

«Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вишого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Автомобілів

(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

магістр

(освітній рівень)

на тему: Удосконалення системи керування міськими транспортними потоками

Виконав: студент 6 курсу, групи МНм-61
спеціальності 275 «Транспортні технології»
(шифр і назва спеціальності)

Студент

(підпис)

Гринчишин С.І.

(прізвище та ініціали)

Шмир Н.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Дзюра В.О.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Дзюра В.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зав. каф.

(підпис)

Цьонь О.П.

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет *інженерії машин, споруд та технологій*

Кафедра *Автомобілів*

Освітній рівень *магістр*

Напрямок підготовки _____

(шифр і назва)

Спеціальність *275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)*

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри *О.П. Цьонь*

«20» листопада 2023 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Гринчишину Святославу Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Удосконалення системи керування міськими транспортними потоками (комплексна тема)*

керівник проекту (роботи) *Дзюра Володимир Олексійович, д.т.н., проф.*

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «20» січня 2023 року № 4/7-1070

2. Термін подання студентом проекту (роботи) *грудня 2023 р.*

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

Дані системи вантажного транспорту (марка транспортних засобів, тип вантажу, ключові точки маршруту, кількість транспортних засобів).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1.1 Транспортні проблеми сучасних міст та шляхи їх вирішення; 1.2 Аналіз українського та світового досвіду організації пріоритетного руху громадського транспорту; 1.3 Поняття транспортної доступності та рухливості населення;

2.1 Короткий опис існуючої схеми дорожнього руху у мікрорайонах м. Тернополя; 2.2 Варіанти організації виділеної смуги для міського транспорту загального користування; 2.3 Методи забезпечення пріоритету

3.1 Аналіз обраної схеми організації виділених смуг

4.1 Охорона праці на транспорті

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці</i>	<i>Вовк Ю.Я., к.т.н., доц.</i>		
<i>Безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>ст. викл. Клепчик В.М.</i>		

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
	<i>1.1 Транспортні проблеми сучасних міст та шляхи їх вирішення</i>	<i>15.11.2023</i>	
	<i>1.2 Аналіз українського та світового досвіду організації пріоритетного руху міського транспорту загального користування</i>	<i>25.11.2023</i>	
	<i>1.3 Поняття транспортної доступності та рухливості населення</i>	<i>27.11.2023</i>	
	<i>2.1 Короткий опис існуючої схеми дорожнього руху у мікрорайонах м. Тернополя</i>	<i>04.12.2023</i>	
	<i>2.2 Варіанти організації виділеної смуги для міського транспорту загального користування</i>	<i>11.12.2023</i>	
	<i>2.3 Методи забезпечення пріоритету</i>	<i>15.12.2023</i>	
	<i>3.1 Аналіз обраної схеми організації виділених смуг</i>	<i>17.12.2023</i>	
	<i>4.1 Охорона праці на транспорті</i>	<i>20.12.2023</i>	

Студент _____
(підпис)Гринчишин С.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

Дзюра В.О.

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет *інженерії машин, споруд та технологій*

Кафедра *Автомобілів*

Освітній рівень *магістр*

Напрямок підготовки _____

(шифр і назва)

Спеціальність *275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)*

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри *О.П. Цьонь*

«20» *листопада* 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Шмиру Назарію Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Удосконалення системи керування міськими транспортними потоками (комплексна тема)*

керівник проекту (роботи) *Дзюра Володимир Олексійович, д.т.н., проф.*

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «20» січня 2023 року № 4/7-1070

2. Термін подання студентом проекту (роботи) *грудня 2023 р.*

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

Дані системи вантажного транспорту (марка транспортних засобів, тип вантажу, ключові точки маршруту, кількість транспортних засобів).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1.4 Основні методи дослідження транспортної рухливості населення; 1.5 Інтелектуальні транспортні системи як елемент керування транспортними потоками; 1.6 Транспортне моделювання як метод теоретичного дослідження в галузі керування міськими транспортними потоками; 1.7 Висновки та постановка завдань до кваліфікаційної роботи

2.4 Ширина смуг проїзної частини; 2.5 Опис різних варіантів виділених смуг застосовується до вулично-дорожньої мережі м. Тернополя; 2.6 Вибір ефективного рішення щодо організації виділених смуг серед основних варіантів

3.2 Розробка додаткових заходів щодо покращення транспортної ситуації у мікрорайонах м. Тернополя

4.2 Безпека дорожнього руху на транспорті

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці</i>	<i>Вовк Ю.Я., к.т.н., доц.</i>		
<i>Безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>ст. викл. Клепчик В.М.</i>		

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
	<i>1.4 Основні методи дослідження транспортної рухливості населення;</i>	<i>15.11.2023</i>	
	<i>1.5 Інтелектуальні транспортні системи як елемент керування транспортними потоками;</i>	<i>25.11.2023</i>	
	<i>1.6 Транспортне моделювання як метод теоретичного дослідження в галузі керування міськими транспортними потоками;</i>	<i>27.11.2023</i>	
	<i>1.7 Висновки та постановка завдань до кваліфікаційної роботи</i>	<i>04.12.2023</i>	
	<i>2.4 Ширина смуг проїзної частини.</i>	<i>12.12.2023</i>	
	<i>2.5 Опис різних варіантів виділених смуг застосовується до вулично-дорожньої мережі м. Тернополя</i>		
	<i>2.6 Вибір ефективного рішення щодо організації виділених смуг серед основних варіантів</i>	<i>12.12.2023</i>	
	<i>3.2 Розробка додаткових заходів щодо покращення транспортної ситуації у центральній частині м. Тернополя</i>	<i>15.12.2023</i>	
	<i>4.2 Безпека дорожнього руху на транспорті</i>	<i>17.12.2023</i>	

Студент _____
(підпис)Шмир Н.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

Дзюра В.О.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	8
ВСТУП	9
1. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ	
1.1 Транспортні проблеми сучасних міст та шляхи їх вирішення.....	10
1.2 Аналіз українського та світового досвіду організації пріоритетного руху міського транспорту загального користування.....	14
1.2.1 Український досвід забезпечення пріоритетного руху міського транспорту загального користування.....	14
1.2.2 Закордонний досвід забезпечення пріоритетного руху міського транспорту загального користування.....	18
1.2.3 Критерії виділення смуг пріоритетного руху міського транспорту загального користування.....	23
1.3 Поняття транспортної доступності та рухливості населення.....	27
1.4 Основні методи дослідження транспортної рухливості населення.....	30
1.4.1 Моделювання завантаження транспортної мережі.....	32
1.4.2 Математичні моделі оцінки транспортних кореспонденцій.....	33
1.5 Інтелектуальні транспортні системи як елемент керування транспортними потоками.....	40
1.6 Транспортне моделювання як метод теоретичного дослідження в галузі керування міськими транспортними потоками.....	44
1.7 Висновки та постановка завдань до кваліфікаційної роботи.....	49
2. АНАЛІТИКО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	
2.1 Короткий опис існуючої схеми дорожнього руху у мікрорайонах м. Тернополя.....	52
2.2 Варіанти організації виділеної смуги для міського транспорту загального користування.....	53
2.3 Методи забезпечення пріоритету.....	61

2.3.1	Забезпечення пасивного пріоритету.....	62
2.3.2	Забезпечення активного пріоритету.....	65
2.4	Ширина смуг проїзної частини.....	67
2.5	Опис різних варіантів виділених смуг застосовується до вулично- дорожньої мережі м. Тернополя.....	69
2.6	Вибір ефективного рішення щодо організації виділених смуг серед основних варіантів.....	77

3. ПРОЕКТНО-РЕКОМЕНДАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

3.1	Аналіз обраної схеми організації виділених смуг.....	79
3.2	Розробка додаткових заходів щодо покращення транспортної ситуації у мікрорайонах м. Тернополя.....	81

4. ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1	Охорона праці на транспорті	86
4.2	Безпека дорожнього руху на транспорті	92

	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	98
--	---	-----------

	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	99
--	------------------------------	-----------

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на тему «Підвищення ефективності управління міськими транспортними потоками» містить 106 сторінок текстового документу.

. Ефективний міський пасажирський транспорт є умовою забезпечення високого рівня транспортної рухливості всім категорій громадян. Підвищення рівня ефективності управління міським пасажирським транспортом загального користування є необхідною умовою забезпечення його конкурентних властивостей в умовах швидкого зростання парку особистих автомобілів. Міський пасажирський транспорт, що здійснює рух спеціально відведеними смугами руху, може успішно конкурувати з особистим транспортом у години «пік», за допомогою зменшення часу непродуктивного простою в заторах.

Метою цього дослідження є розробка ефективної моделі забезпечення пріоритетного руху міського транспорту загального користування.

Об'єктом дослідження є існуючі та перспективні методи організації руху міського пасажирського транспорту загального користування.

Розглянуто варіанти організації пріоритетних смуг руху громадського транспорту. Вибрано найбільш ефективне рішення щодо організації руху міського пасажирського транспорту загального користування.

Виходячи з обраного рішення, було розглянуто та запропоновано деякі заходи, що дозволяють покращити транспортну ситуацію на мікрорайонах «Канада», «Східний», «Сонячний», при введенні виділених смуг.

Ключові слова: транспортна рухливість населення, транспортний потік, міський транспорт спільного користування, моделювання, організація руху, транспортні кореспонденції.

ВСТУП

Ефективний міський пасажирський транспорт є умовою забезпечення високого рівня транспортної рухливості населення. Підвищення рівня ефективності управління міським транспортом загального користування є необхідною умовою забезпечення його конкурентних властивостей за умов швидкого зростання парку особистих транспортів. Пасажирський транспорт, який здійснює рух спеціально відведеними смугами руху, може успішно конкурувати з особистим транспортом у години «пік», за допомогою зменшення часу непродуктивного простою в заторах.

Одним із можливих шляхів зниження завантаження вулиць та доріг, підвищення якості та ефективності пасажирських перевезень у містах є створення пріоритетних умов руху транспорту загального користування. Міський транспорт загального користування, що рухається спеціальними смугами руху, може успішно конкурувати з індивідуальним транспортом у години «пік», за допомогою зменшення часу непродуктивного простою в заторах. Ця умова дозволить не лише покращити умови руху, а й знизити загальне екологічне навантаження на довкілля.

У зв'язку з цим дане наукове дослідження, присвячене ефективному управлінню міським транспортом, а саме транспорту загального користування, є актуальним, що дозволяє покращити транспортну ситуацію в сучасному місті.

Основна думка роботи полягає у тому, що безперешкодне пересування вулично-дорожній мережі міського транспорту загального користування одна із основних умов забезпечення конкурентних якостей особистому транспорту.

1. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Транспортні проблеми сучасних міст та шляхи їх вирішення

Вулично-дорожня мережа (ВДМ) міста створюється десятиліттями і для її зміни чи реконструкції необхідні час та значні інвестиції. Структура і довжина ВДМ міста створюються з урахуванням генеральних планів розвитку, орієнтованих на певний рівень автомобілізації. Протягом тривалого часу в нашій країні пріоритет у розвитку транспортного обслуговування віддавався громадському пасажирському транспорту, оскільки за розрахунковий рівень автомобілізації приймався 60 авт./1000 чол. [1]. Саме для цього рівня автомобілізації і було створено всю транспортну інфраструктуру та систему управління дорожнім рухом сучасних українських міст. Основними їх недоліками є:

- мала питома щільність магістральних вулиць та недостатня розвиненість мережі місцевих вулиць;
- низька пропускна спроможність вулиць та перехресть;
- суміщений рух громадського пасажирського транспорту, особливо трамваїв у середині проїжджої частини, легкового, вантажного та транспорту спеціального призначення;
- застосування для регулювання руху застарілих методів та технічних засобів;
- відсутність системи інформаційного забезпечення міського руху;
- відсутність необхідної кількості автостоянок та парковок [2].

Автомобілізація міст Західної Європи, що почалася в 50-ті роки, проходила практично по одній закономірності для всіх країн: лінійне зростання кількості автомобілів до рівня 300 - 350 авт./1000 чол. чол.

Є підстави очікувати в українських містах граничний рівень автомобілізації близько 550 авт./1000 чол. до 2020 – 2025 рр., що більше рівня, досягнутого сьогодні на більшій частині території України. Це вимагає

перегляду всієї стратегії розвитку міст та міського транспорту [3].

З кожним роком у світі зростає використання інтелектуальних транспортних систем (ІТС).

Під ІТС розуміють застосування сучасних технологій зв'язку, управління, комп'ютерного обладнання та програмного забезпечення для покращення ефективності та безпеки роботи міського наземного транспорту.

Інтелектуальна транспортна система - найефективніша у сучасних умовах система організації руху, і навіть вона може підвищити пропускну здатність ВДМ міста більш ніж 20 %. Це свідчить про те, що лише одними заходами регулювання руху проблему міського руху вирішити не можна.

Найважливішим та найдорожчим заходом є розвиток ВДМ міста. У випадку інтенсивної автомобілізації частку ВДМ у балансі території міст необхідно збільшити із звичайних 8 - 10 % до 20 %, що потребує коригування діючих та створення нових нормативних документів і посібників з проектування планування і забудови вулиць, площ, транспортних вузлів.

Як показує закордонний досвід, одним із найбільш радикальних та ефективних шляхів підвищення ефективності роботи міських транспортних систем є впровадження різних заходів, спрямованих на обмеження використання автомобільного транспорту з одночасним адекватним розвитком системи громадського пасажирського транспорту.

Ці заходи можуть бути різними: від адміністративної заборони, до стягнення плати за виїзд на ВДМ, але спрямованість їх одна – зменшення кількості автомобілів до рівня, що не перевищує пропускну спроможність ВДМ та місткість паркувань у місті. Головним об'єктом обмежень при впровадженні цього підходу мають стати легкові автомобілі, які перебувають у власності громадян, оскільки саме вони роблять найбільший внесок у перевантаженість ВДМ міста.

Так, завдяки застосуванню таких заходів у містах Західної Європи з аналогічною щільністю ВДМ та кількістю автомобілів близько 550 авт./1000 чол. частка робочих поїздок на власному автомобілі не перевищує 20%.

У сучасних умовах транспортну обстановку у містах можна поліпшити, розвиваючи громадський пасажирський транспорт.

Умови руху міського пасажирського транспорту, який здійснює рух у загальному транспортному потоці, визначаються умовами руху потоку в цілому, який можна охарактеризувати двома показниками: рівень завантаження ВДМ та швидкістю сполучення. Ключовим фактором, що впливає на умови руху транспортного потоку, є рівень завантаження ВДМ. Швидкість сполучення всього транспортного потоку, зокрема й громадського транспорту, визначається з урахуванням затримок транспорту на перехрестях, і навіть враховуються витрати часу зупинки.

У США для оцінки транспортного руху по ВДМ міста як основний застосовується інтегральний критерій, який називається показник рівня обслуговування (Level of Service – LOS). Він визначений як «якісна характеристика, яка відображає сукупні фактори (швидкість руху, час поїздки, безпека та зручність керування автомобілем, свободу маневрування)» [4]. Цей показник у США став основним критерієм оцінки якості організації дорожнього руху та був включений до нормативних документів. Поділ на рівні дозволив транслювати параметри, що характеризують функціонування транспорту та доріг, більш зручну і спрощену для розуміння шкалу оцінки. За основу градації прийнято рівень завантаження ВДМ, що у таблиці 1.1. У цей показник став використовуватися з метою оцінки умов руху на дорогах загального користування [5] і отримав назву «рівень зручності» (таблиця 1.1) [6].

В даний час транспортну ситуація в більшості сучасних міст України можна віднести до несприятливих та вкрай нестійких. Основною причиною цього є невідповідність пропускнуї здатності ВДМ, стрімкої автомобілізації міст, перевага особистого транспорту громадському.

Таблиця 1.1 - Рівні обслуговування та рівні зручності

Рівень обслуговування	Рівень завантаження	Хар-ка умов руху	Рівень зручності	Коефіцієнт завантаження	Харка умов руху
А	<0,1	Вільний потік	А	<0,2	Вільний потік
В	> 0,1	Стійкий потік	Б	0,2 – 0,45	Частково пов'язаний
С	> 0,3	Стійкий потік	В	0,45 – 0,7	Пов'язаний потік
Д	> 0,7	Хто наближається до нестійкого	Г-а	0,7 - 1,0	Насичений потік
Е	> 1,0	Нестійкий потік	Г-б	> 1,0	Щільно насичений потік

Незадовільна умова руху міського пасажирського транспорту, що рухається у загальному інтенсивному потоці транспортних засобів, веде до зниження якості обслуговування населення, у зв'язку з високими витратами часу на пересування, пов'язані з низькою швидкістю сполучення пасажирського транспорту та порушенням регулярності його руху. Негативно впливає на рух громадського транспорту і наявність припаркованого особистого транспорту на значній кількості вулиць.

При русі на виділених смугах та відсутності перешкод руху громадський транспорт здатний забезпечувати більш високі швидкості сполучення, ніж під час руху у загальному міському транспортному потоці, зокрема й у години «пік».

Необхідно створити умови, за яких користування громадським пасажирським транспортом було б вигіднішим, ніж автомобілем [8].

1.2 Аналіз українського та світового досвіду організації пріоритетного руху міського транспорту загального користування

1.2.1 Український досвід забезпечення пріоритетного руху міського транспорту загального користування

Завдання щодо підвищення швидкості та безпеки міського пасажирського транспорту загального користування зі збільшенням інтенсивності руху транспортних потоків стає особливо актуальним і водночас важкорозв'язним. Вирішення цього завдання вимагає надання певних переваг міському пасажирському транспорту перед іншими транспортними засобами, що забезпечуються:

- відповідними положеннями Правил дорожнього руху передбаченими Про Правила дорожнього руху: Постанова Кабінету Міністрів України; Перелік, Правила від 10.10.2001 № 1306;

- введенням пріоритету в циклі світлофорного регулювання на перехрестях ВДМ;

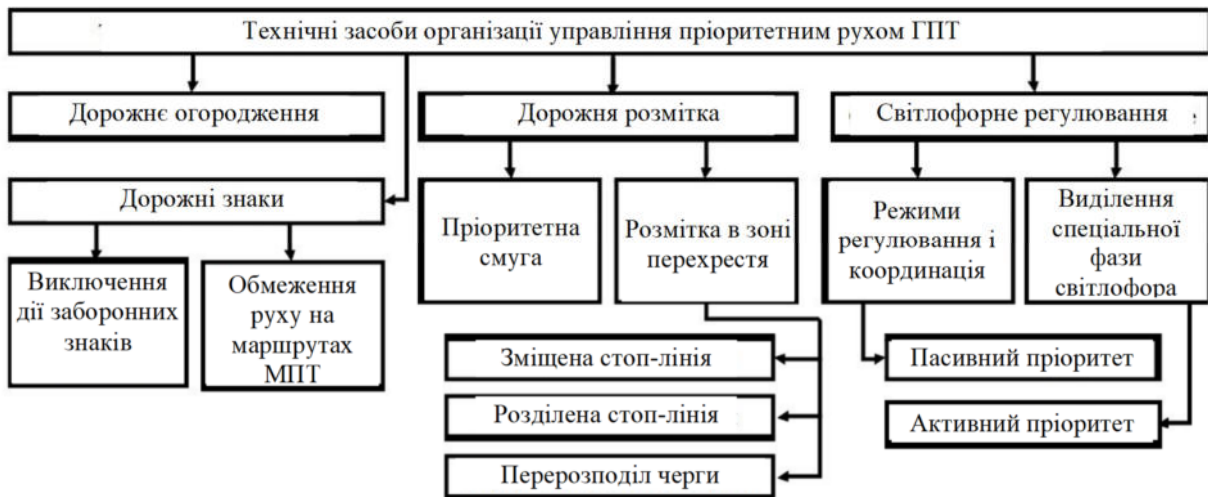
- запровадженням окремих обмежень для інших транспортних засобів на вулицях, якими проходять маршрути міського пасажирського транспорту;

- відокремленням спеціальної смуги для руху автобусів, яким забороняється рух решти транспортного потоку;

- застосуванням методу рознесених стоп-ліній, корекції циклу або запровадженням спеціальної фази регулювання на перетинах ВДМ.

Заходи, пов'язані із забезпеченням пріоритетного руху міського транспорту загального користування, можна класифікувати залежно від технічних засобів ОДР, що застосовуються, в чотири основні групи, представлені на малюнку 1.1, які можуть застосовуватися як окремо, так і в різних поєднаннях між собою.

Технічними засобами для реалізації зазначених заходів є дорожні знаки, світлофори, а також детектори транспорту та контролери, що змінюють режим роботи світлофорного регулювання на перехресті.



Малюнок 1.1 - Класифікація заходів, які забезпечують пріоритетний рух ДПТ технічними засобами ОДР

Для того, щоб прийняти рішення про необхідність створення локального пріоритету або виділення смуги на магістралі для конкретної транспортної ситуації, повинні бути проведені відповідні обмеження руху на ділянці ВДМ, після чого на основі обмеження має бути виконано техніко-економічне обґрунтування ефективності прийнятого рішення.

Перший український досвід впровадження спеціальних виділених смуг для міського пасажирського транспорту загального користування запроваджено у м. Києві (мал. 1.2). Однак після запровадження виділених смуг руху на ділянці ВДМ міська влада забула здійснювати контроль за рухом транспортних засобів на цій ділянці ВДМ, тож фактично зараз на цій ділянці ВДМ здійснюють рух транспортні засоби майже усіх категорій. Як наслідок міський пасажирський транспорт стоїть у заторах з іншими видами транспорту. При цьому зводяться на нівець переваги цих смуг і громадського транспорту в цілому.

За час реалізації проекту можна зробити такі висновки, що з ефективного функціонування необхідно вирішити ще досить багато складних проблем.



Малюнок 1.2. Виділена смуга руху громадського транспорту у м. Києві вул. Братиславська

При проектуванні виділених смуг недостатньо виконати проект нанесення розмітки та розміщення символів. У проекті необхідно розглянути такі заходи:

- заходи, що забезпечують першочерговий проїзд перехресть міського громадського транспорту за зміни напрямку руху, зменшення кількості смуг тощо;
- зміни схеми ОДР для мінімізації кількості дозволених правої виділеної смуги та лівих поворотів, та розворотів при організації центральної виділеної смуги;
- розрахунок протяжності черг для поворотних потоків що перетинають виділену смугу та розробка рішень для їх пропуску без можливості створення перешкод міському пасажирському транспорту;
- визначення режиму обслуговування підприємств, магазинів, завезення товарів яким може бути здійснено лише з проїжджої частини дороги, що зайнята виділеною смугою;
- розрахунок максимальної пропускної здатності смуги виходячи з пропускної здатності зупиночних пунктів з врахуванням регульованих перетинів

та підбір рухомого складу оптимальної місткості як з врахуванням досягнення максимальної пропускної здатності смуги, так і з врахуванням величини прогнозованого пасажиропотоку.

В Україні серед усіх можливих способів надання пріоритету громадському транспорту, як правило, застосовується наступний: індивідуальному транспортному засобу дозволяється займати смугу, виділену для громадського транспорту, для повороту і для посадки та висадки пасажирів біля правого краю проїзної частини за умови, що це не створює перешкод маршрутним ТЗ.

При обґрунтуванні необхідності організації виділеної лінії єдиним критерієм може бути потреба у транспортному обслуговуванні населення, оскільки провізні можливості міського пасажирського транспорту вдесятеро перевищують провізні можливості особистого транспорту. Цей факт підтверджує знаменитий експеримент, поставлений групою ентузіастів у німецькому місті Мюнстер. На малюнку 1.3 показано, який простір на дорозі займе та сама група людей, у випадках, якщо кожен з них буде на своєму особистому автомобілі, в автобусі або на велосипедах.



Малюнок 1.3. Експеримент порівняно вуличного простору, який займає одна і та ж група людей, які пересуваються на автомобілях, автобусі та на велосипедах

1.2.2 Закордонний досвід забезпечення пріоритетного руху міського транспорту загального користування

Початок застосування виділених смуг для громадського транспорту бере початок із 1939 р. у США - країна проголосила автомобіль частиною своєї ідеології - у Чикаго [13]. До 1972 р. налічувалося вже понад 100 міст і понад 140 км виділених смуг для руху міського пасажирського транспорту та іншого спеціального транспорту [14].

На Європейському континенті перші виділені лінії було створено в Гамбурзі (Німеччина, 1963), причому успішний досвід їх застосування підштовхнув до розробки стандартів організації цієї практики, якими навчалися надалі фахівці з інших держав.

