

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

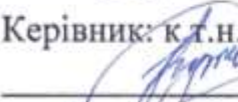
на тему:

«Вдосконалення методики формування системи паркувальних майданчиків в
районах інтенсивного паркування міста Вінниці з метою покращення
організації дорожнього руху»

Виконав: студент 2-го курсу, групи ІТТ-23м
спеціальності 275 – Транспортні технології (за
видами), спеціалізація 275.03 – Транспортні
технології (на автомобільному транспорті)

 Соловей В.Є.

Керівник: к.т.н., доцент каф. АТМ

 Кужель В.П.

« 6 » 12 2024 р.

Опонент: к.т.н., доц. каф. АТМ

 Рейнський С.В.

« 12 » 12 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ

 к.т.н., доц. Цимбал С.В.

« 12 » 12 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 27 – Транспорт
Спеціальність 275 – Транспортні технології (за видами)
Спеціалізація 275.03 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті)
Освітньо-професійна програма – Транспортні технології на автомобільному транспорті

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри АТМ
к.т.н., доцент Цимбал С.В.

«18» 29 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Солов'ю Владиславу Євгеновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Вдосконалення методики формування системи паркувальних майданчиків в районах інтенсивного паркування міста Вінниці з метою покращення організації дорожнього руху.

керівник роботи Кужель Володимир Петрович, к.т.н., доцент,
затверджені наказом ВНТУ від «17» вересня 2024 року № 310.

2. Строк подання здобувачем роботи: 06.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Інформація щодо класифікації та районування вулично-дорожньої мережі міста Вінниці, а також поточні величини середньої швидкості руху, сумарні величини інтенсивності руху у годину „пік”, склад транспортного потоку, коефіцієнт завантаження рухом; види і кількість дорожньо-транспортних подій на даній ділянці дороги за один рік, аналіз взаємного впливу транспортно-експлуатаційних характеристик дороги, потоку автомобілів і техніко-експлуатаційних параметрів стоянки; законодавство України в галузі безпеки руху, Об'єкт дослідження – мережа автомобільних стоянок та система паркувальних майданчиків в районах інтенсивного паркування міста; предмет дослідження – характеристики автомобільних стоянок міст, значення пропускну здатності в районах інтенсивного паркування транспортних засобів.

4. Зміст текстової частини:

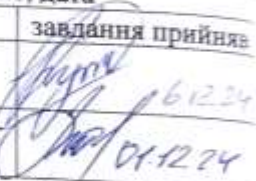
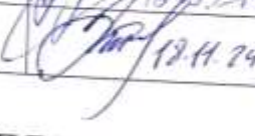
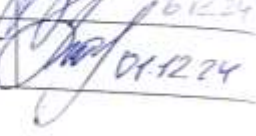
1 Науково-технічне обґрунтування вдосконалення методики формування системи паркувальних майданчиків в районах інтенсивного паркування.

2 Дослідження закономірностей руху та паркування автомобілів в районах інтенсивного паркування міст.

3 Обґрунтування методики формування системи паркувальних майданчиків з метою підвищення пропускну здатності вуличної мережі міста.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
- 1-3 Тема, мета, завдання роботи, об'єкт та предмет, новизна та практичне значення одержаних результатів.
 - 4 Апробація результатів роботи та публікації здобувача.
 - 5 Схема доступу в місто для приватного автотранспорту ззовні (в довгостроковому плані, наприклад, з новим мостом через залізницю) згідно з «Комплексною стратегією міського транспорту і просторового розвитку».
 - 6 Схема внутрішньоміської доступності для приватного автотранспорту.
 - 7 Можливі зони регулювання паркування, парковки типу "Park + Ride" та громадські парковки в центрі міста Вінниці.
 - 8 Правила паркування у центрі міста.
 - 9 Залежності для визначення пропускної здатності смуги руху в умовах безперервного руху однорідного за складом транспортного потоку автомобілів на горизонтальній ділянці дороги.
 - 10 Процес зміни величини практичної пропускної здатності в просторі і часі. Основна діаграма транспортного потоку.
 - 11 Регулювання режиму паркування транспортних засобів.
 - 12 Схеми розміщення паркувальних майданчиків відносно основної дороги.
 - 13 Способи рівномірного розміщення транспортних засобів біля тротуарів.
 - 14 Схеми розставлення автомобілів вздовж тротуару на міських вулицях.
 - 15 Залежності зміни швидкості руху автомобілів у зоні впливу стоянки.
 - 16 Запропонована схема формування системи паркування транспортних засобів.
 - 17 Графік розподілу автомобілів за тривалістю паркування. Типова крива накопичення автомобілів в центральній частині міста у різні дні тижня.
 - 18 Основні висновки.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ/підрозділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Кужель В.П., доцент кафедри АТМ	 13.09.24	 13.09.24
Визначення ефективності запропонованих рішень	Макарова Т.В., доцент кафедри АТМ	 13.11.24	 01.12.24

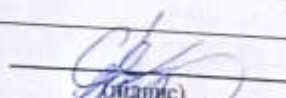
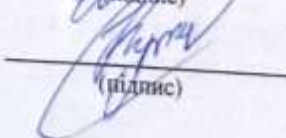
7. Дата видачі завдання « 18 » вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	18.09-22.09.2024	Вик
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	23.09-20.10.2024	Вик
3	Обґрунтування методів досліджень	23.09-20.10.2024	Вик
4	Розв'язання поставлених задач	21.10-03.11.2024	Вик
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	04.11-17.11.2024	Вик
6	Виконання розділу/підрозділу «Визначення ефективності запропонованих рішень»	18.11-01.12.2024	Вик
7	Нормоконтроль МКР	02.12-06.12.2024	Вик
8	Попередній захист МКР	09.12-11.12.2024	Вик
9	Рецензування МКР	12.12-16.12.2024	Вик
10	Захист МКР	20.12-23.12.2024	Вик

Здобувач

Керівник роботи


(підпис)

(підпис)

Соловей В.Ю.

Кужель В.П.

АНОТАЦІЯ

УДК 656.13

Соловей В.С. Вдосконалення методики формування системи паркувальних майданчиків в районах інтенсивного паркування міста Вінниці з метою покращення організації дорожнього руху. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 275 –Транспортні технології (на автомобільному транспорті), освітня програма – Транспортні технології на автомобільному транспорті. Вінниця: ВНТУ, 2024. 85 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 31 назви; рис. 24; табл. 1.

В магістерській кваліфікаційній роботі пророблено питання формування системи паркувальних майданчиків в районах інтенсивного паркування міста Вінниці з метою покращення організації дорожнього руху. У розділі 1 проведено науково-технічне обґрунтування вдосконалення методики формування системи паркувальних майданчиків в районах інтенсивного паркування. В розділі 2 виконано дослідження закономірностей руху та паркування автомобілів в районах інтенсивного паркування міст. В розділі 3 проведено обґрунтування методики формування системи паркувальних майданчиків з метою підвищення пропускної здатності вуличної мережі міста.

Графічна частина складається з 18 слайдів.

Ключові слова: майданчик паркувальний, паркування інтенсивне, мережа вулична, здатність пропускна.



ABSTRACT

Solovey Vladyslav. Improving the methodology for forming a system of parking lots in areas of intensive parking in Vinnytsia in order to improve the organization of road traffic. Master's qualification work in the specialty 275 - Transport technologies (in road transport), educational program - Transport technologies in road transport. Vinnytsia: VNTU, 2024. 85 p.

In Ukrainian. Bibliography: 31 titles; Fig. 24; Table 1.

The master's qualification work deals with the issue of forming a system of parking lots in areas of intensive parking in Vinnytsia in order to improve the organization of road traffic. In section 1, a scientific and technical justification for improving the methodology for forming a system of parking lots in areas of intensive parking is provided. In section 2, a study of the patterns of traffic and parking of cars in areas of intensive parking in cities is carried out. In section 3, a justification of the methodology for forming a parking lot system in order to increase the throughput capacity of the city's street network is provided.

The graphic part consists of 18 slides.

Keywords: parking lot, intensive parking, street network, throughput capacity.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ПАРКУВАЛЬНИХ МАЙДАНЧИКІВ В РАЙОНАХ ІНТЕНСИВНОГО ПАРКУВАННЯ.....	7
1.1 Аналіз систем паркування та її роль в організації дорожнього руху міста Вінниці.....	7
1.2 Визначення поняття пропускної здатності вулиці і дороги	13
1.3 Характеристики, види автомобільних стоянок та систем паркування.....	21
1.4 Висновки до розділу 1 і завдання досліджень.....	27
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ РУХУ ТА ПАРКУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ В РАЙОНАХ ІНТЕНСИВНОГО ПАРКУВАННЯ МІСТ.....	28
2.1 Аналіз пропускної здатності дороги з урахуванням паркування автомобілів на проїзній частині та тротуарі.....	28
2.2 Модель руху потоків автомобілів у зоні впливу автомобільної стоянки.....	35
2.3 Дослідження закономірностей руху автомобілів на в'їздах і виїздах зі стоянки.....	39
2.4 Висновки до розділу 2	40
РОЗДІЛ 3. ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ПАРКУВАЛЬНИХ МАЙДАНЧИКІВ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ВУЛИЧНОЇ МЕРЕЖІ МІСТА.....	42

3.1 Дослідження стану, техніко-економічних параметрів і створення оптимальної системи паркування	42
3.2 Визначення методики формування пропускну здатності системи паркувальних майданчиків в районах інтенсивного паркування міста.....	52
3.3 Оцінка покращення організації дорожнього руху, а саме безпеки руху АТЗ в районі інтенсивного паркування.....	59
3.4 Практичне застосування автомобільних стоянок для паркування як інженерно-планувальний захід для покращення організації дорожнього руху.....	62
3.5 Визначення кількості автомобільних стоянок, пропускну здатності стоянок та вулиць у районах інтенсивного паркування міст.....	66
3.6 Визначення втрат часу автомобілів у зоні впливу стоянок при зміні швидкості руху.....	71
3.7 Визначення умов безпеки руху та економічної ефективності паркування.....	73
3.8 Висновки до розділу 3.....	78
ВИСНОВКИ	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	81
ДОДАТКИ	85
Додаток А. Ілюстративна частина	
Додаток Б. Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	

ВСТУП

Актуальність теми. За останній час в Україні стрімко зросла кількість автомобільного транспорту, особливо в містах. На сьогодні існує нагальна проблема тимчасового та постійного зберігання автотранспортних засобів у містах, у місцях інтенсивних людських потоків, таких як центральна частина міста, залізничні, автобусні вокзали, торгові комплекси, і навіть ділові та наукові центри й житловий сектор міста. Зрозуміло, що дорожня й вулична мережа в багатьох місцях не призначена для існуючого дорожнього руху, але навіть вона має використовуватись для паркування транспортних засобів, оскільки значний ріст використання легкових автомобілів у містах та інших населених пунктах призводить до підвищення попиту на паркувальні місця.

Пропускна здатність міської вулично-дорожньої мережі є одним з основних показників, що дозволяють оцінити транспортно-експлуатаційні якості самої мережі. Щорічний збиток, нанесений затримками руху транспорту економіці (робочий час водіїв, паливе, знос матеріальної частини), є досить значним. Тому існуючі розробки в області підвищення пропускної здатності вулично-дорожньої мережі ще не достатньо вивчені і вимагають істотної доробки чи перегляду основних підходів для їх реалізації.

Саме це обумовлює актуальність даного дослідження, що спрямоване на розробку й теоретичне обґрунтування як методики так і більш об'єктивних підходів до вирішення проблеми підвищення пропускної здатності в районах інтенсивного паркування автомобілів в умовах міст.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Кваліфікаційна робота виконувалась в повній мірі відповідно до науково-дослідної тематики кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету і являється невід'ємною частиною досліджень пов'язаних з транспортною мережею міста Вінниця.

Мета і завдання дослідження. Метою даного дослідження є покращення організації дорожнього руху шляхом формування системи паркувальних майданчиків в районах інтенсивного паркування міста.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- науково-технічне обґрунтування вдосконалення методики формування системи паркувальних майданчиків в районах інтенсивного паркування;
- дослідження закономірностей руху автомобілів в районах інтенсивного паркування міст;
- обґрунтування методики формування системи паркувальних майданчиків з метою підвищення пропускної здатності вуличної мережі міста.

Об'єкт дослідження – мережа автомобільних стоянок та система паркувальних майданчиків в районах інтенсивного паркування.

Предмет дослідження – характеристики автомобільних стоянок міст, значення пропускної здатності в районах інтенсивного паркування транспортних засобів.

Методи досліджень. При виконанні роботи використовувався апарат структурного аналізу, системного підходу, теорії імовірності та математичної статистики, теорії масового обслуговування.

Новизна одержаних результатів.

Дістали подальшого розвитку підходи та принципи вдосконалення та підвищення пропускної здатності вуличної мережі міста шляхом оптимізації паркування транспорту та практичне застосування стоянок як інженерно-планувальний захід організації дорожнього руху, для покращення організації дорожнього руху та транспортної мережі міста.

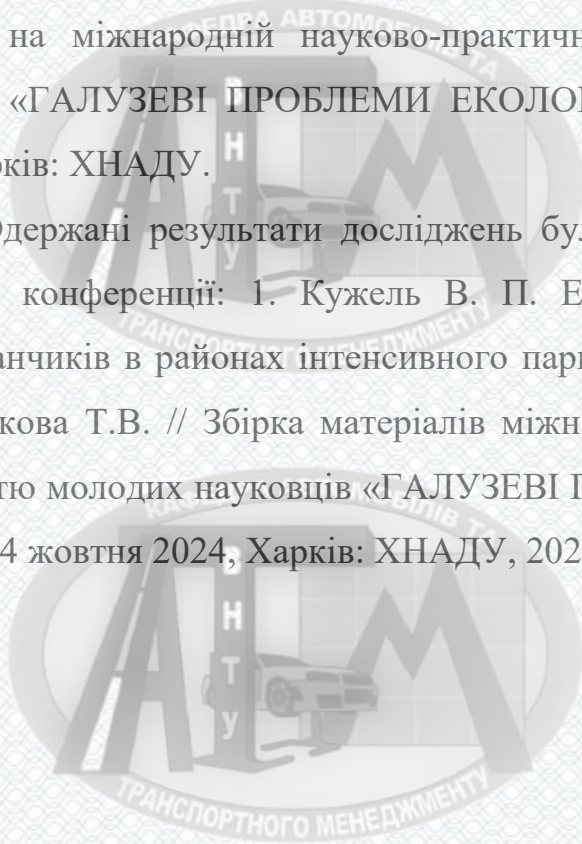
Практична значимість отриманих результатів.

Автором запропонована методика формування системи паркування з використанням автомобільної стоянки для паркування як інженерно-планувального заходу організації дорожнього руху. Результати досліджень доведено до практичних рекомендацій щодо визначення кількості автомобільних стоянок, пропускної здатності стоянок, втрат часу автомобілів у зоні впливу стоянок, умов безпеки руху

транспортних засобів та пропускної здатності вулично-дорожньої мережі в районах інтенсивного паркування транспортних засобів.

Апробація результатів роботи. Одержані результати досліджень доповідалися й обговорювалися на міжнародній науково-практичній конференції за участю молодих науковців «ГАЛУЗЕВІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ – 2024» 24 жовтня 2024, Харків: ХНАДУ.

Публікації. Одержані результати досліджень були опубліковані в науковій праці – матеріалах конференції: 1. Кужель В. П. Екологічна безпека системи паркувальних майданчиків в районах інтенсивного паркування міст / Кужель В.П., Соловей В. Є., Волкова Т.В. // Збірка матеріалів міжнародної науково-практичної конференції за участю молодих науковців «ГАЛУЗЕВІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ – 2024» 24 жовтня 2024, Харків: ХНАДУ, 2024. С. 134-137. ISBN 978-966-1698-83-2 [2].



РОЗДІЛ 1

НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ПАРКУВАЛЬНИХ МАЙДАНЧИКІВ В РАЙОНАХ ІНТЕНСИВНОГО ПАРКУВАННЯ

1.1 Аналіз систем паркування та її роль в організації дорожнього руху міста Вінниці

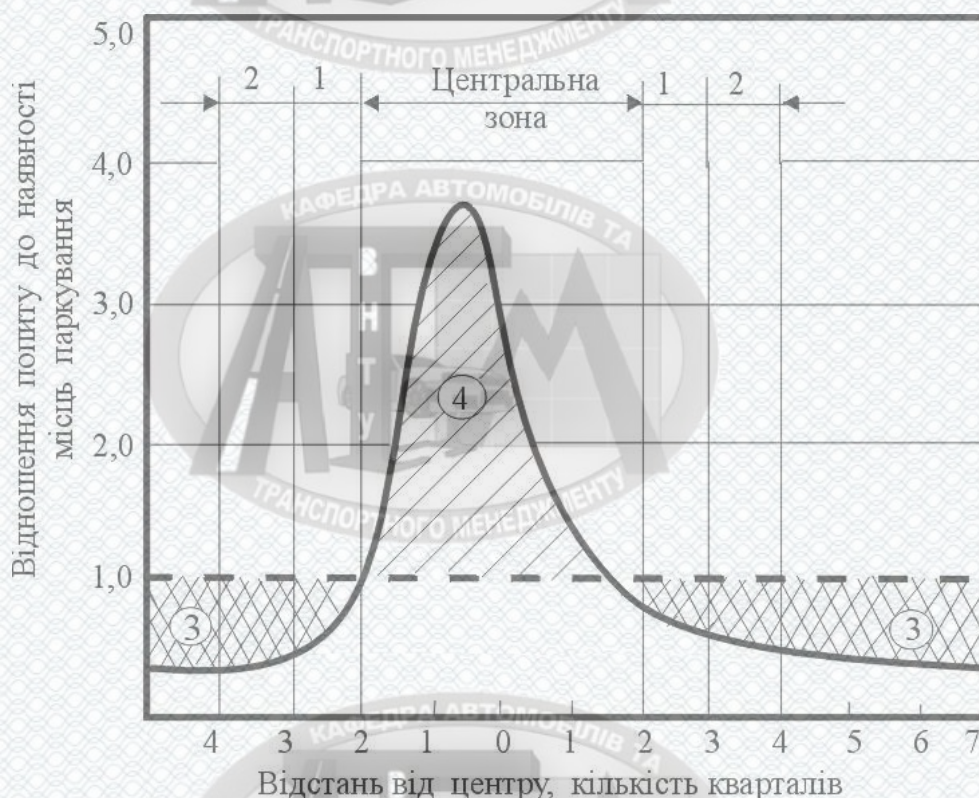
Паркування автомобілів є одним із елементів організації руху, а тому справляє великий вплив на режим руху автомобілів на основній дорозі. Рух автомобілів у зоні впливу автомобільної стоянки має ряд особливостей, обумовлених наявністю декількох взаємодіючих потоків автомобілів: транзитного, що рухається повз стоянки, з'їжджаючого на її територію і виїжджаючого з неї.

Паркування транспорту має вплив на режим руху транзитних автомобілів і позначається на зниженні їхньої швидкості та зміні траєкторії руху. Це обумовлено як наявністю стоянки, так і впливом автомобілів, що з'їжджають і виїжджають з її території. Тому у зоні впливу автомобільної стоянки відбуваються як маневри поділу, так і маневри сполучення транспортних потоків.

Паркування у центральній частині міста вздовж вулиці створює перешкоду для громадського транспорту, автомобілів спеціальних служб, прибиранню вулиць і вивезенню снігу тощо. Наприклад, паркування легкових автомобілів у тротуарів знижує пропускну здатність вулиці на 20 – 40%, а також знижує середню швидкість руху транспортного потоку, що проходить в цих місцях, підвищує імовірність виникнення дорожньо-транспортних подій. Крім того, великі стоянки автомобілів стають причиною порушення нормальних умов руху на сусідній смузі руху через автомобілі, що від'їжджають зі стоянки чи стають на неї [2].

В залежності від кута встановлення автомобіля на тротуарній стоянці ширина смуги паркування (з урахуванням маневрування) складає 5–9 м, тоді як аналіз статистичних даних геометричних параметрів вулиць центральних районів міст

показує, що середня ширина усієї проїзної частини вулиць складає 12 м. Тому у таких умовах часто забороняється зупинка і стоянка транспортних засобів, щоб забезпечити достатню пропускну здатність проїжджої частини. Через це виникає дефіцит місць паркування у центральних районах міст (рис. 1.1), а при віддаленні від центральних частин – знижується. Зазвичай, у центральній частині міста, де все-таки, можна організувати паркування, з метою підвищення їхньої пропускну здатності вводиться обмеження тривалості паркування.



1 – перше кільце кварталів; 2 – друге кільце кварталів; 3 – не використане наявне; 4 – незадоволена потреба

Рисунок 1.1 – Наявність і потреба у місцях паркування у великих містах [2]

Заборонивши паркування автомобілів на вулиці, знижується кількість ДТП на 20 – 25%. Але досліджують лише вплив на ту вулицю чи ті вулиці, на яких вводиться заборона. Не виключено, що по мірі переходу паркування на інші вулиці – на ті ж вулиці «переходять» і ДТП. Паркування на місцях вказаних розміткою чи відповідно встановленим правилам має тільки невеликий вплив на кількість ДТП. Паркування в

дозволені години доби супроводжується зниженням кількості ДТП, особливо ДТП, які скоєні у зв'язку з ним.

В Україні, за даними центру безпеки дорожнього руху при Департаменті Патрульної поліції МВС України, за останні 5 років дорожньо-транспортні пригоди (ДТП), пов'язані зі стоянкою, склали 11,9% всіх зареєстрованих ДТП. Найчастішими ДТП, які пов'язані зі стоянкою, є: наїзд на пішохода, який вийшов із-за автомобіля, що стоїть (65,4%); наїзд на автомобіль, що стоїть (20,1%); зіткнення під час об'їзду автомобіля, що стоїть (12,6%); порушення правил зупинки і стоянки (1,9%). В Норвегії за цей же період ДТП, пов'язані зі стоянкою, склали 2,4% всіх зареєстрованих поліцією ДТП. Наїзд на автомобіль, що стоїть (30%); наїзд на пішохода, який вийшов із-за автомобіля, що стоїть (25%); зіткнення під час об'їзду автомобіля, що стоїть (15%); і ДТП, які пов'язані з виїздом з місць паркування (8%) [6]. Навіть там, де стоянка чи посадка (висадка) пасажирів заборонена, коли відбуваються короткочасні зупинки автомобілів для висадки пасажирів, наявність у потоці транзитних автомобілів і імовірність незаконної зупинки автомобілів для стоянки знижують можливість організації додаткової смуги руху біля тротуару. За даними статистичними даними Австралії, на додатковій смузі вздовж тротуару, на ділянках наближення до пересічень відбувається до 60% усіх порушень, а у американських дослідженнях вказується на те, що заборона на вуличне паркування може призвести до деякого підвищення швидкості руху (Crossette og Allen, 2002).

В цьому дослідженні показали підвищення швидкості з 30-45 км/год до 40-60 км/год [7].

Паркування автомобілів у місті Вінниця [29-31] має значний вплив на екологічну ситуацію, а тому призводить до підвищення рівня шуму і забруднення. Дослідження, проведені у Копенгагені після введення в плати за стоянку на 15000 місцях паркування в центральній частині міста, показали, що час паркування скоротився на 25%. Це супроводжувалось скороченням автомобільного руху в центрі на 10% (Hanssen, 2002) [7].

Зобразимо схематично доступ в місто для приватного автотранспорту ззовні (в довгостроковому плані, наприклад з новим мостом через залізницю) [29] (рис.1.2).



Рисунок 1.2 – Доступ в місто для приватного автотранспорту ззовні (в довгостроковому плані, наприклад з новим мостом через залізницю)

У світовій практиці були проведені дослідження з організації руху автомобілів, при яких враховувалося розміщення стоянки.

Висновки цього дослідження були зведені до трьох основних задач:

- організація руху транзитних автомобілів, що минають стоянку, причому так, щоб забезпечити необхідну зручність і безпеку руху, так само і для автомобілів, що з'їжджають з основної дороги на стоянку чи вливаються в основний потік;
- організація руху і паркування автомобілів на території стоянки;
- організація руху пішоходів у районах інтенсивного паркування транспортних засобів і на території стоянки.

Таким чином, проблеми паркування транспортних засобів на сьогоднішній день є важливим аспектом у дорожній мережі міста.

Спроектуємо внутрішньоміську доступність для приватного автотранспорту (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Внутрішньоміська доступність для приватного автотранспорту

Концепція парковок в місті Вінниця:

Основні цілі для центру міста – звільнити місто від трафіку маятникової міграції та покращити якість громадського простору, що конкретно вбачає наступні принципи:

Доступність: • Гарантія доступу до існуючих суспільних гаражів/стоянок і громадських/приватних парковок у центрі міста. • Покращення доступності на громадському транспорті.

Забезпеченість парковками: • Менше парковок для тих, хто працює в центрі (довгострокові), більше короткострокових парковок для покупців/відвідувачів.

- Менше парковок всередині центру міста на користь пріоритету громадському транспорту, велоруку та привабливості суспільного простору.
- Більше громадських парковок (гаражі/стоянки) на околицях центру міста.
- Приватні парковки для нових будівель повинні вирішуватися на приватній ділянці всередині кварталу.

Запропонуємо зони регулювання, парковки типу “Park + Ride” та громадські парковки в центрі міста Вінниця [29] (рис.1.4).

