

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**
Факультет комп'ютерних наук та кібернетики
Кафедра математичної інформатики

**Кваліфікаційна робота
на здобуття ступеня магістра**

за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки

на тему:

**СИСТЕМНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ
ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА РОЗВИТОК МІСТА**

Виконав студент 2-го курсу магістратури
Жур Іван Леонідович

(підпис)

Науковий керівник:
професор, доктор технічних наук
Заславський Володимир Анатолійович

(підпис)

Засвідчую, що в цій роботі немає
запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент

(підпис)

Роботу розглянуто й допущено до
захисту на засіданні кафедри математичної
інформатики

« ____ » _____ 2021 р., протокол
№ ____

Завідувач кафедри
Терещенко В. М.

(підпис)

Київ – 2021

РЕФЕРАТ

Обсяг роботи 68 сторінок, 2 таблиці, 13 джерел посилань

**ТРАНСПОРТ, ІНФРАСТРУКТУРА, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ГРОМАДСЬКИЙ
ТРАНСПОРТ, МІСТО, ЕКОНОМІЧНИЙ ВПЛИВ, РОЗВИТОК МІСТА,
ТАРИФИ**

Об'єктом дослідження є транспортна інфраструктура, зокрема транспортна інфраструктура в містах, її компоненти, організація, проблеми та особливості. Особлива увага приділяється дослідженню громадського транспорту у містах, як частини транспортної інфраструктури і впливу рівня розвиненості громадського транспорту на місто в різних аспектах, зокрема впливу на економіку.

Метою роботи є дослідження транспортної інфраструктури, зокрема систем громадського транспорту у містах, визначення переваг та недоліків громадського транспорту у порівнянні з особистим автотранспортом, дослідження закономірностей, що визначають вплив громадського транспорту на розвиток міста, зокрема в економічному плані.

Методи дослідження: пошук інформації серед різних джерел, обробка результатів споріднених досліджень, визначення закономірностей та логічних зв'язків, розробка припущень та їх перевірка.

Результати роботи: досліджено організацію інфраструктури громадського транспорту в різних містах та визначено закономірності впливу транспортної інфраструктури на розвиток міста.

Результати роботи можуть бути використані при розробці транспортної інфраструктури та транспортних маршрутів у містах або окремих районах міст для досягнення ефективного впливу впроваджених транспортних рішень на місто.

ЗМІСТ

с.

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА ТА ЇЇ ОСНОВНІ ВИКЛИКИ.	7
1.1. Поняття транспортної інфраструктури.....	7
1.2. Ефективність	15
1.3. Безпека	16
1.3.1. Безпека пасажирів.....	19
1.3.2. Безпека вантажу	22
1.4. Доступність	24
РОЗДІЛ 2 ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА У МІСТАХ.....	27
2.1. Основні проблеми.....	28
2.2. Автомобільна залежність	32
2.3. Громадський транспорт.....	35
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ НА РОЗВИТОК МІСТА.....	39
3.1. Екологічний вплив.....	39
3.2. Економічний вплив.....	42
3.2.1. Вплив на витрати	45
3.2.2. Вплив на якість поїздок.....	46
3.2.2.1. Економія часу на поїздки	48
3.2.2.2. Переваги надійності.....	49
3.2.2.3. Зменшення витрат на поїздки	50
3.2.2.4. Вартість вдосконалення безпеки поїздок	51
3.2.3. Вплив витрат на поїздки на економіку	52
РОЗДІЛ 4 ЦІНОУТВОРЕННЯ ДЛЯ ТАРИФІВ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ	54

4.1. Принципи формування ціни для громадського та персонального транспорту	54
4.2. Приклади ціноутворення для поїздок громадським і персональним транспортом.....	59
4.3. Вплив ціноутворення на дорогах на агломерацію.....	64
ВИСНОВКИ	65
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	67

ВСТУП

Оцінка сучасного стану об'єкта розробки. У сучасному світі мобільність людей та товарів відіграє надзвичайну роль у розвитку країн, міст та економіки. Забезпечення мобільності є основним завданням транспортної інфраструктури, тому від її якості залежить якість життя, розвиток регіону, ціна товарів, тощо. Наразі основна світова економічна активність сконцентрована у містах, особливо у великих міста та агломераціях міст, що налічують мільйони людей населення. Для міста будь-якого масштабу критично важливим є забезпечення мобільності жителів, оскільки це прямо впливає на якість життя у місті та на економічний розвиток. Наразі існують дослідження, що порівнюють переваги різних видів транспорту у місті. Також планування та організація транспортної інфраструктури у місті є однією зі складових урбаністики, однак в урбаністиці здебільшого розглядається конкретна реалізація певних видів громадського транспорту для конкретного міста разом із пішохідною та велосипедною інфраструктурою і створенням громадських просторів.

Актуальність роботи та підстави для її виконання. Тема роботи є актуальною, оскільки сучасні міста швидко розвиваються і неефективна транспортна інфраструктура може гальмувати розвиток. Розуміння впливу транспортної інфраструктури на розвиток міста допоможе проектувати транспорт у місті таким чином, щоб ефект від його впровадження був максимально вигідним.

Мета й завдання роботи. Метою й завданням кваліфікаційної роботи є дослідження транспортної інфраструктури, приділяючи основну увагу транспортній інфраструктурі міст, зокрема громадському транспорту, а також дослідження впливу транспорту на розвиток міста та визначення закономірностей на прикладі різних міст.

Об'єкт, методи й засоби розроблення. Об'єктом даного дослідження є транспортна інфраструктура в загальному та система громадського транспорту міст. Дослідження проводилося за допомогою збору та аналізу інформації про

транспортної інфраструктури, зокрема у містах, та визначення її впливу на місто в різних аспектах.

Можливі сфери застосування. Результати дослідження можуть бути використані під час планування або вдосконалення транспортної інфраструктури міст або районів міст для забезпечення позитивного впливу транспорту на розвиток міста або району.

Взаємозв'язок з іншими роботами. Результати дослідження можуть бути використані при проведенні більш детальних досліджень, наприклад, досліджень конкретних видів громадського транспорту, їх переваг та недоліків, а також впливу на систему транспорту в цілому.

РОЗДІЛ 1 ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА ТА ЇЇ ОСНОВНІ ВИКЛИКИ

1.1. Поняття транспортної інфраструктури

Транспортна інфраструктура в широкому розумінні – це фундаментальна система, яка забезпечує переміщення людей та товарів в межах населеного пункту, між населеними пунктами та між країнами.

Транспортна інфраструктура є складною системою, що складається з великої кількості компонентів навіть для окремо взятого населеного пункту. Транспортна інфраструктура є складовою більш широкого поняття – транспортної системи. Транспортна система включає в себе також транспортні засоби, транспортні підприємства та управління [1].

Компонентами транспортної інфраструктури є споруди, що дають змогу транспортним засобам здійснювати діяльність – перевезення людей або товарів з однієї точки в іншу. Узагальнено компоненти можна розділити на такі широкі групи:

- Транспортні шляхи
- Термінали
- Місця для паркування
- Місця для обслуговування

Транспортні шляхи – це компоненти, що забезпечують зв'язок між географічними точками (зупинками, вулицями, вокзалами, аеропортами, тощо) та які використовуються транспортними засобами та людьми для пересування. Цей компонент є ключовим компонентом усієї транспортної системи, оскільки саме він безпосередньо забезпечує переміщення. Деякі транспортні шляхи є природно створеними, а деякі – штучно.

До природно створених транспортних шляхів можна віднести:

- Водні шляхи
- Повітряні шляхи

Водний та повітряний транспорт має перевагу над наземним, яка полягає у тому, що транспортні шляхи не потрібно конструювати, вони вже є створеними природним шляхом. Однак, не зважаючи на те що вода чи повітря не вимагають проектування та конструкції, на відміну від, наприклад, автомобільних доріг, залишається актуальним завдання організації самих шляхів по морю та повітрям. Це завдання полягає у створенні карти дозволених зон на морі та в повітряному просторі, які можуть використовуватися відповідними транспортними засобами для переміщення. Також потрібно створити ефективну систему координації транспортних засобів та систему навігації, розробити правила руху. З одного боку перевагою є те, що морський та повітряний простір є дуже широкими та за необхідності можливо використовувати додаткові їх частини для збільшення пропускної здатності, на відміну від автошляхів, де потрібно буде будувати нову дорогу. З іншого боку, це ж і є недоліком, оскільки неграмотна організація перевезень та відсутність або невиконання правил руху транспортними засобами можуть стати причинами аварій. Для морських та повітряних шляхів потрібно вкладати більше ресурсів в системи організації та контролю руху і в навігаційні системи, ніж для наземних шляхів.

Також варто зазначити, що природні водні шляхи можуть бути розширені штучними спорудами, такими як канали. Це є важкими інфраструктурними об'єктами, але їхня частка порівняно з природніми шляхами досить мала. Але попри це канали є надзвичайно важливими елементами водної транспортної інфраструктури, оскільки вони поєднують окремі системи водних шляхів та скорочують відстань, що мають долати транспортні засоби для того щоб дістатися з початкової до кінцевої точки.

На відміну від природно створених транспортних шляхів, штучні шляхи мають бути повністю сконструйовані людиною. Варто зазначити, що в загальному випадку існують природно створені місцевості, які дозволяють переміщуватися пішки або використовуючи деякі види транспорту (наприклад, поле, пустеля), але більшість транспортних шляхів, особливо в розвинених країнах, (окрім водних та повітряних) є штучно створеними. До штучно створених транспортних шляхів відносяться:

- Автомобільні шляхи (дороги). Одним із основних видів транспорту є автомобільний транспорт. Автомобільна дорога являє собою конструкцію, що з'єднує два різних місця та має тверде покриття, що дозволяє рух колісних транспортних засобів. Дороги можуть бути ґрунтовими, асфальтованими, бетонними, тощо. Дороги є надзвичайно широко розповсюдженими у більшості країн, як у межах населених пунктів, так і між ними.
- Залізничні шляхи. Залізниці є дуже поширеними в Європі, Північній Америці та Азії та менш поширеними в країнах Африки та Південної Америки. Залізничний шлях являє собою спеціальну конструкцію, на якій закріплені рейки, що забезпечують напрям руху рейкових транспортних засобів. Особливістю залізничного транспорту є можливість утворювати транспортні засоби (потяги) великої довжини за допомогою комбінування вагонів у один склад, цим самим забезпечуючи можливість перевезення великої кількості товарів чи людей одночасно.
- Пішохідні дороги. Також важливим елементом транспортної інфраструктури є пішохідні шляхи, оскільки врешті-решт кожна людина насамперед є людиною, а не пасажиром чи водієм транспортного засобу. І для використання будь-яких транспортних засобів людина має мати змогу до них дістатися пішки. Пішохідні шляхи можуть мати багато спільного з автомобільними (наприклад,

покриття), але можуть і кардинально відрізнятись (наприклад, доріжки у парках).

- **Велосипедні доріжки.** Сучасною тенденцією є розвиток велосипедного транспорту, тому окремі виділені велосипедні шляхи набирають популярності в багатьох країнах. Вони так само можуть бути подібними до автомобільних за покриттям чи конструкцією, але призначені для руху велосипедних транспортних засобів.
- **Канатний транспорт.** Менш популярний вид транспорту, але в деяких місцевостях є важливим. Канатні шляхи часто застосовуються там, де є великі перепади висот між двома місцями, що потрібно з'єднати, або там, де складний рельєф місцевості не дозволяє або робить недоцільним будівництво автомобільних чи залізничних шляхів.

Термінали — це об'єкти транспортної інфраструктури, що поєднані транспортними шляхами та забезпечують посадку або висадку пасажирів до транспортних засобів, а також завантаження та вивантаження вантажів. Термінали є локаціями де пасажирі або вантаж переміщуються з одного транспорту на інший. Наприклад, до аеропорту можна приїхати автобусом та продовжити шлях літаком. Не обов'язково змінювати вид транспорту, можливо робити пересадки, наприклад, з одного потяга на інший. Термінали можуть являти собою різну сутність, або можуть взагалі бути відсутніми для деяких видів транспортних шляхів. Залежно від виду, розміру, розташування та інших параметрів кожен конкретний термінал може обслуговувати певні типи транспортних засобів відповідної категорії. Розглянемо приклади терміналів для різних транспортних засобів та шляхів:

- **Водний транспорт.** Терміналами для водного транспорту (морського або річкового) являються морські або річкові пасажирські, вантажні або комбіновані порти. Також терміналом можна вважати будь-яку

пристань, куди може пришвартуватися човен. В даному випадку розмір та сутність терміналу визначає вид суден, які він здатен обслуговувати. Невеликі пристані можуть бути використані маленькими човнами, що вміщують кілька людей, в той час як існують надзвичайно великі вантажні порти, спеціально створені для обслуговування суден, довжина яких сягає кількох сотень метрів.

- **Авіаційний транспорт.** В авіаційному транспорті основним терміналом є аеродром. Залежно від типу літаків, що він приймає, це може бути як звичайний аеродром з однією злітною смугою, розрахованою на невеликі літаки і без інфраструктури, так і великий аеропорт, що здатен приймати будь-які літаки та має розвинену наземну інфраструктуру: диспетчерські служби, служби порятунку, пасажирські або вантажні термінали, заправні станції для літаків, тощо. Також терміналами для авіаційного транспорту можна вважати вертолітні майданчики.
- **Залізничний транспорт.** Терміналами для залізничного транспорту є станції. Станції можуть відрізнятися між собою за розміром, призначення, пропускною здатністю та багатьма іншими параметрами. За призначенням станції можуть бути пасажирськими, вантажними та комбінованими. Найменші та найпростіші пасажирські станції можуть являти собою просту платформу без жодних додаткових споруд, а великі станції часто мають кілька десятків колій та будівлі (вокзали), в яких розміщені інші об'єкти залізничної інфраструктури, такі як каси, зали очікування, виходи на платформи, інформаційні табло з розкладом потягів, диспетчерські пункти, тощо. Вантажні станції можуть мати спеціальні споруди для проведення операцій з вантажами, наприклад, крани чи сховища, а також вони зазвичай займають більшу територію для того щоб мати

змогу розміщувати більшу кількість вагонів, та, відповідно, товарів, ніж потрібно для пасажирських станцій.

