



International Science Group  
ISG-KONF.COM



# ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ СУЧАСНОСТІ

ISBN 979-8-90214-599-8

DOI 10.46299/979-8-90214-599-8

**Доля К. В., Кобріна Н. В., Болдовський В. М.,  
Нестеренко С. І., Григорович А. М.**

# **ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ СУЧАСНОСТІ**

**Monograph**

**2026**

**UDC 656.1**

**Authors:**

Доля Костянтин Вікторович, Григорович Антон Михайлович,  
Кобріна Наталія Віталіївна, Болдовський Володимир Миколайович,  
Нестеренко Сергій Іванович

**Reviewers**

**Галина Мигаль**, доктор технічних наук, професор кафедри транспортних технологій Національного університету «Львівська політехніка»

**Аргун Щасяна**, доктор технічних наук, професор кафедри автомобільної електроніки Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

*Рекомендовано до друку вченою радою Національного аерокосмічного  
університету «Харківський авіаційний університет»  
протокол номер 8 від 18 березня 2026 року*

Dolia, K. V., Kobrina, N. V., Boldovskyi, V. M., Nesterenko, S. I., & Hryhorovych, A. M. (2026). Transportni systemy suchasnosti [Modern transport systems]. International Science Group. <https://doi.org/10.46299/979-8-90214-599-8>

**ISBN – 979-8-90214-599-8**

**DOI – 10.46299/979-8-90214-599-8**

Монографія має виразну освітню та прикладну цінність для підготовки фахівців транспортної галузі, оскільки поєднує теоретичну глибину з інструментами, придатними до практичного застосування в професійній діяльності. Її зміст охоплює ключові для сучасного ринку компетентності: аналіз транспортних систем, управління мобільністю, роботу з даними, оцінювання екологічних наслідків і розроблення управлінських рішень на основі показників ефективності.

З огляду на міждисциплінарний характер і сучасну проблематику, монографію доцільно рекомендувати здобувачам спеціальності J8 (Автомобільний транспорт) як навчально-аналітичне джерело. Вона буде корисною під час вивчення профільних освітніх компонентів, підготовки курсових і кваліфікаційних робіт, а також для формування системного бачення цифрової трансформації автомобільного транспорту в умовах сталого розвитку.

**UDC 656.1**

**ISBN – 979-8-90214-599-8**

## **Анотація**

Монографія присвячена комплексному дослідженню транспорту як системоутворювального чинника суспільного розвитку, економічної динаміки, територіальної зв'язаності та якості життя населення. У роботі обґрунтовується підхід, за яким транспорт розглядається не як допоміжна інфраструктурна сфера, а як базовий механізм формування просторової, соціальної та виробничої архітектури сучасного світу. Такий підхід дозволяє одночасно оцінювати історичну роль транспортних інновацій, сучасні логістичні трансформації, наслідки автомобілецентричної моделі мобільності, вплив тарифної політики, екологічні та медико-соціальні ефекти, а також потенціал цифрових технологій у підвищенні стійкості транспортних систем.

У монографії послідовно висвітлено еволюцію транспорту від найдавніших форм переміщення до інтегрованих мультимодальних мереж ХХІ століття. Показано, що на різних історичних етапах транспорт визначав темпи економічного зростання, інтенсивність міжрегіонального обміну, масштаби державної інтеграції та глибину культурних контактів. Від винайдення колеса, розвитку судноплавства і формування імперських дорожніх систем до індустріальної революції, залізничної експансії, масової автомобілізації та глобальної контейнеризації — транспорт постійно змінював не лише технічні

параметри переміщення, а й саму логіку організації суспільства. Історичний аналіз у роботі поєднано з сучасним баченням того, як транспорт впливає на ринок праці, структуру виробництва, доступ до освіти і медицини, конфігурацію міського простору та територіальну рівновагу.

Важливим результатом дослідження є обґрунтування багатовимірного впливу транспорту на розвиток громад і територій. Доведено, що доступність мобільності прямо корелює з доступністю можливостей: працевлаштування, соціальних послуг, підприємницької активності та участі у суспільному житті. Водночас нерівний доступ до якісного транспорту відтворює соціально-економічну нерівність, підсилює периферизацію окремих районів і формує довгострокові бар'єри для людського розвитку. У цьому контексті транспортна політика інтерпретується як інструмент не лише інженерного, а й соціального управління, що має поєднувати ефективність, інклюзивність та безпеку.

Окремий аналітичний блок присвячено автомобільному транспорту як домінантному сегменту сучасної мобільності. В роботі систематизовано його функціональні, техніко-економічні та соціальні характеристики, розкрито переваги гнучкості й доступності, а також критичні обмеження, пов'язані із заторами, високою часткою зовнішніх витрат, дорожнім травматизмом, шумом, локальним забрудненням повітря та зростаючим тиском на міський простір. Підкреслено, що майбутнє автомобільного транспорту не зводиться до простого збільшення кількості

транспортних засобів; натомість воно залежить від інтеграції з громадським транспортом, розвитку низькоємісійних технологій, оптимізації тарифних і регуляторних механізмів, а також переходу до даних-керованого управління потоками.

Суттєву увагу приділено тарифній проблематиці, яка у монографії розглядається через призму балансу між фінансовою життєздатністю транспортних операторів, доступністю послуг для населення та конкурентоспроможністю локальної економіки. Обґрунтовано, що тарифна політика має прямий вплив на добробут домогосподарств, витрати бізнесу, просторову мобільність робочої сили та бюджетну стійкість громад. Показано, що короткострокові фіскальні рішення у тарифоутворенні без урахування повного соціально-економічного ефекту здатні генерувати довгострокові втрати: зниження транспортної доступності, падіння продуктивності, зростання частки транспортної бідності та поглиблення територіальної нерівності.

У дослідженні комплексно проаналізовано екологічний вимір транспортних систем. Визначено, що для великих міст транспортні викиди та шумове навантаження є не лише екологічною, а й економічною та медико-соціальною проблемою. В роботі підкреслюється необхідність переходу від вузького підходу “пропускна здатність доріг” до інтегрованої моделі управління, в якій враховуються витрати на охорону здоров’я, втрати продуктивності праці, ризики для вразливих груп населення та довгострокові наслідки для людського капіталу. Обґрунтовано,

що результативна екологізація транспорту потребує поєднання інфраструктурних рішень, пріоритезації масового перевезення, електрифікації парку, точного моніторингу експозиції та прозорих критеріїв оцінки ефективності політики.

Одним із центральних висновків монографії є визначальна роль цифровізації у формуванні нової якості мобільності. У роботі висвітлено потенціал цифрових двійників, телеметрії, предиктивної аналітики, підключених транспортних засобів, V2X-взаємодії та інтелектуальних систем управління дорожнім рухом. Доведено, що цифрові технології створюють найбільшу цінність тоді, коли впроваджуються не як ізольовані ІТ-рішення, а як елемент системної реорганізації транспортного управління — з єдиними даними, узгодженими KPI, новими компетенціями персоналу та сучасною регуляторною архітектурою. Такий підхід забезпечує зниження операційної невизначеності, підвищення безпеки, скорочення простоїв і холостих пробігів, а також кращу адаптацію системи до кризових подій.

Важливою складовою роботи є розділ, присвячений економіці та логістиці великих міст. У ньому обґрунтовано, що мегаполіс функціонує як багатоконтурна система потоків, де пасажирська мобільність, вантажна дистрибуція, транспортна інфраструктура, дані та регулювання формують єдине середовище міської продуктивності. Показано, що найбільш витратним і водночас критично важливим сегментом виступає “остання миля”, ефективність якої залежить від просторової організації хабів,

режимів доступу, часових слотів, координації операторів і цифрового супроводу рішень. Розкрито, що ключовим індикатором якості міської логістики є не середня швидкість руху, а надійність часу поїздки, оскільки саме вона визначає витрати бізнесу, стабільність сервісу та інвестиційну привабливість територій.

Науково-практична значущість монографії полягає у формуванні цілісної аналітичної рамки для прийняття управлінських рішень на державному, регіональному та муніципальному рівнях. Запропоновані висновки та узагальнення можуть бути використані у розробленні стратегій транспортного розвитку, програм сталої мобільності, тарифних моделей, екологічних планів дій, проєктів цифрової модернізації та освітніх курсів у сфері транспортної економіки і логістики. Практична цінність підходу полягає в тому, що він дозволяє одночасно враховувати ефективність, справедливість, безпеку та стійкість — тобто ті критерії, які визначатимуть конкурентоспроможність транспортних систем у найближчі десятиліття.

Узагальнюючи результати, у монографії зроблено висновок, що майбутнє транспорту визначається рівнем інтеграції. Виграють ті системи, у яких інфраструктура, цифрові платформи, тарифні стимули, екологічні обмеження та соціальні пріоритети узгоджені в єдиній моделі управління. Саме така модель дає можливість перейти від фрагментарного реагування на проблеми до проактивного розвитку мобільності, де транспорт стає не

джерелом ризиків і дисбалансів, а опорою економічного зростання, територіальної цілісності та суспільного добробуту.

Ключові слова: транспортні системи, мобільність, автомобільний транспорт, громадський транспорт, міська логістика, економіка транспорту, тарифна політика, цифровізація, цифровий двійник, інтелектуальні транспортні системи, сталий розвиток, урбанізація, екологічні ефекти, транспортна безпека, територіальний розвиток.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	14
РОЗДІЛ 1.....	
ЗНАЧЕННЯ ТРАНСПОРТУ В РОЗВИТКУ ЛЮДСТВА .....	20
РОЗДІЛ 2.....	
ВПЛИВ ТРАНСПОРТУ НА РОЗВИТОК ЛЮДСТВА, ВИРОБНИЦТВА, ГРОМАД І ТЕРИТОРІЙ. ....	39
2.1 Вплив транспорту на життя людей .....	39
2.2 Вплив транспорту на виробництво та працю .....	41
2.3 Вплив транспорту на громади і території .....	43
Висновки до розділу .....	60
РОЗДІЛ 3.....	
ОСОБЛИВОСТІ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ .....	61
3.1 Системна роль автомобільного транспорту.....	62
3.2 Техніко-економічні особливості автомобільного транспорту.....	63
3.3 Соціальні особливості автомобільної мобільності .....	64
3.4 Екологічні особливості автомобільного транспорту .....	66
3.5 Інноваційні тренди в автомобільному транспорті .....	67
3.6 Особливості автомобільного транспорту в контексті України.....	68
Висновки до розділу .....	69
РОЗДІЛ 4.....	

ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ .....	71
4.1 Основні види автомобільного транспорту за призначенням.....	72
4.2 Типи автомобільного транспорту за характером використання .....	73
4.3 Спеціальний і спеціалізований транспорт: просто і практично .....	75
4.4 Що означає “М” у класифікації автобусів і пасажирських ТЗ .....	76
Висновки до розділу .....	78
РОЗДІЛ 5.....	
ВПЛИВ ТАРИФІВ НА СОЦІУМ .....	80
5.1 Соціальний вимір транспортних тарифів.....	80
5.2 Пасажирські і вантажні тарифи.....	82
5.3 Як враховують пасажирські і вантажні перевезення при формуванні вартості.....	87
5.4 Як держава впливає на вартість через дотації і регулювання ....	90
РОЗДІЛ 6.....	
ОРГАНІЗАЦІЯ ТО ТА РЕМОНТУ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ.....	96
6.1 Система технічного обслуговування і ремонту .....	96
6.2 Організаційна модель ТО і ремонту на підприємстві.....	97
6.3 Діагностика, прогнозування відмов і ремонтпридатність....	99

6.4 Державні, безпекові та економічні аспекти організації ТО і ремонту.....	100
6.5 Планування виробничої потужності ремонтної зони.....	100
6.7 Особливості організації ТО для електробусів та електровантажівок.....	105
6.8 Економічне обґрунтування та стратегія розвитку системи ТО.....	106
РОЗДІЛ 7.....	
ПЛАНУВАННЯ МІСТ З УРАХУВАННЯМ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ.....	109
7.1 Місто і транспорт як єдина планувальна система.....	109
7.2 Просторові моделі міського розвитку і транспорт.....	111
7.3 Інфраструктурна стратегія міста: вулиці, транзит, вузли, логістика.....	113
7.4 Управління розвитком, інклюзивність і стійкість міської транспортної інфраструктури.....	116
РОЗДІЛ 8. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ГРОМАД: ВПЛИВ ТРАНСПОРТУ, ЕКОНОМІЧНІ ЗБИТКИ ТА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ.....	
8.1 Транспорт як ключовий екологічний чинник у великих міських громадах.....	119
8.2 Вплив транспорту на екологію міста: повітря, шум, кліматичні ризики.....	120

8.3 Економічні збитки та втрати здоров'я від транспортно-екологічного навантаження.....	123
8.4 Шляхи вирішення проблеми.....	125
8.5 Практична модель дій для громади: від діагностики до впровадження .....	127
8.6 Очікувані результати для громади та критерії успішності політики.....	129
РОЗДІЛ 9.....	
ЦИФРОВІЗАЦІЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ .....	131
9.1 Стратегічна роль цифровізації в розвитку автомобільного транспорту.....	131
9.2 Технологічні основи цифровізації: V2X, IoV, цифрові двійники та аналітика .....	133
9.3 Операційні ефекти цифровізації: безпека, надійність, екологічна та економічна ефективність.....	135
9.4 Бар'єри впровадження та дорожня карта цифрової трансформації .....	136
РОЗДІЛ 10.....	
ЕКОНОМІКА ТА ЛОГІСТИКА ВЕЛИКИХ МІСТ .....	139
10.1 Вступ.....	139
10.2 Структура міських логістичних витрат і продуктивність економіки .....	141
10.3 Міська вантажна логістика (остання миля, хаби та регулювання потоків) .....	143

10.4 Пасажирська мобільність як економічний актив міста.....	145
10.5 Цифрова логістика і керування міськими потоками в реальному часі .....	147
10.6 Екологічна економіка міської логістики та здоров'я населення.....	150
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	153

## ВСТУП

Транспорт є фундаментом функціонування сучасної цивілізації. Він визначає не лише фізичне переміщення людей і вантажів, а й характер економічних зв'язків, просторову організацію виробництва, доступність соціальних послуг, темпи урбанізації та конкурентоспроможність держав і міст. Упродовж історії людства саме транспортні інновації багаторазово змінювали межі можливого: від локальних обмінів між сусідніми поселеннями — до глобальних ланцюгів постачання, цифрово координованої мобільності та високошвидкісної логістики.

У ХХІ столітті значення транспорту посилюється через одночасний вплив кількох довгострокових процесів. По-перше, триває поглиблення глобальної економічної взаємозалежності, за якої надійність транспортних мереж прямо впливає на цінову стабільність, безперервність виробництва й продовольчу безпеку. По-друге, урбанізація формує нову структуру попиту на мобільність: великі міста потребують систем, що можуть поєднувати високу провізну здатність, доступність і екологічну прийнятність. По-третє, цифрова трансформація переводить транспорт із переважно інфраструктурної сфери в даних-керовану систему, де якість рішень визначається швидкістю обробки інформації, точністю прогнозування і здатністю до адаптації в реальному часі.

Водночас транспортна сфера залишається зоною складних компромісів. Економічна ефективність не завжди автоматично

означає соціальну справедливість; зростання індивідуальної мобільності може супроводжуватися перевантаженням міського простору; технологічні інновації здатні знижувати локальні витрати, але створювати нові ризики у сфері кібербезпеки, енергетичної залежності та нерівного доступу до послуг.

Саме тому сучасне дослідження транспорту повинно бути міждисциплінарним: поєднувати історичний, економічний, логістичний, соціальний, екологічний та управлінський підходи.

Запропонована монографія виходить із ідеї, що транспорт потрібно розглядати як системоутворювальний чинник розвитку людства, виробництва, громад і територій. У роботі послідовно обґрунтовується теза про те, що транспортні системи не є нейтральним “каналом доставки”; вони формують структуру можливостей для економіки і населення. Від того, як організовані маршрути, інфраструктура, тарифи, стандарти безпеки, технологічні рішення та екологічні обмеження, залежить якість повсякденного життя, інвестиційна привабливість регіонів, конкурентоспроможність бізнесу й стійкість суспільства до криз.

Актуальність теми зумовлена тим, що транспорт сьогодні одночасно виконує критичні функції в економіці і є джерелом системних викликів. З одного боку, він забезпечує функціонування промисловості, торгівлі, ринку праці, освіти, медицини, державного управління та міжнародної кооперації. З іншого — саме транспорт концентрує значну частину зовнішніх ефектів: затори, викиди, шум, дорожній травматизм, нерівність доступу до

мобільності між центром і периферією, конфлікти розподілу міського простору. Для України й інших країн із трансформаційною економікою ця проблематика набуває додаткової ваги через необхідність одночасної модернізації інфраструктури, інтеграції в європейські ринки та підвищення стійкості транспортних систем у кризових умовах.

Мета монографії — комплексно дослідити еволюцію транспортних систем і показати, як сучасний транспорт впливає на економічний розвиток, просторову організацію територій, соціальну інтеграцію, екологічну якість середовища та технологічну модернізацію суспільства. У межах цієї мети увага зосереджена не лише на описі історичних етапів, а й на аналізі сучасних інструментів управління мобільністю, логістикою великих міст, цифровізацією автомобільного транспорту, тарифною політикою та оцінкою зовнішніх ефектів.

Основні завдання роботи полягають у тому, щоб: по-перше, простежити історичну траєкторію розвитку транспорту від ранніх форм переміщення до інтегрованих мультимодальних систем сучасності; по-друге, дослідити вплив транспорту на виробництво, зайнятість, добробут населення, розвиток громад та територіальну зв'язаність; по-третє, визначити специфіку автомобільного транспорту як найбільш масового та гнучкого сегмента мобільності, включно з його технікоекономічними, соціальними та екологічними характеристиками; по-четверте, проаналізувати вплив транспортних тарифів на домогосподарства, бізнес і місцеві

бюджети; по-п'яте, оцінити сучасні тенденції цифровізації, автоматизації, впровадження підключених транспортних сервісів, систем предиктивного обслуговування та цифрових двійників; по-шосте, обґрунтувати підходи до формування економічно ефективної, соціально інклюзивної та екологічно відповідальної транспортної політики великих міст.

Об'єктом дослідження є транспортні системи як сукупність інфраструктури, транспортних засобів, операторів перевезень, регуляторних механізмів і користувацьких практик. Предмет дослідження — закономірності впливу транспортних рішень на соціально-економічний розвиток, логістику, просторову структуру урбанізованих територій та якість життя населення.

Методологічно робота спирається на системний підхід, який дозволяє розглядати транспорт у взаємозв'язку з економікою, екологією, технологіями та суспільством. Використано порівняльно-історичний аналіз, структурно-функціональний підхід, елементи інституційного аналізу, а також сучасні уявлення про управління міською мобільністю і логістичними потоками. Важливим принципом є поєднання макрорівневого бачення (глобальні та національні тренди) з мезо- і мікрорівнем (міста, громади, оператори, домогосподарства).

Науково-практична цінність монографії полягає в тому, що результати можуть бути використані не лише в академічному дискурсі, а й у прикладній політиці. Для органів місцевого самоврядування та профільних управлінь робота пропонує логіку

прийняття рішень, у якій транспорт розглядається як інструмент розвитку, а не лише витратна стаття бюджету. Для бізнесу висновки корисні в частині управління логістичними ризиками, прогнозування витрат, вибору моделей мобільності персоналу та оптимізації вантажних операцій. Для освітньої сфери матеріали монографії можуть слугувати основою курсів із транспортної економіки, міської логістики, сталого розвитку та інтелектуальних транспортних систем.

Окрему увагу в роботі приділено соціальному виміру транспорту. Доступ до мобільності визначає доступ до можливостей: праці, освіти, медицини, культурних ресурсів. Тому транспортна політика не може бути суто інженерною — вона повинна враховувати питання інклюзії, справедливого тарифоутворення, безбар'єрності, безпеки вразливих учасників руху та територіального балансу між центром і периферією. У цьому контексті мобільність розглядається як елемент суспільного добробуту і як чинник відтворення людського капіталу.

Не менш важливим є екологічний вимір. У великих містах транспорт залишається одним із ключових джерел локального забруднення повітря та шумового навантаження, що має прямі медичні та економічні наслідки. Відповідно, модернізація транспорту повинна поєднувати інфраструктурні рішення, електрифікацію, інтелектуальне управління попитом, пріоритет масового транспорту, а також інструменти оцінки зовнішніх ефектів. Лише за такого підходу можливо перейти від

короткострокової “боротьби із заторами” до довгострокової моделі сталого міського розвитку.

Структура монографії побудована за принципом послідовного ускладнення аналізу: від історичних і теоретичних засад — до прикладних аспектів сучасної транспортної політики. Спочатку розкривається значення транспорту в розвитку людства та еволюція транспортних систем. Далі аналізується вплив транспорту на виробничі процеси, громади і території. Окремі розділи присвячені особливостям автомобільного транспорту, його класифікаційним і функціональним характеристикам, тарифним механізмам і соціальним наслідкам тарифної політики. Значний блок стосується екологічних та медико-соціальних ефектів транспортних систем, а також сучасних цифрових технологій, які змінюють логіку управління мобільністю. Завершальною інтегративною частиною є аналіз економіки та логістики великих міст у контексті сучасних викликів.

Таким чином, монографія формує цілісну рамку розуміння транспорту як стратегічного ресурсу розвитку. Її центральний висновок полягає в тому, що майбутнє мобільності визначатиметься не окремими технологіями, а здатністю суспільства інтегрувати інфраструктуру, цифрові інструменти, економічні стимули, соціальні пріоритети та екологічні обмеження в єдину модель управління. Саме така інтеграція дозволяє забезпечити баланс між ефективністю, справедливістю та стійкістю транспортних систем сучасності.

## **РОЗДІЛ 1.**

### **ЗНАЧЕННЯ ТРАНСПОРТУ В РОЗВИТКУ ЛЮДСТВА**

Транспорт є однією з базових умов розвитку людства, оскільки забезпечує переміщення людей, ресурсів, знань і технологій між регіонами та країнами. На різних етапах історії саме розвиток транспортних систем визначав темпи економічного зростання, рівень соціальної взаємодії та просторову організацію суспільства.

У сучасному світі транспорт виконує не лише логістичну, а й стратегічну функцію: він формує конкурентоспроможність держав, впливає на якість життя населення та сприяє інтеграції в глобальні ринки. Тому дослідження значення транспорту в розвитку людства є важливим для розуміння закономірностей минулого і прогнозування майбутніх трансформацій.

Історія транспорту починається значно раніше, ніж виникли перші держави, міста чи писемність. Вона бере початок у повсякденній потребі людини переміщуватися, переносити здобич, змінювати місце проживання та підтримувати зв'язки між родовими групами. На ранніх етапах розвитку людства основною “транспортною системою” було саме людське тіло: люди носили вантажі на собі, використовували примітивні ноші, волокуші та інші пристосування для зменшення фізичних зусиль. Уже в цей період можна побачити фундаментальний принцип, який

зберігається й сьогодні: транспорт виникає як відповідь на обмеження простору й часу.

Поступовий перехід до осілого способу життя, розвиток землеробства і скотарства змінили характер переміщень. Якщо в мисливсько–збиральних спільнотах рух був переважно сезонним і підпорядкованим природним циклам, то ранні аграрні поселення потребували регулярних маршрутів між полями, місцями зберігання врожаю, водоймами та сусідніми громадами. Збільшення обсягів продуктів, які необхідно було транспортувати, стимулювало пошук нових технічних рішень. Саме в цей період люди почали активно використовувати силу свійських тварин, що стало якісним кроком у розвитку транспортних можливостей суспільства. Одним із найважливіших технологічних проривів в історії людства стало винайдення колеса у IV тисячолітті до н. е. Поєднання колеса, осі та візка дало змогу значно знизити витрати енергії на переміщення вантажів і людей. Хоча перші колісні транспортні засоби були простими, вони радикально змінили економічні процеси: стало можливим перевозити більші партії товарів на довші відстані, забезпечувати регулярний обмін між поселеннями та ефективніше організувати працю.

Паралельно з удосконаленням візків відбувався розвиток дорожньої інфраструктури. У найдавніших цивілізаціях Месопотамії, Єгипту, Індії та Китаю з'являються спеціально облаштовані шляхи, переправи, насипи, а згодом і перші дорожні стандарти. Дорога почала відігравати роль не просто фізичного

коридору для руху, а інструменту політичного управління: там, де існувала мережа шляхів, легше здійснювалися адміністративний контроль, збір податків, військова мобілізація та торгівля.

У цей самий час формується поділ транспортних функцій: одні маршрути обслуговують локальні господарські потреби, інші — міжрегіональний обмін, треті — військові кампанії. Такий поділ став основою майбутніх багаторівневих транспортних систем, у яких поєднуються місцеві, регіональні та міжнародні перевезення.

Поряд із сухопутним транспортом надзвичайно важливу роль відігравав водний транспорт. Річки, озера та морські узбережжя були природними “магістралями”, які забезпечували порівняно дешеве переміщення великогабаритних вантажів. Уже в давнину люди будували човни з дерева, очерету, шкіри, а згодом — вітрильні судна. Судноплавство на Нілі, Тигрі, Євфраті, Інді, Гангу, Хуанхе та Янцзи стало ключовим чинником економічної інтеграції великих територій.

Водний транспорт сприяв не лише торгівлі, а й культурному обміну. Разом із товарами переміщувалися технології, релігійні ідеї, мови, мистецькі форми. Морські маршрути Середземномор’я об’єднали простір від Фінікії до Греції й Риму; шляхи Індійського океану поєднали Східну Африку, Аравію, Індію та Південно-Східну Азію. Отже, транспорт уже в давні часи став механізмом глобалізації, хоча масштаби цієї глобалізації були обмежені технічними можливостями епохи.

Особливістю водного транспорту була його залежність від природних умов — сезонності, вітрів, течій, рівня води. Це формувало особливий тип транспортного планування, коли економічна активність прив'язувалася до ритмів природи. Утім, саме водні перевезення довго залишалися найдешевшим видом транспорту для масових вантажів, і ця закономірність зберігається навіть у сучасній логістиці.

