

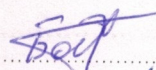
**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**
Навчально-науковий інститут транспорту та будівництва
Кафедра логістичного управління та безпеки руху на транспорті

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи магістра
освітнього ступеня – магістр**

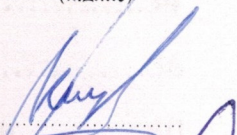
спеціальність 275 – «Транспортні технології (за видами)»
Спеціалізація 275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)

на тему: «Дослідження рівня комфорту громадського транспорту м. Сєвєродонецьк»

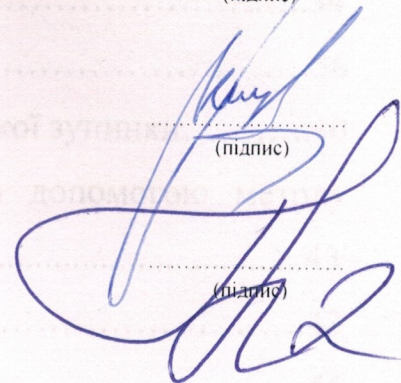
Виконав: студент групи ОПАТ-19дм
Бойченко М.Д.


(підпис)

Керівник: доц. Медведєв Є.П.


(підпис)

Завідувач кафедри: проф. Чернецька-Білецька Н.Б.


(підпис)

ВСТУП

Актуальність теми. Міський пасажирський транспорт займає особливе місце в загальній структурі пасажирського транспорту. У сучасних містах він є важливим органом, адже життя міста в наш час неможливо уявити без постійного ефективного функціонування системи міського громадського транспорту.

Стандарти та вимоги сучасного життя змінилися з плином часу, населення міст повинно задовольняти свої потреби в комфортному переміщенні до місць роботи, культурних та освітніх закладів, а також до місць проживання інших людей та різноманітних сфер. Якість пасажирських перевезень займає місце серед факторів, що впливають на психологічний та фізичний стан пасажирів, продуктивність їх праці та їх відпочинок.

Виходячи із зазначеного, вдосконалення організації пасажирських перевезень громадським транспортом та підвищення їх якості має велике народногосподарське та соціальне значення. Разом із цим під час організації пасажирських перевезень необхідно приділяти значну увагу розробкам, спрямованим на задоволення вимог екологічної безпеки міст, щоб знизити шкідливі викиди транспортних засобів. Основними критеріями ефективної роботи пасажирського транспорту має бути безпека та комфорт пасажирів, а також зручні маршрути та менші затрати часу на переїзд з одного місця до іншого.

Також слід відмітити необхідність впровадження сучасних інтелектуальних систем для підвищення рівня інформаційного забезпечення пасажирів, адже цей фактор підвищить комфорт від використання транспорту в умовах сучасного темпу життя жителів міст.

Мета і задачі дослідження. Метою кваліфікаційної роботи магістра є дослідження системи громадського транспорту м. Северодонецьк та надання рекомендацій щодо підвищення рівня комфорту.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати сучасний стан громадського транспорту України;
- дослідити історію та сучасний стан міського громадського транспорту м. Сєвєродонецьк;
- розглянути метод математичного моделювання, розробити математичну модель зупинки та розрахувати коефіцієнти;
- дослідити рівень комфорту громадського транспорту за допомогою методу анкетування;
- запропонувати шлях підвищення рівня комфорту користування громадським транспортом за рахунок інформаційного забезпечення пасажирів

Об’єкт дослідження – система громадського транспорту м. Сєвєродонецьк.

Предмет дослідження – рівень комфорту та інформаційного забезпечення користувачів транспорту.

Методи дослідження. В дослідженні використовувались наступні методи: метод анкетування, для визначення пріоритетного напрямку розвитку громадського транспорту м. Сєвєродонецьк; метод математичного моделювання, для описання роботи пасажирської зупинки у вигляді математичної моделі, що дозволяє досліджувати роботу зупинок міського транспорту, аналізувати роботу транспортної системи міста

Наукова новизна отриманих результатів. На підставі проведених досліджень та розрахованих коефіцієнтів можна описати роботу пасажирської зупинки у вигляді математичної моделі. Використання розглянутої в роботі моделі на практиці дозволить досліджувати роботу зупинок міського транспорту, аналізувати роботу транспортної системи міста взагалі, визначати рівень задоволення попиту населення на перевезення.

Практичне значення одержаних результатів. Використання представленої в кваліфікаційній роботі математичної моделі та розрахованих коефіцієнтів може допомогти вдосконалити роботу міських транспортних систем, що в свою чергу дозволить раціонально планувати роботу громадського транспорту, за рахунок чого можна підвищити комфорт

населення при користуванні громадським транспортом у містах.

Використання запропонованої системи відстеження транспортних засобів а також інформаційних табло на зупинках міста дозволить значно підвищити рівень інформаційного забезпечення пасажирів, що в свою чергу підвищить рівень комфорту громадського транспорту м. Сєверодонецьк

Структура і обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Дипломна робота магістра складається зі вступу, трьох розділів, загальних висновків, списку використаної літератури.

Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра складає 81 сторінок, загальна кількість використаних літературних джерел – 28 найменувань.

1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

1.1. Загальні поняття

Важливою частиною сучасного міста – є міський громадський пасажирський транспорт (МГПТ), що являє собою складну, динамічну систему. Головна мета цієї системи – створення умов для задоволення потреб населення.

Міська транспортна система є частиною багатогалузевого міського господарства і включає в себе:

- мережі шляхів сполучення (дороги, рейкові шляхи, тунелі, естакади, шляхопроводи, станції, стоянки, пристані);
- транспортні засоби (рухомий склад);
- обладнання електропостачання (тягові підстанції, кабельні контактні мережі, заправні станції); ремонтні майстерні, заводи;
- депо, гаражі, станції технічного обслуговування;
- лінійні пристрої зв'язку, сигналізації, блокування, диспетчерського управління транспортом.

Більший обсяг перевезень у місті припадає на міський громадський пасажирський транспорт. Міський громадський транспорт – це сукупність взаємопов'язаних елементів, об'єднаних у систему, та існує для задоволення населення у перевезеннях. [1].

Система громадського транспорту міста проектується з урахуванням комплексного вирішення містобудівних і транспортних проблем. Згідно з Державними будівельними нормами [2] до структури транспортної мережі й громадського транспорту міст пред'являються певні вимоги, зокрема до:

- витрат часу на переміщення від місць проживання до місць прикладання праці;
- пропускної здатності мережі вулиць, доріг і транспортних перехресть, кількості місць зберігання автомобілів;
- мережі вулиць і доріг;

- споруд і підприємств для зберігання та обслуговування транспортних засобів;
- безпеки перевезення пасажирів.

Виділяються показники, що характеризують систему громадського транспорту – пасажирооборот, перевізна спроможність, протяжність ліній, швидкість сполучень, енерговитрати, кількість маршрутів. Також окремої уваги заслуговують такі показники як комфорт, безпека, надійність, ефективність. Всю сукупність показників можна згрупувати за наступними ознаками:

- функціональністю – перевізна здатність, гнучкість, комфорт, надійність, затрати часу на доїзд;
- ефективністю – енерговитратність (витрати на обслуговування та ремонт систем транспорту, грн, капіталомісткість (витрати на впровадження ліній транспорту, грн);
- безпечністю – для пасажирів, пішоходів, необхідність доповнюваності іншими видами транспорту;
- екологічністю – викидний рівень забруднень, спричинених транспортними засобами, санітарно-гігієнічні наслідки для мешканців міста.

Мережа ліній громадського пасажирського транспорту — це єдина система швидких, зручних і безпечних зв'язків між функціональними зонами та елементами планувальної структури міських поселень.

При проектуванні транспортної мережі, як правило, розробляються варіанти розвитку громадського транспорту на підставі техніко-економічних розрахунків і напрямків перспективного розвитку міста.

У процесі техніко-економічних розрахунків встановлюються:

- розміри можливих обсягів перевезень на міському транспорті і їх співвідношення за видами транспорту;
- провізна спроможність мереж і видів транспорту відносно містобудівних умов конкретного міста;
- експлуатаційні характеристики видів транспорту;

- капіталовкладення і витрати, пов'язані з експлуатацією різних видів транспорту і реалізацією проекту;
- щільність ліній громадського транспорту для міста в цілому і для окремих функціональних зон;
- прямолінійність сполучень для міста в цілому і для окремих швидкісних ліній;
- частота руху транспортних засобів, насиченість мережі рухомим складом, безпересадочність сполучень;
- ступінь суміщення маршрутів па мережі громадського транспорту міста.

Загальна рухомість населення та її прогноз на перспективу встановлюються на основі даних обстеження (опитування населення міста).

При формуванні мережі ліній громадського транспорту вид транспорту обирається на підставі розрахунків пасажиропотоків і дальності поїздок, а також характеристик провізної спроможності різних видів транспорту.

Провізна спроможність різних видів транспорту відповідає нормам наповнення рухомого складу: 4 чол./м² (вільної площі підлоги пасажирського салону) — для звичайних видів транспорту і 3 чол./м² — для швидкісних з урахуванням сидячих місць.