- Автомобільний транспорт. Терміналами для автомобільного транспорту можна назвати дуже широке коло об'єктів транспортної інфраструктури. Оскільки автомобільний транспорт є найбільш поширеним, а транспортні засоби є значно меншими за розмірами, ніж залізничні, морські чи повітряні, то і різноманіття терміналів є великим. До пасажирських терміналів можна віднести автостанції, що є вузлами, які поєднують автобусні маршрути, звичайні зупинки громадського транспорту, зупинки за межами населених пунктів, тощо. До вантажних терміналів можна віднести спеціальні зони для відвантаження товарів на складах компаній, логістичні центри, а також морські порти та залізничні станції, оскільки з потягів та кораблів часто розвезення товарів до кінцевого пункту призначення здійснюється автомобільним транспортом.
- Канатний транспорт. Системи канатного транспорту зазвичай є відокремленими та відносно невеликими за масштабами. Терміналами тут є спеціальні місця для посадки та висадки пасажирів у транспортні засоби, що рухаються канатною дорогою.
- Велосипедний транспорт. Для велосипедного транспорту важко визначити термінали таким самим чином, як для, наприклад, залізничного чи автомобільного. Оскільки велосипед є дуже компактним та здебільшого індивідуальним транспортним засобом, зазвичай велосипедній інфраструктурі достатньо шляхів та місць для паркування і обслуговування. В якості терміналів можна визначити станції міського прокату велосипедів, що є популярними в містах Європи та України.

Місця для паркування. Такий компонент транспортної інфраструктури як місця паркування є також абсолютно необхідною її складовою. Йдеться не лише про місця для паркування приватних автомобілів, а про більш широке поняття. Будь-який транспортний засіб, в той час коли він не виконує перевезення, повинен мати місце де він може знаходитись. Таке місце і є місцем для паркування. Такого місця потребують як найменші транспортні засоби (наприклад, велосипеди), так і найбільші (наприклад, великі кораблі). Проблема паркування вирішується по-різному залежно від типу транспорту та від розташування. Особливо гостро стоїть проблема паркування приватного автомобільного транспорту у густо заселених районах міст. Розглянемо специфіку паркування різних видів транспорту:

- Водний транспорт. Залежно від розміру судна місцем паркування може бути або певна ділянка в порту, біля причалу або пристані, або ж спеціально відведене місце далі від берега, де судно може кинути якір та чекати подальших дій.
- Авіаційний транспорт. Найчастіше місця стоянки авіаційного транспорту розташовані поруч з терміналами. Тобто на аеродромах, в аеропортах. Однак, варто зазначити що може виникати ситуація коли спеціально відведених місць не вистачає. Як і будь-який транспортний засіб комерційного використання, літаки часто проводять в повітрі не менше часу, ніж на землі. Тому за нормальних умов та відсутності обмежень на польоти велика частина флоту знаходиться в повітрі і місць на землі може бути менше ніж кількість одиниць транспортних засобів. На початку пандемії COVID-19 можна було спостерігати дану проблему. Більшість літаків, зайнятих у пасажирських перевезеннях, були вимушені стояти на землі через обмеження на польоти та переміщення людей в багатьох країнах і це створило нестачу місць для стоянки. Проблему вдавалося вирішити

за рахунок використання для стоянки інших місць в аеропортах. Іноді літаки розміщували навіть на злітних смугах.

- **Залізничний транспорт.** Для стоянки, а також технічного обслуговування залізничного транспорту, прийнято будувати депо. Територія депо зазвичай включає велику кількість колій та може вміщувати певну кількість потягів, залежно від розміру самого депо. Також в якості стоянок можуть використовуватись і станції, які мають колії, на яких можна розташувати потяг і при цьому не заблокувати транзитний рух по станції.
- **Автомобільний транспорт.** Для автомобільного транспорту варто розділити проблему паркування на паркування особистого транспорту (приватних автомобілів) та паркування комерційного транспорту (автобуси, вантажівки). Для вантажного транспорту зазвичай компанії-власники мають виділені місця для паркування на своїх базах, а коли машина перебуває у рейсі, то можна користуватись спеціальними місцями для стоянки вантажівок. Щоправда, в деяких країнах, зокрема і в Україні, такі місця є не дуже розвиненими і тому водіям вантажівок доводиться шукати місця на дорогах або в населених пунктах для того щоб зробити перерву в роботі або іншу зупинку. Для паркування ж приватного транспорту найбільш гостро стоїть проблема у центральних районах великих міст. Вирішення цієї проблеми та створення адекватного балансу між вартістю та доступністю стоянок та доступністю альтернатив приватному транспорту є одним з ключових для розвитку міста.

Місця для обслуговування. Місцями для обслуговування деяких видів транспорту, особливо комерційного призначення, можуть бути ті самі місця, що використовуються для стоянки, або ж термінали. Наприклад, на залізничній станції чи в депо можна виконувати роботи по базові роботи ремонту та

технічному обслуговуванню рухомого складу. Але окрім цього даний компонент транспортної інфраструктури включає такі спеціалізовані місця як:

- Сервісні центри
- Автозаправні станції
- Ремонтні заводи (залізничні, корабельні, тощо)
- Станції технічного обслуговування
- Інші місця де можна провести обслуговування транспортних засобів

1.2. Ефективність

Ефективність є ключовим викликом і завданням транспортної інфраструктури будь-якого масштабу: від інфраструктури невеликого містечка до організації транспортних зв'язків між країнами та континентами. Ефективність прямо впливає на доступність інфраструктури, ціни на перевезення, бажання людей і бізнесу нею користуватись.

Для транспортної інфраструктури міста ефективність є надзвичайно важливим показником, оскільки за наявності ефективної транспортної інфраструктури місто буде краще розвиватися за рахунок мобільності населення. Тому питанню створення ефективної транспортної інфраструктури у містах слід приділяти дуже велику увагу. В багатьох містах світу, зокрема, Європи, виділяються великі бюджети на проектування та впровадження транспортної інфраструктури, що складається не лише з автомобільних доріг, але і з громадського транспорту різних видів (метро, трамваї, тролейбуси, автобуси, тощо), велосипедних та пішохідних маршрутів. Ефективна транспортна інфраструктура є однією зі складових сталого розвитку міст.

Якщо розглянути транспортну інфраструктуру більш широкого масштабу, наприклад, в межах однієї країни або континенту, то тут також постає питання ефективності. У сучасному світі мобільність людей та товарів є дуже важливою і саме на цю мобільність і впливає транспортна інфраструктура та рівень її

ефективності. Неможливо сконцентрувати в одному місті усі підприємства, що займаються виробництвом товарів, їх реалізацією, розробкою нових технологій, виготовленням сировини для інших підприємств, тощо. На певному етапі бізнес циклу будь-якого продукту виникає питання логістики. Наприклад, для того щоб виготовити автомобіль, потрібно зібрати його з деталей: двигун, кузов, трансмісія, вікна, двері, шини, бортовий комп'ютер та велика кількість інших деталей. Навіть попри те що в теорії можна розташувати виробництво всіх компонентів автомобіля в одному місті, на практиці часто виготовленням різних компонентів можуть займатися різні фабрики, що географічно віддалені одна від одної. Потрібно мати можливість транспортувати ці частини між заводами. Також, для кожного з цих заводів потрібно доставити сировину, яка видобувається в іншому місці, доставити на роботу людей. Очевидно, для цього потрібна ефективна транспортна інфраструктура.

1.3. Безпека

Питання безпеки також є одним з ключових в транспортній інфраструктурі, оскільки безпека також напряму впливає на попит на користування інфраструктурою. Питання безпеки та охорони стосуються як видів транспорту, так і терміналів, які можуть бути або мішенню для тероризму, переносником незаконної діяльності і навіть формою війни. Незважаючи на те, що питання безпеки та безпеки вже багато років турбує організаторів і менеджерів транспорту, лише нещодавно фізична безпека стала головним питанням. З цього приводу слід визначити важливий нюанс між злочинною діяльністю та тероризмом. Хоча ці обидва види загроз прагнуть використати недоліки безпеки транспорту, вони роблять це з різних причин. Тероризм - це діяльність, яка прагне до форм руйнування та зриву для примушення політичного, ідеологічного чи релігійного порядку денного. У цьому контексті перевезення є переважно ціллю. Злочинна діяльність вимагає економічної

віддачі від незаконних операцій, таких як наркотики, зброя, піратство та нелегальна імміграція. У цьому контексті транспорт переважно є інструментом незаконних операцій. У минулому вже виникали занепокоєння. Тим не менш, трагічні події, такі як теракти 11 вересня в США, як ніколи раніше, поставили питання про фізичну безпеку у суспільне надбання та викликали реакції, які непередбачуваними способами змінили форму транспорту. Крім того, загрози здоров'ю, такі як поширення пандемій, представляють значні проблеми для планування та експлуатації транспорту [2].

Термінали, як місця, де збираються пасажери та відбуваються вантажні перевезення, особливо зосереджуються на питаннях безпеки та охорони. Оскільки залізничні вокзали та аеропорти є одними з найбільш людних місць у будь-якому місці, контроль над натовпом та безпека є проблемами, які довгий час хвилювали керівників. Доступ контролюється, ведеться спостереження, а рух організовується каналами по шляхах, що забезпечують безпечний доступ до платформ і воріт та з них. У галузі вантажних перевезень проблеми безпеки спрямовані на дві сфери: безпека працівників та крадіжка. Традиційно вантажні термінали є небезпечними робочими місцями. Коли важкі вантажі переміщувались по дворах та завантажувались у транспортні засоби за допомогою великих мобільних машин або вручну, аварії були системними. За ці роки було досягнуто значних покращень завдяки освіті працівників та кращій організації операцій, але вантажні термінали все ще є порівняно небезпечними. Питання крадіжки було однією з найсерйозніших проблем, що стоять перед усіма типами вантажних терміналів, особливо там, де обробляються товари високої вартості. Доки особливо розглядалися як місця, де організована злочинність встановила контроль над місцевими профспілками. З роками доступ до вантажних терміналів дедалі обмежувався, а розгортання персоналу охорони дещо допомагало контролювати крадіжки.

Найпомітнішою формою загрози безпеці є кібербезпека, до якої транспортні інфраструктури та організації особливо вразливі. Зростання використання інформаційних технологій та пов'язаних з ними мереж відкрило

нові форми вразливості, оскільки до систем управління та менеджменту можна отримати віддалений доступ. Це призвело до складних взаємопов'язаних корпоративних інформаційних мереж, які можна зламати та порушити. У 2017 році зловмисне програмне забезпечення під назвою NotPetya було випущено із зламаних серверів української програмної фірми, що обслуговує програму управління, що використовується деякими найбільшими корпораціями світу, завдавши збитків, що оцінюється на 10 млрд. доларів США. Транспортно-логістичні фірми, такі як Maersk та TNT, зазнали серйозних збоїв. У деяких випадках термінали та розподільчі центри змушені припинити роботу через непрацездатні комп'ютери.

Основа транспортної безпеки включає декілька вимірів та потенційних заходів:

- Виміри. Особливо стосовно безпеки пасажирів або вантажу, маршруту та інформаційних систем (ІТ-безпека), що керують транспортним ланцюгом.
- Заходи. Набір процедур, які можуть бути застосовані для підтримки безпеки пасажирів або вантажу, а саме інспекції, безпека об'єктів та персоналу, а також даних та допоміжних інформаційних систем.

Очікувані результати цих заходів включають:

- Знижений ризик перебоїв у подорожах або торгівлі у відповідь на загрози безпеці.
- Покращена безпека від викрадення та перенаправлення вантажу за рахунок зменшення прямих втрат (вантажу та іноді транспортного засобу) та непрямих витрат (наприклад, більші страхові внески)
- Покращена безпека від незаконного перевезення пасажирів та товарів, таких як підробки, наркотики та зброя, а також осіб.
- Покращена залежність від інформаційних систем, що підтримують складні операції, породжувані транспортною діяльністю.

- Знижений ризик ухилення від сплати мита та податків.
- Підвищення довіри до міжнародної торгової системи з боку поточних та потенційних вантажовідправників.
- Покращений процес скринінгу (вартість та час) та спрощені процедури.

Тим не менше, незважаючи на якісні переваги, встановлення та впровадження заходів безпеки мають таку ціну, яку повинні взяти на себе вантажовідправники і врешті-решт споживачі або пасажирів. За підрахунками, збільшення витрат на міжнародну торгівлю на 1% призведе до зменшення торгових потоків у діапазоні від 2 до 3%. Отже, заходи, засновані на безпеці, можуть збільшити загальні витрати від 1% до 3%, що негативно вплине на міжнародну торгівлю. Крім того, наслідки не є рівномірними, оскільки економіки, що розвиваються, особливо економіки, орієнтовані на експорт, мають тенденцію до вищих транспортних витрат. Отже, основною метою є дотримання заходів безпеки найбільш економічно вигідним способом.