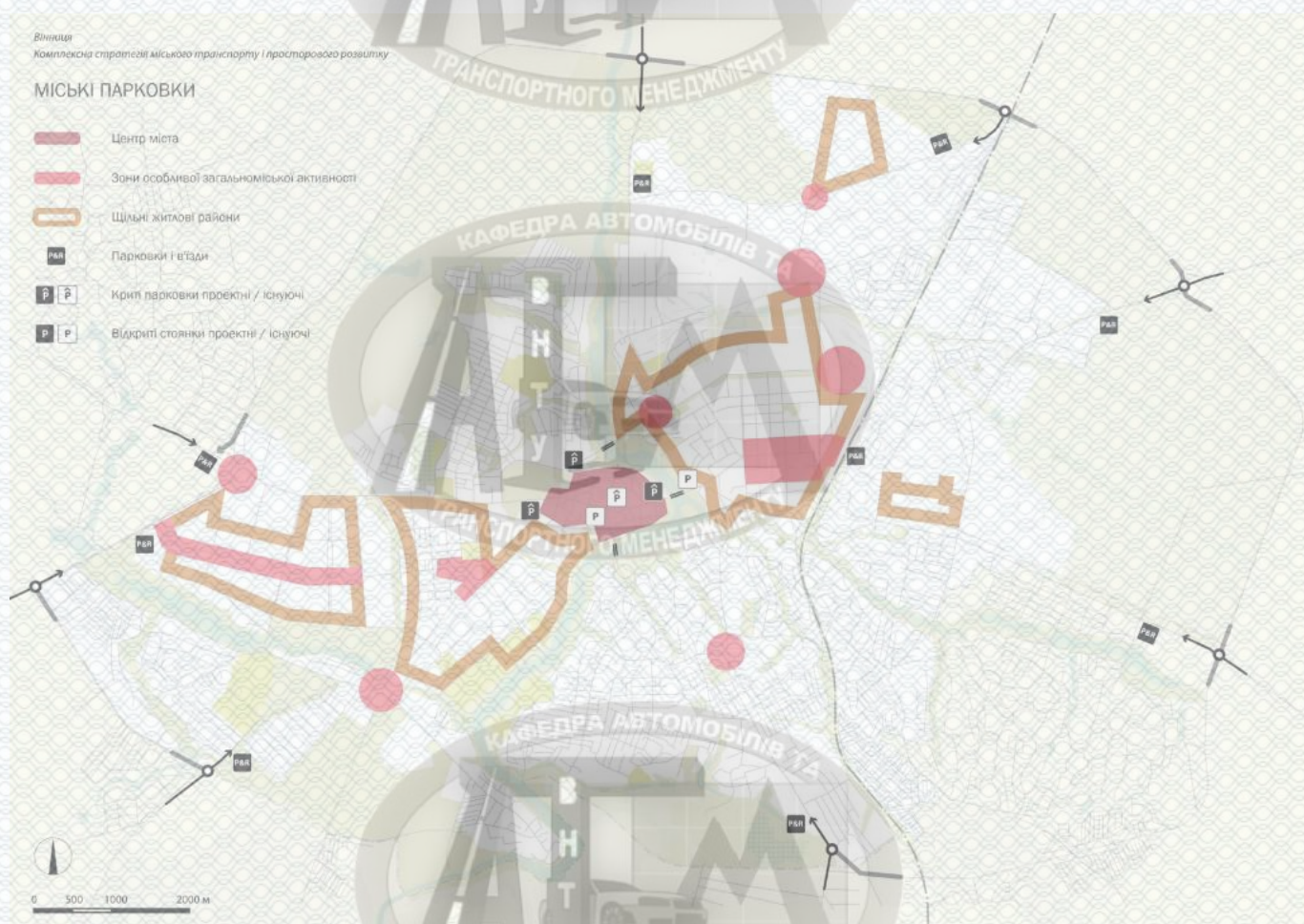


Рисунок 1.4 – Зони регулювання, парковки типу “Park + Ride” та громадські парковки в центрі

Правила паркування у центрі міста:

- Обмеження за часом максимум. 1 год.: для парковки всередині центру міста (без обмеження за часом одне паркувальне місце може бути використано одним працюючим протягом 10 год., при обмеженні – 10 ма різними покупцями за той же час).

- Обмеження за часом макс. 2 год.: для парковки всередині центру міста, 4-8 годин – на околиці центру в громадських гаражах/стоянках для запобігання додаткового маятникового трафіку.

- Платні парковки. Сильне підвищення вартості для парковки більше 4-х годин в гаражах/стоянках.

- Спеціальні умови для жителів саме центру (паркувальні карти, бейджі)

Зазначимо, що при організації парковок “Park + Ride” необхідно враховувати наступне:

- Розташування саме на закінченнях міських артерій, комфортні та ефективні (короткі) зв’язки з іншими видами транспорту.

- Адекватне число паркувальних місць (в деяких місцях достатньо і невеликої кількості) в залежності від реального попиту на паркомісця.

- Плата за паркування на периферії має бути значно нижчою, ніж у центрі міста.

- Висока якість, швидкість і частота обслуговування громадським транспортом місця парковки.

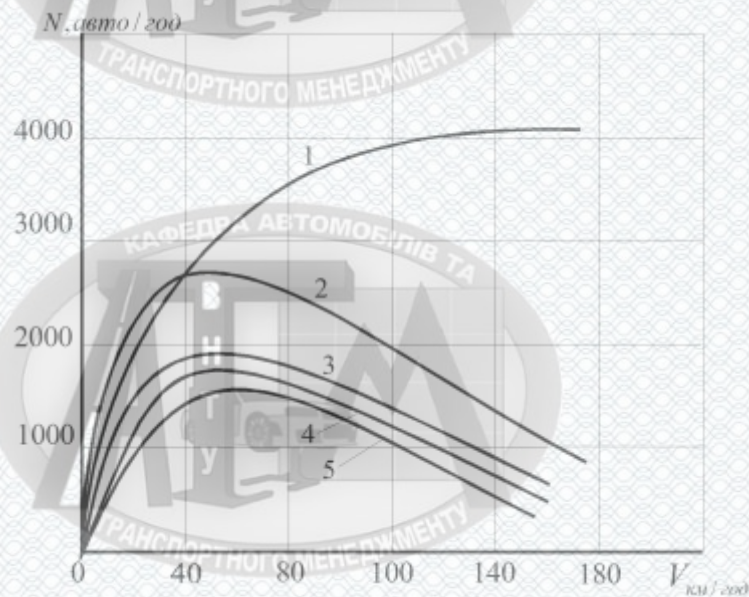
- Комфортні умови для очікування на станціях “Park + Ride”.

Вирішення цієї проблеми представляє велику складність, оскільки недостатню кількість стоянок створюють не автомобілі, що стоять, а автомобілі, які довго простоюють. Виходячи з цього, виникає необхідність у дослідженні пропускної здатності міських вулиць і доріг, залежності пропускної здатності від паркування транспортних засобів вздовж проїзної частини.

1.2 Визначення поняття пропускної здатності вулиці і дороги

Пропускна здатність дороги є однією з найважливіших характеристик, яка використовується при розробці заходів щодо поліпшення транспортно-експлуатаційних якостей дороги, спрямованих на підвищення показників роботи автотранспорту, а також при вирішенні задач в області проектування доріг і організації дорожнього руху.

Теоретична пропускна здатність визначається розрахунком для прямої ділянки дороги при русі однорідного за складом транспортного потоку (легкові автомобілі) з постійними інтервалами слідування між автомобілями. Теоретична пропускна здатність обчислюється на основі динамічних моделей і складає близько 2400 легкових авто/год на смугу руху. Залежність інтенсивність/швидкість, отримана на основі використання різних спрощених динамічних моделей, показано на рис. 1.5 [2].



1 – на основі рівнянь 1-ї групи; 2 – на основі рівнянь 2-ї групи; 3 – на основі рівнянь 3-ї групи; 4 – за даними спостережень[3]; 5 – за даними спостережень[4].

Рисунок 1.5 – Залежність “інтенсивність – швидкість”

Розрахунок проводиться за формулою:

$$N = \frac{1000 \cdot V}{\Delta S}, \quad (1.1)$$

де V – середня швидкість руху потоку автомобілів, км/год;

ΔS – відстань між рухомими автомобілями, м.

У цілому, мінімальний безпечний інтервал між автомобілями, які рухаються

(ΔS), визначається як сума довжини автомобіля (l_a), шляху, який проходить задній автомобіль за час реакції водія з моменту фіксації ним виниклої небезпеки до моменту дії гальм (l_p), довжину гальмівного шляху (l_T), безпечної відстані між автомобілями (l_6):

$$\Delta S = l_a + l_p + l_T + l_6. \quad (1.2)$$

Практична пропускна здатність – це максимальне число автомобілів, яке може пропустити ділянка дороги в реальних дорожніх умовах за одиницю часу. Для оцінки пропускної здатності дороги, як правило, використовуються динамічні моделі транспортного потоку, оскільки при інтенсивності руху взаємний вплив автомобілів є близький чи рівний режиму пропускної здатності. Імовірнісні моделі, з великим успіхом, можуть використовуватися для визначення пропускної здатності ділянок зливання, пересічення, переплітання транспортних потоків [3].

Перші залежності визначення практичної пропускної здатності теоретичним шляхом були отримані у роботі [3], де розглянуто деякі схеми взаємодії автомобілів у транспортному потоці, проаналізував залежності при обгоні та зустрічі автомобілів.

Згодом була запропонована залежність для визначення пропускної здатності смуги руху в умовах безперервного руху однорідного за складом транспортного потоку автомобілів на горизонтальній ділянці дороги:

$$N = \frac{3600 \cdot V}{l_a + V_p t + \frac{V^2 (m/m_T - 1)}{2g(f_k + \varphi)} + l_6}, \quad (1.3)$$

де V – швидкість руху автомобіля, км/год;

l_a – довжина автомобіля;

m – маса автомобіля;

m_T – частина маси автомобіля, яка припадає на гальмівні вісі;

f_k – коефіцієнт опору котіння;

φ – коефіцієнт зчеплення;

t_p – час реакції водія, приймається рівним 1 с.

Існує наступна залежність для визначення пропускної здатності:

$$N = \frac{3600 \cdot \psi \cdot V_{\text{розрах}}}{\alpha \cdot V_{\text{розрах}}^2 + t \cdot V_{\text{розрах}} + l_a + d_0}, \quad (1.4)$$

$$V_{\text{розрах}} = 2 \sqrt{\frac{l_a + d_0}{\alpha}} \cdot \cos \gamma, \quad (1.5)$$

$$\gamma = \frac{1}{3} \arccos \frac{t}{2 \sqrt{\alpha(l_a + d_0)}}, \quad (1.6)$$

де ψ – коефіцієнт зниження пропускної здатності, який враховує рух зустрічною смугою, наявність стоянок тощо (0,7 – 0,9);

α – коефіцієнт гальмування, с²/м;

l_a – середня довжина автомобіля, м;

d_0 – безпечна дистанція, м;

t – сумарний час від моменту подання сигналу гальмування автомобілем, який рухається попереду, до включення гальмівної системи заднього автомобіля (2,0 – 2,2 с).

Формула розрахунку пропускної здатності при режимі руху з обгоном:

$$N_{\Pi} = \frac{A \cdot V}{K \cdot L_0} \cdot \sqrt{\frac{k_2 \cdot k_3}{(1 - k_2)(p - p^2)}}, \quad (1.7)$$

де A – коефіцієнт розмірностей;

V – швидкість швидкісних автомобілів, км/год;

K – коефіцієнт нерівномірності розподілу руху за годинами доби;

$k_2; k_3$ – коефіцієнти, які враховують відношення швидкості повільних автомобілів до швидкості швидкісних;

p – частина автомобілів від загальної кількості, які рухаються зі швидкістю V ;

L_0 – відстань між зустрічними автомобілями, при якій здійснюється обгін, м.

Для оцінки пропускної здатності можна використовувати також і гідродинамічну модель, яка дає загальну оцінку стану транспортного потоку. Рівняння для визначення пропускної здатності, отримане на основі гідродинамічної моделі, має вигляд:

$$P = \frac{1}{5,05} V_{св} \cdot q_{\max} \quad \text{при } n = -1, \quad (1.8)$$

де P – пропускна здатність, авто/год;

$V_{св}$ – швидкість руху на елементі дороги, який розглядається у звичайних умовах, км/год;

$q_{\max}$ – максимальна щільність потоку при заторі.

Перевагою застосування макроскопічних моделей є те, що за їх допомогою можна визначати не тільки пропускну здатність однієї смуги, але й більшої кількості смуг на автомагістралях, які мають розділювальні смуги. Різними авторами приводяться різні значення максимальної пропускної здатності [3].

Практична пропускна здатність представляє собою пропускну здатність ділянок, які мають гірші умови порівняно з еталонною. Практична пропускна здатність є випадковою величиною, що залежить від цілого ряду факторів, які її формують (рис. 1.6). Значення її величини може змінюватись в значних межах – в 1,5 - 1,7 рази [3].

Така зміна практичної пропускної здатності у часі конкретної ділянки дороги з постійними дорожніми умовами може бути викликана наступними факторами: зміною складу транспортного потоку, зміною складу водіїв (рівень кваліфікації водіїв), зміною технічного складу транспортних засобів, зміною погодно-кліматичних умов, виникненням ДТП. Різними вченими пропонуються формули для розрахунку пропускної здатності в різних режимах руху: з обгоном, без обгону, в умовах безперервного руху тощо.

В основі методу визначення практичної пропускної здатності, який застосовується в нашій державі, є використання коефіцієнтів зниження максимальної

практичної пропускної здатності. В основу методу покладена залежність:

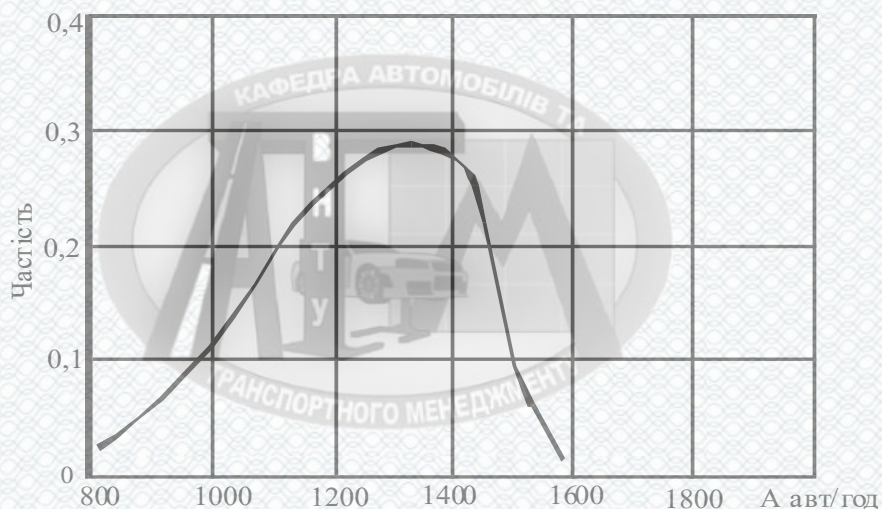


Рисунок 1.6 – Крива розподілу значень практичної пропускної здатності [3]

$$P = P_{\max} \frac{V_{\text{віль}} - V}{V_{\text{віль}} - V_0}, \quad (1.9)$$

де $P_{\max}$ – максимальна практична пропускна здатність, авто/год;

$V_{\text{віль}}$ – швидкість вільного руху, км/год;

V_0 – оптимальна швидкість, що відповідає пропускній здатності;

V – середня швидкість потоку, км/год.

Дана залежність може застосовуватись для визначення практичної пропускної здатності, коли середня швидкість $V > V_0$, тобто у випадку так званих „нормальних” дорожніх умов. Нормальними дорожніми умовами вважаються такі, котрі допускають рух зі швидкістю $V > V_0$ при щільності $\lambda < \lambda_0$.

В інших країнах для визначення практичної пропускної здатності застосовуються методики, також засновані на використанні коефіцієнтів зниження пропускної здатності.

При розгляді показників дорожнього руху варто враховувати склад транспортного потоку який значно впливає на всі параметри, що характеризують

дорожній рух, а також на завантаження доріг, що визначається, насамперед, істотною різницею в габаритних розмірах автомобілів. Користуючись основною діаграмою транспортного потоку, можна з'ясувати деякі загальні ознаки виникнення заторів, поділивши їх на регулярні та нерегулярні. Регулярні затори зумовлені недостатньою видимістю, різкими підйомами, зменшенням кількості смуг руху, горизонтальними кривими малого радіуса та іншими обмеженнями дорожніх умов та умов руху.

Між щільністю λ , інтенсивністю N , та швидкістю V руху існує така залежність:

$$N(\lambda) = \lambda \cdot V(\lambda). \quad (1.10)$$

При виникненні заторів рух транспорту припиняється, щільність досягає максимального значення $\lambda_{\max}$, а інтенсивність та швидкість стають рівними нулю: $N(\lambda)=0$; $V(\lambda)=0$. У випадку нульової щільності, тобто коли рух відсутній, інтенсивність руху також дорівнює нулю. Графічне зображення функції $N(\lambda)$ є основною діаграмою транспортного потоку (рис. 1.7), в якій відображено багато властивостей транспортного потоку, а саме: просторово-часове співвідношення і можливе виникнення перешкод.

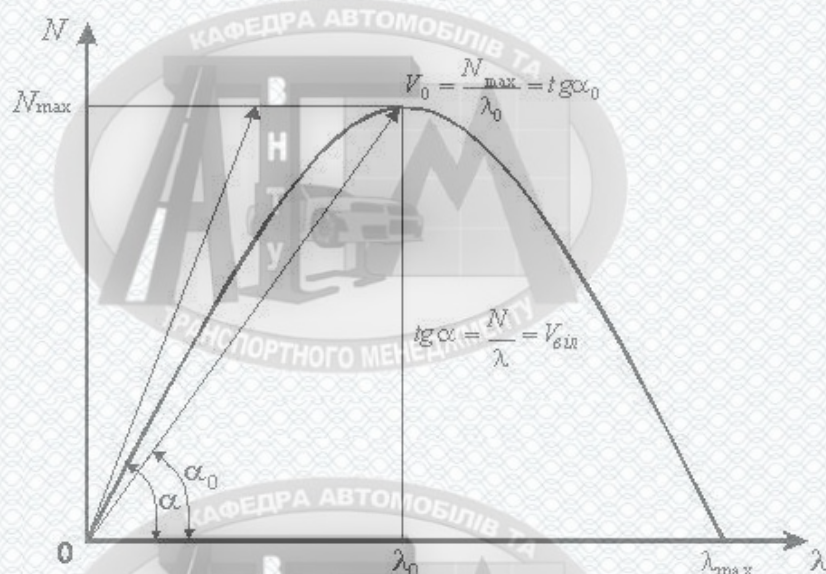


Рисунок 1.7 – Основна діаграма транспортного потоку[4]

Якщо з початку координат провести радіус-вектор у будь-яку точку кривої $N(\lambda)$, то тангенс кута α , який утворився радіусом-вектором та віссю абсцис характеризує швидкість руху транспортного потоку при відповідних значеннях λ і N .

Тангенс кута нахилу дотичної до кривої на початку координат характеризує швидкість вільного руху $V_{\text{віль}}$. При збільшенні щільності швидкість також зменшується, і при λ_{max} стає рівною нулю.

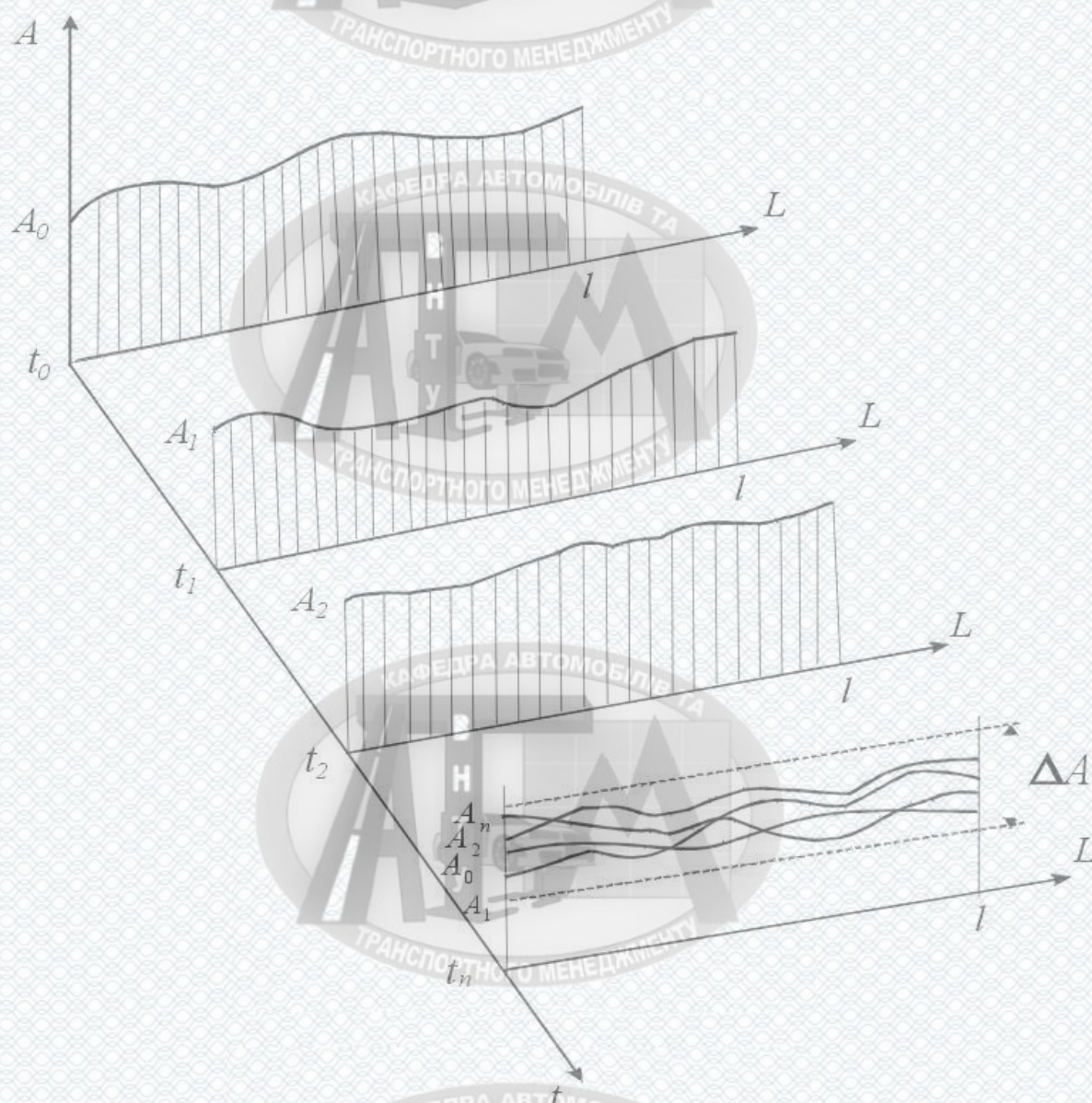


Рисунок 1.8 – Процес зміни величини практичної пропускної здатності в просторі і часі [4]

Величина пропускної здатності не залишається постійною ні по довжині дороги, ні в часі. Графічно це представлено на рис. 1.8, де l – довжина ділянки дороги, $t_0 - t_n$ – моменти часу, $A_0 - A_n$ – значення величин практичної пропускної здатності. На рис. 1.8 видно, що величина пропускної здатності тієї самої ділянки може змінюватися в якихось межах. Величина зміни практичної пропускної здатності для дороги в цілому, представлена на рис. 1.8 як ΔA [4].

Зміна величини пропускної здатності в просторі обумовлена, головним чином, впливом умов на її величину, а також можливою зміною погодних умов і складу транспортного потоку вздовж дороги [2].

Таким чином, оцінюючи величину пропускної здатності, ми характеризуємо один зі станів системи “Дорожні умови – Транспортні потоки”. На величину пропускної здатності впливає велика кількість факторів, усі вони взаємозалежні і являють собою характеристики системи “Дорожні умови – Транспортні потоки”. Тому їхня взаємодія і формує величину пропускної здатності.

1.3 Характеристики, види автомобільних стоянок та систем паркування

Автомобільні стоянки характеризуються розташуванням, місткістю та способом експлуатації. Ці характеристики визначаються: розмірами міста, відносним значенням центральної ділової частини, рівнем використання різних видів транспорту.

Автомобільні стоянки, за часом використання можна характеризувати за двома видами – тимчасові та довготривалі. Як відкриті позавуличні, так і закриті підземні і наземні автомобільні стоянки бувають двох типів: обмеженого користування для тривалого паркування (зберігання) автомобілів та загального користування для тимчасового паркування автомобілів. Тимчасові стоянки в містах підрозділяють на вуличні, тобто коли стоянка дозволена безпосередньо на проїзній частині, і позавуличні, тобто за межами проїзної частини [5]. Схема, що відображає основні класифікаційні ознаки тимчасових стоянок, призначених для паркування автомобілів, приведена на рис. 1.9.

Приклади інших країн показують, що у великих містах з високим рівнем автомобілізації велика кількість місць для тимчасового розміщення транспортних засобів використовуються позавуличні стоянки а також біля тротуарні смуги проїзної частини. Наприклад в США відкриті позавуличні стоянки складають приблизно 60% від їх загальної кількості, а кількість біля тротуарних стоянок і гаражів коливається від 40 до 16% і від 0 до 35%.

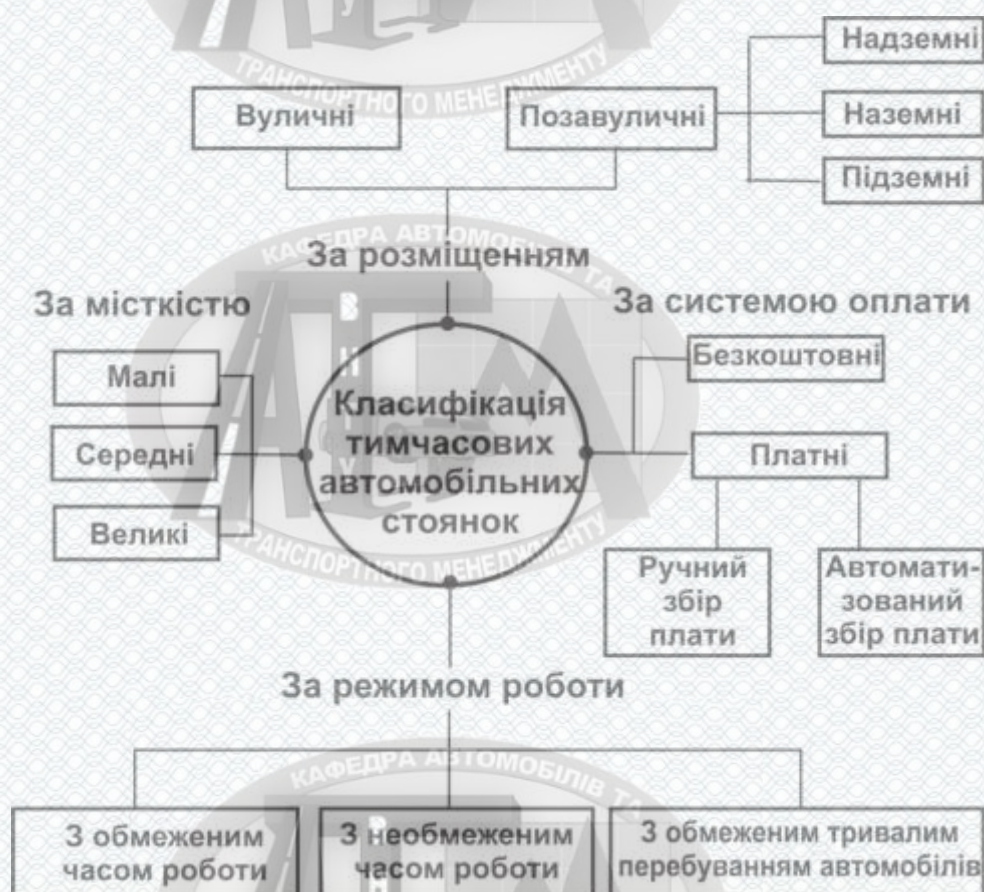


Рисунок 1.9 – Класифікація типів стоянок тимчасового збереження транспортних засобів [9]

За режимом роботи стоянки підрозділяються: 1 – з необмеженим часом роботи; 2 – з обмеженням тривалості перебування автомобіля; 3 – з обмеженим (протягом доби) часом роботи [9]

В даний час, у зв'язку з необхідністю більш ефективного використання земельних площ, у містах намітилася тенденція до будівництва комплексних гаражів.