Сумарні витрати часу на поїздки від місць проживання до місць праці (трудові поїздки) для 90 % працівників не повинні перевищувати в один кінець таких показників:

- для міст з населенням понад 1000тис.чол. - 45 хв.;
- населенням 500-1000тис.чол - 40 хв.;
- населенням 250-500 тис.чол. - 35 хв.;
- населенням до 250 тис.чол. - 30 хв.

Щільність ліній громадського пасажирського транспорту приймається у межах 1,5-2,5 км/км² залежно від планувальної структури міста.

Відстань між зупинками громадського транспорту повинна бути для автобусів, тролейбусів і трамваїв не більше 600 м, для експрес-автобусів і

швидкісних трамваїв - 800-1200 м, для метрополітену — 1000-2000 м і для електрифікованих залізниць — 1500-2000 м. Потреба у рухомому складі здійснюється за допомогою розрахунків.[3]

1.2. Види громадського транспорту

Розглянемо види громадського транспорту та їх технічні дані відповідно до наведених вище характеристик.

Автомобіль є одним із найпоширеніших видів транспорту серед населення, так за останні двадцять років в Україні значно підвищується рівень автомобілізації населення. Використання індивідуальних автомобілів вплинуло на функціональну структуру міст (винесення житлової, комерційної та інших функцій за межі центру міста), на процес субурбанізації (розвиток прилеглих до міста територій). При високих щільностях потоків (вище 7 тис. чол./год.), спрямованих у центр міста, автомобільний транспорт призводить до перезавантаження транспортної мережі міст, а інколи й повністю блокує рух (автомобільні затори до кількох годин). Також внаслідок високого рівня автомобілізації населення проявляються й такі проблеми як: забруднення атмосферного повітря, шум, безпека перевезень пасажирів тощо.

Автобус – вид громадського транспорту з кількістю місць для сидіння більше дев'яти з місцем водія включно, призначений для перевезення пасажирів та їх багажу з забезпеченням необхідного комфорту та безпеки. Автобуси здійснюють перевезення за заданими маршрутами, характеризується високою гнучкістю щодо перевезень (маршрут при потребі може бути змінений) і малою капіталомісткістю (рухаються звичайними дорогами, зупинки дешеві в обслуговуванні).

Завдяки своїй мобільності і порівняно низьким капіталовкладенням автобус, як правило, є єдиним видом транспорту в містах з населенням до 100 тис.чол, в містах з населенням до 250 тис.жителів є основним, а у великих, значних і найзначніших містах використовуються в поєднанні з іншими видами

транспорту. У цілому автобусами перевозяться понад 55% всіх міських пасажирів.



Рисунок 1.1 – Автобус МАЗ-215

Електротранспорт (трамвай, тролейбус) – наземний вид міського пасажирського транспорту, забезпечує перевезення пасажирів відповідно до визначених маршрутів, працює з використанням електричного струму й проектується з урахуванням основних напрямків пасажиропотоків.

Трамвай є рейковим транспортним засобом, його перевізна здатність становить 6-12 тис. пасажирів за год., середня швидкість сполучення – 15-17 км/год. До переваг трамваю відносять: функціональність (трамваї мають більшу перевізну здатність, ніж автобуси й тролейбуси), екологічність (не забруднюють повітря продуктами згоряння), безпечність – маневри трамваю на вулиці повністю очікувані, що сприяє безпеці руху; надійність – термін служби може становити 30-40 років (автобуса – до десяти). Також до переваг можна віднести те, що трамваї добре вписуються в міське середовище різних міст, у тому числі в середовище міст зі сформованим історичним виглядом. Серед недоліків – висока капіталомісткість (витрати на прокладання колій, обслуговування інфраструктурних систем, відновлення, вимоги до доріг тощо); соціально-екологічні наслідки (спричинені трамваєм вібрації ґрунту

можуть створювати акустичний дискомфорт для мешканців навколишніх будинків і призводити до ушкодження їх фундаментів).



Рисунок 1.2 – Трамвай Pesa Twist Foxtrot 71414K

При перспективному плануванні розвитку цього виду транспорту для міст необхідним є проектування відокремленої трамвайної колії (колії, прокладеної вздовж дороги, але яка відокремлена від проїзної частини), що дозволить забезпечити високу ефективність використання за рахунок високої перевізної здатності й швидкості сполучення.

Тролейбус – безрейковий механічний транспортний засіб, поєднує переваги трамвая та автобуса. Переваги тролейбусу наступні:

- гнучкість – придатний для використання в історичних центрах міст з вузькими вулицями, на гірських трасах, порівняно легко маневрує в транспортному потоці, на відміну від трамвая відсутні проблеми з об'їздом перешкод на зразок неправильно припаркованого чи несправного автомобіля;
- екологічність – не забруднює повітря в місті вихлопними газами; шумність зведена до мінімуму;
- надійність – термін служби рухомого складу тролейбусу більший, ніж автобуса;

- невисока капіталомісткість – тролейбус не має особливих вимог до доріг, може використовувати спільні з автобусами зупинки, розташовані на тротуарі, витрати на обслуговування тролейбусного парку нижчі порівняно з автобусним парком;
- енерговитратність – собівартість перевезення тролейбусним транспортом нижча, ніж автобусним. Системи тролейбуса забезпечують економію електроенергії, особливо при роботі на ділянках зі складним рельєфом.



Рисунок 1.3. – Тролейбус АКSM-32100А

Серед недоліків використання тролейбуса: недостатня функціональність – перевізна спроможність тролейбуса не перевищує автобусної лінії і, звісно, завжди нижча від трамвайної лінії, вища капіталомісткість порівняно з автобусом, через необхідність будівництва тягових відстаней та контактної мережі тролейбусних систем.

Швидкісні види транспорту (метрополітен, швидкісний трамвай) придатні для високо інтенсивного освоєного простору і некомпактних міських структур. Ефективність швидкісних видів транспорту досягається при інтенсивності руху понад 10 тис. пасажирів у год. в одному напрямку. При

інтенсивності руху понад 40 тис. пас. у год. вони найдешевші, тож економічно виправданими є в містах із населенням понад мільйон осіб. Потребують вони й доповнення іншими видами – автобусами або автомобілями, зокрема у житлових районах (з відповідним розміщенням місць паркування), куди мешканці приміських територій доїжджають на власному автомобілі, на автостоянках залишають приватний автомобіль і пересідають на метро (швидкісний трамвай) [4].



Рис. 1.4. – Вагони метро м. Київ

Згідно з даними Державної служби статистики України [5] за 2018 рік в Україні автобусним транспортом перевезено 1436 млн пасажирів, тролейбусним 1016 млн пасажирів, метрополітенівським транспортом перевезено 727 млн пасажирів, а трамвайним 666 млн. пасажирів (рис. 1.5).

Виходячи зі статистичних даних можна зробити висновок щодо того, що найбільшим попитом в Україні користується автобусний міський громадський транспорт. Така популярність даного виду зумовлена тим, що створення автобусного маршруту в місті не потребує будови елементів інфраструктури, як для інших видів транспорту. Через таку особливість даним транспортом користуються як у великих містах країни, так і в малих, де через невеликий

пасажиropотік не є доцільним розробка та будівництво маршрутів інших видів транспорту.

Таблиця 1.1

Порівняльні характеристики видів громадського транспорту

Вид транспорту	Середня швидкість сполучення, км/год.	Перевізна здатність ліній транспорту в одному напрямку, тис. пас./год
Автобус	17 – 20	3 – 5
Тролейбус	16 – 18	4 – 7
Трамвай	15 – 17	6 – 12
Експрес-автобус	20 – 25	До 10
Швидкісний трамвай	25 – 30	10 – 20
Метро	40 – 45	20 – 45

Кількість пасажирів за 2018 рік, млн

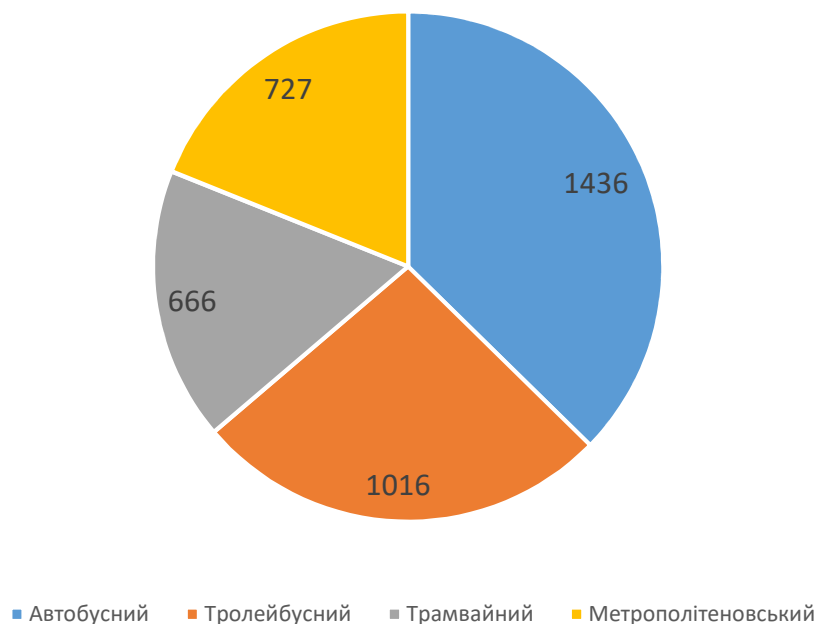


Рисунок 1.5 – Статистичні дані щодо кількості перевезених пасажирів в Україні за 2018 рік