1.3.1. Безпека пасажирів

Аеропорти були центром уваги проблем безпеки протягом багатьох десятиліть. Викрадення літаків почало розвиватися у 1970-х роках, коли терористичні угруповання на Близькому Сході експлуатували відсутність захисту для командуючих літаків для викупу та розголосу. Біженці, які рятувались від диктатури, також виявили, що оволодіння літаками є можливим шляхом до свободи. У відповідь авіапромисловість та міжнародний регуляторний орган ІКАО встановили процедури перевірки пасажирів та багажу. Здається, цей процес спрацював принаймні в короткостроковій перспективі, скоротивши викрадення людей. Однак терористи змінили свою тактику,

помістивши бомби в несупроводжуваний багаж і пакети, як, наприклад, при аварії Air India біля Ірландії в 1985 році та Локербі, Шотландія, катастрофі Pan Am 103 у 1988 році. Однак станом на зараз літак є найбезпечнішим видом транспорту, кількість загиблих з роками неухильно зменшується.

Зростання пасажиропотоку та розвиток мереж хабів створили значне навантаження на процес безпеки. Існували великі розбіжності в ефективності перевірки пасажирів в різних аеропортах, і оскільки пасажирів перенаправлялися через вузли, кількість пасажирів, що перебувають транзитом через аеропорти-вузли, значно зросла. Це викликало занепокоєння, але витрати на покращення перевірки та необхідність обробки все більшої кількості пасажирів та дотримання розкладу рейсів змусили більшість перевізників виступити проти посилення заходів безпеки.

Ситуацію безповоротно змінили події 11 вересня 2001 р. Уряд США створив Міністерство національної безпеки, яке, в свою чергу, створило Управління транспортної безпеки (TSA) для нагляду за введенням суворих нових заходів безпеки в галузі. Тепер безпека може становити від 20 до 30% експлуатаційних витрат аеропорту. Безпека передбачає багато кроків, починаючи від обмеження доступу до аеропортів, зміцнення кабін, складання списків осіб, яким заборонено польоти, до більш широкого контролю безпеки пасажирів та їх багажу. Перевірка включає обмеження щодо того, що можна особисто перевозити в літаках, таких як гелі та рідини. Для іноземних громадян інспекція використовує біометричну ідентифікацію, яка наразі передбачає перевірку відбитків пальців, але в майбутньому може включати сканування сітківки та розпізнавання малюнків обличчя.

Була представлена нова система - Система попереднього відбору пасажирів за допомогою комп'ютера (CAPPS II). Потрібно було отримати більше персональної інформації від мандрівників під час бронювання рейсів, яка використовується для оцінки ризику кожного пасажирів. Пасажири, які вважаються групами високого ризику, були додатково перевірені. Однак цю програму було скасовано в 2004 році, здебільшого тому, що вона створила

занадто багато помилкових спрацьовувань, в межах 98%. Її замінила програма безпечного польоту, яка працює за подібними принципами, але повністю управляється TSA. Починаючи з 2009 року, на всі рейси, що здійснювали політ у напрямку США або літали над ними, у списку пасажирів були перехресні посилення в центральному списку заборонених польотів, яким керував TSA. Для подальшого фокусування процедур скринінгу були запроваджені програми для довірених мандрівників, в яких особи, які надали інформацію, таку як відбитки пальців та перевірка стану, можуть пройти прискорену процедуру безпеки.

Впровадження цих заходів призвело до значних витрат, які, за оцінками IATA, перевищували 7,4 млрд. Доларів на рік. Важливим фактором було перевірка пасажирів. Для цього потрібно наймати та навчати робочу силу, придбання вдосконалених перевірочних машин та перероблення процедур безпеки аеропорту. Далі було змінено конструкцію та експлуатацію літаків, включаючи впровадження посиленних дверей кабіни. Ці заходи також вплинули на пропускну спроможність пасажирів, і, за оцінками, на 5% зниження приписали заходи безпеки. Проходження контролю безпеки стало найважливішим джерелом затримок у процесі посадки пасажирів. Очікується, що пасажирі прибудуть до терміналу за 2 години до вильоту, щоб пройти контроль на безпеку. Тому не дивно, що відбувся перехід на автотранспорт (і певною мірою на залізницю, де вона є розвиненою) для авіаперевезень на менші відстані (500 км або менше). Цей зсув був пов'язаний із додатковими смертями на дорогах, непрямым наслідком додаткових заходів безпеки.

Проблеми безпеки негативно позначилися на галузі повітряного транспорту, оскільки витрати зростали із затримками та незручностями для пасажирів. Однак ці затримки та незручності зараз вважаються частиною сучасних авіаперевезень, оскільки пасажирі звикли до вимог безпеки. Крім того, аеропорти розробили ефективні процедури, такі як безліч смуг безпеки та сканування з високою пропускну здатністю, щоб пришвидшити процес. Безпека та митні процедури, накладені на основні порти в'їзду, також спонукають до розширення програм попереднього митного оформлення.

Пандемія COVID-19 2020 року висунула новий вимір безпеки пасажирських перевезень, а саме епідеміологічну безпеку. Це особливо стосується видів пасажирських перевезень з високою щільністю, таких як громадський транспорт, круїзні перевезення та авіаперевезення. Люди неохоче користуються такими видами транспорту через сприйнятий ризик зараження. Кожен режим може бути пов'язаний з епідеміологічним ризиком, який потрібно пом'якшити. Для авіаперевезень це може включати перевірку пасажирів та постійну дезінфекцію таких приміщень, як зони очікування та літаки між рейсами. Результатом є додаткові витрати та збільшення ефективності авіаперевезень через довші обороти.

1.3.2. Безпека вантажу

Безпека у вантажній галузі завжди була основною проблемою. Нелегальні іммігранти, контрабанда наркотиків, ухилення від сплати мита, піратство та розміщення нестандартних суден (вища схильність до нещасних випадків) були одними з найважливіших проблем. У світлі появи глобальних ланцюгів поставок акцент на безпеці вантажного транспорту поступово переходить до більш комплексного, але складного підходу. Однак, як і у сфері авіаційного пасажирського бізнесу, події 11 вересня висвітлили новий набір питань безпеки. Масштаби та охоплення цих проблем у вантажних перевезеннях мають ще більший вплив. Зокрема, менш регульовані та більші міжнародні виміри судноплавної галузі зробили її вразливою до порушень безпеки.

Велика кількість портів, величезний флот світового судноплавства та асортимент товарів, що перевозяться на суднах, а також складність виявлення ускладнили вирішення питання безпеки судноплавства. Для портів вразливі місця (несанкціонований доступ до вантажів та об'єктів) можуть бути використані як з суші, так і з морської сторони. Контейнер, який значно полегшив глобалізацію, надзвичайно ускладнює ідентифікацію незаконних та

небезпечних вантажів. За відсутності сканерів, які можуть сканувати всю коробку, ручний огляд стає трудомістким і практично неможливим завданням, враховуючи великі обсяги. Хаббінг (використання великих сортувальних центрів – хабів) ускладнює проблему, оскільки велику кількість контейнерів потрібно обробляти з мінімальними затримками та незручностями.

У Сполучених Штатах у відповідь було прийнято Закон про морські перевезення та безпеку в 2002 році. Основні елементи цього законодавства були прийняті Міжнародною морською організацією (ІМО) як Міжнародний кодекс безпеки суден і портів (ISPS), який почав реалізовано в 2004 році. Є три важливі особливості цих законів:

- Вимога автоматизованої системи ідентифікації (AIS) для всіх суден вагою від 300 до 50 000 т. AIS вимагає від суден мати постійно маркований та видимий ідентифікаційний номер, а також повинен бути запис про його прапор, порт реєстрації та адресу зареєстрованого власника.
- Кожен порт повинен пройти оцінку безпеки. Це включає оцінку його активів та споруд та оцінку наслідків збитків, які можуть бути заподіяні. Потім порт повинен оцінити ризики та виявити свої слабкі сторони щодо своєї фізичної безпеки, систем зв'язку, комунальних послуг тощо.
- Усі вантажі, призначені для США, повинні отримати митне оформлення перед відплиттям судна. Крім того, біометрична ідентифікація моряків була впроваджена та зберігалась у національних базах даних.

Код ISPS був впроваджений у порти по всьому світу, оскільки без сертифікації порт мав би труднощі у торгівлі зі США. Захист місць, проведення оцінок ризиків та моніторинг суден представляють додаткові витрати без будь-якої комерційної віддачі. Американські порти змогли отримати фінансування з

Міністерства національної безпеки, але закордонні порти повинні виконувати ці вимоги або ризикувати втратою бізнесу. У 2008 році законодавство США вимагало, щоб усі контейнери, що відправляються до США, проходили перевірку. Очікувалось, що іноземні порти придбають дорогі гамма- та рентгенівські сканери та проведуть перевірку всіх контейнерів, що перебувають у США, незалежно від ступеня загрози безпеці. Це є подальшими фінансовими та експлуатаційними ускладненнями, з якими повинні боротися іноземні порти.

Як і пасажирські перевезення, авіап перевезення вантажів стикаються з жорсткими вимогами безпеки. З 2010 року положення TSA вимагає перевірки всіх вантажів, що перевозяться повітряним транспортом у межах Сполучених Штатів або за кордоном, і це перед завантаженням. Програма сертифікованого перевірки вантажів (CCSP) змушує авіакомпанії, експедиторів та вантажовідправників нести витрати на ці заходи безпеки, намагаючись створити безпечний транспортний ланцюг вантажних перевезень. Цей захід наклав додаткові витрати, затримки та перебої, підриваючи експлуатаційну ефективність повітряних вантажів. Проте авіаційна вантажна галузь пристосувалась до цих заходів. Безпека стала додатковим елементом у визначенні конкурентних переваг.

1.4. Доступність

Роль транспорту у забезпеченні зв'язку, а отже, і доступу до можливостей є життєво важливою для сучасних суспільств. У швидко зростаючому середньому класі мобільність є обов'язковою умовою заможного способу життя, до якого прагне більшість людей. Можливість подорожувати стає визначальним фактором можливостей, а мобільність також пов'язана із добробутом та задоволеністю життям. Однак прогрес у розвитку та мобільність розподіляються нерівномірно, і, наприклад, віддалені міські та сільські райони відстають з точки зору зв'язку, мобільності та можливостей. Отже, вразливі соціальні групи, які

проживають в ізольованих або віддалених селах, в подальшому зазнають нестабільних умов та невизначеності через відсутність зв'язків та сучасної інфраструктури. Транспортні послуги мають важливе значення для забезпечення доступу на ринки, роботу, освіту, послуги та, зрештою, для підвищення якості життя. Доступ до ширшої транспортної мережі був визнаний головним фактором економічного та соціального розвитку, але соціально-просторова ізоляція негативно впливає велику кількість людей по всьому світу і зокрема в Україні.

Встановлено, що місце розташування є найважливішим фактором витрат на душу населення, випереджаючи склад домогосподарств та освіту. У занедбаних районах доступ до шкіл або лікарень обмежений, і персонал часто не хоче працювати у віддалених районах. Незважаючи на те, що був досягнутий прогрес у збільшенні доступу до освіти у всьому світі, за даними ООН, 57 мільйонів дітей залишаються поза школою. Нерівність та транспорт є класичними проблемами в географії та дослідженнях транспорту. Оскільки будівництво доріг у віддалених районах є дорогим, а кількість бенефіціарів на кілометр дороги порівняно низька, уряди зазвичай не бажають інвестувати в сільські дороги. Тому потенціал для економічного розширення можливостей залишається низьким у сільських районах через відсутність інтегрованої дорожньої мережі. Таким громадам також не вистачає свободи волі та голосу і вони розташовані далеко від економічних та політичних центрів. Також відомо, що бідніші житлові райони сучасних мегаполісів часто не мають доступу до дорожньої інфраструктури, сучасної інфраструктури та зв'язку з рештою міста. За даними ООН, близько 828 мільйонів людей мешкають у невеликих поселеннях, у яких відсутня сучасна інфраструктура, а отже, вони в основному не мають рівних можливостей поліпшити свої умови. Ця інформація робить доступ до ресурсів справді складним питанням, переплетеним зі здатністю сімей стати частиною динамічних процесів розвитку. Складність складається з багатьох частин, таких як просторове виключення та конституція бідності та нерівності в маргіналізованих просторах. Іншими словами, географічна мобільність є основою зростаючої соціальної мобільності.

Сучасні суспільства все більше базуються на швидкому русі людей, товарів і грошей. Сприйняття, ставлення та розуміння мобільності значно варіюються між культурами, релігіями та географічним розташуванням, і немає заздалегідь визначеної універсальної моделі, на яку можна покластися, і що забезпечує сучасний розвиток для всіх, або яка працює в різноманітних умовах. Справжній розвиток ніколи не є лінійним, і виявляється, що проблеми мобільності у сільській чи неформальній місцевості більше часті, ніж можна подумати. Мобільність розширює можливості для соціальної мобільності та формування багатства, тоді як відсутність мобільності є рушієм виключення малозабезпечених сімей з економічного життя. Тому цінним є вивчення досвіду переміщень, а також відносин влади у пошуках знань про те, як зменшити бідність та нерівність. У західних або сучасних регіонах бути сьогодні не мобільним означає бути сторонньою особою, яку виключають із «звичайної» діяльності. Немобільність пов'язана з маргіналізацією, позбавленням можливостей та поганою здатністю приносити дохід. Також було показано, що просторове виключення та відсутність мобільності перетворюються на бідність та різні форми вразливості, пов'язані з нестачею освіти, оплачуваної роботи та охорони здоров'я. Економічна модернізація та її деталізовані моделі здебільшого знехтували культурним та соціальним різноманіттям, а проблеми з доступом до ресурсів частково пов'язані з переважаючими моделями транспортного планування та тим, що більше уваги «приділяється потребам елітної меншини». Коли орієнтованість політиків є здебільшого на економічну ефективність, то, наприклад, ходьба як засіб мобільності в основному ігнорується, незважаючи на те, що це найпоширеніша форма мобільності в реальному житті [3].