У Франції перші подібні лінії пріоритетного руху для здійснення швидкісних пасажирських перевезень громадським транспортом сумарною протяжністю 17 км були організовані в 1972р. у місті Іврі [15]. І вже до 1995 р. у Парижі довжина виділених смуг становила 140 км (2003 р. їх довжина становила - 720 км). Пізніше на усіх маршрутах руху громадського транспорту було запроваджено ділянки для безупинного руху індивідуального транспорту, так звані «червоні дороги» [16]. Результатом впровадження системи адаптивного керування транспортними потоками, що орієнтується на пріоритетний пропуск трамваїв та автобусів, у Руані (Франція) є збільшення швидкості сполучення трамваю з 14,8 км/год до 19,3 км/год [17]. Сьогодні застосування виділених смуг для забезпечення пріоритетного руху, які також можуть використовуватися і велосипедистами, і таксі, широко поширене в багатьох французьких містах.

У всій структурі дорожньої мережі Німеччини виділені смуги для руху міського пасажирського транспорту займають невеликий обсяг, але є дуже ефективними в роботі. У великих та найбільших містах на широких вулицях для руху міського пасажирського транспорту виділяються крайня права, ліва або центральна смуга, часто відокремлена від загального транспортного потоку штучними бордюрами чи газонами. За відсутності достатньої ширини проїжджої

частини, смуга для руху міського пасажирського транспорту виділяється не на всьому протязі маршруту, а локально, на ділянках де особливо висока ймовірність заторів, як наприклад, на Паулінштрассе в Трірі (малюнок 1.4) .



Малюнок 1.4. Виділена смуга для руху міського пасажирського транспорту на вулиці Паулінштрассе у Трірі (Німеччина)

Паулінштрассе в Трірі є старовинною вулицею (основна забудова XIX - початок XX століття) і досить вузькою - по смузі в кожную сторону, що є найкоротшим шляхом з північної частини до центральної частини міста. На ділянці протяжністю 300 метрів (малюнок 1.5) у центрі вулиці виділено простір, що дозволяє автобусам об'їжджати автомобілі, що скупчилися перед перехрестям, у періоди ранкових та вечірніх годин «пік». Також на даній ділянці всі світлофори пов'язані в єдину мережу і скрізь, де це можливе, для громадського транспорту забезпечується «зелена вулиця», або як у нас прийнято називати «зелена хвиля» (рисунок 1.4). Допускається і рух велосипедистів автобусною смугою, якщо ширина дороги не здатна забезпечити виділену відокремлену велосипедну доріжку.



Малюнок 1.5 - Вулиця Паулінштрассе у Трірі

У 1995 - 2003 роках. у Лондоні було реалізовано проект пріоритетного руху міського пасажирського транспорту. Відмінною рисою цього проекту був комплексний підхід до забезпечення пріоритетних умов руху міського пасажирського транспорту, який полягав у виділенні смуг для руху міського пасажирського транспорту, а й у наданні пріоритету їм з допомогою технічних засобів, світлофорного регулювання та обмеження паркувань на маршрутах руху автобусів. У перші роки впровадження цієї системи популярність автобусних перевезень зросла на 21%, а час подорожі знизився в середньому на 23%. Також у Лондоні є «червоні маршрути» - вулиці з повною заборонаю паркування та зупинок транспортних засобів біля тротуарів. Ці заходи дозволили знизити аварійність на 6,4%, підвищити швидкість сполучення міського пасажирського транспорту на 10% і надійність сполучення - на 27% [18]. Лондонська мережа пріоритетного автобусного руху (London Bus Priority Network) включає майже всі маршрути громадського транспорту всередині внутрішньої кільцевої дороги.

В Англії допускається організація суміщених автобусно велосипедних смуг шириною 4 м (рисунок 1.6), якщо автобусна смуга фізично відокремлена від решти проїздної частини, вона повинна мати ширину не менше 4,5 м або більше, в межах якої ширина велодоріжки становитиме 1,5 м. Бажано відходити від ширини в проміжку 3,2 - 3,9 м, оскільки це залишає простору для обгону.



Малюнок 1.6 – Суміщення автобусної і велосипедної смуг в Англії

У багатьох містах Великобританії (Лідсе, Кембриджі, Саутгемптоні, Ноттінгемі, Единбурзі та інших) організовано рух міського пасажирського транспорту виділеними смугами та надання пріоритетного пропуску через регульовані перетину, який у більшості випадків забезпечується АСУДР SCOOT.

Як приклад можна навести досвід США, зокрема м. Нью-Йорк в організації виділених смуг для руху маршруту M15.

Середня швидкість автобусів цим маршрутом становила близько 8,5 км/год. Для вирішення цієї проблеми на Першій та Другій Авеню було відокремлено дві крайні праві смуги для руху автобусів з дозволом повороту праворуч для інших транспортних засобів. У години «пік» постачання товарів до магазинів, прилеглих до виділених смуг, заборонено. Також було здійснено встановлення бордюр між смугами руху автобусів та інших транспортних засобів, щоб перешкоджати переїзду автомобілів, вантажних автомобілів та таксі на виділені смуги. В результаті всіх цих заходів відбулося скорочення часу руху на маршруті на 21 – 27%, а популярність автобусів, у зв'язку зі збільшенням

пасажирів, зросла на 48% [18].

У штаті Техас запропоновано рішення щодо забезпечення реверсивної виділеної смуги за допомогою пересувних бар'єрів на радіальних до Далласа магістральних напрямках. Щоранку спеціально обладнаний автомобіль, що пересуває бар'єр, зі швидкістю 8 км/год встановлює бар'єр на зустрічну смугу руху. Умовою є лише те, що цією смугою може пересуватися лише транспорт для масових перевезень пасажирів. Увечері за зміни напрямку транспортного потоку бар'єр встановлюється в інший бік.

У Ванкувері (Канада) в результаті виділення спеціальних смуг на основних маршрутах проходження міського пасажирського транспорту час руху маршрутом скоротився на 3 - 10 хвилин в години «пік» і на 10 - 12 хвилин - в інший час, швидкість руху збільшилася на 23 - 29 %, популярність автобусів зросла 25 - 30 % [19].

У Хіросімі (Японія) в результаті впровадження близько 128 км пріоритетних автобусних смуг швидкість сполучення автобусів збільшилася до 20 км/год, для порівняння до впровадження швидкість дорівнювала 12 км/год [20]. Пріоритетний пропуск автобусного транспорту організовано також у таких японських містах, як Нагасакі та Саппоро.

В результаті узагальнення досвіду Європейських країн отримано такі дані щодо результатів впровадження виділених смуг для громадського транспорту. Найчастіше досягається скорочення часу проїзду на 20 - 50 %. На смузі для громадського транспорту швидкість руху години «пік» становить, зазвичай, 15 - 20 км/ч. Для легкових автомобілів час проїзду збільшується безпосередньо після відкриття смуги для громадського транспорту внаслідок зменшення кількості смуг. Жорстке регулювання руху приблизно за рік призводить до ліквідації більшості затримок легкових автомобілів [21].

1.2.3 Критерії виділення смуг пріоритетного руху міського транспорту загального користування

Критерії необхідності організація відокремлених смуг для руху ВСП, які пропонують фахівці різних країн, мають певні відмінності. Фахівці Південної Кореї [22] пропонують як критерії мінімальні значення інтенсивності руху та пасажиропотоків (таблиця 1.2). Облаштування відокремленої лінії в напрямку протилежному загального транспортного потоку можливий, якщо інтенсивність руху автобусів перевищує інтенсивність руху інших транспортних засобів у зустрічному напрямку [22].

У США та Великій Британії вказуються набагато менші значення інтенсивності руху маршрутного транспорту (таблиця 1.3).

Значення інтенсивності руху ТЗ, що забезпечують економічну ефективність облаштування відокремлених смуг для руху маршрутного пасажирського транспорту розглядалися Ю.Д. Шовковим (таблиця 1.4), де значення інтенсивностей руху доповнюються рядом вимог [23].

При використанні відокремлених смуг типу Б - Г необхідно (таблиця 1.4), щоб відстань між зупинковими пунктами становила щонайменше 1,5 км. Ширина відокремленої смуги має бути не менше 3,5 м при русі ВСП у попутному напрямку із загальним транспортним потоком і не менше 3,75 м при русі ВСП назустріч загальному транспортному потоку.

Оскільки оцінка ефективності пріоритетних смуг руху ВСП викликає великий інтерес, Світова дорожня асоціація (PIARC) провела дослідження, матеріали для яких були надані 30 містами з 15 країн.

Таблиця 1.2 - Критерії при організації відокремлених смуг для руху пасажирського транспорту у Південній Кореї

Число смуг у цьому	Інтенсивність руху автобусів N_A , авт.	Пасажиропотік Q , пас. /год	Тип виділеної смуги
3	$N_A > 60$	$Q > 1800$	Крайня права смуга у напрямку руху ТП
	$N_A > 100$	$Q > 3000$	Крайня права смуга у напрямку руху ТП
			Крайня смуга у напрямку проти загального ТП
	$N_A > 150$	$Q > 4500$	Крайня права смуга у напрямку руху ТП
			Крайня ліва смуга у напрямку руху ТП
4	$N_A > 100$	$Q > 3000$	Крайня права смуга у напрямку руху ТП
	$N_A > 150$	$Q > 4500$	Крайня права смуга у напрямку руху ТП
			Крайня ліва смуга у напрямку руху ТП

Таблиця 1.3 - Критерії організації відокремлених смуг для руху пасажирського транспорту в США та Великій Британії [24]

Мінімальна інтенсивність руху автобусів, авт./ч	Мінімальний пасажиропотік C ,	Тип виділеної смуги
США		
30-40	1200-1600	Крайня смуга у напрямку руху загального ТП
40-60	1600-2400	Крайня смуга у напрямку проти загального ТП
60-90	2400-3600	У розділової смуги проїжджої частини
Великобританія		
50	2000	-

Таблиця 1.4 - Значення інтенсивності транспортного засобу при організації відокремлених смуг для пасажирського транспорту

Число смуг у цьому напрямку	Інтенсивність руху автобусів N_A , авт.	Інтенсивність руху ТС у розрахунку одну	Тип виділеної смуги
3	$N_A > 40$	$400 < N_T < 800$	Крайня права смуга у напрямку руху ТП (тип А)
			Крайня ліва смуга у напрямку руху ТП (тип Б)
	$N_A > 80$	$500 < N_T < 800$	Реверсивна смуга (тип В)
			Крайня ліва смуга у напрямку руху ТП за рахунок зміщення осьової лінії розмітки та використання смуги для зустрічного руху (тип Г)
4	$N_A > 40$	$400 < N_T < 900$	Крайня права смуга у напрямку руху ТП (тип А)
			Крайня ліва смуга у напрямку руху ТП (тип Б)
	$N_A > 80$	$500 < N_T < 900$	Реверсивна смуга (тип В)
			Крайня ліва смуга у напрямку руху ТП за рахунок зміщення осьової лінії розмітки та використання смуги для зустрічного

Аналіз міжнародного досвіду виділення спеціальних смуг та окремих проїздних частин (оцінювалися маршрути з найбільшими пасажиропотоками) дав такі показники [25]:

- двосмугова проїжджа частина для автобусного руху може забезпечити провізну здатність 11000 – 15000 пас/год в одному напрямку;
- при впровадженні заходів щодо підвищення пропускної здатності зупиночних пунктів досягнуто провізної здатності 18000 пас/год в одному напрямку;
- найбільший пасажиропотік зафіксовано в Порто-Алегро (Бразилія) – 26000 пас/год в одному напрямку.

Наведені вище значення пасажиропотоків можна оцінювати, як високі та

відповідні показникам провізної здатності ліній трамваю, зазначеним у вітчизняній та закордонній спеціальній літературі. Тому слід впроваджувати цей досвід і в українську практику. Оскільки умови руху в українських містах, розглянуті в [23], істотно змінилися, рекомендації щодо устрою смуг пріоритетного руху ВСП (таблиця 1.4) вимагають певної коригування. На необхідність уточнення критеріїв виділення спеціалізованих смуг вказують і розбіжності значень показників, що наводяться фахівцями різних країн (таблиці 1.2 – 1.4).

Насамперед, вимагають вивчення показники інтенсивності руху і, відповідно, питомі навантаження на смуги проїзних частин, які протягом останніх 10 - 15 років різко зросли. У випадках транспортних потоків високої щільності виділення спеціалізованих смуг для міського пасажирського транспорту може супроводжуватися негативним ефектом - погіршенням умов руху решти транспортного потоку. Зростання автопарку робить необхідним облік впливу вуличного паркування, функціонування місцевих проїздів, які обслуговують прилеглі до проїзної частини забудови, стоянки біля торгових об'єктів, заправки тощо.

Ефективним інструментом, що дозволяє встановити області значень різних параметрів, за яких доцільно виділення смуг міського пасажирського транспорту, є мікромодельовання транспортних потоків, яке дозволяє охопити широкий спектр дорожніх умов та врахувати вплив різних факторів: співвідношення інтенсивностей руху маршрутного транспорту та основного транспортного потоку; пропускна спроможність та пасажирообіг зупинкових пунктів; розміщення місцевих проїздів та інтенсивність руху на них; щільність розміщення світлофорних об'єктів та їх режими регулювання.

Відповідно до аналізу, наведених даних, можна зробити такі висновки:

- 1) Організація руху міського пасажирського транспорту виділеними смугами дозволяє підвищити експлуатаційну швидкість міського пасажирського транспорту загалом на 10 - 20 %, і навіть сприяє перерозподілу попиту пасажирські перевезення.

2) Ефект від реалізації заходів щодо забезпечення пріоритетних умов руху міського пасажирського транспорту вдається досягти при поєднанні руху по виділеній смузі з використанням пріоритетного пропуску через регульовані перетину, які реалізовані у сучасних закордонних АСУДР.

3) Розглянуті різні варіанти організації пріоритетної лінії руху для пасажирського транспорту. Надається можливість виділення пріоритетної смуги навіть на найскладніших та найзавантаженіших ділянках ВДМ, у тому числі й в історичних районах міста, яким притаманні вузькі ділянки проїжджої частини.

1.3 Поняття транспортної доступності та рухливості населення

Транспортна доступність одна із найважливіших критеріїв, необхідні оцінки якості транспортного обслуговування територій міста [26, 27]. Аналіз та прогнозування транспортної доступності місць застосування праці тих чи інших видів послуг вимагають:

- визначення переліку критеріїв, якими оцінюватиметься транспортна доступність;
- розробки методики обстежень існуючої транспортної рухливості;
- розробки моделі оцінки перспективної транспортної рухливості.

У закордонній практиці термін транспортна доступність має два значення :

- доступність - повні витрати часу на пересування, що відбувається з метою (пересування до місця роботи, пересування з культурно-побутовими цілями, пересування до рекреацій тощо.);
- доступність – можливість отримання транспортних послуг людьми з обмеженими фізичними можливостями (інвалідами, особами похилого віку).

Крім того, у США та Канаді застосовується термін *Transport Affordability* [28], яким позначається економічна оцінка доступності транспорту (або доступності транспортних послуг), що здійснюється у вигляді моніторингу соціально-економічних даних, що характеризують співвідношення «вартість

транспортних послуг – доходи».

В українській містобудівній практиці, як і раніше, нормуються лише деякі показники доступності, такі як доступність місць застосування праці та доступність зупинкових пунктів громадського транспорту.

Чинний нині ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування і забудова територій» нормує витрати часу в містах на пересування від місць проживання до місць роботи [1, 26]. Відповідно до його вимог для 90% працюючих, витрати часу на пересування до місця роботи не повинні перевищувати показники, наведені нижче.

Таблиця 1.5 - Витрати часу у містах для пересування від місць проживання до місць роботи, залежно від чисельності населення

Чисельність населення, тис. чол.	Витрати часу (в один кінець), хв
2000	45
1000	40
500	37
250	35
100 і менше	30

Для проміжних значень розрахункової чисельності населення міст зазначені норми витрат часу слід інтерполювати.

Крім того, у ДБН вказується, що для:

- щоденної їзди на роботу до центру міста з інших поселень зазначені норми витрат часу допускається збільшувати, але не більше ніж у два рази.

- мешканців сільських поселень витрати часу на трудові пересування (пішохідні або з використанням транспорту) у межах сільськогосподарського підприємства, як правило, не повинні перевищувати 30 хв.

У особливу групу виділено міста із чисельністю населення понад 2 млн жителів. Максимально допустимі витрати часу в них повинні визначатися за спеціальними обґрунтуваннями з урахуванням фактичного розселення, розміщення місць застосування праці та рівня розвитку транспортних систем.

Ще однією важливою характеристикою є транспортна рухливість

населення. Рухливість населення, що виражається числом пересувань на рік на одного жителя, є однією із соціальних характеристик способу життя міського населення. Чим більша чисельність населення міста, тим більше в ньому можливостей для задоволення культурно-побутових потреб людини, а отже, більша і рухливість мешканців міста.

У термін «рухливість» населення вкладається часто різний зміст, що призводить до суттєвої зміни його кількісного вираження.

Для усунення семантичних проблем необхідно розрізняти такі різновиди поняття рухливості населення:

- рухливість населення - кількість пересувань, що здійснюються на транспорті та пішки на одного мешканця на рік;
- транспортна рухливість - кількість пересувань, що здійснюються на транспорті на одного мешканця міста на рік (без пішохідних);
- рухливість на автомобільному транспорті – число пересування, що здійснюються на автомобільному транспорті на одного мешканця на рік;
- облікова транспортна рухливість - кількість перевезених на всіх видах міського громадського транспорту пасажирів, що припадає на одного мешканця на рік (з врахуванням приїжджих та приміських пасажирів, а також пересадок з одного маршруту чи виду транспорту на інший).

Нині статистикою реєструється лише кількість поїздок пасажирів певним видом транспорту, але і враховується кількість поїздок пасажирів від початкового до кінцевого пункту. Тому показник рухливості населення, який визначається ставленням числа поїздок за видами транспорту до кількості жителів, не відображає дійсної рухливості населення. Так, при пересадковому сполученні, коли пасажир, щоб дістатися місця призначення, користується, наприклад, двома автобусами і повинен зробити пересадку, у статистиці числиться дві поїздки, незважаючи на те, що це поїздка з однією метою.

Існують різні методики та моделі прогнозування кореспонденцій з ВДМ. Їх умовно можна розділити на динамічні та теоретичні моделі.

1.4 Основні методи дослідження транспортної рухливості населення

Транспортна рухливість - характеристика рухливості населення, що є середня кількість поїздок на транспорті, що припадає на рік на одного жителя. Розрізняють мережну транспортну рухливість, яка враховує кількість повних поїздок від початкового пункту до пункту призначення незалежно від кількості пересадок і видів транспорту, і маршрутну транспортну рухливість, де за цілу поїздку приймається поїздка у транспортному засобі одного маршруту, а поїздка з однією пересадкою враховується як дві поїздки. Маршрутна транспортна рухливість обчислюється простіше, зазвичай виходячи з проданих квитків, і у статистичних даних зазвичай фігурує саме вона [29].

На рухливість населення впливають різні чинники:

- рівень життя та добробут населення;
- транспортна забезпеченість території;
- розміри та планування території;
- чисельність населення;
- розташування центрів докладання праці та місць відпочинку;
- соціально-психологічні чинники.

Транспортна рухливість населення залежить від величини розглянутої території, чисельності населення, планування та розвиненості транспортних систем. Зростання цієї величини може бути пов'язане з покращенням роботи громадського транспорту, зростанням добробуту та культурного рівня населення, збільшенням чисельності населення та зростанням території міста, концентрацією місць роботи та відпочинку.

Кількісною характеристикою структури пересування по мережі є матриця кореспонденцій, елементами якої є обсяги пересування (автомобілів або пасажирів на годину) між кожною парою умовних районів. Все різноманіття пересувань, яке здійснюється в мережі, розбивається на різні групи пересувань за такими критеріями:

- за різницею з метою пересування;

- за різницею у виборі способів пересування;
- за відмінностями у перевагах при виборі шляхів пересування.

Серед груп пересування з різними цілями найбільш важливими та численними є

- пересування від місць проживання до місць праці та назад (так звані робочі кореспонденції);
- пересування від місць проживання до місць культурно-побутового обслуговування та назад;
- пересування, що здійснюються між місцями праці (ділові поїздки);
- пересування, що здійснюються між об'єктами культурно-побутового обслуговування.

Для кожної групи пересування розраховується своя матриця міжрайонних кореспонденцій. Вхідною інформацією до моделі розрахунку кореспонденцій є загальні обсяги прибуття та відправлення у кожному районі ПЗ. Оцінка обсягу прибуття і відправлень з різних груп пов'язані з просторовим розміщенням потокопорождаючих об'єктів і рухливістю населення, тобто. середньою кількістю поїздок, що здійснюються з тією чи іншою метою. Ця оцінка будується на основі наявних демографічних та соціально-економічних даних та результатів обстежень і в основному є базою для математичного моделювання.

Під різними способами пересування розуміють, наприклад, пересування пішки з використанням громадського транспорту або особистого автомобіля. З погляду методики розрахунку сенс розподілу на способи пересування такий: обраний спосіб пересування не змінюється на етапі розподілу кореспонденцій через мережу. Процедура вибору користувачем шляху пересування розбивається цим на два етапи: вибір способу пересування (модальний вибір) і вибір конкретного шляху (шляхів) пересування, здійснюваний з урахуванням деякого критерію оцінки шляхів (критеріальний вибір). Модальний вибір реалізується на стадії розрахунку кореспонденцій, критеріальний вибір реалізується на стадії розподілу кореспонденцій через мережу.

До найбільш поширених моделей розрахунку кореспонденцій відносяться

гравітаційні моделі, ентропійні моделі, моделі конкуруючих можливостей та деякі інші.

1.4.1 Моделювання завантаження транспортної мережі

Моделювання завантаження транспортної мережі багатокomпонентне завдання, що вимагає пошуку рішень побудови різних типів математичних моделей (малюнок 1.7).



Малюнок 1.7. Моделі для вирішення задачі моделювання завантаження транспортної мережі

Так у задачі моделювання поділяють чотири основні етапи:

- оцінка загальних обсягів прибуття та відправлення з кожного району міста;
- розподіл за способами пересування, такими, як піші пересування, пересування з використанням громадського транспорту, пересування на власному автомобілі та ін;
- побудова матриць кореспонденції, що характеризують обсяг

пересування між кожною парою розрахункових районів міста;

- розподіл кореспонденції з транспортної мережі, тобто визначення всіх шляхів, що обираються учасниками руху, та визначення кількості пересувань по кожному шляху.

Поділ завдання моделювання на ці чотири етапи є умовним, тому що всі етапи взаємопов'язані і не можуть, взагалі кажучи, бути вирішені як окремі завдання з зазначених вище зворотних зв'язків.

Так, більшість моделей розрахунку кореспонденції використовують як важливий чинник узагальнені значення міжрайонних пересувань. Аналогічно розподіл пересування за видами (наприклад, між приватним та громадським транспортом) залежить від співвідношення значень при використанні цих видів транспорту. Отже, розрахунок кореспонденції та їх розподіл може бути виконано коректно, якщо вже відоме підсумкове завантаження мережі. Усе це призводить до необхідності вирішувати завдання послідовними наближеннями, повторюючи усі кроки в ітеративному режимі [8, 30].

1.4.2 Математичні моделі оцінки транспортних кореспонденцій

1) Гравітаційна модель

Історично однією з перших математичних моделей, запропонованих для оцінки міжрайонних кореспонденцій, була гравітаційна модель. Ця модель заснована на такому простому твердженні: кореспонденція з одного району в інший буде тим більше, чим більше ємності районів прибуття та відправлення, і чим ближче до них розташовані ці райони.

Назва моделі пояснюється схожістю формулювання із законом всесвітнього тяжіння, згідно з яким сила тяжіння пропорційна масам тіл і обернено пропорційна квадрату відстані між ними. Роль мас тут відіграють ємності районів (можна розуміти їх як загальні обсяги прибуття та відправлення у цих районах). Близькість чи дальність районів визначається, звичайно, не географічною відстанню, а дальністю у транспортному сенсі. Зменшення

кореспонденцій зі зростанням дальності описується деякою функцією, яку іноді називають функцією тяжіння. Зазвичай практично застосовують експоненційно спадну функцію. Математично дана модель виражається такою формулою:

$$F_{ij} \approx O_i D_j G_{ij}(C_{ij}), \quad G_{ij}(C_{ij}) = \exp(-\lambda C_{ij}), \quad (1.1)$$

де, O_i - відправлення з району i , D_j - прибуття в район j , C_{ij} - відстань між районами i і j , $G_{ij}()$ - функція тяжіння між районами i і j (в окремому випадку - експонента).

