenger Counting Systems. *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board* 2011, 2256, 130–141.

52. В. В. Біліченко, С. В. Цимбал, і О. В. Цимбал, «Аналіз методів визначення кількості та пасажиромісткості рухомого складу на міських маршрутах пасажирських перевезень», *ВМТ*, вип. 12, вип. 2, с. 11–18, Лют 2021.

53.Електронне джерело: <https://phc.org.ua/kontrol-zakhvoryuvan/inshi-infekciyni-zakhvoryuvannya/koronavirusna-infekciya-covid-19>