РОЗДІЛ 2 ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА У МІСТАХ

Дана робота сконцентрована на дослідженні транспортної інфраструктури у містах, тому далі буде розглянуто види транспорту у містах та коротко описано переваги того чи іншого виду транспортної інфраструктури.

Міста - це місця, що мають високий рівень концентрації економічної діяльності. Вони являють собою складні просторові структури, що підтримуються інфраструктурою, включаючи транспортні системи. Чим більше місто, тим більша його складність та потенціал для збоїв, особливо коли цією складністю неефективно управляти. Продуктивність у містах сильно залежить від ефективності його транспортної системи для переміщення робочої сили, споживачів та вантажів між різними місцям. Крім того, такі транспортні термінали, як порти, аеропорти та залізничні станції, розміщені в межах міських районів, допомагають закріпити місто в рамках регіональної та глобальної системи мобільності. Тим не менше, вони також сприяють певному ряду проблем. Деякі проблеми є давніми, наприклад, затори, тоді як інші є новими, наприклад, розподіл міських вантажів або вплив на навколишнє середовище. В сучасних містах, залежно від розміру, можна зустріти елементи транспортної інфраструктури різних видів:

- автомобільна інфраструктура
- громадський транспорт
- велосипедна інфраструктура
- пішохідна інфраструктура

В містах, що ефективно розвивають свою транспортну інфраструктуру ці чотири види інфраструктури можуть органічно поєднуватися та доповнювати один одного. В менш розвинених містах, зазвичай, менше уваги приділяється громадському та велосипедному транспорту, а також іноді і пішохідній

інфраструктурі. Однак саме громадський транспорт та пішохідна інфраструктура є найбільш важливими для міста в першу чергу завдяки доступності. Для користування автомобільною інфраструктурою потрібно мати власний автомобіль, що не кожен житель міста може собі дозволити, а для громадського транспорту достатньо купити квиток. Також пішохідну інфраструктуру слід розвивати виходячи з принципу що будь-який житель міста в першу чергу є пішоходом. Тобто, не важливо чи володіє людина автомобілем чи ні, чи має квиток на транспорт чи ні, вона завжди може користуватися пішохідною інфраструктурою для переміщення та для проведення часу. Цей вид інфраструктури доступний абсолютно всім жителям міста і робить життя містян, особливо тих, хто не користується автомобілем чи громадським транспортом, більш комфортним. Саме з цієї причини не слід недооцінювати важливість пішохідної інфраструктури [4].

2.1. Основні проблеми

До основних транспортних проблем міста можна віднести:

- перевантаження інфраструктури (затори)
- витрата часу на дорогу (наприклад, до місця роботи)
- розвиненість громадського транспорту
- складність використання немоторного транспорту (велосипед або пішки)
- втрата громадських просторів
- вплив на екологію
- безпека

Затори є однією з найбільш поширених транспортних проблем у великих міських агломераціях. Незважаючи на те, що затори можуть відбуватися у всіх містах, вони особливо поширені в містах з населенням понад 1 мільйон жителів.

Затори особливо пов'язані з моторизацією та розповсюдженням автомобілів, що збільшило попит на транспортну інфраструктуру. Однак пропозиція інфраструктури часто не встигала за зростанням мобільності. Оскільки транспортні засоби проводять більшу частину часу на стоянці, моторизація розширила попит на місця для паркування, що створило проблеми із розподілом місця, особливо в центральних районах, де значна кількість міського простору виділена для припаркованих транспортних засобів [5].

Затори та стоянки також взаємопов'язані, оскільки паркування на вулиці зменшує транспортну спроможність, усуваючи одну або дві смуги для руху. Крім того, пошук місця для паркування (так званий “круїз”) створює додаткові затримки та погіршує місцеву циркуляцію. У центральних районах великих міст круїзи можуть становити більше 10% часу на дорогу, водії можуть витратити до 20 хвилин на пошук місця для паркування. Таку практику часто вважають економічно ефективнішою, ніж використання платної автостоянки. Час, витрачений на пошук безкоштовного (або недорогого) місця для паркування, компенсується економією грошей.

Визначення справжньої причини заторів є стратегічним питанням для містобудування, оскільки затори зазвичай є наслідком конкретних обставин, таких як відсутність стоянок або погано синхронізована дорожня сигналізація (світлофори, тощо) [6].

Час на дорогу. Нарівні з перевантаженнями люди витрачають все більше часу на поїздки між місцем проживання та робочим місцем. Важливий фактор цієї тенденції пов'язаний із доступністю житла, оскільки житло, розташоване далі від центральних районів (де залишається більша частина зайнятості), є більш доступним. Тому люди обмінюють часом їзди на роботу на доступність житла. Однак тривалий переїзд на роботу пов'язаний із низкою соціальних проблем, таких як ізоляція (менше часу, проведеного з родиною чи друзями), а також погіршення здоров'я. Час на дорогу на роботу витрачається за рахунок

інших видів економічної та соціальної діяльності. Однак інформаційні технології дозволили пасажиром виконувати різноманітні завдання під час подорожей.

Розвиненість громадського транспорту. Багато систем громадського транспорту, або їх частин, є надмірно або недостатньо використаними, оскільки попит на громадський транспорт має періоди піків та спадів. У години пік завантаженість створює дискомфорт для користувачів, оскільки система справляється з тимчасовим сплеском попиту. Це створює виклик щодо забезпечення належного рівня транспортної інфраструктури та рівня обслуговування. Планування пікової потужності залишає систему недостатньо використовуваною в непікові години, тоді як планування середньої потужності призведе до заторів у пікові години.

Низька кількість пасажирів робить багато служб фінансово нежиттєздатними, особливо у приміських районах. Незважаючи на значні субсидії та перехресне фінансування (наприклад, плата за проїзд), майже кожна система громадського транспорту не може отримати достатнього доходу для покриття своїх операційних та капітальних витрат [7].

Складність використання немоторного транспорту. Ці труднощі є наслідком інтенсивного руху транспорту, де мобільність пішоходів, велосипедів та інших немоторизованих транспортних засобів порушена, але також через очевидну відсутність уваги до пішоходів та велосипедів при фізичному проектуванні інфраструктури та споруд. З іншого боку, встановлення велосипедних доріжок віднімає пропускну здатність від проїжджих частин, а також місця для паркування. Негативним результатом буде виділення більше місця для немоторизованого транспорту, ніж фактичний попит на мобільність, що посилить затори. Але тут потрібно знаходити баланс, враховуючи зростання попиту на велосипед останніми роками.

Втрата громадських просторів. Більшість доріг перебувають у державній власності та не мають обмежень доступу. Збільшення трафіку негативно впливає на громадську діяльність, яка колись переповнювала вулиці, такі як ринки, вуличні магазини, місця для відпочинку, тощо. Вони поступово зникають і на їх місця приходять автомобілі. У багатьох випадках ця діяльність переходить до торгових центрів, тоді як в інших випадках від них взагалі відмовляються. Транспортні потоки впливають на життя та взаємодію мешканців та використання ними вуличного простору. Більший трафік перешкоджає соціальній взаємодії та вуличній діяльності. Люди, як правило, менше ходять і їздять на велосипеді, коли трафік великий.

Вплив на екологію. Забруднення, включаючи шум, що утворюється внаслідок руху транспорту, стало перешкодою для якості життя та навіть здоров'я міського населення. Крім того, споживання енергії міським транспортом різко зросло, а отже, зросла і залежність від нафти. Ці міркування все більше пов'язані з піковими очікуваннями щодо мобільності, де високі ціни на енергію спонукають до переходу до більш ефективних та стійких форм міського транспорту, а саме громадського транспорту. Існує тиск на «декарбонізацію» міських транспортних систем, особливо при розповсюдженні альтернативних джерел енергії, таких як електромобілі. В найбільш розвинених містах все частіше надають перевагу транспорту без двигунів внутрішнього згорання. Наприклад, електротранспорту, такому як трамвай, тролейбуси або електробуси (електричні автобуси). Також персональний легкий транспорт (велосипед, самокат, тощо) є більш екологічно чистим, тому є сенс розвивати транспортну інфраструктуру і для такого транспорту, щоб спонукати жителів міста до його використання і цим самим позитивно впливати на екологічну ситуацію у місті.

Безпека. Зростання інтенсивності руху в міських районах пов'язане із зростанням кількості аварій та летальних випадків, особливо в країнах, що

розвиваються. На аварії припадає значна частка періодичних затримок через затори. Зі збільшенням трафіку люди почуваються менш безпечними на вулицях. Поширення інформаційних технологій призводить до парадоксальних результатів. Поки користувачі мають доступ до надійної інформації про місцезнаходження та навігацію, портативні пристрої створюють відволікаючі фактори, пов'язані із зростанням кількості аварій як для водіїв, так і для пішоходів. Питанню безпеки приділяється багато уваги у розвинених країнах. Існують різноманітні концепції, такі як, наприклад, Vision Zero, що мають на меті зменшення кількості смертей та травм на дорогах. Це включає в себе великий комплекс правил та методів будівництва міських просторів та дорогах у містах. Наприклад, облаштування островців безпеки на пішохідних переходах, обмеження швидкості руху у густозаселених районах.

2.2. Автомобільна залежність

Зростання загальної кількості транспортних засобів спричиняє затори у години пік на великих магістралях, у ділових районах та часто по всьому мегаполісу. Міста є важливими генераторами мобільності та притягують її. Це пов'язано з набором географічних парадоксів, що самоукріплюються. Наприклад, економічна спеціалізація призводить до додаткових транспортних потреб, тоді як агломерація призводить до заторів. З часом виник стан автомобільної залежності, що призводить до зменшення ролі інших видів транспорту, обмежуючи тим самим альтернативи міській мобільності через залежність від дороги. Варіанти майбутнього розвитку заблоковані через минулий вибір. Місто може стати замкненим рішенням щодо планування, що підсилює використання автомобіля. На додаток до факторів, що сприяють зростанню водіння, ще двома основними факторами, що сприяють залежності від автомобіля, є:

- Занижена ціна та вибір споживачів. Більшість доріг та магістралей отримують субсидії, оскільки вони вважаються суспільним благом. Отже, водії не несуть повних витрат на використання автомобілів, таких як парковка. Це також відображається на виборі споживачів, де власність на автомобілі є символом статусу, свободи та престижу, особливо в країнах, що розвиваються.
- Практика планування та інвестування. Планування та подальший розподіл державних коштів спрямовані на вдосконалення дорожніх та паркувальних об'єктів, що постійно намагаються уникнути заторів. Інші альтернативні варіанти транспортування, як правило, не враховуються. У багатьох випадках регламенти зонування встановлюють мінімальні стандарти дорожніх та паркувальних послуг, такі як кількість паркувальних місць на квадратний метр побудованої поверхні, і фактично встановлюють регульовану автомобільну залежність.

Існує кілька рівнів автомобільної залежності, від низького до високого, з відповідними моделями землекористування та альтернативами мобільності. Серед найбільш релевантних показників автомобільної залежності є рівень володіння транспортними засобами, пробіг на автомобіль на душу населення та частка загальних поїздок, здійснених за допомогою автомобіля. Ситуація високої автомобільної залежності досягається, коли понад три чверті поїздок здійснюється за допомогою автомобіля. Для Сполучених Штатів ця частка протягом останніх десятиліть залишається близько 88%.

Залежність від автомобілів також забезпечується культурною та комерційною системою, що просуває автомобіль як символ статусу та особистої свободи, а саме шляхом інтенсивної реклами та спонукань придбати нові автомобілі. Не дивно, що багато країн, що розвиваються, сприймають моторизацію як умову розвитку. Навіть якщо термін автомобільна залежність

часто негативно сприймається та сприяє викривленням ринку, таким як забезпечення доріг, його результат відображає вибір осіб, які вважають автомобіль скоріше перевагою, ніж незручністю. Це може призвести до парадоксальної ситуації, коли планувальники намагаються врівноважити перевагу власності на автомобілі, яку підтримує основна маса населення [8].

Сприйняття автомобільної залежності змінювалось з часом. У другій половині 20 століття відбулося пристосування багатьох міст для підтримки автомобільного обігу. Моторизований транспорт розглядався як символ сучасності та розвитку. Будували автомобільні дороги та стоянки, а вулиці збільшували, часто порушуючи існуюче міське середовище, створюючи моторизовані міста. Рівень власності автомобілів швидко зростав. Однак з 1980-х років моторизацію почали сприймати більш негативно, і міста впроваджували політику щодо обмеження автомобільного обігу, принаймні в певних областях, за допомогою набору стратегій, включаючи [9]:

- Відмова. Незважаючи на те, що автомобільний обіг дозволений, йому заважають правила та планування. Наприклад, місце на парковці може бути суворо обмеженим або підлягати встановленню цін та нерівностям, що примушують зменшити швидкість.
- Заборона обігу в центрі міста. Протягом більшої частини дня центр міста закритий для автомобільного обігу, але доставка дозволена протягом ночі. Такі стратегії часто проводяться для захисту виду та фізичної інфраструктури історичного міста. Однак вони, як і більшість політик, мають непередбачені наслідки. Якщо мобільність обмежена в певних місцях або протягом певних періодів, люди їдуть в інше місце (довші поїздки) або відкладають свою мобільність на інший час (більше поїздок).
- Плати. Введення плати за паркування та в'їзд (ціна на затори) у деяких районах міста є стратегією, яка серйозно розглядається у багатьох районах, оскільки вона надає потенційну перевагу у

зменшенні заторів та створенні доходів. Однак більшість доказів підкреслюють, що водії готові нести додаткові дорожні витрати для зручності користування автомобілем, особливо для поїздок на роботу, оскільки це пов'язано з їх основним джерелом доходу.