Замінити знак пропорційності знаком точної рівності в цій формулі не можна, оскільки за відомих обсягів ТЗ кореспонденції повинні задовольняти умови балансу:

$$\sum_j F_{ij} = O_i, \quad \sum_i F_{ij} = D_j. \quad (1.2)$$

Тобто сума всіх вихідних кореспонденцій у кожному районі повинна співпадати із загальним обсягом відправлення (прибуття) у цьому районі. Для того, щоб задовольнити ці умови, до формули (1.1) додають так звані «балансуючі» коефіцієнти:

$$\sum_j F_{ij} = (a_i O_i)(b_j D_j) G_{ij}(C_{ij}), \quad (1.3)$$

Процедура розрахунку цих коефіцієнтів називається балансуванням матриці. Можна сказати, що балансування матриці полягає в тому, щоб змінити цю матрицю мінімальним чином, щоб вона почала задовольняти умовам балансу в кожному районі.

Пересування, що здійснюються з різною метою, по-різному чутливі до дальності. Наприклад, дальність набагато більша впливає вибір магазину, у якому можна купити продукти, ніж вибір місця роботи. Тому для пересувань, що

здійснюються з різною метою, необхідно розраховувати кореспонденції окремо, застосовуючи «крутіші» або «пологі» функції тяжіння. У випадку експоненційної функції тяжіння «крутість» визначається параметром X . Як показує практика, відповідним значенням X для трудових кореспонденцій є 0.06 - 0.07, для пересування з культурно-побутовими цілями – 0.15 – 0.2 [31].

2) Ентропійна модель

Як і у випадку гравітаційного підходу, ідею побудови ентропійної моделі підказала фізика, а саме другий закон термодинаміки, який стверджує, що будь-яка замкнута фізична система прагне досягти сталого рівноважного стану, що характеризується максимумом ентропії цієї системи [31].

Використання концепції ентропії на вирішення транспортних завдань було запропоновано Вільсоном, і потім цей підхід розвивався у багатьох роботах. Ентропійна модель виходить з ймовірнісного опису ведення користувачів мережі. Користувачі мережі випадково розподіляються по деякому набору можливих станів. При розрахунку кореспонденцій станом користувача вважатимуться належність його до кореспонденції з i в j . Незалежний та випадковий вибір усіма користувачами своїх станів призводить до тих чи інших макроскопічних станів системи.

Відповідно до основної концепції ентропійної моделі стан системи, що реалізується насправді, є стан із найбільшою статистичною вагою. Використання статистичної ваги станів замість розподілу ймовірностей тих чи інших станів пояснюється тим, що в ентропійних моделях може не існувати кінцевих і нормованих розподілів ймовірностей. Статистична вага станів відбиває порівняльні ймовірності реалізації різних станів у системі. З врахуванням цього застереження, стан з найбільшою статистичною вагою часто також називають найбільш ймовірним станом. Математично стан із найбільшою статистичною вагою визначається як стан, що доставляє максимум деякої функції у просторі станів, що називається ентропією системи. У застосуванні до завдання визначення кореспонденцій у транспортній мережі ентропія визначається таким виразом:

$$H(f) = \sum_{i,j} f_{ij} \ln\left(\frac{f_{ij}}{v_{ij}}\right), \quad f = \{f_{ij} | i, j \in R\}, \quad (1.4)$$

Тут f_{ij} - числа заповнення станів, тобто. кількості елементів системи, що у станах (i, j) . Величини v_{ij} має зміст «апріорних найбільш ймовірних» значень f_{ij} . Фактичні найбільш ймовірні значення F_{ij} визначаються з вирішення задачі про максимізацію ентропії при певній системі обмежень на f_{ij} . При відсутності обмежень розв'язання задачі максимізації призводить до апріорних значень $F_{ij} = v_{ij}$. Обмеження, що накладаються на розподіли, можуть бути різної природи. Як правило, ці обмеження відображають наявну інформацію про макроскопічні характеристики стану системи. У системі обмежень, які застосовуються в ентропійних моделях транспортних мереж, можна виділити групу стандартних лінійних обмежень, що виражають баланс прибутків та відправлень.

Ця група обмежень називається також транспортними обмеженнями. З врахуванням сказаного ентропійна модель розрахунку кореспонденцій може бути записана у вигляді

$$F = \operatorname{argmax}(H(f)), \quad f = \{f_{ij} | i, j \in R\}, \quad (1.5)$$

$$\sum_{j \in R} f_{ij} = O_i, \quad i \in R,$$

$$\sum_{i \in R} f_{ij} = D_j, \quad i \in R,$$

$$f_{ij} \geq 0, \quad i, j \in R \quad (1.6)$$

$$g_n(f) = 0, \quad n = \overline{1, N},$$

$$h_m(f) \leq 0, \quad m = \overline{1, M}.$$

Тут явно виділені транспортні обмеження, а також включені в загальному вигляді додаткових обмежень-рівностей і M обмежень-нерівностей [30, 31].

3) Моделі конкуруючих центрів

Одним із недоліків класичної гравітаційної моделі є те, що обсяг

кореспонденції пов'язується з характеристиками кількох районів (включаючи транспортну відстань між ними), взятих окремо від інших районів. Як зазначається багатьма дослідниками, «привабливість» району для відвідування (або обсяг прибуття до цього району) може залежати також від розташування району прибуття серед інших районів. Наприклад, район, розташований в агломерації великої кількості інших районів відвідування, може породжувати більшу кореспонденцію, ніж розташований ізольовано район. Ця ідея реалізована в моделях сімейства конкуруючих центрів (competing destinations). Моделі конкуруючих центрів можна розглядати як узагальнення гравітаційної моделі, де у вираз включаються додаткові фактори, наприклад, індекс відвідуваності району прибуття, який визначається формулою

$$I_{ij} = \sum_{k \in R, k \neq i, j} \frac{D_k}{t_{kj}}, \quad (1.7)$$

Індекс відвідуваності тим більший, чим більше і ближче до району відвідування розташовані альтернативні райони відправлення. Введення цього чинника в модель дозволяє моделювати агломераційні ефекти у структурі кореспонденцій. Подальші модифікації моделі пов'язані зі спробою обліку структури системи районів, що розглядається.

Наприклад, розглянемо деякий регіон, де є великі міста, оточені системою прилеглих центрів меншого рангу, кожен із яких оточений прилеглими дрібними районами. У такій системі структурний ефект може виявлятися в тому, що центр великого рангу має надмірну привабливість для навколишніх «підлеглих» центрів в ієрархії («надлишкову» тут означає «велику, ніж це диктується факторами доступності»). Цей ефект моделюється «ранжуванням» районів в'їзду-виїзду за статусом в ієрархії та запровадженням відповідних поправок до індексів відвідуваності районів.

Інший важливий клас моделей представляють різні модифікації моделі проміжних можливостей (intervening opportunities) Стауффера. Модель

Стауффера виходить із припущення, що обсяг кореспонденції між двома центрами визначається й не так відстанню з-поміж них, скільки кількістю і ємністю альтернативних центрів прибуття шляху, з'єднуючих центрів, тобто. кількістю альтернативних можливостей відвідування. Розглянемо спочатку просту систему з одним центром відправлення та рядом центрів прибуття, розташованих уздовж однієї лінії. Нехай O – обсяг відправлення, x_n – кореспонденція, X_n – ймовірність того, що учасник руху зупиниться в центрі n за умови, що центр n досягнуто під час поїздки. Тоді

$$x_n = O\lambda_n \prod_{j=1}^{n-1} (1 - \lambda_j), \quad (1.8)$$

Обсяг кореспонденції до центру пропорційний добутку ймовірності зупинки в цьому центрі на ймовірність того, що учасник руху не зупинився раніше.

Для узагальнень цікавий безперервний аналог моделі, коли місця призначення безперервно розподілені вздовж деякого променя. У безперервній моделі замість кореспонденцій ми говоритимемо про густину кореспонденцій $x(r)$, де r - відстань від центру відправлення. Позначимо також: $y(r)$ - кількість учасників руху, що дісталися точки r , $\lambda(r)$ – значення щільності розподілу ймовірності зупинки в r за умови, що дана точка досягнута. Тоді, очевидно,

$$y(r) = O - \int_0^r x(\rho) d\rho, \quad x(r) = y(r)\lambda(r), \quad (1.9)$$

З рівняння вище отримуємо такий вираз щільності кореспонденції:

$$x(r) = O\lambda(r)\exp\left(-\int_0^r \lambda(\rho) d\rho\right), \quad (1.10)$$

Різні варіанти моделі конкуруючих можливостей можуть бути отримані з рівняння шляхом прийняття різних гіпотез про вид функції умовної густини

ймовірності $\lambda(r)$. У застосуванні до розрахунку кореспонденцій у транспортній мережі умовну ймовірність зупинки у центрі зазвичай пов'язують із ємністю центру після прибуття, тобто кількістю місць роботи, обслуговування та ін.

Узагальнення моделі на випадок багатьох центрів відправлення та прибуття викликає труднощі формального визначення кількості можливостей зупинки «по дорозі» до цього центру. Один із підходів до вирішення проблеми полягає у ранжуванні центрів прибуття за віддаленістю від кожного центру відправлення. Усі центри, розташовані до центру відправлення ближче, ніж цей центр (незалежно від напрямку), вважаються альтернативними можливостями, що «передують» можливості зупинки в цьому центрі. Використовуючи вираз та повертаючись знову до дискретного опису центрів прибуття-відправлення, отримуємо наступний вираз для кореспонденції

$$F_{ij} = O_i(\exp(-\lambda U_j) - \exp(-\lambda U_{j+1})), \quad (1.11)$$

де λ - константа, U_j - кумулятивна ємність після прибуття всіх центрів, що передують (у зазначеному вище сенсі) центру j .

Основна відмінність моделей гравітаційного типу і моделей проміжних можливостей полягає в наступному: гравітаційні моделі засновані на розрахунку транспортної доступності центрів прибуття, що розглядаються в основному ізольовано від альтернативних центрів, в той час як моделі проміжних можливостей враховують взаємне розташування альтернативних центрів прибуття, але не враховують явно фактор транспортної доступності (дальності). У зв'язку з цим запропоновані різні варіанти агрегованих моделей, що враховують обидва зазначені фактори. Зокрема, запропоновано об'єднану «гравітаційно-конкуруючу» модель ентропійного типу, тобто заснована на пошуку розподілу кореспонденцій із максимальною статистичною вагою [30].

Висновок: визначення транспортної рухливості населення немає єдиного методу. З вище викладеного, слід висновок, що з більш точного визначення необхідно створити комплексну модель, у якій поєднувалися б риси як

гравітаційної моделі, і моделі конкуруючих центрів. Ентропійна та гравітаційна моделі мало чим відрізняються, тому ми вважаємо, що слід вибрати лише одну з них, простішу та зрозумілішу для широкого кола осіб.

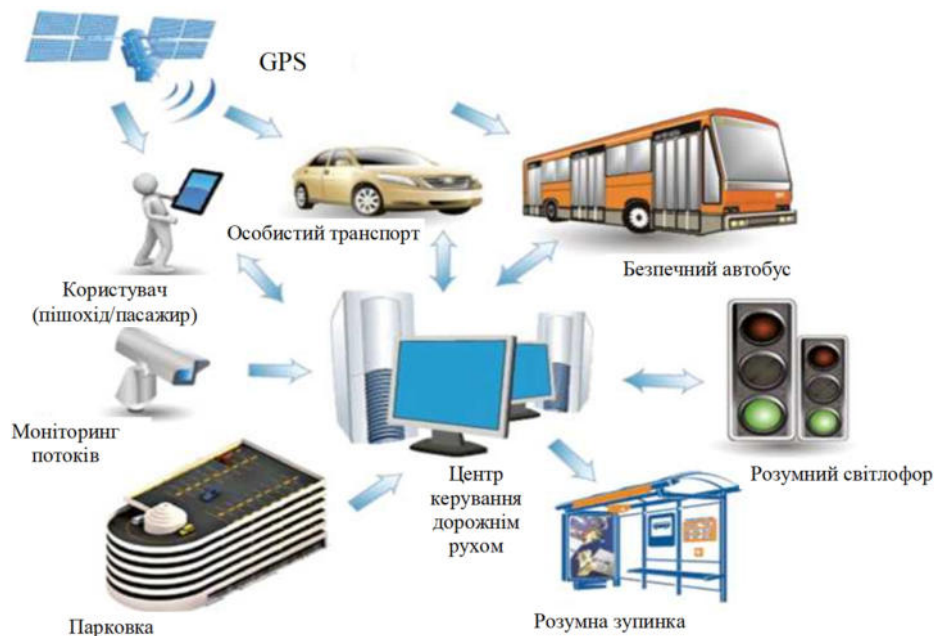
1.5 Інтелектуальні транспортні системи як елемент керування транспортними потоками

Для успішного та динамічного розвитку сучасного міста необхідна відповідна потребам транспортна система. Така транспортна система має на крок випереджати потреби міста у пасажирських та вантажних перевезеннях. У міжнародній практиці проблема перевантаженості міських доріг вирішується за рахунок застосування технологій інтелектуальних транспортних систем (ІТС), здатних ефективно керувати дорожнім рухом та міським пасажирським транспортом на існуючій вуличній дорожній мережі без збільшення щільності ВДМ [32].

ІТС – комплекс взаємопов'язаних автоматизованих систем, що вирішують завдання управління дорожнім рухом, моніторингу та управління роботою всіх видів транспорту (індивідуального, громадського, вантажного), інформування громадян та підприємств про організацію транспортного обслуговування на території регіону.

Властивістю ІТС є можливість виконання творчих функцій, які традиційно вважаються прерогативою людини. Інакше кажучи, інтелектуальна система, на відміну інформаційної системи, здатна проявляти активність за відсутності впливу чи прямих вказівок людини. Спрощено структура інтелектуальної системи включає три основні блоки - базу знань, вирішувач та інтелектуальний інтерфейс [32, 33, 34].

Напрями інформаційних потоків в інтелектуальній системі керування транспортом представлені на малюнку 1.8.



Малюнок 1.8 - Напрямки інформаційних потоків в інтелектуальній системі керування транспортом

Основними цілями впровадження інтелектуальних транспортних систем є підвищення безпеки дорожнього руху, пропускної спроможності ВДМ, якості обслуговування учасників дорожнього руху, ефективності функціонування транспорту, престижу міського пасажирського транспорту, інвестиційної та туристичної привабливості міста, а також зменшення шкідливого впливу транспорту на довкілля.

Ефективність інтелектуальних транспортних систем дозволяє відчутти позитивний ефект:

- 1) для пасажирів це скорочення часу поїздки до 25%, актуальна інформація про графік руху та підвищення якості послуг;
- 2) для автомобіліста це економія часу до 30%, актуальна навігація та економія палива до 20%;
- 3) для міста це скорочення часу реагування на ДТП, підвищення якості життя, прозорий бюджет розвитку міського транспорту та додаткові доходи (платні паркування, фото- та відеофіксація) [32].

Система швидкісного автобусного сполучення Bus Rapid Transit (BRT). Використання спеціально виділених смуг та руху по ним транспорту широко

поширене під час роботи системи швидкісного автобусного сполучення Bus Rapid Transit (BRT), яка є однією з найрентабельніших механізмів для міст для високоякісного обслуговування пасажирів. По суті BRT є системою, яка базується на автобусному транспорті при забезпеченні для нього виділеної смуги руху, і поєднує в собі найкращі експлуатаційні характеристики та зручність сучасних рейкових систем. Ця система передбачає будівництво спеціальних коридорів на ВДМ вздовж магістралей по всій довжині автобусного маршруту, які призначаються виключно для їхнього руху. Лінії BRT відокремлені від загальної проїжджої частини за допомогою фізичних бар'єрів, що унеможливорює попадання на них легкових автомобілів, і можуть розташовуватися як на одному рівні, так і на різному рівні з основною проїзною частиною.

Використання виділених смуг з механічними напрямними функціонують у таких містах як Амстердам, Лідс, а з оптичними напрямними в Руані. Виділені шляхи руху міського пасажирського транспорту, позначені розміткою існують у Лондоні, Нагойї, Окленді, Сіднеї, Утрехті та інших містах.

До 2016 року системи BRT були розроблені та впроваджені у Боготі (Колумбія) та Курітібі (Бразилія), а також приблизно у 200 містах на шести континентах, до яких входять Йоганнесбурзі (Південна Африка), Ванкувері (Канада), Лос-Анджелесі (США), Стамбулі (Туреччина), Суонсі (Великобританія), Джакарті (Індонезія). Досвід більшості систем BRT показує, що від 5 до 20% автомобілістів пересідають з власних автомобілів на громадський транспорт [35].

Перша така система, введена в дію в м. Куритиба (Бразилія) з чисельністю населення близько 1,9 млн. жителів у міській частині та 1,2 млн. у передмісті, успішно діє та розвивається в даний час. На пунктах зупинки встановлені спеціальні закриті зупинкові павільйони, що мають посадкові майданчики на одному рівні з підлогою автобуса (малюнок 1.9). Вхід на зупинки здійснюється за допомогою проходу турнікету і тут же, при необхідності, здійснюється оплата проїзду.



Малюнок 1.9 - Система BRT у м. Куритиба (Бразилія)

Така організація процесу висадки та посадки пасажирів забезпечує швидкий пасажирообмін на зупинчному пункті, тим самим скорочуючи час стоянки та відповідно підвищення швидкості сполучення на маршруті. На всіх перехрестях автобусного маршруту з міськими вулицями пасажирському транспорту забезпечується пріоритетне проходження перехресть із випереджаючим включенням зеленої фази світлофора.

Провізна здатність такої лінії становить 24 тис. пасажирів на годину в одному напрямку, при швидкості 20 км/год. При грамотному використанні систем BRT досягаються показники, порівняні за швидкістю сполучення та провізною здатністю з характеристиками метрополітену при цьому з меншою вартістю будівництва.

Провізні можливості світових лідерів серед систем BRT представлені у таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 - Провізні повноваження світових систем BRT [36]

Місто, країна	Населення, тис. чол.	Система	Загальна протяжність мережі ВІТ, км	Пікове навантаження (в одному напрямку), чол./год	Кількість перевезених пасажирів щодня, тис. чол.
Богота (Колумбія)	7760	Трансмilenio	113	35000 – 40000	2200
Гуанджоу (Китай)	6780	Гуанджоу БКТ	23	до 26900	850
Куритіба (Бразилія)	1900	Редє Интеграда	77	до 24000	620

Закінчення таблиці 1.6 – Провізні можливості світових систем BRT

Місто (країна)	Населення, тис. чол	Система	Загальна протяжність мережі ВКТ, км	Пікова навантаження (в одному напрямку), чол.	Кількість перевезених пасажирів щодня, тис. чол.
Стамбул, (Турція)	14160	Метробас	52	7300 - 19500	750
Нью-Джерсі (США)		Лінкольн Тунель	2,5	до 15500	62
Брісбейн (Австралія)	1970	Південно-східний басвей	28	до 15500	350

1.6 Транспортне моделювання як метод теоретичного дослідження в галузі керування міськими транспортними потоками

Інтелектуальна транспортна система - це інтелектуальна система, яка використовує інноваційні розробки у моделюванні транспортних систем та регулюванні транспортних потоків [37].

Будь-яка автоматизована система управління, до якої повною мірою відноситься ІТС, виконує одну просту функцію: вона збирає інформацію про об'єкт управління, аналізує її і надає на цей об'єкт прямиий або опосередкований керуючий вплив.

Об'єктом управління для ІТС є транспортні потоки. Джерелом інформації про об'єкт управління є датчики та детектори на дорозі, суміжні інформаційні системи та введення даних оператором.

Для аналізу інформації про об'єкт управління необхідно закласти в систему уявлення про цей об'єкт, яке і називається моделлю. Детальність і точність моделі визначається виключно завданнями, що стоять перед ІТС.

Транспортні моделі поділяються на математичні та імітаційні. Перші оперують відомими законами руху транспорту, поданими як формул, систем рівнянь тощо. Другі імітують рух окремих транспортних засобів, поведінку водіїв, роботу світлофорів тощо. Насправді ж частіше застосовується якась суміш математичних та імітаційних моделей.

Наприклад, системи транспортного моделювання на макрорівні (країна, місто, мікрорайон) оперують демографічними даними, поняттями «граф доріг», «зона тяжіння», «транспортний попит та пропозиція». Вони закладено дані про відсоток використання автомобілів населенням, про пропускну спроможність вулиць, про кількість паркувальних місць біля торгових центрів.

Єдиної класифікації моделей немає, можна виділити імітаційні та прогнозні моделі:

1. Імітаційні моделі – це параметри транспортного потоку на ділянці дороги, ВДМ.

Імітаційні моделі вирішують завдання побудови математичних моделей, здатних адекватно описувати поведінку учасників транспортного потоку та правильно відтворювати параметри та характеристики руху. Залежно від того, як у цих моделях розглядається транспортний потік, їх можна розділити на макроскопічні (автомобільний потік уподібнюється до руху рідини) та мікроскопічні (моделюється кожен автомобіль у потоці).

Імітаційні моделі дозволяють оцінити швидкості руху, затримки на перехрестях, довжину та динаміку утворення заторів тощо.

2. Прогнозні моделі – це завантаження транспортної мережі.

Прогнозні моделі дозволяють моделювати процеси пересування населення та вантажів містом з вибором шляхів прямування видів транспорту. Вони призначені для прогнозу транспортних потоків при змінах у транспортній мережі міста, а також усунення потокоутворюючих об'єктів міста.

Програмні рішення транспортного моделювання

Транспортне моделювання використовує методи математичного моделювання для аналізу транспортної мережі та розробки пропозицій для вирішення транспортних проблем: оптимізація руху транспортних та пішохідних потоків, роботи громадського транспорту, організації дорожнього руху, оптимізація роботи світлофорних об'єктів, а також обґрунтування інвестицій у будівництво транспортної інфраструктури [38].

Найчастіше дослідники у цій галузі стикаються з проблемою вибору

оптимального програмного рішення. Як правило, одним не підходять стандартні програмні продукти, інші перебувають у пошуках недорогого, але ефективного рішення. Серед завдань, вирішення яких необхідно перекласти на автоматизовані програми, такі:

- оптимізація транспортної мережі;
- облік транспортних витрат пасажирів;
- зменшення обсягу контрольних даних;
- можливість обробки та виведення різнорідних даних;
- проектування ділянок транспортної інфраструктури;
- проектування вуличної дорожньої мережі;
- розроблення моделі проектованої ділянки.

Розглянемо докладніше три пакети, які є найпопулярнішими в Європі:

VISSIM (PTV AG, Germany) - багатоцільовий пакет для моделювання трафіку на мікрорівні. Широко використовується у Європі, США та інших країнах. Пакет призначений для аналізу, реінженірингу та оптимізації міських та міжміських транспортних сполучень. Дозволяє моделювати міські перехрестя будь-якої складності та типу регулювання, аналізувати пропускну спроможність транспортних систем та тестувати схеми транзитних пріоритетів. Надає можливість керувати системами контролю альтернативних маршрутів та контролю трафіку, аналізувати ємність стоянок та моделювати трафік різних транспортних засобів з перетинами, пересадками на різних рівнях (автобусний маршрут, залізниця, метро, ескалатор тощо).

Обмежень на розмір транспортної мережі та кількість транспортних засобів пакет практично не має. Основним обмеженням є потужність обчислювальної машини. Дозволяє з точністю деталізувати схему транспортної мережі, з усіма маршрутами, переходами, стоянками, зупинками громадського транспорту. У потоці беруть участь усі види транспортних засобів, а також пішоходи (пасажирів). Реалізовано стандартні типи транспортних засобів (автомобілі, вантажівки, автобуси, трамваї, поїзди, мотоцикли, велосипеди та пішоходи). Всі ці види транспортних засобів можна параметризувати (габарити,

потужність двигуна, розподіл прискорення та гальмування, вага тощо). За бажанням користувач може задати свій тип транспортного засобу. Вказуються параметри інтенсивності потоку транспортних засобів, його пропорційного складу, графіки роботи світлофорів, ймовірності вибору маршруту пересування. Підтримується можливість підключення матриці призначень для опису розподілу трафіку.