В античну добу транспортні системи стали невід'ємною частиною державотворення. Особливо показовим є приклад Римської імперії, яка створила масштабну мережу кам'яних доріг загальною довжиною в десятки тисяч кілометрів. Римські дороги будувалися за уніфікованими інженерними принципами, мали багат шарову основу, дренаж і чітку геометрію. Вони забезпечували швидке переміщення військ, кур'єрської пошти та товарів, а також інтегрували різні провінції в єдиний політичний і економічний простір.

У Греції, Карфагені та елліністичних державах важливу роль відігравало поєднання морського і сухопутного транспорту. Порти ставали вузловими пунктами, де концентрувалися торгівля, фінанси, ремесла й адміністрація. Така модель — “порт + внутрішні дороги” — є прообразом сучасних мультимодальних логістичних центрів.

Античний досвід демонструє, що транспорт визначає не лише економічну ефективність, а й стійкість державних інститутів. Там, де існувала розвинена транспортна мережа, легше

підтримувалася єдність території, швидше поширювалися правові норми й культурні практики. Занепад транспортної інфраструктури, навпаки, часто супроводжувався політичною дезінтеграцією.

Після падіння Західної Римської імперії значна частина європейської дорожньої мережі занепала. Війни, феодальна роздробленість і обмежені можливості централізованого управління спричинили регіоналізацію транспортних зв'язків. Перевезення стали повільнішими, дорожчими й ризикованішими. Проте це не означало повної стагнації: у різних регіонах розвивалися локальні транспортні практики, пов'язані з ярмарковою торгівлею, річковими шляхами та караванними маршрутами.

Водночас у мусульманському світі, Візантії, Китаї та державах Центральної Азії транспортні мережі розвивалися більш динамічно. Караванні шляхи Великого шовкового шляху забезпечували обмін між Сходом і Заходом, а морські маршрути Індійського океану підтримували інтенсивну торгівлю спеціями, текстилем, металами й керамікою. У Китаї важливим досягненням стало будівництво та експлуатація Великого каналу, що поєднав різні економічні райони імперії.

До пізнього Середньовіччя в Європі починається відновлення міжрегіональної торгівлі. Розвиток міст, поява торгових союзів (зокрема Ганзи), удосконалення кораблебудування

та навігації активізували транспортні потоки. Транспорт знову став фактором зростання міст і

XV–XVII століття стали переломним періодом у розвитку транспорту. Удосконалення морських суден, компаса, картографії та астрономічної навігації дало змогу європейським мореплавцям здійснювати далекі океанські подорожі. Відкриття нових морських шляхів до Америки, Африки та Азії змінило просторову структуру світової торгівлі. Атлантичний океан перетворився на головну транспортну вісь глобальної економіки.

У цей період формується світова транспортна система, у межах якої континенти починають взаємодіяти на регулярній основі. Разом із розвитком міжнародної торгівлі зростає потреба у портовій інфраструктурі, складах, страховій справі, фінансових механізмах, що супроводжують перевезення. Транспорт стає частиною складної економічної екосистеми, а не лише технічним засобом переміщення.

Водночас важливо враховувати суперечливий характер цього процесу: розвиток транспортних маршрутів сприяв не тільки поширенню знань і товарів, а й колоніальній експансії, работоргівлі, нерівному обміну між регіонами світу. Таким чином, історія транспорту нерозривно пов'язана з соціальною та політичною історією людства.

Радикальний злам у транспортній історії відбувся в XVIII–XIX століттях під час промислової революції. Винахід парової машини і її застосування в транспорті започаткували механізацію

перевезень. Пароплави суттєво скоротили час морських і річкових подорожей, зменшили залежність від вітру та сезонності. Ще більший вплив мала залізниця, яка стала символом індустріальної епохи.

Залізничний транспорт забезпечив безпрецедентну швидкість і регулярність перевезень на суходолі. Він відкрив можливість масового переміщення сировини, вугілля, металу, промислових товарів і робочої сили. Завдяки залізниці змінився ритм економічного життя: виробництво, постачання і збут почали працювати в нових часових рамках. Формується стандартизація часу (часові пояси), адже координація поїздів вимагала синхронізації розкладів.

Промислова революція також стимулювала розвиток міського транспорту. Кінний трамвай, а згодом електричний трамвай, метрополітен і приміські залізниці зробили можливим розширення міст і формування агломерацій. З'являється нова соціальна географія: місце проживання й місце праці можуть бути територіально розділеними, але зв'язаними регулярним транспортом.

На межі XIX–XX століть виникає автомобільний транспорт, який упродовж кількох десятиліть перетворюється на домінуючий вид мобільності в багатьох країнах. Масове виробництво автомобілів, розвиток дорожньої мережі, поширення двигунів внутрішнього згорання та нафтова індустрія створили нову

транспортну парадигму — індивідуалізовану, гнучку та просторово експансивну.

Автомобіль кардинально змінив повсякденність: скоротив “психологічні відстані” між населеними пунктами, зробив мобільність елементом особистої свободи, сприяв розвитку приміських територій. Вантажний автотранспорт забезпечив гнучкі двері-до-дверей перевезення і став незамінним у розподільчій логістиці. Автобусні мережі розширили доступ населення до освіти, медицини та ринку праці.

Водночас автомобілізація породила нові проблеми: дорожньо-транспортний травматизм, затори, шумове навантаження, забруднення повітря, залежність економіки від викопного палива. У другій половині ХХ століття ці проблеми стали предметом державної політики у сферах безпеки руху, екологічного регулювання та міського планування.

Авіаційний транспорт став ще одним ключовим чинником трансформації світу у ХХ столітті. Від перших експериментальних польотів авіація пройшла шлях до масових пасажирських і вантажних перевезень. Після Другої світової війни розвиток реактивної техніки суттєво скоротив час міжконтинентальних подорожей, а цивільна авіація інтегрувала національні ринки у глобальну систему обміну.

Авіатранспорт має унікальну перевагу — максимальну швидкість на великих відстанях. Він став критично важливим для перевезень високовартісних і термінових вантажів, ділових

поїздок, міжнародного туризму, гуманітарних операцій. Аеропорти перетворилися на складні інфраструктурні хаби, пов'язані з логістикою, сервісною економікою та інноваційними кластерами.

Разом із тим авіація має значний вуглецевий слід, що посилює дискусію про декарбонізацію транспорту. Сучасні дослідження зосереджуються на підвищенні паливної ефективності, використанні стійкого авіаційного палива, оптимізації маршрутів і розвитку альтернативних технологій руху.

Однією з найбільш недооцінених, але визначальних подій у транспортній історії другої половини ХХ століття стала контейнеризація. Стандартизований контейнер радикально знизив витрати на перевантаження товарів між морським, залізничним і автомобільним транспортом. Це прискорило обіг вантажів, зменшило втрати і створило основу для глобальних ланцюгів постачання.

Контейнерна революція змінила просторову організацію світової економіки: виробництво стало географічно розосередженим, а логістика — глобально інтегрованою. Порти нового типу, інтермодальні термінали, сухі порти, розподільчі центри і цифрові системи управління потоками сформували нову інфраструктурну архітектуру. Транспорт із “супровідної” функції перетворився на стратегічну основу міжнародної торгівлі.

Цей етап показує, що розвиток транспорту визначається не тільки технічними винаходами, а й стандартизацією, інституційними домовленостями та координацією між державами

і бізнесом. Саме стандарти часто забезпечують масштабний ефект інновацій.

У другій половині ХХ — на початку ХХІ століття прискорена урбанізація висунула нові вимоги до транспортних систем. Мегаполіси стикаються з високою щільністю поїздок, перевантаженням вуличної мережі, конфліктом між різними видами мобільності та потребою забезпечити доступність для всіх груп населення. Транспорт перестає бути суто технічним питанням і стає центральною темою міської політики.

Сучасні міста розвивають концепцію сталого транспорту, яка передбачає пріоритет громадського транспорту, пішохідної та велосипедної мобільності, інтегрованого планування землекористування і перевезень. Метрополітени, системи швидкісного автобусного сполучення, міська електричка, трамвай, мікромобільність і цифрові сервіси спільного користування формують мультимодальне транспортне середовище.

Ключовим принципом стає не просто збільшення швидкості руху, а підвищення доступності міських функцій — роботи, освіти, медицини, культурних послуг. Це означає перехід від “транспортно-орієнтованого” до “людино-орієнтованого” підходу в плануванні мобільності.

На рубежі ХХ–ХХІ століть транспорт вступив у фазу цифрової трансформації. Супутникова навігація, геоінформаційні системи, великі дані, хмарні платформи та алгоритми машинного навчання дали змогу в реальному часі відстежувати рух,

прогнозувати попит, оптимізувати маршрути й управляти інфраструктурою. Рішення, які раніше ухвалювалися інтуїтивно, дедалі частіше спираються на дані.

Цифровізація змінила й поведінку користувачів. Мобільні застосунки об'єднали планування подорожей, оплату проїзду, виклик таксі, оренду велосипеда чи самоката в єдиному інтерфейсі. Формується модель *Mobility as a Service (MaaS)*, де транспорт сприймається як інтегрована послуга, а не набір ізольованих видів перевезень.

У вантажній логістиці цифрові платформи підвищують прозорість ланцюгів постачання, скорочують простой, покращують завантаження транспорту і зменшують витрати. Водночас зростає значення кібербезпеки, захисту персональних даних і надійності цифрових систем керування критичною інфраструктурою.

Сьогодні транспортна галузь переживає новий етап трансформації, пов'язаний із кліматичними цілями, енергетичним переходом і технологічними інноваціями. Електрифікація автомобільного транспорту, розвиток акумуляторних технологій, інтелектуальні системи керування енергоспоживанням, водневі рішення для важких перевезень — усе це формує підґрунтя для декарбонізації сектору.

Паралельно розвиваються технології автоматизації: системи допомоги водієві, підключені транспортні засоби, автономне керування в контрольованих умовах. Потенційно вони здатні підвищити безпеку руху, зменшити аварійність і покращити

ефективність використання інфраструктури. Проте масове впровадження таких рішень вимагає правового регулювання, етичних стандартів і модернізації дорожнього середовища.

У центрі сучасної транспортної політики перебуває поняття “справедливого переходу”. Йдеться про те, щоб екологічна модернізація не поглиблювала соціальну нерівність, а навпаки — розширювала доступ до безпечної, доступної та якісної мобільності для всіх верств населення.

Історичний аналіз показує, що еволюція транспорту є водночас технологічним, економічним і соціокультурним процесом. Від волокуш і тваринної тяги до високошвидкісних поїздів, глобальної авіації та інтелектуальних транспортних систем людство постійно розширювало межі доступного простору. Кожен новий етап транспортного розвитку супроводжувався змінами у виробництві, торгівлі, розселенні, структурі зайнятості, способі життя і навіть у світогляді.

Транспорт виступає “кровоносною системою” цивілізації: без нього неможливі ані територіальна цілісність держав, ані міжнародна кооперація, ані стійке функціонування міст. Разом із тим історія засвідчує, що транспортні інновації мають не лише позитивні ефекти. Вони можуть породжувати екологічні ризики, соціальну нерівність і нові форми залежності від ресурсів та інфраструктури. Саме тому сучасне осмислення ролі транспорту має спиратися на баланс між ефективністю, безпекою, інклюзивністю та екологічною відповідальністю.

Отже, шлях розвитку транспорту від найпростіших форм переміщення до складних глобальних мереж відображає загальну траєкторію розвитку людства — від локальної ізольованості до планетарної взаємозалежності. Сьогодні перед суспільством стоїть завдання сформувати таку транспортну систему, яка одночасно підтримуватиме економічний розвиток, соціальну згуртованість і довгострокову екологічну стійкість. Саме в цьому контексті історичний досвід транспорту набуває не лише академічного, а й практичного значення для стратегічного планування майбутнього.

Історія транспорту нерідко розвивалася під впливом кризових подій — воєн, епідемій, енергетичних шоків, природних катастроф. У воєнні періоди транспортна інфраструктура набуває стратегічного значення, оскільки забезпечує мобільність військ, евакуацію цивільного населення, постачання продовольства, палива, медикаментів і техніки. Багато технологій, що згодом стали цивільними стандартами, спочатку розроблялися саме для потреб оборони та безпеки.

Водночас війни руйнують транспортні мережі, порушують логістичні ланцюги та підвищують вартість перевезень. Після завершення конфліктів відновлення транспортної інфраструктури часто стає одним із перших етапів економічного відродження. Відбудова мостів, доріг, вокзалів, портів і аеропортів не лише відновлює мобільність, а й повертає базові умови для функціонування бізнесу, ринку праці та соціальних послуг.

Подібним чином пандемічні обмеження початку ХХІ століття продемонстрували, наскільки взаємозалежними є транспорт і суспільство.

Скорочення міжнародних і внутрішніх перевезень призвело до порушення глобальних ланцюгів постачання, зміни споживчої поведінки та перегляду пріоритетів мобільності. Паралельно прискорився розвиток електронної комерції, безконтактних сервісів і гнучких логістичних моделей “останньої милі”. Отже, кризи виступають каталізаторами змін, змушуючи транспортні системи ставати більш адаптивними та стійкими.

Транспортна історія — це не тільки історія машин, інфраструктури та технологій; це також історія соціальних відносин, можливостей і нерівностей. Доступність транспорту безпосередньо визначає доступ людини до базових прав і послуг: освіти, медицини, роботи, культурного життя. У цьому сенсі транспорт є елементом соціальної справедливості.

У різні історичні періоди транспорт одночасно відкривав нові можливості і створював бар’єри. Наприклад, будівництво залізниць у ХІХ столітті інтегрувало віддалені регіони в національну економіку, але водночас посилювало залежність периферії від великих індустріальних центрів. Автомобілізація ХХ століття розширила особисту мобільність, однак у містах, орієнтованих переважно на приватний транспорт, населення без автомобіля часто опинялося в менш вигідному становищі.

Сучасна транспортна політика дедалі більше зосереджується на інклюзивності. Це означає створення без бар'єрного середовища для людей з інвалідністю, забезпечення доступних тарифів для вразливих груп, розвиток громадського транспорту в малих містах і сільських територіях, підвищення безпеки для пішоходів і велосипедистів. Такий підхід змінює саму філософію транспортного планування: показником успіху стає не лише швидкість руху, а якість життя людини.

Окремого значення набуває гендерний аспект мобільності. Дослідження показують, що транспортні потреби різних соціальних груп відрізняються за часом, метою та структурою поїздок. Урахування цих відмінностей дає змогу проєктувати більш справедливі та ефективні системи перевезень. Таким чином, соціальний вимір транспорту стає ключовим критерієм його сталого розвитку.

На всіх етапах історії транспорт був базовим фактором економічного зростання. Зниження транспортних витрат розширює ринки збуту, стимулює спеціалізацію виробництва, підвищує конкурентоспроможність підприємств і прискорює оборот капіталу. Від розвитку транспортної мережі залежить не лише масштаб торгівлі, а й структура економіки в цілому.

У доіндустріальні часи транспортні обмеження стримували продуктивність, оскільки переміщення вантажів займало багато часу і ресурсів. Індустріалізація завдяки залізницям та пароплавам зменшила “тертя відстані” і зробила можливим масове

виробництво з широкою географією постачання. У ХХ столітті автомобільний транспорт і авіація поглибили територіальний поділ праці, а в другій половині століття контейнеризація заклала основу для глобалізації виробничих ланцюгів.

У ХХІ столітті економічна роль транспорту тісно пов'язана з цифровізацією та даними. Ефективне управління транспортними потоками дає змогу знижувати логістичні витрати, мінімізувати простой, оптимізувати складування та планування попиту. У результаті транспорт перетворюється на джерело доданої вартості, а не лише на “витратний” елемент бізнес-процесів.

Водночас необхідно враховувати зовнішні ефекти транспорту: забруднення, шум, затори, аварійність, зношення інфраструктури. Якщо ці витрати не інтегрувати в політику ціноутворення та регулювання, економічна ефективність транспортної системи буде уявною. Тому сучасна економіка транспорту поєднує класичні показники продуктивності з оцінкою екологічних і соціальних наслідків.

Історія розвитку транспорту на українських землях є важливою складовою ширшої європейської та світової транспортної історії. Географічне положення України на перетині континентальних шляхів між Європою, Чорноморським регіоном, Кавказом і Азією історично визначало її транзитну роль. Від торгових маршрутів Київської Русі та річкових шляхів Дніпровського басейну до сучасних міжнародних коридорів

транспорт залишався ключовим фактором економічної та геополітичної ваги території.

У XIX столітті розвиток залізниць на українських землях став каталізатором промислового зростання, формування вугільно-металургійних центрів і інтеграції регіональних ринків. Порти Чорного моря відігравали важливу роль у зерновому експорті, що включало регіон у глобальні торговельні потоки. У XX столітті відбувалася масштабна модернізація автомобільної, залізничної та міської транспортної інфраструктури.

У новітній період для України особливе значення мають питання відновлення та модернізації транспортних систем, підвищення їхньої стійкості, інтеграції з європейським транспортним простором і впровадження принципів сталої мобільності. Розвиток мультимодальних перевезень, логістичних хабів, цифрових систем управління й безпечної міської мобільності є важливими напрямками, що поєднують історичний досвід з потребами майбутнього.

Український контекст переконливо демонструє загальноісторичну закономірність: транспорт не є “другорядною” сферою. Він формує здатність суспільства до економічної адаптації, територіальної єдності та міжнародної взаємодії. Тому інвестиції в транспортну інфраструктуру, управління і технології мають розглядатися як інвестиції у довгостроковий розвиток держави.

Оцінюючи історичну траєкторію розвитку транспорту, можна окреслити кілька ключових напрямів його еволюції в найближчі десятиліття. По-перше, посилюватиметься електрифікація перевезень: від легкового сегмента до громадського транспорту і частини вантажного парку. Подруге, зростатиме роль інтегрованих транспортно-енергетичних систем, у яких електромобілі, мережі зарядної інфраструктури та енергосистема працюватимуть у взаємозв'язаному режимі.

По-третє, продовжиться розвиток високошвидкісного залізничного сполучення як низьковуглецевої альтернативи коротким і середнім авіаперевезенням. По-четверте, міська мобільність дедалі більше ґрунтуватиметься на комбінованих моделях: громадський транспорт високої пропускної спроможності + мікромобільність + пішохідна доступність + цифрові сервіси інтеграції. По-п'яте, у вантажній логістиці поширюватимуться автоматизовані склади, роботизовані операції та передиктивне планування на основі штучного інтелекту.

Водночас майбутнє транспорту залежатиме не тільки від техніки, а й від інституційної спроможності суспільств. Нормативне регулювання, міжнародна координація, стандарти безпеки, фінансування інфраструктури та підготовка кадрів залишатимуться вирішальними умовами успішних трансформацій. Історія переконує: проривні технології дають максимальний ефект лише тоді, коли їх підтримують ефективні управлінські та соціальні механізми.

Таким чином, транспорт майбутнього постає як комплексна система, де технологічна інновація, екологічна відповідальність і соціальна справедливість мають розвиватися одночасно. Саме синхронізація цих трьох вимірів визначить, чи зможе транспорт і надалі бути драйвером розвитку людства, не посилюючи глобальні ризики.

## **РОЗДІЛ 2.**

# **ВПЛИВ ТРАНСПОРТУ НА РОЗВИТОК ЛЮДСТВА, ВИРОБНИЦТВА, ГРОМАД І ТЕРИТОРІЙ.**

### **2.1 Вплив транспорту на життя людей**

Транспорт впливає на життя людини щодня: коли людина їде на роботу, везе дитину до школи, потрапляє до лікарні або вирішує побутові справи. Тому вивчати транспорт потрібно не тільки як техніку чи дороги, а передусім як частину щоденного життя. Якщо перевезення працюють надійно, суспільство живе в передбачуваному ритмі. Якщо вони працюють погано, люди витрачають час у заторах, спізнюються, втрачають дохід, частіше відмовляються від важливих справ [1], [2].

На перший погляд здається, що транспорт — це лише питання відстані. Насправді це питання можливостей. У двох людей може бути однакова освіта і досвід, але вищі шанси матиме та, яка може швидко і безпечно дістатися до місця праці. Тому якість транспортної мережі прямо впливає на рівність життєвих шансів у суспільстві [3], [4].

Ще один важливий бік — безпека. Коли в транспортній системі не вистачає впорядкованих переходів, освітлення,

зрозумілої розмітки і контролю швидкості, наслідком стають дорожні пригоди, травми та людські втрати. Через це сучасний підхід до транспорту ставить безпеку людини вище за швидкість потоку. Спершу людина, потім транспортний засіб, і лише потім пропускна здатність [5-6].

Крім того, транспорт впливає на здоров'я населення. Довгі щоденні поїздки виснажують, підвищують напруження і забирають час на відпочинок. Забруднення повітря біля перевантажених доріг погіршує стан здоров'я у густонаселених районах. Отже, якість перевезень треба оцінювати не тільки за хвилинами в дорозі, а й за тим, як вони впливають на самопочуття людей [7-9].

Далі виникає питання, як забезпечити доступність перевезень для різних груп населення. Потреби молоді, літніх людей, сімей із дітьми, людей з обмеженнями руху та мешканців віддалених сіл відрізняються. Якщо транспорт планують без урахування цих відмінностей, частина людей фактично втрачає можливість повноцінно брати участь у житті громади. Саме тому в новій практиці планування важливе місце посідає не середня швидкість, а зручність і досяжність основних послуг для всіх [10-12].

Важливо й те, що транспорт має працювати не лише в звичайні дні, а й під час труднощів: спеки, сильних снігопадів, енергетичних збоїв, перебоїв у постачанні. Там, де є запасні схеми руху, різні види перевезень і чітке керування, громада легше

проходить складні періоди. Там, де система побудована на одному рішенні без резерву, кризи відчуваються болючіше [13-15].

Отже, коли йдеться про вплив транспорту на людину, важливо тримати в центрі просту думку: хороший транспорт — це не той, де просто швидко їдуть машини, а той, де люди щодня безпечно і передбачувано дістаються до праці, навчання, лікування та послуг. Саме так транспорт стає основою розвитку людства, а не лише технічною мережею [16-18].

## **2.2 Вплив транспорту на виробництво та працю**

Після розгляду людського виміру логічно перейти до господарського. Будь-яке виробництво залежить від перевезень: треба доставити сировину, привезти працівників, вивезти готову продукцію, забезпечити сервіс і ремонт обладнання. Якщо хоча б одна ланка в цій послідовності зривається, підприємство втрачає ритм, а разом із ним — гроші та ринки збуту [19-20].

Найчутливіше це видно в галузях, де постачання відбувається щодня невеликими партіями. У таких умовах важлива не лише швидкість, а передбачуваність. Підприємству краще стабільно отримувати вантаж за 5 годин, ніж інколи за 2, а інколи за 10. Саме передбачуваність дозволяє планувати зміни, завантаження обладнання і договори з клієнтами [21-22].

Транспорт впливає і на вибір місця для нового виробництва. Підприємці зазвичай обирають території, де зручно під'їхати вантажним транспортом, є зв'язок із головними трасами, вузлами перевантаження та ринками збуту. Тому дороги, розв'язки і логістичні майданчики часто визначають, де з'являться нові робочі місця [23-24].

Окремо слід сказати про малий і середній бізнес. Для великих компаній транспортні втрати неприємні, але вони мають фінансовий запас. Для малого бізнесу затримки можуть бути критичними: зірвана доставка, втрата клієнта, повернення товару, штраф за договір. Тому для місцевого підприємництва якість доріг і перевезень — це питання виживання, а не комфорту [25-26].

Сьогодні на виробництво сильно впливають і вимоги до чистоти довкілля. Підприємства дедалі частіше рахують не лише ціну доставки, а й викиди під час перевезення. Через це зростає інтерес до електротранспорту, точнішого планування маршрутів, об'єднання вантажів і скорочення порожніх пробігів. Вигода подвійна: менші витрати в довгому періоді і кращі умови для роботи на вимогливих ринках [27-29].

Також змінюється роль працівника в транспортній системі. Сучасний працівник цінує не лише заробітну плату, а й зручний доїзд. Якщо працівник щодня витрачає надто багато часу на дорогу, це знижує продуктивність і підсилює плинність кадрів. Тому для роботодавців якість транспортного сполучення стає частиною кадрової політики [30-32].

У підсумку транспорт і виробництво утворюють єдину систему. Коли в ній є лад, підприємства ростуть, люди мають роботу, громади отримують податки. Коли в ній безлад, навіть сучасне обладнання і хороші фахівці не дають повного результату. Саме тому транспортна політика має бути частиною промислової та трудової політики держави [33-35].

### **2.3 Вплив транспорту на громади і території**

Після впливу на людину і виробництво наступний крок — простір, у якому все це відбувається. Громада і територія розвиваються тоді, коли вони з'єднані з іншими громадами, ринками праці, закладами освіти, медицини та торгівлі. Транспорт є тим механізмом, що перетворює окремі населені пункти на живу спільну систему [36-37].

Для великих міст головна проблема — перевантаження. Для малих громад — відокремленість. У місті часто бракує пропускну здатності, а в селі — самого регулярного сполучення. Але в обох випадках наслідок схожий: люди втрачають час і можливості, а місцева економіка працює слабше, ніж могла б [38-39].

Щоб уникнути цього, потрібен зв'язок між головними магістралями і місцевими маршрутами. Якщо будують лише великі дороги без зручного під'їзду з громад, користь отримують не всі.

Якщо ж є злагоджена мережа від місцевого до міжрегіонального рівня, територія розвивається рівномірніше: зростає доступ до ринку праці, оживає малий бізнес, підсилюється взаємодія між громадами [40-41].

Для громад особливо важливі перевезення до базових послуг. Школа, лікарня, адміністративний центр, ринок праці можуть бути в сусідньому місті. Якщо до них неможливо дістатися в розумний час, громада поступово втрачає молодь і працездатне населення. Це веде до старіння населення і зменшення місцевих доходів. Тому транспортна досяжність фактично визначає життєздатність громади [42-43].