2.3. Громадський транспорт

У міру того, як міста продовжують ставати все більш децентралізованими, вартість будівництва та експлуатації систем громадського транспорту зростає. Наприклад, станом на 2015 рік близько 201 міських агломерацій мали систему метрополітену, переважна більшість з яких знаходиться в країнах з розвинутою економікою. Крім того, розподілена структура житла, характерна для автозалежних міст, робить системи громадського транспорту менш зручними для підтримки міської мобільності. Додаткові інвестиції в громадський транспорт часто не призводять до значних додаткових поїздок. Незапланована та некоординована забудова земель призвела до швидкого розширення міської периферії. Вибираючи житло в віддалених районах, мешканці обмежують свій потенційний доступ до громадського транспорту. Надмірне інвестування (коли інвестиції, як видається, не передбачає значних вигод) та недостатнє інвестування (коли є значний незадоволений попит) у громадському транспорті є складними проблемами.

Навіть у містах, орієнтованих на громадський транспорт, транспортні системи значною мірою залежать від державних субсидій. Конкуренція в системі громадського транспорту майже не допускається, оскільки заробітна плата та тарифи регулюються. Таким чином, громадський транспорт часто виконує соціальну функцію, забезпечуючи доступність та соціальну ефективність, але з обмеженими зв'язками з економічною діяльністю. Серед найважливіших проблем, що стоять перед міським транспортом:

- Децентралізація. Системи громадського транспорту не призначені для обслуговування міських районів з низькою щільністю, що домінують у міському ландшафті. Чим більша децентралізація міської діяльності, тим складнішим і дорожчим стає обслуговування міських районів громадським транспортом. Крім того, децентралізація сприяє поїздкам на великі відстані на транзитних системах, що спричиняє більші експлуатаційні витрати та проблеми з доходами для транзитних систем з єдиною ціною.
- Фіксованість. Інфраструктури систем громадського транспорту, зокрема залізничних та метрополітенів, є фіксованими, тоді як міста є динамічними структурами, навіть якщо темпи змін можуть зайняти десятиліття. Це означає, що схеми подорожей, як правило, змінюються за допомогою транзитної системи, побудованої для обслуговування певної схеми, яка в кінцевому підсумку може зіткнутися з "просторовим застарінням"; шаблон руху, для якого вона була розроблена, більше не існує.
- Сполучення. Системи громадського транспорту часто не залежать від інших видів транспорту та терміналів. Отже, важко перевести пасажирів з однієї системи в іншу. Це призводить до парадоксу між перевагою пасажирів мати прямі сполучення та потребою забезпечити економічно вигідну мережу послуг, яка передбачає пересадки.
- Конкуренція з автомобілями. Враховуючи дешеві та всюдисущі автомобільні транспортні системи, громадський транспорт стикався з сильною конкуренцією і втратив перевагу у відносному відношенні, а в деяких випадках і в абсолютному вираженні. Чим вищий рівень автомобільної залежності, тим більш невідповідним є рівень обслуговування громадського транспорту. Зручність автомобіля перевершує пропоновану транспортну послугу.

- Витрати на будівництво та обслуговування. Системи громадського транспорту, особливо важка залізниця, потребують капіталу для побудови, експлуатації та обслуговування. Вартість варіюється в залежності від місцевих умов, таких як щільність та правила, але середні витрати на будівництво складають близько 300 мільйонів доларів за км. Однак є винятки, коли перевищення витрат може бути значним через захоплення спеціальними групами інтересів, такими як профспілки, будівельні компанії та консалтингові фірми. Коли діє неефективний регуляторний нагляд, ці учасники сходяться, щоб отримати якомога більше орендної плати за рахунок покращення капіталу громадського транспорту.
- Тарифні структури. Історично склалося так, що більшість систем громадського транспорту відмовились від структури тарифів, що базується на відстані на користь більш простої системи оплати проїзду. Така система стимулювала стримування коротких поїздок, для яких добре підходить більшість транзитних систем, та заохочення довших поїздок, які, як правило, дорожчі для кожного користувача, ніж тарифи, які вони оплачують. Інформаційні системи дають можливість транзитним системам повернутися до більш справедливої структури тарифів, що базується на відстані, особливо за допомогою смарт-карток, що дозволяють здійснювати оплату відповідно до пункту входу та виходу в системі громадського транспорту.
- Самохідні транспортні засоби. Розвиток інформаційних технологій дозволяє передбачити в найближчі роки наявність самокерованих транспортних засобів. Такий розвиток подій спричинить за собою точкові послуги транспортними засобами на замовлення та набагато кращий рівень використання таких активів. Ця система могла би

безпосередньо конкурувати з транзитними системами завдяки своїй зручності, комфорту та ймовірній доступності [10].

Отже, системи громадського транспорту повинні залишатися актуальними для міської мобільності, а також збільшувати свою частку на ринку. Молоде покоління, яке віддає перевагу проживанню в районах з високою щільністю населення, сприймає автомобіль як менш привабливу пропозицію, ніж попередні покоління. Електронні системи тарифів також роблять використання громадського транспорту більш зручним. Нещодавня тенденція стосується використання стимулів, таких як бальні системи або дешеві абонементи на місяць, рік, для сприяння громадському транспорту та впливу на поведінку споживачів. Тим не менше, докази підкреслюють, що з урахуванням інфляції вартість користування громадським транспортом зростає, вказуючи на те, що вартісна перевага громадського транспорту над автомобілем істотно не змінюється.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ НА РОЗВИТОК МІСТА

На перший погляд, особливо для людини, що не часто користується громадським транспортом, його роль у розвитку міста може бути неочевидною. Наприклад, громадський транспорт може видаватися лиш альтернативою персональному автомобілю або способом швидше дістатися до місця призначення за рахунок обходження заторів. Однак громадський транспорт є важливими в багатьох відношеннях. Він забезпечує мобільність, може формувати схеми землекористування та забудови, створювати робочі місця та сприяти економічному зростанню, а також підтримувати державну політику щодо використання енергії, покращення якості повітря та зменшення викидів вуглецю. Усі ці характеристики можуть бути важливими при розгляді переваг, витрат та оптимального рівня інвестицій у громадський транспорт. В даному розділі розглядаються різні види впливу громадського транспорту на розвиток міста. Особлива увага приділяється економічному впливу, оскільки він є найважливішим та може бути рушієм інших позитивних змін.

3.1. Екологічний вплив

Звичним способом вимірювання екологічного навантаження на громадський транспорт є викиди на кілометр руху транспортного засобу. Застосувавши певний коефіцієнт заповнення, це можна перевести на викиди на кілометр на пасажера. Варто звернути увагу, що обидва показники вимірюються в середньому. Загальноприйнята думка, що середнє навантаження на навколишнє середовище користувача громадського транспорту нижче, ніж навантаження автомобіля. Однак розрив, здається, стає меншим, враховуючи процес встановлення більш жорстких екологічних вимог до автомобілів. Навіть

іноді зазначається, що на один кілометр на пасажирів приватні машини працюють краще, ніж дизельні автобуси. З іншого боку, під час пікових годин, коли рівень заповнюваності високий у громадському транспорті, середнє навантаження на навколишнє середовище всіх видів громадського транспорту є сприятливим порівняно з використанням автомобілів.

У громадському транспорті екологічне навантаження додаткового мандрівника може бути невеликим, оскільки часто транспортні засоби мають достатню місткість, особливо в непікові години. Це призводить до парадоксальної ситуації. У непікові години низький рівень заповнюваності негативно впливає на середні екологічні показники громадського транспорту, але гранична оцінка значно краща, оскільки навряд чи існує потреба в додаткових поїздах або автобусах для задоволення додаткового попиту. Однак під час піку відбувається все навпаки. Тепер виникає питання, наскільки сильно ці ефекти помітні. Наприклад, як реагують постачальники громадського транспорту на збільшення попиту? Постачальники громадського транспорту мають у своєму розпорядженні різні способи, коли в систему потрапляють додаткові мандрівники:

1. Відсутність додаткових потужностей
2. Збільшення частоти обслуговування
3. Збільшення розміру вагонів
4. Комбінації варіантів 2 і 3

Введемо наступні позначення:

Q – кількість пасажирів на день

F – частота транспортного сервісу на день

S – розмір транспортного засобу, вимірюється як максимальна кількість пасажирів

OR – коефіцієнт заповнюваності: $OR = Q / (F * S)$

E – викиди на поїздку

ET – сумарні викиди: $ET = E * F$

Збільшення попиту впливає на частоту рейсів:

$$F = a_1 Q^b$$

Згідно з відомим принципом квадратного кореня, отриманим Морінгом (1976), значення b дорівнює 0.5. Це означає, що коли попит зросте на 2%, частота зросте на 1%. Результат базується на декількох припущеннях, таких як максимізація соціального надлишку постачальником громадського транспорту та відсутність обмежень на пропускну здатність

Інша стратегія – збільшувати розмір транспортних засобів при збільшенні попиту:

$$S = a_2 Q^c$$

Варто зауважити, що загальна ємність $F \cdot S$ дорівнює $a_1 a_2 Q^{b+c}$. Якщо припустити, що коефіцієнт навантаження не зростає із збільшенням попиту на пасажирів, це означає, що $b+c < 1$. Тут ми припускаємо, що загальний попит на транспорт Q нееластичний: попит не реагує на зміни частот, цін, рівнів комфорту або час подорожі.

Викиди на поїздку залежно від розміру транспортного засобу:

$$E = a_3 S^d$$

Таким чином, параметр d є показником економії розміру транспортного засобу в екологічному вимірі. Тоді загальні викиди $ET = E \cdot F$ дорівнюють:

$$ET = a Q^{b+cd}$$

Формулювання середнього та граничного викидів на одного мандрівника (EA, EM):

$$EA = a Q^{b+c \cdot d-1}$$

$$EM = a(b+cd) Q^{b+c \cdot d-1}$$

Отже, співвідношення між середніми та граничними зовнішніми витратами:

$$EM = (b+cd) EA$$

Згадана вище стратегія 1 передбачає $b = c = 0$. Стратегія 2 означає, що $b > 0, c = 0$, тоді як в стратегія 3: $b = 0$ і $c > 0$ [11].

3.2. Економічний вплив

В контексті планування та політики перевезень, аналіз економічного впливу (АЕВ) аналізує, як програма чи проект впливають на економіку певної території. Територія економічного впливу може бути малою, наприклад як район міста, або такою великою, наприклад як держава, залежно від масштабу програми чи проекту. Різні заходи економічного впливу працюють на різних територіях. На рівні району чи коридору економічний вплив можна вимірювати за зміною попиту на місця - що відображається збільшенням вартості власності, збільшенням інвестицій у нову будівельну діяльність або збільшенням щільності забудови. На регіональному, державному або національному рівні аналізу показники економічного впливу полягають у змінах обсягів виробництва або валового державного продукту (ВДП) або валового внутрішнього продукту (ВВП), а також пов'язаних із цим змін у робочих місцях та доходах від заробітної плати.

У галузі досліджень економічного впливу на транспорт існують концепти, що перетинаються:

- економічна цінність програми або чиста вигода від проекту (економічна цінність, вигода)

- вплив транспортної програми або проекту на економічне зростання регіону (також називають наслідком економічного розвитку або економічним впливом)

Економічна цінність може бути представлена лише з точки зору “вигоди для пасажирів” (також їх називають “вигодами для користувачів транспортної системи”) або у вигляді більш широких “соціальних вигод”. У будь-якому випадку, деякі вигоди відображають реальні грошові витрати або зміни доходу, тоді як інші мають цінність для людей, хоча фактичного перерозподілу грошей може не відбутися. Основні категорії ефектів, що не включають гроші напряму, включають швидший час подорожі, переваги в безпеці, переваги якості навколишнього середовища, а також збільшення вибору напрямків, режимів подорожі або часу, коли подорож може відбутися. Вигоди від часу подорожі можуть виникати через скорочення часу поїздки та через зменшення невизначеності часу подорожі (переваги надійності).

На відміну від цього, економічний вплив більш прямо відноситься до впливу на економічну діяльність у певному регіоні, що відображається зміною потоку грошей (випуску продукції, ВВП або доходу, створеного в регіоні). Це може бути представлено як “прямий економічний вплив” на витрати та доходи, або в термінах більш широкого “економічного впливу”.

Таблиця 3.1. Різниця між аналізом вигод і аналізом економічного впливу

Форма впливу	Аналіз вигод	Аналіз економічного впливу
Економія витрат бізнесу та домогосподарств	Так	Так
Економія часу, пов’язана з бізнесом, що призводить до економії коштів	Так	Так

Особиста економія часу (не впливає на грошові потоки)	Так	Ні
Вплив на навколишнє середовище (не впливає на грошові потоки)	Так	Ні
Залучення (переміщення) ділової діяльності на певну територію	Ні	Так
Дохід, отриманий транспортними операціями та перевізниками	Ні	Так

Аналіз економічного впливу також відображає вплив змін в продуктивності бізнесу, які виникають внаслідок вдосконалення транспорту, що покращує доступ до ринку праці, агломерацію бізнесу (щільність) та інші фактори, які, як правило, ігноруються при традиційному використанні аналізу вигод. Хоча теоретично ці впливи на продуктивність праці також можуть бути включені в аналіз вигод, на практиці вони рідко застосовуються. Необхідність визнання цих переваг продуктивності в транспортній політиці та прийнятті рішень стала зрозумілою у широко розповсюдженому обговоренні недоліків аналізу вигод у Еддінгтонському транспортному дослідженні Великобританії (2006).