Комплексний гараж – це спорудження, у якому власне гараж для збереження автомобілів є лише частиною загального комплексу, функціональне призначення якого значно ширше, ніж паркування автомобілів.

Паркування автомобілів на дорогах загального користування або на вулицях центральної частини міста стає все більш складним. У таких випадках двори часто являють собою єдину можливість одержання місця для паркування. Наприклад, передбачається, що в Празі, особливо в областях більш старої забудови, частка цього простору для відстою представляє 10 – 20 % від загальної кількості залишених автомобілів.

Регулювання режиму паркування використовується для регулювання транспортних потоків, які направляються до центральної частини міста з високою щільністю населення. Регулювання режиму паркування транспортних засобів повинно забезпечувати безпеку руху:

- не допускати чи знижувати, у значній мірі, паркування на вулицях, особливо, якщо таке паркування означає високий ступінь ризику ДТП;
- переносити місця паркування у спеціально відведені місця чи споруди поза межами проїзної частини вулиці;
- забороняти зупинку чи стоянку транспортних засобів в тих місцях, де їх наявність значно погіршує оглядовість чи можливість переміщення для інших учасників дорожнього руху.

Регулювання режиму паркування транспортних засобів включає в себе:

- повну заборону стоянки;
- заборону з обмеженням часу паркування;
- регулювання розміщення транспортних засобів на стоянці;
- місцеве регулювання режиму паркування;
- платні стоянки.

Ці способи регулювання можуть використовуватись в самих різних комбінаціях і застосовуватись для регулювання одних і тих самих ділянок дороги чи вулиці в різний час доби. Прикладами можливості обмеження є:

- паркування з обмеженням часу;

- паркування визначених транспортних засобів;
- паркування з обмеженням зони і місця постановки транспортних засобів;
- платні стоянки.

Однією з форм регулювання, яка була введена в порядку експерименту в Стокгольмі і деяких районах Осло, була заборона паркування в будні дні тижня. Мета подібної заборони – полегшити прибирання вулиці в зимовий період року [10].

Відчуваючи великий пресинг в області паркування, Річмонд ввів так звану „контрольовану зону” стоянки в центрі та прилеглій житловій зоні, з паркометрами та майданчиками для автомобілів місцевих жителів. Після розширення вказаної зони введено ще 6 зон паркування, в яких також були зарезервовані паркувальні місця для місцевих жителів, доля яких змінювалась від 100% до 60% вмісту стоянок. Стоянки, призначені для місцевих жителів, розташовуються переважно по фронтонах будинків з нанесенням жовтої смуги для кращої безпеки. Вказані стоянки споряджені особливими знаками. Стоянки спільного користування з автоматами, які продають квитки, розташовувалися далеко від житлових споруд, щоб мінімізувати вторгнення автомобілів у житлову зону і незручності для жителів.

Перші міри в контрольованій зоні паркування були прийняті за вимогою дорожньої поліції, яка вимагала позначення всіх паркувальних місць (місця з паркометрами, місця для місцевих жителів, зони очікування з жовтими лініями, місця для інвалідів, мотоциклів, місця вільного паркування).

Паркуватися у Фінляндії можна тільки там, де є знаки, що дозволяють стоянку. Найпростішим видом стоянок легкових автомобілів є установка їх вздовж тротуарів на тих вулицях, де вони не викликають перешкод для руху.

Необхідно розглянути і спеціальний вид стоянок, що одержав у науковій літературі назву „стримувальні”. Ці стоянки стають необхідними в зв’язку із перенасиченням міст транспортними потоками, а також прагненням забороняти в’їзд у місто (чи лише в його центральну частину) транзитним автомобілям. При прийнятті такого рішення „стримувальні” стоянки влаштовуються на зовнішній границі забороненої зони і призначені не тільки для легкових автомобілів, але й для туристичних автобусів і вантажних автомобілів. За кордоном ці стоянки набули

широкого застосування в багатьох країнах, і з їхньою допомогою здійснюється використання так названої системи „park and ride” [10].

Основним кроком у процесі регулювання використання стоянок в Празі було введення нової організації паркування на правому березі району Прага 1 під назвою “Зона платної стоянки” (в подальшому ЗПС). На початку впровадження системи було значно позитивне: зниження зайнятості з 92 % до 76% представляло собою зниження кількості цільових транспортних засобів приблизно на 2700 автомобілів на добу. Після вагань, які супроводжували правову підтримку ЗПС, настало повне руйнування ЗПС і дискредитація цього способу регулювання. В результаті наступного внесення правових змін ефективність регулювання ЗПС частково підвищилась, але вона до цих пір не досягла потрібного ефекту [10].

ЗПС спрямована, головним чином, на регулювання паркування автомобілів приїжджих, і по суті, не обмежує можливість паркування автомобілів жителів міста. ЗПС розділена на три частини, які відрізняються кольором з різними режимами паркування автомобілів (зони відрізняються одна від одної тривалістю паркування):

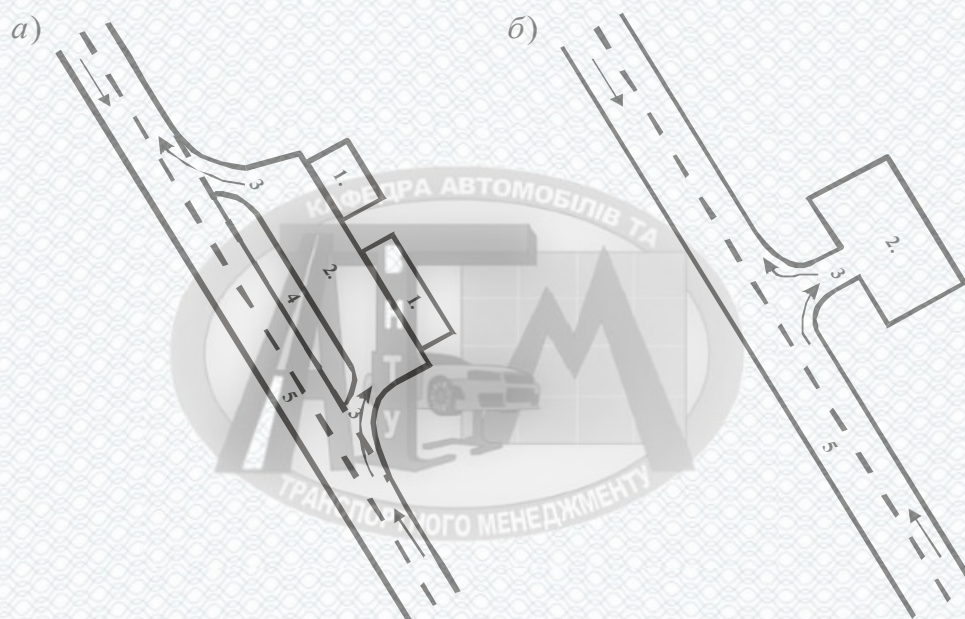
Жовтогаряча зона призначена для короткочасного паркування автомобілів, що приїжджають в район з обмеженням часу паркування, яке складає не більше 2 годин. Мінімальний час – 15 хвилин.

Зелена зона призначена для паркування середньої тривалості автомобілів відвідувачів району, причому час паркування обмежений і складає не більше 6 годин. Мінімальний час паркування складає 30 хвилин.

Синя зона призначена для тривалої, протягом дня стоянки автомобілів місцевих жителів, які постійно проживають в районі зони платного паркування (резиденти), і організацій з юридичною адресою в районі зони платного паркування (абоненти) [10].

Існує два види розміщення території стоянок відносно основної дороги фронтальний і тупиковий (рис. 1.10).





а) фронтальна; б) тупикова. 1 – споруда; 2 – стоянка; 3 – під'їзди; 4 – газон;
5 – основна дорога.

Рисунок 1.10 – Схеми розміщення стоянок відносно основної дороги [9]

Фронтальний вид – самий розповсюджений і представляє собою розміщення всієї території стоянки на поширенні земляного полотна чи на самому земляному полотні дороги, в межах смуги відводу. Він передбачає наявність розподілу в'їзду і виїзду. Тупиковий вид приймають у випадку розміщення територій стоянки за межами смуги відводу за технічними, економічними, естетичними чи іншими міркуваннями. Цей вид розміщення характеризується наявністю одного під'їзду, по якому здійснюється виїзд і в'їзд на територію стоянки [9].

Формула, за допомогою якої сумарне число місць на стоянці автомобілів одного типу визначається за видом споруди і числом місць у ньому [11]:

$$q_n = \frac{m_n T}{a_n t}, \quad (1.11)$$

де m_n – число місць, необхідне для пасажирів автомобілів даного типу;

T – добовий період роботи споруди, год;

a_n – середнє завантаження автомобілів даного типу людьми;

t – сумарна тривалість періоду найбільшого завантаження споруди, чол.

Отримані результати необхідно перевіряти за формулою:

$$m_n = m_l + m_a + m_v, \quad (1.12)$$

де m_l , m_a , m_v – теж, що і m_n відповідно для пасажирів легкових автомобілів, автобусів і вантажних автомобілів.

Дослідження дозволили розробити рекомендації по визначенню номенклатури, місткості і параметрів розміщення стоянок в залежності від транспортно-експлуатаційних характеристик дороги [11].

1.4 Висновки до розділу 1 і завдання досліджень

У першому розділі МКР ми ознайомились із основними теоретичними аспектами паркування та його роль в організації дорожнього руху міста, розглянули основні визначення існуючих понять пропускної здатності вулиць і доріг, а також характеристики і види автомобільних стоянок та системи паркування міста.

Мета подальшого дослідження досягається на основі вирішення наступних завдань:

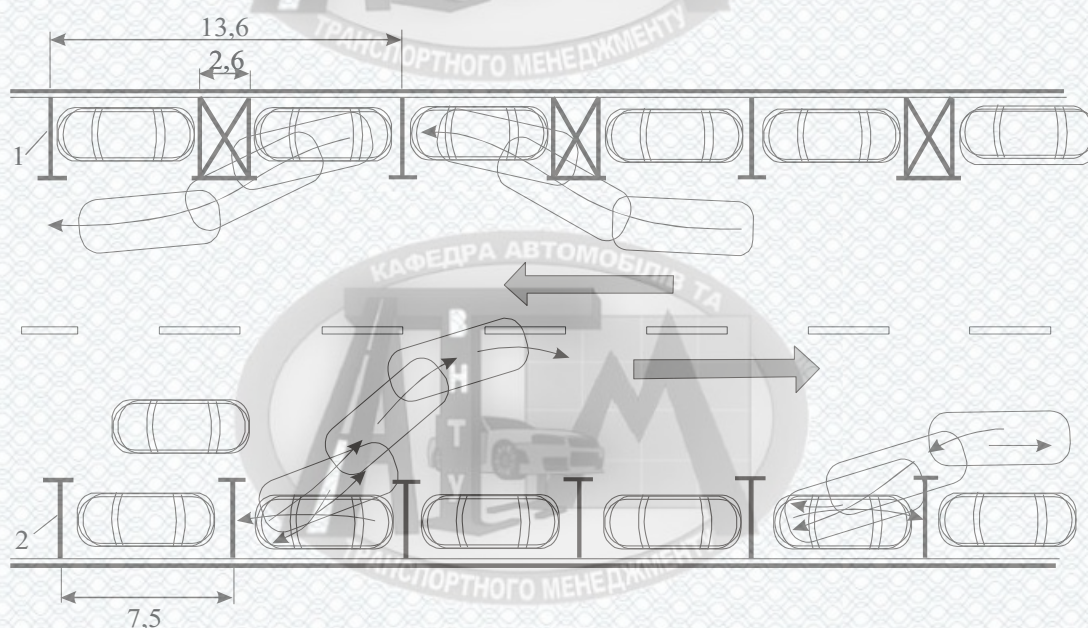
- дослідження закономірностей руху автомобілів в районах інтенсивного паркування міст;
- обґрунтування методики формування системи паркувальних майданчиків з метою підвищення пропускної здатності вуличної мережі міста.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ РУХУ ТА ПАРКУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ В РАЙОНАХ ІНТЕНСИВНОГО ПАРКУВАННЯ МІСТ

2.1 Аналіз пропускної здатності дороги з урахуванням паркування автомобілів на проїзній частині та тротуарі

Розставлення автомобілів на стоянках залежить від прийнятої схеми організації руху, кількості автомобілів, які потрібно розмістити та інтенсивності руху транспортних засобів. При високій інтенсивності руху і вузькій проїзній частині рівнобіжне розміщення автомобілів на стоянці є найбільш сприйнятливим, причому в цьому випадку більш зручним для водіїв є подвійний принцип розміщення, ніж простим ланцюжком (рис. 2.1).



1 – подвійний; 2 – ланцюжком

Рисунок 2.1 – Способи рівнобіжного розміщення транспортних засобів на біля тротуарній стоянці [11]

Найбільшу кількість автомобілів можна розмістити при поперечному встановленні, але для цього потрібна велика територія стоянки, що можливо тільки на широких вулицях. Крім цього, при поперечному встановленні маневр від'їжджаючого автомобіля створює перешкоди для руху транспорту.

До найбільш раціонального розставлення автомобілів можна віднести розставлення під кутом до тротуару за напрямком руху транспорту. Це дає можливість автомобілям, які від'їжджають зі стоянки, вливатись у загальний потік транспорту, не створюючи йому перешкод. При розставленні автомобілів під кутом до тротуару, крім збільшення власне числа місця для стоянки, на маневрування затрачається значно менший час (10 – 12 с), ніж при рівнобіжному способі (до 30 с).

На рис. 2.2, 2.3 наведені різні схеми розставлення автомобілів на проїзній частині вулиці вздовж тротуару. Основними розмірами для розмітки стоянки є: l_0 – довжина автомобіля; b – ширина автомобіля; a – висота відчинених дверей (0,80 м); C – зазор між автомобілями, що стоять вздовж, рівний половині відстані бази автомобіля, необхідний для вільного виїзду з ряду (при подовжньому розставленні); d – ширина смуги, яку займає автомобіль при розставленні під кутом до тротуару ($d = l_0 \sin \alpha + b \cos \alpha$); l_T – відстань між автомобілями по фронту тротуару при розставленні під кутом [$l_T = (a + b) / \sin \alpha$]; m – вільна смуга проїзду при подовжньому розставленні – не менше 3,0 м; n – вільна смуга руху при поперечному розставленні – не менше 5,0 м; l – вільна смуга проїзду при розставленні під кутом до тротуару – не менше 3,0 м; $l_{заз}$ – відстань від краю автомобіля до забудови, залежить від інтенсивності руху пішоходів [11]. Розташування транспортних засобів на тротуарі регулюється за допомогою значення $l_{заз}$, яке залежить від інтенсивності руху пішоходів. В загальному вигляді це можна записати:

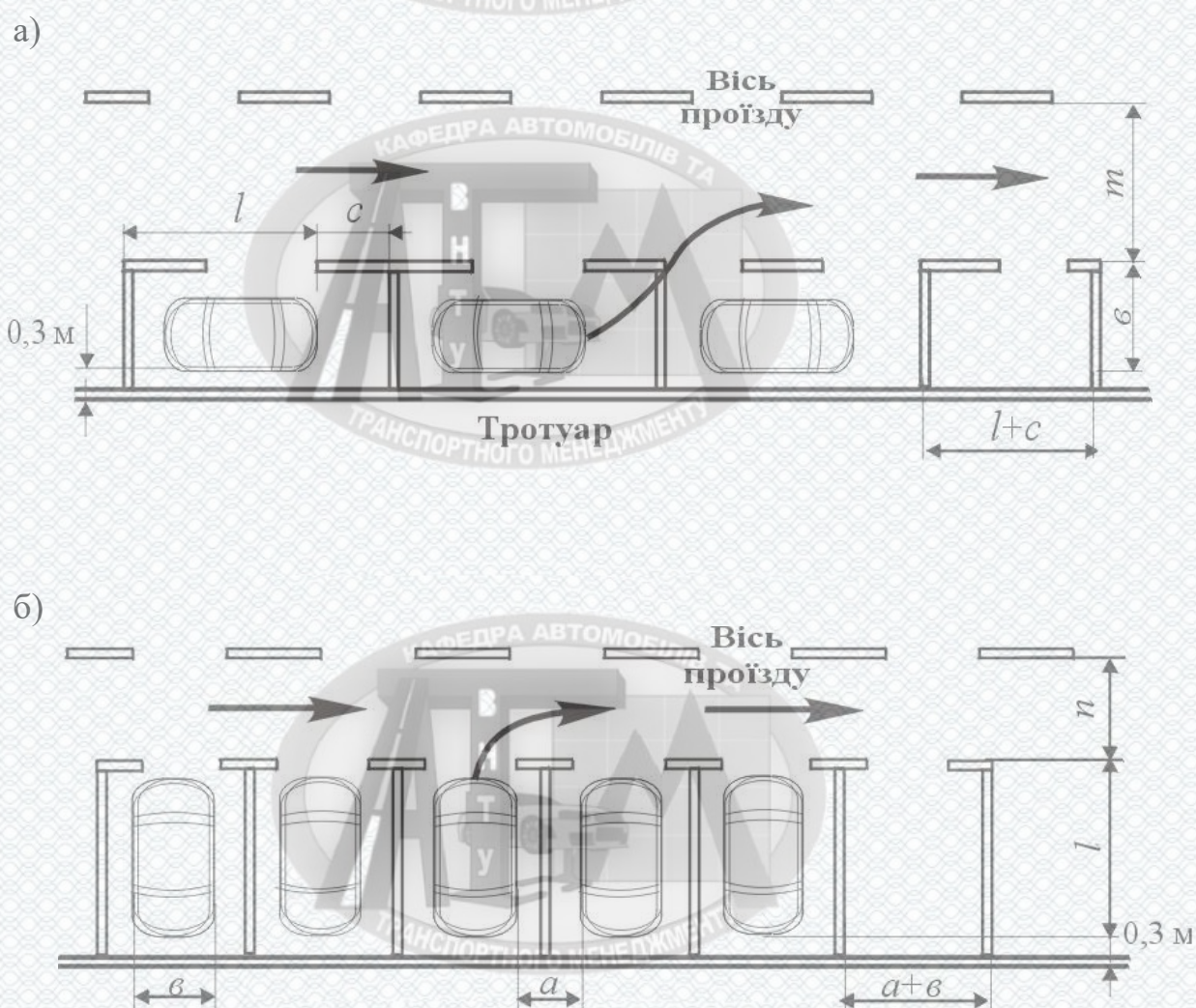


$$l_{заз} = f(N_{пш}), \quad (2.1)$$

$$N = \frac{N_{доб}}{100} M[X], \quad (2.2)$$

де $N_{доб}$ – середньодобова величина потоку пішоходів у одному напрямку, чол.;

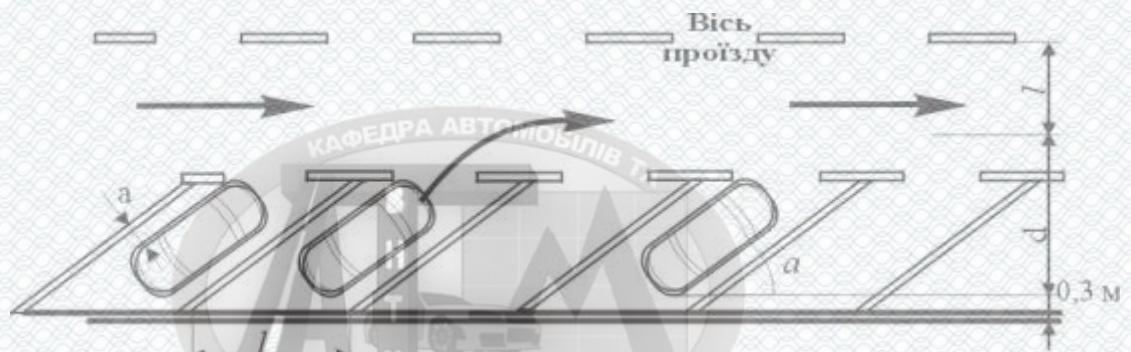
$M[X]$ – математичне очікування величини потоку пішоходів в одному напрямку за фіксований відрізок часу, %.



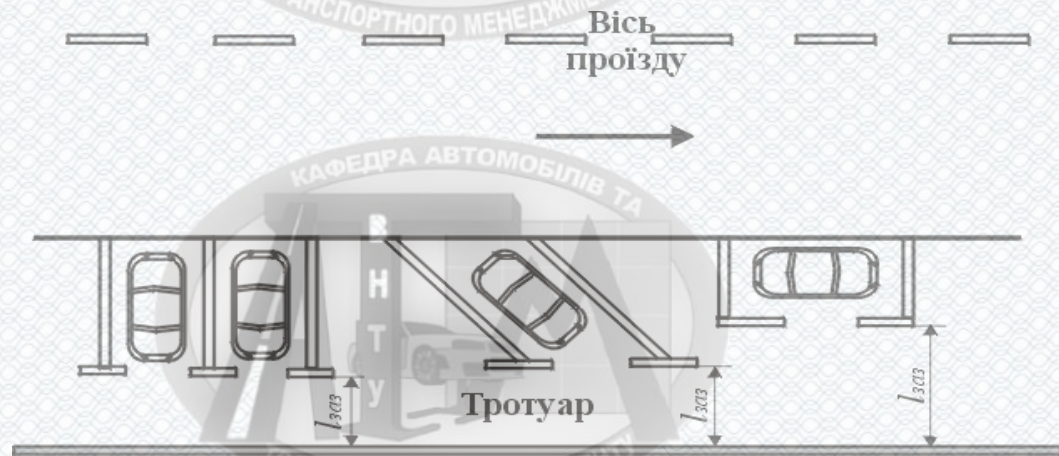
а – подовжнє розставлення; б – поперечне розставлення;

Рисунок 2.2 – Схеми розставлення автомобілів вздовж тротуару на міських вулицях

в)



г)



в – розставлення під кутом; г – розставлення на тротуарі

Рисунок 2.3 – Схеми розставлення автомобілів вздовж тротуару на міських вулицях

Максимальна інтенсивність руху N пішоходів на тротуарі у найбільш напружені години, буде рівна:

$$N = 4N_{ч.н.}^{15} \quad (2.3)$$

Середньогодинна величина інтенсивності руху (чол./год), буде мати вигляд:

$$N = \frac{4 \sum_{i=1}^{12} N_{ч.н.}^{15}}{12} \quad (2.4)$$

Визначити розрахункову величину пішохідного потоку можливо з урахуванням коефіцієнта нерівномірності та коефіцієнта перспективного збільшення руху:

$$N_p = NR\lambda, \quad (2.5)$$

де N – отримана інтенсивність руху, чол./год;

R – коефіцієнт врахування приросту населення та збільшення його руху, $R=1.3$;

λ – коефіцієнт сезонної нерівномірності, $\lambda = 1,1 \div 1,3$.

Величина коефіцієнтів нерівномірності пішохідного руху встановлюється в результаті накопичення і аналізу статистичного матеріалу [12].

Відстань від краю автомобіля до забудови визначаємо за формулою:

$$l_{\text{зав}} = \frac{b_n N_p}{p}, \quad (2.6)$$

де b_n – ширина однієї смуги руху пішоходів, м;

N_p – розрахункова величина пішохідного потоку на шляху, що розглядається, чол./год;

p – пропускна здатність однієї смуги руху пішоходів, чол./год.

Широке розповсюдження має метод розрахунку P_p , який ґрунтується на “динамічній моделі”. Для реальної дороги при розрахунку пропускної здатності можна враховувати систему поправних коефіцієнтів, які враховують експлуатаційні умови [12]. У загальному вигляді формула розрахунку за цією методикою має вигляд:

$$P_p = P_{\text{ном}} k_1 k_2, \dots, k_n, \quad (2.7)$$

де $P_{\text{ном}}$ – пропускна здатність при ідеальних умовах (номінальна);

$k_1, k_2, \dots, k_n$ – коефіцієнти, які враховують ширину смуги руху, різний склад потоку автомобілів, величину і протяжність підйомів, наявність перехресть, автобусних зупинок тощо.

Дослідження на багатосмугових вулицях показали, що їх пропускна здатність змінюється за рахунок маневрування автомобілів для здійснення поворотів ліворуч і праворуч, а також під'їзду до краю проїзної частини для зупинки [13].

Розрахункова пропускна здатність багатосмугової проїзної частини вулиці $P_{p.m.}$ визначається виразом:

$$P_{p.m.} = P_{p.n.} n \varepsilon, \quad (2.8)$$

де $P_{p.n.}$ – розрахункова пропускна здатність однієї смуги;

n – кількість смуг;

ε – коефіцієнт розподілу транспортних засобів по ширині проїзної частини.

В загальному вигляді пропускна здатність багатосмугової вулиці з врахуванням впливу інтенсивності обороту вуличної стоянки визначається за формулою:

$$P_{p.m.} = P_{p.n.} n \varepsilon \alpha, \quad (2.9)$$

де α – коефіцієнт, який враховує вплив автомобілів, що стоять.

Величина коефіцієнта α за підрахунками коливається від 1 до 0 і залежить від часу маневрування автомобіля:

$$\alpha = \int (t_{z.c.}), \quad (2.10)$$

де $t_{z.c.}$ – зайняття смуги автомобілем, який в'їжджає та від'їжджає з місця стоянки:

$$t_{z.c.} = \int (t_{m.в.} t_{m.з.} \mu_0), \quad (2.11)$$

де $t_{m.в.}$ – час маневру автомобіля при виїзді з місця паркування;

$t_{m.з.}$ – час маневру автомобіля при заїзді на місце паркування;

μ_0 – місцеоборот стоянки.

Для центральних районів міста, в яких сконцентровано, як правило, громадсько-торгівельні комплексні вузли, характерним є перевага вечірньої години “пік” над ранковою. Коливання інтенсивності руху в часі, як правило, пов’язані з просторовими змінами об’єктів пішохідного руху.

Розглядаючи питання впливу транспорту, що стоїть вздовж проїзної частини вулиці, на пропускну здатність, доцільно розбити рішення на основні етапи [13]:

1 етап. Дослідження пропускну здатності вулиці, при безперервному паркуванні автомобілів на проїзній частині:

– коли автомобілі розташовані вздовж проїзної частини, то пропускну здатність буде:

$$A = \frac{3600v}{(l+2)+v(1-V)+0,13v^2} \cdot \xi(1-B), \quad (2.12)$$

де V – швидкість, з якою автомобілі вливаються у загальний потік з тротуару, км/год;

B – коефіцієнт зменшення проїзної частини, м.