У пакеті реалізовано модель Відерманна [39], яка описує поведінку водія за кермом. У ній враховуються психофізичні можливості людини: зниження уваги та часу реакції; час, необхідне прийняття рішень за умов довкілля.

VISSIM надає можливість збору статистики на будь-якій ділянці транспортної мережі та формування звітів, створення презентацій та відеороликів.

PARAMICS (PARAllel MICroscopic Simulation) – набір програмних інструментів для моделювання трафіку на мікрорівні. Цей пакет широко використовується у Великобританії та США. Він призначений для моделювання транспортних вузлів у містах (перехрестя, регульовані правилами пріоритету та світлофорами, транспортні розв'язки тощо), перевантажених автострад, а також для моделювання оптимізації роботи громадського транспорту, з'їздів з автомагістралей, регулювання маршрутів громадського транспорту, світлофорів тощо.

PARAMICS є пакетом, що легко переноситься і розширюється, який дозволяє реалізувати підходи до моделювання потоків на транспортній мережі будь-якого розміру, починаючи з простого перехрестя і закінчуючи національною транспортною мережею. Основними обмеженнями на розмір мережі є обсяг пам'яті та потужність комп'ютера. Пакет підтримує можливість індивідуального переміщення близько 200 тис. автомобілів за одиницю часу. Задано сім класів транспортних засобів, однак користувач може створити власний транспортний засіб. Вибір маршруту автомобілем визначається заданою таблицею вартості. У кожного транспортного засобу є заданий інтервал часу (в середньому 1 с), через який перевизначається його положення в мережі та її

поведінка. Зміна смуги на дорозі виконується з урахуванням інтервалу часу та попередньої «історії» автомобіля [40].

Aimsun (Transport Simulation System, Spain) є складовою імітаційного середовища GETRAM/AIMSUN, яка є цілим комплексом інструментів для моделювання трафіку. Пакет використовується в задачах розвитку та аналізу різних систем контролю трафіку (як фіксованих, так і змінних) та стратегій управління. Призначений для моделювання трафіку міських транспортних мереж, автострад та автомагістралей, кільцевих доріг та дорожніх розгалужень. Підтримується можливість керування світлофором, керування трафіком шляхом передачі повідомлень про завантаженість транспортних ліній та вузлів. Орієнтований насамперед на фахівців у галузі транспорту та на осіб, які займаються оптимізацією транспортних мереж та трафіку.

У пакеті немає обмежень на розмір мережі. Моделі поведінки транспортних засобів визначаються функціями від декількох параметрів, що дозволяє здійснювати моделювання різних типів транспортних середовищ (автомобілі, автобуси, вантажівки і т.д.), які потім можуть об'єднуватися в класи. Пересування транспортних засобів реалізується двома способами: або за заданими маршрутами та відсотковим розподілом потоку, або відповідно до заданої матриці кореспонденцій. В останньому випадку маршрут визначається трьома способами: раніше закладеною інформацією, перерахуванням маршруту відповідно до матриці цін та ситуації, що склалася, на дорозі через певні інтервали часу або шляхом динамічного перерахунку в ході моделювання.

Поведінка транспортного засобу перевизначається кожною одиницю модельного часу. Для зміни смуги враховуються всі параметри транспортного засобу (його габарит, швидкість, кут повороту, вага), а також параметри довкілля (інтенсивність трафіку, відстань до найближчих автомобілів, швидкість, габарити тощо). Для опису поведінки автомобіля використовується модель Гіпса [41].

1.7 Висновки та постановка завдань до кваліфікаційної роботи

У ході проведеного аналізу транспортних проблем міста та існуючих систем ефективного управління міськими транспортними потоками, зокрема міським громадським транспортом, було отримано такі результати:

1. Незадовільні умови руху з ВДМ сучасного міста пасажирського транспорту, у зв'язку з інтенсивністю руху загального транспортного потоку, ведуть до загального зниження якості та ефективності обслуговування населення, це веде до істотного зменшення головної переваги громадського транспорту перед індивідуальним транспортом. Населення віддає перевагу індивідуальному транспорту громадському, внаслідок чого порушується робота всієї транспортної системи міста, характерною ознакою якої стають повсюдні та системні транспортні затори.

2. У наявній транспортній ситуації міський пасажирський транспорт, здатний ефективно використовувати міський дорожній простір і має значні від легкового транспорту провізні можливості, не здатний у ситуації гідно конкурувати з індивідуальним транспортом, а наявний високий рівень автомобілізації в Україні неминуче веде до неправильного підходу і попиту на пасажирські перевезення.

3. У всіх розвинених країнах обов'язковою умовою підвищення ефективності функціонування пасажирського громадського транспорту є забезпечення пріоритетного руху рухомого складу на ВДМ. Найбільш поширеними методами забезпечення пріоритетного руху транспорту загального користування є:

- організація виділених смуг для загального транспорту користування;
- зниження затримок рухомого складу на перехрестях за допомогою технічних засобів організації дорожнього руху, у тому числі за рахунок відповідного світлофорного регулювання.

4. Розглянуто вітчизняний та закордонний досвід, пов'язаний із наданням пріоритету міському громадському транспорту.

На основі результатів аналізу закордонного досвіду організації руху міського пасажирського транспорту за виділеними смугами та надання пріоритету міському пасажирському транспорту при проїзді регульованих перехресть засобами світлофорної сигналізації, виявлено, що ці заходи дозволяють:

- підвищити експлуатаційну швидкість у середньому на 10 – 20 %;
- скоротити час поїздки громадським транспортом до 30 %;
- значно знизити затримки на перехрестях на 25 - 40 %.

Головним недоліком вітчизняного досвіду впровадження виділених смуг у м. Києві є те, що спеціальні смуги використовуються на окремих і невеликих за протяжністю ділянках ВДМ, що зменшує основний ефект від реалізації пріоритету. Досвід розвинених країн, де основна відмінність у тому, що створення пріоритетного руху пасажирського транспорту складає значної протяжності ВДМ, що робить ефективним можливість організацію роботи руху рухомого складу протягом усього маршруту виділеними смугами.

5. При організації виділених смуг застосовують такі схеми:

- надання громадському транспорту крайньої правої смуги з відділенням або без відокремлення її від решти проїжджої частини. Для обмеження виділеної смуги використовують бордюрний камінь або інші способи;
- надання другої смуги для громадського транспорту на багатосмугових ділянках вулично-дорожньої мережі Перша смуги в цьому випадку служить для місцевого руху та паркування транспортних засобів;
- організація виділених смуг у центрі проїжджої частини ділянок із двостороннім рухом;
- надання громадському транспорту вулиць або перегонів повністю із заборонаю руху ними іншого транспорту. До цієї схеми відноситься організація виділеної смуги на ділянках з одностороннім рухом назустріч іншому транспортному потоку.

В умовах міста Києва можна рекомендувати всі схеми організації

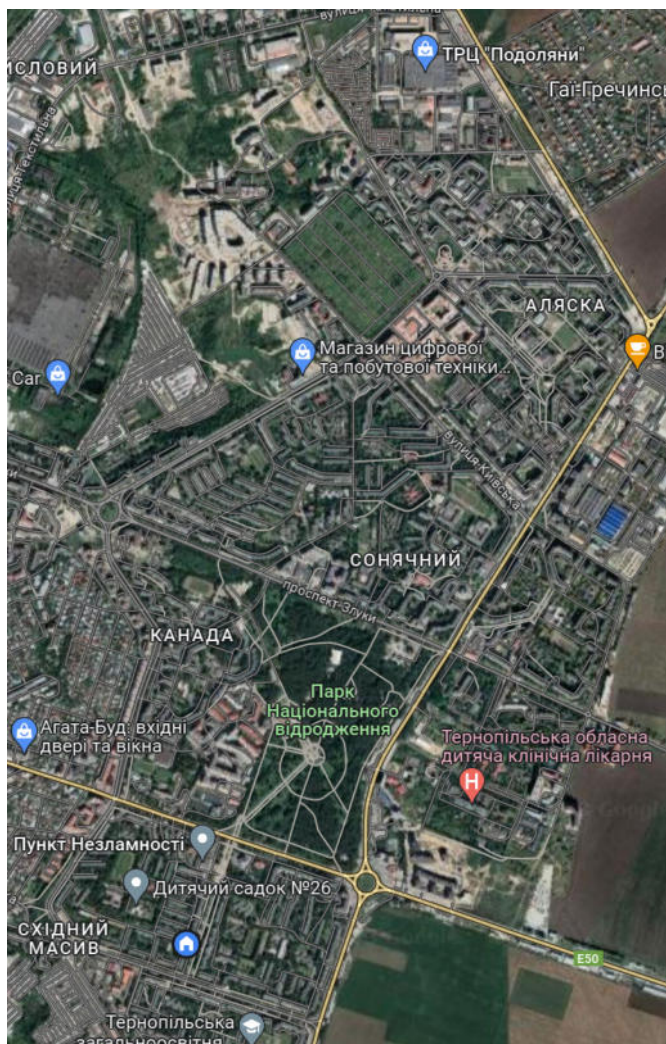
виділених смуг з умовою, що при використанні першої схеми слід обов'язково обмежувати виділену смугу від решти проїзної частини.

2. АНАЛІТИКО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Короткий опис існуючої схеми дорожнього руху у мікрорайонах м. Тернополя

Розглядувана в роботі частина міста включає райони «Східний», «Сонячний» та «Аляска». Ці мікрорайони мають значну забудову житловими будинками та велику кількість населення, що в них проживає.

В цій частині міста розміщено велику кількість магазинів та зупинок громадського транспорту (мал. 2.1). Тому більшість тернополян пересуваючись громадським транспортом прямують через ці райони. Також в цих мікрорайонах є декілька парків, які є центрами відпочинку громадян.



Малюнок 2.1 – Загальний вигляд ВДМ розглядуваних мікрорайонів

Через центральні вулиці міста проходять велика кількість автобусних маршрутів, всього налічується 6 маршрутів громадського транспорту.

2.2 Варіанти організації виділеної смуги для міського транспорту загального користування

Світовий досвід із виділених смуг для руху громадського транспорту виробив цілий набір рішень щодо їх організації. Класифікація рішень наведена малюнку 2.2.

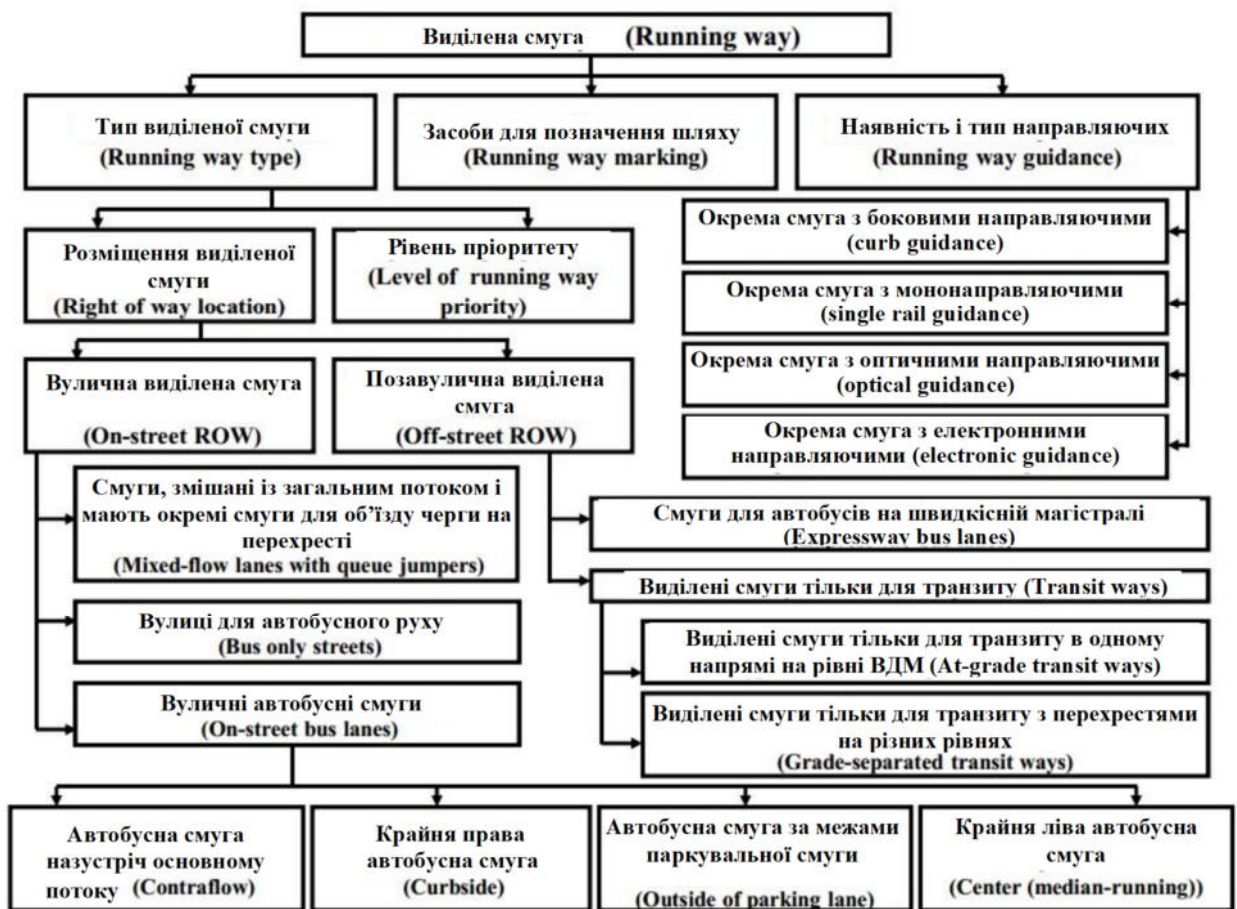


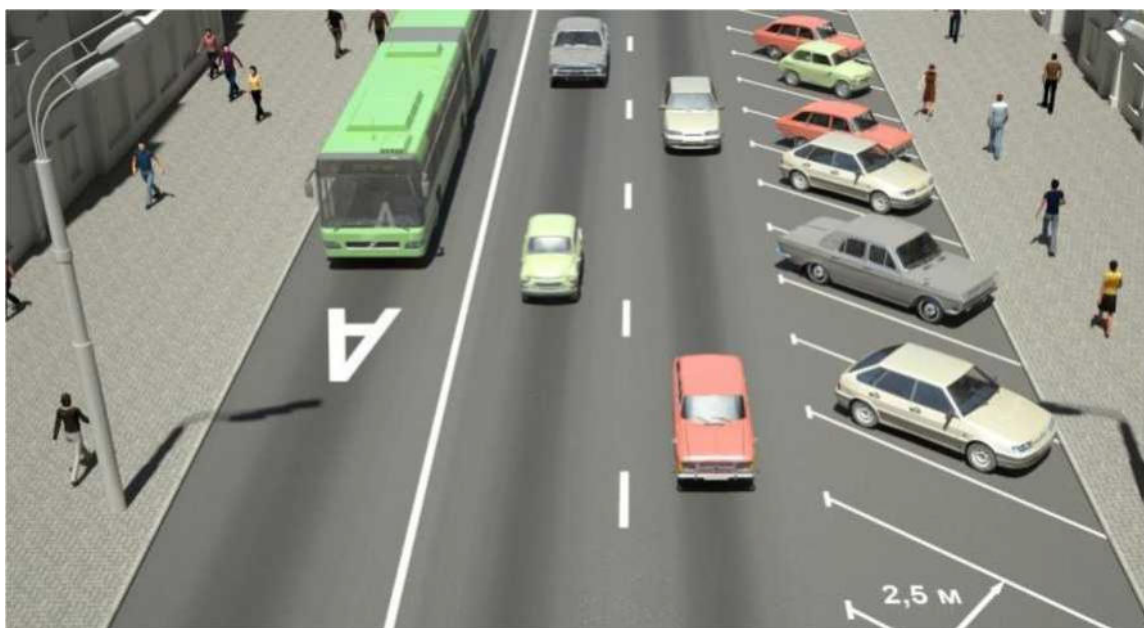
Рисунок 2.2 – Класифікація видів організації виділених смуг для руху міського громадського транспорту

Існують такі типи виділених смуг як:

- 1) Крайня права смуга, розташована поруч із тротуаром.

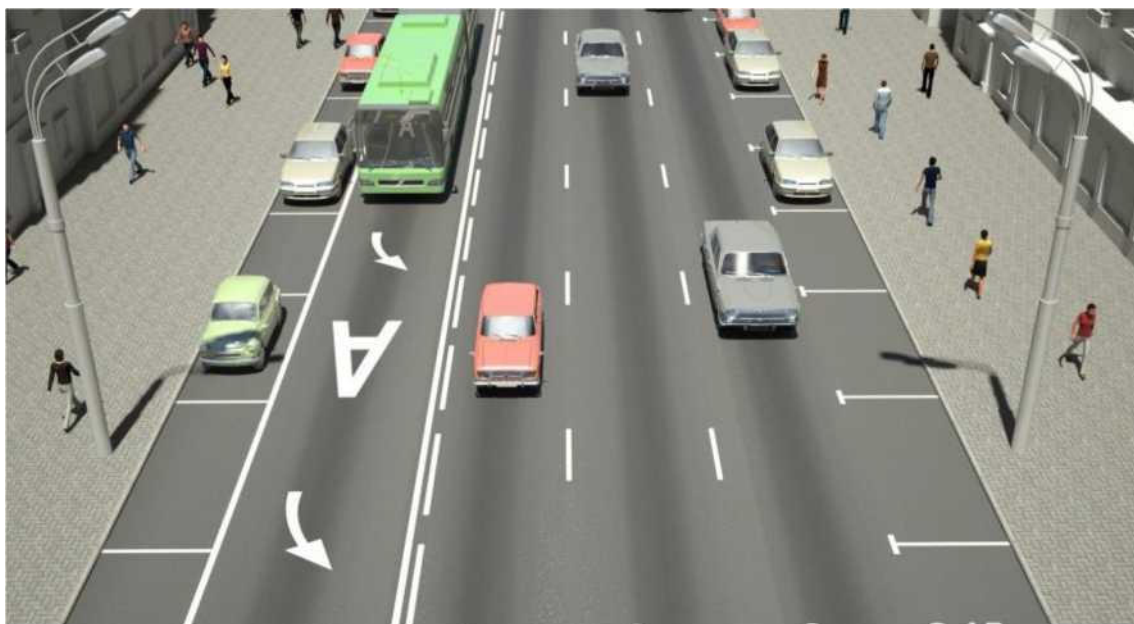
Крайня права виділена смуга (рисунок 2.3) є найбільш традиційним видом

виділеної смуги. Передбачає відокремлення правої смуги руху громадського транспорту за напрямом руху основного потоку транспорту. У той же час схема є найпростішою в організації та потребує мінімальних капітальних витрат.



Малюнок 2.3 - Виділена смуга громадського транспорту, відокремлена праворуч дороги

Різновидом такого варіанту є відокремлення другої правої смуги (рисунок 2.4).



Малюнок 2.4 - Виділена смуга громадського транспорту, варіант відокремлення другої правої смуги дороги

Такий захід дозволить зберегти стоянки транспортних засобів вздовж дороги, а також забезпечити підвезення/вивезення товару з підприємств, що знаходяться поблизу дороги. Недоліком такого рішення є наявність проблеми із зупиночними пунктами, які будуть у смузі від виділеного шляху для громадського транспорту. Головним рішенням такої проблеми є реконструкція проїжджої частини.

2) Крайня ліва автобусна смуга.

Цей варіант передбачає відокремлення смуги для маршрутних транспортних засобів у напрямку основного транспортного потоку, але з крайньої лівої смуги автомобільної дороги (рисунк 2.5).



Малюнок 2.5 - Виділена смуга громадського транспорту, облаштована ліворуч дороги

Цей варіант є одним із складних в організації, саме через те, що потрібне перебудова вуличної мережі (облаштування зупинок на протилежному боці вулиці, значне збільшення відокремленої смуги для безперешкодного та безпечного виходу пасажирів з автобуса чи заміна парку рухомого складу тощо), внаслідок чого потрібні значні капітальні витрати на облаштування цих смуг.

Такий варіант буде створювати складність і основний потік транспортних засобів, яким необхідно виконати лівий поворот або розворот.

3) Автобусна смуга назустріч основному потоку транспорту.

Такий варіант відокремлення смуги для руху автобусів дозволяє пускати маршрутні транспортні засоби в протилежному напрямку до основного потоку транспорту (малюнок 2.6) і характеризується своєю простотою. Єдиною проблемою при впровадженні цієї схеми на односторонню дорогу – це перенесення зупинок на протилежний бік дороги. Як правило, при застосуванні схеми назустріч основному потоку транспорту, на дорогах малої смужності (до 3 смуг на всій ширині дороги) не дозволяє відокремити виділену смугу у напрямку основного потоку.



Малюнок 2.6 - Виділена смуга громадського транспорту, відокремлена назустріч основному потоку транспорту

Останній варіант організації виділеної смуги громадського транспорту схожий на вулицю з двостороннім рухом, один із напрямків працює виключно на рух громадського транспорту. В цьому випадку виділена смуга розташовується з лівого боку дороги і вимагає обов'язкового поділу потоків за допомогою спеціальних стовпчиків або бордюрів (делінеаторів).

Також варіантом надання пріоритету для громадського транспорту служать і вулиці, відокремлені лише руху автобусів (рисунок 2.6). Вони організуються зазвичай у центральних районах міста і за наявності трьох паралельних вулиць.



Малюнок 2.7 – Вулиця для автобусного руху

На такі вулиці можливий доступ ТЗ, що обслуговують магазини та підприємства, але протягом певного періоду часу.

Вибір варіанту організації відокремленої смуги для громадського транспорту залежить від типів рухомого складу маршрутного транспорту, кількості смуг руху, частоти розташування пунктів зупинки громадського транспорту, величини потоків (транспортних і пішохідних), наявності підприємств поблизу вулично-дорожньої мережі, що мають можливість заведення-вивезення вантажів тільки з дороги тощо. Характеристики кожного виду розміщення виділеної смуги на проїжджій частині вулично-дорожньої мережі викладено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Особливості варіантів розміщення відокремленої лінії для громадського транспорту

Розміщення	Переваги	Недоліки
Крайня права	Найбільш проста організація Мінімальні капітальні витрати	Важкість організації правого повороту для основного потоку транспорту. Ліквідація зупинки та стоянки автомобілів. Необхідність введення спеціального режиму обслуговування підприємств з ВДМ.
Друга справа	Збереження стоянки автомобілів Можливість обслуговування підприємств з ВДМ	Необхідність капітальних витрат для проведення реконструкції проїзної частини для розміщення пунктів зупинки Перетин виділеної смуги автомобілів для заїзду та виїзду зі стоянки.
Крайня ліва	Можливість підвищеної швидкості руху. Збереження існуючих умов під'їзду до об'єктів вздовж ВДМ.	Труднощі організації лівого повороту для основного потоку. Необхідність капітальних витрат для організації зупинкових пунктів та підходу до них.

Назустріч потоку під час одностороннього руху (контрсмуга)	Найбільш проста організація Мінімальні капітальні витрати	Відсутність організації напрямку основного потоку. можливості виділеної смуги
--	--	--

Вкрай права смуга для руху громадського транспорту виділяється в наявній транспортній інфраструктурі на нешироких дорогах з частими зупинковими пунктами, де є не висока експлуатаційна швидкість.

Друга справа смуга передбачає виділення у тих ситуаціях, коли необхідно зберегти можливість під'їзду не маршрутних ТЗ до тротуару та їх стоянку.

Ліва крайня смуга виділяється для забезпечення більш високої швидкості руху пасажирського транспорту, при відносно довгій відстані один від одного зупинкових пунктів, для зручності в'їзду та з'їзду з естакад, та тунелів, якщо вони є.

Смуга для громадського транспорту на односторонніх вулицях, яка облаштовується назустріч основному потоку, зручна для пасажирів, яким не потрібно шукати вулицю з протилежним напрямком руху, але виникають складнощі з організацією виділеного руху у напрямку з основним транспортним потоком, якщо вулиця має менше 4 смуг руху в обидві сторони.

Найнадійнішим способом виділення смуг є спорудження конструктивно виділених шляхів, що надає неможливість появи на відокремленій смузі іншого транспорту в межах перегону. Якщо на ділянці дороги є рейковий транспорт загального користування, то доцільно поєднувати рух рейкового та безрейкового пасажирського транспорту. Також розташування пунктів зупинки різних видів транспорту в одному місці знижує інтенсивність пішохідного потоку, який здійснює перетин основної проїжджої частини, тим самим збільшуючи інтенсивність руху всього транспорту.