У звіті Еддінгтона визначено сім мікроекономічних факторів, завдяки яким транспортні інвестиції обумовлюють економічну ефективність і які виходять за межі параметрів вигід та витрат, але можуть бути включені в аналіз економічного впливу. Вони приведені як:

- Підвищення ефективності бізнесу за рахунок економії часу та підвищення надійності для ділових подорожей, вантажних та логістичних операцій;
- Збільшення ділових інвестицій та інновацій шляхом підтримки масштабування економіки або нових способів роботи;
- Підтримка кластерів та агломерацій економічної діяльності;

- Поліпшення ефективного функціонування ринків праці, підвищення гнучкості ринку праці та доступності робочих місць;
- Посилення конкуренції шляхом відкриття доступу до нових ринків;
- Збільшення внутрішньої та міжнародної торгівлі за рахунок зменшення витрат на торгівлю;
- Залучення глобальної мобільної діяльності шляхом забезпечення привабливого ділового середовища та хорошої якості життя.

Також було проведено ряд досліджень у США щодо ширших економічних вигод від транспортних інвестицій, включаючи багато однакових видів економічної продуктивності, доступу на ринок та економіки агломерації, що впливають на ВВП (наприклад, Weisbrod and Treyz, 1998 та Weisbrod et al., 2001).

Можна виділити три основні форми економічного впливу громадського транспорту на розвиток економіки:

- вплив на витрати
- вплив на якість поїздок
- вплив на доступність

А також дві додаткові категорії впливу на економіку:

- негрошовий вплив
- інші міри економічного впливу

3.2.1. Вплив на витрати

Інвестиції в громадський транспорт підтримують придбання обладнання та компонентів транспортної системи (включаючи рухомий склад, колії, інші напрямні, права на проїзд, будівництво терміналів, станцій, паркінгів, об'єктів технічного обслуговування та генерування енергії). Операції служб

громадського транспорту створюють робочі місця (водії, робітники з технічного обслуговування, працівники адміністративних та інших транспортних агентств), а також закупівлі матеріалів, необхідних для постійних операцій (включаючи паливо, електроенергію, запасні частини та матеріали тощо). Таким чином, інвестиціями у проекти та послуги громадського транспорту можна безпосередньо підтримувати короткострокові робочі місця в будівництві та більш довгострокові робочі місця, а також закупівлю продуктів, які ведуть до подальшого опосередкованого впливу на галузеву діяльність та робочі місця.

Джерело фінансування (плата за проїзд, державна підтримка тощо), яке оплачує ці інвестиції, не має значення для того, як гроші рухаються в економіці, хоча це, безумовно, впливає на співвідношення вигоди до витрат. З точки зору аналізу економічного впливу (АЕВ), інвестиції все ще можуть призвести до цілком реальних змін в економіці деяких галузей та районів, і це теж важливо розуміти.

Прямі інвестиції та діяльність громадського транспорту призводять до більш широкого впливу на економіку. Вони діляться на два класи:

1. Непрямі ефекти - прямі інвестиції в капітальні закупівлі (наприклад, транспортні засоби та обладнання) та прямі закупівлі для поточних операцій (наприклад, палива, деталей та інших матеріалів) призводять до продажів і, отже, підтримки робочих місць у галузях-постачальниках.

2. Індуковані ефекти - заробітна плата працівників будівництва та працівників громадського транспорту, а також зростання заробітної плати у постачальників - все це може призвести до подальших продажів (тобто індукованих ефектів) для підприємств, що надають товари та послуги споживання.

3.2.2. Вплив на якість поїздок

Хоча наслідки інвестицій у громадський транспорт можуть представляти значний інтерес, довгострокові переваги поїздок є основним виправданням для

інвестицій у громадський транспорт, що в кінцевому підсумку може призвести до більших і довготривалих наслідків для економіки регіону. Прямі вигоди для мандрівників діляться на чотири основні категорії:

1. економія часу на поїздки,
2. зменшення витрат на поїздки,
3. підвищення надійності,
4. поліпшення безпеки.

Всі три види вигод можуть забезпечити грошову економію як для пасажирів громадського транспорту, так і для мандрівників, які продовжують користуватися іншими видами транспорту.

Переваги користувача отримуються від оцінки вимірювань впливу подорожей, таких як зміна кількості проведених годин у дорозі або годин роботи транспортних засобів, пройденої відстані або пройденої відстані для автомобіля, а також покращення безпеки та надійності. Потім ці показники переводяться в одиничні витрати для отримання прямих переваг для користувачів (прикладом одиничних витрат є витрати на експлуатацію транспортного засобу за кілометр або годину, значення часу за годину та витрати на аварії за один випадок за типом). Грошові значення також можуть застосовуватися до впливу на навколишнє середовище; однак ці величини безпосередньо не перетворюються на відповідні впливи на потік грошей в економіці, якщо не застосовуються, наприклад, збори за викиди.

Традиційно економія коштів на пасажирському транспорті часто була основним фактором, який розглядався як вигода від проектів громадського транспорту. Цей спосіб мислення суттєво змінився, і зараз загально визнано, що інвестиції в громадський транспорт можуть також допомогти зменшити затори в дорожньому русі, отримавши більші переваги для комерційних доставок, доступу до ринку праці та інших аспектів продуктивності бізнесу.

Таким чином, прямий економічний вплив для мандрівників може включати економію експлуатаційних витрат для автомобіля (включаючи

економію палива) та економію витрат на паркування для тих, хто переходить з автомобільного на громадський транспорт. Окрім того, зменшення заторів на автомобільних перевезеннях завдяки більшому використанню громадського транспорту може також призвести до економії часу в дорозі, а також до економії експлуатаційних витрат транспортних засобів для користувачів автошляхів.

3.2.2.1. Економія часу на поїздки

Удосконалення послуг громадського транспорту може призвести до трьох видів економії часу в дорозі:

- Заощадження часу для існуючих та нових пасажирів громадського транспорту завдяки вдосконаленим послугам (наприклад, більш прямі маршрути та/або більша частота руху);
- Заощадження часу для існуючих та нових пасажирів громадського транспорту в перевантажених міських районах, завдяки швидкому автобусному чи залізничному транспорту, який курсує на виділених смугах або має перевагу у русі (тим самим уникає дорожніх заторів);
- Заощадження часу для пасажирів автомобілів та вантажних автомобілів на перевантажених маршрутах, які тепер можуть їздити швидше через меншу кількість транспортних засобів на дорозі (оскільки деякі інші автомобілісти переходять на громадський транспорт).

“Планові поїздки” включають поїздки, що проводяться в рамках роботи. Передбачається, що "час - це гроші", тобто роботодавці або платять безпосередньо за затримки руху, оплачуючи додатковий робочий час, або опосередковано за рахунок зниження продуктивності праці. З точки зору аналізу економічного впливу, це прямі витрати на продуктивність бізнесу.

“Щоденні поїздки” є поїздками з дому на роботу та назад. Існує спектр літератури та досліджень щодо оцінки та обробки економії часу на щоденні поїздки, наприклад, Forkenbrock and Weisbrod (2001) та Litman (2008). Існує також ряд досліджень (Madden, 1985 та Zah, 1991), який показує, що в кінцевому рахунку підприємства платять премію за залучення та утримання працівників у частинах міських районів, де транспортні витрати для працівників вищі. Ця премія може трактуватися як витрата на продуктивність бізнесу.

“Особисті поїздки” - це поїздки з будь-якою іншою метою. Економія часу в особистих поїздках також має чітке значення для мандрівників, що було встановлено різними дослідженнями “готовності платити”. Однак економія часу на особисті поїздки, як правило, безпосередньо не впливає на потік доходу, що генерується в економіці, і тому не включається в аналіз економічного впливу.

Зрештою, існує ймовірність того, що подорожуючі сприймають якість подорожей громадським транспортом та автомобілем по-різному і, таким чином, оцінюють їх по-різному. Наприклад, громадський транспорт може забезпечити поїздку вищої цінності якщо пасажити можуть використовувати свій час у дорозі для бізнесу чи іншої продуктивної діяльності. Це, швидше за все, застосовується у ситуаціях, коли пасажери мають зручні місця для сидіння на швидкісних приміських автобусах та приміських залізничних лініях. Однак громадський транспорт може також забезпечити поїздку з меншою цінністю, якщо пасажирам доведеться чекати під впливом стихії, а потім стояти в переповнених транспортних засобах.

3.2.2.2. Переваги надійності

Удосконалення послуг громадського транспорту може підвищити надійність транспортної інфраструктури для пасажирів громадського транспорту, а також легкових та вантажних автомобілів, як наслідок меншої затримки дорожнього руху.

Ці переваги надійності виникають через те, що збільшення завантаженості дорожнього руху може збільшити кількість зіткнень, а також призведе до більш тривалих заторів, коли є транспортний засіб, що вийшов з ладу або зіткнення. Витісняючи деякі автомобілі з дороги, покращення громадського транспорту може потенційно зменшити затримки та підвищити надійність для всіх користувачів доріг - включаючи водіїв автомобілів, вантажних автомобілів та громадського транспорту та пасажирів.

Причина надійності виділяється в аналізі економічного впливу тому, що окрім прямих ефектів на середній час подорожі, вона також може впливати на продуктивність праці, логістику доставки продуктів та послуг, а також на доступність ринку як для робітників, так і для споживачів. Непередбачувані затримки часу прибуття робітників (або часу прибуття товарів та послуг) можуть перешкоджати зусиллям щодо використання своєчасно виготовлених систем та систем інвентаризації, вимагати більшої витрати часу в процесах планування логістики вантажів та складів, а також можуть знизити продуктивність обслуговування. Доступ ринку до спеціалізованих трудових навичок може безпосередньо впливати на структури витрат і, отже, на конкурентоспроможні ціни. Значні затори можуть також порушити координацію та ефективність бізнесу.

3.2.2.3. Зменшення витрат на поїздки

Удосконалення послуг громадського транспорту може призвести до трьох видів економії коштів для мандрівників:

- Зміна вартості проїзду для існуючих пасажирів громадського транспорту - через зміни у структурі тарифів, пов'язаних з новими послугами;
- Зміна вартості проїзду для тих, хто переходить від використання автомобіля - через різницю між тарифами на громадський транспорт

та раніше оплаченими експлуатаційними витратами на транспортні засоби, включаючи витрати на паливо, паркування, дорожній збір та обслуговування;

- Зміна вартості власності - потенційна додаткова амортизація, страхування та економія витрат на утримання, якщо деякі колишні користувачі автомобілів в кінцевому підсумку мають менше автомобілів у довгостроковій перспективі.

3.2.2.4. Вартість вдосконалення безпеки поїздок

Удосконалення послуг громадського транспорту може підвищити безпеку за рахунок зменшення зіткнень та пов'язаних із ними страхових витрат, особистих втрат та витрат на ліквідацію надзвичайних ситуацій. Економія витрат розподіляється на чотири класи:

- Зменшення кількості аварій для тих, хто переходить з автомобілів на громадський транспорт - через значно нижчий рівень аварій у громадському транспорті;
- Зменшення кількості аварій для тих, хто все ще подорожує автомобілем - за рахунок зменшення заторів та, отже, зіткнень, пов'язаних із заторами.
- Зменшення кількості нещасних випадків для жителів - настільки, що в довгостроковій перспективі на дорозі буде менше автомобілів, зменшиться кількість пішохідних та велосипедних аварій та летальних випадків за участю транспортних засобів.
- Зниження витрат на організацію дорожнього руху та екстрені служби.

Економія витрат, пов'язана зі збільшенням інвестицій у громадський транспорт, розраховується як сума двох елементів: (1) різниця середньої

завантаженості та рівня аварійності транспортних засобів, легкових та вантажних автомобілів громадського транспорту та (2) різниця в рівнях аварій дорожніх транспортних засобів за альтернативних рівнів заторів.

3.2.3. Вплив витрат на поїздки на економіку

Впливи, пов'язані з подорожами, включаючи час у дорозі, надійність, вартість та безпеку різними способами ведуть до впливу на економіку. Деякі наслідки подорожей безпосередньо перетворюються на економічні наслідки (наприклад, економія коштів для домогосподарств та підприємств). Інші впливи, пов'язані з подорожами, призводять до економічних наслідків через додаткові фактори (наприклад, вплив надійності графіку роботи на продуктивність бізнесу). Обидва типи також призводять до змін у моделях закупівель та рішеннях про розширення бізнесу.

В цілому важливо розуміти, що облік економічних наслідків - це спосіб перегляду та вимірювання ефекту від інвестицій у громадському транспорті, який не повинен бути ні дублюванням заходів щодо вигід для подорожуючих, ні додавати їх до них. З точки зору економічного обліку, раніше обговорюваний вплив подорожей призводить до п'яти категорій прямого ефекту:

- Заощадження витрат на життя домогосподарств, що призводить до більш широкого впливу на схеми закупівель споживачів;
- Продуктивність бізнесу збільшується завдяки економії витрат на доставку через зменшення перевантажень, що може призвести до розширення бізнесу;
- Продуктивність бізнесу збільшується від надійнішого часу прибуття працівників, а також підвищення конкурентоспроможності та розширення бізнесу;

- Непрямі наслідки, оскільки безпосередньо постраждали підприємства розширюються та генерують додаткові замовлення своїм постачальникам (що призводить до зростання цих фірм);
- Індуковані ефекти, оскільки найм більшої кількості робітників породжує більший фонд заробітної плати, який перетрачується на споживчі закупівлі (зростання додаткового бізнесу).