– коли автомобілі розташовані під кутом, то пропускну здатність буде змінюватись за рахунок зміни (B):

$$B = \frac{b+l_0 \sin \alpha + 0,5}{m}, \quad (2.13)$$

де b – ширина автомобіля, м;

l_0 – довжина автомобіля, м;

m – ширина проїзної частини, м.

2 етап. Дослідження пропускну здатності вулиці при паркуванні автомобілів на проїзній частині та на тротуарі:

– паркування автомобілів вздовж проїзної частини та на тротуарі:

$$A = \frac{3600v}{(l+2) + v(1-V) + 0,13v^2} \cdot \xi(1-B) - G, \quad (2.14)$$

де G – кількість автомобілів, які в'їжджають та виїжджають з тротуару.

– при паркуванні автомобілів під кутом до проїзної частини та на тротуарі пропускна здатність буде змінюватись за рахунок зміни (B).

3 етап. Пропускна здатності при паркуванні автомобілів на тротуарі буде мати вигляд:

$$A = \frac{3600v}{(l+2) + v(1-V) + 0,13v^2} \cdot \xi - G(1-V). \quad (2.15)$$

При наявності на вулиці автомобілів, що стоять вздовж проїзної частини, доводиться уповільнювати потік транспортних засобів для здійснення маневру автомобілями, які в'їжджають та виїжджають з місць паркування.

2.2 Модель руху потоків автомобілів у зоні впливу автомобільної стоянки

Для проведення аналізу режиму руху автомобілів у зоні впливу стоянки необхідно розглянути особливості руху основного потоку автомобілів, його поділу по напрямках, характер виконання маневрів з'їзду і виїзду. У зв'язку з цим розроблена модель взаємодії потоків автомобілів у зоні впливу стоянки.

У зоні впливу стоянки відбувається взаємодія декількох потоків автомобілів, які можна умовно поділити на: “вільні” – транзитні автомобілі, що проїжджають зону впливу з мінімальним зниженням швидкості, яка викликана тільки наявністю стоянки на дорозі; “зв'язані” – транзитні автомобілі, рух яких відбувається під впливом автомобілів, що з'їжджають і виїжджають з території стоянки.

Структуру і розмір зони впливу стоянки визначають основні фактори, що змінюють транспортний потік: в'їзд, виїзд зі стоянки, територія стоянки, що безпосередньо примикає до проїзної частини основної дороги. Дослідженнями встановлено, що швидкість руху транзитних автомобілів при в'їзді у зону впливу

стоянки знижується, досягаючи мінімальних значень у створі центрів примикання під'їздів, а форма кривої зміни швидкості щодо пройденого шляху має хвилеподібний характер і нагадує щільність нормального розподілу. Внаслідок чого, у загальному вигляді, епюра зміни швидкості руху перерахованих груп автомобілів у зоні впливу пришляхового спорудження має вид, представлений на рис. 2.4 [14].

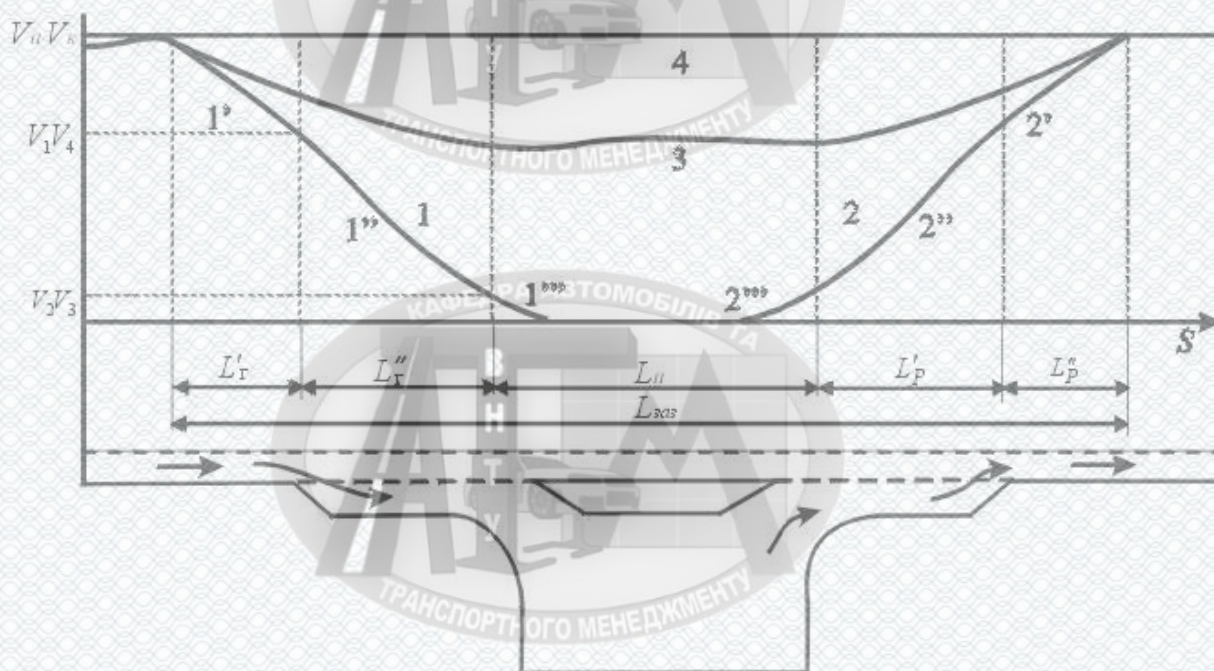


Рисунок 2.4 – Зміна швидкості руху автомобілів у зоні впливу стоянки [14]

Лінії 1 і 2 характеризують заїзний і виїзний рух з території стоянки автомобілів. Маневр з'їзду складається з наступних ділянок: 1' – початкового гальмування у межах проїзної частини основної дороги; 1'' – подальшого зниження швидкості при русі на перехідно-швидкісній смузі гальмування; 1''' – руху на кривій з'їзду і території стоянки до повної зупинки. Відповідно маневр виїзду включає рух на кривій з'їзду (2'''), на перехідно-швидкісній смузі розгону (2'') і подальше збільшення швидкості у межах проїзної частини основної дороги (2'). Лінія 3 показує зміну швидкості автомобілів транзитного потоку, рух яких відбувається під впливом автомобілів, що заїжджають і виїжджають. Лінія 4 відповідає руху автомобілів, вільних від впливу

транспорту, що з'їжджає і виїжджає у межах зони впливу стоянки L_{Σ} , що складається з:

$$L_{\Sigma} = L'_{\Gamma} + L''_{\Gamma} + L_{\Pi} + L''_{\rho} + L'_{\rho}, \quad (2.16)$$

де $L'_{\Gamma}, L''_{\Gamma}, L'_{\rho}, L''_{\rho}$ – початкова і кінцева ділянки гальмування і розгону;

L_{Π} – проміжна ділянка.

Автомобілі потоку, що з'їжджає, на границі зони впливу починають здійснювати маневр відгалуження, у ході якого відбувається зміна траєкторії і деяке зниження швидкості руху від V_{Π} до V_1 . У даному випадку величина V_1 – швидкість з'їзду на перехідно-швидкісну смугу, рухаючись на якій автомобіль знижує швидкість до V_2 – швидкості в'їзду на криву примикання під'їзду. Аналогічним чином можна роз'яснити зміну швидкості руху автомобілів при виїзді зі стоянки, де відбувається збільшення швидкості від V_3 (на кривій з'їзду), V_4 – виїзду з перехідно-швидкісної смуги до V_K – кінцевої швидкості ($V_K = V_{\Pi}$) [14].

Для різних типів планування під'їздів при одній і тій же швидкості в'їзду автомобілів у зону впливу стоянки (V_{Π}) реалізуються різні епюри зміни швидкості. Чим більша довжина перехідно-швидкісної смуги, тим менше зниження швидкості транзитних автомобілів у межах основної дороги, а отже і втрати часу, викликані впливом транспорту, що з'їжджає і виїжджає.

Нехай на відрізку проїзної частини дороги (зоні впливу спорудження L_{Σ}) у різних точках зафіксовані значення миттєвих швидкостей руху автомобілів, що утворюють поле експериментальних точок. У якості моделей, що описують зміну середньої швидкості транзитних автомобілів від відстані для ділянок зони впливу (L_{Σ}) прийняті: лінійна ($V = a_0 + a_1 l$) і парабола ($V = a_0 + a_1 l + a_2 l^2$),

де l – відстань, м;

V – швидкість, км/год;

a_0, a_1, a_2 – коефіцієнти моделі.

Коефіцієнти a_0, a_1, a_2 для моделей $V = f(l)$ визначаються за методом найменших квадратів, тобто зважувалися системи рівнянь [16]:

для лінійної моделі:

$$\begin{cases} a_0 n + a_1 \sum_{i=1}^n l_i = \sum_{i=1}^n V_i \\ a_0 \sum_{i=1}^n l_i + a_1 \sum_{i=1}^n l_i^2 = \sum_{i=1}^n V_i l_i \end{cases}; \quad (2.17)$$

для параболи:

$$\begin{cases} a_0 n + a_1 \sum_{i=1}^n l_i + a_2 \sum_{i=1}^n l_i^2 = \sum_{i=1}^n V_i \\ a_0 \sum_{i=1}^n l_i + a_1 \sum_{i=1}^n l_i^2 + a_2 \sum_{i=1}^n l_i^3 = \sum_{i=1}^n V_i l_i \\ a_0 \sum_{i=1}^n l_i^2 + a_1 \sum_{i=1}^n l_i^3 + a_2 \sum_{i=1}^n l_i^4 = \sum_{i=1}^n V_i l_i^2 \end{cases}, \quad (2.18)$$

де l_i V_i – значення відстані в середині інтервалу і відповідне йому значення швидкості.

Модель дозволяє переходити від експериментальних даних, що мають значний розкид до гладких теоретичних кривих, виходячи з того, що при дуже великій кількості вимірів реалізується нормальний розподіл навколо середніх значень. Дійсно, аналіз побудованих теоретичних кривих зміни швидкості на різних ділянках зони впливу (L_Σ) показав правомірність їхнього використання. Вони точно реалізують фізичний зміст зміни швидкості на різних ділянках інтервалу, який описується.

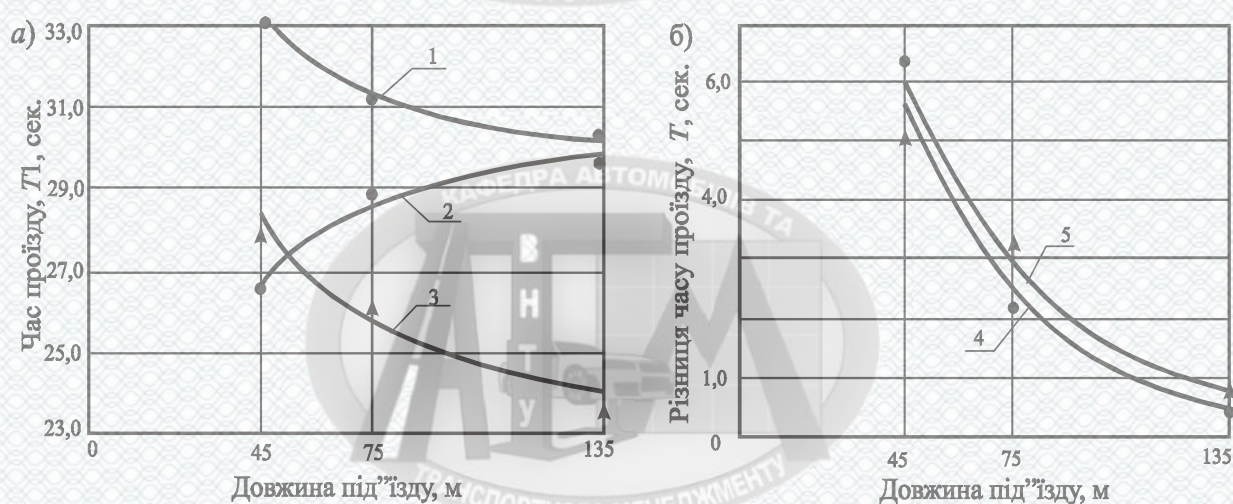


2.3 Дослідження закономірностей руху автомобілів на в'їздах і виїздах зі стоянки

Методика досліджень передбачає вивчення режиму руху автомобілів, які заїжджають і виїжджають зі стоянки, з метою визначення впливу розміщення стоянок (їх конфігурації та довжини), під'їздів до них на процес руху.

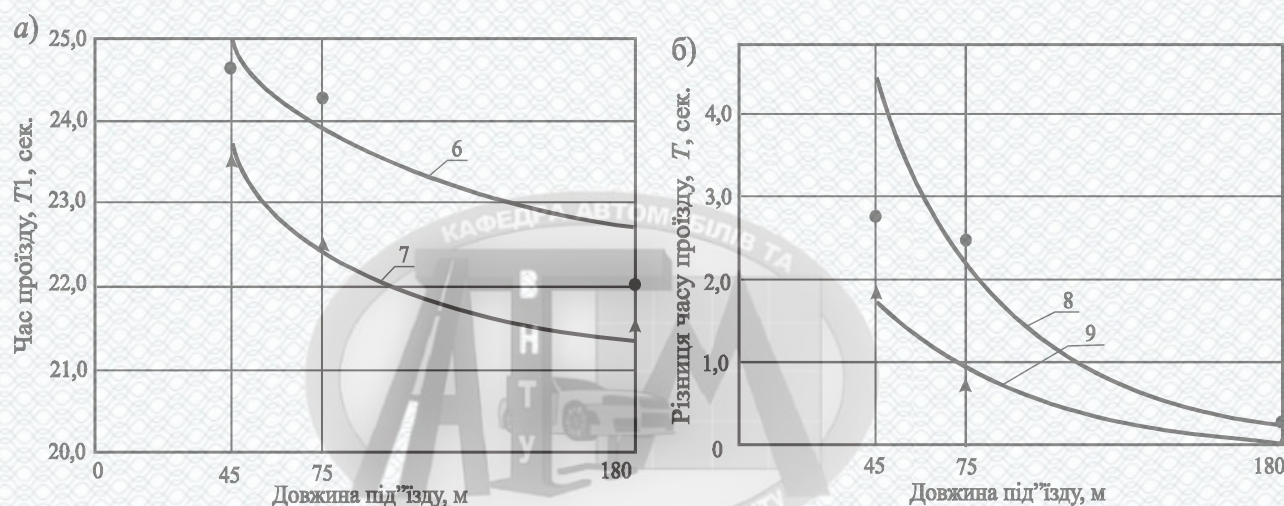
Особливістю режиму руху транспорту, що заїжджає на територію стоянки є те, що завершальна фаза маневру з'їзду здійснюється на території стоянки. Зниження швидкості розпочинається за 100 м від стоянки і найбільш інтенсивне на останніх 25–50 м. Значення початкових швидкостей інтенсивного гальмування для двосмугової дороги складають 45 – 50 км/год, а для чотирьохсмугової дороги – відповідно 55 – 60 км/год.

На основі отриманих даних побудовані графіки залежностей часу проїзду автомобілями зони впливу (T_1) і різниці часу проїзду “вільними” і “пов'язаними” автомобілями (Δt) (рис. 2.5, 2.6).



а) час проїзду автомобіля зони впливу; б) різниця часу проїзду зони впливу “пов'язаними” і “вільними” автомобілями

Рисунок 2.5 – Вплив параметрів в'їздів на стоянку для двосмугової дороги



а) час проїзду зони впливу “пов’язаними” автомобілями; б) різниця часу проїзду зони впливу “пов’язаними” і “вільними” автомобілями

Рисунок 2.6 – Вплив параметрів в’їзду на стоянку для двосмугової дороги

Можливість виїзду автомобіля з території стоянки визначається наявністю визначеного інтервалу часу між автомобілями в транспортному потоці основної дороги. При цьому мінімальний розмір використовуваного для впливання інтервалу (граничний проміжок часу) залежить від інтенсивності руху по дорозі, швидкості автомобіля, що вливається, наявності і параметрів під’їзду.

Дослідженнями встановлено, що на відміну від пересічень і примикань на дорогах, при виїзді з території стоянки відсутні простої транспорту, тому що водії до початку руху з місця паркування автомобіля завжди мають можливість оцінити обстановку на дорозі і вибрати найбільш вдалий момент для початку руху. Крім того, в даному випадку не має сенсу облік втрат часу водіїв, які знаходяться на стоянці [16].

2.4 Висновки до розділу 2

Пропускна здатність змінюється за рахунок маневрування автомобілів для здійснення поворотів ліворуч та праворуч, під’їзду до краю проїзної частини для

паркування, при заїзді та виїзді зі стоянки, а також при паркуванні на проїзній частині вздовж тротуару.

Модель взаємодії потоків автомобілів у зоні впливу автомобільної стоянки аналізує режим руху автомобілів у зонах впливу стоянок, які розташовані у центральній частині міста. Розглянуто особливості руху основного потоку автомобілів, його поділ за напрямками, характер виконання маневрів з'їзду і виїзду.

Закономірність руху автомобілів на в'їздах і виїздах зі стоянки залежить від місця її розташування. Особливістю режиму руху транспорту, що заїжджає на територію стоянки є те, що завершальна фаза маневру з'їзду здійснюється на території стоянки. Можливість виїзду автомобіля з території стоянки визначається наявністю визначеного інтервалу часу між автомобілями у транспортному потоці основної дороги. При цьому, граничний проміжок часу вливання залежить від інтенсивності руху, швидкості автомобілів.



РОЗДІЛ 3

ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ ПАРКУВАЛЬНИХ МАЙДАНЧИКІВ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ВУЛИЧНОЇ МЕРЕЖІ МІСТА

3.1. Дослідження стану, техніко-економічних параметрів і створення оптимальної системи паркування

В умовах існуючих міст, особливо в центральних частинах, із забудовою, яка склалась практично неможливо забезпечити стоянками експлуатовані автомобілі, в останній час все більше уваги звертається на використання для таких цілей частини пішохідного тротуару.

При виборі ділянки під автомобільні стоянки необхідно враховувати: умови безпеки пішохідного руху, зручності використання власниками чи водіями автомобілів без перешкод для транзитного руху транспорту. Необхідність в обладнанні таких стоянок для легкових автомобілів виникає:

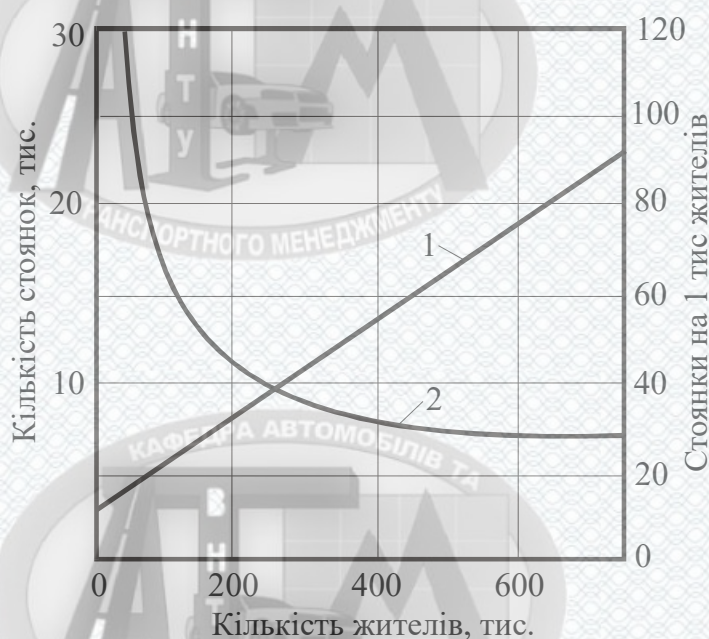
- у центральних районах міст і в центрах житлових районів, де концентруються адміністративно-суспільні, культурно-побутові і торгові будинки, що викликають необхідність транспортного обслуговування як працюючих у цих установах, так і відвідувачів;
- у районах масової періодичної концентрації відвідувачів: стадіонів, виставок, парків, театрів, клубів, універмагів чи культурно-побутових об'єктів відпочинку;
- у містах тимчасового перебування відвідувачів: готелях, будинках відпочинку, пансіонатах, туристичних базах, санаторіях, лікарнях чи інших пунктах короткочасного проживання;
- у пунктах розміщення місць праці: заводів, фабрик, установ, університетів, вищих і середніх спеціальних навчальних закладів тощо;
- у житлових районах;
- у місцях постійного зберігання, обслуговування, заправлення та ремонтів;

– у пунктах тимчасового зберігання і поточного обслуговування автомобілів, мотелів і кемпінгів;

– центральних ділових районах міста.

Гострого значення набуває проблема автомобільного паркування в центральній частині міста. При вирішенні проблеми паркування автомобілів особливу увагу слід звернути на потребу стоянок в центральних ділових районах міста. У містах США автостоянки в центральних ділових районах займають 9 – 15 % всієї площі, а потреба в них визначається із розрахунку: одне місце на кожні 3 – 4 чол., що прибувають в район на автомобілях [7].

На рис. 3.1 показано кількість автомобільних стоянок в центральній діловій частині міста, віднесену до кількості жителів міста.



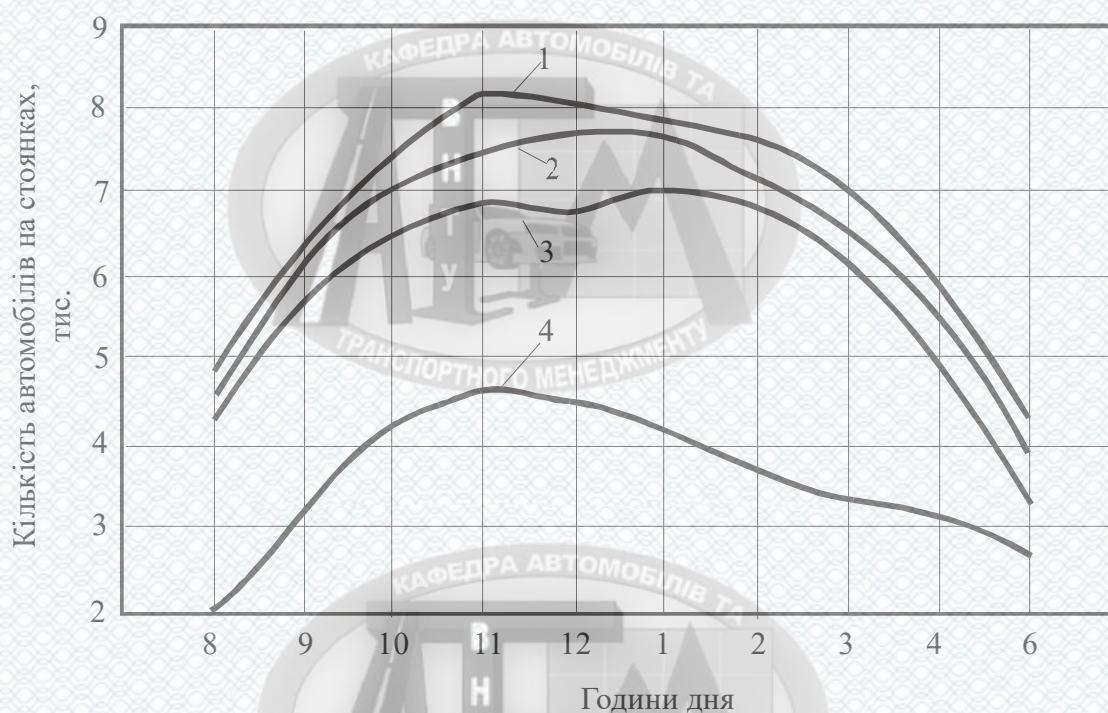
1- загальна кількість стоянок; 2- стоянки, віднесені на 1000 чол.

Рисунок 3.1 – Кількість стоянок в ЦЧ міста, віднесена до кількості жителів міста[17]

Оцінка потреби в кількості і розмірах місця для паркування автомобілів є складною проблемою при плануванні стоянки, оскільки фактичне використання

наявних для цих цілей ділянок основана на можливому забезпеченні мінімально можливої відстані стоянки до цілі поїздки. Реальна потреба у стоянках визначається шляхом оцінки того, де водії, які приїхали у центральну частину міста, віддають перевагу “паркуванню”.

Типові дані про накопичення автомобілів на стоянках у різних за величиною містах свідчать про те, що величина накопичення залишається постійною приблизно до 15 годин, після чого автомобілі залишають центральну частину міста. Характерні криві накопичення автомобілів, побудовані для декількох днів тижня, показують, що пік накопичення припадає на понеділок (рис. 3.2).



1 – понеділок; 2 – п'ятниця; 3 – середа; 4 – субота

Рисунок 3.2 – Типова крива накопичення автомобілів ЦЧ міст у різні дні тижня [17]

До інших характеристик, що стосуються типових кривих накопичення, відносяться:

– пікові накопичення, обґрунтовані поїздками за покупками та в особистих справах. Для невеликих міст пік накопичення спостерігається близько 15 години, а для великих міст – близько 13 години;

– піки накопичення, обґрунтовані поїздками на роботу, спостерігаються у всіх містах у ранковий час (з 10.30 до 11.00 год);

– накопичення автомобілів біля тротуарів майже постійне, при цьому у великих містах це має місце з 11.00 до 15.00 години, а в невеликих – з 11.00 до 16.00 години;

– у великих містах накопичення автомобілів біля тротуарів о 9 і о 17 год складає близько 40% від максимуму накопичення, а для невеликих міст цей тип накопичення рівний 80% .

Аналізуючи проблему паркування автомобілів у центральній частині міста, виникає потреба у розгляді питання паркування автомобілів. Для цього доцільно розбити центральну частину міста на дві частини: з центром притягнення та без центру притягнення автомобілів.

Отже, центрами притягнення автомобілів у центральній частині міста можуть бути різні об'єкти скупчення людей. Так як у центральній частині міста неможливо знайти місця для паркування, власники транспортних засобів вимушені залишати свої автомобілі за межами центральної частини, на периферії. У периферійних районах міста влаштовуються автомобільні стоянки поблизу станцій приміської залізниці, метрополітенів та інших видів транспорту[17].

Індустріально розвинені країни мають величезний досвід, який свідчить про те, що зростання кількості автомобілів тягне за собою ряд наслідків, серед яких потрібно відзначити такі:

- зміна характеру поселення, збільшення відстані переміщення;
- потреба у великій кількості пального;
- значне забруднення оточуючого середовища;
- зменшення значущості громадського транспорту;
- транспортні затори на вуличних та дорожніх мережах, великі витрати на їх реконструкцію та розвиток;

– недостатня кількість місць для автомобілів, що стоять в пунктах скупчення власників транспортних засобів, об'єднаних спільними інтересами.

Останнє з названого стає все більш гострою та загальною проблемою і примушує по-новому подивитись на проблему паркування автомобілів.

До цих пір у рішеннях питань про розміщення транспортних засобів часто переважає містобудівний підхід, тобто автомобільна стоянка розглядається як місце збереження транспортних засобів і її місткість залежить від загальної кількості жителів того району, де вони мешкають чи працюють, та загальної кількості автотранспортних засобів, що зареєстровані в ньому [17].