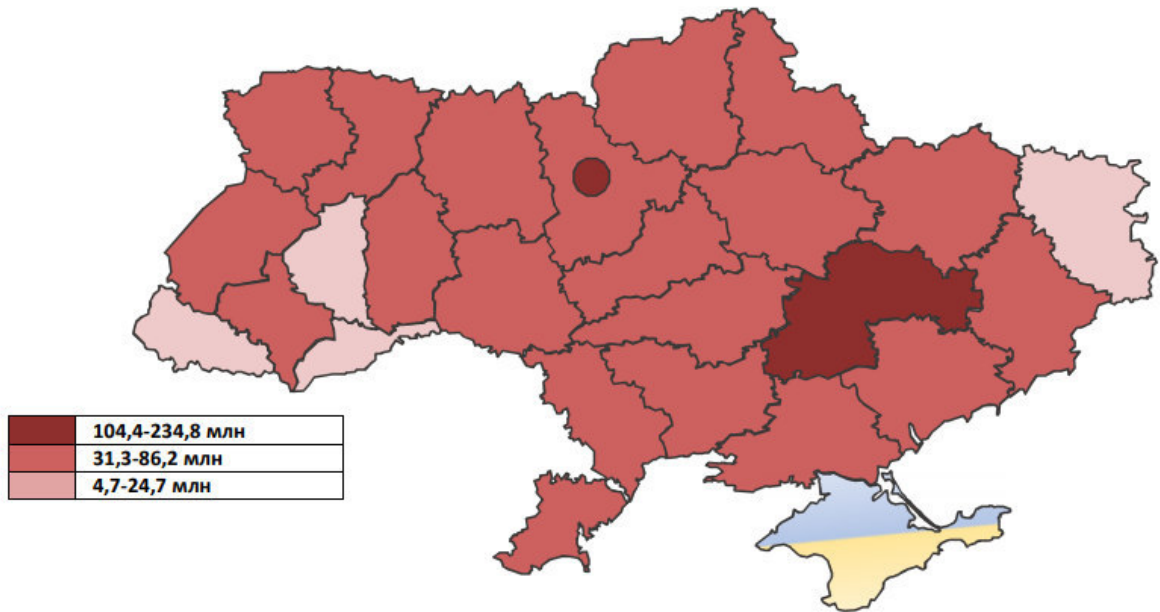


Рисунок 1.6 – Перевезення пасажирів автобусним міським транспортом за регіонами

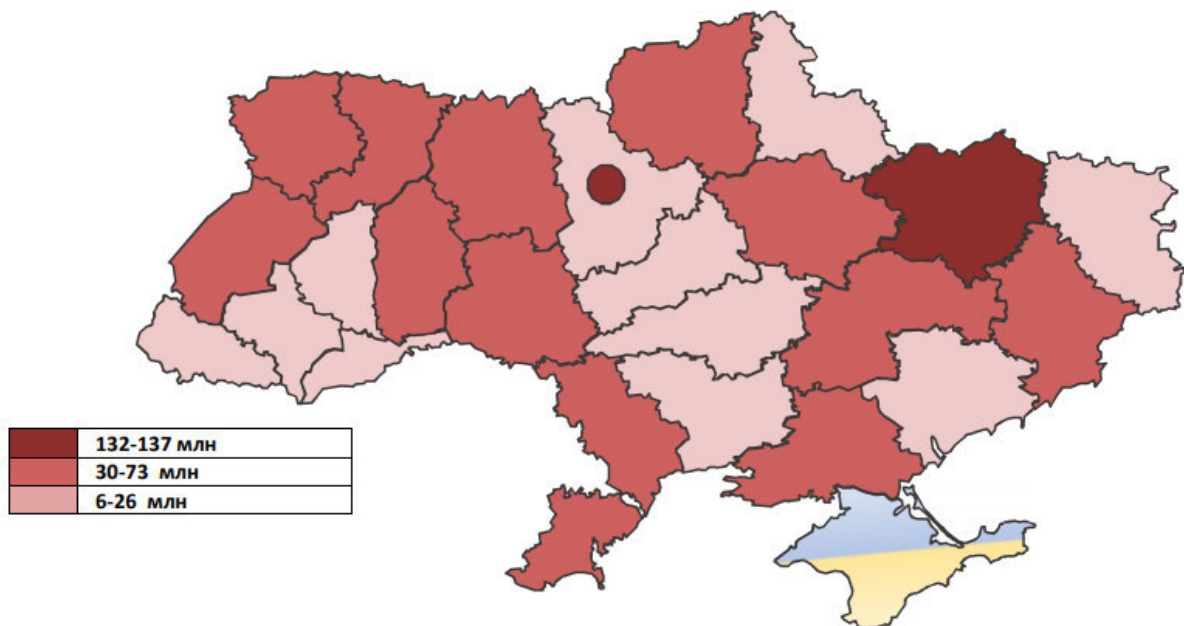


Рисунок 1.7 – Перевезення пасажирів тролейбусним міським транспортом за регіонами

Також серед видів транспорту країни можна виділити метрополітен. За 2018 рік цим видом транспорту було перевезено 727 млн. пасажирів. Не зважаючи на те що метрополітен в Україні є лише у трьох містах: м. Київ, м. Харків та м. Дніпро, цей показник перевищує показник трамвайного

транспорту по всій країні. Це свідчить про високу ефективність метрополітенівського транспорту.

На рис. 1.6 – 1.7 зображено розподіл перевезених пасажирів за регіонами України за видами міського громадського транспорту.

1.3 Проблеми сучасного громадського транспорту

Перехід України до ринкової економіки робить необхідним кардинально переглянути сформовані підходи до управління транспортом. Потрібно розробити такі методичні основи, що будуть враховувати необхідність забезпечення умов конкуренції між різними видами транспорту, а також можливість свободи вибору пасажирів найбільш ефективних транспортних послуг з урахуванням зміни попиту пасажирів. Тому великий інтерес представляє вивчення теорії і практики ефективності транспортних систем в економіці розвинених країн.

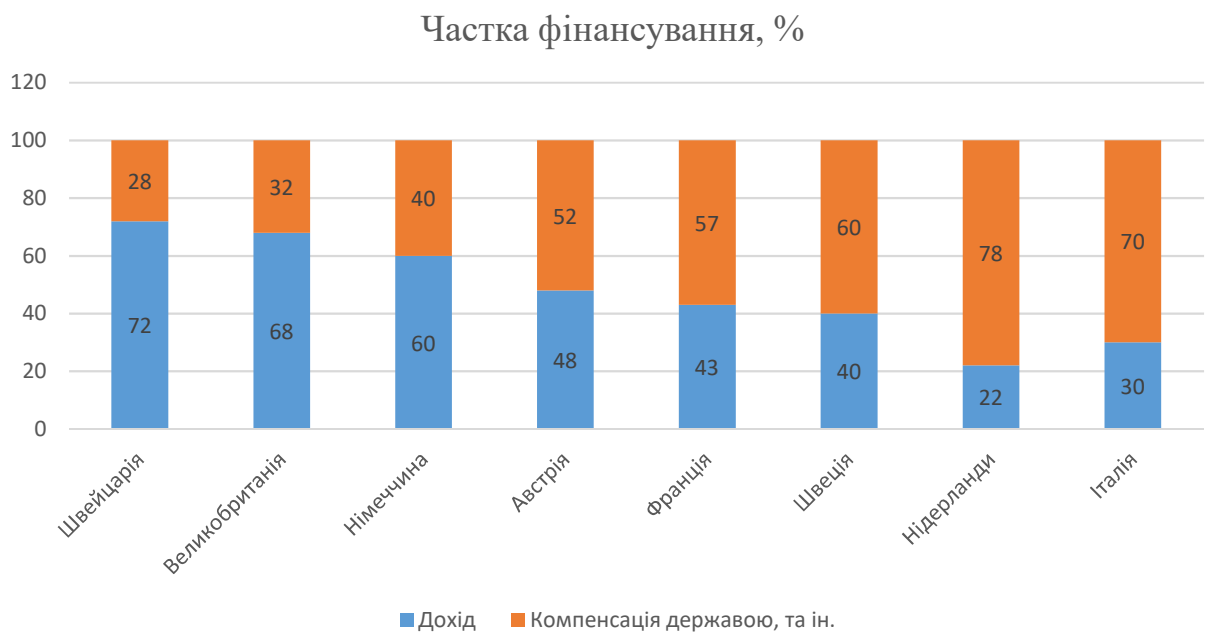


Рисунок 1.8 – Частка фінансування громадського транспорту в європейських країнах.