Важливо зазначити, що заходи впливу на економічний розвиток особливо чутливі до визначення досліджуваної території. Часто деякі (але не всі) збільшення робочих місць та доходів у певній галузі покращення громадського транспорту зумовлені зміщенням діяльності з інших місць. Однак, як правило, є деяка основна вигода від продуктивності, яка спричиняє зміни в першу чергу. Отже, зміна економічної діяльності може бути досить помітною для місцевої території, але виявляється меншою, якщо вести спостереження для ширшої території [12].

РОЗДІЛ 4

ЦІНОУТВОРЕННЯ ДЛЯ ТАРИФІВ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

У попередньому розділі було визначено, що розвинутий громадський транспорт позитивно впливає на розвиток міста в багатьох планах, зокрема в економічному. Але важливо зазначити, що транспорт має бути не лише розвинутим, але і затребуваним. Тобто, населення міста має надавати перевагу громадському транспорту перед власним автомобілем для міських поїздок. Якість надання послуг громадського транспорту та розвиненість мережі є одними із чинників формування попиту на транспорт серед містян, однак не менш важливим чинником є тарифи на користування транспортною мережею. Саме тарифи та їх структура може бути вирішальним фактором при виборі між громадським транспортом та автомобілем, наприклад, для поїздки на роботу. Очевидно, що власний автомобіль зазвичай є більш комфортним способом переміщення, ніж автобус, трамвай або метро, тому якщо вартість поїздки автомобілем не є сильно вищою, ніж громадським транспортом, більшість людей надаватимуть перевагу автомобілю. Отже, в даному розділі буде розглянуто формування тарифів громадського транспорту та їх вплив на вибір жителів міста на користь даного способу пересування.

4.1. Принципи формування ціни для громадського та персонального транспорту

Коли людина вирішує скористатися своєю машиною або громадським транспортом, вона порівнює узагальнену ціну двох варіантів із готовністю платити за певний вид транспорту. У ринковій економіці покладаються на ціновий сигнал, щоб переконатися, що індивідуальний вибір відповідає витратам для суспільства. Для використання автомобіля узагальнена ціна складається з грошових витрат (експлуатаційні витрати плюс податки) плюс витрати часу в

транспортному засобі плюс витрати на затримку поїздки. Для громадського транспорту загальна ціна складається з вартості проїзду плюс витрати часу на добирання до транспорту плюс вартість часу в транспортному засобі, скоригована на дискомфорт плюс витрати на очікування та затримку. Щоб жителі привели вартість своїх варіантів подорожі у відповідність до повної соціальної вартості, потрібно адаптувати податок або мито за користування автомобілем та адаптувати вартість проїзду, поки загальні приватні витрати не будуть відповідати загальним соціальним витратам. Оптимальні ціни на приватний транспорт у мегаполісах добре відомі в теорії. Однак на практиці залишається важко розрахувати найкращі технічні реалізації та оптимальні рівні плати за проїзд. Доводиться мати справу з потоками в складній дорожній мережі, вибором між кордонними та зональними цінами, а також враховувати диференціацію часу та технологію оплати за проїзд.

Існує консенсус, що для перевантаженої зони оптимальна плата за дорогу (для персонального авто) в момент часу t дорівнює:

$$\begin{aligned} \left[\text{Плата за проїзд} \right]_t &= \left[\begin{array}{c} \text{Граничні зовнішні} \\ \text{витрати на} \\ \text{транспортний засіб} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{Граничні зовнішні} \\ \text{витрати на затори} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{Інші} \\ \text{зовнішні} \\ \text{витрати} \end{array} \right] = \\ &= \left[\begin{array}{c} \sum_{\text{Всі користувачі} \\ \text{дороги}} \text{Вартість додаткової} \\ \text{затримки через} \\ \text{додатковий} \\ \text{транспортний засіб} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{Витрати на екологію} \\ \text{та аварії, породжені} \\ \text{транспортним засобом} \end{array} \right] \end{aligned}$$

Отже, плата за дорогу вища у більш перевантажені дні та на більш завантажених ділянках мережі. Відповідне правило розширення пропускну здатності доріг також добре відомо: розширюйте пропускну здатність до тих пір, поки заощаджені витрати на подорож перевищують інвестиційні витрати. Це правило діє, доки існують оптимальні дорожні збори. Правила оптимального ціноутворення на громадський транспорт менш відомі транспортній спільноті. При прийнятті рішення про використання громадського транспорту мандрівник враховуватиме власний час та витрати на добирання до мережі плюс вартість проїзду, який він повинен сплатити за використання громадського транспорту.

Береться до уваги задана поїздка на автобусі (від точки А до точки В) для певного розміру автобуса, вартість проїзду та частота аналізується окремо. Подібні принципи ціноутворення існують для метро та міської залізниці. Оптимальний тариф на автобус для певної частоти перевезень визначається тими ж принципами, що і оптимальна плата за дорогу:

$$\begin{aligned} \left[\begin{array}{c} \text{Оптимальна} \\ \text{вартість} \\ \text{проїзду} \end{array} \right] &= \left[\begin{array}{c} \text{Гранична вартість} \\ \text{додаткового} \\ \text{пасажира} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{Граничні зовнішні} \\ \text{витрати на додаткового} \\ \text{користувача системи} \end{array} \right] = \\ & \left[\begin{array}{c} \text{Вартість додаткового} \\ \text{часу для інших пасажирів,} \\ \text{спричиненого появою} \\ \text{нового пасажира} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{Вартість додаткового} \\ \text{дискомфорту через} \\ \text{заповненість транспортного} \\ \text{засобу для додаткового} \\ \text{пасажира} \end{array} \right] \end{aligned}$$

Додатковими витратами часу на посадку і висадку можна нехтувати, якщо існує фіксований графік. Цікаво відзначити, що чим вища завантаженість автобуса, тим вищим є оптимальний тариф з двох причин. По-перше, більше пасажирів в автобусі означає, що більше пасажирів страждає від скупчення людей. По-друге, більша кількість пасажирів в автобусі означає, що рівень дискомфорту в тісноті на одного пасажира стає більш серйозним. Важливим наслідком цього принципу ціноутворення є те, що для даної частоти автобусів оптимальний тариф у непіковий період буде набагато нижчим, ніж у піковий період. Оскільки вартість додаткового пасажира в майже порожньому автобусі наближається до нуля, добре відомою та застосовуваною практикою ціноутворення в громадському транспорті є встановлення непікових цін на дуже низькому рівні. Використовуючи ті самі міркування, ціни в піковий період, коли на автобус перебуває більше пасажирів, повинні бути високими. Однак цей принцип ціноутворення відповідно до попиту часто забувається.

Для постачання автобусних послуг однією зі змінних, що можна оптимізувати, є частота автобусних перевезень (автобуси на годину для заданої кількості пасажирів). Більш висока частота дозволяє зменшити два типи витрат для користувачів:

1) Час очікування та затримки розкладу, оскільки є більша ймовірність того, що автобус проїжджає повз автобусну зупинку, і більш частий розклад автобусів легше відповідатиме бажаному часу відправлення та прибуття.

2) Дискомфорт у тісноті в кожному автобусі, оскільки, підтримуючи константну загальну кількість користувачів протягом певного періоду, у кожному автобусі буде менше людей при частіших рейсах.

Заощадження на витратах користувачів в ідеалі має дорівнювати сумі вартості оренди (тобто капітальних витрат на автобус), експлуатаційних витрат, забруднення повітря, витрат на аварії (через додаткові автобуси) та витрат на затори для інших учасників дорожнього руху.

Введення плати за дороги є технічно та політично складним рішенням. Ціни та частота громадського транспорту в принципі легше контролюються транспортними органами. Це підводить нас до оптимальної “другої найкращої” ціни на громадський транспорт. Ідея проста: оскільки ціна на використання автомобіля занадто низька в пікові періоди і не може бути змінена, вартість проїзду в автобусі зменшується в пікові години, щоб заохотити водіїв автомобілів переходити на громадський транспорт. Це має зменшити автомобільні затори.

$$\begin{aligned} \left[\begin{array}{c} \text{Оптимальна} \\ \text{ціна} \\ \text{проїзду} \end{array} \right] &= \left[\begin{array}{c} \text{Граничні зовнішні} \\ \text{витрати додаткового} \\ \text{користувача автобуса} \\ \text{скориговані на вплив} \\ \text{на водіїв автомобілів} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{Додатковий дискомфорт} \\ \text{при скупченні людей} \\ \text{через додаткового пасажера} \end{array} \right] - \\ &- \left[\begin{array}{c} \text{Коефіцієнт нових} \\ \text{користувачів транспорту,} \\ \text{що відмовились від авто} \end{array} \right] \times \left[\left(\begin{array}{c} \text{Гранична зовнішня} \\ \text{вартість завантаженості} \\ \text{доріг} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{Плата за дорогу} \\ \text{для автомобілів} \end{array} \right) \right] \end{aligned}$$

Коли існує оптимальна плата для автомобілів, третій член вищезазначеної оптимальної формули вартості проїзду в автобусі стає нульовим, оскільки оптимальна плата за автомобіль дорівнює граничним витратам на зовнішні затори на дорогах. У цьому випадку ми повернемося до випадку оптимальних цін, про який вже йшлося раніше.

Коли або занадто низький збір для автомобілів, ціну ГТ (громадського транспорту) необхідно коригувати вниз. Корекція вниз буде більшою, коли зниження ціни на ГТ зможе залучити в основному колишніх користувачів автомобілів. Кожен колишній користувач автомобіля економить граничні витрати на зовнішні дорожні затори. Важливість виправлення (третій термін вищезазначеної оптимальної формули тарифу на автобус) залежить від відносного успіху зниження ціни на автобус у залученні колишніх користувачів автомобілів. Це називається коефіцієнтом диверсії. Коефіцієнт диверсії визначається для зниження ціни ГТ як відношення нових користувачів громадського транспорту (які раніше були водіями автомобілів) до загальної кількості нових користувачів ГТ. Якщо в результаті зниження ціни на ГТ усі нові пасажери є колишніми користувачами автомобілів (тобто коефіцієнт дорівнює 1), додаткова субсидія для ГТ є дуже ефективною для вирішення проблеми дорожніх заторів. Працівники транспорту, як правило, занадто оптимістично ставляться до значення коефіцієнта диверсії. На жаль, коефіцієнт диверсії становить лише від 0.15 до 0.352. На кожні 100 нових пасажирів, залучених низькими цінами на ПТ, від 15 до 35 - колишні користувачі автомобілів, інші 65 - 85 користувачів - це нові користувачі ГТ, які раніше не користувалися автомобілем. Коефіцієнт диверсії від 0.15 до 0.35 робить зниження ціни на ГТ менш цікавим, оскільки вигода для 65 - 85 нових користувачів ГТ нижча за соціальну вартість використання громадського транспорту. Тоді використання ГТ стає надмірним.

Одним з інших аргументів, що виправдовують дуже низькі ціни на ГТ, є занепокоєння щодо розподілу доходу користувачів ГТ. Аргумент полягає в тому, що люди з низьким доходом інтенсивніше використовують ГТ, тому встановлення ціни на ГТ нижче його граничних соціальних витрат може бути виправданим як засіб допомоги цим користувачам. Цей аргумент потрібно враховувати з великою обережністю. По-перше, всі гроші, витрачені на субсидії, повинні фінансуватися, тому кінцевий ефект додаткової субсидії для ГТ на розподіл доходу можна оцінити лише тоді, коли вказано, як фінансується

субсидія. Коли ГТ також використовується людьми з високим доходом і оплачується податком на прибуток, ця оцінка дає більш точне уявлення. По-друге, тематичні дослідження в країнах, що розвиваються, де різниця в доходах найбільша, показує, що можуть бути кращі способи допомогти людям з нижчими доходами, ніж мати дуже низькі ціни на ГТ.

Насправді ми бачимо великий дефіцит громадського транспорту у всьому світі. За даними бази даних UITP (вона складається з даних 2002 року для 52 міст), середнє покриття експлуатаційних витрат тарифами становило 39% (коливалося від 13% до 80%). Низькі ціни на громадський транспорт часто не розмежовуються між піковими та непіковими, і існує велика затори на дорогах, а також у громадському транспорті. Крім того, можна бачити все більше абонементів, що означає майже нульові тарифи для тих, хто має абонемент.

4.2. Приклади ціноутворення для поїздок громадським і персональним транспортом

Чисельний аналіз перевантажених європейських міст, таких як Стокгольм та Париж, може пояснити, чи застосовування правильних цін для громадського та приватного транспорту важливе. Нас цікавлять в основному два питання: чи вигідна реформа цін на громадський транспорт, навіть якщо не запроваджено ціноутворення на дорогах і чи реформа цін на громадський транспорт збільшує чи зменшує переваги ціноутворення на дорогах. Далі буде наведено приклад ціноутворення для перевантаженого коридору в Стокгольмі та для всього Парижа.

Розглянемо приклад транспортного коридору в **Стокгольмі**. Borjesson, Fung і Proost (2017) вивчили один коридор, який зв'язує передмістя з центром Стокгольма. До центру міста можна дістатися на машині та автобусі, є одна автобусна смуга та дві автомобільні смуги. Незважаючи на те, що присутня плата за проїзд дорогою, на автомобільних смугах все ще є затори. У піковий період

приватний транспорт має частку 20%, решта - автобусний транспорт, але в непіковий період частка автомобілів вища (34%). Випадок із Стокгольма цікавий, оскільки запровадження ціноутворення на дорогах забезпечує чітку інформацію про переваги щодо перехресної еластичності цін між приватним використанням доріг та громадським транспортом. Плата за проїзд автомобілів, ціни на автобуси та частоти в еталонній рівновазі наведені в першому рядку таблиці 4.1. Як бачимо, вже стягується плата за проїзд в автомобілі, і вона в пік вища, ніж у пік. Ціни на автобуси однакові в будь-яку годину, 37% експлуатаційних витрат автобусів субсидуються.