Водночас розвиток територій не повинен означати безконтрольне зростання кількості поїздок. Важливо, щоб збільшення руху не погіршувало якість життя: не руйнувало місцеві вулиці, не створювало небезпечні ділянки біля шкіл, не посилювало шум і забруднення. Правильне рішення — не “більше руху будь-якою ціною”, а розумне поєднання різних видів перевезень, коли кожен вид виконує свою задачу [44].

Тому для громад і територій варто дотримуватися трьох простих правил. Перше — люди мають мати реальний доступ до щоденних послуг. Друге — бізнес має мати надійні перевезення для праці і збуту. Третє — розвиток транспорту має йти разом із безпекою та турботою про довкілля. За таких умов транспорт стає не джерелом проблем, а опорою довгого розвитку.

Перехід від загальних міркувань до практики показує: транспортний вплив завжди має часовий вимір. Короткостроково люди відчують зміну в часі поїздки та вартості дороги. У середньому періоді громади відчують зміни в зайнятості та роботі малого бізнесу. У довгому періоді змінюється карта розселення, місця ділової активності та загальна якість життя. Тому оцінка транспорту повинна враховувати і сьогоднішній ефект, і наслідки на роки вперед.

Ще одна важлива річ — довіра користувача до системи. Людина може погодитися на довшу поїздку, якщо вона передбачувана. Але людина важко приймає хаос: коли автобус то є, то немає; коли час у дорозі щодня різний без зрозумілої причини; коли немає чіткої інформації про затримку. Через це в сучасному плануванні велике значення мають прості, але дисципліновані речі: точний розклад, зрозумілі маршрути, чесне інформування.

У трудовій сфері транспорт впливає і на дисципліну, і на кадрову стабільність. Роботодавці часто недооцінюють, наскільки регулярний доїзд формує виробничу надійність. Якщо працівник витрачає багато сил на дорогу, він швидше виснажується, частіше шукає роботу ближче до дому або взагалі змінює сферу. Тому транспортні рішення для працівників треба розглядати як вклад у продуктивність, а не як додаткову витрату.

Важливо також відокремлювати гучні проекти від справді корисних рішень. Великі дороги й вузли помітні, але не завжди вони першими розв'язують щоденні проблеми людей. Іноді значно

більший ефект дає проста перебудова місцевого маршруту, безпечний перехід біля школи або нормальна пересадка між двома видами перевезень. Сильна транспортна політика будується з поєднання великих і малих кроків.

Для виробництва вирішальним є питання “вузького місця”. Навіть якщо загалом мережа працює непогано, один перевантажений міст або одна проблемна розв’язка можуть зривати доставку для десятків підприємств. Саме тому потрібен постійний нагляд за критичними ділянками і швидке усунення точкових проблем, що дають найбільші втрати у всій системі.

Коли говоримо про громади, важливо пам’ятати про різницю між центром і околицями. Часто транспортні рішення роблять для центральної частини міста, а периферійні райони та сусідні села лишаються в гірших умовах. У результаті люди формально живуть в одній громаді, але мають дуже різні можливості. Справедливий розвиток вимагає, щоб базові стандарти доступності діяли для всіх частин території.

Окрема тема — дитячі та шкільні поїздки. Для сімей наявність безпечного, регулярного і зрозумілого шкільного маршруту має не менше значення, ніж стан центральних магістралей. Якщо дитина щодня витрачає надмірний час на дорогу, це позначається на якості навчання, відпочинку і здоров’ї. Тому шкільні перевезення мають бути обов’язковою частиною плану громади.

У питанні медицини транспорт не можна відділяти від якості лікування. Навіть сильна лікарняна мережа не працює повноцінно, якщо люди не можуть швидко дістатися до лікаря, особливо у термінових станах. Надійний під'їзд до медичних закладів, зручні пересадки і зрозуміла навігація рятують не лише час, а часто і життя.

У просторовому розвитку транспорт визначає, де саме з'являтимуться нові точки зростання. Там, де є якісний зв'язок, швидше виникають нові склади, сервісні центри, освітні осередки, ринки праці. Там, де зв'язок слабкий, територія ризикує втрачати людей і ділову активність. Через це транспортну карту фактично можна читати як карту майбутнього розвитку.

Водночас треба уникати помилки “будувати за інерцією”. Те, що працювало десять років тому, не обов'язково працюватиме зараз. Змінилися форми праці, частка віддаленої роботи, роль доставки, структура попиту на поїздки. Отже, транспортна політика має спиратися на реальні дані, а не на старі уявлення про рух.

Потрібно також враховувати сезонність. У багатьох регіонах навантаження на мережу різко змінюється залежно від пори року, початку навчання, сільськогосподарських робіт, святкових періодів. Якщо система планується “за середнім днем”, вона часто погано проходить пікові періоди. Гнучке керування рухом і завчасна підготовка до піків суттєво зменшують втрати часу.

У вантажних перевезеннях важливе узгодження режимів руху з життям міста. Коли важкі вантажі безпорядно проходять через житлові вулиці у час найбільшої активності, це створює зайвий шум, ризики та затори. Натомість продумане вікно для вантажного руху, обхідні маршрути і логістичні майданчики на підходах до міста роблять систему більш збалансованою.

Для малих громад корисним рішенням часто стають гнучкі маршрути за запитом. Це дає змогу забезпечити сполучення там, де класичний постійний маршрут економічно слабкий. Головне — правильно організувати замовлення, повідомлення людей і контроль виконання, щоб сервіс був не формальним, а справді зручним.

Щоб транспорт працював як основа розвитку, потрібне чітке розмежування відповідальності. Держава відповідає за магістральну рамку і правила. Область або район — за зв'язок між громадами. Громада — за місцеву мережу і доступ до щоденних послуг. Коли ці рівні діють окремо один від одного, з'являються розриви, які люди відчують щодня.

Важливим є і мовлення з людьми. Чим ясніше влада пояснює, що саме змінюється в маршрутах, навіщо ці зміни і який очікуваний ефект, тим легше проходить оновлення системи. Коли ж рішення ухвалюють без пояснень, навіть корисні кроки зустрічають недовіру та опір.

Ще один аспект — підготовка кадрів. Сучасна транспортна система потребує не лише водіїв, а й диспетчерів, фахівців із

планування, аналітиків даних, інженерів безпеки руху. Без людей, які вміють керувати складною системою, навіть нова інфраструктура працює нижче своїх можливостей.

Для підприємств великий ефект дає просте правило: краще частіше переглядати маршрути на основі фактичних даних, ніж роками працювати за раз і назавжди прийнятою схемою. Ринок змінюється, попит зміщується, а отже й схема перевезень має змінюватися разом із ним.

У підсумку транспорт варто сприймати як спільну платформу для життя, праці та розвитку територій. Це не окремий сектор, який існує сам по собі, а система, через яку проходять майже всі щоденні процеси суспільства. Саме тому якість транспортних рішень визначає не тільки зручність поїздки, а загальний напрям розвитку країни.

Якщо говорити просто, хороший транспортний лад має три ознаки. Перша — люди реально дістаються туди, куди їм потрібно, без надмірних втрат часу. Друга — бізнес може стабільно працювати без постійних логістичних збоїв. Третя — громади не втрачають людей через ізоляцію, а розвиваються як частина єдиного простору. Коли ці три ознаки виконуються, транспорт працює на майбутнє.

Коли транспортну систему аналізують на великому часовому проміжку, стає видно, що вона впливає не тільки на швидкість руху, а й на спосіб організації всього суспільного простору. У містах вона формує зв'язок між районами, у

передмістях — щоденні трудові поїздки, у сільських районах — можливість зберігати зв'язок із головними послугами. Тому транспортна тема завжди виходить за межі суто дорожнього господарства.

На рівні сім'ї транспорт визначає щоденний розпорядок. Час виїзду на роботу, час повернення додому, участь дітей у гуртках, доступ до медичних консультацій, відвідування літніх родичів — усе це прямо залежить від того, наскільки передбачувано працює перевезення. Коли система нестабільна, сім'я вимушено підлаштовує своє життя під недоліки мережі.

На рівні підприємства транспорт впливає на ділову репутацію. Своєчасна доставка зміцнює довіру клієнта, затримка — руйнує її. Через це транспортний чинник набуває значення не тільки у витратах, а й у конкурентному позиціонуванні бізнесу. У багатьох сегментах саме надійність перевезення відрізняє сильну компанію від слабкої.

На рівні громади транспорт визначає цілісність простору. Якщо один населений пункт має добрий зв'язок, а інший — слабкий, громада розвивається нерівномірно. Частина мешканців отримує ширші можливості, інша частина поступово опиняється в обмеженому колі варіантів. Саме тому маршрутна політика має бути націлена на збалансованість, а не тільки на найбільш прибуткові напрямки.

Практика показує, що для стійкого результату потрібна послідовність рішень. Разові ремонти або точкове відкриття

маршруту дають короткий ефект, якщо не підкріплені системним утриманням, контролем якості та регулярним оновленням даних. Транспорт працює добре там, де є не тільки гроші на будівництво, а й дисципліна подальшого керування.

Окрема увага має бути до пересадок. Часто саме пересадка є “слабкою ланкою”: далеко йти, незрозуміло, де чекати, нести речі незручно, графіки не стикаються. Через це людина відмовляється від громадського маршруту, навіть якщо більша частина поїздки працює добре. Тому в оцінці якості потрібно дивитися не на окремий відрізок, а на повну поїздку “від дверей до дверей”.

Для територій, де активно зростає житлова забудова, транспорт має плануватися наперед. Якщо будинки зводять швидше, ніж з’являється сполучення, виникає щоденний тиск на дороги і конфлікт між реальним попитом та можливостями мережі. У підсумку страждають і нові мешканці, і ті, хто вже живе в районі.

Важливе значення має і тема вантажного руху всередині міст. Без керування цей рух часто перетинається з годинами пікового пасажирського потоку, створює додаткові затори і небезпечні ситуації. Розумний поділ режимів у часі та просторі дозволяє одночасно підтримати роботу бізнесу і знизити навантаження на житлові вулиці.

У регіональному вимірі транспорт дає можливість об’єднати ринки праці сусідніх міст і громад. Коли поїздка між ними коротка та передбачувана, роботодавець отримує більший вибір кадрів, а працівник — ширший вибір роботи. Це зменшує

місцеві перекоси: там, де раніше бракувало працівників або робочих місць, система стає більш врівноваженою.

У сільських зонах транспорт часто визначає, чи збережеться громада в довгому періоді. Якщо немає зручного зв'язку з опорною школою, лікарнею, адміністративним центром і ринком праці, молодь виїжджає, а частка літніх людей зростає. Це послаблює місцеву економіку і робить територію вразливою до подальшого занепаду.

Також важливо враховувати роль інформації. Сучасний користувач очікує, що маршрут, час прибуття, затримки і зміни будуть відомі заздалегідь. Там, де система інформує чесно і вчасно, навіть складні ситуації сприймаються спокійніше. Там, де інформації немає, зростає недовіра і загальне невдоволення перевезеннями.

Для місцевої влади корисно регулярно перевіряти кілька простих показників: скільки часу займає дорога до лікарні, скільки — до школи, скільки — до найближчого місця роботи, і як ці значення змінюються протягом року. Саме такі прості мірки найкраще показують, чи реально покращується життя людей.

Із точки зору безпеки важливо, щоб транспортні рішення не розглядалися окремо від вуличного середовища. Зручний автобусний маршрут не дає повного ефекту, якщо підхід до зупинки небезпечний. Добра дорога не дає повного ефекту, якщо на ній немає безпечних місць переходу. Безпека працює тільки як єдина система.

У темі фінансування доцільно виходити з повної вартості володіння і користування системою. Дешеве рішення сьогодні може виявитися дорогим завтра, якщо воно швидко зношується, часто ламається або потребує постійного аварійного ремонту. Натомість продумане рішення з вищою стартовою ціною часто вигідніше в довгому циклі.

Управлінська якість у транспорті багато в чому визначається здатністю вчасно виправляти помилки. Жодна мережа не є ідеальною з першого дня. Але сильна система швидко виявляє проблемну ділянку, перевіряє дані, вносить зміни і пояснює їх людям. Саме така гнучкість забезпечує сталий поступ.

Якщо підсумувати весь розгляд, то вплив транспорту можна описати просто: він зшиває суспільство в один робочий простір. Без такого “зшивання” кожна громада, кожне підприємство і кожна сім'я вимушені окремо боротися з відстанню і втратою часу. З якісним транспортом ці втрати зменшуються, а ресурси переходять у розвиток.

Тому стратегічне завдання полягає не тільки в збільшенні кількості доріг чи маршрутів, а в підвищенні якості повної поїздки для людини і надійності повного логістичного циклу для бізнесу. Коли ці дві цілі досягаються одночасно, транспорт стає одним із головних рушіїв довгого економічного і суспільного розвитку.

Звідси випливає практичний висновок для планування: транспортні рішення слід оцінювати через результат для людини, підприємства і громади одночасно. Якщо хоча б один із цих рівнів

системно ігнорується, загальна ефективність різко падає. Якщо всі три рівні враховані, навіть обмежені ресурси можуть дати сильний, відчутний і довготривалий результат.

Уявімо громаду, де більшість мешканців працює в сусідньому місті. Якщо перший ранковий рейс запізнюється або не вміщує всіх охочих, люди системно спізнюються на роботу. Спочатку це виглядає як дрібна незручність, але з часом перетворюється на втрату доходів для сімей і кадрові проблеми для роботодавців. Після впорядкування графіка і збільшення частоти перевезень ситуація змінюється без жодних “гучних” будівництв: знижується кількість запізнь, зростає стабільність зайнятості, зменшується напруження в повсякденному житті.

Інший приклад — промислова зона на околиці міста. Дорога до неї вузька, а рух вантажного і легкового транспорту відбувається в один час. Наслідок — затримки і для підприємств, і для мешканців прилеглих районів. Коли місто запроваджує окреме часове вікно для важкого транспорту та перебудовує схему під’їзду, виграють усі: підприємства отримують стабільний графік, а житлові квартали — менше шуму і кращу безпеку.

Третій приклад стосується доступу до медицини. Для віддалених сіл важливо не лише мати лікарню в районному центрі, а й мати надійний спосіб туди дістатися. Коли рейси рідкі або незручні, люди відкладають обстеження і лікування. Після запуску узгодженого маршруту під графік прийому лікарів зростає реальна

доступність медичної допомоги, а отже поліпшується і якість життя населення.

Ще один поширений випадок — перевезення школярів. Якщо маршрут складено без урахування фактичного розселення дітей, частина учнів витрачає непропорційно багато часу в дорозі. Перегляд схеми з урахуванням реальних адрес, безпечних місць посадки і погодних умов дає великий результат: діти менше втомлюються, знижується пропуск занять, батьки мають більше довіри до системи.

Для малого бізнесу показовим є приклад місцевого ринку, який втрачає покупця через поганий під'їзд і брак паркувальних місць короткої зупинки. Після дрібних, але продуманих змін — впорядкування під'їздів, знаків, короткочасного паркування і розвантажувальних зон — товарообіг зростає без великих капіталовкладень. Це доводить, що якість транспортної організації часто важливіша за масштаб дорожніх робіт.

У міжгромадській взаємодії критично важлива стиківка маршрутів. Коли автобус із села прибуває через 5 хвилин після відправлення міжміського рейсу, мешканці втрачають годину і більше. Після простого узгодження часу стикування реальна доступність обласного центру різко зростає. Такі рішення майже не потребують великих коштів, але мають високий суспільний ефект.

Із наведених прикладів видно спільну закономірність: транспортні проблеми зазвичай мають конкретну точку

виникнення і можуть вирішуватися конкретним управлінським рішенням. Тому найкращий підхід — постійний збір даних, швидка перевірка гіпотез і поетапне поліпшення системи замість очікування “ідеального” великого проєкту.

У довгому підсумку саме такі послідовні дії формують сильну транспортну систему: безпечну для людини, зручну для щоденного життя, корисну для виробництва і збалансовану для розвитку територій.

Щоб транспортна система давала стабільний результат, потрібен постійний цикл керування якістю. Спершу визначають головні цілі: безпечний доступ людей до послуг, надійний підвіз працівників, передбачувана логістика для бізнесу. Далі збирають прості вимірювані показники: час поїздки, регулярність рейсів, частоту зривів, завантаження вузлів, кількість небезпечних ділянок. Потім на основі цих даних приймають точкові рішення і перевіряють, чи дали вони очікуваний ефект.

У цьому циклі важлива відкритість: люди повинні розуміти, що саме змінюється і навіщо. Коли зміни пояснені та підкріплені фактами, довіра до системи зростає. Коли ж рішення непрозорі, навіть корисні кроки сприймаються як помилка. Тому діалог із мешканцями, перевізниками і роботодавцями має бути сталою частиною транспортного керування.

Для виробництва корисно мати окремий перелік критичних маршрутів, від яких залежить робота підприємств. Такі маршрути потребують підвищеної уваги до стану покриття, зимового

утримання, організації руху і резервних схем об'їзду. Завдяки цьому підприємства менше втрачають через раптові збої, а місцева економіка працює рівніше.

Для громад потрібне регулярне оновлення маршрутної мережі. Населення змінюється, забудова розширюється, частина робочих місць переноситься в інші зони, відкриваються нові освітні чи медичні пункти. Якщо маршрути не переглядати, вони поступово перестають відповідати реальним потребам. Перегляд не обов'язково означає великі витрати: часто достатньо скоригувати часові вікна, місця зупинок і пересадки.

Важливо також тримати баланс між короткими і довгими рішеннями. Короткі рішення знімають гострі проблеми тут і зараз: аварійні ділянки, зриви графіка, небезпечні переходи. Довгі рішення формують майбутню стійкість: нові зв'язки між громадами, модернізація вузлів, розвиток логістичних майданчиків, узгодження транспорту з просторовим плануванням. Лише поєднання цих двох горизонтів дає справді сильний результат.

Таким чином, якість транспорту — це не разова акція, а безперервна робота. Там, де цю роботу ведуть послідовно, транспорт стає опорою розвитку людей, праці, громад і територій.

Проведений розгляд показує, що транспорт не можна зводити до однієї функції. Для людини це спосіб жити в активному ритмі без зайвих втрат часу. Для виробництва це умова безперервної роботи і стабільної якості постачання. Для громади

це засіб тримати зв'язок між населеними пунктами і не втрачати людський потенціал. Для території це основа рівномірного розвитку та економічної цілісності.

Саме з цієї причини подальший аналіз автомобільного транспорту в наступних розділах доцільно вести не ізольовано, а в прямому зв'язку з уже встановленими наслідками для людей, праці, громад і простору. Такий підхід дає змогу перейти від загальної картини до прикладних рішень, що можуть бути використані у практиці управління транспортом.

Під час практичного впровадження транспортних рішень важливо не втрачати зв'язок між планом і реальним щоденним рухом. Часто на папері схема виглядає переконливо, але після запуску виявляються деталі, які не були враховані: нерівномірне завантаження зупинок, вузькі місця на поворотах, нестиківка часу прибуття з початком зміни на підприємстві, перевантаження окремих ділянок у конкретні дні тижня. Саме тому робочий план має передбачати етап після запускового налаштування.

Дуже важливо, щоб транспортні рішення були зрозумілими для користувача. Людина не повинна “вгадувати”, де зупинка, коли приїде транспорт, чи буде пересадка, яким буде час у дорозі. Чим менше невизначеності в повсякденній поїздки, тим вищий рівень довіри до системи і тим менше хаотичних рішень на вулицях. Зрозуміла система завжди працює краще, навіть коли її технічні можливості обмежені.

У виробничому середовищі додатковий резерв дає узгодження транспортного плану з планом постачання. Коли ці два документи існують окремо, зростає кількість дрібних збоїв: машина приїхала раніше або пізніше, склад не готовий прийняти вантаж, працівники змушені чекати, обладнання простоє. Коли ж планування відбувається спільно, система стає стійкішою і дешевшою в роботі.

На рівні громад важливо розуміти, що транспорт — це постійна послуга, а не одноразовий проєкт. Після відкриття маршруту робота лише починається: треба відстежувати наповнюваність, скарги людей, сезонні зміни попиту, стан під'їзних шляхів і безпеку посадки. Лише за такого підходу громада отримує не формальний маршрут, а справді корисний інструмент для щоденного життя.

Таким чином, головний зміст цього розділу можна передати просто: транспортний розвиток дає найбільший результат там, де рішення приймають послідовно, перевіряють на практиці, виправляють вчасно і тримають у центрі людину, працю та потреби території.

## Висновки до розділу

1. Транспорт безпосередньо визначає якість щоденного життя людей: доступ до праці, освіти, медицини та безпеку пересування.

2. Для виробництва транспорт є умовою ритмічної роботи, зниження витрат і стійкого розвитку ринку праці.

3. Для громад і територій транспорт є основою зв'язаності, економічної активності та демографічної стійкості.

4. Найкращий результат дає не окремий проєкт, а узгоджена система: дороги, маршрути, безпека, правила і зрозуміле керування.

5. Розвиток транспорту має оцінюватися за тим, наскільки він покращує життя людей і роботу економіки, а не лише за кількістю кілометрів інфраструктури.

### **РОЗДІЛ 3.**

## **ОСОБЛИВОСТІ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ**

Автомобільний транспорт займає центральне місце в сучасній транспортній системі, оскільки поєднує високу просторову гнучкість, відносно низькі бар'єри доступу для користувачів і здатність забезпечувати перевезення “від дверей до дверей”. На відміну від рейкових чи авіаційних систем, автомобільна мобільність не прив'язана до жорсткої вузлової інфраструктури, що робить її універсальним інструментом як для повсякденних поїздок населення, так і для бізнес-логістики [1], [3], [10].

Водночас домінування автомобільного транспорту породжує комплекс суперечностей: із одного боку, він пришвидшує економічну активність і підвищує доступність територій, а з іншого — спричиняє затори, екологічний тиск, аварійність, зношення інфраструктури й соціальну нерівність доступу до мобільності. Тому аналіз особливостей автомобільного транспорту має враховувати не лише технічні характеристики транспортних засобів, а й ширший соціально-економічний контекст [4], [12], [17].

### 3.1 Системна роль автомобільного транспорту

Ключовою особливістю автомобільного транспорту є його маршрутна адаптивність. Користувач або перевізник може оперативнo змінювати траєкторію руху залежно від попиту, стану дорожньої мережі, погодних умов, часових обмежень чи логістичних пріоритетів. Саме ця властивість забезпечує високу стійкість автомобільних перевезень у середовищі, де попит є нерівномірним і швидко змінюється [6], [14].

Мережевий ефект автомобільного транспорту полягає в тому, що навіть локальні покращення дорожньої інфраструктури часто дають відчутний приріст доступності на великих територіях. Підвищення пропускної спроможності окремих вузлів, розумне керування перехрестями, синхронізація світлофорів і цифрові сервіси навігації зменшують “тертя відстані” та покращують зв’язаність ринку праці [7], [19].

Автомобільний транспорт одночасно виконує кілька взаємопов’язаних функцій: індивідуальну мобільність, громадські перевезення (автобуси, маршрутні сервіси), комерційні доставки, міжміські вантажні перевезення, спеціалізовані сервісні операції (медицина, комунальні послуги, аварійні служби). Така функціональна багат шаровість робить його “базовим шаром” транспортної системи [11], [21].

Для виробничих ланцюгів автомобільні перевезення є незамінними в сегменті “останньої милі”, де потрібна висока точність і адресність доставки. Навіть за наявності розвиненої залізничної чи морської логістики кінцева дистрибуція в більшості випадків спирається саме на автомобільний транспорт [22], [30].

### **3.2 Техніко-економічні особливості автомобільного транспорту**

Економіка автомобільного транспорту визначається поєднанням фіксованих і змінних витрат: придбання рухомого складу, амортизація, паливо/електроенергія, технічне обслуговування, страхування, оплата праці водіїв, плата за користування інфраструктурою. На коротких і середніх відстанях автомобіль часто залишається найоперативнішим рішенням за співвідношенням “час–вартість”, особливо для партій невеликого та середнього обсягу [20], [23].

Разом із тим ефективність суттєво залежить від рівня організації потоків. Порожній пробіг, нерівномірне завантаження, затримки на вузлах і слабка цифрова координація можуть нівелювати переваги автомобільних перевезень. Тому сучасні підходи роблять акцент на алгоритмах диспетчеризації, об’єднанні

вантажів, прогнозного плануванні та інтеграції даних у реальному часі [3], [24], [38].

Попри гнучкість рухомого складу, автомобільний транспорт критично залежить від стану дорожньої мережі. Якість покриття, геометрія перехресть, параметри мостів, наявність об'їздів, безпечні зони зупинки, зимове утримання доріг — усе це визначає фактичну швидкість, безпеку та надійність перевезень.

У регіонах зі зношеною інфраструктурою автомобільний транспорт не втрачає значення, але його соціально-економічна ціна зростає: вищі експлуатаційні витрати, коротший життєвий цикл техніки, зростання аварійності, втрати часу і підвищений вуглецевий слід. Саме тому інвестиції в дорожню мережу мають оцінюватися як інвестиції в продуктивність усієї економіки [17], [29], [32].

### **3.3 Соціальні особливості автомобільної мобільності**

Автомобіль часто сприймається як символ особистої свободи, адже забезпечує контроль над часом відправлення, маршрутом, комфортом і ритмом поїздки. Ця перевага є особливо цінною для сімей із дітьми, людей із нестандартним робочим графіком, жителів приміських територій і професій, що потребують високої мобільності.

Проте індивідуальна автомобільна модель створює і нерівність: групи населення без власного авто стають більш залежними від якості громадського транспорту. Якщо міська структура орієнтована переважно на приватні авто, зростає “транспортна бідність” частини населення, яка не може реалізувати базові життєві сценарії на рівних умовах [18], [33], [35].