У більшості розвинутих країн міський транспорт є неприбутковим. Реальні доходи від надання послуг громадським транспортом становлять в

Швейцарії 72%, Великобританії – 68%, Німеччині – 60%, Австрії – 48%, Франції – 43%, Швеції – 40%, США – 97%, Італії – 30%, Нідерландах – 22%. Основною характеристикою політики цих країн відносно транспортної сфери є соціальне значення громадського транспорту. Через це, встановлюються низькі тарифи та пільги, що пов'язано з необхідністю забезпечити доступність транспортних послуг, перш за все, для пасажирів з невисоким рівнем доходів.

Бюджети цих країн формуються з доходів від різних видів податків: податок з обороту, майновий податок, на заробітну плату, прибутковий податок, на володіння автотранспортом та ін. Але форми спрямування доходів від податків на розвиток громадського транспорту в різних країнах істотно відрізняються. На утримання і розвиток транспорту загального користування кошти надходять, насамперед, від держави, регіональної і місцевої влади. Рівень їх участі в цьому процесі визначається різноманітними факторами, такими як: національні традиції, щільність забудови міст, економічні можливості, політика місцевих органів влади, тощо.

Існують відмінності і в методах фінансування. У Канаді і Данії фінансування капітальних і експлуатаційних витрат міського транспорту проводиться тільки за кошти регіональних і місцевих органів влади (державна фінансує у виняткових випадках). Муніципалітет виділяє субсидії, які частково покривають експлуатаційні витрати транспорту загального користування. У Бельгії уряд, субсидує весь обсяг витрат на експлуатаційну діяльність, обсяги субсидій на міський транспорт встановлюються з розрахунку 99% суми витрат за попередній рік з додаванням величини відсотка, що не перевищує щорічне зростання видаткової частини бюджету країни.

У Франції для фінансування розвитку міського транспорту залучають приватний капітал. Приватні кошти обмежені 20-50% кількості контрактів, що укладаються між місцевими органами управління та підрядниками на розвиток транспорту міст. Але у Франції державні органи не допускаються до

фінансування експлуатаційних витрат транспортних підприємств, вони субсидуються тільки від регіональних і місцевих органів управління.

У Великобританії поточні транспортні витрати також не субсидуються державою, але фінансування транспорту в цій країні виробляється на основі конкуренції при виборі джерела фінансування. Органи фінансування зобов'язані інформувати підприємства транспорту загального користування про можливості отримання субсидій через засоби друку, через місяць після цього підприємства вибирають один з органів фінансування.

Також слід відзначити, що в транспортній політиці ЄС основним напрямком є скорочення наполовину використання автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння у міському транспорті до 2030 року та повна відмова від них до 2050 року.

В 2018 році в Україні створено проект Стратегії транспортного розвитку України на період до 2030 року, в якому визначені наступні проблеми, що потребують розв'язання:

- високий рівень смертності та травматизму в результаті дорожньо-транспортних пригод;
- застарілість, неефективність та екологічна шкідливість значної частини транспортних засобів, що експлуатуються українськими перевізниками;
- недосконалість правових механізмів та нормативно-правового регулювання у сфері безпеки;
- недосконалість державного нагляду (контролю) на транспорті;
- недосконалість систем управління безпекою на транспорті та відсутність єдиного координаційного державного органу управління безпекою дорожнього руху, що має наслідком відсутність цілісної системи державного управління безпекою дорожнього руху;
- недостатньо чіткий розподіл функцій та повноважень, а також низький рівень координації дій та інституційної спроможності органів державної влади

і органів місцевого самоврядування щодо планування і проведення дій у сфері безпеки дорожнього руху;

- недосконалість систем моніторингу дорожньо-транспортних пригод, їх статистики та управління ризиками;

- неефективний системний підхід до вирішення проблеми високого рівня аварійності та тяжкості її наслідків і створення наукового підґрунтя діяльності у сфері безпеки дорожнього руху;

- відсутність конкретних вимірних цілей з підвищення рівня безпеки дорожнього руху, відповідної стратегії та скоординованого плану дій у цій сфері;

- незадовільний технічний стан значної кількості транспортних засобів та відсутність системи контролю за безпечністю транспортних засобів під час їх експлуатації;

- низький рівень запровадження та практичного застосування новітніх технологій і технічних засобів організації дорожнього руху, автоматизованих засобів контролю та регулювання дорожнього руху;

- недостатнє стабільне фінансування заходів, спрямованих на запобігання та зниження рівня аварійності, зменшення кількості ДТП з тяжкими наслідками;

- неефективна система сповіщення про ДТП та екстреної допомоги постраждалим унаслідок ДТП (незадовільний стан домедичної допомоги в першу годину після дорожньо-транспортної пригоди);

- низький рівень підготовки водіїв та відсутність ефективного контролю за діяльністю автошкіл;

- низький рівень виховання суспільства у сфері безпеки дорожнього руху, власної відповідальності та дотримання правил дорожнього руху;

- низький рівень екологічного контролю в галузі, практична відсутність відповідальності за шкідливий вплив на довкілля та низька культура населення щодо природозахисних заходів;

- відсутність стимулювання застосування альтернативних джерел енергозбереження на об'єктах транспортної інфраструктури;
- велике антропогенне навантаження, високі рівні забруднення атмосферного повітря і шуму від автомобілів у місцях життєдіяльності людей;
- невирішеність проблем утилізації зношених шин, відпрацьованих олив та самих транспортних засобів;
- значний вплив автомобільного транспорту на глобальну зміну клімату;
- практична відсутність відповідальності за шкідливий вплив на довкілля;
- низький рівень впровадження енергозберігаючих технологій;
- урахування необхідності збереження найбільш цінних річкових екосистем, оселищ, видів рослин і тварин, що охороняються відповідно до українського і міжнародного законодавства в планах розвитку річкової інфраструктури і проведення днопоглиблювальних робіт;
- нерегульованість питання на законодавчому рівні щодо контролю польотів безпілотних літальних апаратів та орнітологічної ситуації навколо аеропортів;
- незадовільний стан або відсутність захисних лісових насаджень в смугах відведення автомобільних доріг та залізниць;
- відсутність велосипедних доріжок, пішохідних зон у містах [6].

В сучасних умовах можна виділити наступні загальносвітові тенденції розвитку міського транспорту:

1. Відмова від особистих авто. За прогнозами до 2050 року на планеті виявиться 2,5 мільярда автомобілів, більшість з яких, зрозуміло, будуть їздити по містах. У Китаї рівень автомобілізації наздожене США (840 машин на 1000 осіб). Однак у власних автомобілів є недоліки, так особистий автомобіль коштує дорого, вимагає грошей за страховку, паркування та обслуговування, а використовується в середньому лише 4% часу. Тому через такі недоліки чимало жителів великих міст все частіше переходять на громадський транспорт, каршерінг і сервіси типу Uber.

2. Розвиток гнучких транспортних систем. Багато великих міст в нинішньому вигляді, спроектовані ще в позаминулому столітті, тому фізично не можуть впоратися з такою кількістю машин. Оскільки перебудувати всю дорожню мережу неможливо, тому в різних країнах влада вкладає ресурси в нові технології управління перевезеннями і системи моніторинг транспорту, для оптимізації утвореної ситуації на дорогах.

3. Громадський транспорт нового типу. У світі з'являється все більше транспортних сервісів, що займають нішу між таксі і міським транспортом. В якості прикладу можна розглянути сервіс спільних поїздок UberPool, на відміну від звичайної поїздки з Uber водій може підхоплювати інших попутників. Внаслідок цього вартість такої поїздки для кожного з них буде значно нижче. З'являється багато сервісів з автобусами за запитом: такі, як німецький FlixBus або індійський RedBus. Нові стартапи планують свої маршрути з урахуванням потреб користувачів, включаючи систему динамічної маршрутизації на основі аналізу даних. У майбутньому такі сервіси допоможуть більш ефективно вирішувати транспортні проблеми міста.



Рисунок 1.9 – Автобус FlixBus

4. Big data і аналіз транспортних потоків. Збір і аналіз даних по ситуації на дорозі вже активно впроваджується, через що змінюється транспортна індустрія. Американські залізничники з General Electric використовують смарт-сенсори, за допомогою їх прогнозують трафік і керують ним в реальному часі. Union Pacific крім датчиків використовує також систему ультразвукового виявлення тріщин на колесах. Оскільки центральна автоматична система планування точно знає коли вантажівка і водій готові до роботи, трейлери великих транспортних компаній більше не простоюють. На морському транспорті використовуються великі дані в поєднанні з прогнозами погоди і щільності руху для оптимальної навігації і зниження ризиків зіткнення. Органи міської влади у багатьох столицях світу стали замислюються, яких збитків завдають економіці затори на їх дорогах, і тепер вони готові інвестувати в нові технології, використовуючи які можна виправити цю ситуацію.