Виділена смуга для громадського транспорту в залежності від різних умов відокремлюється від основної проїзної частини:

- горизонтальною дорожньою розміткою 1.1 (суцільна лінія) або 1.3 (подвійна суцільна лінія), залежно від кількості смуг руху на проїжджій частині та напрямку руху;

- штучними бордюрами (делінеаторами);
- дорожніми огорожами;
- бордюром;
- підвищенням або зниженням рівня дороги в межах смуги руху.

Також протягом усієї виділеної смуги наноситься горизонтальна розмітка 1.23, що позначає спеціальну смугу для маршрутних транспортних засобів.

Розмітка 1.23 повинна наноситися по осі смуги руху основою у бік транспортних засобів, що рухаються по ній. На початку смуги на відстані 10 м від межі перетину проїжджих частин наносять першу розмітку, а через 20 м – другу.

Розмітку 1.23 слід повторювати після пункту зупинки маршрутних транспортних засобів, розташованого далі 50 м від перехрестя. На перегоні довжиною понад 200 м розмітку 1.23 слід повторювати через 200 м. Залежно від конкретних умов ця відстань може бути змінена [9].

За наявності крайньої правої або крайньої лівої відокремленої смуги руху громадського транспорту та неможливості заборони повороту праворуч або ліворуч, відповідно, для загального потоку транспортних засобів цей поворот здійснюється з виділеної смуги. Перед перехрестям необхідно замінити горизонтальну лінію розмітки 1.1 на лінію 1.11 (рисунок 2.8).

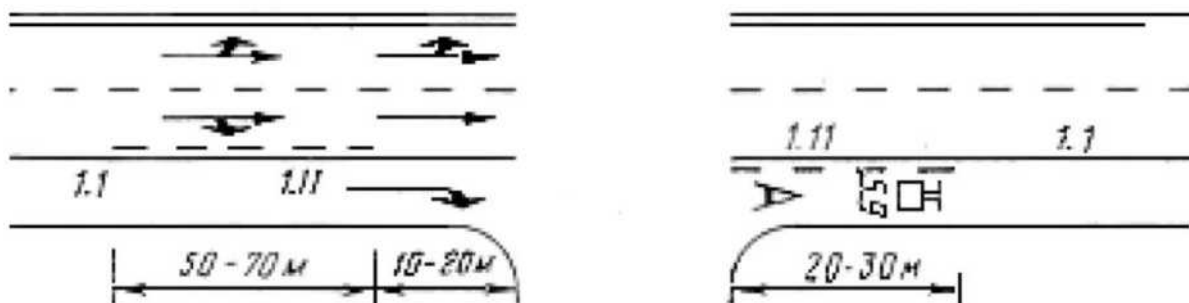


Рисунок 2.8 - Схема організації при повороті праворуч із виділеної смуги руху громадського транспорту

При облаштуванні смуги назустріч потоку при односторонньому русі спочатку встановлюють дорожній знак 5.11, який необхідно дублювати після перехрестя. Наприкінці смуги встановлюють знак 5.12. При в'їзді на дорогу з виділеною смугою руху громадського транспорту встановлюють відповідно дорожні знаки 5.13.1 та 5.13.2.

При організації відокремлених смуг руху громадського транспорту необхідно встановлювати і технічні засоби для фіксації порушень правил дорожнього руху, які заважатимуть повному функціонуванню виділеної смуги. Фото- та/або відеофіксації порушень правил ПДР встановлюють стаціонарно вздовж смуги руху маршрутного транспорту, а також за можливості і на маршрутний транспорт. Результати фіксації порушень передаються до відповідного органу для вжиття відповідних заходів до порушників.

2.3 Методи забезпечення пріоритету

У сучасних транспортних умовах, забезпечення пріоритету міського транспорту загального користування, можна виділити у великі групи:

- активний пріоритет;
- пасивний пріоритет.

Активний пріоритет передбачає пріоритет усім транспортним засобам, який надається пріоритет, з допомогою технічних засобів світлофорного регулювання. Це може бути як окрема фаза для таких транспортних засобів, так і вплив на основний цикл регулювання, за допомогою детекторів транспорту, через які передається інформація на світлофорний об'єкт про наближення певного транспортного засобу.

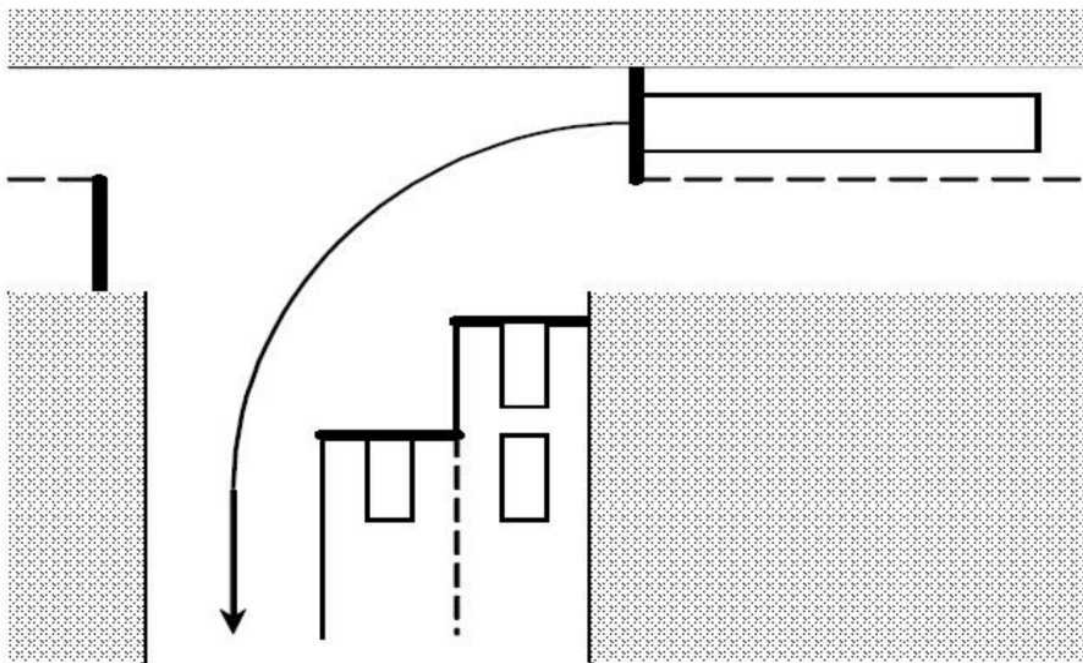
Пасивний пріоритет є способом забезпечення допомоги транспортним засобам, яким необхідно надати пріоритет, на під'їзді до перехрестя за допомогою розмітки: виділення смуги для громадського транспорту та розмітки в зоні перехрестя.

Основні варіанти забезпечення пасивного та активного пріоритету для транспорту загального користування представлені нижче.

2.3.1 Забезпечення пасивного пріоритету

Важливим заходом у сфері пріоритетного руху міського пасажирського транспорту є забезпечення його безперешкодного під'їзду до перехрестя. Що дозволяє забезпечити швидку перепустку громадського транспорту за цикл світлофорного регулювання, щоб забезпечити звільнення перетину для подальшого руху непріоритетного транспорту. В основному виділяють кілька видів забезпечення пасивного пріоритету громадського транспорту на під'їзді до перетину. Такі як зміщена стоп-лінія, розділена стоп-лінія та перерозподіл черги на під'їзді до перетину.

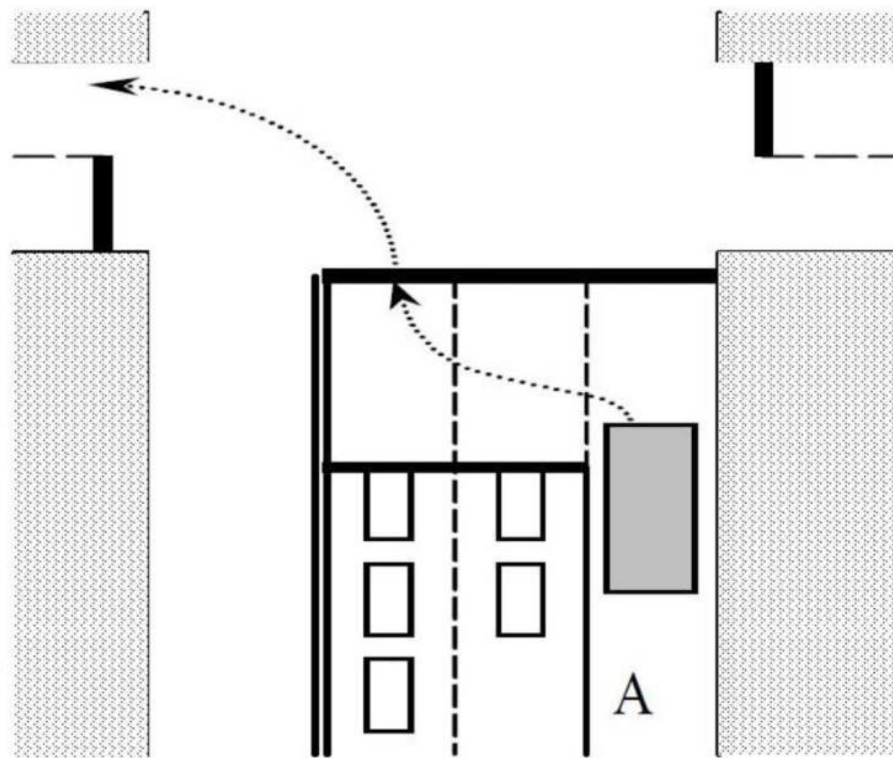
Через свої великі габаритні розміри, при виконанні лівоповоротного руху на вузьких перехрестях, автобусам доводиться рухатися траєкторією більшого радіусу. Це зумовлено тим, що виконанню даного маневру може перешкодити транспорт, що стоїть біля стоп-лінії конкуруючого напрямку. Для запобігання цій ситуації прийнято використання зміщеної стоп-лінії (малюнок 2.9) [20].



Малюнок 2.9. Зміщена стоп-лінія

За наявності відокремленої смуги для руху громадського транспорту може застосовуватися розділена стоп-лінія. Якщо пріоритетною смугою обрана крайня права смуга і громадський транспорт або його частина повертають на перехресті ліворуч, то її застосування є доцільним. Також рекомендовано застосування розділеної стоп-лінії, коли відсутня безпосередньо за перехрестям зупинки громадського транспорту пріоритетна смуга. У цьому випадку розділена стоп-лінія полегшує умови руху громадського транспорту в зоні, розташованій за перехрестям.

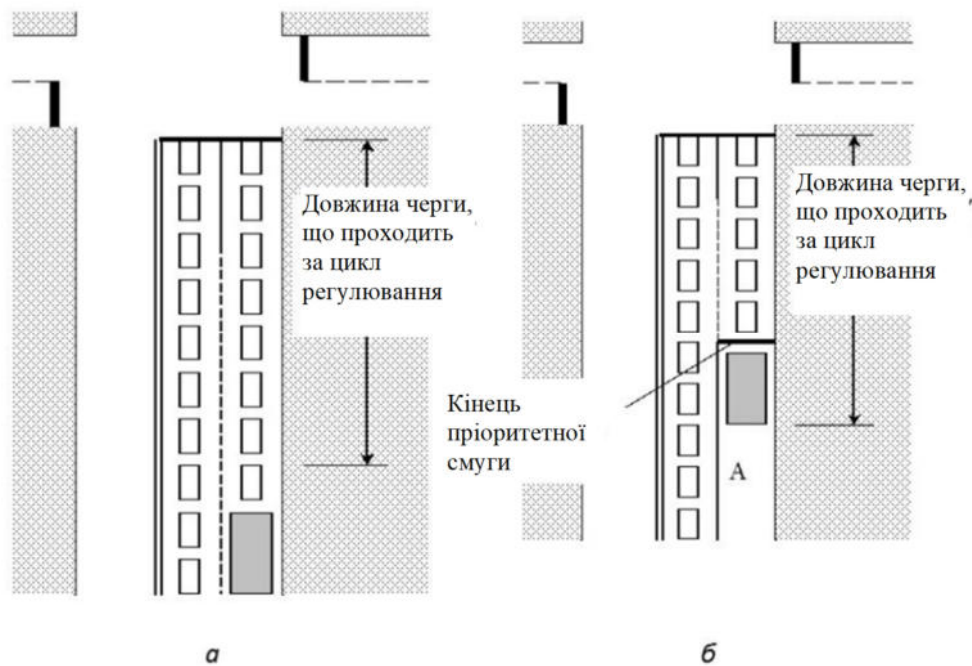
Принцип нанесення, є наступним: перед перехрестям створюються окрема стоп-лінії для основного потоку транспорту та окрема для громадського транспорту, причому стоп-лінія для перших від перетину на відстань, яка визначається довжиною рухомого складу громадського транспорту та середньою кількістю транспорту, що встигає накопичитися до включення сигналу світлофорного регулювання, а також дистанцією необхідною для виконання маневру «Зміна смуги». Приклад цього заходу наведено малюнку 2.10 [20].



Малюнок 2.10 - Розділена стоп-лінія

Перерозподіл черги застосовується на перехрестях, на яких інтенсивність руху транспортного потоку вкрай висока, що не дозволяє виділити смугу для руху в зоні регульованого перехрестя. Необхідною умовою застосування цього заходу є високий рівень завантаження перехрестя, за якого транспортний потік не встигає перетнути перехрестя за один цикл світлофорного регулювання. Перерозподіл черги дозволяє забезпечити прохід громадського транспорту через перехрестя протягом одного циклу, при цьому пропускна здатність не знижується.

Наприклад, можна скористатися ситуацією, що виникає на завантаженому перехресті до застосування цього заходу (рисунк 2.11а) і після застосування (рисунк 2.11б). На малюнку видно, що в першому випадку автобус не встигає пройти перехрестя за час дозвільного сигналу світлофору. Для перерозподілу черги відводиться ділянка пріоритетної смуги, яка не доходить до перехрестя. У другому випадку видно, що автобус завжди опиняється на такій відстані від стоп-лінії, яка дозволяє йому перетнути перехрестя на протязі дозвільного сигналу світлофорного регулювання.



Малюнок 2.11. Заходи методу перерозподілу черги:

а) до впровадження заходів; б) після впровадження заходів

2.3.2 Забезпечення активного пріоритету

Існують методи забезпечення активного пріоритету, що зумовлені тим, що пріоритет здійснюється за рахунок зміни режимів світлофорного регулювання залежно від знаходження автобусів на ВДМ. Вплив на режим роботи світлофорного об'єкта відбувається за певним сигналом, який формується за участю бортового обладнання транспорту, датчиків, встановлених на світлофорному об'єкті або детекторів транспорту, що знаходяться над проїжджою частиною на під'їзді до світлофорного об'єкта і пов'язаних передавачем зі світлофорним об'єктом.

Метод активного пріоритету для пропуску транспорту формує одну з груп методу адаптивного управління (АСУ) світлофорним регулюванням, об'єднаних загальною метою управління та загальною схемою з реалізації. Ця схема реалізується такими кроками як:

- формування сигналу про наближення транспортного засобу до перехрестя (запит на надання пріоритету) та передача інформації системі керування світлофорного об'єкту;
- прогнозування моменту підходу транспорту (одиниці), що вимагає надання пріоритету, до стоп-лінії перед перехрестям;
- вибір варіантів надання пріоритету транспорту;
- розрахунок необхідних параметрів для здійснення світлофорного регулювання, що дозволяють надати пріоритетний пропуск транспорту та їх відпрацювання;
- фіксування проходу транспортної одиниці, якою був надано пріоритет, стоп-лінії та зняття виконаного запиту на пріоритетний перепустку.

Закордонна практика дозволяє передбачати додаткові операції, крім перерахованих вище. До таких операцій можна віднести:

- інформування водія про надання пріоритету, а також його умови, що може реалізовуватись включенням спеціального сигналу. Ця форма не регламентована, тому у різних країнах, а часом і у різних містах країни, вона

реалізується по-різному. У Швеції (Гетерборг), наприклад, якщо трамваю неможливо забезпечити пріоритет, тобто дозволяє провести проїзд через перехрестя із затримкою, на спеціальному світлофорі включається сигнал «S» (СТОП). У Гельсінкі на звичайному світлофорному об'єкті включається спеціальний точковий сигнал, розташований збоку від світлофорних головок;

- інформування водія транспортного засобу, якому необхідний пріоритетний перепуск, про отримання запиту на пріоритет. Наприклад, у Німеччині таке інформування водіїв реалізовано за допомогою спеціального сигналу "А" на спеціальному світлофорному об'єкті.

Необхідно розуміти, що точність розрахунку параметрів світлофорного регулювання становитиме близько 1 с. Також ця точність є бажаною і для прогнозу прибуття транспорту до стоп-лінії. Для цього необхідно, щоб були відсутні перешкоди руху транспорту, що потребує пріоритету, з боку основного транспортного потоку.

Запит, який подається контролеру для надання пріоритету, повинен містити інформацію про конкретне місцезнаходження транспорту, що дозволить здійснити прогноз його прибуття до стоп-лінії. Також інформацією може бути ідентифікація самого транспортного засобу, що дозволить визначити його напрямок руху через перехрестя, дотримання розкладу або графіка руху тощо.

Визначення розташування транспорту може виконуватися різними способами, наприклад:

- за допомогою активних чи пасивних детекторів;
- за допомогою спеціальних детекторів (радіочастотних), які дозволяють «дізнатися» транспортний засіб за сигналом, що подається бортовим пристроєм;
- за допомогою систем GPS;
- за допомогою інфрачервоних датчиків, відеодетекторів та датчиків інших типів, що використовуються у складі світлофорного посту.

Для прогнозування моменту прибуття певного транспорту, що вимагає пріоритету, використовуються математичні методи/алгоритми та статистичні дані про час проїзду від точки надсилання запиту до стоп-лінії, а також

оперативні дані про реальні режими регулювання та транспортної ситуації на ВДМ загалом.

Надання активного пріоритету можна виділити три основні стратегії надання пріоритету засобами світлофорного регулювання, такі як:

- продовження роздільного сигналу світлофорного регулювання;
- скорочення забороняючого сигналу світлофорного регулювання;
- застосування спеціальної фази, що дозволяє здійснити рух

транспорту, якому потрібно надати пріоритет.

Крім того, на перегонах із значною протяжністю, можливе застосування:

- покрокової корекції режиму роботи світлофорного об'єкта перебігу кількох циклів;
- скороченням тривалості фаз, що передують викликаній («швидкий цикл») [42].

2.4 Ширина смуг проїзної частини

Ширина смуги руху, призначена для руху автомобілів в один ряд і виділена поздовжньою розміткою, визначає вимоги до траєкторії руху автомобіля. Чим менша ширина смуги, тим жорсткіші вимоги ставляться до водія і тим більше його психічна напруга при забезпеченні точного положення автомобіля на дорозі. При малій ширині смуги, а також при зустрічному роз'їзді на вузькій дорозі, водій під впливом зорового сприйняття знижує швидкість.

Виходячи з досліджень на дорогах отримана наступна залежність (2.1), що характеризує приблизно зв'язок між швидкістю і необхідною шириною смуги дороги

$$A = 0,015v_a + b_a + 0,3 \quad (2.1)$$

де v_a - швидкість автомобіля, м/с b_a - ширина автомобіля, м; 0,3 – додатковий зазор, м.

Відповідно до цієї залежності, швидкість, з якою водій середньої кваліфікації довгостроково і впевнено може вести автомобіль, орієнтовно становить: при керуванні легковим автомобілем і шириною смуги 3 м близько 65 км/год, а при ширині смуги 3,5 м близько 90 км/год; при керуванні автомобілем з габаритною шириною 2,5 м та шириною смуги 3,5 м близько 50 км/год [43].

Виходячи з цих даних виходить, що 3,5 метрові смуги в місті з переважно легковим рухом дозволяють їхати автомобілям зі швидкістю 90 км/год. Нерідко підвищення швидкості відбувається мимоволі, так як швидкість руху не відчувається.

При широкій смузі руху водій умовно не помічає машини на інших смугах. Дане рішення має як плюс, водій може спокійно їхати, стежачи за обстановкою, що відбувається перед ним, не задумуючись про те, що відбувається по краях автомобіля, так і мінусом, пильність знижується, водій мимоволі прискорюється.

Існує ще один мінус широких смуг. На двох 3,5 метрових смугах дороги може уміститися 3 автомобілі (з огляду на те, що середня ширина автомобіля з дзеркалами становить 2,1 м). Це призводить до вклинювання між рядами на світлофорах, небезпечних обгонів по смузі розмітки.

У більшості європейських міст стандартною шириною смуги руху автомобілів в середньому становить 3 м. У порівнянні (малюнку 2.12, наприклад, можна порівняти дві 4-смугові дороги в Ейндховені (Нідерланди) і будь-якої широкої дороги в Україні.



Малюнок 2.12. Порівняння ширин доріг в Ейндховені (ліворуч) та в Україні (праворуч)

Звуження смуг є засобом із величезним потенціалом для міста, завдяки яким можна уникнути деяких реконструкцій та розширень.

Згідно з даними з американського Highway Capacity Manual 2000 («Посібники з пропускнуої спроможності автомагістралей»): при зниженні ширини смуги з 3,6 до 3 метрів вільна швидкість потоку) поетапно знижується від 1 до 10 км/год (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Зниження швидкості руху автомобілів щодо ширини смуг

Ширина смуги, м	Зниження вільної швидкості потоку, км/год
3,6	0
3,5	1,0
3,4	2,1
3,3	3,1
3,2	5,6
3,1	8,1
3,0	10,6

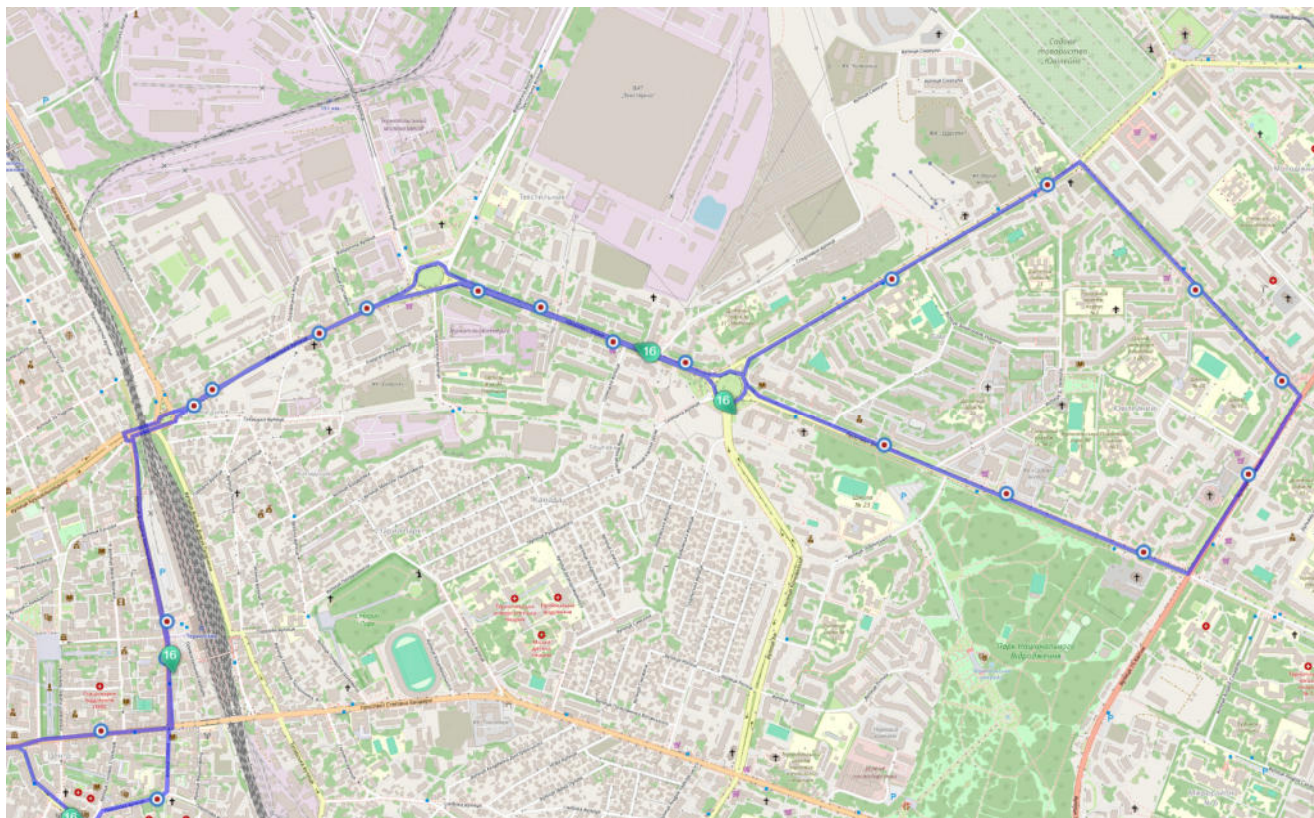
За рахунок зниження «вільної швидкості» автомобілів навіть на 1 км/год кількість ДТП зі смертельними наслідками знижується на 3-8%, за даними проведених досліджень та представлених на конференції транспортних міністерств Європи у 2006 році. Цей факт скорочення нещасних випадків важливий насамперед для безпеки пішоходів.