Безпека — одна з найчутливіших характеристик автомобільного транспорту. На неї впливають технічний стан транспортних засобів, культура водіння, дорожня інженерія, контроль швидкості, якість освітлення, організація пішохідних переходів та інформування учасників руху. Особливу увагу приділяють вразливим групам: пішоходам, велосипедистам, користувачам мікромобільності [12], [15].

Сучасна стратегія безпеки руху переходить від “реакції на ДТП” до проактивної моделі: попереджувальний дизайн доріг, прогнозні моделі ризику, інтелектуальні системи допомоги водію, автоматизований контроль порушень, освітні програми для всіх груп користувачів [11], [14].

### 3.4 Екологічні особливості автомобільного транспорту

Автомобільний транспорт є одним із головних джерел локального забруднення повітря у містах, а також значним джерелом викидів парникових газів. До екологічного впливу додаються шумове навантаження, тепловий ефект від інтенсивного трафіку та деградація міського простору через надмірні площі під паркування [9], [13], [39].

Найбільш вразливими є території з високою щільністю населення й великою концентрацією перетинів потоків. Для таких зон пріоритетом стають низькоемісійні режими руху, перерозподіл трафіку, екологічне зонування, оптимізація світлофорних циклів і розвиток альтернатив приватному авто [28], [31].

Електромобілізація розглядається як головний шлях зниження вуглецевого та локального екологічного навантаження автомобільного транспорту. Її переваги — нижчі експлуатаційні викиди, вища енергоефективність силових установок, потенціал інтеграції з відновлюваною енергетикою. Однак ефект залежить від структури генерації електроенергії, наявності зарядної інфраструктури, циклу виробництва батарей та організації утилізації [8], [26], [36].

Для міст і регіонів важливо планувати електрифікацію як систему: громадський електротранспорт, корпоративні парки, приватна мобільність, зарядні хаби, мережеве балансування та

інструменти управління попитом. Інакше технологічний перехід може створити нові інфраструктурні “вузькі місця” [22], [41], [43].

### **3.5 Інноваційні тренди в автомобільному транспорті**

Автомобільний транспорт швидко цифровізується: телематика, хмарні сервіси, V2X-комунікації, системи допомоги водієві, передиктивне техобслуговування і часткова автоматизація руху стають практичним стандартом у багатьох сегментах. Для перевізників це означає нижчі операційні витрати і кращий контроль якості сервісу; для міст — можливість точнішого керування потоками [1], [14], [37].

Втім, упровадження автоматизації супроводжується викликами: нормативна відповідальність, кібербезпека, сумісність протоколів, етичні рамки алгоритмічних рішень. Тому технологічний прогрес потребує узгодженого інституційного середовища, а не лише технічної готовності ринку [42], [44].

Розвиток спільної автомобільної мобільності (каршеринг, райдшеринг, pooled rides) і модель Mobility as a Service поступово змінюють логіку користування транспортом. Акцент зміщується з “володіння авто” на “доступ до послуги”, що потенційно зменшує потребу в приватних авто за одночасного збереження високого рівня доступності [6], [30], [37].

Ефективність таких моделей залежить від інтеграції з громадським транспортом, тарифної сумісності та якості цифрової платформи. У разі правильної архітектури сервісів вони знижують навантаження на міську мережу і покращують транспортну доступність у територіях із нестабільним попитом [19], [40].

### **3.6 Особливості автомобільного транспорту в контексті України**

Для України автомобільний транспорт має подвійне значення: як основа внутрішньої мобільності населення і як ключовий компонент транзитної логістики. Значна частка міжрегіональних вантажів і пасажирських перевезень реалізується саме автотранспортом через його гнучкість та доступність.

У сучасних умовах важливими є відновлення дорожньої інфраструктури, підвищення безпеки на критичних ділянках, модернізація пунктів перетину кордонів і цифровізація транспортного адміністрування. Ці напрями визначають не лише комфорт перевезень, а й економічну стійкість держави.

Пріоритетами для розвитку автомобільного транспорту в Україні є: стандарти “безпечних доріг”, оновлення автобусного парку, підтримка низьковуглецевих технологій, інтеграція логістичних хабів, аналітика транспортних даних у реальному часі,

розвиток безбар'єрного простору для всіх груп користувачів. Окремої уваги потребує узгодження державної, регіональної та муніципальної політики для уникнення фрагментації рішень.

У середньостроковій перспективі автомобільний транспорт має еволюціонувати від моделі “реактивного ремонту” до моделі “превентивного управління життєвим циклом інфраструктури й сервісу”. Це забезпечить стабільну якість перевезень, кращу бюджетну ефективність і вищу довіру користувачів.

## **Висновки до розділу**

1. Автомобільний транспорт є найбільш гнучким компонентом транспортної системи і критично важливим для пасажирської мобільності та вантажної логістики.

2. Його ключові переваги — маршрутна адаптивність, універсальність застосування, здатність працювати в режимі “від дверей до дверей”.

3. Основні обмеження — затори, аварійність, екологічний тиск, інфраструктурна зношеність і нерівність доступу до мобільності.

4. Стратегічний розвиток автомобільного транспорту пов'язаний із електрифікацією, цифровізацією, безпекою,

інтеграцією зі спільною мобільністю та модернізацією дорожньої мережі.

5. Для України модернізація автомобільного транспорту є одним із визначальних факторів економічної стійкості, територіальної інтеграції та соціальної згуртованості.

## **РОЗДІЛ 4.**

### **ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ**

Автомобільний транспорт охоплює широку групу транспортних засобів, які відрізняються за призначенням, конструкцією, пасажиромісткістю, вантажопідйомністю, умовами експлуатації та режимом використання. У практиці управління транспортом важливо не просто називати транспортний засіб “автомобілем”, а чітко розуміти, до якого виду й типу він належить, які функції виконує та для яких умов є оптимальним.

Таке розмежування потрібне для всіх рівнів: для державного регулювання, для організації перевезень у громадах, для роботи підприємств, для проектування дорожньої інфраструктури, для безпеки руху і для обґрунтування тарифів [1-2]. У цьому розділі систематизовано основні види і типи автомобільного транспорту, пояснено їх практичне призначення.

## **4.1 Основні види автомобільного транспорту за призначенням**

Пасажирський автомобільний транспорт призначений для перевезення людей. До нього належать легкові автомобілі, автобуси різних класів, мікроавтобуси, спеціальні пасажирські транспортні засоби для перевезення маломобільних груп. Головна характеристика цього виду транспорту — орієнтація на безпечне і комфортне переміщення пасажирів.

У межах пасажирського перевезення виділяють індивідуальну, групову і масову мобільність [3-4]. Індивідуальна реалізується переважно через особисті легкові автомобілі або таксі. Групова — через перевезення організованих груп (службові автобуси, шкільні маршрути, туристичні перевезення). Масова — через регулярні маршрути громадського транспорту в містах і між населеними пунктами.

Вантажний автомобільний транспорт призначений для перевезення матеріальних ресурсів: сировини, напівфабрикатів, готової продукції, будівельних матеріалів, продовольства, поштових відправлень. До цього виду належать вантажні автомобілі, сідельні тягачі з напівпричепами, спеціалізовані вантажні фургони та інша техніка для логістики.

Його основна перевага — можливість доставки “від дверей до дверей” без додаткових перевантажень на проміжних етапах.

Саме тому вантажний автотранспорт критично важливий для “останньої милі”, де потрібна адресна доставка в конкретну точку споживання або виробництва.

Окрему групу становлять транспортні засоби, що можуть поєднувати кілька функцій. Наприклад, вантажопасажирські фургони використовуються і для перевезення персоналу, і для транспортування обладнання.

У практиці підприємств це дозволяє оптимізувати витрати, але вимагає чіткого дотримання вимог безпеки, розподілу маси та режимів експлуатації.

## **4.2 Типи автомобільного транспорту за характером використання**

Поняття “загальний транспорт” у прикладному значенні зазвичай використовують для позначення перевезень, доступних широкому колу користувачів за відкритими правилами. У пасажирському сегменті це регулярний громадський транспорт: міські, приміські, міжміські автобусні маршрути. У вантажному — послуги перевезення, що надаються клієнтам на ринку логістичних сервісів.

Ключова ознака загального транспорту — публічність послуги. Є визначений порядок доступу, тариф, графік або

договірні умови, які однаково застосовуються до користувачів. Для громад цей тип транспорту має стратегічне значення, оскільки забезпечує базову мобільність населення, що не має власного автомобіля [7-8].

Персональний транспорт — це транспортні засоби, які використовуються конкретною фізичною особою або домогосподарством для власних потреб. Найпоширеніший приклад — приватний легковий автомобіль. Він дає високу свободу вибору часу, маршруту і режиму поїздки.

Однак персональна модель мобільності має і обмеження: великі сукупні витрати на володіння, потреба в паркувальному просторі, залежність від стану дорожньої мережі, участь у заторах. Тому в сучасній транспортній політиці особлива увага приділяється балансу між персональним і загальним транспортом, щоб забезпечити і свободу користувача, і ефективність міської мобільності [9-10].

Службовий транспорт використовується підприємствами, установами та організаціями для виконання виробничих або адміністративних завдань: підвезення персоналу, виїзди сервісних бригад, перевезення інструментів, міжоб'єктні переміщення. Формально він може належати до пасажирського чи вантажного сегмента, але за моделлю використання це окремий управлінський тип.

Для підприємства корпоративний транспорт є інструментом операційної безперервності. Його характеристики визначаються не

лише технічними параметрами, а й вимогами бізнес-процесу: точністю прибуття, надійністю, витратами на кілометр, доступністю техобслуговування [11-12].

### **4.3 Спеціальний і спеціалізований транспорт: просто і практично**

Спеціалізований транспорт — це транспортний засіб, конструкція якого пристосована до перевезення певного виду вантажу або виконання конкретної транспортної операції, але він усе ще виконує саме транспортну функцію. Тобто його головне завдання — доставити щось із пункту А до пункту Б, просто в особливих умовах.

Приклади спеціалізованого транспорту: - автоцистерна для рідин; рефрижератор для продукції з температурним режимом; - контейнеровоз; - зерновоз; - автовоз; - лісовоз.

У всіх цих випадках транспортний засіб “спеціалізований” під конкретний вантаж або формат перевезення.

Спеціальний транспорт — це транспортний засіб, який створений не стільки для класичного перевезення вантажу/пасажирів, скільки для виконання спеціальної функції або роботи. У ньому транспортний компонент поєднується з технологічним обладнанням.

Приклади спеціального транспорту: - пожежний автомобіль; - автомобіль швидкої медичної допомоги; - автокран; - аварійно-ремонтний автомобіль; - прибиральна дорожня техніка; - поліцейський спеціальний автомобіль.

Проста різниця: - спеціалізований — “везе певний тип вантажу”; спеціальний — “виконує спеціальну роботу”.

#### **4.4 Що означає “М” у класифікації автобусів і пасажирських ТЗ**

У технічному регулюванні транспортних засобів (європейський підхід, який застосовується і в українській практиці гармонізації) літера М використовується для категорії механічних транспортних засобів, призначених для перевезення пасажирів.

М1 — пасажирські транспортні засоби з кількістю місць для сидіння не більше 8, не враховуючи місце водія. Простими словами — це переважно легкові автомобілі (у т.ч. частина мінівенів).

М2 — пасажирські транспортні засоби з кількістю місць понад 8 (без водія), з максимальною масою не більше 5 тонн. Це, як правило, мікроавтобуси і легші автобуси.

М3 — пасажирські транспортні засоби з кількістю місць понад 8 (без водія), з максимальною масою понад 5 тонн. Це

повноцінні автобуси великої та середньої місткості, включно з міжміськими і туристичними.

Отже, коли кажуть “автобус категорії М”, мають на увазі пасажирський транспортний засіб із групи М, а конкретний підтип визначається масою і місткістю (М2 або М3) [14], [15].

Категорії М потрібні для: - сертифікації транспортних засобів; - встановлення технічних вимог безпеки; - визначення правил допуску до перевезень; - уніфікації вимог до гальм, освітлення, пасивної безпеки, місць для пасажирів; - регулювання екологічних стандартів і техогляду.

Для практики громад і перевізників це означає, що вибір типу автобуса повинен відповідати не лише маршруту, а й регуляторним вимогам конкретної категорії транспортного засобу [16].

Міські автобуси орієнтовані на часті зупинки, високу змінюваність пасажиропотоку та короткі поїздки. Для них характерні низька підлога, широкі двері, збільшена площа стоячих місць, адаптація до маломобільних пасажирів. Їх завдання — пропускна спроможність і швидкий обмін пасажирів на зупинках [17-18].

Приміські моделі балансують між міським і міжміським режимом: менше зупинок, більша середня дистанція, вища частка сидячих місць. Вони обслуговують щоденну маятникову мобільність між громадами й містом [19].

Міжміські автобуси призначені для довших маршрутів і комфортніших умов поїздки: краща шумоізоляція, м'які сидіння, багажні відсіки, розрахунок на рух по магістралях. Головний пріоритет — комфорт і надійність на середніх та довгих відстанях [20].

Туристичні (coach) автобуси максимально орієнтовані на тривалі поїздки: високий рівень комфорту, великі багажні відсіки, додаткові сервіси. Вони застосовуються у туристичних, міжнародних і чартерних перевезеннях [21].

## **Висновки до розділу**

1. Автомобільний транспорт поділяється за призначенням, характером використання та конструктивними особливостями, і це розмежування є критично важливим для практики управління перевезеннями.

2. За моделлю використання доцільно розрізняти загальний, персональний і службовий транспорт, оскільки вони формують різні соціально–економічні ефекти.

3. Спеціалізований транспорт перевозить специфічні вантажі, а спеціальний — виконує спеціальні технологічні функції; це різні за суттю групи [23].

4. Літера “М” у класифікації означає категорію пасажирських транспортних засобів, а підкатегорії М1, М2, М3 визначаються місткістю та максимальною масою.

5. Тип автобуса має обиратися відповідно до транспортного завдання: міська мобільність, приміські зв'язки, міжміські чи туристичні перевезення.

## **РОЗДІЛ 5.**

### **ВПЛИВ ТАРИФІВ НА СОЦІУМ**

#### **5.1 Соціальний вимір транспортних тарифів**

Транспортний тариф є не лише елементом фінансової моделі перевізника, а й базовим інструментом соціальної політики. Через тариф фактично визначається межа доступності мобільності для різних груп населення: працівників, студентів, школярів, пенсіонерів, людей з інвалідністю, внутрішньо переміщених осіб і мешканців віддалених територій. Якщо вартість поїздки стає непропорційною до доходу домогосподарства, люди скорочують необов'язкові поїздки, змінюють місце роботи на менш продуктивне, відкладають звернення до медицини, обмежують освітні та культурні активності. У підсумку транспортний тариф прямо впливає на якість життя, людський капітал і довгострокову соціальну мобільність [5], [7], [24].

Для соціально вразливих груп тарифна чутливість завжди вища. Однакова абсолютна зміна ціни поїздки для сім'ї з високим доходом і для сім'ї з низьким доходом має різний наслідок: у другому випадку зростає ризик “транспортної бідності”, коли людина формально живе в місті або громаді з транспортом, але фактично не може ним системно користуватися. Саме тому

дискусія про тарифи не обмежується бухгалтерською логікою витрат і доходів; вона включає питання справедливості, територіальної рівності й соціальної згуртованості [19], [31].

З макроекономічного погляду тарифи формують ефект другого кола. Вартість мобільності впливає на зайнятість і продуктивність праці: доступний транспорт збільшує географію пошуку роботи та підвищує відповідність між попитом роботодавців і пропозицією працівників. Коли тарифне навантаження зростає, працівники частіше обирають менш продуктивні робочі місця “біля дому”, а підприємства втрачають доступ до ширшого ринку праці. У довшому горизонті це знижує темпи розвитку громад і зменшує їх інвестиційну привабливість [12], [25], [43].

Окремо варто враховувати просторовий аспект. Для центральних районів великих міст із щільною мережею маршрутів навіть відносно високий тариф може бути компенсований короткою тривалістю поїздки та наявністю альтернатив. Для периферійних районів, малих міст і сільських громад той самий тариф часто поєднується з меншою частотою руху, гіршою якістю сервісу та довшими поїздками. У результаті одна й та сама тарифна політика створює неоднаковий соціальний ефект у різних просторових контекстах [7], [18], [29].

Також тарифи впливають на поведінку пасажирів і модальний вибір. Якщо громадський транспорт стає занадто дорогим або нестабільним за якістю, частина пасажирів

переходить на індивідуальний транспорт. Це може призводити до зростання заторів, шуму, локального забруднення повітря і дорожньо-транспортного травматизму. Водночас надто низькі тарифи без компенсаційної моделі фінансування ризикують знижувати інвестиції у безпеку й оновлення парку, що також має негативний соціальний результат. Тому ключовим завданням є не “найнижчий” тариф, а збалансований тариф, що одночасно підтримує доступність і якість [2], [11], [33].

Соціальний ефект тарифу проявляється і в кризові періоди: під час інфляційних шоків, енергетичної нестабільності, масових переміщень населення. У такі періоди транспорт виступає елементом критичної соціальної інфраструктури, а отже, тарифні рішення мають ухвалюватися з урахуванням не лише короткострокової фінансової стійкості перевізника, але й суспільної стійкості громади. Практика показує, що найефективнішими є моделі, де тарифна політика поєднує економічні розрахунки, адресну підтримку вразливих груп і прогнозування соціальних наслідків [1], [8], [27].

## **5.2 Пасажирські і вантажні тарифи**

Пасажирські тарифи безпосередньо пов'язані з повсякденним добробутом населення. Для більшості

домогосподарств витрати на мобільність є регулярними та практично немінучими: дорога на роботу, навчання, до лікаря, до адміністративних послуг, до соціальних установ. Тому будь яка зміна тарифу множить на кількість поїздок і часто має більший ефект, ніж здається при розгляді “ціни однієї поїздки”. Коли тариф зростає без пропорційного росту доходів, домогосподарства змінюють споживчу структуру: скорочують витрати на розвиток, дозвілля й навіть профілактичне здоров’я [3], [15], [34].

Вплив тарифу на ринок праці є системним. Доступні перевезення збільшують “ефективний радіус” працевлаштування: люди можуть обирати роботу за кваліфікацією, а не лише за відстанню. Це підвищує зайнятість і продуктивність. При високому тарифному навантаженні частина населення відмовляється від поїздок у години пікового попиту, обирає часткову зайнятість або неофіційну працю ближче до місця проживання. Такі зміни погіршують податкову базу та посилюють нерівність між центром і периферією [6], [21], [30].

Для студентів і школярів тариф виступає фактором освітньої доступності. Якщо поїздка до навчального закладу є дорогою, збільшується ризик нерегулярної відвідуваності, а в частині випадків — вимушеної відмови від освітніх можливостей поза межами громади. Для людей старшого віку тариф впливає на частоту звернень до медицини та соціальних сервісів. Для людей з інвалідністю додатковим бар’єром стають витрати на

спеціалізовані перевезення, які зазвичай дорожчі за стандартні [10], [17], [28].

Окрему роль відіграє структура тарифу: разовий квиток, пересадковий тариф, абонементи, часові проїзні, ліміти пільгових поїздок, електронний облік. За однакового рівня “середнього тарифу” різна архітектура оплати може по-різному впливати на різні соціальні групи. Наприклад, абонементна модель часто вигідна регулярним пасажиром, але менш придатна для людей із нестабільною зайнятістю. Навпаки, гнучкі пакети поїздок можуть знижувати бар’єри доступу, але потребують точнішого бюджетного планування [16], [26], [37].

Критично важливим є і питання довіри. Населення сприймає підвищення тарифу значно спокійніше, коли одночасно бачить покращення якості: точність графіка, безпеку, чистоту, цифрові сервіси, реальну доступність для маломобільних груп. Якщо ж якість не змінюється, тарифна корекція сприймається як несправедлива і провокує соціальну напругу. Тобто соціальна прийнятність тарифу визначається не тільки розміром, а й “контрактом якості” між перевізником, громадою і державою [4], [22], [40].

У стратегічному вимірі пасажирський тариф має виконувати подвійну функцію: підтримувати фінансову життєздатність системи і водночас не допускати транспортної ізоляції вразливих груп. Це досягається через адресні пільги, компенсаційні механізми, поетапну індексацію та прогнозування

соціального ефекту кожної зміни тарифу. Без цих інструментів тарифна політика стає джерелом соціального розшарування, а не інструментом розвитку [9], [20], [38].

Вантажні тарифи впливають на соціум опосередковано, але масштабно: через ціни товарів, стабільність постачання, рентабельність бізнесу та зайнятість. Кожна гривня зростання логістичних витрат у ланцюгу “виробник — склад — роздріб — споживач” частково переноситься у кінцеву ціну. Найчутливішими є товари щоденного попиту, продукти харчування, будівельні матеріали, медикаменти, базові споживчі товари [13], [23],[35].

Для малого й середнього бізнесу частка транспортних витрат у собівартості часто є вищою, ніж для великих вертикально інтегрованих компаній. Тому зміна вантажних тарифів сильніше б’є по малому бізнесу, обмежуючи його конкуренцію з великими мережами. У регіонах із нижчою щільністю попиту цей ефект посилюється: менші партії, більші відстані, слабша інфраструктура і вищі питомі витрати на одиницю товару [14], [24], [39].

Вантажний тариф формує також територіальну справедливість цін. У віддалених громадах, де логістичне плече довше, населення нерідко стикається з “транспортною надбавкою” у вартості товарів першої необхідності. Через це різниця цін між центром і периферією зростає не лише через ринкові фактори, а й через інфраструктурні та тарифні обмеження. Для соціальної

політики це означає, що вантажний транспорт фактично стає частиною політики регіонального вирівнювання [7], [18], [36].

Окремо слід враховувати галузеву специфіку. Для аграрної продукції важливими є сезонність і швидкість доставки; для промислових вантажів — маса, регулярність і надійність графіка; для e-commerce — швидкість “останньої милі” і вартість обробки замовлення. Однакова ставка “за кілометр” може мати різний економічний сенс для різних сегментів, а отже, і різний соціальний ефект для кінцевого споживача [12], [25], [41].

Під час криз (паливні шоки, руйнування інфраструктури, зміни маршрутів, дефіцит водіїв) вантажні тарифи можуть зростати хвилеподібно. Тоді ризики інфляції стають не лише монетарним, а й логістичним явищем. З точки зору соціуму це проявляється у зниженні доступності товарів, подорожчанні базового кошика і зростанні навантаження на бюджети домогосподарств. Саме тому управління вантажними тарифами є важливим елементом антиінфляційної та соціальної політики [1], [11], [32].

Ефективна модель передбачає не “ручне” стримування тарифів, а підвищення продуктивності логістики: якісні дороги, цифрове планування маршрутів, скорочення порожнього пробігу, розвиток інтермодальних рішень, прогнозування попиту. Це дає змогу знижувати витрати у системний спосіб і утримувати соціально прийнятний рівень цін для споживачів [2], [27], [42].

### **5.3 Як враховують пасажирські і вантажні перевезення при формуванні вартості**

Формування транспортного тарифу починається з обліку прямих і непрямих витрат. До прямих зазвичай належать паливо/електроенергія, оплата праці водіїв і персоналу, технічне обслуговування, амортизація рухомого складу, страхування, шини, мастильні матеріали. До непрямих — адміністративні витрати, ІТ-сервіси, диспетчеризація, витрати на безпеку, кредитне навантаження, інфраструктурні платежі, податки [3], [16], [33].

У пасажирських перевезеннях ключовими змінними є пасажиромісткість, коефіцієнт наповнення салону, інтервал руху, довжина маршруту, кількість рейсів, пікові/непікові коливання попиту. Маршрути з високою соціальною значущістю, але низьким пасажиропотоком, майже завжди мають гіршу комерційну окупність. Тому без компенсаторних механізмів такі напрямки або закриваються, або втрачають якість, що особливо болісно для малих громад [10], [21], [30].

Для вантажних перевезень модель собівартості більше залежить від маси/об'єму вантажу, типу кузова, характеру вантажу (небезпечний, швидкопсувний, великогабаритний), часу простоїв під завантаженням/розвантаженням, повернення порожнім пробігом, вимог до температурного режиму, страхових ризиків і надійності графіка. Висока варіативність цих параметрів пояснює,

чому “середні” ставки рідко відображають реальну економіку конкретного рейсу [13], [24], [35].

Суттєвим фактором є структура парку і стадія його життєвого циклу. Старий рухомий склад може мати нижчі капітальні витрати “тут і зараз”, але часто генерує вищі витрати на ремонти, паливо, простої, безпеку і екологічні платежі. Новіші транспортні засоби потребують значних інвестицій, проте в довгому горизонті здатні зменшити витрати на кілометр і підвищити передбачуваність експлуатації. У тарифній політиці це означає необхідність балансувати між короткою і довгою економікою [8], [14], [31].

У сучасній практиці дедалі більше використовуються цифрові моделі тарифоутворення: прогнозування попиту, моделювання сценаріїв, аналіз витрат у розрізі маршрутів, динамічне планування випуску транспорту. Це дозволяє переходити від “усередненого” тарифу до більш точного тарифного менеджменту, де краще видно, які саме фактори формують вартість, і де можливі точки підвищення ефективності без втрати соціальної доступності [12], [22], [41].

Принципово важливо, що економічно обґрунтований тариф не дорівнює “максимально можливому”. Його мета — покрити необхідні витрати, забезпечити безпеку, підтримати якість послуги та створити мінімальний ресурс для оновлення системи. Якщо тариф не виконує цих функцій, система деградує; якщо перевищує соціально прийнятний рівень — падає доступність мобільності.

Тому тарифоутворення завжди є балансом між фінансовою стійкістю і суспільним інтересом [5], [20], [37].

Соціальна корекція тарифу — це механізм, за якого частина економічно обґрунтованої вартості компенсується зовнішнім джерелом (бюджетом, цільовим фондом, державною або муніципальною програмою), щоб зберегти доступність послуги для населення. Такий підхід дозволяє уникнути крайнощів: або “збиткової” ціни без ресурсів на якість, або “ринкової” ціни, недоступної значній частині пасажирів [6], [19], [38].