5. Розповсюдження нових засобів особистого пересування. У міській транспортній системі залишається одна істотна проблема – так звана «проблема останньої милі». Хоча за допомогою метро або автобуса можна швидко і зручно переміщатися по місту, але до цього автобуса і метро ще потрібно дістатися. Для цього, деякі жителі міст використовують нові моторизовані засоби, наприклад, електроскутери. Вони можуть розганятися до 20 км / год і здатні проїхати відстань до 35 км на одній зарядці.

6. Автономні транспортні засоби. Світ давно марить автономним безпілотником. Розробки в цій галузі ведуть практично і лідери автопрому (Renault-Nissan, Ford, Peugeot Citroën, Audi, Daimler AG, General Motors, Tesla, Toyota), і технологічні гіганти (Google, Uber, Apple), і невеликі стартапи (Faraday Future, Otto, Comma.ai, Cognitive Technologies). Ринок безпілотних автомобілів скоро буде оцінюватися в \$ 100 млрд, відбудеться принципова зміна моделі споживання.



Рисунок 1.10 – Автомобіль Tesla Model S з системою безпілотного керування

7. Автономні (безпілотні) прибиральні транспортні засоби. Швидше за все, поширення безпілотних систем торкнеться не тільки особистого і громадського транспорту в місті, а й, наприклад, міських служб. Муніципалітети багатьох великих міст з нетерпінням чекають появи цих технологій, використовуючи які можна значно заощадити бюджет. Наприклад, за даними муніципалітету Барселони сьогодні продукується вдвічі більше сміття, ніж в 1960-х, – це десь 1,3 кг сміття на людину в день. Зокрема, на служби котрі відповідальні за прибирання вулиць і вивезення сміття припадає 65% муніципального бюджету. З появою штучного інтелекту і поширення інтернету речей муніципалітет зможе моніторити кожен аспект міських служб і послуг, які зазвичай надають приватні компанії, які виграли тендер [7].

Проблеми компенсації експлуатаційних і капітальних витрат на розвиток міського транспорту в нашій країні загострюються. Цей фактор вимагає глибокого аналізу з урахуванням досвіду роботи розвинених країн, де десятиліттями транспорт функціонує в ринкових умовах. Існує необхідність розробки ефективної системи фінансування громадського транспорту, яка

буде забезпечувати надійність його роботи. При створенні системи необхідно враховувати специфіки пасажирського транспорту і особливості його впливу на рівень життя населення і соціально-економічний розвиток міста, а також враховувати нові закони в області обслуговування пільговиків.

Для вирішення ключового питання, а саме визначення джерел фінансування на розвиток міського громадського транспорту – необхідно враховувати досвід країн мають розвинутий міський транспорт. До таких країн можна віднести Великобританію, Францію, Німеччину. В цих країнах високий рівень розвитку громадського транспорту пов'язаний з негативною реакцією суспільства на будівництво нових доріг для зростаючих потоків індивідуальних автомобілів в межах міст. Розвиток громадського транспорту в цих країнах пов'язується державою з вартістю землі і величиною податків, що стягуються, оскільки на ту територію, де планують будувати лінії масового транспорту, значно підвищується вартість. Це пов'язано з тим, що через появу лінії транспорту зростає ділова активність в даному районі. Це призводить до зростання доходів з одиниці площі території, що є додатковим джерелом поповнення міської скарбниці і сприяє подальшому розвитку транспортної системи.

Важливе значення в розвитку транспортних систем в Європі та США займає законодавство, адже з ним пов'язані проблеми залучення інвестицій, формування тарифів, зниження оподаткування, а також збільшення ролі місцевих органів влади в плануванні розвитку транспорту. Так, для масштабних будівельних об'єктів будівництва існує два джерела фінансування: центральний уряд фінансує 50% капітальних витрат, а в якості другого джерела використовується транспортний податок, який використовується для оплати різних кредитів[8].

Однак в період збільшення транспортних проблем можуть з'являтися й інші пропозиції. Наприклад, мери міст Франції звернулися до державних органів влади, з проханням зведення проблеми розвитку громадського транспорту в ранг державного пріоритету. Одним з варіантів є фінансування

державою транспортної інфраструктури за рахунок збільшення податку на бензин.

Політика в сфері цін і тарифів повинна ґрунтуватися в умовах ринкової економіки на принципі – ціну встановлює власник, однак, громадський транспорт, що істотно впливає на сфери соціально-економічного життя країни, залишається під контролем державних органів влади, і тарифи встановлюються в адміністративному порядку. [9].

1.4 Висновки до розділу 1

В першому розділі роботи розглянуто загальні поняття міського громадського транспорту, проаналізовано складові транспортної системи міста, наведено вимоги що пред'являються до міської транспортної системи згідно з нормами. Виділено показники, що характеризують систему громадського транспорту – пасажирооборот, перевізна спроможність, протяжність ліній, швидкість сполучень, енерговитрати, кількість маршрутів. Також окремої уваги заслуговують такі показники як комфорт, безпека, надійність, ефективність. А також наведено їх класифікацію.

Розглянуто види громадського транспорту, а саме автобуси, тролейбуси, трамваї та метрополітен наведено їх переваги та недоліки. Також наведено статистичні дані щодо кількості перевезених пасажирів в Україні за 2018 рік.

Проаналізовано сучасні проблеми громадського транспорту, розглянуто підходи до фінансування систем міського громадського транспорту у країнах Європи. Розглянуто проект Стратегії транспортного розвитку України на період до 2030 року, досліджено проблеми, що визначені у даній стратегії. Проаналізовано сучасні тенденції розвитку міського громадського транспорту світу.

2. ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ, ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА РІВНЯ КОМФОРТУ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ М. СЕВЕРОДОНЕЦЬК

2.1 Історія та сучасний стан міського громадського транспорту м. Северодонецьк

Першим громадським транспортом м. Северодонецька став автобусний транспорт, перші внутрішньоміські маршрутні автобуси з'явилися в 1955 році, це був рік, в якому кількість населення міста дійшла до 30-тисячної відмітки.

Було відкрито п'ять автобусних маршрутів. На лініях працювали такі автобуси, як ЗіЛ-155, а маршрути до передмістя обслуговували автобуси Лаз-695Е і ПАЗ 670. Однак автобусна транспортна система не задовольняла потреби міста адже навантажені існуючі в парку автобуси були занадто повільними, що в свою чергу спричинювало до потреби розширення парку міського транспорту. З економічних причин керівництво міста прийняло рішення про планування впровадження в м. Северодонецьк електротранспорту. Попри недостатню за нормами для впровадження електротранспорту кількість населення міста у 1967 році Северодонецький міськвиконком спільно з керівництвом СПО «Азот» і міністерством комунального господарства УРСР приймає рішення про проектування в Северодонецьку міського електротранспорту.

Проект був доручений Харківському автодорожньому інституту (ХАДІ) і спочатку включав в себе будівництво трамвайної лінії і трамвайного депо. До складу проекту входило будівництво депо з майстернями технічного огляду і ремонту на 50 машинних місць; будівництво тягових підстанцій відповідно до розрахунку на перспективу розвитку. Маршрути прямування були від першої прохідної «Азоту» по вул. Призаводська (нині вул. Пивоварова), далі по вул. Леніна (нині бул. Дружби народів) з відгалуженням на вул. Донецьку до управління ДІАП.

Рішенням Мінхімпрому від 25 листопада 1970 був затверджений проект будівництва трамвая в Северодонецьку, але керівництво міста і комбінату він

не задовольнив, через занадто довге будівництво, а також через необхідність реконструкції та розширення вже існуючої вулиці Леніна (нині бул. Дружби Народів). Так як в сусідньому Лисичанську вже закінчували будівництво тролейбусних ліній і готувалися до їх відкриття, було прийнято рішення про проектування саме цього електричного транспорту, як менш витратного і більш вигідного.

Роботи з будівництва тролейбусного сполучення були розпочаті у березні 1972 роки. Частина фахівців була запрошена з інших міст: Алчевська, Донецька, Стаханова, Харкова. У 1977 році місто придбало перші 5 тролейбусів моделі ЗІУ-682В (рис. 2.1), а їх обкатка почалася в листопаді-грудні, а вже 1 січня 1978 року вулицями Сєверодонецька проїхав перший тролейбус з пасажирами.



Рисунок 2.1. – Тролейбус ЗІУ-682В

Маршрут №1 (від вул. Призаводська (Пивоварова) до автовокзалу), який обслуговується п'ятьма тролейбусами, працював з 6.00 до 22.00, після чого тролейбуси вивозились автомобілями «КрАЗ» до депо, що на той час тільки будувалось, де тролейбуси стояли під відкритим небом. До травня 1978 року тролейбусну лінію і маршрут №1 продовжили в нові житлові райони міста, було відкрито рух по Ворошиловградському шосе (нині шосе Будівельників), вул. Курчатова до лікарні СПЗ. При цьому була введена ще одна тягова

підстанція і побудована лінія по вулиці Лисичанської (нині пр. Гвардійський) до депо, що дозволило відмовитися від транспортування тролейбусів шляхом автоевакуації. До липня 1978 року тролейбусний парк виріс до 20 машин, однієї машини контактної мережі і одного тролейбуса-тягача КТГ-2.