Таблиця 4.1. Ефект реформи цін на проїзд у Стокгольмі

	Оплата за проїзд дорогою в піковий час, €/поїзду	Оплата за проїзд дорогою в не піковий час, €/поїзду	Ціна проїзду в автобусі в піковий час, €/поїзду	Ціна проїзду в автобусі в непіковий час, €/поїзду	Частота автобусів в піковий час, одиниць на годину	Частота автобусів в непіковий час, одиниць на годину	Дефіцит, 1000 €/день	Дохід, 1000 €/день
Актуальне значення	1.80	1.00	2.18	2.18	67	48	25.86	
Оптимальна ціна проїзду автобусом	1.80	1.00	4.50	0	67	48	26.54	12.58
Лише зміна частоти руху	1.8	1.00	2.18	2.18	92	13	15.38	22.20
Оптимальна оплата для авто, автобусів та частота	4.31	3.32	4.90	0.97	84	20	-2.95	36.97
Безкоштовний проїзд для авто, оптимальна ціна для автобуса	0	0	4.10	0	67	48	30.19	14.12

Імітаційна модель стокгольмського коридору використовується для вирішення трьох питань:

- Чи ефективно реформувати ціни на громадський транспорт зараз, коли вже встановлено плату за дорогу? Це видно з рядка «Оптимальна ціна проїзду в автобусі» в таблиці 4.1 вище, і відповідь “так”: максимальну вартість проїзду в автобусі потрібно подвоїти, а не пікову ціну встановити на 0. З теорії ми знаємо, що єдині ціни на громадський транспорт неефективні, і саме це ми бачимо у Vörjesson et al (2017). Реформа цін на громадський транспорт не змінює загальної необхідної субсидії на ГТ (близько 25 000 євро/день), але приносить чіткий приріст прибутку (12 580 євро/день), зменшуючи кількість пасажирів, яка не покриває соціальних витрат.
- Чи корисно адаптувати постачання громадського транспорту, конкретно тут адаптувати частоту руху автобусів? Так, у рядку “Лише зміна частоти руху” таблиці 4.1 можна бачити, що оптимально збільшувати частоту в пік та зменшувати частоту в непіковий період. Це можна зробити з меншими субсидіями, ніж у еталонному випадку - 15 380 євро замість 25 860 євро на день, і це приносить чіткий прибуток (22 200 євро на день). Оптимізація частоти громадського транспорту є хорошою стратегією.
- Наскільки низькими повинні бути ціни на громадський транспорт за відсутності плати за дорогу? Рядок “Безкоштовний проїзд на авто та оптимальний проїзд у автобусі” дає відповідь на те, наскільки низькими повинні бути другі найкращі ціни на громадський транспорт у випадку Стокгольма. Коли відсутня плата за дорогу, очікується, що ціни на громадський транспорт будуть нижчими, ніж ціни на дорожні збори. Друга найкраща пікова ціна ГТ – 4.10 євро за поїздку, тоді як оптимальна перша найкраща ціна ГТ – 4.90 євро для порівняння з поточною ціною, яка становить лише 1.8 євро за

поїздки. Іншими словами, з запровадженням оплати за проїзд дорогами в 2007 році не вдалося реформувати ціни на громадський транспорт.

Розглянемо випадок Парижа. Париж застосовував політику низьких цін на ГТ і не застосовував плати за дороги - останнім часом пропускна спроможність доріг була обмежена, а також існують додаткові обмеження для автомобілів, які виділяють високий рівень забруднення. Kilani, Proost та Van der Loo (2014) аналізують переваги запровадження ціноутворення на дорогах, використовуючи різні супровідні політики щодо цін на ГТ. Базовим роком для моделювання був 2007 рік. Місто змодельовано як сукупність трьох концентричних кілець, які з'єднані між собою дорогами, регіональними поїздами, метро та автобусами. Розрізняють домогосподарства з низьким та високим доходом та домогосподарства з працюючими людьми та без них - для цих чотирьох груп ми знаємо їх місце розташування в одному з кілець, їх поїздки (всередині та між кільцями), комбінацію режимів, які вони використовують та кожній групі присвоюється різне значення часу. Також розрізняють піковий та непіковий періоди. Спочатку тарифи на ГТ покривають приблизно від 95% (поза піком) до 65% (пік) граничних витрат на поставку. У пікові періоди спостерігаються великі затори на дорогах, а також у громадському транспорті.

Чи потрібно доповнювати запровадження зонального ціноутворення на дорогах підвищенням або зменшенням тарифів на ГТ? У зональній схемі ціноутворення на дорогах (або зональній платі за дорожній збір) пікова плата за дорогу накладається на кожну поїздки на автомобілі в зонах, де затори є найбільш серйозними. Основною проблемою зниження вартості ГТ є те, що збільшення кількості користувачів ГТ вимагає додаткових експлуатаційних витрат, що зменшує дохідність, оскільки початковий тариф не покриває граничних експлуатаційних витрат. Зростання цін на ГТ працює краще, але шкодить домогосподарствам з низьким рівнем доходу, коли чистий дохід від оплати розподіляється рівномірно. Але коли подвійний зважувальний коефіцієнт

дається зміні комунальних послуг для домогосподарств з низьким рівнем доходу, загальна ефективність підвищення ціни на ГТ все ще вища.

Більш складне ціноутворення окупається. У попередніх розділах була використана проста технологія заторів: вона розрізняла лише пікові та непікові періоди та виступала за диференціацію цін між двома періодами на приватний та громадський транспорт. Використання цього уявлення про затори, як правило, недооцінює переваги ціноутворення на дорогах та пікових цін на громадський транспорт. Альтернативним поданням є припущення, що всі пікові поїздки (наприклад, з 6:00 до 10:00 вранці) мають однаковий ідеальний час прибуття і що існує абсолютне вузьке місце з пропускною здатністю s -числа транспортних засобів або пасажирів на годину: кожен раз раз, коли кількість користувачів, які хочуть отримати доступ до системи, перевищує s , ці користувачі повинні стояти в черзі, поки не зможуть отримати доступ до системи. В рівновазі користувачі розподіляють час старту, і кожен мандрівник має однакову суму витрат на чергу та затримку розкладу. За допомогою рівномірної простої плати за проїзд або тарифу в піковий період можна зменшити кількість користувачів у піковий період і направити частину їх у непіковий період, але в системі залишаються певні черги та затримка за розкладом. Дрібний збір, який змінюється залежно від часу старту протягом пікового періоду, може призвести до значно вищого приросту ефективності, ніж простий рівномірний піковий збір. Що стосується дорожніх заторів, то ця дорожня плата може бути в два і більше разів ефективнішою, ніж платна, однакова протягом пікового періоду (Arnott, de Palma, Lindsey, 1993; van den Berg and Verhoef, 2011). Це також стосується систем громадського транспорту. Для лінії паризької міської залізничної системи (RER A) проста диференціація між піками та не піками охоплює лише 60% прибутку від плати за проїзд. Для точного збору плати потрібні більш досконалі та дорожчі системи моніторингу, але ця складніша система, здається, окупається. Це також демонструється вищою ефективністю диференційованої плати за дороги в часі в Стокгольмі порівняно з диференціацією день/ніч у Лондоні.

4.3. Вплив ціноутворення на дорогах на агломерацію

До цього часу ми розглядали міський район як однорідну зону, де ми виділили три групи: користувачів автомобілів, користувачів громадського транспорту та тих людей, які не подорожують у пікові години. Агломерація не є однорідною і має центральний діловий район, оточений зонами з різною щільністю населення. Де Боргер та Руссо (2018) вивчають політичну економію зональної плати за внутрішню частину міста, але відмовилися від асиметричного інформаційного припущення для водіїв, що використовуються в моделі Де Боргера та Прооста. Населення диференціюється за трьома критеріями: високий або низький рівень доходу, користувачі авто або громадського транспорту та (за місцем розташування) в зоні роботи ГТ та в більш віддаленій зоні, де лише автомобіль дає доступ до міста. У короткостроковій перспективі населення нерухоме, а орендна плата фіксована. Коли більшість населення проживає поза межами міста, вони надаватимуть перевагу за низькій платі, коли доходи будуть рівномірно розподілені по населенню. Різниця з оптимальною платою за проїзд стає меншою, коли дохід від оплати може бути використаний для зниження ціни громадського транспорту.

У довгостроковій перспективі люди можуть змінити місце проживання, і введення дорожніх цін вплине на оренду землі. Дорожній збір призведе до збільшення орендної плати за землю в зоні, але вплив на оренду землі буде пом'якшено, коли доходи від оплати доріг будуть використані для зниження цін на громадський транспорт. Більшість надасть перевагу низькому збір, коли більшість живе поза межами міста і не володіє більшою частиною земель в зоні міста. Ця модель пояснює стилізовані факти щодо ціноутворення на дорогах: складна політична підтримка ціноутворення на межі з боку передмістя, досить мала зона межі міста, а також перевага використовувати доходи для підтримки громадського транспорту [13].

ВИСНОВКИ

В результаті виконання роботи було проведено дослідження транспортної інфраструктури, зокрема транспортної інфраструктури в містах, її компонентів, організацію роботи, проблем та особливостей. Було визначено основні завдання транспортної інфраструктури та виклики з якими вона стикається. Окремо було проаналізовано громадський транспорт у містах, як частину транспортної інфраструктури. А також вплив його рівня розвиненості, тарифів на користування транспортом на місто в різних аспектах, зокрема вплив на економіку.

Було визначено переваги та недоліки громадського транспорту як компоненту транспортної інфраструктури міста у порівнянні з особистим транспортом, а також вплив рівня розвитку громадського транспорту на місто та його жителів в екологічному та економічному аспектах. Оцінюючи переваги та недоліки громадського транспорту, було визначено що він є важливою та невід'ємною складовою транспортної інфраструктури для сучасного міста, тому є доцільним розвивати громадський транспорт та надавати йому пріоритет перед автомобілями. При аналізі економічного впливу, зокрема, було розглянуто вплив на прямі витрати жителів міста, вплив на якість поїздок (економія часу в дорозі, надійність транспортної інфраструктури, безпека для пасажирів) та проаналізовано як це впливає на економіку міста в більш широкому сенсі.

Було проаналізовано залежність між тарифами на користування послугами громадського транспорту та бажанням жителів міста використовувати ці послуги. У додаток до цього було досліджено методи оптимального ціноутворення тарифів на користування громадським транспортом, а також тарифів на користування дорогами для приватних автомобілів. На основі цього було досліджено методи формування балансу між приватним та громадським транспортом, які можуть бути використані для зниження навантаження на

транспортну інфраструктуру загалом, для збільшення пропускної здатності та для покращення якості транспортних послуг у місті.

Результати роботи можуть бути використані при розробці транспортної інфраструктури та транспортних маршрутів у містах або окремих районах міст для досягнення ефективного впливу впроваджених транспортних рішень на місто. Також результати роботи можуть допомогти у вирішенні проблеми оптимального ціноутворення для тарифів на користування певними ділянками доріг у містах, послугами громадського транспорту та для знаходження вірного балансу між цими видами зборів. Це може допомогти вирішити проблему перевантаженості міських шляхів за рахунок оптимального розподілу наявної пропускної здатності транспортної інфраструктури між різними видами транспорту, зокрема громадського і персонального.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Vulnerability Assessment and Adaptation Framework, 3rd Edition / Federal Highway Administration — 2018. — 96 с. — FHWA-HEP-18-020.
2. Aviation Security: Costing, Pricing, Finance and Performance / Gillen, D. and W.G. Morrison // Journal of Air Transport Management — 2015. — Vol. 48
3. Roads to equal access: the role of transport in transforming mobility / Marie Thynell // Transport and Communications Bulletin for Asia and the Pacific — 2017. — No. 87, pp. 2-5.
4. Vehicle Trip Reduction Impacts of Transit-Oriented Housing / Cervero, R. and G. B. Arrington // Journal of Public Transportation — 2008. — Vol. 11 No. 3, pp. 1-17.
5. Stuck in Traffic: Coping with Peak-Hour Congestion / Downs, A. — Washington, DC: Brookings Institution Press, 2004.
6. An International Sourcebook of Automobile Dependence in Cities, 1960-1990 / Kenworthy J., F. Laube, P. Newman, P. Barter, T. Raad, C. Poboorn and B. Guia — Boulder: University Press of Colorado, 1999.
7. Urban Transportation Planning: A Decision-Oriented Approach / Meyer, M.D. and E.J. Miller — New York: McGraw-Hill, 2000.
8. Peak Car Use: Understanding the Demise of Automobile Dependence / Newman, P. and J. Kenworthy // World Transport Policy and Practice — 2017. — Vol. 17, No. 2, pp. 31-42.
9. Gridlock: Why we are stuck in traffic and what to do about it / O'Toole, R. — Washington, DC: The Cato Institute, 2009.
10. Planning Sustainable Cities. Global Report on Human Settlements — United Nations Human Settlements Programme, London, 2009. — 338 p.
11. Environmental Effects of Public Transport / Piet Rietveld — Tinbergen Institute, 2001. — 13 p.

12. Economic impact of public transportation investment / Glen Weisbrod, Arlee Reno — American Public Transportation Association, 2009.
13. Reforming Private and Public Urban Transport Pricing - Discussion Paper / Stef Proost — International Transport Forum, 2018.