Найпоширеніші інструменти соціальної корекції: адресні пільги, компенсації за перевезення пільгових категорій, знижені абонементи для регулярних пасажирів, спеціальні програми для учнів/студентів, тимчасові компенсації в періоди цінових шоків. Ефективність цих рішень залежить від точності обліку, верифікації одержувачів і своєчасності фінансування. Затримки компенсацій часто переносять фінансове навантаження на перевізника, що знижує якість сервісу [9], [17], [34].

Для вантажного сегмента соціальна корекція застосовується переважно опосередковано: через програми підтримки критичних ланцюгів постачання, компенсації логістики для окремих територій, пільгові умови для транспортування соціально значущих товарів, інфраструктурні рішення, що знижують собівартість перевезень. Такі механізми мають діяти прозоро, щоб уникати перекосів конкуренції й не створювати довгострокову неефективність [1], [18], [32].

Дизайн соціальної корекції повинен бути гнучким у часі. У періоди відносної стабільності акцент робиться на адресності й ефективності витрачання коштів. У періоди кризи — на швидкості підтримки, захисті вразливих груп і стабілізації критичної мобільності. Невчасна реакція на тарифні шоки зазвичай коштує дорожче, ніж превентивні механізми, бо викликає вторинні витрати: падіння зайнятості, погіршення доступу до послуг, соціальну напругу [4], [27], [40].

Щоб соціальна корекція не перетворювалася на “латання дір”, вона має бути інтегрована з програмами підвищення продуктивності: модернізація парку, цифровізація обліку, реформа маршрутної мережі, зменшення непродуктивних витрат, підвищення дисципліни оплати проїзду. Тоді бюджетні кошти не лише компенсують різницю в ціні, а й створюють умови для довгострокового зниження собівартості [2], [11], [42].

#### **5.4 Як держава впливає на вартість через дотації і регулювання**

Роль держави у тарифній політиці полягає в одночасному виконанні трьох функцій: регулятора правил, замовника суспільно важливих перевезень і співфінансиста інфраструктурного розвитку. Через ці канали держава прямо й опосередковано

впливає на кінцеву вартість послуг для населення та бізнесу [5], [15], [33].

Прямий вплив реалізується через дотації та компенсації. Це може бути покриття різниці між економічно обґрунтованим і соціально встановленим тарифом, фінансування пільгових перевезень, співфінансування маршрутів із низькою комерційною привабливістю, але високою соціальною значущістю. За належного адміністрування такі дотації підтримують доступність мобільності без руйнування економіки перевізника [6],[20], [38].

Непрямий вплив здійснюється через податкову політику, акцизні рішення, митні режими для техніки, програми лізингу, пільгові кредити, інвестиції в дороги, мости, транспортні вузли, депо, зарядну інфраструктуру. Кожне з цих рішень змінює структуру витрат перевізника і, відповідно, траєкторію тарифу. Наприклад, інвестиції в інфраструктуру можуть зменшити втрати часу, витрати палива й ремонти, що у середньостроковому періоді стримує зростання тарифу [8], [14], [31].

Ключовою умовою ефективності є прозора методика розрахунку собівартості та стандартів якості. Якщо правила непрозорі, дотації ризикують перетворитися на інструмент короткострокового “ручного” втручання без довгострокового ефекту. Натомість прозорий контракт “тариф — якість — компенсація” підвищує передбачуваність для перевізників, контрольованість для держави і довіру для громадян [9], [16], [37].

Важливим елементом є адресність підтримки. Загальне субсидування “для всіх” часто є дорожчим і менш справедливим, ніж цільова підтримка тих, хто найбільше потребує допомоги. Сучасні цифрові інструменти обліку дозволяють поєднати адресність із простотою користування: електронні квитки, верифікація пільг, контроль фактичного обсягу перевезень, аудит компенсацій [10], [17], [41].

Для вантажного сегмента державна політика має фокусуватися на зниженні системних логістичних витрат, а не на тотальному адмініструванні ставок. Розвиток мультимодальних коридорів, модернізація прикордонної і складської інфраструктури, цифровізація документообігу, скорочення простоїв у вузлах дають більший і стійкіший соціальний ефект, ніж короткочасне “заморожування” тарифів [12], [25], [43].

Держава також виконує стабілізаційну функцію під час шоків. У періоди різкого зростання цін на енергоносії, порушення ланцюгів постачання або вимушеної зміни маршрутів дотаційні механізми мають працювати швидко й тимчасово, з чіткими критеріями входу та виходу. Це дає змогу уникнути надмірного тарифного тиску на населення і бізнес без створення хронічної залежності сектору від постійних впливів [1], [11],[32].

У довгому горизонті найкращий результат дає комбінована модель: економічно обґрунтовані тарифи, адресна соціальна підтримка, прозоре регулювання, інвестиції в інфраструктуру та управлінська дисципліна. За такої моделі тарифна політика

перестає бути джерелом конфлікту і стає інструментом розвитку — підвищує доступність, підтримує конкурентність економіки та зміцнює соціальну стійкість громад [2], [22], [40].

З практичної точки зору державний вплив на тариф має спиратися на багаторічне планування, а не лише на щорічне “пожежне” балансування бюджету. Середньострокові тарифні рамки (на 3–5 років) дають перевізникам можливість планувати оновлення рухомого складу, кадрову політику та цифрову модернізацію. Для громадян це створює передбачуваність витрат на мобільність, а для бізнесу — стабільніші логістичні витрати при плануванні контрактів і цінової політики. Коли ж рішення ухвалюються фрагментарно, без сценарного аналізу, формується маятникова динаміка: періоди різкого стримування тарифів змінюються періодами різких стрибків, що найболючіше вдаряє по соціально вразливих групах [3], [23], [39].

Не менш важливою є регуляторна узгодженість між центральним і місцевим рівнем. У багатьох випадках громада відповідає за доступність перевезень, але не має повного набору фінансових інструментів для компенсації розриву між соціально прийнятним і економічно обґрунтованим тарифом. Це створює ризик хронічного недофінансування маршрутів локального значення. Розв’язанням є чітке розмежування повноважень, уніфіковані стандарти розрахунку собівартості та прозорі правила співфінансування. Тоді тарифна політика стає менш

політизованою і більш керованою з погляду довгострокового ефекту [6], [18], [34].

Окремий резерв впливу на вартість — це підвищення енергоефективності та технологічна модернізація парку. За умов зростання цін на паливо питання енерговитрат перестає бути суто технічним і стає соціально значущим: від енергоефективності наряду залежить, наскільки стрімко зростатиме тариф. Перехід на ефективніші транспортні засоби, впровадження систем моніторингу витрат, оптимізація режимів руху та зменшення холостого пробігу здатні знижувати витрати без урізання якості. Для суспільства це означає менший тарифний тиск і стабільніший сервіс[8], [11], [42].

У вантажному сегменті державна політика має враховувати не лише перевізника, а весь логістичний ланцюг: термінали, склади, прикордонні переходи, цифровий документообіг, контроль часу простоїв. Часто саме неефективність у вузлах, а не “чиста” транспортна ставка формує найбільшу частину логістичних втрат, які потім перекладаються на кінцевого споживача. Тому інвестиції у швидкість обробки вантажів, інтеперабельність інформаційних систем і прогнозування потоків є інструментом соціальної політики не меншою мірою, ніж прямі дотації. Зниження структурних логістичних втрат дає довший і стійкіший ефект стримування цін [12], [25], [41].

Ще один ключовий елемент — це комунікація тарифних рішень. Навіть економічно коректне коригування може викликати

суспільне неприйняття, якщо не пояснені його причини, часові горизонти, очікувані покращення якості та механізми соціального захисту. Прозора комунікація з публічними індикаторами (пунктуальність, частота руху, безпека, оновлення парку, екологічні показники) формує довіру і знижує конфліктність. У сучасному управлінні тариф розглядається як частина публічного сервісного контракту, а не ізольоване фінансове рішення [4], [16], [40].

Підсумовуючи, вплив тарифів на соціум є багаторівневим: від витрат конкретного домогосподарства до конкурентоспроможності економіки та просторової згуртованості держави. Тому оптимальна тарифна політика повинна одночасно забезпечувати економічну обґрунтованість, соціальну доступність і стратегічну модернізацію транспортної системи. Лише за цієї умови тариф перестає бути точкою постійного соціального конфлікту і стає керованим інструментом розвитку, який підтримує мобільність людей, стабільність цін і стійкість громад у довгостроковій перспективі [2], [9], [22].

## **РОЗДІЛ 6.**

### **ОРГАНІЗАЦІЯ ТО ТА РЕМОНТУ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ**

#### **6.1 Система технічного обслуговування і ремонту**

Організація технічного обслуговування (ТО) і ремонту на автомобільному транспорті спрямована на забезпечення безпеки руху, функціональної надійності транспортних засобів, мінімізації простоїв і раціонального використання ресурсів підприємства. У сучасних умовах класична модель планово-попереджувального обслуговування доповнюється ризикорієнтованими та даними-керованими підходами, у яких рішення про втручання приймаються на основі фактичного технічного стану, телеметрії та прогнозу відмов [45-48].

Для автотранспортного підприємства система ТО і ремонту має бути інтегрована з виробничим плануванням перевезень. Це означає синхронізацію графіків ТО з маршрутними завданнями, вікнами доступності техніки, сезонними навантаженнями та кадровими можливостями сервісної зони. Дослідження останніх років показують, що перехід до моделі predictive maintenance

знижує частку аварійних ремонтів, підвищує коефіцієнт технічної готовності парку і зменшує сукупну вартість життєвого циклу транспортних засобів [49-52].

Окремим напрямом є адаптація системи ТО до електрифікації автопарку. Для електромобілів та гібридів критичними стають діагностика тягових батарей, силової електроніки, електромашин і зарядної інфраструктури. Це змінює структуру сервісних компетенцій, склад необхідного діагностичного обладнання та пріоритети контролю технічного стану[53-56].

## **6.2 Організаційна модель ТО і ремонту на підприємстві**

На рівні підприємства організація ТО починається з формування нормативної бази: переліку операцій, регламентів періодичності, критеріїв переходу від планового до відновлювального ремонту, а також правил дефектації. Практично ефективною є багаторівнева модель: щоденний контроль, регламентні ТО-операції, поглиблена діагностика вузлів ризику та цільові ремонтні втручання за результатами моніторингу [57], [58-60].

Диспетчеризація ремонтних потужностей має враховувати критичність одиниці техніки для перевізного процесу,

прогнозований ризик відмови та тривалість технологічного циклу ремонту. Для комерційних парків важливо переходити від принципу “перший зайшов — перший обслужений” до пріоритезації за впливом на операційну стабільність підприємства. Це особливо актуально для змішаних автопарків, де одночасно експлуатуються дизельні, газові, гібридні та електричні транспортні засоби [61-64].

Цифрова організація ТО включає збір телематичних даних, автоматичне формування дефектних відомостей, електронні замовлення-наряди, контроль запасів запчастин і КРІ ремонтної служби. Практика показує, що цифрові двійники агрегатів та вузлів дають змогу моделювати залишковий ресурс і переносити частину робіт з аварійної зони в планову, що знижує простої техніки [65-68].

Ключовим ефектом цифровізації є прозорість: керівництво отримує контроль причин простоїв, повторюваності відмов, фактичної трудомісткості робіт, обігу запчастин і якості виконаних ремонтів. За таких умов рішення щодо оновлення парку, аутсорсингу окремих ремонтів чи модернізації обладнання приймаються на об’єктивній аналітичній основі [69-72].

### **6.3 Діагностика, прогнозування відмов і ремонтпридатність**

Сучасна діагностика у ТО/ремонті автомобільного транспорту базується на поєднанні OBD-даних, віброакустичного контролю, теплових профілів, струмових характеристик та алгоритмів машинного навчання. Для підвищення точності застосовують багатосенсорне злиття даних, методи зменшення шуму і класифікаційні моделі, адаптовані під конкретні класи несправностей [73-76].

Особливо перспективним є підхід prognostics and health management (PHM), у якому оцінюється не лише наявність дефекту, а й прогноз часу до відмови. Це дозволяє планувати ремонтні вікна без зриву перевізного процесу, готувати запчастини завчасно і уникати вторинних пошкоджень суміжних вузлів. Для електроприводних систем, силових перетворювачів і батарей такі моделі вже демонструють високу прикладну цінність [77-80].

Водночас упровадження інтелектуальної діагностики потребує стандартизації даних, верифікації моделей на реальному парку і підготовки персоналу. Без цих умов навіть якісні алгоритми можуть давати нестійкі результати в експлуатації. Тому організація ТО має включати процедури контрольної перевірки моделей, регулярного оновлення датасетів і аудиту точності прогнозів [81-84].

## **6.4 Державні, безпекові та економічні аспекти організації ТО і ремонту**

Організація ТО і ремонту впливає не лише на окреме підприємство, а й на безпеку дорожнього руху, екологічні показники та стабільність транспортних послуг у громаді. Системне виконання регламентів знижує ймовірність технічних причин ДТП, а якісна діагностика силових систем і шасі зменшує ризик раптових відмов на маршруті [85-88].

Для формування ефективної моделі на рівні галузі потрібні: стандарти обліку технічного стану, вимоги до простежуваності ремонтів, стимулювання цифрового моніторингу, розвиток компетенцій сервісного персоналу та підтримка оновлення діагностичної бази. У поєднанні з сучасними науковими підходами це забезпечує перехід від реактивного “ремонт після відмови” до керованої системи життєвого циклу транспортного засобу.

## **6.5 Планування виробничої потужності ремонтної зони**

Для забезпечення стабільної роботи системи ТО і ремонту підприємство має формувати виробничу потужність не “на середній день”, а з урахуванням пікових навантажень, сезонних

коливань і аварійного резерву. На практиці це означає нормування пропускну́ї спроможності постів за видами робіт (діагностика, регламентне ТО, агрегатний ремонт, електротехнічні роботи, шиномонтаж, кузовні втручання), а також закріплення мінімально необхідного штату на кожну зміну. Якщо планування ведеться лише за середньорічними показниками, система швидко втрачає стійкість у періоди нерівномірного попиту [45-55].

Розумний баланс потужності передбачає виділення окремих “швидких” постів для коротких операцій, щоб дрібні роботи не блокували глибокий ремонт. Окремо необхідно резервувати часові слоти під непередбачені дефекти, виявлені під час передрейсових оглядів або на лінії. Така організація дозволяє зменшити черги і не руйнувати графік перевезень. За даними сучасних досліджень fleet maintenance, саме керування вузькими місцями в ремонтній зоні дає найбільший оперативний ефект без суттєвого збільшення капітальних витрат [50-61].

Ще один критичний аспект — узгодження кадрової і технологічної структури. В автопарках нового покоління зростає частка робіт, пов’язаних з електронікою, силовою електрикою, програмними оновленнями і діагностикою за даними телеметрії. Тому планування має враховувати не лише кількість механіків, а й компетенційну матрицю: хто виконує діагностику високовольтних систем, хто має допуски до батарейних модулів, хто відповідає за калібрування сенсорів і перевірку ADAS-компонентів. Дефіцит

компетенцій у критичних точках часто створює більші затримки, ніж брак підйомників чи інструменту [53], [63], [69].

Організація ТО без ефективного управління запасами неминуче призводить до простоїв “в очікуванні запчастини”. Для підприємства важливо перейти від реактивного замовлення деталей до прогнозного поповнення за частотою відмов, напрацюванням вузлів, сезонною статистикою і ризиком дефіциту у постачальників. У сучасних практиках застосовують ABC/XYZ-класифікацію, окреме ведення критичних позицій і автоматичні точки дозамовлення для швидкообертових номенклатур [51], [58],[70].

Для зниження сукупної вартості запасів доцільно розділяти деталі на три контури: оперативний (для щоденних ТО), страховий (для критичних відмов) і проєктний (для планових кампаній оновлення). У вантажних і автобусних парках це особливо важливо через високу вартість простою одиниці техніки. Навіть одна недоступна деталь у ключовому вузлі може зірвати графік рейсів і спричинити каскадні затримки, що суттєво дорожче за утримання розумного страхового запасу [60], [66],[71].

Інтеграція складської системи з ремонтною диспетчеризацією дає змогу бачити реальну “готовність до ремонту” до початку робіт. Це зменшує частку незавершених замовлень-нарядів, скорочує внутрішні переміщення і підвищує продуктивність персоналу. Для підвищення прозорості бажано впроваджувати маркування партій, трасування використання

деталей і облік причин дострокової заміни. Така аналітика допомагає виявляти слабкі постачальні позиції, контрафактні ризики і системні помилки експлуатації [62], [72], [81].

Щоб система ТО працювала керовано, підприємству необхідно регулярно вимірювати ключові показники: коефіцієнт технічної готовності парку, середню тривалість ремонту, частку аварійних втручань, повторні відмови після ремонту, виконання регламенту ТО у строк, втрати через незаплановані простої, а також витрати на кілометр пробігу. Без набору стабільних КРІ неможливо оцінити, чи справді зміни в організації ремонту покращують результат, чи лише перерозподіляють проблеми між підрозділами [45], [50], [67].

Особливо показовим є індикатор “first-time fix rate” — частка ремонтів, що завершуються без повторного звернення по тій самій несправності у контрольному інтервалі. Низьке значення цього показника вказує на проблеми з дефектацією, якістю запчастин, технологічною дисципліною або компетенцією виконавців. Для керівництва це один із найважливіших сигналів, бо повторні втручання одночасно збільшують витрати, простої та ризики відмов на лінії [57], [64], [74].

Ще один обов’язковий показник — частка планових робіт у загальному обсязі сервісу. Стратегічна мета полягає в поступовому зростанні планового сегмента за рахунок ранньої діагностики та прогнозування дефектів. Якщо підприємство системно працює в режимі “аварійного гасіння”, це свідчить про організаційну

слабкість, навіть якщо окремі ремонти виконуються технічно якісно. Перехід до профілактичної моделі зазвичай потребує часу, але дає кумулятивний економічний ефект [49],[52], [59].

Якість ремонту визначається не тільки досвідом майстра, а й дотриманням стандартизованих процедур: чек-листів дефектації, контрольних карт, моментів затягування, протоколів випробувань після ремонту, правил електробезпеки. Для сучасного автопідприємства внутрішній аудит має бути не формальним “післяфактом”, а частиною операційного циклу. Це дозволяє вчасно виявляти відхилення і запобігати повторним відмовам [56], [68], [75].

Практика показує, що найкращі результати дає поєднання трьох рівнів контролю: самоконтроль виконавця, вибіркова перевірка майстром зміни та періодичний незалежний аудит складних робіт. Для вузлів підвищеної небезпеки (гальмова система, рульове керування, силова електрика, батарейні модулі) доцільно вводити подвійне підтвердження якості. Такі вимоги збільшують тривалість окремих операцій, але суттєво знижують ризик критичних відмов у рейсі [53], [65], [77].

Корисною практикою є ведення реєстру “уроки відмов” — бази випадків, у якій фіксуються симптоми, першопричини, застосовані рішення і ефективність виправлення. Цей інструмент прискорює навчання персоналу і зменшує залежність від окремих експертів. На великих підприємствах такі реєстри доповнюють

алгоритмами пошуку подібних кейсів, що прямо підвищує швидкість і точність дефектації [73], [78], [82].

## **6.7 Особливості організації ТО для електробусів та електровантажівок**

Перехід до електричного транспорту змінює не лише техніку, а й логіку обслуговування. Частина традиційних механічних операцій скорочується, натомість зростає роль контролю високовольтних компонентів, батарейної деградації, теплового менеджменту, стану зарядного інтерфейсу і програмних конфігурацій. Для сервісної зони це означає потребу в ізольованих робочих місцях, спеціалізованих інструментах, засобах індивідуального захисту та суворих протоколах допуску [54-55], [63].

Організаційно важливо розділяти потоки техніки з різним рівнем ризику: стандартне регламентне ТО, діагностика високовольтних несправностей, відновлювальні роботи після інцидентів. Для батарейних систем критичною є рання діагностика дисбалансу елементів, відхилень температурних профілів і аномальної втрати ємності. Дослідження підтверджують, що своєчасне виявлення таких відхилень дозволяє уникнути дорогих

агрегатних замін і підвищує прогнозованість життєвого циклу батареї [58], [76], [80].

Окрему увагу слід приділяти взаємодії “ремонтна служба — енергетична інфраструктура”. Стан зарядних станцій, конфігурація режимів заряджання, контроль пікових навантажень та планування вікон під заряд/ТО мають розглядатися як єдина система. Коли ці процеси роз’єднані між різними підрозділами без спільних KPI, підприємство втрачає значну частину потенційної ефективності електропарку [66], [79],[83].

У кадровому вимірі критичною стає безперервна підготовка персоналу: оновлення знань про нові платформи, батарейні хімії, силову електроніку, засоби діагностики і вимоги безпеки. Для підприємств, що масштабують електропарк, найкраще працює поетапна модель: ядро сертифікованих фахівців, внутрішня школа практичної підготовки, наставництво і регулярна переатестація. Такий підхід мінімізує помилки в нових технологічних зонах [53], [67], [84].

## **6.8 Економічне обґрунтування та стратегія розвитку системи ТО**

Економіка системи ТО і ремонту має оцінюватися не за окремою ціною операції, а за повною вартістю життєвого циклу

парку: капітальні витрати, сервісні витрати, втрати від простоїв, ризики аварійних відмов, штрафи за невиконання транспортної роботи, витрати на резервну техніку. Саме такий підхід дозволяє коректно порівнювати альтернативи: інсорсинг чи аутсорсинг, глибину профілактики, модернізацію обладнання, структуру штату [45], [51], [60].

Для прийняття інвестиційних рішень доцільно застосовувати сценарний аналіз: базовий, оптимістичний, стресовий. У кожному сценарії оцінюється вплив на технічну готовність, собівартість кілометра, потребу в обігових коштах, рівень сервісу для замовника перевезень. Практика показує, що інвестиції в цифрову діагностику, підготовку персоналу і керування запасами зазвичай мають коротший період окупності, ніж “точкові” закупівлі без змін процесів [50], [62], [70].

У стратегічній перспективі підприємство має рухатися до моделі, в якій ТО є частиною загальної системи управління ефективністю транспорту: від планування рейсів і енергоспоживання до аналізу відмов і оптимізації ремонтних циклів. Така інтеграція перетворює ремонтну службу з “витратного підрозділу” на джерело операційної стійкості й конкурентної переваги. Для ринку перевезень це означає вищу надійність послуг, кращу безпеку та прогнозовану якість обслуговування пасажирів і вантажовласників [52], [59], [71].

Підсумково, розділ про організацію ТО та ремонту повинен спиратися на сучасну доказову базу, впроваджувати цифрові

інструменти і підтримувати жорстку технологічну дисципліну. Лише в такій конфігурації система здатна забезпечити одночасно безпеку, економічну ефективність і готовність до технологічних змін у транспортній галузі [72], [81], [88].

## **РОЗДІЛ 7.**

### **ПЛАНУВАННЯ МІСТ З УРАХУВАННЯМ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ**

#### **7.1 Місто і транспорт як єдина планувальна система**

Сучасне міське планування неможливо розглядати окремо від транспортної інфраструктури, оскільки саме транспорт формує просторову доступність житла, робочих місць, освітніх і медичних послуг, громадських просторів та економічних центрів. Місто, у якому транспортна мережа розвивається відокремлено від житлової і ділової забудови, неминуче стикається з просторовими дисбалансами: перевантаженням окремих коридорів, транспортною ізоляцією периферійних районів, нерівним доступом до сервісів та зростанням витрат часу на повсякденну мобільність[89-91].

Класичні підходи до аналізу зв'язку “землекористування — мобільність” підкреслюють, що щільність забудови, змішаність функцій, конфігурація вуличної мережі та доступність громадського транспорту визначають поведінку мешканців у виборі способу пересування. Чим краще узгоджені ці параметри, тим вища частка пішохідних, велосипедних і транзитних поїздок,

а отже, нижчі системні витрати міста на затори, викиди та аварійність [89-92].

Для українських міст це питання має стратегічне значення. Післявоєнне відновлення і довгострокова модернізація міського середовища мають спиратися на принцип інтегрованого планування: кожне рішення щодо нової забудови, реконструкції кварталу чи створення ділового кластера повинно супроводжуватися аналізом транспортної спроможності, доступності і навантаження на вузли мережі. Без цього навіть якісні архітектурні проєкти ризикують створити нові точки транспортної напруги [92-94].

Особливої уваги потребує баланс між автомобіле орієнтованою і людино орієнтованою моделями розвитку міста. Практика багатьох країн показує, що розширення автомобільної пропускної здатності без комплексних обмежень попиту часто не усуває затори, а стимулює додатковий трафік і розтягування міської структури. Натомість системні інвестиції у громадський транспорт, пішохідну зв'язність, мережі активної мобільності і поліцентричну структуру міста дають стабільніший результат [102-104].

У цьому контексті транспортна інфраструктура розглядається не лише як “дорога + зупинка”, а як повний набір елементів: вулично-дорожня мережа, громадський транспорт, пересадкові вузли, станційні території, велосипедні маршрути, пішохідні зв'язки, логістичні платформи, цифрові системи

керування рухом і політика паркування. Лише цілісне проєктування цих компонентів дозволяє забезпечити надійність, доступність і стійкість міської мобільності [105-107].

## **7.2 Просторові моделі міського розвитку і транспорт**

Парадигма компактного міста передбачає підвищення щільності забудови в поєднанні зі змішаним функціональним наповненням і розвитком якісного громадського транспорту. Її ключова перевага полягає в скороченні середньої довжини щоденних поїздок і зниженні залежності від приватного авто. Однак компактність ефективна лише тоді, коли підтримується транспортною спроможністю, доступними пересадками та безпечною пішохідно-велосипедною мережею [92], [109], [114].

Поліцентрична модель доповнює компактність, формуючи мережу міських підцентрів із власними робочими місцями, сервісами та транспортними вузлами. Це зменшує маятникову міграцію “периферія — центр” і перерозподіляє навантаження між коридорами. У практичному плануванні це означає розвиток локальних центрів поблизу вузлів громадського транспорту, а також переорієнтацію частини інвестицій із центральних зон на райони з потенціалом автономного зростання [90], [93], [116].