Офіційною датою народження Северодонецького тролейбуса прийнято вважати 19 грудня 1978 року, саме до цього часу були добудовані депо і виробничі бокси. На той момент в парку вже було 45 машин, а інтервал руху на маршруті не перевищував п'яти хвилин.

У травні наступного року був запущений тролейбусний маршрут №2, в 1980 році – №3. Тролейбус по третьому маршруту слідував від СПЗ по проспекту Радянському (нині Центральний) до універмагу «Дитячий світ» до прохідних СПО «Азот». У 1984 році у Северодонецьку їздило більше 60 тролейбусів.

У 1985 році був відкритий тролейбусний маршрут №4, трохи пізніше - тролейбусний маршрут №5, який прямував від СПЗ до автовокзалу. У 1986 році був запущений тролейбусний маршрут №6 від тролейбусного депо до прохідної «Аміак». Піку свого розвитку тролейбусне управління досягло в 1991 році, коли шість тролейбусних маршрутів міста обслуговувало понад 100 машин, а з резервом в депо їх було 120.

Однак, попри успішне функціонування тролейбусної системи, старий центр міста майже залишився без транспорту. Автобус вже не регулярно курсував по вулиці Леніна (нині бул. Дружби Народів), і вона поступово ставала пішохідною. Через це керівництво міста у 1984 року створило комісію, головне питання якої було, як якісно вирішити проблему транспорту на вул. Леніна (нині бул. Дружби Народів) і Донецькій, для чого запроповано відродити проект трамвая.

На початку 1985 року був затверджений новий проект будівництва трамвая. Згідно з ним трамвай повинен був рухатися по лівій стороні вулиці Леніна (нині бул. Дружби Народів), в межах вулиці два розвороти кільця – на перетині вул. Донецькій і Леніна (нині бул. Дружби Народів). В 1987 році на

вулиці Донецькій від ДІАП почали проводити підготовчі роботи до початку будівництва. Були запрошені фахівці з Луганська, Харкова і Донецька. Так само було вирішено, що рухомий склад трамваїв буде складатися з КТМ-5. Але в початку 1988 року керівництво міста прийняло рішення про тимчасове припинення будівельних робіт, тому що необхідно було закінчити будівництво основних тролейбусних маршрутів.

Згідно з проектом міськвиконкому, маршрут №8 дублював трамвайний маршрут №2 від ДІАП до вул. Донецькій, тим самим забираючи частину пасажиропотоку, маршрут №7, який повинен слідувати по вулиці Пивоварова до проспекту Хіміків. В той же час розроблювався новий проект трамвая, в якому міськвиконком вирішує прибрати лінію з вул. Донецькій, щоб не заважати новому маршруту тролейбуса, і зробити розворотне кільце в ОКБА, а не на першій прохідній. А на увазі розширення готельного комплексу «Мир» депо перенести в промзону на вул. Заводську (нині Б. Ліщини). В кінці року було прийнято рішення про будівництво трамвая по проекту №3. Його реалізація повинна була початися 7 липня 1993 року.

Однак, через розпад СРСР, та складне економічне становище в країні в Сєверодонецьку в 1994 році було прийнято рішення про відмову в реалізації проекту будівництва трамвая, а також проекту тролейбусних маршрутів №7 і №8. Натомість, у 1993 році по міських маршрутах стали курсувати нові зчленовані тролейбуси марки ЮМЗ-Т1 (гармошка) (рис. 2.2).



Рисунок 2.2. – Тролейбус ЮМЗ-Т1 (гармошка)

А в 2006 році на лінії Сєвєродонецька вийшов єдиний на Донбасі тролейбус ЮМЗ Т2.09 (гірський), у жовтні того ж року парк поповнився двома новими тролейбусами з Росії, а восени 2008 року – двома новими тролейбусами з Дніпропетровська Дніпро Е-187. У 2009 році в Сєвєродонецьке тролейбусне управління надійшов новий тролейбус ЮМЗ-Т2. Це був перший тролейбус з тиристорної-імпульсної системою управління (Тису).

Значним оновленням парку стала закупівля у 2011 році приватним акціонерним товариством «Сєвєродонецьке об'єднання» Азот »десяти нових низькопольних машин білоруського виробництва. З цього моменту Сєвєродонецьк став другим містом в Луганській області, які експлуатують низькопідлоговий електротранспорт. [10]



Рисунок 2.3 – Мапа маршрутів громадського транспорту м. Сєвєродонецьк

На сьогоднішній день комунальне підприємство «Северодонецьке тролейбусне управління» в своєму інвентарі налічує 36 одиниць рухомого складу, серед них один вантажний тролейбус. Ці машини обслуговують п'ять тролейбусних маршрутів. Загальна протяжність маршрутів досягає 81,2 км, на яких розташовано 89 зупинок.

Окрім тролейбусного транспорту у транспортну систему м. Северодонецьк також входять 4 маршрути маршрутних таксі: №5, №101, №102/12, №110. Маршрут №5 дублює тролейбусний маршрут №5, але слідує до с. Сиротине. Маршрут №101 є кільцевим, та курсує від другої прохідної ПрАТ «Азот» вулицею Сметаніна, через центральний ринок до «нових» житлових районів по вул. Курчатова, звідки через ДІАП та Льодовий палац повертається до прохідної №2. Маршрут №110 слідує від тролейбусного депо та вул. Курчатова до проспекту Центрального, звідки прямує до Северодонецького Склопластику, або с. Воеводівка. Маршрут №102/12 є найдовшим маршрутом, прямує від другої прохідної ПрАТ «Азот» через Льодовий палац та Чисте озеро до вул. Курчатова, звідки через автовокзал та міську багатопрофільну лікарню до с. Щедрищево.

Станом на 2015 рік маршрут №5 обслуговують 12 одиниць транспортних засобів, №102/12 14 одиниць транспортних засобів, №110 26 одиниць, маршрут №101 32 одиниці. [11]

Слід зауважити, що хоча транспортна система міста функціонує та забезпечує потреби населення у перевезеннях, якість та комфорт цих перевезень не відповідає сучасним нормам. Так, наприклад, більшість тролейбусів вже застарілі, що сказується на комфорті перевезень. Також на деяких маршрутах тролейбусів інтервал руху занадто великий, через що більшість пасажирів користуються тролейбусами лише тоді, коли їм потрібно проїхти надто далеку відстань. Через це, більшість жителів міста користуються саме маршрутними таксі. Також існуючий розклад руху тролейбусів потребує коригування, про що свідчать багаточисленні розгнівані коментарі на сайті міста.

В свою чергу маршрутні таксі міста ходять регулярніше за тролейбуси, однак не на всіх маршрутах. Самим популярним маршрутом міста можна вважати маршрут №110, автобуси на цьому маршруті їздять достатньо регулярно. Однак у випадку з маршрутом №102/12, інтервал руху може досягати до 40 хвилин, що може бути зумовлено замалою кількістю рухомого складу, що обслуговує маршрут та значною довжиною маршруту.

Також слід відзначити той факт, що у міського транспорту Сєверодонецька існує проблема недостатнього інформаційного забезпечення. На багатьох зупинках відсутня інформація про розклад руху і маршрути транспорту, а якщо ця інформація і присутня, то у вигляді роздруківки формату А4, приклеєної до стовба, що однозначно не відповідає сучасному статусу Сєверодонецька, як обласного центру Луганської області.

Хоча в 2017 році на тролейбусах м. Сєверодонецька встановили GPS маячки та розробили інтерактивну мапу для відстежування тролейбусів у реальному часі, впроваджена інновація не є ідеальною. Деякі тролейбуси не відстежуються на мапі, деякі відображуються під іншим маршрутом, тощо. А також основним мінусом можна назвати те, що така система розроблена лише для тролейбусів. Для збільшення рівня інформаційного забезпечення необхідно впровадити систему відстеження маршрутних таксі та створити єдину інтерактивну мапу для відстеження громадського транспорту в реальному часі.

Виходячи з переліченого вище, можна зробити висновок, що система громадського транспорту м. Сєверодонецьк потребує вдосконалення, а також впровадження сучасних інформаційних технологій. Ця необхідність зумовлена застарілістю існуючої системи і стрімким розвитком технічного прогресу. Тому для досягнення м. Сєверодонецьк статусу сучасного європейського міста, розвиток громадського транспорту має стати пріоритетним напрямком для керівництва міста.

2.2 Метод дослідження роботи зупинки у вигляді математичної моделі

2.2.1 Математичне моделювання

У багатьох великих містах обмежені або відсутні можливості екстенсивного розвитку транспортних мереж. Тому особливу важливість набувають оптимальне планування розвитку мереж, поліпшення організації руху, оптимізація системи маршрутів громадського транспорту. Рішення таких завдань неможливе без моделювання транспортних мереж і функціонування транспорту.