2.5 Опис різних варіантів виділених смуг застосовується до вулично-дорожньої мережі м. Тернополя

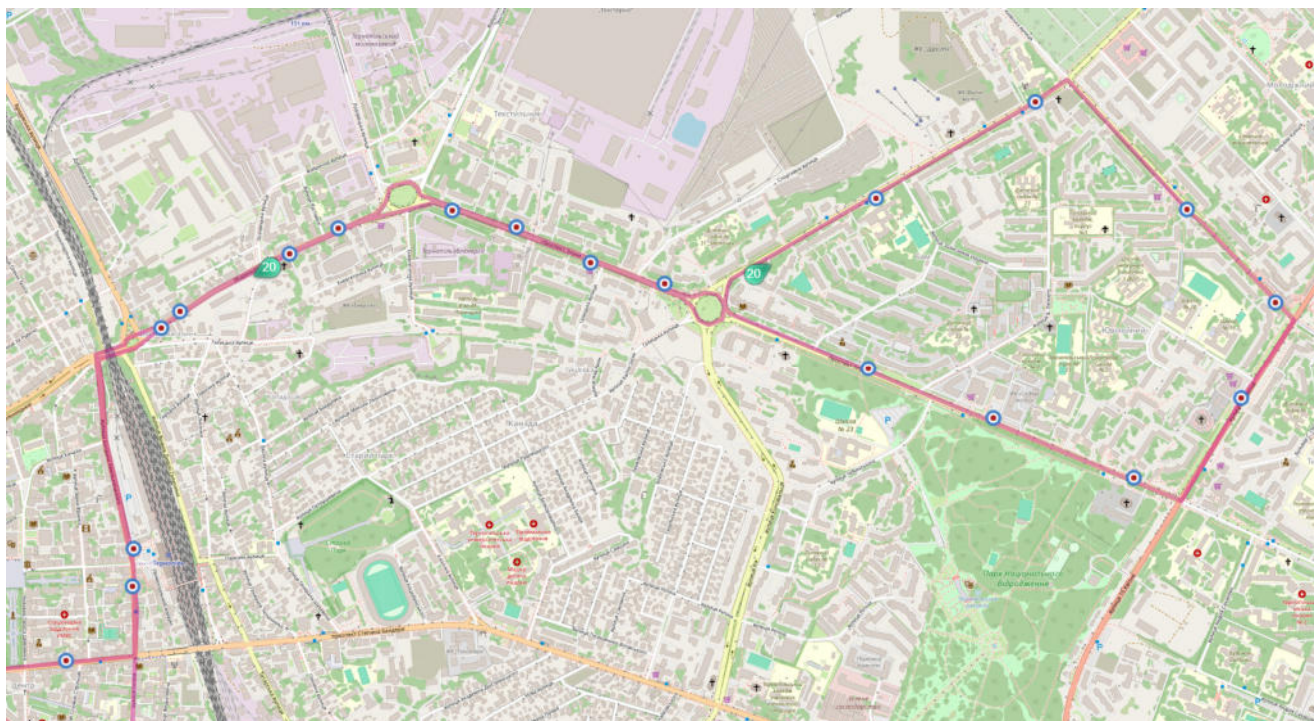
З розглянутих проектних варіантів відокремлення смуг руху міського громадського транспорту від основного потоку було зроблено використання трьох основних варіантів в умови частини міста Тернополя. А також проведено аналіз маршрутів, прив'язаних до тієї чи іншої смуги, а також реорганізацію деяких маршрутів.

Аналіз ВДМ м. Тернополя показав, що два маршрути практично дублюють один одного в частині проходження мікрорайону сонячний, це зокрема

автобусний маршрут 16 та автобусний маршрут 20 (мал.2.13, 2.14)



Малюнок 2.13. Траєкторія руху автобусного маршруту 16 по території мікрорайону «Сонячний»



Малюнок 2.14. Траєкторія руху автобусного маршруту 20 по території мікрорайону «Сонячний»

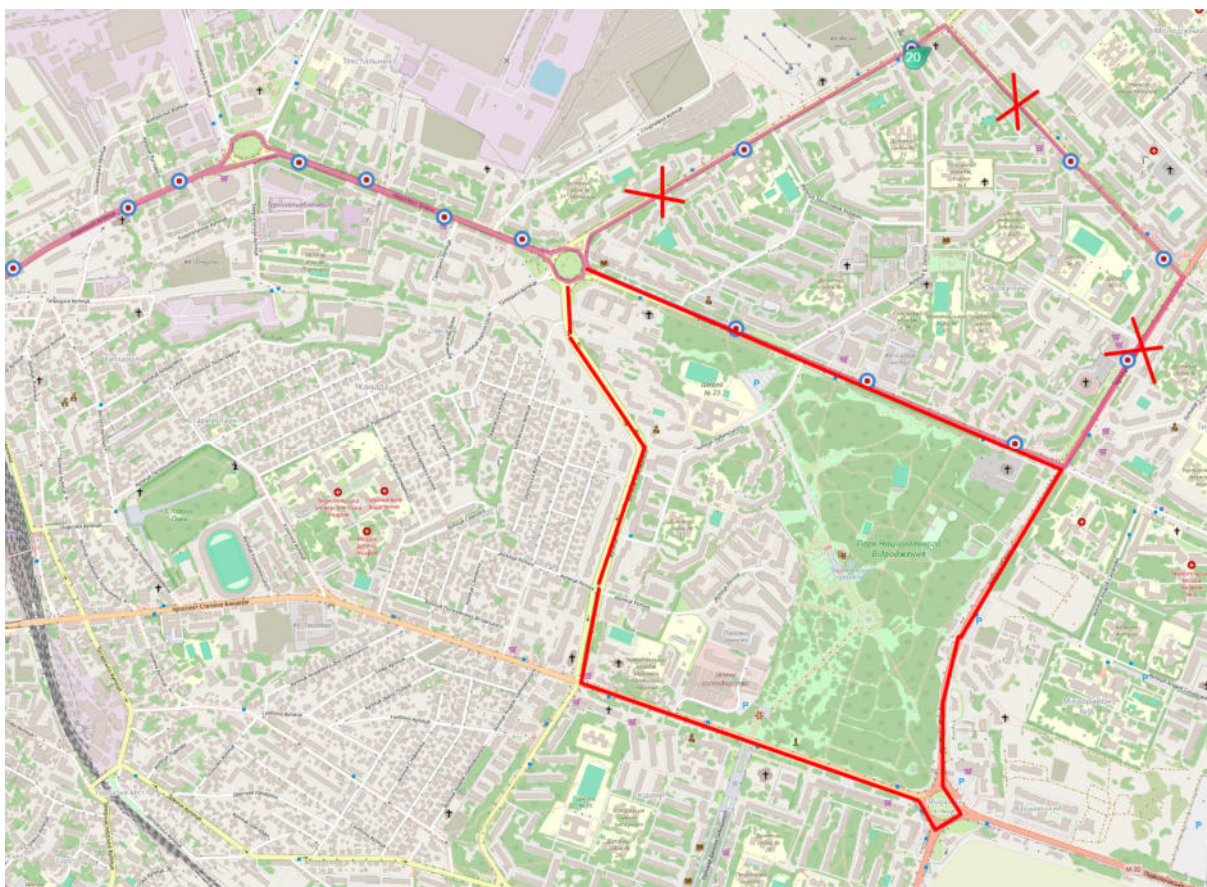
При цьому запропоновано альтернативний варіант рух автобусного маршруту №20 через мікрорайон «Канада», «Східний» та «Сонячний». Таким чином рух транспортних засобів буде здійснюватися через три мікрорайони, що значно покращить його охоплення території міста (рис. 2.15).

Пропонуємо можливості для запровадження варіантів руху транспортних засобів автомобільного транспорту для перевезення пасажирів цією мережею на території мікрорайонів «Канада», «Східний», «Сонячний».

Варіант 1. Крайня права смуга, розташована поруч із тротуаром:

Цей варіант передбачає виділення смуг на основних вулицях мікрорайонів, таких як вул. Коновальця, проспектів С. Бандери, вул. 15 Квітня та проспекті Злуки.

На підставі цієї схеми відокремлення смуг, маршрутна мережа руху автобусів по ВДМ цих мікрорайонів не зазнає будь-яких змін, а лише створить умови для дотримання розкладу та знизить кількість затримок міського пасажирського транспорту під час руху центральною частиною міста.



Малюнок 2.15. Запропонований варіант руху автобусного маршруту №20

Варіант 2. Виділена вулиця під громадський транспорт.

Пропонується виділити цілу вулицю для руху лише громадського транспорту та пішоходів. На цю роль добре підходить проспект Злуки. Цей захід дозволить ізолювати громадський транспорт від основного потоку та виключити затримки автобусів під час руху. В'їзд інших транспортних засобів здебільшого заборонений, винятком є транспортні засоби обслуговуючі підприємства на проспекті Злуки, але протягом певного відрізка часу.

Наведені вище варіанти відокремлення смуг для громадського транспорту та відповідні заходи для покращення руху всього потоку транспортних засобів у мікрорайонах м. Тернополя реалізовано у комп'ютерній програмі імітаційного моделювання. Модулі, що використовуються в програмі, дозволяють без особливих проблем побудувати, змодельовати рух транспортного потоку і оцінити заходи для поліпшення руху на їх доцільність впровадження.

Для отримання повної картини того, що відбувається, спочатку було виконано оцінку транспортної ситуації без виконання будь-яких заходів. Було збудовано існуючу мережу, розраховано вхідні потоки на основних магістралях центральної частини міста за допомогою натурального обстеження, прокладено маршрути руху всього громадського транспорту, що проходить через центральну частину міста, задано транспортні кореспонденції тощо.

Дані по всьому транспортному потоку, що здійснює рух через вказані мікрорайони міста, представлені в таблиці 2.3.

При організації пріоритету руху міського транспорту загального користування крайньою правою смугою дороги (перший варіант) пропонується відокремити смуги руху транспорту за традиційним варіантом, саме крайня права смуга руху. Для цього необхідно фіксувати всі порушення, що виникають на вулицях міста, де є виділені смуги для громадського транспорту.

Таблиця 2.3 - Дані щодо транспортного потоку без проведення заходів

Параметр	Основний потік	Автобуси	Загальне
Кількість ТЗ в мережі, од.	153	8	161
Щільність потоку	16,77	0,51	17,28
Середня швидкість, км/год	32,26	18,53	32,51
Відхилення середньої швидкості, км/год	8,7	3,07	8,59
Гармонійна швидкість, км/год	29,98	18,05	29,77
Відхилення гармонійної швидкості, км/год	8,7	3,03	8,6
Середній час поїздки, с/км	120	188	121
Відхилення від середнього часу поїздки, с/км	43	31	44
Середній час затримки, с/км	53	116	54
Відхилення середнього часу затримки, с/км	43	31	43
Середній час зупинки, с/км	36	86	37
Відхилення середнього часу зупинки, с/км	32	28	33
Кількість зупинок на ТЗ	1,65	3,3	1,68
Загальна відстань, км	57027,97	1084,461	58112,45

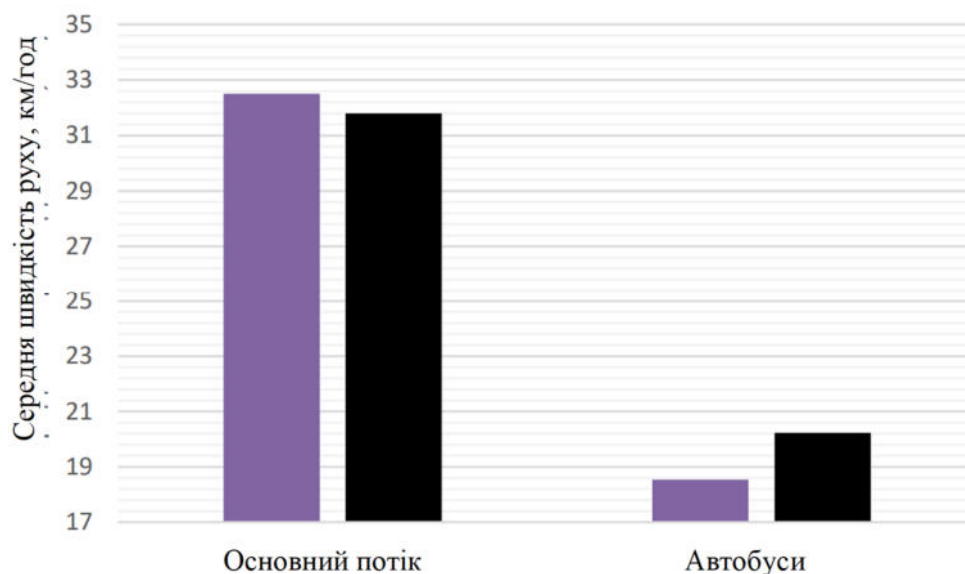
Для реалізації цього варіанту необхідно буде здійснити звуження деяких смуг на ВДМ вказаних мікрорайонів району з метою виділення ще однієї смуги для руху автомобільного транспорту, зокрема автобусів.

При моделюванні були отримані дані про вуличну мережу, які представлені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Дані щодо транспортного потоку при організації руху міського транспорту загального користування крайньої правої смуги дороги

Параметр	Основний потік	Автобуси	Загальне
Кількість ТЗ у мережі	153	8	161
Щільність потоку	16,09	0,47	16,57
Середня швидкість, км/год	31,79	20,22	31,57
Відхилення середньої швидкості, км/год	8,67	3,08	8,57
Комфортна швидкість, км/год	29,33	19,72	29,16
Відхилення гармонійної швидкості, км/год	8,48	3,15	8,4
Середній час поїздки, с/км	120	182	121
Відхилення середньої поїздки, сек/км	40	30	40
Середній час затримки, с/км	53	109	54
Відхилення середнього часу затримки, с/км	39	30	40
Середній час зупинки, с/км	36	82	37
Відхилення середнього часу зупинки, с/км	32	27	33
Кількість зупинок на ТЗ	1,77	3,16	1,8
Загальна відстань, км	55011,05	1085,43	56096,53

Ефективність впровадження такої схеми можна оцінити за допомогою середньої швидкості руху громадського транспорту (рис. 2.16) та середнього часу поїздки по мережі (рис. 2.17) порівняно з існуючою схемою.



Малюнок 2.16. Середня швидкість руху громадського транспорту

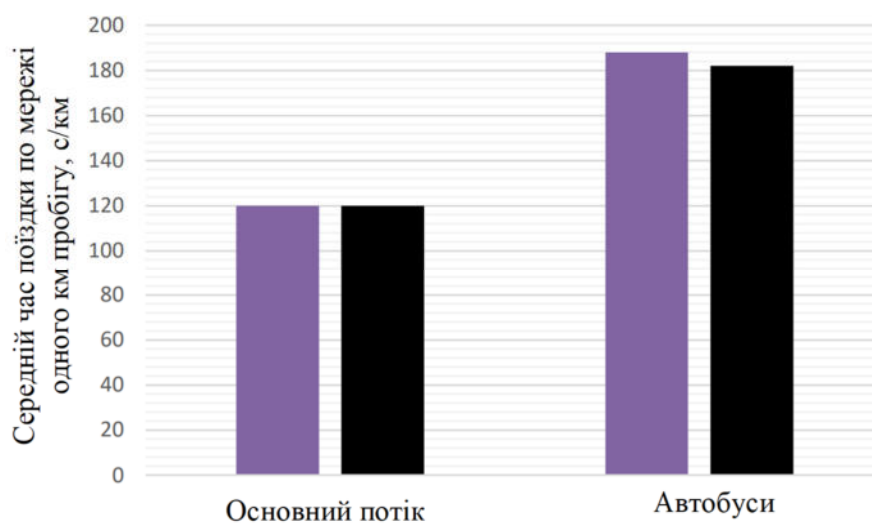


Рисунок 2.17. Середній час проїзду по мережі на кілометр пробігу

При цьому можна відзначити, що середня швидкість руху маршрутами зросла на 2 км/год, а середній час поїздки на кілометр скоротився на 6 секунд, що відбивається на загальному часі проїзду мережі для транспорту загального користування. При цьому швидкість руху основного потоку скоротилася на 0,5

км/год, а час подолання 1 кілометра шляху залишилася на тому ж рівні.

Дані автобусними маршрутами (у прямому та зворотному напрямку) представлені в таблиці 2.6.

Організація руху міського транспорту загального користування на пр. Злуки

Як було описано раніше, другий варіант є організацією руху автобусів по пр. Злуки та вул. Коновальця, виключаючи його з вул. Генерала Мирона Тарнавського та вул. 15 Квітня. Такий варіант руху не буде дублювати існуючий маршрут №20 і дозволить забезпечити географію охоплення мікрорайонів міста маршрутом №16.

Для цього рішення було здійснено звуження смуг на вул. 15 Квітня та вул. Коновальця з метою виділення додаткової смуги для руху транспорту. Збільшення кількості смуг на цих вулицях дозволить забезпечити більш вільний вихід автобусів із пр. злуки, ніж без проведення заходу щодо звуження смуг.

При моделюванні були отримані дані про вуличну мережу, які представлені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Дані щодо транспортного потоку при організації руху міського транспорту загального користування на пр. Злуки

Параметр	Основний потік	Автобуси	Загальне
Кількість ТЗ у мережі	15042	266	14776
Щільність потоку	16,08	0,52	16,61
Середня швидкість, км/год	30,39	18,77	30,18
Відхилення середньої швидкості, км/год	9,8	3,52	9,7
Гармонійна швидкість, км/год	26,81	18,08	26,66
Відхилення гармонійної швидкості, км/год	9,79	3,55	9,8
Середній час поїздки, с/км	134	199	135
Відхилення середньої поїздки, с/км	60	42	61
Середній час затримки, с/км	67	125	68
Відхилення середнього часу затримки, с/км	60	42	60
Середній час зупинки, с/км	49	97	50
Відхилення середнього часу зупинки, с/км	54	37	55
Кількість зупинок на ТЗ	2,16	3,43	2,18
Загальна відстань, км	51027,83	1064,689	52092,52

Виходячи із запропонованої схеми більшість автобусних маршрутів, що проходять через вказані мікрорайони міста, змінять схему свого руху.

Ефективність впровадження такої схеми можна оцінити за допомогою середньої швидкості руху громадського транспорту (рис. 2.18) та середнього часу поїздки по мережі (рис. 2.19) порівняно з існуючою схемою.

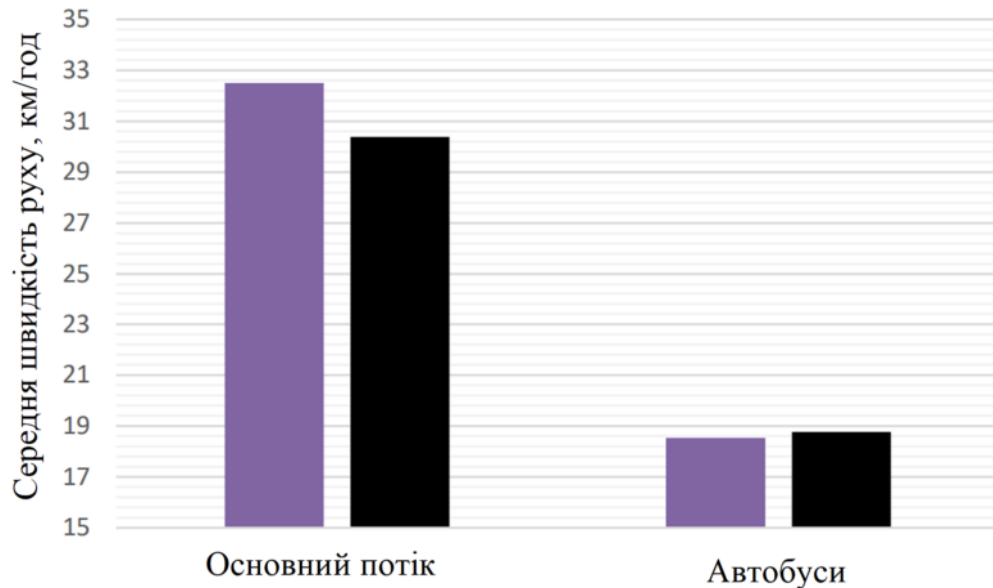
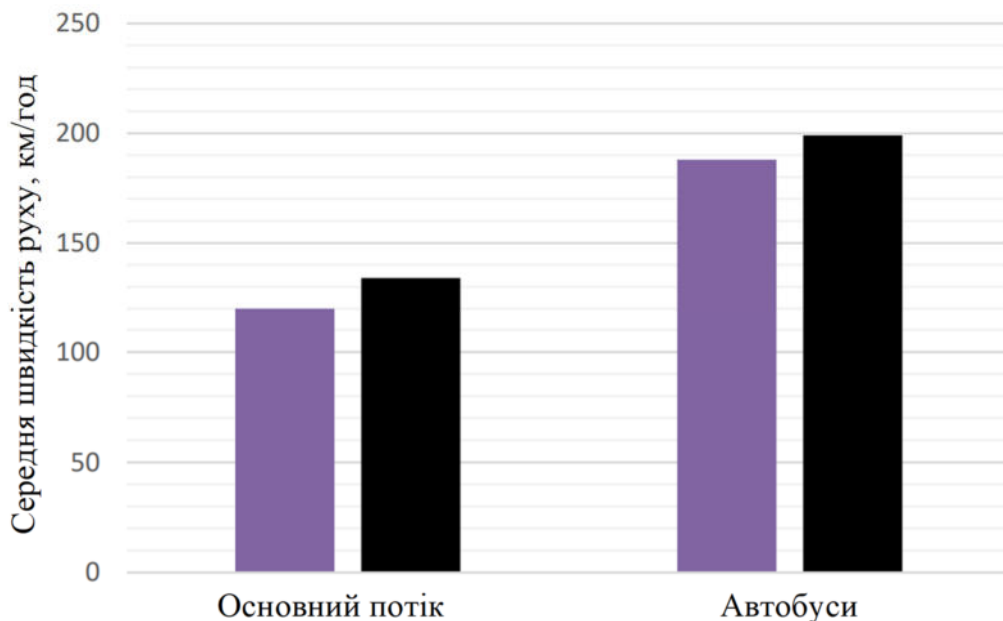


Рисунок 2.18. Порівняння середньої швидкості руху громадського транспорту



Малюнок 2.19. Середній час проїзду по мережі на кілометр пробігу

Середня швидкість руху маршрутами практично залишилася на тому ж рівні, а середній час поїздки на кілометр збільшився на 11 секунд, що відбивається на загальному часі проїзду мережі для транспорту загального користування. Швидкість руху основного потоку скоротилася на 2 км/год і час поїздки на кілометр збільшився на 14 секунд. Також можна помітити, що загальна кількість транспортних засобів присутніх у мережі помітно знизилася.

2.6 Вибір ефективного рішення щодо організації виділених смуг серед основних варіантів

Основною оцінкою щодо вибору ефективного рішення є такий показник як середня швидкість руху як міського пасажирського транспорту загального користування, так і потоку в цілому.

Вибір найбільш ефективного рішення при організації виділених смуг повинен не давати більшого негативного ефекту для руху основного потоку транспорту, який проявляється в деяких варіантах, запропонованих вище.

Для наочного прикладу можна навести показник середньої швидкості руху по кожному з маршрутів, що прямують через вказані мікрорайони міста. Виходячи з результатів дослідження, можна зробити висновок, що найбільший ефект щодо збільшення середньої швидкості руху на багатьох маршрутах приносить перший варіант.