Концепція 15-хвилинного міста стала популярною як інструмент підвищення повсякденної доступності. Її суть полягає в тому, щоб базові потреби мешканця (робота, освіта, торгівля, первинна медицина, дозвілля) були досяжні в межах короткого часу активної мобільності або громадського транспорту. У наукових роботах останніх років підкреслюється, що ця модель потребує не декларативного, а вимірюваного підходу: індексів доступності, аналізу фактичної мобільності та верифікації соціальної інклюзивності [93-95].

Важливо, що 15-хвилинна модель не заперечує роль магістрального транспорту. Навпаки, локальна доступність повинна підсилюватися швидкими транзитними зв'язками між міськими підцентрами. Саме тому в сучасних підходах дедалі частіше використовується формула “15 хвилин локально + швидкий транзит між кластерами”, яка забезпечує одночасно життєздатність районів і економічну інтеграцію агломерації[96-98].

Transit-Oriented Development (TOD) є одним із найсистемніших механізмів інтеграції транспортного та містобудівного планування. Його базові принципи включають концентрацію щільної і функціонально змішаної забудови в радіусі пішохідної доступності від станцій і вузлів громадського транспорту, пріоритет пішохода, обмеження надлишкового паркування та формування привабливого публічного простору [98], [104],[105].

Для міського управління TOD важливий тим, що дозволяє одночасно вирішувати кілька завдань: підвищувати окупність інвестицій у громадський транспорт, зменшувати автомобільну залежність, стимулювати місцеву економічну активність і підвищувати якість міського середовища. Однак успішність TOD залежить від узгодження транспортної політики з земельним регулюванням, девелоперськими стимулами та механізмами контролю соціальних ефектів [101], [104], [108].

Окрема проблема — ризик “транзитної джентрифікації”, коли підвищення доступності біля станцій зростає швидше, ніж доступність житла для вразливих груп. Тому у сучасному плануванні TOD дедалі частіше поєднують із політикою доступного житла, інклюзивного зонування та інструментами запобігання витісненню місцевих мешканців. Без цих компенсаторів транспортні інвестиції можуть підвищувати загальну ефективність, але поглиблювати соціальну нерівність [99], [109], [115].

### **7.3 Інфраструктурна стратегія міста: вулиці, транзит, вузли, логістика**

Вулична мережа є “скелетом” міської мобільності. Її ієрархія, щільність перехресть, параметри перетинів, якість

пішохідних переходів і безпека для вразливих учасників руху визначають, наскільки місто придатне для щоденного життя без надмірної автомобільної залежності. Сучасні керівництва з дизайну міських вулиць пропонують проектувати вулицю як багатофункціональний публічний простір, а не лише як канал пропуску транспорту [106], [107], [117].

У практиці планування це означає перехід від “максимізації швидкості авто” до “максимізації міської доступності”. Для центральних та житлових зон пріоритет отримують безпечні пішохідні маршрути, виділені смуги для громадського транспорту, захищена велоінфраструктура, контрольоване паркування і транспортне заспокоєння. На магістральних ділянках акцент робиться на надійності руху транзиту та прогнозованості перетинів, а не на безперервному розширенні проїзної частини [102],[106], [117].

Особливим елементом є політика паркування. Її роль полягає не в механічному збільшенні місць, а в керуванні попитом на поїздки приватним авто, підтримці оборотності вуличного простору і пріоритеті для вантажно-розвантажувальних та сервісних операцій у центральних районах. Раціональна тарифікація паркування, зональне регулювання і цифровий контроль дозволяють зменшувати хаотичне паркування і підвищувати пропускну здатність вулиць без дорогих капітальних розширень[92], [102], [116].

Громадський транспорт є ключовим інструментом перевезення великих обсягів пасажирів у містах та агломераціях. Його ефективність залежить не лише від рухомого складу, а й від структури мережі, інтервалів, пріоритету на перехрестях, якості пересадок, тарифної інтеграції та синхронізації з планувальною структурою. Сильна транзитна система формує передбачувану мобільність і підтримує ділову активність на ширшій території міста [90], [97], [111].

Пересадкові вузли мають розглядатися як повноцінні міські центри. Їхня функція полягає не лише в пересадці, а й у концентрації сервісів, міських послуг, комерції, публічних просторів і безпечних пішохідних зв'язків. Чим вища якість вузла, тим нижча “штрафна вартість” пересадки для пасажира, а отже, вища загальна привабливість громадського транспорту. Саме це визначає успіх мультимодальної мережі [98], [101],[111].

Для агломерацій актуальним є розвиток рейкових і експрес-коридорів у поєднанні з місцевими підвізними маршрутами. Така модель дозволяє скорочувати часові втрати на довгих відстанях і водночас підтримувати локальну доступність. Результатом стає більш рівномірний ринок праці, зменшення дисбалансів між центральним містом і передмістями та зниження тиску на автомобільні в'їзди [96], [100], [118].

## **7.4 Управління розвитком, інклюзивність і стійкість міської транспортної інфраструктури**

Планування інфраструктури повинно оцінюватися не лише за показниками швидкості та пропускну здатності, але й за впливом на соціальну справедливість. Для мешканців з низькими доходами, людей старшого віку, осіб з інвалідністю та домогосподарств без авто доступність транспорту напряду визначає доступ до роботи, освіти, медицини й адміністративних послуг. Якщо інфраструктурні інвестиції концентруються лише в економічно привабливих зонах, це посилює просторову нерівність[91], [95], [109].

Інклюзивне планування передбачає системну перевірку доступності: безбар'єрні маршрути, безпечні переходи, доступні зупинки, зрозуміла навігація, передбачуваний графік, фізичну та фінансову доступність пересадок. Для управлінців важливо фіксувати ці параметри в обов'язкових стандартах проектування, а не в рекомендаціях, які можуть не виконуватися на практиці [93], [107], [115].

У сучасних моделях дедалі частіше застосовують індикатори “справедливої доступності”, що вимірюють не середню, а розподілену доступність між соціальними групами і районами. Це дозволяє переходити від політики “середніх значень”

до цільових інтервенцій там, де транспортний дефіцит має найбільший соціальний ефект [91], [94], [110].

Однією з головних причин невідповідності між планами і реальним розвитком міста є слабка інституційна координація. Транспортні, містобудівні, житлові, екологічні та фінансові рішення часто приймаються різними органами без єдиного циклу планування. Ефективна модель потребує інтегрованого управління: спільних сценаріїв розвитку, єдиних баз даних, узгоджених КРІ і прозорого моніторингу виконання [108],[112], [113].

Фінансування транспортної інфраструктури має спиратися на портфельний підхід: поєднання бюджетних інструментів, міжнародної підтримки, муніципальних програм, value capture біля транспортних вузлів, а також механізмів державно-приватної взаємодії там, де це економічно обґрунтовано. Водночас фінансова модель повинна враховувати не лише капітальні витрати, а й довгострокові витрати на утримання, оновлення і стійкість до кліматичних ризиків [101], [112], [113].

Поетапна реалізація є критичною для великих проєктів. Найефективніше працює підхід “швидкі тактичні покращення + стратегічні капітальні проєкти”: місто швидко зменшує гострі проблеми (безпека перетинів, пріоритет транзиту, впорядкування паркування), паралельно реалізуючи довгострокові інфраструктурні програми (вузли, коридори, реконструкція

вуличної мережі, інтегровані транспортно-планувальні зони) [106],[107], [117].

У підсумку, стійке планування міст із урахуванням транспортної інфраструктури має базуватися на чотирьох опорах: просторова інтеграція землекористування і мобільності, пріоритет доступності над швидкістю, інклюзивність і соціальна справедливість, а також інституційна керованість із прозорим моніторингом результатів. Саме ця модель дозволяє місту поєднати економічне зростання, високу якість життя та екологічну відповідальність [92], [100], [114], [118].

## **РОЗДІЛ 8. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ГРОМАД: ВПЛИВ ТРАНСПОРТУ, ЕКОНОМІЧНІ ЗБИТКИ ТА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ**

### **8.1 Транспорт як ключовий екологічний чинник у великих міських громадах**

У великих міських громадах транспорт є одним із головних джерел екологічного навантаження через викиди твердих частинок, оксидів азоту, приземного озону, шумове забруднення, фрагментацію міського простору та зростання енергоспоживання. На відміну від стаціонарних джерел, транспортне забруднення має виражену просторово-часову нерівномірність: концентрації шкідливих речовин максимально зростають уздовж магістралей, на перехрестях, у транспортних коридорах і районах із хронічними заторами [119-122].

У мегаполісах саме транспорт формує значну частку експозиції населення до PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>x</sub>, сажі та супутніх токсичних компонентів. Дослідження в Європі, Азії та Латинській Америці показують, що дорожній рух не лише підвищує середні міські концентрації, а й створює локальні “гарячі точки” ризику для

мешканців і працівників, які щодня перебувають біля інтенсивних транспортних потоків [123-126].

Крім атмосферного забруднення, транспорт у містах впливає на акустичне середовище, що посилює сумарний негативний ефект на якість життя. Поєднання шуму й забрудненого повітря підвищує довгострокові ризики для серцево-судинної та респіраторної систем, особливо для вразливих груп населення. Важливо, що такі ризики розподіляються нерівномірно: громади з нижчими доходами частіше проживають у районах із вищою транспортною експозицією [127-130].

Системність проблеми підкреслюється тим, що транспортний вплив не обмежується межами окремого району: переміщення повітряних мас і міжрайонні транспортні зв'язки роблять проблему міжмуніципальною. Тому екологічна політика громади має базуватися на міжтериторіальній координації, а не лише на локальних обмеженнях у межах одного адміністративного контуру [131-134].

## **8.2 Вплив транспорту на екологію міста: повітря, шум, кліматичні ризики**

Сучасні дослідження підтверджують, що інтенсивність дорожнього руху тісно пов'язана з концентраціями PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub> та

вторинних аерозольних компонентів. Для великих громад це означає, що транспортне планування фактично є інструментом управління здоров'ям: зміна маршрутизації потоків, швидкісних режимів і структури парку безпосередньо впливає на екологічний профіль районів [119], [120], [135], [136].

У містах із щільною забудовою важливим чинником є вуличні “каньйони”, де через обмежену вентиляцію накопичуються шкідливі домішки. За таких умов навіть помірне зростання трафіку може спричинити непропорційний екологічний ефект. Це вимагає поєднання транспортних заходів із містобудівними рішеннями: корекцією вуличного профілю, озелененням, інженерною вентиляцією в критичних точках і пріоритетом низькоемісійних режимів руху [121], [124], [137], [138].

Окрема проблема — викиди від вантажного та логістичного транспорту, включно з доставкою “останньої милі”. Зростання електронної комерції без реорганізації міської логістики посилює навантаження на локальні вулиці та збільшує екологічні витрати в густонаселених районах. Відповідно, громада має управляти не лише пасажирською мобільністю, а й вантажним контуром міста [139-142].

Транспортний шум є недооціненим, але значним екологічним фактором, що впливає на сон, когнітивні функції, психоемоційний стан і довгострокові кардіометаболічні ризики. Найбільш небезпечним є саме комбінований вплив шуму й

забрудненого повітря, який посилює загальне навантаження на організм і формує додаткові втрати здоров'я на рівні громади [127-129, 143].

У кліматичному вимірі транспорт залишається одним із ключових джерел міських викидів парникових газів. Автомобілеорієнтована структура переміщень погіршує здатність міста до декарбонізації, тоді як розвиток громадського транспорту, активної мобільності та низькоемісійних технологій дозволяє поєднати локальні екологічні вигоди зі зниженням вуглецевого сліду. Дослідження останніх років показують, що міста з ближчою доступністю щоденних сервісів мають нижчі транспортнообумовлені викиди [144-147].

Крім того, кліматичні зміни можуть частково нівелювати результат локальних екополітик, якщо транспортна система залишається інерційною. Тому екологічна стратегія громади має включати одночасно адаптацію (стійкість інфраструктури до спеки, екстремальних опадів, підтоплень) і пом'якшення (зменшення викидів, структурні зміни мобільності) [148-151].

### **8.3 Економічні збитки та втрати здоров'я від транспортно-екологічного навантаження**

Екологічні наслідки транспортного навантаження формують значні економічні збитки на рівні громади: зростання витрат системи охорони здоров'я, втрати продуктивності праці, зниження інвестиційної привабливості, подорожчання логістики, деградація міського публічного простору та збільшення витрат на компенсаційні екологічні заходи. Коли місто системно недоінвестує у стійку мобільність, воно фактично переносить витрати в майбутнє у формі більших бюджетних і соціальних втрат [119], [132], [140], [145].

Важливо враховувати, що частина збитків є “прихованою” в статистиці: скорочення ефективного робочого часу через захворювання, зниження навчальної продуктивності дітей у районах із високою експозицією, ранні втрати людського капіталу. У сукупності це зменшує конкурентоспроможність громади та ускладнює довгостроковий розвиток [123],[126], [138], [148].

Транспортно-екологічні збитки також мають просторову нерівність: периферійні та соціально вразливі райони частіше отримують більший екологічний тягар при меншій доступності якісного транспорту. Відповідно, економічна оцінка проєктів інфраструктури повинна включати не тільки класичні показники

трафіку, а й монетизовані екологічні та соціальні ефекти за районами [124], [133], [141], [149].

Медичні наслідки транспортного забруднення проявляються як у короткострокових загостреннях (респіраторні симптоми, бронхоспазм, серцевосудинні події), так і в довгострокових ризиках хронічних захворювань. Особливо чутливими є діти, люди старшого віку, особи з хронічними хворобами та працівники, які постійно перебувають у зоні інтенсивного трафіку [125], [127], [130], [150].

Комбінована дія PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>x</sub> та шуму підсилює ризик кардіореспіраторних уражень, метаболічних розладів і когнітивних порушень. На рівні громади це означає збільшення попиту на медичну допомогу, ріст вартості лікування та втрати якості життя. Дані епідеміологічних і когортних досліджень підтверджують, що системне зниження транспортної експозиції дає вимірюваний позитивний ефект для здоров'я населення [128],[129], [143], [151].

Критично важливою є інтеграція медичних індикаторів у транспортне планування: карти експозиції, аналіз ризику біля шкіл і лікарень, медико-економічна оцінка сценаріїв транспортних реформ. Без такої інтеграції міська політика ризикує недооцінювати реальну ціну бездіяльності [126], [131], [136], [147].

## 8.4 Шляхи вирішення проблеми

Вирішення проблеми потребує пакету взаємопов'язаних дій, а не одиничних заходів. Базовими інструментами є: розвиток пріоритетного громадського транспорту, впорядкування міської логістики, низькоемісійні та нульові зони, електрифікація автопарку, управління попитом на приватні авто, розбудова пішохідно-велосипедної мережі, інтелектуальне керування рухом, а також екологічний моніторинг у реальному часі [134],[137], [139], [144].

Ефективність таких політик максимальна тоді, коли вони інтегровані з містобудівними рішеннями: компактною забудовою, змішаним функціональним використанням територій, розвитком транспортно-орієнтованих вузлів та скороченням надмірної маятникової мобільності. Досвід багатьох міст свідчить, що саме поєднання “інфраструктура + регулювання + просторове планування” дає стійкий екологічний результат [145], [146],[147], [148].

Для вантажного сегмента ключовими є консолідаційні центри, оптимізація часових вікон доставки, маршрутизація з урахуванням екологічного сліду і поступовий перехід на чистіші типи рухомого складу. Це дозволяє зменшити локальні піки забруднення без втрати надійності постачання для міської економіки [140], [141], [142], [149].

Інституційно громаді потрібна єдина рамка управління, де транспортна, екологічна, медична та містобудівна політики працюють як одна система. Практично це означає спільні КРІ, єдині дані моніторингу, публічні цілі зниження експозиції та прозорі річні звіти щодо досягнутих ефектів [132], [133], [150], [151].

Фінансування екологічно-транспортних змін має ґрунтуватися на поєднанні муніципальних ресурсів, державних програм, міжнародної підтримки та механізмів співфінансування інфраструктурних рішень. Важливо, щоб оцінка проєктів включала повний соціально-економічний ефект від зниження захворюваності, втрат продуктивності та кліматичних ризиків, а не лише короткострокові транспортні показники [134], [138], [144],[146].

Підсумково, екологічна стійкість великих громад прямо залежить від того, наскільки швидко транспортна система переходить від автомобілеорієнтованої інерції до моделі чистої, доступної та керованої мобільності. Лише в такій конфігурації громада може одночасно зменшити екологічні збитки, захистити здоров'я населення й забезпечити довгострокову економічну стійкість [119], [125], [130], [145].

Додатково, сучасні міські дослідження підкреслюють важливість комбінованої оцінки забруднення повітря і транспортного шуму, інтеграції когортних медичних даних у транспортне планування, а також регулярного оновлення

локальних інвентаризацій викидів для мегаполісів із високою динамікою мобільності. Саме ці інструменти дають змогу переходити від загальних декларацій до вимірюваних рішень щодо захисту здоров'я і зниження екологічних втрат громади [152-159].

## **8.5 Практична модель дій для громади: від діагностики до впровадження**

Першим кроком для громади має бути створення інтегрованого “паспорта транспортно-екологічного стану”, у якому поєднуються дані про трафік, структуру парку, викиди, шум, показники здоров'я та просторову доступність послуг. Такий паспорт не повинен бути одноразовим звітом: його варто вести як динамічну систему індикаторів із квартальним оновленням. Саме регулярність дозволяє бачити реальний тренд, а не випадкові коливання [119], [120], [131], [150].

На цьому етапі особливо важливо правильно визначити контрольні зони: магістральні коридори, школи, лікарні, житлові квартали біля великих транспортних вузлів, логістичні кластери та проміжні території з інтенсивним транзитом. Для кожної зони мають бути встановлені цільові пороги: рівні концентрацій, шумового навантаження, часу доступу до базових послуг і прийнятні сценарії руху в пікові години [121], [124],[137], [143].

Паралельно громада повинна оцінити “вразливість населення”: частку дітей, літніх людей, осіб із хронічними захворюваннями в районах підвищеного транспортного навантаження. Це дозволяє пріоритезувати втручання там, де екологічний ризик перетворюється на найвищу медико-соціальну ціну бездіяльності [125], [127], [130], [151].

Після діагностики громада має запускати двоконтурну програму: швидкі заходи з коротким горизонтом (6–18 місяців) і структурні зміни з довгим горизонтом (3–10 років). До швидких заходів належать оптимізація світлофорного регулювання, пріоритет громадського транспорту на вузьких ділянках, перегляд організації паркування, зниження швидкості в житлових зонах, нові правила міської доставки, локальні низькоемісійні обмеження [132], [134], [139], [149].

Структурні зміни включають оновлення рухомого складу громадського транспорту, реконструкцію пересадкових вузлів, розвиток електротранспорту, переформатування магістральної мережі за принципом екологічної ефективності, а також інвестиції у безпечну активну мобільність. Важливо, що такі проєкти мають плануватися разом із житловою і соціальною інфраструктурою, інакше транспортний ефект буде обмеженим [140], [144-146].

Окремим блоком мають іти рішення для міської логістики: мікроконсолідаційні центри, вікна доставки, маршрути для важкого транспорту, цифровий контроль завантаження вуличної мережі. Саме цей блок часто дає значне зниження локальних

викидів у центральних районах без порушення постачання для бізнесу та населення [141], [142], [147], [148].

## **8.6 Очікувані результати для громади та критерії успішності політики**

Результативність екологічно-транспортної політики варто оцінювати за трьома групами індикаторів: екологічними, соціально-медичними та економічними. До екологічних належать зниження середньорічних і пікових концентрацій PM<sub>2.5</sub>/NO<sub>2</sub>, зменшення шумового навантаження у критичних точках, скорочення транспортно-обумовлених викидів CO<sub>2</sub>. Соціальномедичні показники включають динаміку госпіталізацій за респіраторними/кардіологічними профілями, частоту загострень хронічних захворювань у вразливих районах, зміни суб'єктивної оцінки якості життя [123], [126], [128], [129].

Економічні індикатори мають відображати не лише прямі витрати бюджету, а й зекономлені кошти системи охорони здоров'я, зменшення втрат продуктивності праці, стабілізацію логістичних витрат, підвищення інвестиційної привабливості міста. Коли в політиці враховується весь життєвий цикл ефектів, громада здатна обґрунтувати навіть капіталомісткі

інфраструктурні рішення через довгострокову вигоду [133], [135], [136], [138].

Критично важливою умовою є публічна прозорість: відкриті панелі моніторингу, регулярні звіти, порівняння факту з цілями та механізми корекції рішень. Такий підхід підвищує довіру мешканців і знижує конфліктність реформ у сфері мобільності. Для великої громади це означає перехід від ситуативних реакцій на кризи до стратегічного управління екологічною безпекою транспорту [152-155].

У середньостроковому горизонті успішна політика має привести до формування “екологічно стійкого транспортного профілю міста”: більша частка чистого громадського транспорту, нижча автомобільна залежність у поїздках щоденного попиту, контрольовані вантажні потоки, зменшення експозиції біля соціальної інфраструктури та відчутне скорочення медико-економічних втрат. Саме такий результат є маркером того, що громада ефективно поєднала транспортне планування, екологію і здоров’я населення в єдиній системі рішень [156-159].

## **РОЗДІЛ 9.**

### **ЦИФРОВІЗАЦІЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ**

#### **9.1 Стратегічна роль цифровізації в розвитку автомобільного транспорту**

Цифровізація автомобільного транспорту є ключовим напрямом структурної модернізації галузі, оскільки змінює не лише технічну архітектуру транспортних засобів, а й всю систему управління перевезеннями, технічним обслуговуванням, безпекою та екологічною ефективністю. У сучасній моделі транспортний засіб перетворюється з ізольованого механічного об'єкта на елемент даних-керованої мережі, у якій рішення ухвалюються на основі телеметрії, прогностичної аналітики, взаємодії з інфраструктурою та цифрових сервісних платформ [160-163]. Для автомобільного транспорту це означає перехід від реактивного управління до проактивного: замість фіксації наслідків після події система вчиться виявляти передумови ризику завчасно. Такі зміни вже спостерігаються в трьох базових контурах: керування рухом і безпекою, управління технічним станом парку, а також енергетично-екологічна оптимізація (для електричного і

гібридного транспорту). Наукові дослідження останніх років підтверджують, що найбільший ефект дає саме інтеграція цих контурів, а не точкове впровадження окремих цифрових рішень[164-167].

Одним із центральних векторів є розвиток *connected, autonomous and software-defined mobility*, де транспортний засіб отримує здатність до постійного обміну даними, оновлення функцій і контекстно-адаптивного керування. Для громад і перевізників це відкриває можливість підвищувати безпеку і продуктивність без пропорційного збільшення фізичної інфраструктури. Водночас цифровізація ставить нові вимоги до кібербезпеки, надійності комунікацій та стандартизації даних [168-171].

На галузевому рівні цифрова трансформація формує нову економіку транспортного сервісу, в якій конкурентоспроможність визначається не тільки вартістю експлуатації, а й швидкістю обробки даних, точністю прогнозування, рівнем інтеграції з інфраструктурою і здатністю швидко масштабувати інновації на весь парк. Саме тому цифровізацію доцільно розглядати як довгострокову інвестицію в стійкість і адаптивність автомобільного транспорту, а не як вузько ІТ-проект [172-175].

## **9.2 Технологічні основи цифровізації: V2X, IoV, цифрові двійники та аналітика**

Комунікаційний шар цифрового транспорту базується на технологіях V2X (vehicle-to-everything) та IoV (Internet of Vehicles), які забезпечують обмін даними між транспортними засобами, дорожньою інфраструктурою, хмарними сервісами та системами диспетчеризації. Практична цінність V2X полягає у підвищенні ситуаційної обізнаності: завчасне попередження про ризики, узгодження пріоритетів руху, адаптивне керування на перехрестях і зниження конфліктів у транспортному потоці [166-169].

Для міських і міжміських коридорів цифрові комунікації створюють основу для кооперативного керування трафіком, де інфраструктура і транспорт взаємно підсилюють одне одного. Наприклад, розумні перехрестя з V2X можуть зменшувати затримки громадського та сервісного транспорту, а також стабілізувати швидкісний режим потоку, що має позитивний ефект на безпеку й викиди. Однак для масштабного ефекту потрібні стандарти інтероперабельності, стабільний зв'язок і захищені протоколи обміну [170-173].

Окремим перспективним напрямом є семантичні комунікації в IoV, де передається не “сирий” масив даних, а пріоритезований зміст, релевантний до поточної задачі керування. Це підвищує ефективність використання каналу, зменшує

затримки і покращує роботу систем у щільному міському середовищі. Для автомобільного транспорту такий підхід важливий у сценаріях високої динаміки, де часовий ресурс критично обмежений [174-177].

Цифровий двійник транспортного засобу або його критичних підсистем (тяговий мотор, батарея, силова електроніка, трансмісія) дозволяє створити віртуальну модель технічного стану в реальному часі. На відміну від класичного моніторингу, цифровий двійник підтримує сценарний аналіз і прогнозування: коли доцільно виконати втручання, який ресурс залишився, як змінюється ризик відмови за різних режимів експлуатації[160], [161], [178], [179].

У сегменті електромобілів і комерційного автотранспорту такі моделі стають критичними через високу ціну помилки в керуванні ресурсом батареї та електроприводу. Поєднання телеметрії, машинного навчання і фізично обґрунтованих моделей дозволяє переходити до condition-based та predictive maintenance, зменшуючи аварійні простої і непродуктивні витрати [180-183].

Супутньо розвиваються методи інтелектуальної діагностики несправностей: аналіз сигналів, віброакустичні ознаки, багатосенсорне злиття, нейромережеві класифікатори, LLM-підтримка інтерпретації кодів дефектів. Практика показує, що найбільш ефективними є гібридні моделі, де алгоритм не лише “виявляє”, а й пропонує технологічно коректну послідовність сервісних дій [184-187].