Для усунення стоянки автомобілів, що розміщені в один ряд на проїзній частині вздовж тротуару, альтернативою може бути використання автомобільної стоянки для паркування як інженерно-планувального заходу організації дорожнього руху. При вирішенні цього питання важливу роль грає необхідна кількість стоянок з точки зору організації дорожнього руху (тобто як засобу, що покращує умови руху) [18]. Доцільно буде розбити рішення проблеми на основні етапи:

I етап: визначення “транспортних районів” – це обмежена ділянка вулично-дорожньої мережі міста, де транспортна ситуація склалася таким чином, що введення стоянок, як заходу організації дорожнього руху, необхідне та виправдане з соціально-економічної точки зору.

Для виділення з вулично-дорожньої мережі міста “транспортного району” можна використати такі критерії:

- класифікація та районування міської вулично-дорожньої мережі;
- сумарна інтенсивність руху районів у годину “пік”;
- середня швидкість руху;
- коефіцієнт завантаження рухом.

Математична модель визначення “транспортного району” у загальному вигляді може бути записана:

$$T = f(N_c, V_c, Z), \quad (3.1)$$

де N_c – сумарна інтенсивність руху на основних магістралях району у годину “пік”;

V_c – середня швидкість руху транспортних потоків, що рухаються на магістралях району;

Z – коефіцієнт завантаження рухом магістральної мережі району.

Після визначення меж “транспортного району” необхідно визначити кількість стоянок, що потрібні для обслуговування власників транспортних засобів в “транспортному районі”.

Автомобільна стоянка – це система, що задовольняє попит на паркування транспортних засобів. Тому систему стоянок у цілому для району можна розглядати як багатоканальну систему масового обслуговування, де кожна стоянка є каналом обслуговування, а кількість місць на стоянці, спосіб постановки автомобілів на ній і т.п. – параметрами каналу обслуговування.

Для спрощення задачі будемо вважати, що всі канали ідентичні, а їх параметри є середніми значеннями відповідних величин. У результаті для конкретного району одержуємо якусь “усереднену стоянку”. Для її вибору можна використати такі критерії:

- кількість місць тяжіння транспортних засобів (n_T);
- середня відстань між місцями тяжіння транспортних засобів ($l_{сер}$) або “умовна щільність районів”, як відношення кількості місць тяжіння до загальної площі району (F):

$$K = n_T / F ; \quad (3.2)$$

- коефіцієнт завантаження дороги рухом (Z).

Використовуючи математичний апарат теорії масового обслуговування, визначимо кількість стоянок, що необхідні для обслуговування “транспортного району” та основні параметри обслуговування, яким вони повинні задовольняти:

$$n_c = \frac{NPZ^m}{(m-1) \cdot (mP - N)^2} P(O) + Z, \quad (3.3)$$

де n_c – середня кількість стоянок, необхідних для “транспортного району”;

N – інтенсивність руху транспортних потоків (середнє значення за годину “пік”);

P – середнє значення пропускної здатності вулично-дорожньої мережі;

Z – коефіцієнт завантаження рухом;

m – кількість смуг руху (середнє значення);

$P(O)$ – імовірність наявності на стоянці вільних місць (задаємо, виходячи з того, який рівень комфортності потрібний).

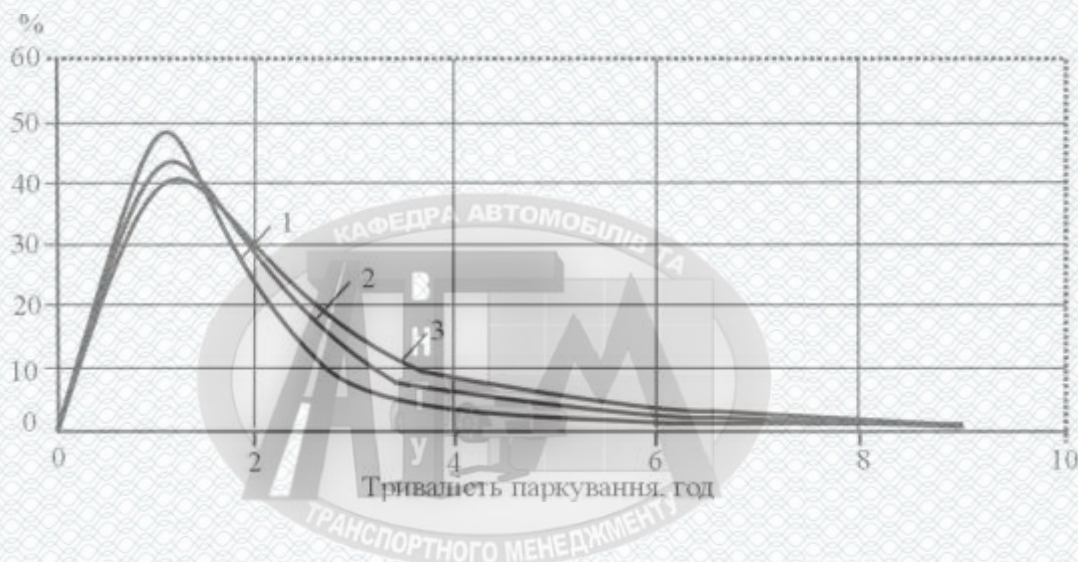
При визначенні потреби в автомобільних стоянках у районі, що досліджується, не менш важливе значення має тривалість паркування автомобіля, або середній “автомобілеобіг” кожного місяця. Середня тривалість перебування автомобілів на позавуличних стоянках США 2 – 4 год, а на вуличних стоянках 70 – 110 хв. Тривалість паркування автомобілів у центральній діловій частині міста безпосередньо пов’язана з метою поїздки, що підтверджено даними табл. 3.1 [19].

Таблиця 3.1 – Тривалість паркування в залежності від мети поїздки, год

Кількість жителів в міських районах, тис. чол.	Мета поїздки			Середня тривалість паркування
	За покупками	В особистих справах	На роботу	
10-25	0,5	0,4	3,5	1,3
25-50	0,6	0,5	3,7	1,2
50-100	0,6	0,8	3,3	1,2
100-250	1,3	0,9	4,3	2,1
250-500	1,3	1,0	5,0	2,7
500-1000	1,5	1,7	5,9	3,0
Більше 1000	1,1	1,1	5,6	3,0

Обіг автомобілів на стоянці можна отримати, враховуючи вхідні та вихідні потоки автомобілів. Так як тривалість паркування на позавуличних стоянках більш тривала ніж на стоянках вздовж тротуарів вулиці, інтервали між послідовними перевірками можуть складати від 20 до 2 год.

З рис. 3.3 видно, що тривалість використання місця на стоянці одним автомобілем залежить від місця розташування стоянки у плані міста та її призначення. Обіг стоянки представляє собою міру використання площі стоянки і вказує на кількість автомобілів різних типів, які користуються стоянками протягом фіксованого проміжку часу (табл. 3.2). Так, як для тривалого паркування більше всього використовуються позавуличні стоянки, великим обігом характеризуються стоянки вздовж тротуарів.



1 – торгова вулиця; 2 – великий супермаркет; 3 – державна установа

Рисунок 3.3 – Графік розподілу автомобілів за тривалістю паркування[19]

Середній час знаходження автомобіля на стоянці (час паркування) можна визначити за формулою:

$$t_c = \frac{PZ^m}{(m-1) \cdot (mP - N)^2} P(O) + \frac{1}{P}. \quad (3.4)$$

а ефективність функціонування стоянки можна визначити за формулою:

$$t_0 = \frac{PZ^m}{(m-1) \cdot (mP - N)^2} P(O), \quad (3.5)$$

де t_0 – середнє значення чекання водіями вільного місця на стоянці (при цьому необхідно прагнути, щоб t_0 дорівнювало 0).

II етап: розподіл “транспортного району” на зони. “Транспортні зони” – це частина транспортного району, що має один або декілька центрів концентрації автомобільного транспорту.

Для визначення характеру “зони” використовуємо такі критерії:

- зміна інтенсивності руху автомобілів протягом доби ($N(t)$);
- середня тривалість знаходження автомобілів на стоянці (час паркування t_c).

За допомогою першого критерію можна зробити таку класифікацію “транспортних зон”:

- зони сталого типу;
- однопікові;
- двопікові;
- реверсивні;
- змішані.

На основі другого критерію “транспортні зони” можна класифікувати на такі типи [19]:

- тип 1-й – основна маса автомобілів не затримується у зоні більше однієї години;
- тип 2-й – основна маса автомобілів знаходиться у зоні від 8 до 10 годин;
- тип 3-й – змішаний (через велику різницю в часі паркування всієї маси автомобілів).

Імовірно, що при визначенні кількості місць паркування необхідно враховувати тип кожної зони. Кожне місце на стоянці є каналом обслуговування, а автомобільна стоянка – системою в цілому. Таким чином, використовуючи систему стоянок як інженерно-планувальний захід організації дорожнього руху і задаючи різні стартові умови, можна забезпечити різні зручності руху. За стартові умови можна прийняти:

- середню кількість зайнятих місць на стоянці (n_3);
- середню відстань від місця паркування автомобіля до цілі руху водія (l_0).

Рішення проблеми паркування можливе двома способами:

- 1) спосіб „знизу вгору”: задавши необхідні значення і йдучи по ланцюжку „транспортна зона” (параметри, межі) – „транспортний район” (параметри, межі);
- 2) спосіб „зверху до низу”: по ланцюжку „транспортний район” (межі, параметри) – „транспортна зона” (межі, параметри) – місце паркування.

3.2 Визначення методики формування пропускної здатності системи паркувальних майданчиків в районах інтенсивного паркування міста

Міру використання площі стоянок характеризує саме пропускна здатність, що служить мірою кількісної оцінки ефективності її роботи і вимірюється числом автомобілів, які мали б можливість паркуватися на стоянці протягом визначеного часу. Цілком очевидним є те, що визначення пропускної здатності стоянок пов'язане, у першу чергу, з їхнім функціональним призначенням та місцем розташування.

Паркування носить випадковий характер і може бути описано імовірними математичними моделями, що відображають найбільш повно реальні умови паркування. Особливістю процесу паркування є його масовість, що виявляється в тім, що протягом коротких порівняльних проміжків часу на стоянку біля тротуару прибуває значне число транспортних засобів, а приблизно таке ж вибуває. Тому, за аналогією з іншими масовими процесами, процес паркування і його закономірності можуть бути описані з використанням теорії масового обслуговування (ТМО).

Для побудови математичної моделі опису “роботи” стоянок біля тротуарів як систем масового обслуговування необхідно знати характеристики потоку вимог (тобто потоку автомобілів, що прибувають на стоянки), характеристики обслуговування (чи паркування) і, нарешті, структуру системи, яка обслуговує. Встановлено, що потік автомобілів, що прибувають на стоянку біля тротуару відноситься до класу найпростіших потоків, у яких імовірність надходження P дорівнює k автомобілів у проміжок часу t дорівнює $P_t(k)$ і визначається функцією Пуассона (закон поступання основного потоку):

$$P_k(t) = (\lambda_t)^k / k! e^{-\lambda_t} \quad (k = 1, 2, \dots), \quad (3.6)$$

де λ_t – середнє число автомобілів, що прибувають на стоянку в одиницю часу, авто/хв.

Доказ оснований на порівнянні теоретичних (показовий закон) і емпіричних даних розподілів інтервалів між прибуттями автомобілів на стоянки біля тротуарів [20].

Емпіричний розподіл частот (рис. 3.4) задовільно описується теоретичною кривою. Перевірка критерію згоди χ^2 по R – критерію свідчить про неістотність розбіжностей між емпіричним і теоретичним розподілами.

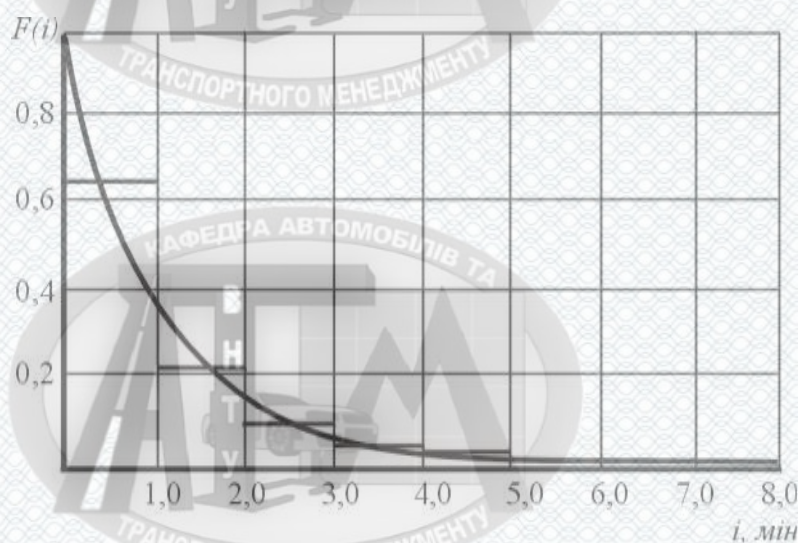


Рисунок 3.4 – Теоретичний та експериментальний розподіл інтервалів між прибуванням автомобілів на стоянку [20]

Характеристики обслуговування визначаються дисципліною і часом обслуговування. Очевидно, що стоянка біля тротуару як система масового обслуговування має дисципліну обслуговування – “першим прибув – першим обслуговуєшся”, і є системою з відмовленнями, тому що, якщо всі місця паркування (канали обслуговування) зайняті, автомобіль (заявка) повинен залишити систему (п. 15.4. Правил дорожнього руху обумовлює, що “Транспортні засоби не дозволяється ставити на проїзній частині в два і більше ряди”) [21].

На рис. 3.5 показані широкі діапазони розподілу зміни часу обслуговування: від 3 – 4 хв. до 10 – 11 год. Як видно з графіку (рис. 3.5), при значній тривалості стоянки (більш 2,5 год) відхилення теоретичної імовірності від фактичної частоти істотно зростає.

При тривалості паркування t до 2,5 год розбіжності фактичної частоти і теоретичної імовірності незначні.

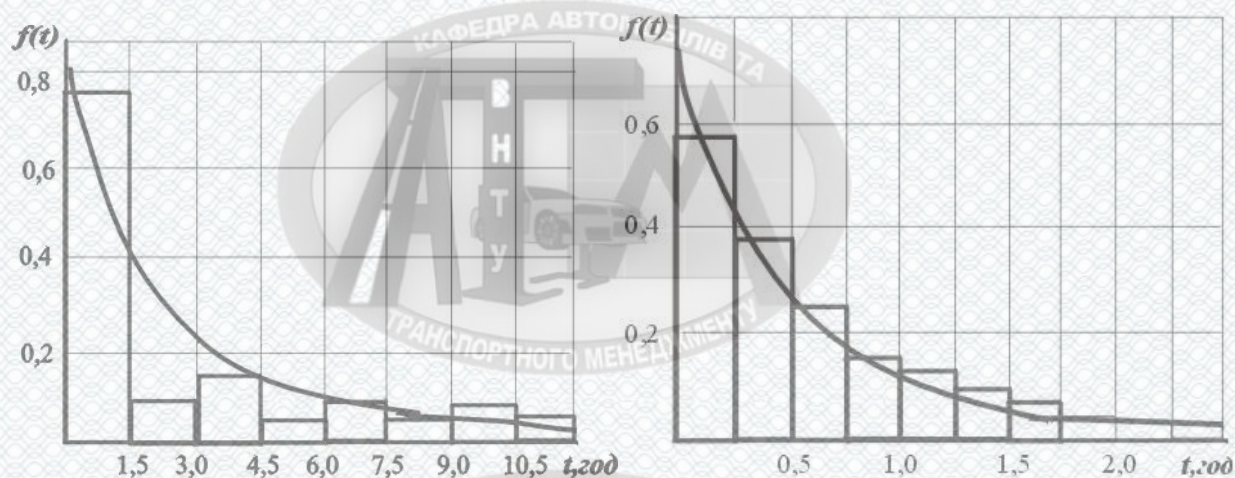


Рисунок 3.5 – Теоретичний та експериментальний розподіл тривалості паркування t

Якщо говорити про структуру систем обслуговування, то біля тротуарні стоянки є багатоканальними однофазними системами з рівнобіжними неоднорідними каналами, тому що число місць для паркування n практично завжди більше одиниці; однофазними – через те, що процес обслуговування полягає в одній фазі: “зайняв місце – звільнив”.

У цілому ряді робіт, присвячених теорії масового обслуговування, доведено, що якщо потік вимог на обслуговування діє за законом Пуассона, а час їхнього обслуговування діє за показовим законом, то в цьому випадку процес обслуговування належить до класу дискретних марковських випадкових процесів з безупинним часом. Система диференційно-різницевих рівнянь, що описують ці процеси (точніше кажучи – імовірності станів системи), є класичною, називається системою рівнянь Ерланга і має наступний вигляд:



$$\left. \begin{aligned} dp_0(t)/dt &= -\lambda p_0(t) + \tau p_1(t) \\ dp_k(t)/dt &= (\lambda + k\tau) p_k(t) + \lambda p_{k-1}(t) + (k+1)\tau p_{k+1}(t) \\ dp_n(t)/dt &= -n\tau p_n(t) + \lambda p_{n-1}(t) \end{aligned} \right\}, \quad (3.7)$$

де $p_0(t)$ – імовірність того, що вся стоянка вільна;

$p_k(t)$ – імовірність того, що зайнято k місць на стоянці;

$p_n(t)$ – імовірність того, що зайнято всі n місць стоянки;

λ – параметр потоку автомобілів, які прибувають на стоянку;

τ – параметри обслуговування, величина обернена середній тривалості паркування.

Звичайно, використовуючи ряд перетворень цієї системи рівнянь і, зокрема, замінюючи відношення величин $\lambda/\tau = \mu$, оперують остаточною формулою закону імовірностей станів (закон Ерланга) (закон поступання на стоянку):

$$p_k = \frac{\mu^k}{k} e^{-\mu} / \sum_{k=0}^n \frac{\mu^k}{k} e^{-\mu} = P_{(k,\mu)} / R_{(k,\mu)}, \quad (3.8)$$

де $\frac{\mu^k}{k} e^{-\mu}$ – число автомобілів, які поступають на стоянку за певний проміжок часу;

$\sum_{k=0}^n \frac{\mu^k}{k} e^{-\mu}$ – сумарна кількість автомобілів, які поступають на стоянку за певний проміжок часу;

$P_{(k,\mu)}$ і $R_{(k,\mu)}$ – табличні функції Пуассоновського розподілу.

Адекватність вищеописаної моделі доведена за допомогою t критерію Стюдента шляхом оцінки середніх розрахункових і натурних значень інтенсивності покидання стоянки автомобілями.

Слід зазначити, що μ характеризує завантаження стоянки і має наступний фізичний зміст: вона дорівнює середньому числу автомобілів, що прибувають на стоянку протягом середньої тривалості паркування.

Середнє число зайнятих місць на стоянці:

$$k = \mu R_{(n-1),\mu} / R_{n,\mu}, \quad (3.9)$$

де $R_{(n-1),\mu}$ і $R_{n,\mu}$ – табличні функції Пуассоновського розподілу.

Імовірність наявності вільного місця на стоянці чи відносна пропускна здатність стоянки p_c може бути знайдена за співвідношенням:

$$p_c = k / \mu. \quad (3.10)$$

Імовірність покидання стоянки буде залежати від часу перебування автомобіля на стоянці. Абсолютна пропускна здатність стоянки буде мати вигляд:

$$P = k / \bar{t}, \quad (3.11)$$

де $\bar{t}$ – середня тривалість паркування, хв.

Затримка в'їзду автомобіля на стоянку буде залежати від імовірності відсутності на автомобільній стоянці вільного місця:

$$p_0 = 1 - p_c. \quad (3.12)$$

Середній час відсутності вільного місця (затримка):

$$t_{p_0} = \bar{t} / n. \quad (3.13)$$

Взагалі, в залежності від поставленої мети, може бути запропоновано досить багато способів опису і виміру масштабів діяльності в області організації паркування транспортних засобів. Серед усіх можливих характеристик в якості найбільш важливих є наступні:

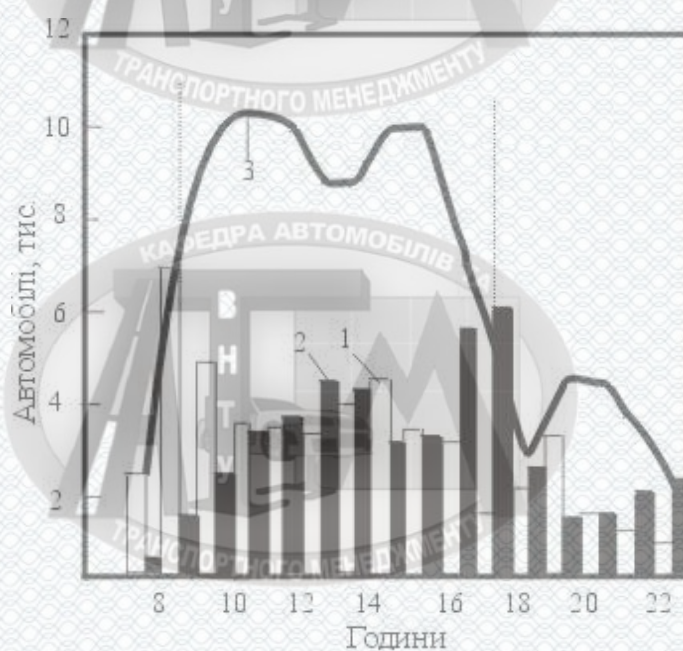
- тип;
- мета поїздки більшості автомобілів (85% забезпеченості);
- використання даної стоянки;
- тривалість паркування;
- місцезнаходження;
- добова наповненість (чи число автомобілів, що користуються стоянкою протягом доби);
- максимальне завантаження (чи максимальне зайняте число місць на стоянці);
- максимальне число автомобілів, що прибувають на стоянку за ранковий і вечірній час пік;
- число автомобілів, які залишаються на збереження в нічні години;
- середньодобова наповнюваність одного місця (оборот чи пропускна здатність одного місця паркування);
- завантаження (чи використання місць на стоянці);
- відношення максимального завантаження до добового наповнення (чи індекс паркування).

Добове наповнення і максимальне число автомобілів на ній являють собою характеристики, другорядні за впливом, але не за значенням. Наповнення стоянки за 24 год (чи за 16 год за добу) являє собою звичайно результат більшості досліджень, пов'язаних з моделюванням процесів паркування, а максимальне число автомобілів, які паркуються одночасно, використовується за рубежом як основний показник при розробці комплексних схем організації руху і збереження транспорту, причому у цих випадках ключовим параметром є індекс паркування.

Кількісна оцінка індексу паркування являє собою інтегральну функцію характеристик прибуття і вибуття автомобілів. Типовий зразок потоків автомобілів,

які прибувають і від'їжджають, з результативною діаграмою заповнювання стоянок у центральному районі міста приводиться на рис. 3.6.

Години найбільшого наповнення стоянки автомобілями чи її максимального завантаження (у приведеному випадку 10 – 11) не збігаються з годинами найбільшого прибуття чи вибуття автомобілів (8 – 9 і 17 – 18), тобто автомобілі, що знаходяться на стоянці у години її максимального завантаження, прибувають у більш ранні години [22].



- 1 – прибуття на стоянку; 2 – покидання стоянки;
3 – результативне накопичення

Рисунок 3.6 – Типовий характер прибування і від'їзду автомобілів у центральній частині міста

Як показують результати досліджень, у період максимального завантаження стоянки загальне число автомобілів з тривалим терміном паркування досить велике, в той час як число автомобілів з малою тривалістю паркування незначне. Іншими словами, стоянки автомобілів з великою тривалістю перебування мають низькі кількісні оцінки індексу паркування, тоді як стоянки з короткочасним перебуванням – досить високий індекс паркування.

Закономірно, що в міру наближення до центру міста інтенсивність прибуття на паркувальні місця різко зростає.

Підвищення пропускної здатності стоянок досягається також за рахунок введення обмежень на тривалість паркування. За кордоном цей метод використовується дуже широко і розглядається як високоефективний спосіб вирішення проблем стоянок.

Процес паркування на стоянці з обмеженням часу перебування може бути прогнозований при наступних припущеннях:

- автомобілі з тривалістю паркування більше 6 годин у прогнозованій системі не обслуговуються. Це припущення зроблене на підставі припущення, що причиною появи таких автомобілів на стоянці є приїзд на роботу в особистому легковому автомобілі;
- час перебування на стоянці автомобілів, що знаходяться на рядках нижче 8-й і 4-й, буде близько до встановленого обмеження відповідно 120 і 60 хв.
- відсутні порушення встановленого режиму.

3.3 Оцінка покращення організації дорожнього руху, а саме безпеки руху АТЗ в районі інтенсивного паркування

Усунення різкого порушення режиму руху автомобілів в тій частині ДТП, які можуть бути викликані наявністю стоянок – це безпека руху в районі інтенсивного паркування транспортних засобів. Тому необхідно розглянути ряд заходів, які забезпечать безпеку і зручність руху як транзитного потоку автомобілів основної дороги, так і автомобілів, які заїжджають на територію стоянки чи виїжджають з неї на дорогу [23].

Вимоги забезпечення безпеки руху є основним критерієм оцінки роботи і розміщення стоянок, так як в даному випадку вона є умовою виконання двох інших критеріїв – економічності і зручності експлуатації.

Дійсно, урахування умов безпеки руху впливає на: результати техніко-економічного обґрунтування місткості, параметрів розміщення стоянки відносно

основної дороги; вибір ємності стоянки, кількості і планування під'їздів до неї; методи організації руху автомобілів і пішоходів на території стоянки і в зоні її впливу – на основній дорозі.

Вплив стоянок на безпеку руху автомобілів, які рухаються основною дорогою і під'їздами, можна оцінити за допомогою статистичних даних про кількість і види дорожньо-транспортних подій, а також за величиною коефіцієнта безпеки (K), який характеризує умови забезпечення безпеки руху на даній ділянці дороги за величиною швидкості руху автомобілів при в'їзді на неї [23].

Крім того, в значній мірі, умови руху поблизу району інтенсивного паркування транспортних засобів визначаються співвідношенням інтенсивності руху автомобілів на під'їздах і на основній дорозі. У зв'язку з цим можна визначити поняття зони впливу як ділянки дороги, на довжині якої розповсюджується вплив паркування транспортних засобів на режим і безпеку руху автомобілів.

У загальному випадку, умови безпеки руху в зоні впливу можуть бути визначені шляхом аналізу взаємного впливу транспортно-експлуатаційних характеристик дороги, потоку автомобілів і експлуатаційних параметрів стоянки.