При цьому видно, що найбільшу середню швидкість показує міський транспорт загального користування у першому варіанті, а середню швидкість руху загального потоку у третьому варіанті, що на 2 км/год більше, ніж у першому. Однак варто відзначити, що загальна кількість транспортних засобів, що пройшли через рівну кількість часу в моделюванні, відрізняються і складають 15154 одиниці при першому варіанті, а при третьому всього 14764 одиниці. Отже, пропускна здатність ВДМ за третього варіанта знизилася.

Виходячи з проведеного аналізу та моделювання цих рішень найбільш ефективною схемою є перший варіант виділення відокремлених смуг для

міського транспорту загального користування, а саме крайньої правої виділеної смуги для міського транспорту загального користування.

3 ПРОЕКТНО-РЕКОМЕНДАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Аналіз обраної схеми організації виділених смуг

Виходячи з обраного у другому розділі цієї роботи варіанти організації виділених смуг для міського громадського транспорту виявлено, що найбільш ефективною схемою організації є традиційний спосіб організації виділених смуг, у напрямку руху з основним потоком транспортних засобів. Ця схема представлена малюнку 3.1.



Рисунок 3.1. Схема організації виділених смуг на мікрорайонах «Східний» та «Канада» міста Тернополя із позначенням зупиночних пунктів

Цей варіант є найбільш вигідним серед інших варіантів, зокрема через свою простоту та менші капітальні витрати на організацію виділених смуг.

На рис.3.1 позначено наступні зупиночні пункти:

- 1 – вул. Коновальця на допустимій відстані від перехрестя кільцевого типу (кільця);
- 2 – вул. Коновальця в серединній частині вулиці;
- 3 – просп. С. Бандери (зупинка вул. Коновальця);

- 4 – просп. С. Бандери (зупинка бульвар Данила Галицького);
- 5 – просп. С. Бандери (зупинка Збараський поворот);
- 6 – вул. 15 квітня (зупинка булі вул. акад. Сахарова);
- 7 – просп. Злуки (зупинка «Духовний центр»);
- 8 – просп. Злуки (зупинка «Новий ринок»)
- 9 – просп. Злуки (зупинка вул. Чалдаєва)

Основним параметром що показує ефективність тієї чи іншої схеми є середня швидкість руху транспортних засобів. Виходячи з представлених результатів моделювання за маршрутами можна відзначити, що здебільшого запропоновані схеми дають позитивний ефект, але не для кожного учасника руху. На рисунках 3.2 – 3.3 наведено дані щодо середньої швидкості на кожному з маршруту руху.

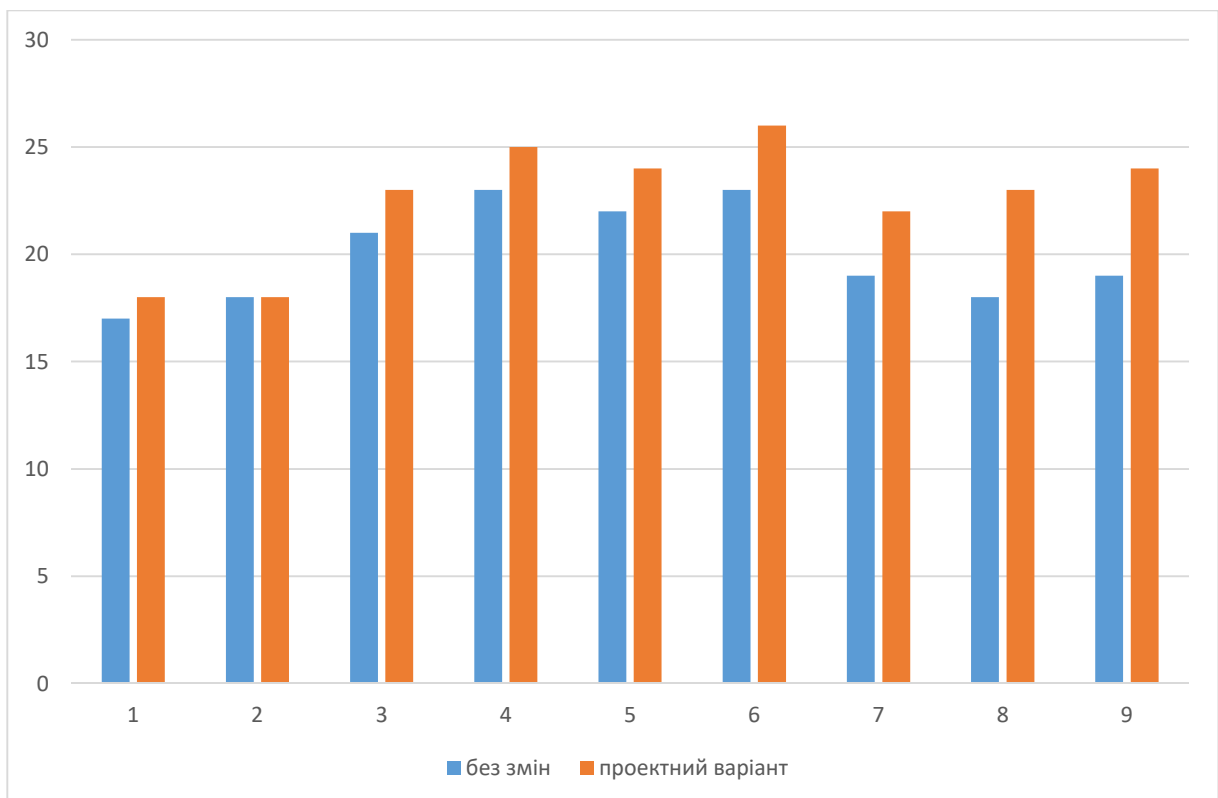


Рисунок 3.2. Порівняння показника «Середня швидкість» на маршрутах №20

З діаграм можна сказати, що вибраний варіант справді дає позитивний

ефект для руху громадського транспорту. У кращому випадку, саме цей варіант підвищує середню швидкість руху на маршрутах руху. А також даний варіант, за належного підходу, меншим чином впливає на рух основного потоку транспорту вулично-дорожньою мережею центральної частини м. Тернопіль, знижуючи швидкість руху основного потоку всього на 0,5 км/год.

Середній час проходження 1 кілометра шляху досить відрізняється. Найбільше значення часу проходження в автобусів спостерігається у третього варіанта (контрсмуги) і становить 3,5 хвилини, тоді як перший варіант даний показник становить 3 хвилини.

Для забезпечення введення виділених смуг до умов міста, необхідно виконати деякі заходи щодо покращення якості руху на ВДМ розглядуваних мікрорайонів.

3.2 Розробка додаткових заходів щодо покращення транспортної ситуації у мікрорайонах м. Тернополя

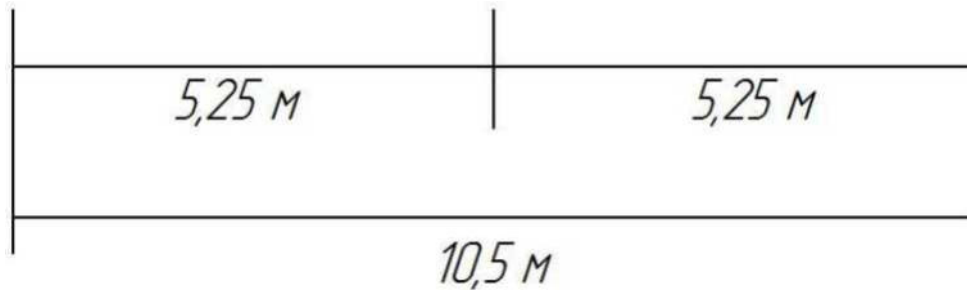
1) Зміна ширини смуг:

У ході проведеного аналізу вулично-дорожньої мережі було виявлено деякі ділянки, де можна провести перерозмітку дорожнього полотна. Цей захід, при організації виділених смуг, дозволить без проблем і з більшою ефективністю здійснити впровадження цих самих смуг, не завдаючи шкоди руху основного транспортного потоку.

Зміна ширини смуг на просп. Злуки

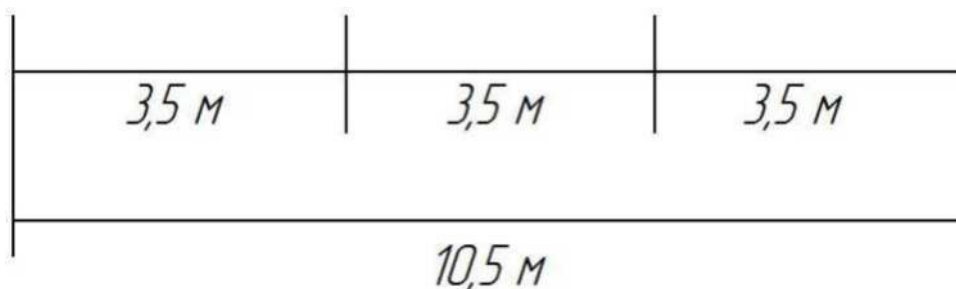
Зараз просп. Злуки має 4 смугову дорогу: по дві смуги у кожному напрямку від перехрестя з вул. 15 Квітня до перехрестя з вул. Коновальця.

Для визначення доцільності звуження смуги необхідно збудувати профіль дороги (рисунок 3.3). Ширина дороги становить 10,5 – 11 м, що дозволяє облаштувати без реконструкції одну додаткову смугу.



Малюнок 3.3. просп. Злуки до зміни розмітки

За такої ширини дороги та ширини однієї смуги 4 м при зміні розмітки можна розмітити 3 смуги при ширині 3,2 м. У результаті виходить наступний профіль вулиці:



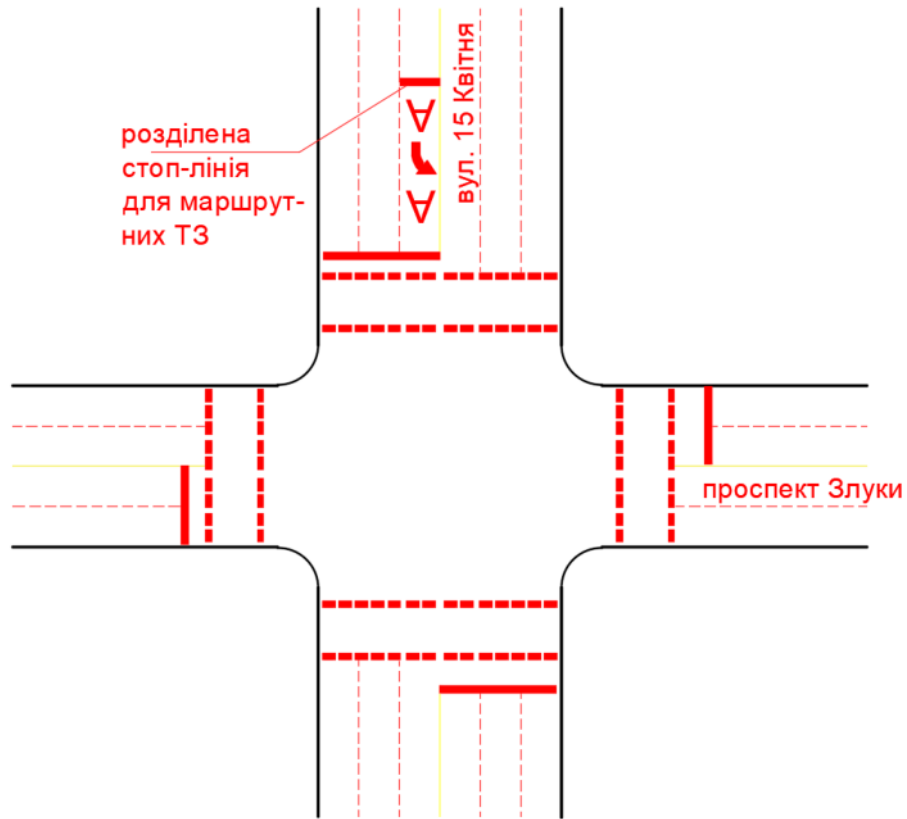
Малюнок 3.4. просп. Злуки після зміни розмітки

Цей варіант зміни кількості смуг необхідні під час проектування другого та третього варіанта, де потрібно забезпечити відтік міського громадського транспорту, з яким існуюча схема не зможе впоратися.

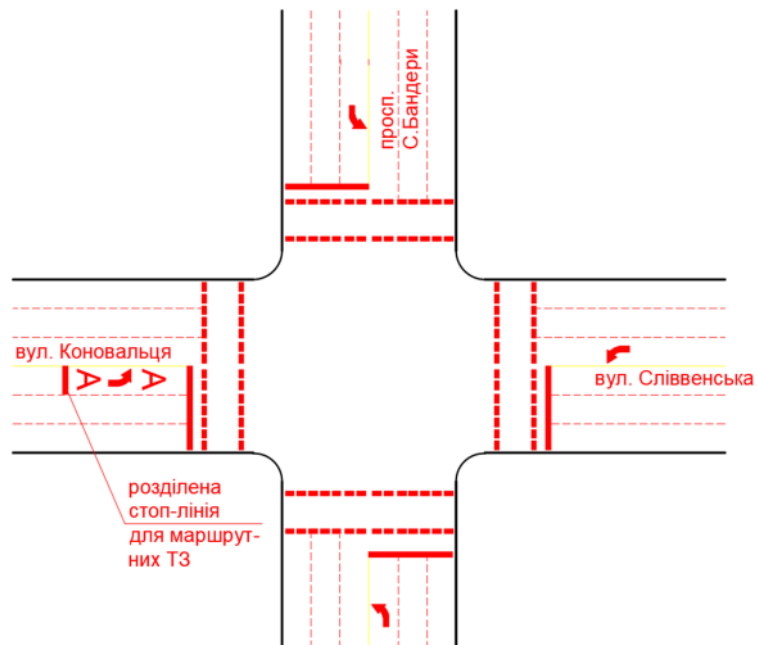
2) Розділена стоп-лінія.

На деяких ділянках де більшість автобусних маршрутів здійснює маневр «Лівий поворот» необхідно грамотно провести організацію на під'їзді до цього перехрестя. Основним заходом, який дозволить без особливих перешкод зробити цей маневр, є нанесення розділеної стоп-лінії.

Розділена стоп-лінія передбачає нанесення на ділянці дороги дві стоп-лінії, одна з яких буде належати громадському транспорту і знаходиться ближче до перехрестя на відміну від другої, яка буде основним транспортним потоком.



Малюнок 3.5. Схема дорожньої розмітки на перехресті вул. 15 Квітня – просп. Злуки



Малюнок 3.6 – Схема застосування заходу щодо надання пасивного пріоритету громадському транспорту на перехресті вул. Коновальця – просп. С. Баандери

На ділянці вул. 15 Квітня – просп. Злуки та вул. Коновальця- просп. С. Бандери, де маршрутні транспортні засоби будуть виконувати маневр «Лівий поворот», можна застосувати цю схему розмітки розділених стоп-ліній. Схеми руху на під'їзді до перехрестя вул. 15 Квітня – просп. Злуки та вул. Коновальця- просп. С. Бандери виглядатимуть так і представлені на малюнку 3.5 - 3.6.

3) Технічні засоби фіксації правопорушень

Для працездатності виділених смуг повною мірою необхідно і припиняти можливість рухатися ними за допомогою фото- та відеофіксації адміністративних правопорушень. Дані отримані за допомогою технічних засобів передаються до відповідного органу для вжиття відповідних заходів до порушників.

Принцип роботи подано на малюнку 3.7 і для будь-якої камери полягає в наступному:

Фоторадарний датчик комплексу відеофіксації порушень ПДР встановлюється на опорі (щоглі освітлення) поряд з проїзною частиною дороги на висоті до 10 метрів і підключається до мережі 220 В. Допускається також встановлення комплексу над проїжджою частиною дороги.

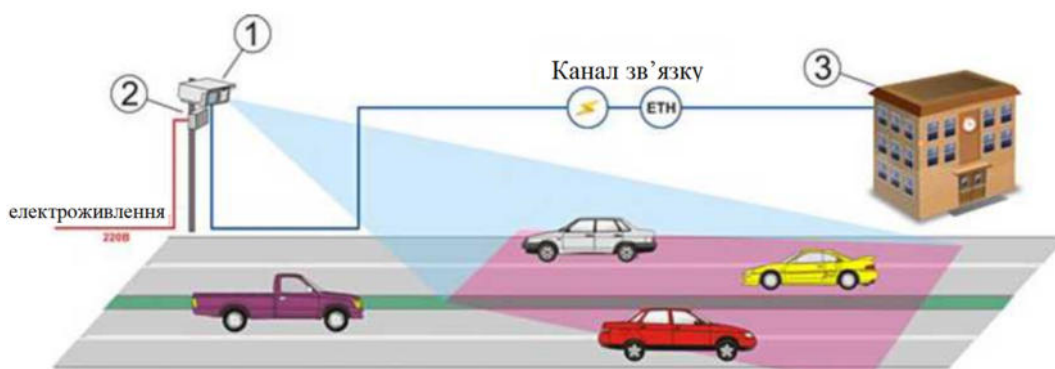
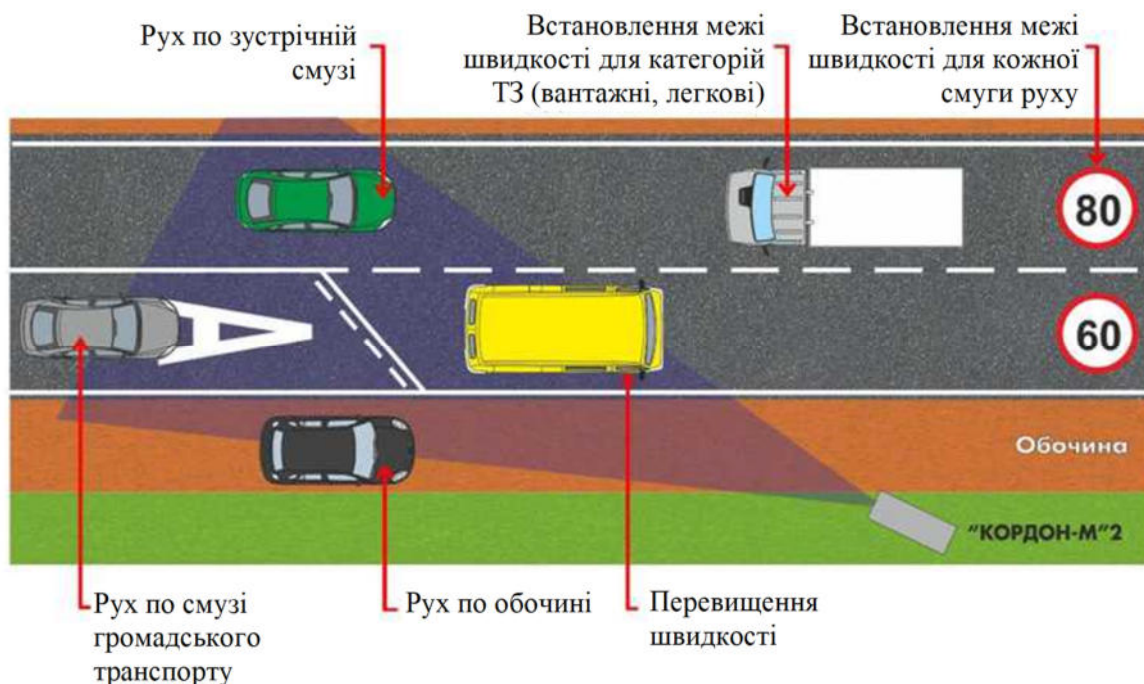


Рисунок 3.7. Принцип дії фіксації правопорушень: 1 – фоторадарний блок, 2 – блок електроживлення, 3 – центр автофіксації порушень

Датчик автоматично вимірює швидкість усіх транспортних засобів у зоні контролю та зберігає дві фотографії кожного порушника: загальним планом (груповий знімок усієї зони контролю з виділенням даного порушника) та

великим планом (фотографія порушника з візуально помітним номерним знаком). Дані про порушення включають також розпізнаний номер, зафіксовану швидкість ТЗ, порушення (рух по узбіччі, зустрічній смузі або смузі для громадського транспорту (рисунок 3.8), напрям руху, дату і час порушення, значення максимально допустимої швидкості на даній ділянці дороги, назва контрольованої ділянки, географічні координати, серійний номер комплексу, номер та термін дії свідоцтва про затвердження типу засобів вимірювання.



Малюнок 3.8. Фіксація правопорушень камерою відеофіксації порушень ПДР

Варто зазначити, що комплекси фіксації правопорушень необхідно встановлювати на всіх перегонах вулиць, де присутні виділені смуги для руху громадського транспорту.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці на транспорті

Правовою основою охорони праці на автомобільному транспорті є:

- Конституція України ;
- ЗУ “Про охорону праці” ;
- ЗУ ” Про дорожній рух” ;
- Правила дорожнього руху України;
- Правила охорони праці на автомобільному транспорті ДНАОП 0.00-1.28-97, які затверджені Наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці (тепер – Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничому нагляду) від 13.01.97 №5, та які погодженні листом Міністерства транспорту і зв’язку України від 11.06.96 №6/22–17-2907 і які введені в дію 1.10.1997;
- Санітарні правила з гігієни праці водіїв автомобілів;
- Правила перевезень пасажирів автомобільним транспортом України;
- Правила технічної експлуатації рухомого складу автомобільного транспорту;
- Нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта ОНТП 01-91;
- ГОСТ 12.4.026-76 «Цвета сигнальные и знаки безопасности»
- Положення про профілактичне обслуговування і ремонт рухомого складу автомобільного транспорту.

Працівники, під час прийняття на роботу та періодично, повинні проходити на підприємстві інструктажі з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також з правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій, пожеж і стихійних лих.

Служба охорони праці створюється на підприємствах з кількістю працюючих 50 і більше осіб.

На підприємстві з кількістю працюючих менше 50 осіб функції служби охорони праці можуть виконувати в порядку сумісництва (суміщення) особи, які мають відповідну підготовку.

На підприємстві з кількістю працюючих менше 20 осіб для виконання функцій служби охорони праці можуть залучатися сторонні спеціалісти на договірних засадах, які мають виробничий стаж роботи не менше трьох років і пройшли навчання з охорони праці.

Керівники та спеціалісти служби охорони праці за своїми посадами та заробітною платою прирівнюються до керівників і спеціалістів основних виробничо-технічних служб. Професії працівників, які є загальними для всіх видів економічної діяльності, повинні відповідати кваліфікаційним вимогам, зазначеним у Довіднику кваліфікаційних характеристик професій працівників (Випуск 1), затвердженому наказом Міністерства праці та соціальної політики від 16 лютого 1998 року №24 (із змінами).

Навчання та перевірка знань з питань охорони праці працівників служби охорони праці проводяться в установленому законодавством порядку під час прийняття на роботу та періодично один раз на три роки.