### **9.3 Операційні ефекти цифровізації: безпека, надійність, екологічна та економічна ефективність**

Цифровізація має прямий вплив на безпеку руху через кращу виявлюваність ризиків, стабілізацію режимів керування і скорочення частки раптових технічних відмов. Системи раннього попередження, інтелектуальна обробка телеметрії та цифрова координація з інфраструктурою дозволяють зменшувати аварійність як у приватному, так і в комерційному сегменті. Особливе значення це має для міських умов із високою інтенсивністю трафіку [163], [166], [170], [188].

У технічній експлуатації цифровізація знижує середню тривалість простою, підвищує first-time-fix rate і покращує планування запасів запчастин. Для автопідприємств це означає зменшення втрат від незапланованих ремонтів і вищу передбачуваність транспортної роботи. Важливо, що ефект масштабу проявляється швидше там, де цифрові дані інтегровані з диспетчеризацією і виробничим плануванням, а не обмежені локальним діагностичним модулем [178], [180], [189], [190].

Екологічний ефект цифровізації формується через оптимізацію стилю водіння, маршрутизації, енергоспоживання та технічного стану парку. Для електричного транспорту вирішальним стає точне керування батарейним ресурсом і режимами заряджання; для ДВЗ-сегмента — стабілізація викидів

за рахунок своєчасного виявлення деградації вузлів. У підсумку цифрові рішення допомагають одночасно знижувати витрати палива/енергії та екологічне навантаження [162], [181], [182], [191].

Економічно цифровізація змінює структуру витрат: зростають інвестиції в дані, зв'язок і аналітику, але зменшуються втрати від аварійних подій, простоїв і неефективного використання ресурсу техніки. Для великих автопарків це часто дає позитивний ефект уже в середньостроковій перспективі, особливо за умови поетапного впровадження й чітких KPI результативності [172], [179], [183], [192].

#### **9.4 Бар'єри впровадження та дорожня карта цифрової трансформації**

Попри технологічну зрілість багатьох рішень, практичне впровадження цифровізації в автомобільному транспорті стримується рядом системних бар'єрів: фрагментованістю даних, різномірністю парку, обмеженою інтегрованими платформами, браком компетенцій персоналу, ризиками кібербезпеки та складністю масштабування пілотних проєктів. Часто саме організаційна неготовність стає головним обмеженням, а не дефіцит технологій [164], [165], [173], [174].

Для комерційних перевізників критичним є питання довіри до алгоритмів і якості даних. Якщо телеметрія неповна, а сенсори калібруються нерегулярно, прогнозні моделі втрачають точність, що дискредитує цифрові інструменти в очах операційних команд. Тому впровадження має починатися з data governance: стандартів збору, верифікації, доступу і відповідальності за дані [175], [184], [186], [193].

Окремо слід враховувати нормативні аспекти: сертифікацію цифрових функцій, юридичну відповідальність у V2X-сценаріях, захист персональних даних та вимоги до кіберстійкості критичної транспортної інфраструктури. Без узгодження регуляторної бази масштабування цифрових сервісів відбувається повільно і нерівномірно [167], [168], [171],[194].

Ефективна цифрова трансформація автомобільного транспорту реалізується поетапно. Перший етап — цифрова інвентаризація: аудит парку, каналів даних, наявних ІТ-систем, виробничих процесів і цільових KPI. Другий етап — запуск пілотів на критичних вузлах цінності (безпека, техстан, логістика), із чіткими критеріями успіху. Третій — масштабування на весь парк з інтеграцією в управлінські контури підприємства[176], [178], [189], [190].

Для громад додатково важливо синхронізувати цифровізацію автотранспорту з міською інфраструктурою: інтелектуальними перехрестями, цифровим моніторингом трафіку, низькоемісійними політиками і платформами міської мобільності.

Саме інтеграція “транспортний засіб — мережа — місто” формує максимальний суспільний ефект і дозволяє перейти від локальної автоматизації до системного підвищення якості мобільності [166], [170], [177], [191].

У довгостроковій перспективі цифровізація автомобільного транспорту має розглядатися як безперервний процес оновлення, де технології, кадри, регуляторика і бізнес-модель змінюються синхронно. Лише за такого підходу можливо забезпечити одночасно безпеку, економічну ефективність і екологічну стійкість транспортної системи, а також конкурентоспроможність галузі в умовах швидких технологічних змін [180],[185], [192], [195], [196].

## РОЗДІЛ 10.

### ЕКОНОМІКА ТА ЛОГІСТИКА ВЕЛИКИХ МІСТ

#### 10.1 Вступ

Економіка великого міста працює як складна багаторівнева система потоків: людей, товарів, послуг, енергії, інформації та фінансів. Логістика в цій системі не є лише технічною функцією транспортування; вона формує собівартість міського життя, доступність робочих місць, конкурентоспроможність бізнесу, стійкість критичної інфраструктури та соціальну справедливість доступу до базових послуг. Чим більшим і щільнішим стає місто, тим вищою є ціна логістичних помилок: зростають затори, операційні витрати, часові втрати, нерівність мобільності, локальні екологічні ризики, бюджетний тиск на громаду.

У сучасних мегаполісах логістична ефективність дедалі більше визначається не окремим видом транспорту, а якістю інтеграції між видами перевезень, цифровими платформами керування, політикою землекористування, регулюванням останньої милі та поведінкою користувачів. Через це економічна оцінка логістики виходить за межі класичної моделі “витрати на перевезення”: у фокусі опиняються повні суспільні витрати, включно з часом поїздки, ризиками збоїв, зовнішніми

екологічними ефектами, витратами на безпеку та здоров'я населення.

Досвід останніх років показує, що великі міста, які системно поєднують транспортне планування з економічною стратегією, отримують стійкі переваги: нижчу волатильність логістичних витрат, вищу продуктивність праці, кращу інвестиційну привабливість, швидше впровадження чистих технологій і більш передбачувані результати для бізнесу та громади. Натомість фрагментовані рішення (окремо дороги, окремо громадський транспорт, окремо цифровізація) часто лише перерозподіляють проблеми між районами, не знижуючи сумарного економічного навантаження.

Отже, для мегаполісу логістика є частиною економічної безпеки та довгострокової якості розвитку. Ефективна міська логістична політика повинна одночасно розв'язувати завдання швидкості, надійності, доступності, екологічної сумісності та фінансової життєздатності. Саме така багатокритеріальна рамка дає змогу оцінювати не лише “скільки коштує перевезення”, а “яку економіку формує міська мобільність” у середньотривалому довгостроковому горизонті [1-20].

## **10.2 Структура міських логістичних витрат і продуктивність економіки**

Логістичні витрати великого міста доцільно поділяти на три контури. Перший — прямі витрати операторів і користувачів: паливне/електроенергія, амортизація парку, зарплати персоналу, ремонт, IT-інфраструктура, страхування, складські операції, платежі за доступ до окремих зон. Другий — непрямі витрати, що виникають через нестабільність системи: простой в заторах, пропущені часові вікна постачання, зриви сервісних рівнів, потреба у страховому запасі, нерівномірне завантаження персоналу, втрати через низьку прогнозованість попиту.

Третій контур — зовнішні витрати, які традиційно недооцінюються в бухгалтерії підприємств, але безпосередньо тиснуть на міську економіку: погіршення якості повітря, шумове навантаження, дорожній травматизм, погіршення здоров'я населення, зниження продуктивності праці через стрес і втому в дорозі, зменшення привабливості окремих територій для інвестицій. Коли місто не інтегрує ці витрати в політику, воно фактично субсидує неефективні транспортні практики за рахунок системи охорони здоров'я, домогосподарств і майбутніх бюджетних ресурсів.

Економічна логіка сучасної логістики вимагає переходу до моделі повної вартості життєвого циклу транспортного рішення.

Це означає, що інвестиційний проєкт (наприклад, виділені смуги, перехоплюючі хаби, електробуси, цифрові центри керування рухом) оцінюється не лише за капітальними витратами, а за сумарним ефектом у горизонті експлуатації: чи зменшує він системну невизначеність, чи підвищує пропускну здатність без розширення дорожнього полотна, чи скорочує екологічні та медичні втрати, чи покращує доступ до ринку праці [21-40].

Для міської економіки критичним є показник “надійності часу поїздки”, а не лише середньої швидкості руху. Бізнес адаптується до повільного, але передбачуваного середовища значно краще, ніж до високої волатильності. Коли варіативність часу доставки велика, компанії збільшують буферні запаси, тримають резервний транспорт, закладають додаткові змінні в графіки персоналу та підвищують ціни, щоб перекрити ризик. Таким чином, низька логістична надійність прямо трансформується у вищу інфляцію міських послуг і товарів.

Логістика також формує “ефективний радіус доступу” до робочих місць. Якщо працівник може стабільно дістатися до широкого спектра вакансій у прийнятний час, ринок праці стає глибшим: бізнес швидше закриває вакансії, а домогосподарства отримують вищий дохідний потенціал. Якщо ж мобільність фрагментована, місто втрачає агломераційний ефект: географічна близькість населення та бізнесу не перетворюється на економічну вигоду.

Особливо чутливими до якості міської логістики є сектори з високою частотою обігу: ритейл, HoReCa, міська дистрибуція продуктів, е-commerce, сервісні та ремонтні послуги, охорона здоров'я, екстрена допомога. Для них затримка “останньої милі” або нестача прогнозованості на стику “склад — район — клієнт” мають мультиплікативний ефект: падає оборотність, зростають списання, погіршується клієнтський досвід, втрачається податкова база. Тому в мегаполісі логістика є не допоміжною, а базовою продуктивною інфраструктурою [41- [60].

### **10.3 Міська вантажна логістика (остання миля, хаби та регулювання потоків)**

Остання миля у великих містах є найдорожчим сегментом ланцюга постачання через щільний трафік, складну адресну структуру, обмеження паркування, високі вимоги до часових слотів та дрібнопартійний характер доставки. Зростання електронної комерції додатково підсилило цю проблему: кількість точок доставки різко зростає, тоді як середній розмір відправлення зменшується. У результаті навіть за стабільного загального попиту собівартість розподілу має тенденцію до збільшення.

Раціональна модель для мегаполісу передбачає багаторівневу структуру: периферійні консолідаційні хаби, міські

мікрохаби, гнучкі правила в'їзду у центральні зони, стандартизацію вікон доставки, комбінування великотоннажного та малотоннажного/беземісійного транспорту на різних ділянках маршруту. Такий підхід зменшує дублювання пробігів, вирівнює навантаження на вузькі місця мережі, скорочує час обробки замовлень і покращує передбачуваність сервісу для кінцевого споживача.

Важливо, що ефективність мікрохабів залежить не лише від інфраструктури, а й від цифрової координації між операторами. Якщо дані про попит, дорожню ситуацію, доступні слоти та завантаження майданчиків не інтегровані, фізична інфраструктура працює нижче потенціалу. Тому інвестиції в хаби повинні супроводжуватися єдиними протоколами обміну даними, прозорими KPI та контрактними стимулами до спільного використання ресурсів.

Міська влада має знаходити баланс між трьома цілями: не допустити транспортного перевантаження, зберегти конкурентність ринку доставки та гарантувати доступність базових сервісів для всіх районів. Надмірно жорсткі обмеження на в'їзд/час можуть витіснити дрібних операторів і підвищити кінцеві ціни; надто м'які правила — законсервувати затори і збільшити зовнішні витрати для громади. Тому регуляторний дизайн має бути адаптивним: пілотні режими, сезонні корекції, диференційовані тарифи доступу, винятки для критичних вантажів, а також перехідні періоди для малого бізнесу.

Економічно виправданою є модель “платить той, хто створює пікове навантаження”, але за умови прозорого повернення частини доходів у модернізацію логістичної інфраструктури: цифрові системи бронювання слотів, зони швидкого розвантаження, підтримка чистого транспорту, безпечні маршрути для вразливих учасників руху. Це підвищує легітимність регуляції та зменшує конфліктність із бізнесом.

Ключовим показником якості політики стає не кількість заборон, а інтегральний результат: стабільніший час доставки, нижча частка зірваних замовлень, менший вуглецевий та шумовий слід, вища фінансова стійкість операторів і доступність товарів у периферійних районах міста. Саме такий підхід перетворює регулювання з адміністративного інструменту на механізм підвищення загальної економічної ефективності мегаполісу.

## **10.4 Пасажирська мобільність як економічний актив міста**

Пасажирська логістика у великому місті визначає, наскільки ефективно перетворюється концентрація населення на економічну додану вартість. Висока щільність без якісної мобільності не створює продуктивності, а навпаки — генерує просторові бар’єри, вартість часу та соціальне напруження. Економічно сильна модель

мегаполісу передбачає, що громадський транспорт, пішохідна і велосипедна інфраструктура, а також сервісні моделі спільної мобільності працюють як єдина мережа з узгодженими пересадками, тарифною логікою та цифровою інформацією в реальному часі.

Для домогосподарств доступність швидкого і надійного громадського транспорту означає зниження “транспортної бідності”: менша частка доходу витрачається на поїздки, зростає доступ до освіти, медицини і праці. Для бізнесу це означає ширший кадровий пул, нижчі втрати робочого часу, меншу плинність кадрів і вищу стабільність графіків. Для міського бюджету — кращу окупність інфраструктурних інвестицій через підвищення продуктивності території.

Критичною умовою є пріоритезація масового транспорту в коридорах із високим попитом: виділені смуги, пріоритет на перехрестях, інтегровані вузли пересадки з безпечними підходами, прогнозне управління інтервалами, стандарти якості сервісу за надійністю, а не лише за середньою швидкістю. Така політика не обмежує економічну активність, а знижує системні втрати від хаотичної автомобілеорієнтованої мобільності [101-120].

Тарифна політика у великих містах повинна одночасно підтримувати соціальну доступність і фінансову життєздатність перевізника. Надто низькі тарифи без компенсаторних механізмів призводять до хронічного недофінансування, деградації сервісу та прихованого зростання нерівності (бо найбільше страждають

користувачі, які не мають альтернатив). Надто високі тарифи виштовхують частину пасажирів у менш ефективні або небезпечні транспортні практики, а інколи — у транспортну ізоляцію.

Економічно збалансований підхід включає багатокomпонентну модель: базовий тариф, адресні соціальні інструменти підтримки, прозору компенсацію пільг, інтегрований квиток між видами транспорту, а також стимулювання позапікових поїздок. Для великого міста також важлива прогнозованість тарифної траєкторії: бізнес і населення повинні розуміти правила гри на рік і більше, щоби планувати витрати.

Водночас будь-яка тарифна політика має оцінюватися через повний економічний ефект. Якщо підвищення тарифу тимчасово покращує касову дисципліну, але знижує мобільність працездатного населення та доступ до робочих місць, сумарний ефект для міста може бути негативним. Тому фінансовий баланс перевізника має узгоджуватися з цілями ринку праці, соціальної інтеграції та територіальної зв'язаності.

## **10.5 Цифрова логістика і керування міськими потоками в реальному часі**

Цифровізація логістики великих міст переходить від етапу локальних IT-рішень до етапу платформеного управління всією

мережею. Йдеться про інтеграцію даних із транспортних засобів, дорожньої інфраструктури, мобільних сервісів, складських систем, сенсорів якості повітря, платіжних платформ і муніципальних реєстрів. На цій основі формуються цифрові двійники міської мобільності, які дозволяють тестувати сценарії політики до впровадження: зміни маршрутів, часових обмежень, тарифів, пріоритетів руху, схеми хабів або аварійного перерозподілу потоків.

Економічна цінність таких систем полягає у зниженні невизначеності. Коли рішення приймаються не “постфактум”, а на основі прогнозу ймовірних заторів, попиту та ризиків, місто скорочує втрати від пікових навантажень і неефективних капіталовкладень. Для оператора це означає кращу оборотність парку, менше холостих пробігів, точніші графіки ТО, нижчі експлуатаційні витрати. Для мешканця — вищу надійність і прозорість сервісу.

Однак технологічна інтеграція без інституційної архітектури не працює. Потрібні стандарти обміну даними, правила кібербезпеки, розподіл відповідальності між містом і приватними операторами, процедура аудиту алгоритмів, а також правові механізми захисту персональних даних. Лише за таких умов цифрова логістика стає не набором пілотів, а базовою інфраструктурою економічного розвитку мегаполісу [160].

Підключені транспортні засоби, V2X-комунікації, системи підтримки водія, автономні функції та предиктивне

техобслуговування поступово змінюють операційну логіку міської логістики. У короткостроковому періоді найбільший ефект дає не повна автономність, а керована автоматизація окремих процесів: запобігання інцидентам, оптимізація енергоспоживання, раннє виявлення несправностей, адаптивне маршрутизування залежно від стану мережі та пріоритетів міста.

Для економіки великого міста це означає вищу операційну стійкість: менше аварійних простоїв, стабільніша доставка критичних вантажів, нижчі ризики каскадних збоїв у пікові періоди або під час криз (екстремальна погода, енергетичні обмеження, інфраструктурні пошкодження). Водночас автоматизація вимагає інвестицій у кадри: диспетчери, інженери даних, фахівці з кібербезпеки, сервісні команди для високотехнологічного обслуговування парку.

Ключовий економічний принцип тут — “технологія + процедура + відповідальність”. Якщо місто або оператор впроваджує складні цифрові системи без оновлення регламентів, метрик та компетенцій персоналу, очікуваний ефект не реалізується. Якщо ж автоматизація супроводжується чітким управлінським контуром, вона стає потужним фактором зниження витрат і підвищення надійності міських логістичних сервісів.

## **10.6 Екологічна економіка міської логістики та здоров'я населення**

У великих містах транспортні викиди і шум є не лише екологічною, а й макроекономічною проблемою муніципального рівня. Погіршення якості повітря підвищує навантаження на систему охорони здоров'я, збільшує непрацездатність, знижує когнітивну й фізичну продуктивність, погіршує навчальні результати дітей, формує довгострокові ризики для людського капіталу. Шумове забруднення впливає на серцево-судинні та психофізіологічні показники, підвищує хронічний стрес, а отже — має прямий економічний вимір через втрати робочого часу та додаткові витрати домогосподарств.

Тому сучасна економіка міської логістики має включати в модель “вартість уникнутих захворювань” та “вартість покращеної якості середовища” як повноцінні компоненти ефективності інвестицій. Наприклад, електрифікація автобусного парку, пріоритет громадського транспорту, екологічні коридори вантажного руху, зниження холостого ходу на перехрестях і контроль пікових навантажень можуть дати більший сумарний ефект, ніж локальні розширення проїзної частини без системного управління попитом.

Для мегаполісів також важливо, що екологічні ризики розподіляються нерівномірно: найбільш вразливі групи населення

часто проживають у районах із вищою транспортною експозицією. Це означає, що екологічно-логістична політика одночасно є політикою соціальної справедливості та довгострокової стабільності міського розвитку [181-196].

Для досягнення економічно та соціально збалансованого результату великому місту доцільно реалізовувати пакетну модель змін. По-перше, інтегрувати транспортне і просторове планування: житло, робочі місця, логістичні вузли, соціальна інфраструктура мають проектуватися в єдиній доступності, а не як ізольовані проекти. По-друге, упроваджувати адаптивне управління попитом: гнучкі часові режими, диференційовані тарифи, підтримка розподіленої доставки, пріоритет масового та чистого транспорту.

По-третє, будувати єдину цифрову архітектуру міської мобільності з прозорими правилами даних і КРІ. По-четверте, переходити до фінансування за результатом: бюджетні та інвестиційні рішення прив'язувати до вимірюваних змін у надійності руху, викидах, безпеці, доступності та продуктивності. По-п'яте, закладати у політику принцип стійкості до шоків: резервні сценарії постачання, енергетична гнучкість, кризові протоколи для критичних служб.

У підсумку, економіка і логістика великих міст повинні розглядатися як єдина керована система створення суспільної цінності. Місто, яке вміє узгоджувати швидкість, надійність, справедливість і екологічну якість мобільності, отримує довгострокову конкурентну перевагу — як для бізнесу, так і для

мешканців. Саме цей підхід формує основу стійкого урбаністичного розвитку в умовах технологічної, кліматичної та соціальної невизначеності.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Jia, C., Liu, W., He, H., et al. (2026). Decoupled safety supervision powering efficient and safe energy management for fuel cell vehicles. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 3, 16.
2. Zhao, M., Lei, S., Li, S., et al. (2026). Disparities in the impacts of extreme heat events on subway ridership in New York City. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 3.
3. Feng, G., Li, Y., Tok, A. Y. C., et al. (2026). Domain informed visionlanguage model for sustainable freight with drayage truck powertrain and cargo classification. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 3.
4. Huang, K., van Lith, B., Ruzzenenti, F., et al. (2026). Rebound effects of power enhancement in internal combustion and electric vehicles. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 3.
5. Augusto Manzolli, J., Yu, J., D'Apice, A. V., et al. (2026). Balancing energy resilience and mobility: A multi-objective strategy for deploying shared autonomous electric vehicles during power outages. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 3.
6. de Ruijter, A., Dandl, F., & Cats, O. (2026). Two-sided dynamics in monopolistic ridesourcing markets with private and pooled rides. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 3.
7. Janatabadi, F., Ermagun, A., & Levinson, D. (2026). Spatial patterns of access-density mismatch reveal infrastructure gaps and

strategic opportunities for new housing. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 3.

8. Koroma, M. S., Alwosheel, A., et al. (2026). Aligning vehicle electrification with power sector transitions: Life cycle insights across diverse grids. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 3.

9. Marzolla, F., Melo, H. P. M., Loreto, V., et al. (2026). Proximitybased cities emit less mobility-driven CO<sub>2</sub>. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 3.

10. Dai, Z., Li, D., Zhang, R., et al. (2026). Passenger flow distribution forecasting at integrated transport hub via group evolution mechanism and multimodal data. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 3.

11. Shehabeldeen, A., & Mohamed, M. (2026). Advancing electric bus transit system optimization with bus rotation across routes. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 3.

12. Li, Y., Du, P., Zhang, Y., et al. (2026). Mobile sensing discovery of when where and why vulnerable road users break traffic rules. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 3.

13. Qin, T., Tu, R., Wang, S., et al. (2026). A citywide spatiotemporal perspective of particulate matter concentration on underground subway platforms. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 3.

14. Moawad, A., Zebiak, M., Rousseau, A., et al. (2025). Insights in to adaptive cruise control and energy efficiency in electric vehicles. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 2.

15. Hakiminejad, Y., Pantesco, E., Tavakoli, A., et al. (2025). Understanding passenger experience in public transportation built environment through eye tracking. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 2.
16. Toet, A., van Kuijk, J., & Santema, S. (2025). Tensions in air and rail integration based on a European longitudinal case study with stakeholders. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 2.
17. Guo, Y., Wen, S., Guo, Z., et al. (2025). Rising carbon emissions from expanding highway tunnels and reduction pathways in China. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 2.
18. Rizki, M., Joewono, T. B., & Susilo, Y. O. (2025). Examining virtual physical activity links across purposes, timeframes and locations in the Super Apps era. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 2.
19. Salazar, M., Betancur Giraldo, S., & Martens, K. (2025). Mobilizing transport justice: A sufficientarian optimization framework for intermodal mobility systems. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 2.
20. Tsoi, B. H. N., & Liu, J. C.-E. (2025). Assessing airline communication for voluntary carbon offsets. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 2, 10.
21. Zhan, W., Liao, Y., Deng, J., et al. (2025). Large-scale empirical study of electric vehicle usage patterns and charging infrastructure needs. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 2.
22. Ma, X., Ma, W., Liu, X., et al. (2025). Optimizing bus charging infrastructure by incorporating private car charging demands and uncertain solar photovoltaic generation. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 2.

23. Chauhan, R. S., Sutradhar, U., & Derrible, S. (2025). Causation versus prediction in travel mode choice modeling. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 2.
24. Yu, C., Dong, W., Yuan, Q., et al. (2025). Multi-layer regional railway network and equitable economic development of megaregions. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 2.
25. Ayaragarnchanakul, E., Klauber, H., & Creutzig, F. (2025). The impact of the Bangkok metro expansion via Big Taxi GPS probe data. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 2.
26. Mitra, B., Pal, S., Kintner-Meyer, M., et al. (2025). Unveiling sectoral coupling for resilient electrification of the transportation sector. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 2.
27. Toering, A., de Bruijne, M., & Veeneman, W. (2025). Exploring governance challenges of sustainable infrastructure development on the nexus between energy and mobility. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 2.
28. Chevance, G., Andrieu, B., Bernard, P., et al. (2024). How gaso line prices influence the effectiveness of interventions targeting sustainable transport modes? *npj Sustainable Mobility and Transport*, 1.
29. Daniotti, S., Servedio, V. D. P., & Thurner, S. (2024). Systemic risk approach to mitigate delay cascading in railway networks. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 1.
30. Chang, X., Wu, J., Kang, Z., et al. (2024). Estimating emissions reductions with carpooling and vehicle dispatching in ridesourcing mobility. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 1, 16.

31. Riehl, K., Kouvelas, A., & Makridis, M. A. (2024). Karma economies for sustainable urban mobility – A fair approach to public good value pricing. *npj Sustainable Mobility and Transport, 1*.
32. Ling, C., Tang, J., Yang, J., et al. (2024). Unraveling the relation between carbon emission and carbon footprint: A literature review and framework for sustainable transportation. *npj Sustainable Mobility and Transport, 1*.
33. Hendriks, J. N., & Sturmberg, B. C. P. (2024). An integrated model of electric bus energy consumption and optimised depot charging. *npj Sustainable Mobility and Transport, 1*.
34. Essus, Y., Rachunok, B., et al. (2024). Electric vehicles limit equitable access to essential services during blackouts. *npj Sustainable Mobility and Transport, 1*.
35. Saberi, M., & Lilasathapornkit, T. (2024). Scalability challenges of machine learning models for estimating walking and cycling volumes in large networks. *npj Sustainable Mobility and Transport, 1*.
36. Sturmberg, B. C. P., Hapuarachchi, L., van Biljon, J., et al. (2024). Vehicle-to-grid response to a frequency contingency in a national grid. *npj Sustainable Mobility and Transport, 1*.
37. Kucharski, R., & Cats, O. (2024). Hyper pooling private trips into high occupancy transit like attractive shared rides. *npj Sustainable Mobility and Transport, 1*.
38. Sayarshad, H. R. (2024). Optimization of electric charging infrastructure: Integrated model for routing and charging coordination with power aware operations. *npj Sustainable Mobility and Transport, 1*.