Для оцінки впливу паркування на безпеку руху використовувався показник відносної аварійності (K) [23]:

$$K = \frac{z \cdot k \cdot 10^7}{(N + N_1) \cdot 25}, \quad (3.14)$$

де z – середня кількість подій, зареєстрованих в зоні впливу за рік;

N – інтенсивність руху транспортних автомобілів основною дорогою, авто/добу;

N_1 – інтенсивність руху автомобілів на під'їздах до стоянки, авто/добу;

k – коефіцієнт річної нерівномірності руху;

25 – коефіцієнт, що враховує середню кількість робочих днів на місяць, протягом яких завантаження доріг різко перевищує завантаження у неробочі дні.

Інтенсивність руху на під'їздах до стоянки (N_1) являє собою кількість автомобілів, що побували на території стоянки за добу і визначається як:

$$N_1 = \frac{U_1}{a_n}, \quad (3.15)$$

де U_1 – число водіїв, що скористались послугами стоянки за добовий період її роботи;

a_n – середнє число людей в одному автомобілі з урахуванням складу потоку.

У ході збору й обробки даних, ділянки доріг у районі інтенсивного паркування транспортних засобів можна розділити на ступені: “дуже небезпечні”; “небезпечні”; „малонебезпечні”; “безпечні”. Питома вага дорожньо-транспортних подій в районі інтенсивного паркування транспортних засобів у загальному числі ДТП на дорогах із середньорічною інтенсивністю руху автомобілів у межах 2000-2500 авто/добу склала близько 20 %, а на дорогах, де інтенсивність перевищує 4000 авто/добу, до 25 % ДТП [6].

Основними причинами настільки високої аварійності є ряд недоліків існуючої мережі, до числа основних з яких відносяться: невідповідність попиту місткості і частоти розміщення стоянок; недостатні розміри стоянок; неправильне, з погляду забезпечення безпеки руху, розміщення стоянок; недоліки в організації руху автомобілів і пішоходів у районі інтенсивного паркування транспортних засобів на основній дорозі. Перераховані вище недоліки підтверджують дані про структуру і види дорожньо-транспортних подій пов'язаних зі стоянкою транспортних засобів (рис. 3.12).

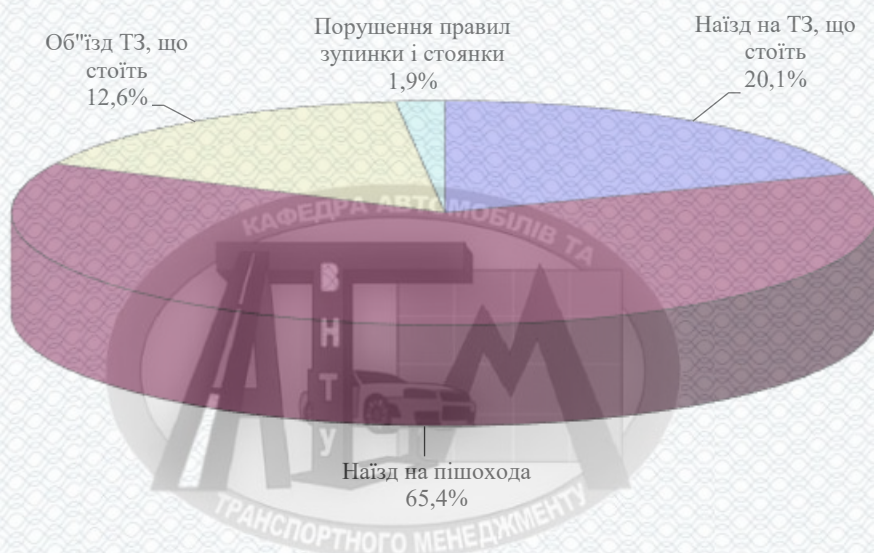


Рисунок 3.7 – Діаграма кількості і видів ДТП в районі інтенсивного паркування транспортних засобів [6]

Основна частина ДТП, які пов'язані із стоянкою транспортних засобів, відбувається в результаті помилок водіїв: наїзд на транспортний засіб, що стоїть (20,1 %), наїзд на пішохода, який вийшов із-за транспортного засобу, що стоїть (65,5 %), зіткнення під час об'їзду транспортного засобу, що стоїть (12,6 %), порушення правил зупинки і стоянки (1,9%).

Таким чином, наявність стоянки, її розміри і параметри розміщення суттєво впливають на безпеку руху [6].

3.4 Практичне застосування автомобільних стоянок для паркування як інженерно-планувальний захід для покращення організації дорожнього руху

Проведені дослідження у сфері паркування транспортних засобів на проїзній частині вулично-дорожньої мережі показали, що воно є дуже містким та інформативним показником, оскільки представляє собою деякі параметри взаємодії транспортних потоків.

Доцільність використання цих показників для вирішення ряду задач при використанні автомобільної стоянки на вулиці обумовлена перш за все тим, що ведеться постійна фіксація транспортних засобів, які користуються автомобільною

стоянкою для паркування, що дає можливість отримувати характеристики, які використовуються в подальшій роботі.

Однією з областей практичного застосування результатів дослідження є визначення необхідної кількості автомобільних стоянок з точки зору організації дорожнього руху як засобу, що покращує умови руху. В основі запропонованої методики, яка відрізняється від існуючих, лежить використання характеру транспортного району, що представляє собою результати взаємодії всіх критеріїв, які його формують та розподіл транспортного району на зони з використанням їх критеріїв (включаючи класифікацію транспортних зон) у конкретних районах міст. Запропонований метод дозволяє враховувати вплив пропускної здатності автомобільних стоянок, які використовуються для паркування транспортних засобів, на величину пропускної здатності вулиць шляхом зміни характеристик вуличних стоянок із зміною їх пропускної здатності.

Результати досліджень дозволили встановити характер зміни пропускної здатності в залежності від розміщення транспортних засобів вздовж проїзної частини. Накопичення транспортних засобів вздовж проїзної частини тягне за собою зміну пропускної здатності вулиці та виникнення заторів. Ступінь накопичення транспортних засобів вздовж проїзної частини залежить від розташування місць їх тяготіння, які не забезпечені або в неповній мірі забезпечені місцями для стоянки автомобілів. Також зниження пропускної здатності виникає при в'їзді чи виїзді автомобілів з місць паркування. Це зниження пропускної здатності також необхідно враховувати при відпрацюванні управляючих дій.

Як показали результати спостережень за автомобільними стоянками, величини обертання автомобілів на них коливаються в достатньо широких межах. Це дозволяє зробити висновок про необхідність використання для визначення пропускної здатності значень тривалого і середнього часу паркування. Це дає можливість отримувати реальне значення величини пропускної здатності, яка може мати місце протягом тривалого проміжку часу. Використання нетривалого паркування автомобілів, обмежене 5-10 хв., приведе до отримання граничного значення пропускної здатності та значень високої аварійності. Такі значення слід вважати

недопустимими. Величина пропускної здатності в даному випадку є величиною теоретичною і не може бути використана для практичних цілей [24].

Другим методом практичного застосування результатів дослідження є використання умов руху автомобілів, значень зміни пропускної здатності для визначення втрат часу автомобілів у зоні впливу стоянок при зміні швидкості руху.

В основі запропонованої методики лежить використання взаємодії пропускної здатності, швидкості і складу транспортного потоку для різних умов. Будь-яка проміжна інтенсивність руху, яка відповідає максимальній швидкості, у середині інтервалу швидкостей $V_n > V_i < V_n$ дає можливість встановити зміни швидкості у середині діапазону $\Delta V = V_{\max} - V_i$, що визначає втрати часу. Маючи значення втрат часу транзитних автомобілів у зоні впливу стоянки, можна визначити загальні втрати часу потоку в зоні впливу стоянки:

$$T_{\text{заг}} = T_1 + T_c + T_2 \quad (3.16)$$

де T_1 , T_2 , T_c – втрати часу транзитних автомобілів відповідно у зоні впливу стоянки.

Третім методом практичного застосування результатів досліджень є використання характеристик руху потоків автомобілів у зоні впливу стоянок для визначення умов безпеки руху транзитних автомобілів при зміні руху автомобілів, що заїжджають та виїжджають з автомобільної стоянки.

Оцінка умов безпеки руху автомобілів у районі інтенсивного паркування транспортних засобів за характеристиками потоків автомобілів представляється з однієї сторони більш точною, а з іншої – зручною і не складною в плані реалізації.

В основі запропонованої методики лежить використання взаємодії транспортно-експлуатаційних характеристик дороги, потоку автомобілів і техніко-експлуатаційних параметрів стоянок. На основі середньої кількості автомобілів, що перебували на території стоянки за добу, визначаються величини інтенсивності руху

автомобілів на під'їздах до стоянки у відповідності до інтенсивності руху транзитних автомобілів [24].

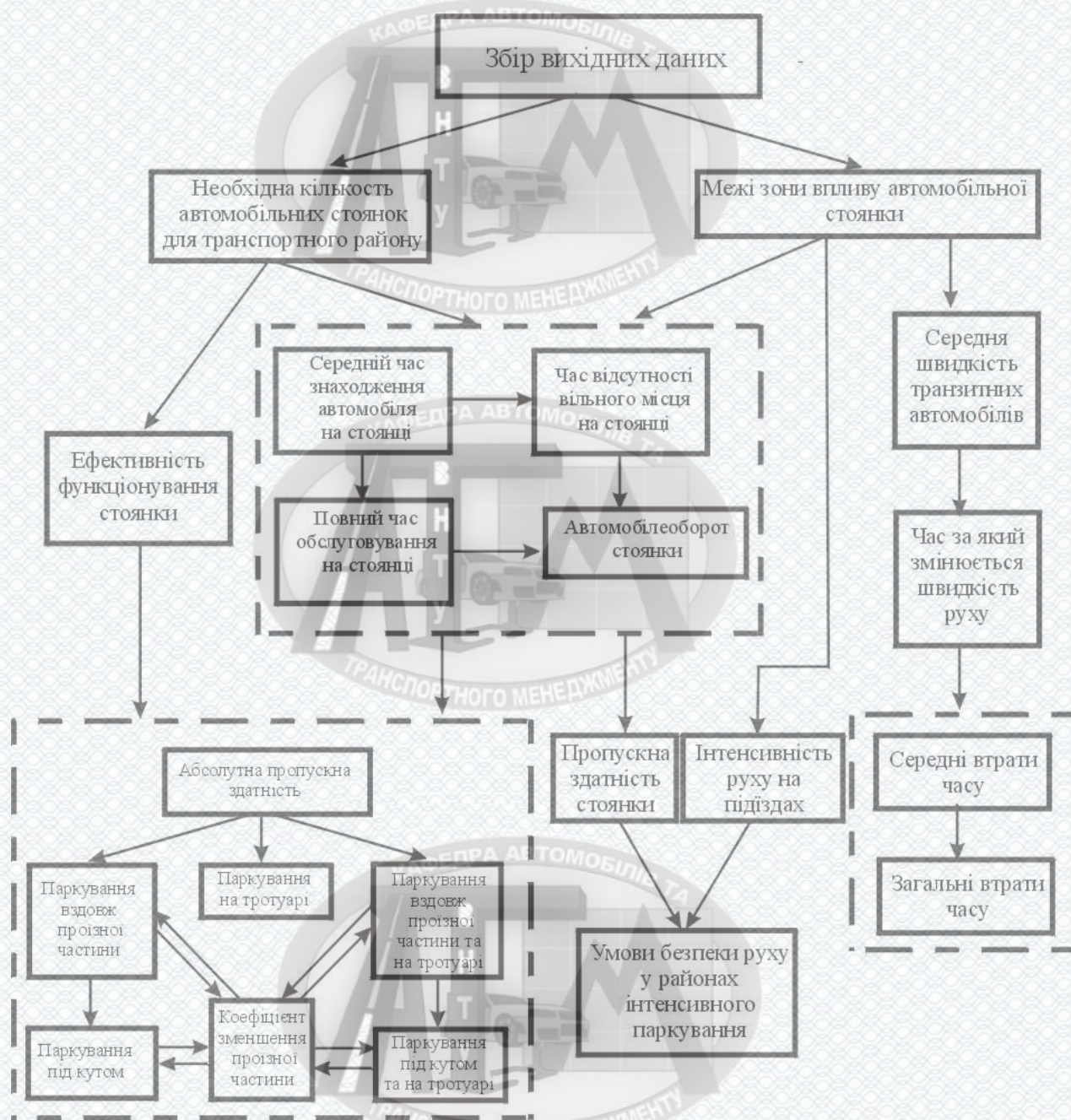


Рисунок 3.8 – Схема формування системи паркування транспортних засобів

Маючи значення інтенсивності руху транзитних автомобілів і значення інтенсивності руху автомобілів на під'їздах до стоянки, існує можливість ввести постійну оцінку показника відносної аварійності.

Така оцінка набирає особливостей змісту при вирішенні ряду критичних ситуацій, які лежать в основі стратегії управління.

Враховуючи дані розташування стоянки, місткості стоянки, інтенсивності і складу потоку автомобілів, організації руху автомобілів і пішоходів, аварійності, можна встановити, до якого ступеню небезпеки відноситься ділянка дороги, що розглядається.

Використання даних підходів для прийняття рішень дозволяє визначити необхідну кількість стоянок для транспортних районів, зон та місць для паркування, пропускну здатність стоянки, пропускну здатність вулиці оцінити умови безпеки руху автомобілів у районі інтенсивного паркування транспортних засобів та економічну ефективність використання стоянок. Знання величин дозволить підвищити гнучкість управляючих дій і уникнути неточностей у прийнятті рішень.

Загальна схема формування системи паркування з використанням автомобільних стоянок як інженерно-планувального заходу організації дорожнього руху представлена на рис. 3.8 [24].

3.5 Визначення кількості автомобільних стоянок, пропускну здатності стоянок та вулиць у районах інтенсивного паркування міст

Методика визначення кількості автомобільних стоянок, пропускну здатності стоянок та вулиць у районах інтенсивного паркування ТЗ включає в себе наступні пункти:

1. Наявність вихідних даних.
2. Визначення необхідної кількості автомобільних стоянок для транспортного району.
3. Визначення середнього часу знаходження автомобіля на стоянці (час паркування), середнього часу відсутності вільного місця на стоянці (затримка).
4. Визначення абсолютної пропускну здатності автомобільної стоянки.
5. Визначення пропускну здатності вулиці при наявності вуличних автомобільних стоянок.

1. Наявність вихідних даних.

Для виділення з вулично-дорожньої мережі міста „транспортного району” необхідно мати інформацію щодо класифікації та районування міської вулично-дорожньої мережі, а також про поточні величини середньої швидкості руху, сумарні величини інтенсивності руху у годину „пік”, склад транспортного потоку, коефіцієнт завантаження рухом.

2. Визначення необхідної кількості автомобільних стоянок для транспортного району[25].

При визначенні кількості автомобільних стоянок для транспортного району попередньо визначається усереднена кількість стоянок, виходячи з умовної щільності району, як відношення кількості місць тяжіння (n_T) до загальної площі району (F). На основі даних значень визначається середня кількість стоянок:

$$n_c = \frac{NPZ^m}{(m-1) \cdot (mP - N)^2} P(O) + Z, \quad (3.17)$$

де n_c – середня кількість стоянок необхідних для “транспортного району”;

N – інтенсивність руху транспортних потоків (значення за годину “пік”);

P – середнє значення пропускної здатності вулично-дорожньої мережі;

Z – коефіцієнт завантаження рухом;

m – кількість смуг руху (середнє значення);

$P(O)$ – імовірність наявності на стоянці вільних місць (задаємо, виходячи з того, який рівень комфортності потрібний).

При визначенні потрібної кількості автомобільних стоянок у районі необхідно враховувати автомобілеоборот кожного місця. Зміна тривалості паркування буде викликати збільшення кількості місць паркування.

3. Визначення середнього часу знаходження автомобіля на стоянці (час паркування), середній час відсутності вільного місця на стоянці [25].

Час знаходження автомобіля на стоянці буде залежати від інтенсивності руху транспортних потоків (середнє значення за годину „пiк”), середнього значення пропускної здатності вулично-дорожньої мережі, кількості смуг руху, коефіцієнта завантаження рухом і буде мати вигляд:

$$t_c = \frac{PZ^m}{(m-1) \cdot (mP - N)^2} P(O) + \frac{1}{P}. \quad (3.18)$$

При розрахунку середнього часу знаходження автомобіля на стоянці необхідно також враховувати місце розташування стоянки (об’єкт, який вона обслуговує), мету поїздки, що можна описати формулою:

$$\bar{t} = 57,3 + 37,6X_1 - 16,7X_2 - 2,1X_3 - 3,3X_1X_2 + 0,9X_1X_3 - 4,6X_2X_3, \quad (3.19)$$

де $\bar{t}$ – середня тривалість паркування, хв..;

X_1 – рівень фактора “мета поїздки”;

X_2 – рівень фактора “категорія транспортних засобів – I”;

X_3 – рівень фактора “категорія транспортних засобів – II”.

Маючи значення середнього часу перебування автомобілів на стоянці, знаючи величину інтенсивності руху транспортних потоків, визначаємо імовірну затримку:

$$t_z = \bar{t} / n. \quad (3.20)$$

У даному випадку ефективність функціонування стоянки визначаємо за формулою:

$$n_o = \frac{PZ^m}{(m-1) \cdot (mP - N)^2} (1 - p_c). \quad (3.21)$$

Маючи значення інтенсивності руху транспортних потоків, пропускної здатності вулично-дорожньої мережі, кількості смуг руху, наявності на стоянці вільних місць, об'єкт, який обслуговує стоянка та відстань від неї до об'єкта обслуговування, визначаємо середній час перебування автомобіля на стоянці та ефективність її функціонування.

4. Визначення абсолютної пропускної здатності автомобільної стоянки [25].

Величина абсолютної пропускної здатності автомобільної стоянки буде залежати від кількості зайнятих місць на стоянці та тривалості паркування і визначається залежністю:

$$P = K / \bar{t}, \quad (3.22)$$

де K – середнє число зайнятих місць на стоянці.

За існуючою методикою визначаємо пропускну здатність автомобільної стоянки.

5. Визначення пропускної здатності вулиці при наявності вуличних автомобільних стоянок[25].

Для визначення пропускної здатності вулиці розіб'ємо рішення на основні етапи:

1. Пропускна здатність вулиці, при безперервному паркуванні автомобілів на проїзній частині:

– коли автомобілі розташовані вздовж проїзної частини, то пропускну здатність визначаємо за формулою:

$$A = \frac{3600v}{(l + 2) + v(1 - V) + 0,13v^2} \cdot \xi(1 - B), \quad (3.23)$$

де V – швидкість, з якою автомобілі вливаються у загальний потік з тротуару, км/год;

B – коефіцієнт зменшення проїзної частини, м;

ξ – кількість смуг руху;

l – середня довжина автомобіля;

v – швидкість руху автомобіля, км/год.

– коли автомобілі розташовані під кутом, то пропускна здатність буде змінюватись за рахунок зміни (B):

$$B = \frac{b + l_0 \sin \alpha + 0,5}{m}, \quad (3.24)$$

де b – ширина автомобіля, м;

l_0 – довжина автомобіля, м;

m – ширина проїзної частини, м.

2. Пропускна здатність вулиці при паркуванні автомобілів на проїзній частині та на тротуарі:

– паркування автомобілів вздовж проїзної частини та на тротуарі:

$$A = \frac{3600v}{(l + 2) + v(1 - V) + 0,13v^2} \cdot \xi(1 - B) - G, \quad (3.25)$$

де G – кількість автомобілів, які в'їжджають та виїжджають з тротуару.

– при паркуванні автомобілів під кутом до проїзної частини та на тротуарі, пропускна здатність буде змінюватись за рахунок зміни (B).

3. Пропускна здатність при паркуванні автомобілів на тротуарі:

$$A = \frac{3600v}{(l + 2) + v(1 - V) + 0,13v^2} \cdot \xi - G(1 - V). \quad (3.26)$$

Для реальної дороги при розрахунку пропускної здатності можна враховувати систему поправних коефіцієнтів, які враховують експлуатаційні умови [25].

3.6 Визначення втрат часу автомобілів у зоні впливу стоянок при зміні швидкості руху

Методика визначення втрат часу автомобілів у зоні впливу стоянок при зміні швидкості руху включає в себе наступні пункти:

1. Наявність вихідних даних.
2. Визначення меж зони впливу автомобільної стоянки.
3. Визначення часу, за який змінюються швидкості руху автомобілів.
4. Визначення середніх втрат часу.
5. Визначення загальних втрат часу.

Далі розглянемо детальніше кожен пункт:

1. Наявність вихідних даних.

В якості вихідних даних служать поточні значення швидкості руху, пропускної здатності автомобільних стоянок, значення початкової і кінцевої ділянки гальмування, територія стоянки.

2. Визначення меж зони впливу автомобільної стоянки.

Розмір зони впливу автомобільної стоянки визначають фактори, які змінюють транспортний потік – в'їзд, виїзд зі стоянки, територія стоянки, що примикає до проїзної частини.

Маючи середні значення ділянок, з яких складається маневр з'їзду на стоянку і маневр виїзду зі стоянки, визначаємо зону впливу стоянки:

$$L_{\Sigma} = L'_G + L''_G + L_{\Pi} + L''_P + L'_P, \quad (3.27)$$

де L'_G, L''_G, L''_P, L'_P – початкова і кінцева ділянка гальмування і розгону.

L_{Π} – проміжна ділянка.

3. Визначення часу, за який змінюються швидкості руху автомобілів.

Значення середньої швидкості транзитних автомобілів буде залежати від ділянки зони впливу. Швидкість можна представити у вигляді:

$$V = \frac{dl}{\delta \cdot t}, \quad (3.28)$$

де V_0 – початкова швидкість руху, км/год;

l – відстань, на якій реалізується зміна швидкості, м.

Маючи значення відстані, на якій реалізується зміна швидкості руху визначимо час, необхідний для зміни швидкості від V_0 до V :

$$t_2 = -\frac{l}{b} \ln \frac{a - \epsilon V}{a - \epsilon V_0}, \quad (3.29)$$

де V_0 – початкова швидкість руху, км/год.

4. Визначення середніх втрат часу.

Середні втрати часу одного автомобіля залежать від відстані, на якій реалізується зміна швидкості та часу, який необхідний для зміни швидкості від V_0 до V . Звідси середні втрати часу одного автомобіля Δt визначаємо за формулою:

$$\Delta t = t_2 - t_1, \quad (3.30)$$

де $t_1 = \frac{l}{V_0}$.

5. Визначення загальних втрат часу.

Загальні втрати часу автомобілів у зоні впливу стоянки залежать від різних факторів: імовірності повороту, зміни щільності потоку, інтенсивності руху основного потоку, інтервалу, на якому відбувається зниження швидкості автомобілем, що з'їжджає з дороги, і складається з:

$$T_{\text{заг}} = T_1 + T_C + T_2, \quad (3.31)$$

де T_1 , T_C , T_2 – втрати часу транзитних автомобілів у зоні впливу автомобільної стоянки чи паркомість.

Отже ситуація, при якій виникають зазначені втрати часу, в даному випадку аналогічна перетинанням доріг і характеризується наступними умовами: існування у зоні впливу групи чи пачки взаємозалежних автомобілів; наявність у групі, принаймні, одного автомобіля, який знижує швидкість для виконання маневру з'їзду; розміщення автомобілів у групі – автомобіль, який з'їжджає, не повинен бути останнім у групі. Імовірність сукупності цих умов дорівнює добутку імовірностей, тобто:

$$P_y = [1 - P_c(n=1)] \frac{N_1}{N + N_1} 0,5, \quad (3.32)$$

де P_y – імовірність виникнення ситуації, при якій здійснюється зниження швидкості руху потоку прямого напрямку;

$P_c(n=1)$ – імовірність появи в потоці одиночного автомобіля;

$\frac{N_1}{N + N_1}$ – імовірність наявності у загальному потоці з інтенсивністю $(N + N_1)$ авто потоку, що повертають праворуч, інтенсивністю N_1 ;

0,5 – імовірність того, що автомобіль, який з'їжджає з дороги, не останній у групі.

Залежність швидкості руху автомобілів від зон впливу автомобільної стоянки дозволило визначити та оцінити втрати часу автомобільним транспортом у різних умовах руху при різних інтенсивностях руху.

3.7 Визначення умов безпеки руху та економічної ефективності паркування

Запропонована методика визначення умов безпеки руху у районі інтенсивного паркування транспортних засобів включає у себе наступні пункти:

1. Наявність вихідних даних.

В якості вихідних даних служать дані про види і кількість звітних дорожньо-транспортних подій на даній ділянці дороги за один рік, аналіз взаємного впливу

транспортно-експлуатаційних характеристик дороги, потоку автомобілів і техно-експлуатаційних параметрів стоянки.

2. Визначення меж зони впливу автомобільної стоянки.

Розмір зони впливу автомобільної стоянки визначають фактори, які змінюють транспортний потік – в'їзд, виїзд зі стоянки, територія стоянки, що примикає до проїзної частини. Маючи середні значення ділянок, з яких складається маневр з'їзду і виїзду визначаємо зону впливу стоянки:

$$L_{\Sigma} = L'_G + L''_G + L_{\Pi} + L''_P + L'_P, \quad (3.33)$$

де L'_G, L''_G, L''_P, L'_P – початкова і кінцева ділянка гальмування і розгону;

L_{Π} – проміжна ділянка.

3. Визначення автомобілеобороту стоянки.

Значення автомобілеобороту стоянки буде залежати від кількості місць на стоянці та часу перебування одного автомобіля на стоянці:

$$U_1 = m \cdot T \cdot \alpha \cdot \eta, \quad (3.34)$$

де m – число місць на стоянці;

T – час роботи стоянки;

α – коефіцієнт обертання одиниці місткості стоянки;

η – коефіцієнт нерівномірності завантаження стоянки за час її роботи.

Коефіцієнт нерівномірності завантаження стоянки за час її роботи η визначається за формулою:

$$\eta = \frac{\sum Z_n}{100 \cdot T}, \quad (3.35)$$

де $\sum Z_n = (Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n)$ – сума погодинного завантаження стоянки протягом дня періоду роботи (з 1-ї до n -ї години).

Знаючи середній час знаходження автомобіля на стоянці, час роботи стоянки, число місць на стоянці і враховуючи коефіцієнт нерівномірності завантаження стоянки, за існуючою залежністю визначимо автомобілеоборот автомобільної стоянки.

4. Визначення повного часу обслуговування на автомобільній стоянці.

Коефіцієнт обертання одиниці місткості (α) рівний максимальній кількості обслуговуючих водіїв за одиницю часу (1 год). Величина α змінюється від долі одиниці (для стоянок з тривалим паркуванням) до 3 – 4 (для стоянок з короткочасним паркуванням) і визначається типом стоянки, режимом і тривалістю її роботи, організацією і формою обслуговування, удосконаленням технологічного обслуговування.