Моделювання – це універсальний метод наукового пізнання, що базується на побудові, дослідженні та використанні моделей об'єктів і явищ. Найбільш важливим різновидом моделювання є математичні моделі. В їх основі лежить припущення про те, що всі параметри, величини, початкові дані можна кількісно виміряти й описати математичними співвідношеннями.

Математичне моделювання – потужний інструмент розв'язування технологічних і наукових проблем, що ґрунтується на використанні математичних моделей. Розумно керувати складними процесами в наш час неможливо без використання адекватних математичних моделей.

Математична модель – це абстракція реальності, в якій відношення між елементами реальності, що досліджуються, замінені відповідними відношеннями між математичними категоріями. Ці відношення, як правило, подають у формі рівнянь, нерівностей між змінними, що характеризують функціонування реальної системи. Використання математичних моделей дозволяє проникнути в суть досліджуваного явища, а також здійснювати його прогнозування та управління.[12]

Математичні моделі дозволяють звести дослідження реального об'єкта до розв'язування математичної задачі відкриваючи можливості використання математичного аналізу та сили ЕОМ. Роль ЕОМ настільки велика, що термін «математичне моделювання» тепер розуміють більш широко і він належить до важливої галузі прикладної математики, що містить у собі як розробку,

дослідження математичних моделей, так і створення обчислювальних алгоритмів та програм для розв'язування задач. Моделювання на ЕОМ значно дешевше за інші види моделювання і дозволяє отримати результати з найбільшою точністю.

Серед усього розмаїття математичних моделей, що застосовуються для аналізу транспортних мереж, можна виділити три основні групи моделей: прогнозні моделі, імітаційні моделі, оптимізаційні моделі [13].

Прогнозні моделі призначені для моделювання транспортних потоків в мережах з відомою геометрією і характеристиками і при відомому розміщенні потокообразуючих об'єктів міста. Моделі цього типу застосовуються для підтримки рішень в області планування розвитку міста, для аналізу наслідків тих чи інших заходів щодо організації руху, виборі альтернативних проектів розвитку транспортної мережі та ін.

На відміну від цього імітаційне моделювання ставить собі за мету відтворення всіх деталей руху, включаючи розвиток процесу в часі. При цьому усереднені значення потоків і розподіл по шляхах вважаються відомими і служать вихідними даними для цих моделей. Таким чином, прогноз потоків і імітаційне моделювання доповнюють один одного напрямками. Імітаційні моделі дозволяють оцінити швидкості руху, затримки на перехрестях, довжини і динаміку освіти «черг», або «заторів», і інші характеристики руху. Основна область застосування таких моделей - поліпшення організації руху, оптимізація світлофорних циклів і ін.

Моделі прогнозу потоків і імітаційні моделі ставлять собі за мету адекватне відтворення транспортних потоків. Існує, однак, велика кількість моделей, призначених для оптимізації функціонування транспортних мереж. В цьому класі моделей вирішуються завдання оптимізації маршрутів пасажирських і вантажних перевезень, вироблення оптимальної конфігурації мережі та ін.

Міський пасажирський транспорт є складною соціально-економічною системою, так як включає велику кількість взаємопов'язаних і взаємодіючих

між собою компонентів, що мають певну структуру, що формуються як єдине ціле і спрямовані на вирішення складних завдань. Для дослідження даної системи об'єктивно необхідне використання економіко-математичних методів, що в кінцевому підсумку дозволить підвищити обґрунтованість прийнятих управлінських рішень.

На цю проблему слід приділяти увагу ще й з позиції фактора взаємодії маршрутних транспортних засобів (МТЗ), які належать або до різних маршрутів, або до різних перевізників. Процедура погодження графіків руху тих чи інших МТЗ могла б виконуватися в крупних населених пунктах службами управління транспорту і дорожнього господарства, однак практика свідчить і про складність вирішення такого завдання, і про відсутність методологічної основи для проведення таких робіт.

Істотною також є обставина, яка все більше стає предметом дослідження різних транспортних систем. Відомо, що багато транспортних систем мають властивості, які в самому короткому викладі можна звести до наступних: 1) істотно колективний характер; 2) нестаціонарність; 3) стохастичність; 4) здатність до переходів в якісно різні стани. Всі ці властивості – ознаки нерівноважних систем, здатних до самоорганізації. В цьому відношенні зручно при моделюванні використовувати апарат теорії активних частинок [14] в рамках теорії самоорганізації (синергетики).

2.2.2 Математична модель пасажирської зупинки

У даному розділі роботи розглянемо макросистему пасажирської зупинки, математична модель якої має вигляд нелінійної системи диференціальних рівнянь щодо змінних: x – кількість автобусів, які перебувають на зупинці; y – кількість пасажирів, які очікують посадку; z – число вільних місць в автобусах, які перебувають на зупинці.

Розглянемо деяку абстрактну транспортну систему, що забезпечує деяку частину транспортного процесу пасажирських перевезень в населеному пункті. Згідно роботи [15] ця система являє собою об'єкт, що складається з

пасажи́рської зупинки, а також МТЗ і пасажи́рів, що знаходяться в межах зупинки, тобто це система з безперервним часом і дискретними станами. Для того щоб перейти до можливості динамічного опису за допомогою безперервних функцій, слід зробити деякі припущення. Перше припущення відноситься до варіанту, якщо в рамках моделі розглядається тільки один зупиночний пункт. Тоді перехід до безперервних функцій буде допускатися на основі припущення про однаковий характер взаємозв'язків між реальними дискретними процесами і відповідними їм безперервними функціями в моделі. Друге припущення відноситься до випадку, якщо в рамках однієї моделі описується синхронна динаміка відразу декількох або всіх зупиночних пунктів (так звана метаостановка) в населеному пункті. Тоді перехід до безперервних функцій допускається на основі припущення про високі значення дискретних змінних.

Модель транспортного процесу перевезень пасажирів в населеному пункті може бути сформульована у вигляді системи звичайних диференціальних рівнянь з нелінійними правими частинами:

$$\bar{x} = a[(X + ky - mz) - x] \cdot z - b(Y - y)(Z - z); \quad (2.1)$$

$$\bar{y} = -cxz + d(Y - y); \quad (2.2)$$

$$\bar{z} = -eyz + f(Z - z) + [gz - h(Y - y)]x \quad (2.3)$$

де a – характеризує інтенсивність прибуття автобусів на зупинку, $1/(\text{місце} \cdot \text{хв})$;

X – середнє (нормативне) число автобусів, що працюють на маршруті;

k – описує інтенсивність виходу на лінію автобусів понад нормативного значення при збільшенні числа пасажирів на зупинках, авт./пас ;

m – характеризує інтенсивність «сходу» автобусів з маршрутів внаслідок зростання числа вільних місць, авт./місце ;

b – характеризує інтенсивність відправлення автобусів від зупинки, $\text{авт./}(\text{пас} \cdot \text{місце} \cdot \text{хв})$;

Y – середня кількість пасажирів на зупинці (умовна «місткість» зупинки);
 Z – середнє число місць для пасажирів (місткість автобуса);
 c – враховує інтенсивність посадки пасажирів в автобуси, пас./(авт./місць·хв);
 d – відображає інтенсивність прибуття пасажирів на зупинку, 1/хв;
 e – враховує швидкість зменшення числа вільних місць внаслідок посадки пасажирів, 1/(пас./хв);
 f – характеризує інтенсивність збільшення числа вільних місць за рахунок висадки пасажирів, 1/хв;
 g – характеризує швидкість зростання числа вільних місць, «які прибувають» разом з автобусами, 1/(авт./хв);
 h – відображає інтенсивність «убування» вільних місць, не зайнятих пасажирями до відправлення автобуса, 1/(пас.·авт.·хв).

Складові в правих частинах рівнянь мають наступний сенс. У рівнянні (2.1) доданок зі знаком «+» відображає надходження автобусів на зупинку, залежне від різниці загальної кількості автобусів, які перебувають на маршрутах, і числа автобусів на зупинці. У цьому доданку враховуються також випуск автобусів на маршрут при зростанні числа пасажирів на зупинці (наприклад, в години «пік»), а також «сход» з маршруту при збільшенні числа вільних місць в автобусі. Це складова пропорційно кількості вільних місць в автобусах на зупинці (чим більше вільних місць, тим інтенсивніше будуть автобуси надходити на посадку з метою завантаження – або сходять з маршруту, про що вже сказано). Доданок зі знаком «-» відображає процес відправлення автобуса від зупинки. Воно здійснюється швидше, якщо, з одного боку, на зупинці мало пасажирів (стає коротшим за часом процес посадки) або, з іншого боку, якщо мало вільних місць в самому автобусі (пасажирів відмовляються від посадки). Таким чином, маємо добуток $b(Y - y)(Z - z)$ та ін.