39. Bulson, E. E., Kontar, W., & Hicks, A. (2024). Reduced travel emissions through a carbon calculator with accessible environmental data: A case study in Madison, Wisconsin. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 1.
40. Cats, O. (2025). The long journey towards a shift to rail in the European long-distance passenger transport market. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 2, 7. <https://doi.org/10.1038/s44333-025-00025-9>
41. Seger, M., Brand, C., Clement, C., et al. (2025). Firm level optimization strategies for sustainable and cost effective electric vehicle workplace charging. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 2, 11. <https://doi.org/10.1038/s44025-00032-w>
42. Chen, Y., Li, C., Wang, W., et al. (2025). The landscape, trends, challenges, and opportunities of sustainable mobility and transport. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 2, 8. <https://doi.org/10.1038/s44333025-00026-8>
43. Homem de Almeida Rodriguez Correia, G. (2025). Increasing transport sustainability through the integration between power grids and electric mobility systems. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 2, 17. <https://doi.org/10.1038/s44333025-00036-6>
44. Tori, S., van Vessem, C., & Macharis, C. (2025). Enablers and barriers to shifting to sustainable mobility: Takeaways from a sustainability campaign in Flanders, Belgium. *npj Sustainable Mobility and Transport*, 2, 19. <https://doi.org/10.1038/s44333-025-00034-8>
45. Arena, F., Pau, G., Severino, A., & Campisi, T. (2021). Predictive Maintenance in the Automotive Sector: A Literature Review.

*Mathematical and Computational Applications*, 27(1), 2.  
<https://doi.org/10.3390/mca27010002>

46. Gao, D., & Lin, X. (2021). Fault Diagnosis Method of DC Charging Points for Electric Vehicles Based on Deep Belief Network. *World Electric Vehicle Journal*, 12(1), 47.  
<https://doi.org/10.3390/wevj12010047>

47. Jiang, S., Li, J., Jiang, Y., & Deng, C. (2021). Fault Diagnosis for PEMFC Water Management Subsystem Based on Audio Deep Learning. *World Electric Vehicle Journal*, 12(4), 255.  
<https://doi.org/10.3390/wevj120402>

48. Saha, S., & Kar, U. (2023). Signal-Based Position Sensor Fault Diagnosis Applied to PMSM Drives in EV Propulsion Systems. *World Electric Vehicle Journal*, 14(5), 123.  
<https://doi.org/10.3390/wevj14050123>

49. Terwilliger, A., & Siegel, J. (2022). Improving Misfire Fault Diagnosis with Machine Learning. *Sensors*, 22(20), 7736.  
<https://doi.org/10.3390/s22207736>

50. Hou, W., et al. (2023). Fault Diagnosis of the Autonomous Driving Perception System Based on Multi-Sensor Information. *Sensors*, 23(11), 5110. <https://doi.org/10.3390/s23115110>

51. Li, S., Frey, M., & Gauterin, F. (2023). Evaluation of Different Fault Diagnosis Methods and Their Applications in Vehicle Systems. *Machines*, 11(4), 482. <https://doi.org/10.3390/machines11040482>

52. A fault diagnosis framework for autonomous vehicles with sensor self diagnosis. (2023). *Expert Systems with Applications*.  
<https://doi.org/10.1016/j.eswa>

53. Chaudhuri, A. (2024). Predictive maintenance of vehicle fleets through hybrid deep learning. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*. <https://doi.org/10.1>
54. Crespo Del Castillo, A., & Parlikad, A. (2024). Dynamic Fleet Management for Predictive Maintenance. *Reliability Engineering & System Safety*. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2024.110243>
55. Lins, R. G., et al. (2025). Methodology for Commercial Vehicle Mechanical Systems Maintenance. *IEEE Access*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.354>
56. Mahale, Y., et al. (2025). AI-driven predictive maintenance in vehicles: A review. *SN Applied Sciences*. <https://doi.org/10.1007/s42452-02506681-3>
57. Cavus, M., et al. (2025). Next Generation of Electric Vehicles: AI-Driven Approaches for Reliability and Maintenance. *Energies*, 18(5), 1041. <https://doi.org/10.3390/en18051041>
58. Advances in intelligent vehicular health monitoring and fault diagnosis. (2025). *Measurement*. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2025.117618>
59. Fault diagnosis of multi-mode electromechanical compound transmission system for HEV. (2024). *Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.133015>
60. Amaitik, N., et al. (2024). Utilising Digital Twins for Smart Maintenance Planning of Fuel Cell in EVs. *MATEC Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/mateconf/202440110010>

61. Kumar, P., et al. (2026). Self-Supervised Diagnostics & Prognostics Framework for Predictive Maintenance in EVs. <https://doi.org/10.4271/202626-0673>
62. Joshi, P., et al. (2026). Digital Twin for Motor and MCU in EVs: Intelligent Prognostics Approach. <https://doi.org/10.4271/2026-26-0479>
63. Valiyil, R., et al. (2025). AI Enabled Digital Twin of the Traction Motor of an EV. <https://doi.org/10.4271/2025-01-8564>
64. Ravikumar, S., et al. (2025). Fault Diagnosis of EV Motor Testing Machine Gear Components. <https://doi.org/10.4271/2025-28-0177>
65. Joshi, U., & Mandhana, A. (2025). Battery Health Estimation Using Ensemble Learning for EV Maintenance. <https://doi.org/10.4271/202528-0204>
66. Padma Priya, S., et al. (2025). Electronic Control Units for Enhanced Safety and Monitoring in EVs. <https://doi.org/10.4271/2025-01-5040>
67. G. A., & Gumma, M. (2026). Predictive Modelling of Battery Behaviour for Maintenance Planning. <https://doi.org/10.4271/2026-26-0385>
68. Ahmad, A., et al. (2026). Software-Defined Vehicles and Data-Centric Maintenance Architectures. <https://doi.org/10.4271/2026-26-0691>
69. Li, Z. (2024). Fault analysis and elimination of motor sensors in pure electric vehicles. <https://doi.org/10.54097/kka2wq45>

70. Rahman, M. (2025). Predictive Maintenance of EV Components Using IoT Sensors and Cloud Analytics. <https://doi.org/10.30574/wjaets.2025.17.3.1557>
71. Mahmud, K., et al. (2023). A Service Model of Predictive Maintenance for Autonomous and Connected Vehicles Using 5G. <https://doi.org/10.1109/SSE600>
72. Wang, J., et al. (2021). Fault Diagnosis of Bearings Based on Multi-Sensor Fusion and Deep Learning. *IEEE Access*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2>
73. Shen, J., et al. (2024). Fault Diagnosis of Rolling Bearing Based on GAF and Lightweight Model. *Sensors*, 24(18), 5952. <https://doi.org/10.3390/s2418>
74. Akbalik, F., et al. (2024). Engine Fault Detection by Sound Analysis and Machine Learning. *Applied Sciences*, 14(15), 6532. <https://doi.org/10.3390/app>
75. Zhang, H., et al. (2025). LLM-Based Intelligent Fault Information Retrieval for New Energy Vehicles. *Applied Sciences*, 15(7), 4034. <https://doi.org/10.3390>
76. Zhao, S., et al. (2023). Fault Signal Noise Reduction Based on Improved CEEMDAN-SVD. *Applied Sciences*, 13(19), 10713. <https://doi.org/10.3390/app131>
77. Wei, H., et al. (2024). Fault identification of the vehicle suspension system with intelligent algorithms. *Mechanical Sciences*, 15, 445–460. <https://doi.org/10.5194/ms-15-445-2024>

78. Rajesh, K., et al. (2025). Vibration-based fault diagnosis of automotive suspension systems. *Results in Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.1>
79. Hybrid digital twin-based fault diagnosis framework for PMSMs in EV applications. (2025). *Frontiers in Applied Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.fraope.2>
80. Xie, N., et al. (2025). Fault Diagnosis Method of Four-Level Converter for EV Powertrains. *World Electric Vehicle Journal*, 16(11), 617. <https://doi.org/10.3390/wevj16040238>
81. Ye, M., et al. (2025). Fault Diagnosis of PMSM Based on WPT and GA-Optimized BPNN. *World Electric Vehicle Journal*, 16(4), 238. <https://doi.org/10.3390/wevj16040238>
82. Yin, J., & Cen, G. (2022). Intelligent Motor Bearing Fault Diagnosis Using Channel Attention-Based CNN. *World Electric Vehicle Journal*, 13(11), 208. <https://doi.org/10.3390/wevj13110208>
83. Yang, H., et al. (2022). Performance Simulation and Fault Analysis under Three-Phase Short-Circuit Fault in EV Drive Systems. *World Electric Vehicle Journal*, 13(11), 216. <https://doi.org/10.3390/wevj13110216>
84. Fault Diagnosis Method of PMSM Demagnetization and Eccentricity Based on Branch Current. (2025). *World Electric Vehicle Journal*. <https://doi.org/10.3390/wevj16110617>
85. Hybrid CNN-BiLSTM-MHSA Model for Accurate Fault Diagnosis of Rotor Motor Bearings. (2025). *Mathematics*, 13(3), 334. <https://doi.org/10.3390/m>

86. A Predictive Quality Inspection Framework for Automotive Manufacturing and Maintenance Analytics. (2024). *Sensors*, 24(17), 5644. <https://doi.org/10.33>
87. Zha, X., et al. (2024). Joint Fault Diagnosis of IGBT and Current Sensor in LLC Converter Module. *Sensors*, 24(24), 8077. <https://doi.org/10.3390/s>
88. Janani, D., et al. (2021). Predictive Maintenance and Battery Life Saver for Electric Vehicles. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*. <https://doi.org/10.17762/turcomat.v12i6.7166>
89. Cervero, R., & Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research Part D*. [https://doi.org/10.1016/S0192-0299\(97\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S0192-0299(97)00009-6)
90. Ewing, R., & Cervero, R. (2010). Travel and the Built Environment: A Meta-Analysis. *Journal of the American Planning Association*. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2010.03.003>
91. Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>
92. Geurs, K., & van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies. *Journal of Transport Geography*. <https://doi.org/10.1016/j.jtrigeo.2004.05.002>
93. Bruno, M., et al. (2024). A universal framework for inclusive 15-minute cities. *Nature Cities*. <https://doi.org/10.1038/s44284-024-00119-4>
94. Ribeiro, H. (2024). Quantifying the 15-minute city concept. *Nature Cities*. <https://doi.org/10.1038/s44284-024-00122-9>

95. Abbiasov, T., et al. (2024). The 15-minute city quantified using human mobility data. *Nature Human Behaviour*. <https://doi.org/10.1038/s41562023-01770-y>
96. Canestrini, M., & Giannopoulos, I. (2025). Beyond Walking and Biking: Role of Public Transport in 15-Minute Cities. <https://doi.org/10.5194/agilegiss-6-2-2025>
97. Wolan'ski, M. (2023). Railway stations and public transport nodes in 15minute cities. *Infrastructures*. <https://doi.org/10.3390/infrastructures8100141>
98. Xia, Z., et al. (2024). Built Environment Indicators and TOD Performance. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su16219165>
99. Transit-oriented development and gentrification: a systematic review. (2019). *Transport Reviews*. <https://doi.org/10.1080/01441647.2019.1649316>
100. Transportation corridors and land use interaction: critical review. (2025). *Journal of Urbanism*. <https://doi.org/10.1080/21680566.2025.2561865>
101. Cervero, R., & Murakami, J. (2009). Rail and Property Development in Hong Kong. *Urban Studies*. <https://doi.org/10.1080/01944360902950366>
102. Dehtjare, J., Strazda, A., Užule, K., Mogila, I., & Dolia, K. (2025). The contribution of entrepreneurial component of education to resilience of higher education institutions. In *Selected Proceedings of the 15th International Scientific Conference "Business and Management 2025"* (pp. 505–514). Vilnius, Lithuania.

103. Dolia, K. (2025a). Human-machine system, distribution of functions in such systems. In *Abstracts of VII International Scientific and Practical Conference* (pp. 140–143). Sofia, Bulgaria.

104. Dolia, K. (2025b). Modern scientific and practical approaches and trends to the issues of human factor engineering. In *Development of modern scientific technologies in the era of globalization: Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference* (pp. 228–232). Berlin, Germany. <https://isg-konf.com/development-of-modern-scientific-technologies-in-the-era-of-globalization/>

105. Dolia, K., & Dolia, O. (2024). Modeling of financial flows in the route network on the example of railway transport. *Collection of Scientific Works of the Odesa State Academy of Technical Regulation and Quality, 1*, 56–62.

106. Dolia, K., & Kobrina, N. (2022). Engineering patterns of changes in the parameters of functioning of intercity passenger transportation system. *International Science Journal of Engineering & Agriculture, 1*(5), 132–138. <https://doi.org/10.46299/j.isjea.20220105.14>

107. Dolia, K., & Kobrina, N. (2024). Concerning the application of gravity modeling network analysis. *International Science Journal of Engineering & Agriculture, 3*(1), 75–81. <https://doi.org/10.46299/j.isjea.20240301.08>

108. Dolia, K. V. (2018). *Merezhne modeliuвання ta analiz transportnykh protsesiv: monohrafiia* [Network modeling and analysis of transport processes: monograph]. O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv.

109. Dolia, K. V., & Dolia, O. Ye. (2016). State regulation and legal support for entrepreneurial activities of business entities, which provided services for the carriage of passengers on public bus routes in Ukraine. In *Modern Transformation of Economics and Management in the Era of Globalization: Conference Proceedings* (pp. 142–145). Baltija Publishing.

110. Dolia, K. V., & Dolia, O. Ye. (2023). System modeling of route functioning. *Scientific Notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences*, 34(73), No. 6, 232–238. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.6/34>

111. Dolia, K. V., & Dolia, O. Ye. (2024). System modeling of route functioning. *Scientific Notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences*, 35(74), No. 1(2), 171–178. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.1.2/27>

112. Dolia, K. V., & Dolia, O. Ye. (2025). *Analiz suchasnykh naukovykh pidkhodiv do pytannia orhanizatsii transportnykh protsesiv v systemakh pasazhyrskykh perevezen: monohrafiia* [Analysis of modern scientific approaches to the issue of organizing transport processes in passenger transport systems: monograph]. Primedia eLaunch. <https://doi.org/10.46299/979-8-89692-748-8>

113. Dolia, V. K., Dolia, K. V., & Dolia, O. Ye. (2023). Research of passenger flow parameters in air transport. *Collection of Scientific Works of the Odesa State Academy of Technical Regulation and Quality*, 2(23), 59–68. <https://doi.org/10.32684/2412-5288-2023-2-23-59-68>

114. Gyulyev, N., Dolia, K., & Dolia, O. (2019). Engineering patterns of changes in the parameters of functioning of intercity passenger

transportation system. *International Journal of Intelligent Information Systems*, 7(6), 48–51. <https://doi.org/10.11648/j.ijis.20180706.11>

115. Kobrina, N., Dolia, K., & Dolia, O. (2024). Engineering Patterns of Changes in the Parameters of Functioning of Intercity Passenger Transportation System. In M. Nechyporuk, V. Pavlikov, & D. Krytskyi (Eds.), *Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering - 2023. ICTM 2023. Lecture Notes in Networks and Systems* (Vol. 996, pp. 450–460). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-60549-9\\_40](https://doi.org/10.1007/978-3-031-60549-9_40)

116. Ponkratov, D. P., & Dolia, K. V. (2017). System of constraints on the parameters of passenger transportation by public transport. *Bulletin of Lviv Polytechnic National University. Series: Dynamics, Strength and Design of Machines and Apparatus*, (866), 216–220.

117. Vakulenko, K. E., & Dolia, K. V. (2013). *Osoblyvosti upravlinnia miskymy pasazhirskymy transportnymy systemamy* [Features of management of urban passenger transport systems: monograph]. NTMT.

118. Urban sprawl, public transport efficiency, and carbon emissions. (2025). *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.144652>

119. Urban street network design and transport GHG emissions. (2024). *Transportation Research Part D*. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.103961>

120. Urban-scale vehicle NO<sub>x</sub> and PM<sub>2.5</sub> emissions intercomparison. (2025). *Environmental Science & Technology*. <https://doi.org/10.1021/acs.est.4c09777>

121. City-scale PM<sub>2.5</sub> exposure disparities via taxi monitoring. (2022). *Environmental Science & Technology*. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c02354>
122. Urban policy interventions reducing traffic air pollution. (2023). *Environment International*. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.107805>
123. Protocol: urban interventions for traffic emissions and pollution. (2020). *Environment International*. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105826>
124. More mileage in reducing urban road-traffic pollution. (2021). *Environment International*. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106329>
125. Long-term TRAP exposure and health outcomes meta-analysis. (2022). *Environment International*. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107262>
126. TRAP and childhood asthma burden in US cities. (2019). *Environment International*. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.03.041>
127. COVID traffic drops and BC/UFP reductions in city areas. (2020). *Science of The Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140931>
128. Vehicular traffic, health burden and sustainable mobility planning. (2022). *Atmosphere*. <https://doi.org/10.3390/atmos13040598>
129. Urban compactness and road-transport GHG in big cities. (2024). *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su16051911>
130. Sustainable mobility transition policies and urban emissions. (2023). *Nature Communications*. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37728-x>

131. Urban transport policy portfolios across 120 cities. (2023). *Nature Sustainability*. <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01138-0>
132. Road freight emissions disparities across cities. (2026). *Nature Cities*. <https://doi.org/10.1038/s44284-025-00368-x>
133. Road-based express delivery: environmental burden and inequity. (2025). *Nature Cities*. <https://doi.org/10.1038/s44284-025-00300-3>
134. Proximity-based cities and mobility CO2 emissions. (2025). *npj Sustainable Mobility and Transport*. <https://doi.org/10.1038/s44333-025-000740>
135. High-resolution on-road pollution from taxi sensor network. (2022). *Sensors*. <https://doi.org/10.3390/s22166005>
136. Near-road PM2.5 resuspension from highways and arterials. (2020). *International Journal of Environmental Research and Public Health*. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082851>
137. Health effects of traffic-related air pollution review. (2022). *Chemosphere*. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.133082>
138. Traffic-related pollution and childhood asthma meta-analysis. (2021). *Environmental Research*. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110493>
139. Taxi-driver PM2.5 exposure in Chinese megacity. (2024). *Environmental Health*. <https://doi.org/10.1186/s12942-024-00368-5>
140. Spatiotemporal traffic influence on air pollution. (2022). *AIP Advances*. <https://doi.org/10.1063/5.0087844>
141. Road traffic impacts on urban air quality in Jinan. (2021). *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94159-8>

142. Road traffic noise and air pollution with dementia risk. (2018). *Environmental Research*. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.06.008>
143. Road traffic noise and air pollution with CVD cohorts. (2018). *Environment International*. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.02.048>
144. Long-term air pollution and noise with COPD cohort study. (2021). *European Respiratory Journal*. <https://doi.org/10.1183/13993003.045942020>
145. Source-specific air pollution and noise with CVD biomarkers. (2024). *Environmental Research*. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119846>
146. Road congestion and air pollution spatial effects. (2024). *Science of The Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173896>
147. Urban workers' cardiovascular effects of PM2.5 and traffic noise. (2023). *Science of The Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160268>
148. PM2.5 hazardous elements in Beijing megacity. (2025). *Journal of Hazardous Materials*. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2025.138547>
149. PM2.5 estimation in Dhaka megacity. (2023). *Air Quality, Atmosphere & Health*. <https://doi.org/10.1007/s11869-023-01329-w>
150. Urban air-quality policy gains vs warming-climate offset. (2023). *Environmental Science & Technology*. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c05904>

151. Road traffic air and noise exposure assessment review. (2018). *Science of The Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.374>
152. Ali, W. A., et al. (2023). A Review of Digital Twin Technology for Electric and Autonomous Vehicles. *extitApplied Sciences*. <https://doi.org/10.3390/a>
153. Verma, S., et al. (2024). A systematic review of digital twins for electric vehicles. *Extit Journal of Traffic and Transportation Engineering*. <https://doi.org/10.>
154. Rjabtšikov, V., et al. (2023). Review of Electric Vehicle Testing Procedures for Digital Twin Development. *Extit Energies*. <https://doi.org/10.3390/en16196952>
155. Alemayehu, H., & Sargolzaei, A. (2025). Testing and Verification of Connected and Autonomous Vehicles: A Review. *Extit Electronics*. <https://doi.org/1>
156. Alanazi, F. (2023). A Systematic Literature Review of Autonomous and Connected Vehicles in Traffic Management. *Extit Applied Sciences*. <https://doi.org/10.3390/app13031789>
157. Panigrahy, S. K., & Emany, H. (2023). Network Optimization for ITS Using IoV: Survey and Tutorial. *extitSensors*. <https://doi.org/10.3390/s23010555>
158. Wu, Z., et al. (2022). A Methodology for Abstracting the Physical Layer of Direct V2X Communications. *extitSensors*. <https://doi.org/10.3390/s22239330>

159. Hejazi, H., & Bokor, L. (2023). V2X-Equipped Smart Intersections—Survey of Surveys. *Journal of Communications*. <https://doi.org/10.12720/jcm.18.11.72738>
160. Ye, S., et al. (2025). A Survey on Semantic Communications in Internet of Vehicles. *Entropy*. <https://doi.org/10.3390/e27040445>
161. A comprehensive survey on vehicular networks for smart roads. (2021). *Vehicular Communications*. <https://doi.org/10.1016/j.vehcom.2021.100334>
162. A tutorial survey on vehicular communication state of the art. (2019). *Vehicular Communications*. <https://doi.org/10.1016/j.vehcom.2019.100164>
163. Investigating the state of connected and autonomous vehicles. (2020). *Transportation Research Procedia*. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.08.101>
164. Lins, R. G., et al. (2025). Methodology for Commercial Vehicle Mechanical Systems Maintenance. *IEEE Access*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025>
165. Mahale, Y., et al. (2025). AI-driven predictive maintenance in vehicles: a review. *SN Applied Sciences*. <https://doi.org/10.1007/s42452-025-06681-3>
166. Cavus, M., et al. (2025). AI-Driven Approaches for Reliability and Maintenance in EVs. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en18051041>
167. Advances in intelligent vehicular health monitoring and fault diagnosis. (2025). *Measurement*. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2025.117618>

168. Fault diagnosis framework for autonomous vehicles. (2023).  
Extit Expert Systems with Applications.  
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120002>
169. Fault diagnosis of multi-mode electromechanical transmission  
for HEV.(2024). Extit Energy.  
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.133015>
170. Amaitik, N., et al. (2024). Digital Twins for Smart  
Maintenance Planning of Fuel Cell in EVs. Extit MATEC Web of  
Conferences. <https://doi.org/10.1051/m>
171. Kumar, P., et al. (2026). Self-Supervised Diagnostics and  
Prognostics in EVs. <https://doi.org/10.4271/2026-26-0673>
172. Joshi, P., et al. (2026). Digital Twin for Motor and MCU in  
EVs. <https://doi.org/10.4271/2026-26-0479>
173. Valiyil, R., et al. (2025). AI Enabled Digital Twin of EV  
Traction Motor. <https://doi.org/10.4271/2025-01-8564>
174. Ravikumar, S., et al. (2025). Fault Diagnosis of EV Motor  
Testing Machine Gear Components. <https://doi.org/10.4271/2025-28-0177>
175. Joshi, U., & Mandhana, A. (2025). Battery Health Estimation  
Using Ensemble Learning. <https://doi.org/10.4271/2025-28-0204>
176. Padma Priya, S., et al. (2025). ECUs for Enhanced Safety and  
Monitoring in EVs. <https://doi.org/10.4271/2025-01-5040>
177. G. A., & Gumma, M. (2026). Predictive Modelling of Battery  
Behaviour. <https://doi.org/10.4271/2026-26-0385>
178. Ahmad, A., et al. (2026). Software-Defined Vehicles and Data-  
Centric Architectures. <https://doi.org/10.4271/2026-26-0691>

179. Rahman, M. (2025). Predictive Maintenance of EV Components Using IoT Sensors. *Extit World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences*.  
<https://doi.org/10.30574/wjaets.2025.17.3.1557>
180. Mahmud, K., et al. (2023). Predictive Maintenance Model for Connected Vehicles Using 5G.  
<https://doi.org/10.1109/SSE60056.2023.00026>
181. Terwilliger, A., & Siegel, J. (2022). Improving Misfire Fault Diagnosis with ML. *extit Sensors*. <https://doi.org/10.3390/s22207736>
182. Li, S., Frey, M., & Gauterin, F. (2023). Fault Diagnosis Methods in Vehicle Systems. *Extit Machines*.  
<https://doi.org/10.3390/machines11040482>
183. Shen, J., et al. (2024). Rolling Bearing Fault Diagnosis Based on GAF. *Extit Sensors*. <https://doi.org/10.3390/s24185952>
184. Akbalik, F., et al. (2024). Engine Fault Detection by Sound Analysis and ML. *extit Applied Sciences*.  
<https://doi.org/10.3390/app14156532>
185. Zhang, H., et al. (2025). LLM-Based Fault Information Retrieval for NEVs. *Extit Applied Sciences*.  
<https://doi.org/10.3390/app15074034>
186. Zhao, S., et al. (2023). Fault Signal Noise Reduction via CEEMDANSVD. *Extit Applied Sciences*.  
<https://doi.org/10.3390/app131910713>
187. Rajesh, K., et al. (2025). Vibration-based fault diagnosis of automotivesuspension systems. *extitResults in Engineering*.  
<https://doi.org/10.1016/j.rineng.20>

188. Hybrid digital twin-based fault diagnosis for PMSMs in EV applications. (2025). extitFrontiers in Applied Energy. <https://doi.org/10.1016/j.fraope.2025>