Повне значення часу обслуговування на автомобільній стоянці (t_1) складається з:

$$t_1 = t'_1 + 2t_n = t'_1 + 2\frac{L}{\bar{V}}, \quad (3.36)$$

де t'_1 – середні затрати часу однією людиною в місці відвідування, хв.;

t_n – час підходу від місця паркування автомобіля до дверей приміщення, хв.;

L – відстань від стоянки до дверей приміщення, м;

$\bar{V}$ – середня швидкість руху пішохода, м/хв.

5. Визначення інтенсивності руху на під'їздах.

Інтенсивність руху автомобілів на під'їздах до стоянки являє собою кількість автомобілів, що побували на території стоянки за добу.

$$N_1 = \frac{U_1}{a_n}, \quad (3.37)$$

де U_1 – число людей, які скористувались послугами стоянки за добовий період її роботи;

a_n – середнє число людей в одному автомобілі з урахуванням складу потоку.

Знаючи автомобілеоборот автомобільної стоянки, час чекання автомобілем вільного місця визначаємо інтенсивність руху автомобілів на під'їздах до стоянки.

6. Визначення умов безпеки руху у районі інтенсивного паркування транспортних засобів.

Значення аварійності в зоні автомобільної стоянки буде залежати від кількості автомобілів, які здійснюють маневр для в'їзду та виїзду з автомобільної стоянки та інтенсивності руху.

$$K = \frac{z \cdot k \cdot 10^7}{(N + N_1) \cdot 25}, \quad (3.38)$$

де z – середня кількість подій, зареєстрованих у зоні інтенсивного паркування транспортних засобів за рік;

N – інтенсивність руху транзитних автомобілів основною дорогою, авто/добу;

N_1 – інтенсивність руху автомобілів на під'їздах до стоянки, авто/добу;

k – коефіцієнт річної нерівномірності руху;

25 – коефіцієнт, що враховує середню кількість робочих днів на місяць, протягом яких завантаження доріг різко перевищує завантаження в неробочі дні.

Знаючи кількість подій, які зареєстровані у зоні впливу стоянки, інтенсивність руху на під'їздах до стоянки, інтенсивність руху транзитних автомобілів та значення річної нерівномірності руху, можемо оцінити вплив стоянки на безпеку руху.

Економічну ефективність вибору типу стоянки можна визначити за допомогою загальної формули економічної ефективності:

$$E = \frac{\Pi - 3}{\Pi} \cdot 100\%, \quad (3.39)$$

де E – економічна ефективність стоянки;

Π – прибуток від стоянки;

3 – витрати, пов'язані зі стоянкою.

Прибуток від стоянки визначається доходом безпосередньо самої стоянки (при умові, що вона платна) та прибутком, який отримує об'єкт тяжіння населення зі стоянкою, але без стоянки не отримував би.

Витрати, пов'язані зі стоянкою, можна поділити на дві категорії: вартість спорудження – (Z_c) та витрати на експлуатацію стоянки – ($Z_{\text{експ.}}$).

Витрати на спорудження залежать від вибору типу стоянки, плану, матеріалів та конструкцій, що використовуються для спорудження, конструктивних елементів екологічного захисту та обладнання стоянки, а також включають вартість земельної ділянки, на якій розташована стоянка. Витрати на експлуатацію включають: оренду землі, поточні витрати на обслуговування, планові ремонти та заробітну плату обслуговуючого персоналу [26].

Саме у цій категорії витрат і вступає в силу основний містобудівний фактор, що впливає на вибір типу стоянки – це вартість землі та плата за землю, яка залежить від містобудівних умов розміщення стоянок. Так при великій вартості землі у центральній частині міста, більш ефективно будувати стоянки з меншою потребою площі на один автомобіль – тобто підземні або багатоповерхові.

Окупність стоянки пропонується визначити за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{Z_c}{P - Z_{\text{експ}}}, \quad (3.40)$$

де $T_{\text{ок}}$ – термін окупності (років);

Z_c – витрати на спорудження стоянки;

P – прибуток від стоянки за рік;

$Z_{\text{експ.}}$ – витрати на експлуатацію стоянки за рік.

Необхідні екологічні заходи суттєво впливають на вартість будівництва стоянок, що, в свою чергу, буде визначати її тип та розміщення. Тобто, екологічні вимоги опосередковано через зміни вартості будівництва впливають на вибір типу стоянки.

На ефективність роботи системи автостоянок у містах впливає вірно вибране планувальне рішення кожної стоянки, яке відповідає принципу зручності та безпечності її використання. Ці вимоги закладені в основу запропонованих принципових планувальних схем вирішення вуличних і обособлених стоянок та необхідного їх обладнання.

Крім вірно спланованої та організованої системи автостоянок в місті, дуже важливою складовою частиною ефективної її роботи є кваліфіковане управління міськими автостоянками.

3.8 Висновки по розділу 3

Від правильного вибору площі стоянки і параметрів її розміщення відносно дороги і споруди, яку вона обслуговує, залежить економічність її роботи. Отримано залежності, які дозволяють визначати раціональні параметри розміщення автомобільних стоянок.

Запропонована система паркування з використанням автомобільної стоянки для паркування як інженерно-планувального заходу організації дорожнього руху дасть можливість усунути стоянки автомобілів, що розміщені в один ряд на проїзній частині вздовж тротуару і покращити умови руху.

Величина пропускної здатності автомобільної стоянки характеризує міру використання її площі, міру кількісної оцінки ефективності її роботи, вплив на пропускну здатність вулиці і вимірюється числом автомобілів, які мали б можливість паркуватися на стоянці протягом визначеного часу.

Причинами аварійності є ряд недоліків існуючої мережі, до числа основних відносяться:

- невідповідність попиту місткості і частоти розміщення стоянок;
- недостатні розміри стоянок;
- неправильне, з погляду забезпечення безпеки руху, розміщення стоянок;
- недоліки в організації руху автомобілів і пішоходів у районі інтенсивного паркування транспортних засобів на основній дорозі.

ВИСНОВКИ

Провівши аналіз мережі автомобільних стоянок міста Вінниця, можна зробити висновок, що паркування транспортних засобів повздовж тротуарів чинить негативний вплив на режим руху автомобілів: погіршує видимість, знижує пропускну здатність вулиці на 20 – 40%, підвищує імовірність виникнення дорожньо-транспортних подій, знижує середню швидкість руху транспортного потоку на 40 – 60%, що в свою чергу збільшує викиди відпрацьованих газів автомобілів у навколишнє середовище.

Дослідженнями встановлено, що існуюча мережа міста Вінниця за своїми комплексними і якісними показниками не повністю відповідає потребам учасників дорожнього руху. Основними недоліками є: невідповідність попиту місткості (кількість місць паркування), нераціональне розміщення, зручності під'їзду і виїзду.

У зоні впливу автомобільної стоянки спостерігається закономірність зміни умов руху транспортного потоку за рахунок автомобілів, що здійснюють з'їзд на стоянку а також виїзд зі стоянки. Це приводить до зміни швидкості руху, при в'їзді у зону впливу стоянки швидкість знижується, а при виїзді – збільшується; знижується також пропускну здатність вулиці.

На основі обґрунтованих даних було прийняте рішення вдосконалити методику формування системи паркування транспортних засобів з використанням автомобільної стоянки, як інженерно-планувального заходу організації дорожнього руху, який обумовлений визначенням потреби у стоянках для “транспортного району”, середнього часу знаходження автомобіля на стоянці (час паркування), середнього значення чекання водіями вільного місця на стоянці і дає змогу максимально звільнити проїжджу частину вулиці від транспорту, що стоїть. Таким чином, використовуючи систему стоянок як інженерно-планувального заходу організації дорожнього руху і задаючи різні стартові умови, можна забезпечити різні зручності руху.

Після розробленого алгоритму формування системи паркування розроблено саме методику визначення кількості автомобільних стоянок та зміни їх пропускної здатності, а також зміну пропускної здатності вулиці в залежності від кількості автомобільних стоянок для “транспортного району”, “транспортної зони”.

Дослідження залежності пропускної здатності від швидкості дозволили оцінити втрати часу автомобільним транспортом у різних умовах руху при різних інтенсивностях руху і розробити методику визначення втрат часу. Розроблена методика визначення умов безпеки руху транспортних засобів у районах інтенсивного паркування транспорту в умовах міст дозволить оцінити ділянку дороги, яка розглядається за ступенем небезпеки: дуже небезпечна, небезпечна, малонебезпечна, безпечна.



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до виконання магістерських кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності 275 - «Транспортні технології (за видами) спеціалізації 275.03 – «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» / Уклад. В.В. Біліченко, С.В. Цимбал, В.П. Кужель. – Вінниця: ВНТУ, 2023. – 83 с.
2. Кужель В. П. Екологічна безпека системи паркувальних майданчиків в районах інтенсивного паркування міст / Кужель В.П., Соловей В. Є., Волкова Т.В. // Збірка матеріалів міжнародної науково-практичної конференції за участю молодих науковців «ГАЛУЗЕВІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ – 2024» 24 жовтня 2024, Харків: ХНАДУ, 2024. С. 134-137. ISBN 978-966-1698-83-2
3. Дослідження причин ДТП – Асоціація безпеки дорожнього руху: [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.roadsafety.org.ua> (дата звернення 24.11.2024). – Назва з екрана.
4. Bannert Patrick. Simplification of parkings of automobiles // Traffic Technol. Int. – 2002. – Febr.-March. – P. 68–70.
5. Young W. and R.G. Thompson. PARKSIM/1: A computer graphics approach to parking-lot design. Traff. Engng Control, 28(3). March 1987
6. Лобанов О.О. Моделювання впливу мережі паркування на транспортні потоки в містах : монографія / О.О. Лобанов. – Харків : ХНАМГ, 2010. – 170 с.
7. Осетрін М.М. Особливості автомобілізації міст України (на прикладі м. Київ) / М.М. Осетрін, О.В. Стельмах // Містобудування та територіальне планування. – К. : КНУБА, 2000. – Вип. 5. – С. 176-183.
8. Загоруй О.О. Характеристики і основні залежності паркування транспортних засобів // Безпека дорожнього руху України. – 2005. – № 1-2(20). – С. 60–65.
9. Загоруй О.О. Один з підходів до вирішення питання про паркування транспорту // Безпека дорожнього руху України. – 2003. – № 3-4(16). – С. 50–54.
10. Фоменко О.Я. Правила дорожнього руху України : книга. О.Я. Фоменко, В.Є. Гусар, Б.Л. Раціборинський. – Київ.: Укрспецвидав, 2015. – 112 с.

11. Методичні рекомендації по застосуванню дорожніх знаків, дорожньої розмітки та маршрутному орієнтуванню. К.: Радуга, 2004. – 165 с.
12. Загоруй О.О. Особливості паркування на вулично-дорожній мережі міст // 60 наукова конференція професорсько-викладацького складу і студентів Національного транспортного університету. Тези доповідей. – К.: НТУ, 2004. – С. 122.
13. Стельмах О.В. Містобудівні принципи і методи формування системи паркування легкових індивідуальних автомобілів в крупних та найкрупніших містах України: Автореф. дис... к-та техн. наук: 09.00.08 / Київськ. Нац. універ. будів. і архіт. – К., 2004. – 16 с.
14. Кобилянський О.В. Основи охорони праці. Навчальний посібник. - Вінниця: ВДТУ, 2003. – 100 с.
15. Закон про затвердження Правил охорони праці на автомобільному транспорті – Міністерство надзвичайних ситуацій України: [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z1299-12> (дата звернення 21.10.2024). – Назва з екрана.
16. Охорона праці на транспортні мережі міст – Асоціація безпеки дорожнього руху: [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://bibliograph.com.ua/auto-uchebnik/63.htm> (дата звернення 24.09.2024). – Назва з екрана.
17. Коваль А.А. Методичні підходи до розробки стратегії інноваційного розвитку підприємств України / А.А. Коваль // Актуальні проблеми економіки. — 2006. - № 4 (58). — С. 143-150.
18. Біліченко В.В. Планування та управління інноваційною стратегією автотранспортного підприємства / В.В. Біліченко, С.О. Романюк // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту, Вінниця - 2009, - №1(8), С.90 – 94.
19. Шевченко І.В. Забезпечення стратегічного управління на автотранспортних підприємствах / І.В. Шевченко, Ю.А. Паламарчук // Вісник Хмельницького національного університету. – 2001. - №3, Т.3. - С. 263-266.
20. Зянько В.В. Інноваційне підприємництво: сутність, механізми і форми розвитку. Монографія / В.В. Зянько - Вінниця: УНІВЕРСУМ - Вінниця, 2008. - 397 с.

21. Бідняк М.Н. Планування інвестицій на автомобільному транспорті України / М. Н. Бідняк, Н. М. Бондар. – К. : Б. В., 2000. – 118 с.
22. Біліченко В.В. Трансформаційні процеси та стратегії розвитку автотранспортних підприємств [Текст] / В.В. Біліченко, В. О. Огневий // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2008. – № III (46), т. II. – С. 12–17.
23. Закон України “Про автомобільний транспорт” із змінами і доповненнями, внесеними Законом України від 23 лютого 2006 року № 3492-IV.
24. Організація виробничих процесів на транспорті в ринкових умовах / Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Барілович Л. П., Бойко Г. Ф. та ін. – К.:Логос, 1996. – 348 с.
25. Бідняк М. Н. Виробничі системи на транспорті: теорія і практика. Монографія / М. Н. Бідняк, В. В Біліченко. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2006 – 176 с.
26. ДСТУ 4159-2003. Безпека дорожнього руху. Організація дорожнього руху. Умовні позначення на схемах і планах: Офіційне видання – К.: Держспоживстандарт України, 2003.
27. Буренніков Ю.Ю. Економіка транспорту: навчальний посібник / Ю.Ю. Буренніков – Вінниця: ВНТУ, 2019 – 121 с.
28. Кужель В.П. Основи ліцензування та сертифікації на автомобільному транспорті : навчальний посібник / В.П. Кужель, А.А. Кашканов – Вінниця : ВНТУ, 2018 – 121 с.
29. ВІННИЦЬКА МІСЬКА РАДА «КОМПЛЕКСНА СТРАТЕГІЯ МІСЬКОГО ТРАНСПОРТУ І ПРОСТОРОВОГО РОЗВИТКУ», березень 2015, Режим доступу: <https://2021.vmr.gov.ua/ContentLibrary/C%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%B3%D1%96%D1%8F%20%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D1%83.pdf>

30. Правила паркування і покарання: у Вінниці водіям-порушникам надсилатимуть «листи щастя». Режим доступу: <https://vinnitsa.info/article/pravyla-parkuvannya-i-pokarannya-u-vinnytsi-vodiyam-porushnykam-nadsylatymut-lysty-shchastya>

31. Перелік паркувальних майданчиків у центрі Вінниці, де вас не оштрафують. Режим доступу: <https://vn.20minut.ua/DTP/perelik-parkovovichnih-maydanchikiv-u-tsentri-vinnitsi-de-vas-ne-oshttr-11640210.html>





Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

ІЛЮСТРАТИВНІ МАТЕРІАЛИ
до магістерської кваліфікаційної роботи

зі спеціальності 275 – Транспортні технології (за видами),
спеціалізація 275.03 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті)

**Вдосконалення методики формування системи паркувальних
майданчиків в районах інтенсивного паркування міста
Вінниці з метою покращення організації дорожнього руху**

Розробив студент гр. 1ТТ-23м

Владислав СОЛОВЕЙ

Керівник роботи к.т.н., доцент

Володимир КУЖЕЛЬ

Вінниця ВНТУ 2024

Мета роботи — є покращення організації дорожнього руху шляхом формування системи паркувальних майданчиків в районах інтенсивного паркування міста

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі завдання:

- науково-технічне обґрунтування вдосконалення методики формування системи паркувальних майданчиків в районах інтенсивного паркування;
- дослідження закономірностей руху автомобілів в районах інтенсивного паркування міст;
- обґрунтування методики формування системи паркувальних майданчиків з метою підвищення пропускної здатності вуличної мережі міста.

Об'єкт дослідження – мережа автомобільних стоянок
система паркувальних майданчиків в районах інтенсивного паркування. 3

Предмет дослідження – характеристики автомобільних стоянок міст, значення пропускної здатності в районах інтенсивного паркування транспортних засобів.

Новизна одержаних результатів:

► Дістали подальшого розвитку підходи та принципи вдосконалення та підвищення пропускної здатності вуличної мережі міста шляхом оптимізації паркування транспорту та практичне застосування стоянок як інженерно-планувальний захід організації дорожнього руху, для покращення організації дорожнього руху та транспортної мережі міста.

Практичне значення одержаних результатів.

Автором запропонована методика формування системи паркування з використанням автомобільної стоянки для паркування як інженерно-планувального заходу організації дорожнього руху. Результати досліджень доведено до практичних рекомендацій щодо визначення кількості автомобільних стоянок, пропускної здатності стоянок, втрат часу автомобілів у зоні впливу стоянок, умов безпеки руху транспортних засобів та пропускної здатності вулично-дорожньої мережі в районах інтенсивного паркування транспортних засобів.

Апробація результатів роботи. Проміжні результати досліджень доповідалися й обговорювалися міжнародній науково-практичній конференції за участю молодих науковців «ГАЛУЗЕВІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ – 2024» 24 жовтня 2024, Харків: ХНАДУ.

«ГАЛУЗЕВІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ – 2024»



Збірка матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції за участю молодих науковців

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА СИСТЕМИ ПАРКУВАЛЬНИХ МАЙДАНЧИКІВ В РАЙОНАХ ІНТЕНСИВНОГО ПАРКУВАННЯ МІСТ

*Соловей В.Є., магістр, Кужель В.П., к.т.н., доцент,
Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна
kuzhel2017@gmail.com, kuzhel_v@vntu.edu.ua
Волкова Т.В., к.т.н., доцент
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків,
Україна
wolf949@ukr.net*

Публікації. Кужель В. П. Екологічна безпека системи паркувальних майданчиків в районах інтенсивного паркування міст / Кужель В.П., Соловей В. Є., Волкова Т.В. // **Збірка матеріалів міжнародної науково-практичної конференції за участю молодих науковців «ГАЛУЗЕВІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ – 2024»** 24 жовтня 2024, Харків: ХНАДУ, 2024. С. 134-137. ISBN 978-966-1698-83-2.

Схема доступу в місто для приватного автотранспорту ззовні (в довгостроковому плані, наприклад з новим мостом через залізницю) згідно з «Комплексною стратегією міського транспорту і просторового розвитку»

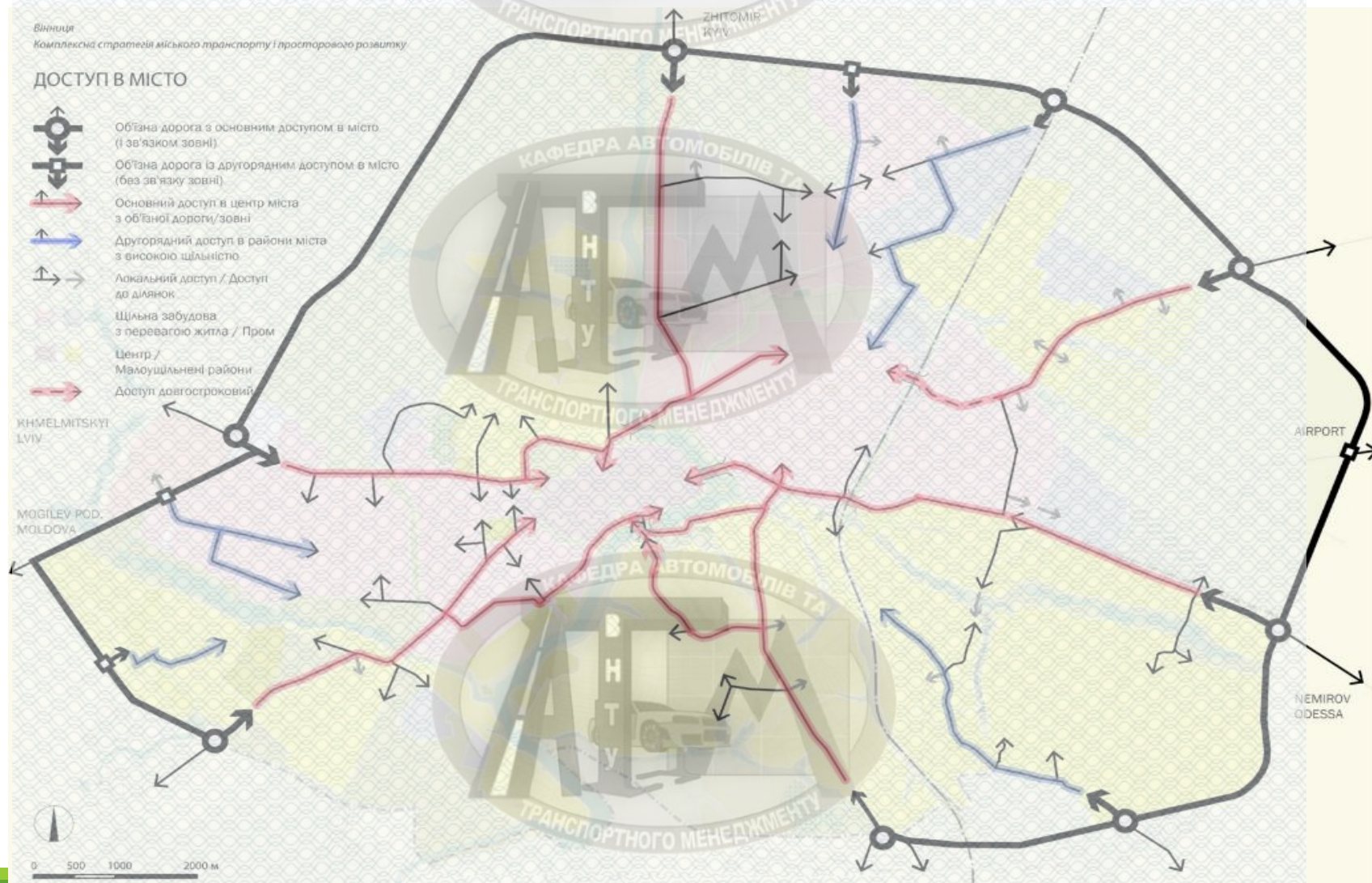
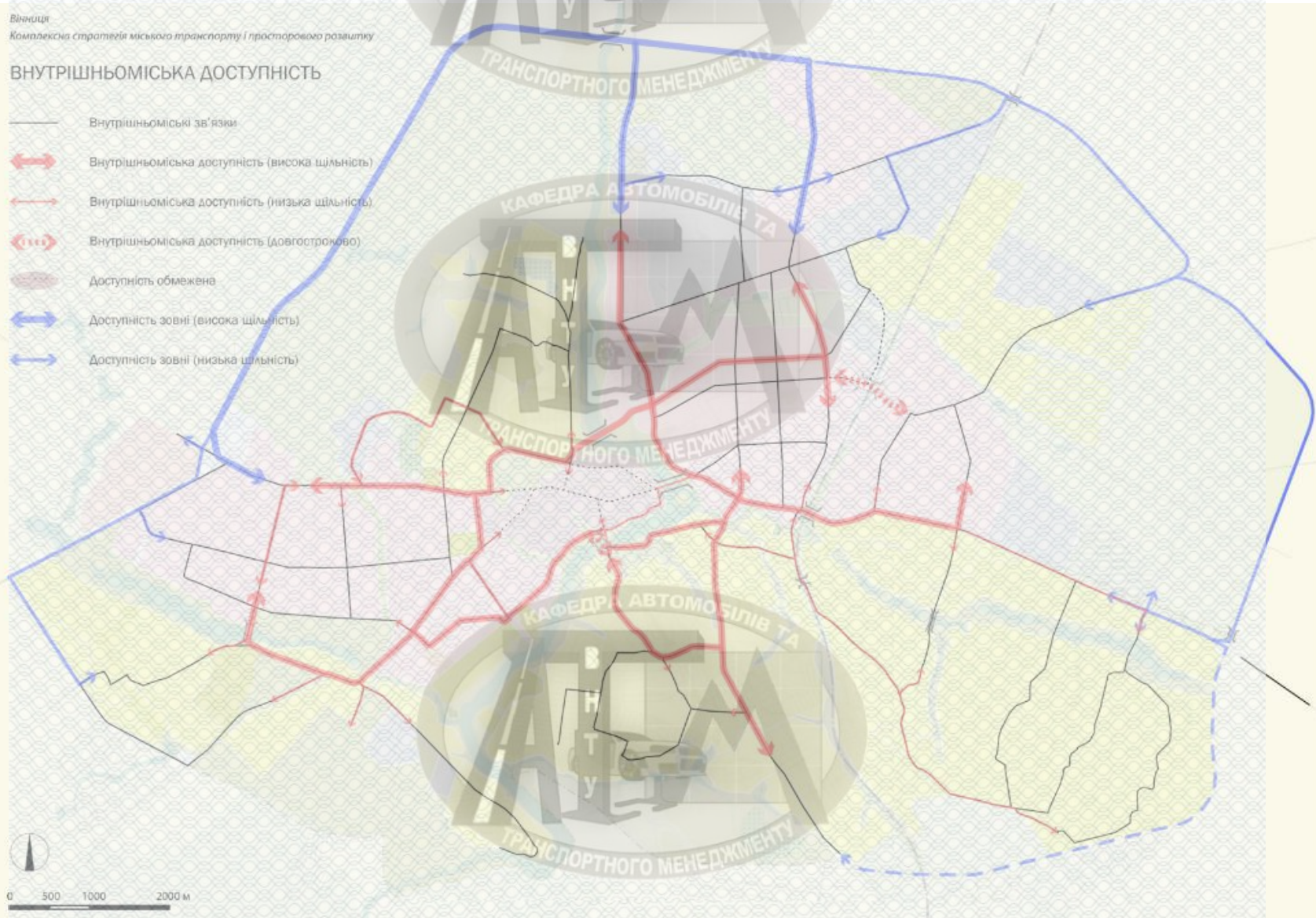


Схема внутрішньоміської доступності для приватного автотранспорту

Вінниця
Комплексна стратегія міського транспорту і просторового розвитку

ВНУТРІШНЬОМІСЬКА ДОСТУПНІСТЬ

- Внутрішньоміські зв'язки
- ↔ Внутрішньоміська доступність (висока щільність)
- ↔ Внутрішньоміська доступність (низька щільність)
- ↔ Внутрішньоміська доступність (довгостроково)
- ⬮ Доступність обмежена
- ↔ Доступність зовні (висока щільність)
- ↔ Доступність зовні (низька щільність)



Можливі зони регулювання паркування, парковки типу “Park + Ride” та громадські парковки в центрі міста Вінниці



Правила паркування у центрі міста

- Обмеження за часом максимум. 1 год.: для парковки всередині центру міста (без обмеження за часом одне паркувальне місце може бути використано одним працюючим протягом 10 год., при обмеженні – 10 ма різними покупцями за той же час).