В цілому, в рівняннях (2.1), (2.2), (2.3) відображені основні причинно-

наслідкові зв'язки, реально діючі в системі і враховують кількість колективні характер динаміки пасажирів, транспортних засобів і вільних місць. Останній фактор стає в даному випадку свого роду керуючим параметром, що впливає на процес прийняття рішень пасажиром і водіями автобусів. Слід очікувати, що побудована модель відноситься до цілої сукупності зупинок (метаозупинки) і містить рішення, що мають практичний сенс. Негативні значення змінних x , y , z означатимуть потреба у відповідному виді комути, тобто, спеціально не обмежуються значення функцій $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$ безліччю \square_+ .

Основним завданням експериментального дослідження є отримання таких даних, які давали б можливість обчислити коефіцієнти в моделі (2.1), (2.2), (2.3), тобто виконати ідентифікацію моделі. З цією метою на першому етапі проводилось дослідження зміни кількості пасажирів і транспортних засобів на пасажирській зупинці «Гвардійський проспект» в м. Северодонецьк.

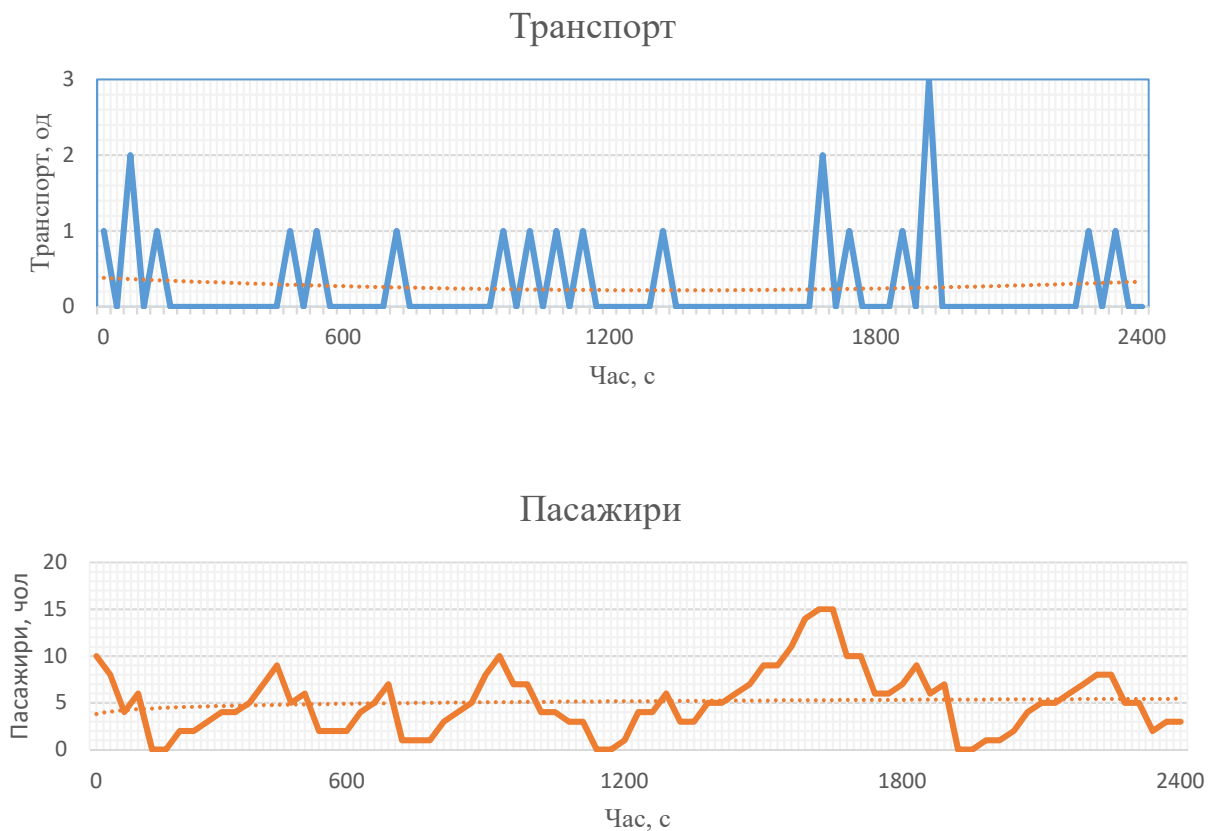


Рисунок 2.4. Приблизний тимчасової ряд

(Зупинка «Гвардійський проспект») з лініями тренда

Отримані часові ряди містять інформацію про зміну кількості транспортних засобів і пасажирів за час відеозйомки. Значення були зведені в таблиці з «кроком» 10 секунд. Далі будувалися графіки, які наочно показують розподіл в часі випадкових величин (кількості пасажирів і транспортних засобів на зупинці) (рис. 2.4).

За допомогою комп'ютерної програми MS Excel були виділені тренди часових рядів, отриманих при обстеженні зупиночних пунктів. Потім визначалися характеристики ліній тренда часових рядів випадкових величин.

2.2.3 Визначення коефіцієнтів в моделі пасажирської зупинки

Визначення коефіцієнтів в моделі пасажирської зупинки є не простим завданням. Складність полягає в тому, що необхідно, використовуючи експериментальні дані, оцінити «чутливість» похідних фазових координат окремо до зміни кожного доданка в лівій частині рівнянь. Ця чутливість і задається відповідним коефіцієнтом. Доводиться робити припущення про те, що в спостережуваний відрізок часу зміна фазової координати залежить тільки від єдиної причини, яка і виражається даними складовою. Тому, застосовуючи таке припущення, можемо говорити лише про визначення діапазонів зміни коефіцієнтів. Таким чином, була розроблена методика, заснована на переході від безперервних функцій і їх похідних до приращенням відповідних дискретних величин. Це може бути виражено у вигляді:

$$\frac{dx}{dt} \rightarrow \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (2.4)$$

де Δx – зміна величини x за відповідний інтервал часу Δt .

Таким чином, в рівняннях (.1), (.2), (.3) кожний доданок в правій частині рівняння може бути заміщено за схемою (.4). Для визначення діапазонів зміни коефіцієнтів в моделі пасажирської зупинки визначаємо

значення коефіцієнтів з інтервалом часу, рівним 1 хвилині.

Щоб отримати вираз для визначення коефіцієнта a , прийнемо рівними нулю інші коефіцієнти в правій частині першого рівняння:

$$a = \frac{x(+)}{(X - x) \cdot z}, \quad (2.5)$$

де $x(+)$ – кількість транспортних засобів (тролейбус, автобус або мікроавтобус), які прибули на зупинку за 1 хвилину.

Аналогічно отримуємо вирази для коефіцієнтів b, c, d, e, g, h :

$$b = \frac{x(+)}{(Y - y) \cdot (Z - z)}, \quad (2.6)$$

$$c = \frac{y(-)}{x \cdot z}, \quad (2.7)$$

де $y(-)$ – кількість пасажирів, які залишили зупинку за 1 хвилину,

$$d = \frac{y(+)}{Y - y}, \quad (2.8)$$

де $y(+)$ – кількість пасажирів, які прибули на зупинку за 1 хвилину.

$$e = \frac{z(+)}{y \cdot z}, \quad (2.9)$$

$$f = \frac{z(+)}{(Z - z)}, \quad (2.10)$$

$$g = \frac{z(+)}{x \cdot z}, \quad (2.12)$$

$$h = \frac{z(+)}{x \cdot (Y - y)}, \quad (2.13)$$

де $z(+)$ – кількість вільних місць, «прибулих» на зупинку за 1 хвилину.

Аналогічно були отримані вирази для коефіцієнтів k і m . За допомогою виразів (2.5) – (2.12) були обчислені значення коефіцієнтів $a, b, c, d, e, f, g, h, k, m$ з інтервалом через кожну хвилину.

Після обробки похвилинних даних зроблено оцінку діапазонів зміни коефіцієнтів в моделі пасажирської зупинки, що відповідають умовам функціонування даного зупинкового пункту (табл. 2.1), а також середні значення коефіцієнтів.

Таблиця 2.1

Інтервали зміни коефіцієнтів в моделі пасажирської зупинки

	a	b	c	d	e	f	g	h	k	m
min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
max	0,013	0,015	0,46	0,5	0,46	0,54	0,54	0,4	0,6	0,8
mid	0,004	0,004	0,15	0,25	0,015	0,15	0,15	0,2	0,23	0,41

Результати обчислень показують, що пасажирську зупинку можна розглядати як нерівноважну динамічну систему, в якій спостерігаються складні динамічні процеси (граничні цикли), а також стійкі стаціонарні стани. Параметри цих процесів дозволяють робити висновки про стан транспортної системи в цілому, якщо буде розроблена шкала для оцінки цих станів.

На основі розглянутої в роботі методики та розрахованих коефіцієнтів можна описати роботу пасажирської зупинки у вигляді математичної моделі. Використання розглянутої моделі на практиці дозволить досліджувати роботу зупинок міського транспорту, аналізувати роботу транспортної системи міста взагалі, визначати рівень задоволення попиту населення на перевезення. Отримані за допомогою таких досліджень можуть допомогти вдосконалити

роботу міських транспортних систем, що в свою чергу дозволить раціонально планувати роботу громадського транспорту, за рахунок чого можна підвищити комфорт населення при користуванні громадським транспортом у містах.