Завдання та обов'язки. Організовує і координує роботи з охорони праці на підприємстві, здійснює контроль за додержанням у структурних підрозділах законодавчих і нормативних правових актів з охорони праці, проведенням профілактичної роботи із запобігання виробничого травматизму, професійних і виробничо-обумовлених захворювань, заходів зі створення здорових і безпечних умов праці на підприємстві, занаданням робітникам установлених пільг і компенсацій за умовами праці. Організовує вивчення умов праці на робочих місцях, роботу з проведення паспортизації санітарно-технічного стану цехів, перевірки технічного стану устаткування, запобіжних і захисних пристроїв, здійснює контроль за ефективністю роботи вентиляційних і аспіраційних систем. Інформує працівників від особи роботодавця про стан умов праці на робочому місці, а також про прийняті заходи щодо захисту від небезпечних і шкідливих виробничих факторів, забезпечує підготовку документів на виплату

відшкодування збитків, причинених здоров'ю працівників у результаті нещасного випадку на виробництві або професійного захворювання. Організовує проведення перевірок, обстеження технічного стану будинків, будівель, устаткування, машин і механізмів на відповідність їх вимогам нормативних актів з охорони праці, стану санітарно-побутових приміщень, засобів колективного і індивідуального захисту працівників, контролює своєчасність їх проведення. Бере участь у складанні розділу "Охорона праці" колективного договору, здійснює контроль за його виконанням, а також виконанням приписів органів державного контролю, інших заходів з поліпшення умов праці. Бере участь в узгодженні розроблюваної на підприємстві проектної документації, у роботі комісій з приймання в експлуатацію завершених будівництвом або реконструйованих об'єктів виробничого призначення, з приймання із ремонту установок, агрегатів і іншого обладнання щодо додержання вимог нормативних правових актів з охорони праці. Надає методичну допомогу керівникам підрозділів підприємства у складанні списків професій і посад, згідно з якими працівники повинні проходити обов'язкові попередні і періодичні медичні огляди, а також списків професій і посад, згідно з якими працівникам надаються компенсації і пільги за тяжкі, шкідливі або небезпечні умови праці, у разі розробки і перегляду інструкцій з охорони праці, стандартів підприємства з безпеки праці. Забезпечує проведення ввідних і повторних інструктажів, навчання і перевірку знань з охорони праці працівників підприємства. Видає керівникам структурних підрозділів підприємства обов'язкові для виконання приписи щодо усунення наявних недоліків, одержує від них необхідні відомості, документацію і пояснення з питань охорони праці, вимагає відсторонення від роботи осіб, які не пройшли медичного огляду, навчання, інструктажу, перевірки знань і не мають допуску до відповідних робіт або не виконують нормативи з охорони праці, зупиняє роботу виробництв, діляниць, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва в разі порушень, які створюють загрозу життю або здоров'ю працюючих. Надсилає керівникові підприємства подання про притягнення до відповідальності працівників, які порушують

вимоги щодо охорони праці. Забезпечує участь відділу в розробленні та впровадженні більш досконалих конструкцій загороджувальної техніки та інших засобів захисту, маршрутів безпечного руху транспорту і пішоходів на території підприємства, заходів щодо створення безпечних та здорових умов праці. Бере участь у розробленні проектів перспективних і річних планів з поліпшення умов праці на підприємстві. Забезпечує проведення інструктажу (навчання) працівників з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, правил поведінки в разі виникнення аварій згідно з чинним типовим положенням; контролює складання кошторисів витрат на заходи з охорони праці в підрозділах підприємства, правильність складання заявок на спецодяг та інші засоби індивідуального захисту, спецхарчування, запобіжні та захисні пристрої тощо. Здійснює контроль за витратами коштів на охорону праці, додержанням правил і норм охорони праці і виробничої санітарії в проектах підрозділів підприємства, які будуються або реконструюються, нових технологічних процесів під час установа устаткування, а також строків випробувань і перевірок правильності експлуатації парових котлів, балонів для стиснених газів, контрольної апаратури, кранів, підйомників та іншого устаткування, графіків замірів виробничого шуму, повітряного середовища, вібрації тощо, виконання розпоряджень органів державного нагляду, міжвідомчого та відомчого контролю за додержанням чинних норм і стандартів з безпеки праці в процесі виробництва. Подає підрозділам підприємства методичну допомогу в розробленні нових і перегляді застарілих інструкцій та пам'яток з охорони праці, а також складанні програм навчання працівників безпечним методам праці.

Бере участь у розслідуванні та аналізі причин виробничого травматизму, професійних захворювань, у розробленні заходів щодо їх запобігання та усунення. Організовує роботу кабінету з охорони праці та пропаганду заходів з охорони праці і виробничої санітарії шляхом проведення лекцій, бесід, улаштування виставок, вітрин, стендів, розповсюдження правил, інструкцій, пам'яток, демонстрації кінофільмів тощо. Контролює забезпечення додержання

правил і норм охорони праці під час проходження практики студентів, учнів професійно-технічних училищ тощо.

Здійснює зв'язок з медичними установами, науково-дослідними інститутами та іншими організаціями з питань охорони праці і вживає заходів щодо впровадження їх рекомендацій. Забезпечує складання звітності з охорони праці. Керує робітниками відділу.

Повинен знати: законодавчі і нормативні правові акти, методичні матеріали з питань охорони праці; виробничу та організаційну структуру підприємства; основні технологічні процеси та режими виробництва; устаткування підприємства і принципи його роботи; методи вивчення умов праці на робочих місцях; організацію роботи з охорони праці і виробничої санітарії; систему стандартів безпеки праці; психофізіологічні вимоги до працівників, виходячи з категорії важкості робіт, обмеження застосування праці жінок, підлітків, робітників, переведених на легку працю; правила і засоби контролю відповідності технічного стану устаткування вимогам безпечного ведення робіт; передовий вітчизняний і світовий досвід у галузі охорони праці; методи і форми пропаганди та інформації з охорони праці; порядок проведення розслідування нещасних випадків; порядок і строки складання звітності про виконання заходів з охорони праці та виробничої санітарії; основи економіки, організації виробництва і управління; основи трудового законодавства; засоби обчислювальної техніки, комунікацій і зв'язку.

Завдання та обов'язки. Здійснює контроль за додержанням у підрозділах підприємства законодавчих та інших нормативних актів з охорони праці, за наданням робітникам встановлених пільг і компенсацій за умовами праці. Вивчає умови праці на робочих місцях, готує і вносить пропозиції щодо розроблення і впровадження більш досконалих конструкцій обгороджувальної техніки, запобіжних і блокувальних пристроїв, інших засобів захисту від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Бере участь у проведенні перевірок, обстежень технічного стану будівель, споруд, устаткування, машин і механізмів, ефективності роботи вентиляційних систем, стану санітарно-

технічних пристроїв санітарно-побутових приміщень, засобів колективного та індивідуального захисту працівників, визначенні їх відповідності вимогам нормативних правових актів з охорони праці і у разі виявлення порушень, які створюють загрозу життю і здоров'ю працівників або можуть привести до аварії; вживає заходів щодо припинення експлуатації машин, устаткування і виконання робіт у цехах, на дільницях, на робочих місцях. Разом з іншими підрозділами підприємства проводить роботу з атестації та сертифікації робочих місць і виробничого устаткування на відповідність вимогам охорони праці. Бере участь у розробленні заходів щодо запобігання професійним захворюванням і нещасним випадкам на виробництві, поліпшення умов праці і доведення їх до вимог нормативних правових актів з охорони праці, а також надає організаційну допомогу з виконання розроблених заходів. Контролює вчасне проведення відповідними службами необхідних випробувань і технічних оглядів стану устаткування, машин і механізмів, дотримання графіків вимірів параметрів небезпечних і шкідливих виробничих факторів, виконання приписів органів державного нагляду і контролю за додержанням чинних норм, правил і інструкцій з охорони праці, стандартів безпеки праці у процесі виробництва, а також у проектах нових виробничих об'єктів та тих, що реконструюються, бере участь у прийманні їх до експлуатації. Бере участь у розгляді питання про відшкодування роботодавцем шкоди заподіяної працівникам каліцтвом, професійним захворюванням або іншим пошкодженням здоров'я, пов'язаним з виконанням ними трудових обов'язків. Надає підрозділам підприємства методичну допомогу у вкладанні переліків професій і посад, відповідно до яких працівники мають проходити обов'язкові медичні огляди, а також переліки професій посад, відповідно до яких на основі чинного законодавства надається компенсація та пільги за важкі, шкідливі або небезпечні умови праці; під час розроблення і перегляду інструкцій з охорони праці, стандартів підприємства, системи стандартів безпеки праці; з організації інструктажу, навчання і перевірки знань працівників з охорони праці. Проводить вступні інструктажі з охорони праці з усіма, хто приймається на роботу, приїздить у відрядження,

учнями і студентами, які прибули на проходження виробничого навчання або практику. Бере участь у складанні розділу "Охорона праці" колективного договору, у розслідуванні випадків виробничого травматизму, професійних і виробничо-обумовлених захворювань, вивчає їх причини, аналізує ефективність впроваджуваних заходів щодо їх запобігання. Здійснює контроль за організацією зберігання, видання, прання, хімічного чищення, сушіння, запобігання запиленню, знежирення і ремонту спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту, станом запобіжних пристосувань і захисних пристроїв, а також правильним витрачанням у підрозділах підприємства коштів, виділених на виконання заходів з охорони праці. Складає звітність з охорони праці за встановленими формами і у відповідні терміни.

4.2 Безпека дорожнього руху на транспорті

Розвиток дорожнього руху в Україні, у першу чергу, визначив її особливості його правового регулювання, а також межі відповідальності за порушення правил безпеки руху та експлуатації транспорту.

Дорожній рух — процес руху по дорогах транспортних засобів та учасників дорожнього руху, сукупність суспільних відносин, що виникають у процесі переміщення людей і вантажів за допомогою транспортних засобів або без таких у межах дороги.

Учасниками дорожнього руху є особи, які використовують автомобільні дороги, вулиці, залізничні переїзди або інші місця, призначені для пересування людей та перевезення вантажів за допомогою транспортних засобів.

До учасників дорожнього руху належать водії та пасажирки транспортних засобів, пішоходи, велосипедисти, погоничі тварин.

Отже, дорожній рух характеризується наступними ознаками:

- є соціально систематизованою та соціально значимою діяльністю визначеного кола осіб;

- є техніко-технологічним процесом невід'ємно пов'язаним з ймовірністю вчинення дорожньо-транспортних пригод;
- безпека дорожнього руху є найважливішою соціально-значимою якісною характеристикою цього процесу, яка дістає прояв у реальному ступені захищеності його учасників від можливості вчинення дорожньо-транспортних пригод;
- забезпечення безпеки дорожнього руху є невід'ємною частиною діяльності правоохоронних органів.

Безпека дорожнього руху (БДР) — це багатогранна, комплексна проблема. Серед безлічі визначальних її факторів можна виділити: створення надійних в експлуатації автотранспортних засобів з високим рівнем активної і пасивної безпеки; їх своєчасне і якісне обслуговування; психофізіологічні властивості та рівень професійної підготовки водіїв; якість і стан проїзної частини; організацію дорожнього руху та ін.

Автомобіль є засобом підвищеної небезпеки. У світі в дорожньо-транспортних пригодах (ДТП) щорічно гинуть сотні тисяч і одержують поранення мільйони людей. Наноситься величезний матеріальний збиток економіці.

За останні п'ять років в Україні зареєстровано 173,2 тис. ДТП, в яких загинуло майже 28 тис. і травмовано понад 191 тис. осіб.

Для попередження ДТП важливе значення має наявність всебічних знань з БДР у водіїв і всіх посадових осіб, відповідальних за експлуатацію транспортних засобів. Однак одержати такі знання непросто.

В нашій країні державна транспортна політика в галузі безпеки руху реалізується через законодавство України, нормативно-правову і нормативно-технічну базу, удосконалення системи державного управління, управління державною власністю (об'єктами інфраструктури, підприємствами транспорту) та державне регулювання в сфері відносин і діяльності суб'єктів підприємництва.

Контроль за додержанням транспортного законодавства, правил перевезень і безпеки покладено на Міністерство транспорту, його територіальні

органи. Регулювання дорожнього руху, виконання водіями правил дорожнього руху — природна функція служб Міністерства внутрішніх справ (МВС).

Основні напрямки державного регулювання перевезень базуються на економічних та правових механізмах забезпечення вимог до безпеки та якості транспортних послуг.

Державному регулюванню в першу чергу підлягають такі основні напрямки:

- забезпечення безпеки, якості пасажирських перевезень та екологічної безпеки;
- економічні взаємовідносини перевізників із споживачами та замовниками транспортних послуг;
- формування ринку автотранспортних послуг.

Стандартизація визначає основні державні вимоги до продукції, робіт і послуг пасажирського автомобільного транспорту.

Ліцензування здійснюється з метою регулювання певної необхідної кількості (квоти) перевізників у конкретному регіоні. Воно передбачає контроль за спроможністю суб'єкта підприємницької діяльності надавати послуги на професійному рівні.

Квотуванню в першу чергу підлягають таксомотори в місті (чи регіоні), здійснюється місцевими органами влади.

Сертифікація є обов'язковою, згідно з законодавством України, для продукції та послуг, які є небезпечними для життя і здоров'я споживачів, їх майна і довкілля.

Обов'язковій сертифікації підлягають транспортні засоби та їх складові і запасні частини. Послуги з перевезення пасажирів на автобусних маршрутах загального користування повинні підлягати обов'язковій сертифікації до моменту розробки і введення в дію ліцензійних умов на ці послуги, якщо вони передбачатимуть перевірку перевізника на його відповідність вимогам чинних законодавчих та нормативних актів щодо безпеки перевезень.

Після введення таких ліцензійних умов сертифікація послуг з перевезення

пасажирів на автобусних маршрутах загального користування повинна стати добровільною.

Добровільна сертифікація може бути застосована для перевезень організованих груп пасажирів, туристів, обслуговування на замовлення і таксомоторне обслуговування, технічне обслуговування і ремонт вузлів та агрегатів, які безпосередньо впливають на безпеку перевезень.

Пасажирські перевезення на автобусних маршрутах загального користування є сферою державного замовлення.

Замовниками послуг на перевезення пасажирів автобусами на маршрутах загального користування є, залежно від видів сполучень, центральні державні органи управління, місцеві державні органи і органи місцевого самоврядування.

Реалізація державного замовлення здійснюється виключно на конкурсних засадах і передбачає встановлення між пасажирськими перевізниками і замовниками послуг договірних відносин, які б обумовлювали:

- технічне і технологічне забезпечення керування рухом автобусів на маршрутах загального користування;
- облаштування автобусних маршрутів загального користування зупинками, інформаційними табличками тощо;
- забезпечення відшкодування пасажирському перевізнику витрат, пов'язаних з перевезенням пільгових категорій пасажирів та встановлення збиткових тарифів;
- відповідальність та санкції за невиконання сторонами умов договору.

Державний контроль за виконанням транспортного законодавства поширюється на перевізників всіх форм власності, споживачів послуг, місцеві органи виконавчої влади та органи місцевого самоврядування.

До ринку автотранспортних послуг допускаються тільки ті перевізники, які відповідають державним вимогам щодо безпеки та якості перевезень.

Система контролю включає:

- визначення правопорушень, які підлягають фінансовим або іншим санкціям;

- визначення розміру санкцій за кожне правопорушення;
- формування організаційних структур, визначення їх функцій, прав, обов'язків і відповідальності щодо здійснення державного контролю;
- правове визначення процедури контролю та накладання санкцій.

Кожне підприємство, що здійснює перевезення пасажирів, повинно:

- проводити профілактичні заходи щодо безпеки перевезень;
- мати відповідні структури або фахівців з питань безпеки перевезень;
- забезпечувати належні умови праці та відпочинку водіїв, передбачені нормативами;
- забезпечувати щоденний медичний контроль стану здоров'я водіїв;
- додержуватись вимог транспортного законодавства щодо організації перевезень пасажирів, виконувати правила перевезень пасажирів;
- забезпечувати належний контроль технічного стану транспортних засобів.

Основні напрямки державної політики в галузі безпеки передбачають:

- розробку сучасних вимог до підприємств та підприємців, які здійснюють пасажирські автомобільні перевезення, щодо якості та безпеки надання послуг;
- створення системи виконавчої влади, яка б здійснювала контроль виконання транспортного законодавства щодо безпеки пасажирських перевезень місцевими органами влади, надавачами та споживачами послуг;
- створення системи санкцій до порушників транспортного законодавства.

Першочерговими заходами повинні бути:

- перегляд чинних в Україні нормативно-правових актів щодо безпеки пасажирських перевезень та гармонізація їх з міжнародними конвенціями, угодами, приписами ЄНК ООН з цих питань;
- облаштування існуючої мережі вулиць і доріг згідно зі стандартами і умовами безпеки;
- розробку і втілення в життя ефективних схем, методів та засобів організації дорожнього руху відповідно до міжнародних стандартів;

- підвищення ефективності аварійно-рятувальних робіт і заходів до подання невідкладної медичної допомоги потерпілим у результаті дорожніх пригод.

Основними напрямками державної програми підвищення безпеки дорожнього руху повинні бути:

- удосконалення системи збору, обробки й аналізу статистичних даних щодо дорожньо-транспортних пригод;

- розробка методів оцінювання тяжкості наслідків дорожньо-транспортних пригод;

- удосконалення структур управління безпекою дорожнього руху на всіх рівнях, удосконалення правової та інформаційної бази державної системи управління безпекою дорожнього руху;

- виявлення і ліквідація ділянок концентрації дорожньо-транспортних пригод, проведення комплексу дорожніх робіт щодо удосконалення умов безпечного руху на потенційно небезпечних ділянках;

- організація проведення цільових інформаційно-роз'яснювальних компаній з питань безпеки дорожнього руху, регулярне висвітлення цих питань у засобах масової інформації, активізація роботи з пішоходами;

- розробка і втілення нових форм і методів навчання безпечної поведінки та виховання транспортної культури дітей та підлітків;

- зниження рівня ризику внаслідок проведення робіт з формування громадської думки з питань необхідності виконання Правил дорожнього;

- удосконалення нормативної бази щодо безпеки конструкції транспортних засобів та зменшення викидів забруднювальних речовин у довкілля з урахуванням вимог Правил ЄЕК ООН;

- створення диспетчерських служб спасіння потерпілих при дорожніх пригодах;

- удосконалення системи підготовки водіїв, а також системи профілактичної роботи з водіями;

- запровадження системи інструментального контролю технічного стану дорожніх транспортних засобів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Нині для більшості великих і середніх міст України, характерною ознакою яких стали системні транспортні затори, склалася несприятлива і дуже нестійка ситуація. Основною причиною цього стала невідповідність здатності ВДМ попиту на пересування автомобільним транспортом, а також незадовільні умови руху міського пасажирського транспорту, що функціонує у загальному інтенсивному транспортному потоці, що призводить до зниження загальної якості обслуговування населення, що проявляється у високих витратах за часом на поїздку, невідповідність розкладу та недостатньої комфортності. У ситуації, що склалася, громадський транспорт не може повною мірою гідно конкурувати з особистим транспортом.

На основі проведеного аналізу вітчизняного та закордонного досвіду організації пріоритету для міського громадського транспорту було розглянуто заходи, які дозволяють забезпечити пріоритетний рух транспорту за допомогою технічних засобів та способи організації виділених шляхів для руху транспорту. Розглянуті варіанти дозволяють навіть на найскладніших або завантажених ділянках ВДМ провести заходи щодо організації спеціальних смуг. Результати аналізу досвіду у країнах свідчать про ефективність реалізації цих заходів.

У цій роботі було розглянуто варіанти організації пріоритетних смуг та застосовано до умов міста. Дані рішення були оцінені за допомогою різних критеріїв, отримані з моделей транспортної мережі, зроблено порівняння їх із існуючою схемою організації руху та обрано найбільш ефективне рішення організації руху міського пасажирського транспорту загального користування.

Виходячи з обраного рішення, було розглянуто та запропоновано деякі заходи, що дозволяють покращити транспортну ситуацію на ВДМ мікрорайонів м. Тернополя, при введенні виділених смуг під громадський транспорт з найменш негативним впливом на основний потік транспорту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 ДБН Б.2.3-5-2018. Вулиці та дороги населених пунктів. Чинний від 01.09.2018. Київ : Мінрегіон України, 2018. 54 с.
- 2 ДБН Б.2.2-12:2018. Планування і забудова територій. Чинний від 01.09.2019. Київ : Мінрегіон України, 2018. 175 с.
- 3 Дідик В. В., Павлів А. І. Планування міст : Навчальний посібник. Львів : Видавництво національного університету «Львівська політехніка», 2003. 412 с.
- 4 Kittelson, W. K. Historical Overview of the Committee on Highway Capacity and Quality of Service [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://nationalacademies.org/trb/publications/ec018/01_63.pdf.
- 5 Безлюбченко О. С., Гордієнко С. М., О. Завальний О. В. Планування міст і транспорт. Харків : ХНАМГ, 2008. 156 с.
- 6 Сільянов, В.В. Теорія транспортних потоків у проектуванні доріг та організації руху. - М.: Транспорт, 1977. - 303 с.
- 7 Поліщук В. П. Транспортне планування міст. К. : Знання України, 2014 . 371 с.
- 8 Любарский Р. Е. Проектирование городских транспортных систем / Р. Е. Любарский. – Київ : Будівельник, 1984. – 96 с.
- 9 Pollotenchegg [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://pollotenchegg.livejournal.com/148636.html>.
- 10 Плешкановська А. М. Функціонально-планувальна оптимізація використання міських територій / А. М. Плешкановська. – Київ, 2005. – 190.
- 11 Любарський Р.Е. Проектування міських транспортних систем. – К.: будівельник, 1984. - 93 с.
- 12 Ключниченко Є. Є. Соціально-економічні основи планування та забудови міст / Є. Є. Ключниченко ; Укр. акад. архіт. – Київ, 1999. – 348 с..
- 13 Косцов А.В. Виділені лінії як засіб підвищення швидкостей сполучення наземного громадського транспорту/ А. У. Косцов// Автотранспортне підприємство. – 2011. – вересень. – С. 5 – 7.

- 14 Jepson D. Assessing travel time impact of measures to enhance bus operations/ D. Jepson, L. Ferreira – [s.I]: Transport Research, 1999.
- 15 Carriages in cities of France. Transport Public. 1994. – N 922.
- 16 The Parisian transport development*Problems. Transportation Publishes, 1995. – N 941.
- 17 Public transport priority in Ronies. Transportation publishes, 1995. – N 941.
- 18 ДБН В. 2.3-5-2001 Вулиці і дороги населених пунктів.
- 19 Gow H.W. Transit Priority: Putting Buses First. Ottawa, Ontario, 2002, pp. 7-9.
- 20 Зінь Е. А., Турченко М. О. Планування діяльності підприємства: Підручник. - К. : ВД «Професіонал», 2004. - 320 с.
- 21 Ризики у транспортних процесах : навч. посібник / І. О. Ткаченко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 114 с.
- 22 Seo Y.U., Jang H., Park J.H. A Study on Setting-Up a Methodology and Criterion of Exclusive Bus Lane in Urban Area. Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 5, 2005, pp. 339-341.
- 23 Кореїька С. О., Познаховський В. А. Аналіз виробничо-економічної діяльності автотранспортного підприємства: Навч. посіб. - Рівне : НУВГП. 2013. - 158 с.
- 24 Lester S. East London Transit. Transportation research, London, GB, July 2001, pp. 40-42.
- 25 PIARC: priority for public transport and other high occupancy vehicles (HOV) on urban roads. Reference: 10.07.B Routes/ Roads special issue II-1995, pp. 1 – 51.
- 26 Ізмайлова К. В. Фінансовий аналіз: Навч. посіб. - К. : МАУП, 2000.- 152 с.
- 27 Гнатенко О.С., Маруніч В.С. Теоретичні та практичні аспекти вдосконалення пасажирських перевезень в містах. – К.: Автошляхових України, 1994. – Вип. 1. – С. 6-9.

- 28 Bhat C., Handy S., Kockelman K., Mahmassani H., Chen Q., Weston L. Development of an Urban Accessibility Index: Literature Review // The University of Texas at Austin [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.utexas.edu/research/ctr/pdf_reports/4938_1.pdf
- 29 Самойлов Д. С. Рухливість населення // Міський транспорт. - 2-ге вид., перероб. і доп. - М.: Будвидав, 1983. - С. 161 - 164. - 384 с.
- 30 New Urbanism [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.newurbanism.org/>.
- 31 Ігнатенко О.С., Маруніч В.С. Теоретичні та практичні аспекти вдосконалення пасажирських перевезень: Тези доповіді міжнарод. наук.-техн. конф. “Проблеми транспорту та шляхи їх підвищення”. К.: ТАУ, 1994. – С. 9-10.
- 32
- 33 Ігнатенко О.С., Маруніч В.С., Дума Г.М. Логістика і пасажирські перевезення – К.: Автошляховик України. – 1995. – Вил. 2 – С. 7-12.
- 34 Ігнатенко О.С., Маруніч В.С. Основи методології побудови пасажирської транспортної системи. – К.: Автошляховик України. – 1995. – Вип. 3. – С. 5-7.
- 35 Wright, L. Bus rapid transit planning guide / L. Wright, W. Hook. – NY: Institute for Transportation & Development Policy, 2007. – pp. 824.
- 36 Global BRT Data [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.brtdata.org>
- 37 Фомін І. О. Основи теорії містобудування : підручник / І. О. Фомін; Ін-т змісту і методів навчання, Київ. держ. техн. ун-т буд-ва і архіт. – Київ : Наукова думка, 1997. – 191 с.
- 38 Transport strategy and transport modelling with PTV Visum. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://vision-traffic.ptvgroup.com>.
- 39 QuadstoneParamics [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.paramics-online.com/>
- 40 RIPAS integrates Aimsun microsimulation and SPEKTR controllers. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.aimsun.com>.

41 Redman, L. Quality attributes of public transport that attract car users: A research review / L. Redman, M. Friman, T. Garling, T. Hartig // *Transport Policy*, 25. -2013. - pp. 119 – 127.

42 Grant, J. Mixed use in theory and practice: Canadian experience with implementing a planning principle. *Journal of the American Planning Association*/ - 2002/ - 68(1), P.71-85.