- Обмеження за часом макс. 2 год.: для парковки всередині центру міста, 4-8 годин – на околиці центру в громадських гаражах/стоянках для запобігання додаткового маятникового трафіку.

- Платні парковки. Сильне підвищення вартості для парковки більше 4-х годин в гаражах/стоянках.

- Спеціальні умови для жителів саме центру (паркувальні карти, бейджі)

Зазначимо, що при організації парковок “Park + Ride” необхідно враховувати наступне:

- Розташування саме на закінченнях міських артерій, комфортні та ефективні (короткі) зв'язки з іншими видами транспорту.

- Адекватне число паркувальних місць (в деяких місцях достатньо і невеликої кількості) в залежності від реального попиту на паркомісця.

- Плата за паркування на периферії має бути значно нижчою, ніж у центрі міста.

- Висока якість, швидкість і частота обслуговування громадським транспортом місця парковки.

- Комфортні умови для очікування на станціях “Park + Ride”.

Залежності для визначення пропускної здатності смуги руху в умовах безперервного руху однорідного за складом транспортного потоку автомобілів на горизонтальній ділянці дороги

$$N = \frac{3600 \cdot V}{l_a + V_p t + \frac{V^2 (m / m_T - 1)}{2g(f_k + \varphi)} + l_o},$$

де V – швидкість руху автомобіля, км/год;

l_a – довжина автомобіля;

m – маса автомобіля;

m_T – частина маси автомобіля, яка припадає на гальмівні вісі;

f_k – коефіцієнт опору котіння;

φ – коефіцієнт зчеплення;

t_p – час реакції водія, приймається рівним 1 с.

$$N = \frac{3600 \cdot \psi \cdot V_{\text{розрах}}}{\alpha \cdot V_{\text{розрах}}^2 + t \cdot V_{\text{розрах}} + l_a + d_0},$$

$$V_{\text{розрах}} = 2 \sqrt{\frac{l_a + d_0}{\alpha}} \cdot \cos \gamma,$$

$$\gamma = \frac{1}{3} \arccos \frac{t}{2 \sqrt{\alpha(l_a + d_0)}},$$

де ψ – коефіцієнт зниження пропускної здатності, який враховує рух зустрічною смугою, наявність стоянок тощо (0,7 – 0,9);

α – коефіцієнт гальмування, $\text{с}^2/\text{м}$;

l_a – середня довжина автомобіля, м;

d_0 – безпечна дистанція, м;

t – сумарний час від моменту подання сигналу гальмування автомобілем, який рухається попереду, до включення гальмівної системи заднього автомобіля (2,0 – 2,2 с).

Формула для розрахунку пропускної здатності при режимі руху з обгоном

$$N_{\text{п}} = \frac{A \cdot V}{K \cdot L_0} \cdot \sqrt{\frac{k_2 \cdot k_3}{(1 - k_2)(p - p^2)}} ,$$

де A – коефіцієнт розмірностей;

V – швидкість швидкісних автомобілів, км/год;

K – коефіцієнт нерівномірності розподілу руху за годинами доби;

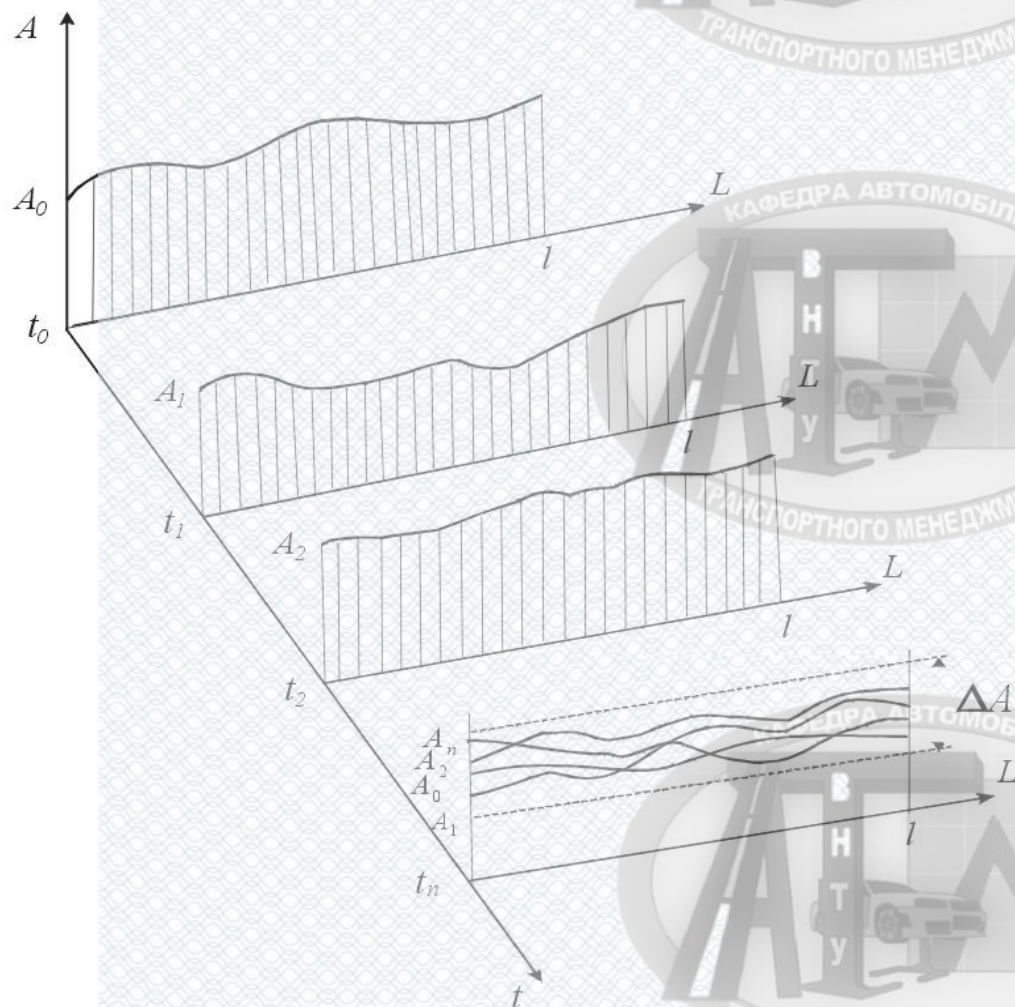
$k_2; k_3$ – коефіцієнти, які враховують відношення швидкості повільних автомобілів до швидкості швидкісних;

p – частина автомобілів від загальної кількості, які рухаються зі швидкістю V ;

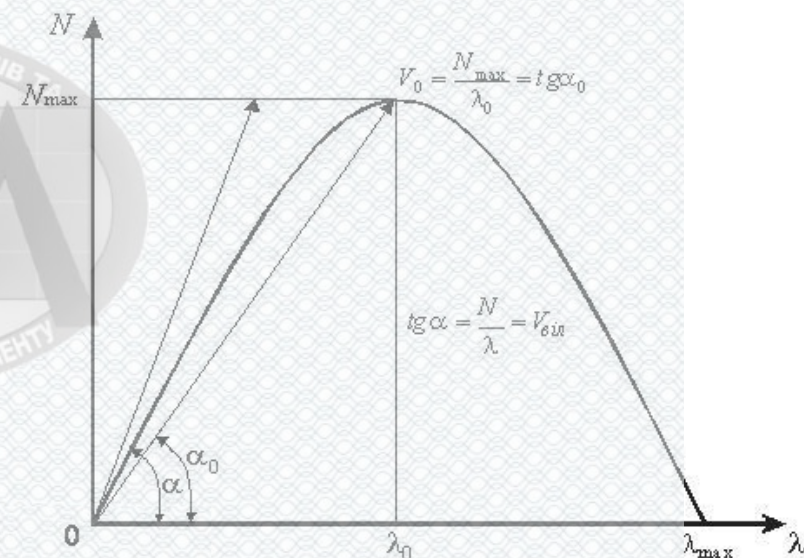
L_0 – відстань між зустрічними автомобілями, при якій здійснюється обгін, м.

Процес зміни величини практичної пропускної здатності в просторі і часі

10



Основна діаграма транспортного потоку



повинно забезпечувати безпеку руху:

- не допускати чи знижувати, у значній мірі, паркування на вулицях, особливо, якщо таке паркування означає високий ступінь ризику ДТП;
- переносити місця паркування у спеціально відведені місця чи споруди поза межами проїзної частини вулиці;
- забороняти зупинку чи стоянку транспортних засобів в тих місцях, де їх наявність значно погіршує оглядовість чи можливість переміщення для інших учасників дорожнього руху.

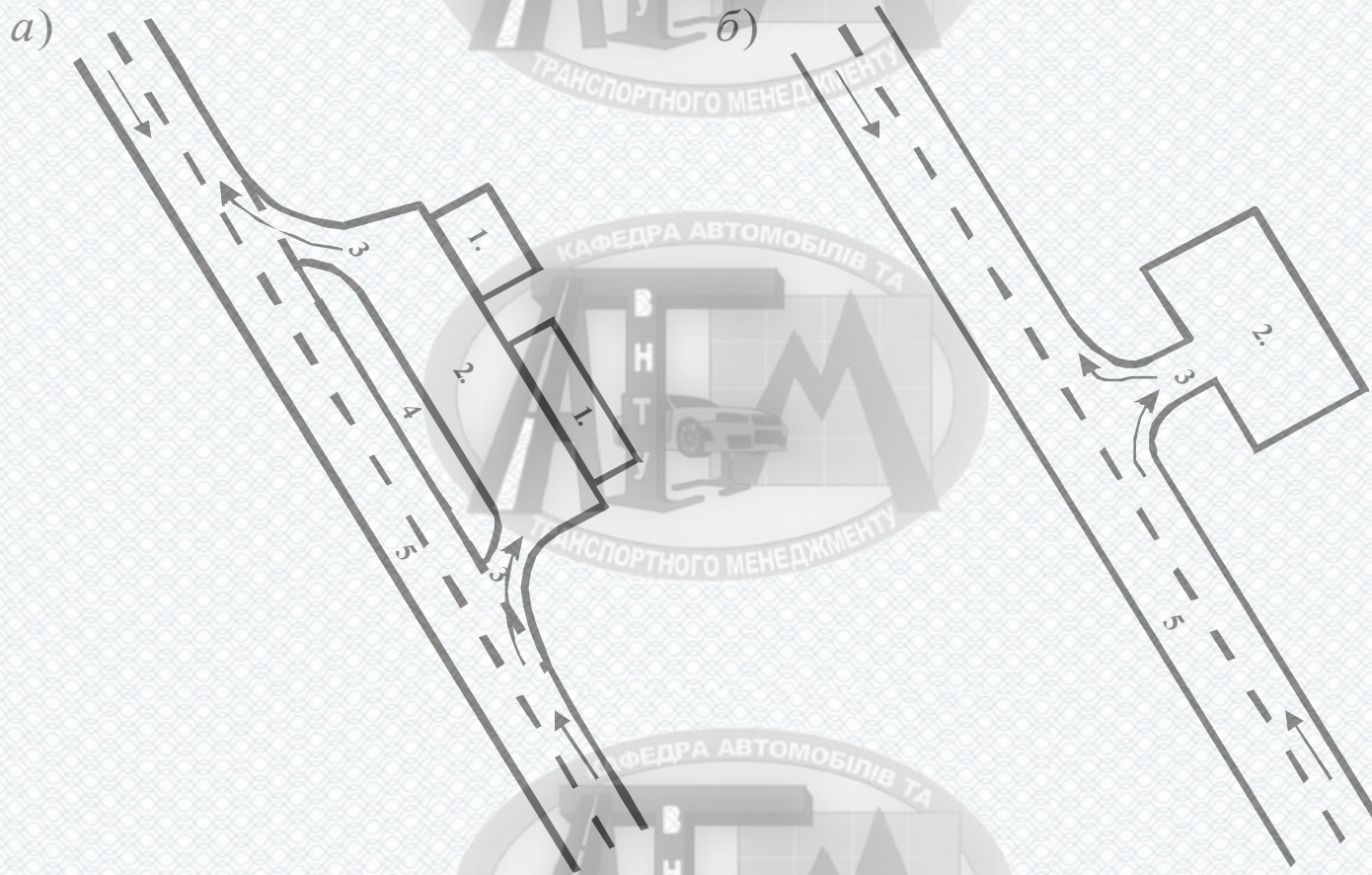
Регулювання режиму паркування транспортних засобів включає в себе:

- повну заборону стоянки;
- заборону з обмеженням часу паркування;
- регулювання розміщення транспортних засобів на стоянці;
- місцеве регулювання режиму паркування;
- платні стоянки.

Прикладами можливості обмеження є:

- паркування з обмеженням часу;
- паркування визначених транспортних засобів;
- паркування з обмеженням зони і місця постановки транспортних засобів;
- платні стоянки.

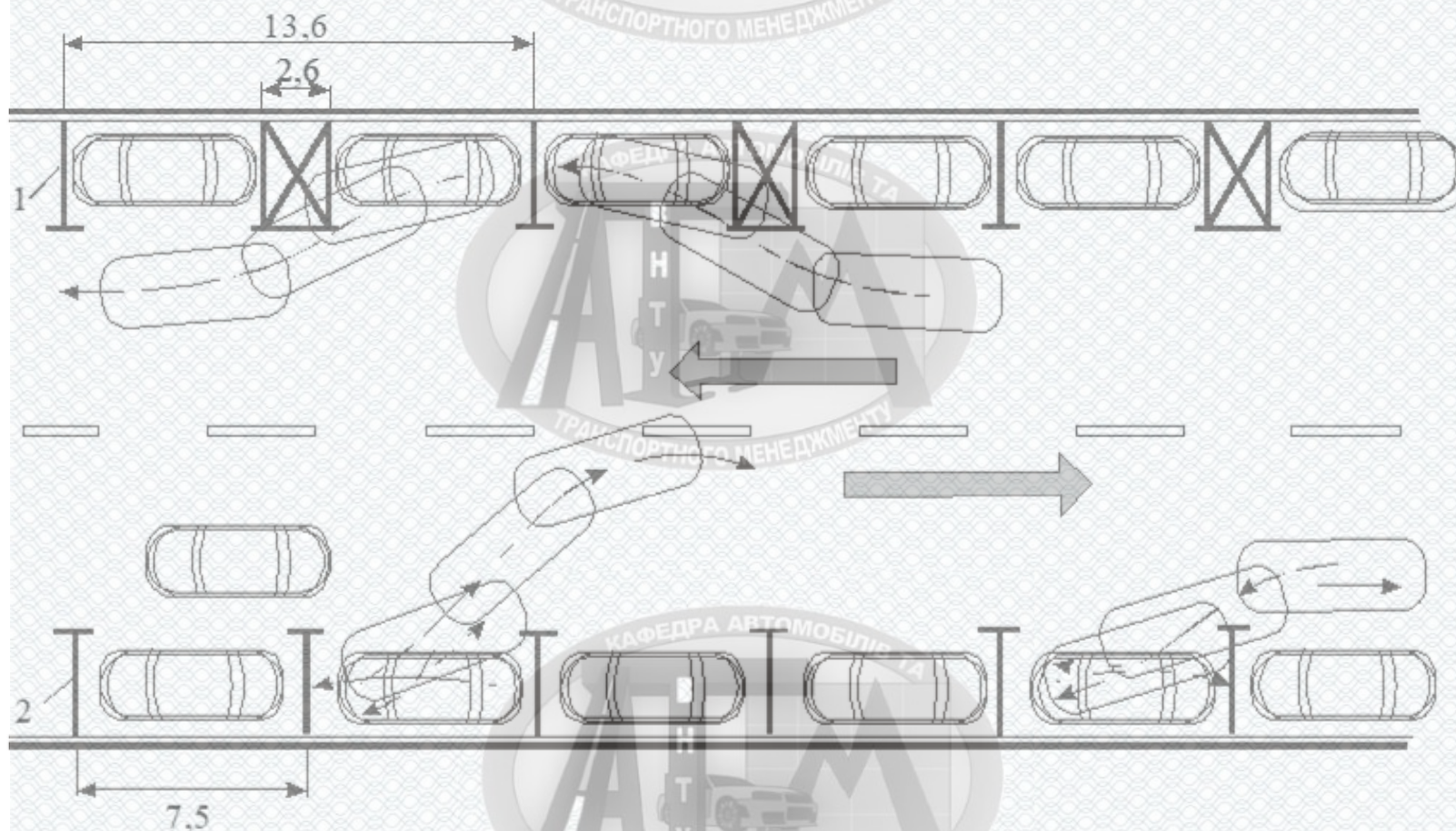
Схеми розміщення паркувальних майданчиків відносно основної дороги



а) фронтальна; б) тупикова. 1 – споруда; 2 – стоянка; 3 – під'їзди; 4 – газон;
5 – основна дорога

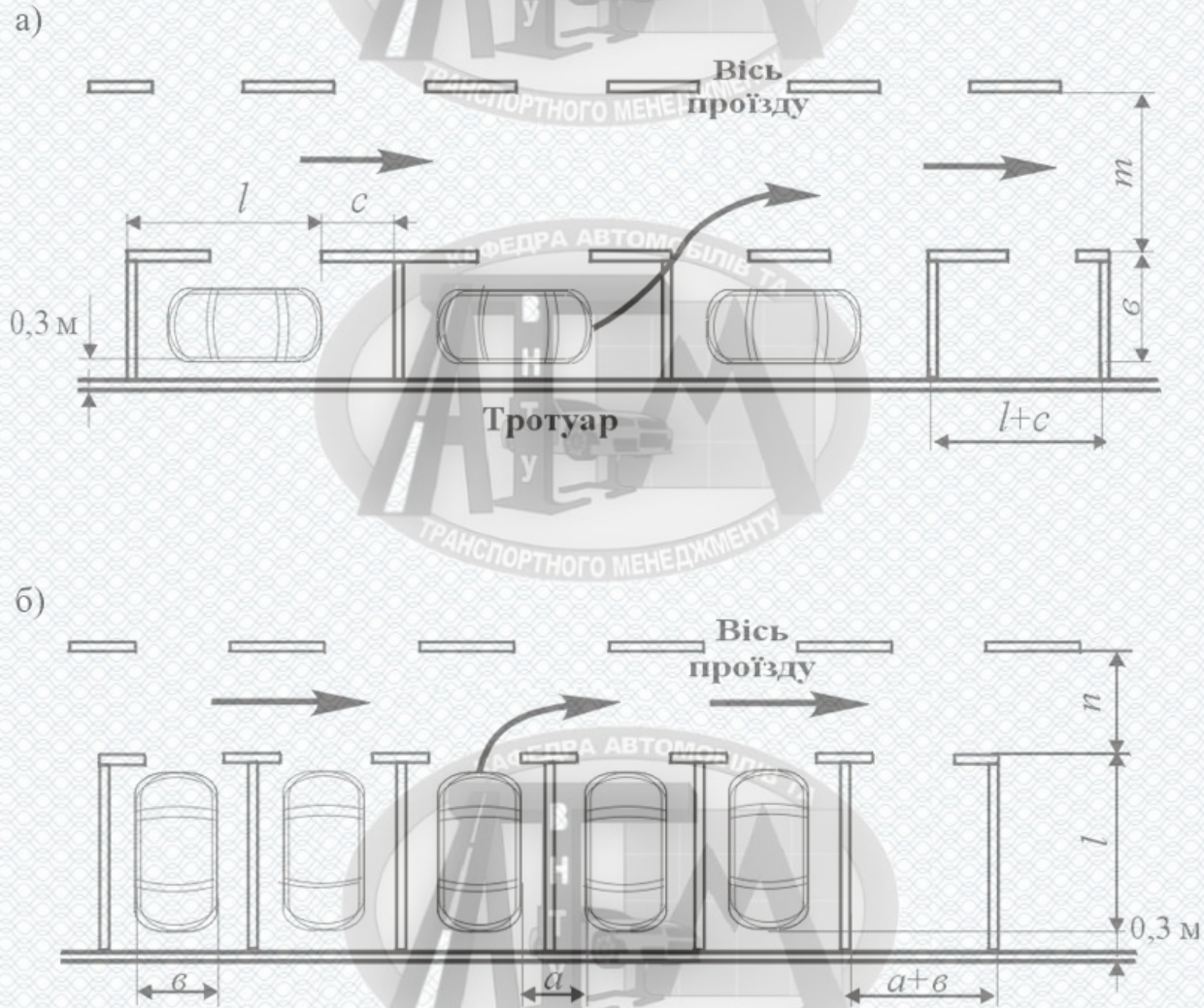
Способи рівномірного розміщення транспортних засобів біля тротуарів

13



1 – подвійний; 2 – ланцюжком

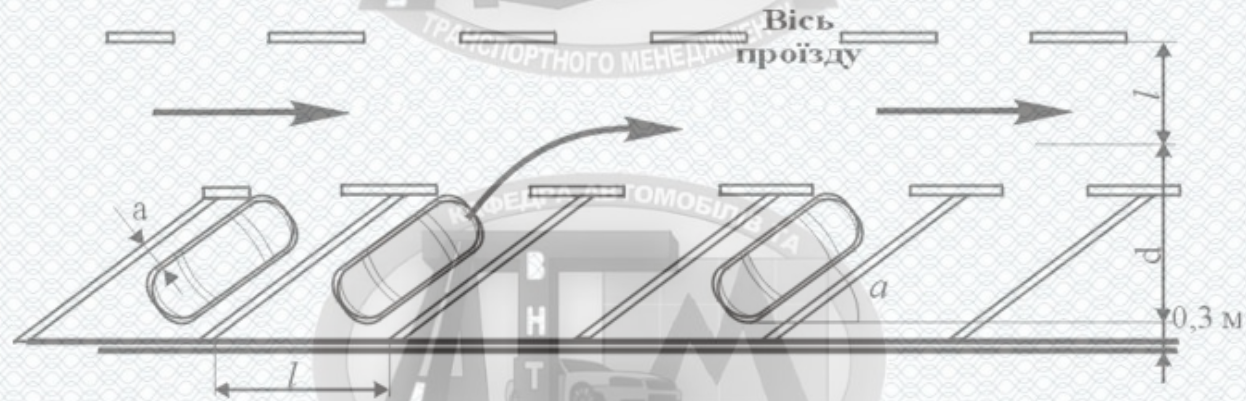
Схеми розставлення автомобілів вздовж тротуару на міських вулицях



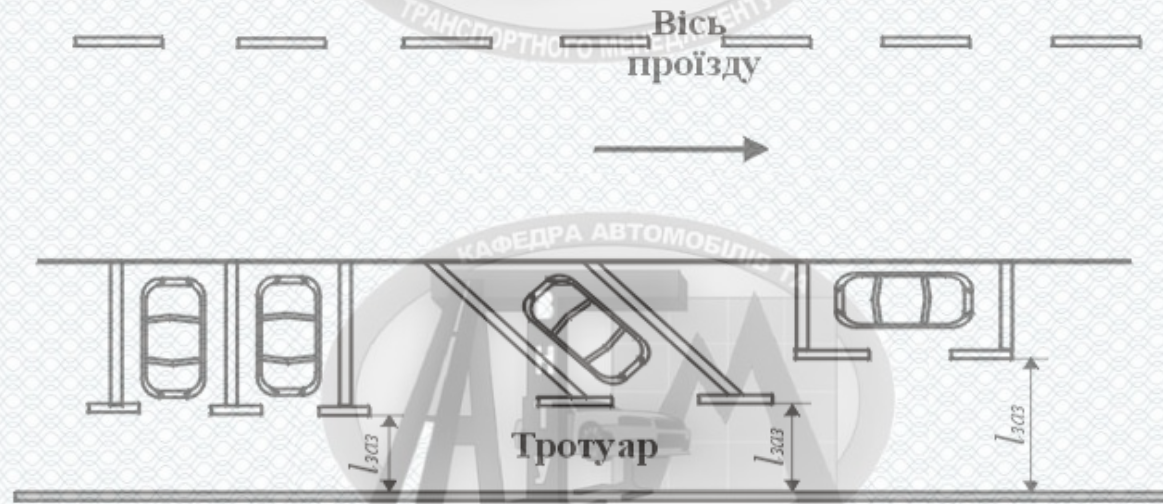
а – подовжнє розставлення; б – поперечне розставлення;

Схеми розставлення автомобілів вздовж тротуару на міських вулицях

В)

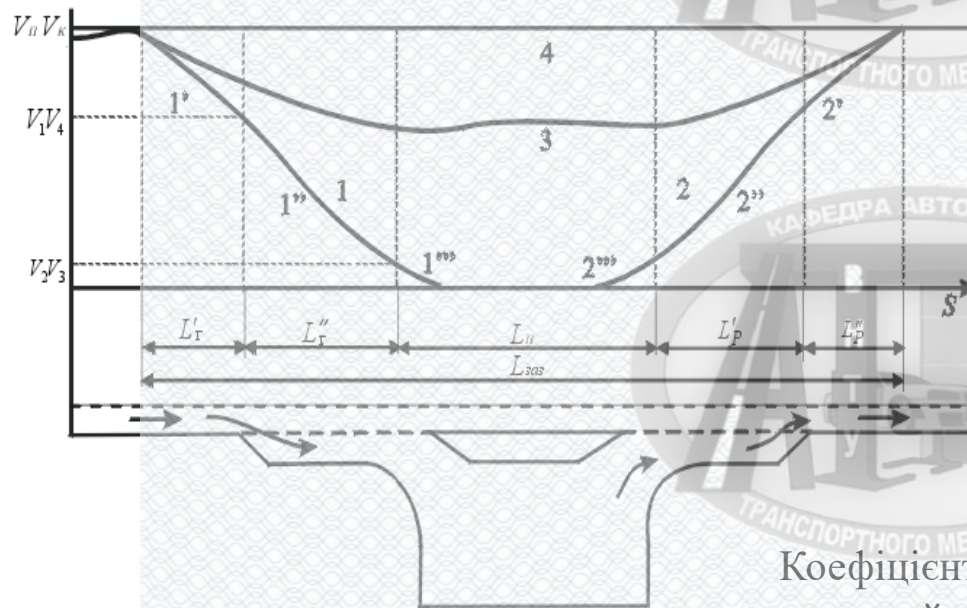


Г)



в – розставлення під кутом; г – розставлення на тротуарі

Залежності зміни швидкості руху автомобілів у зоні впливу стоянки



Лінія 4 відповідає руху автомобілів, вільних від впливу транспорту, що з'їжджає і виїжджає у межах зони впливу стоянки L_{Σ} , що складається з:

$$L_{\Sigma} = L'_{\Gamma} + L''_{\Gamma} + L_{\Pi} + L'_{\rho} + L''_{\rho}$$

де $L'_{\Gamma}, L''_{\Gamma}, L'_{\rho}, L''_{\rho}$ — початкова і кінцева ділянки гальмування і розгону;

L_{Π} — проміжна ділянка.

Коефіцієнти a_0, a_1, a_2 для моделей $V = f(l)$ визначаються за методом найменших квадратів, тобто зважувалися системи рівнянь [16]:

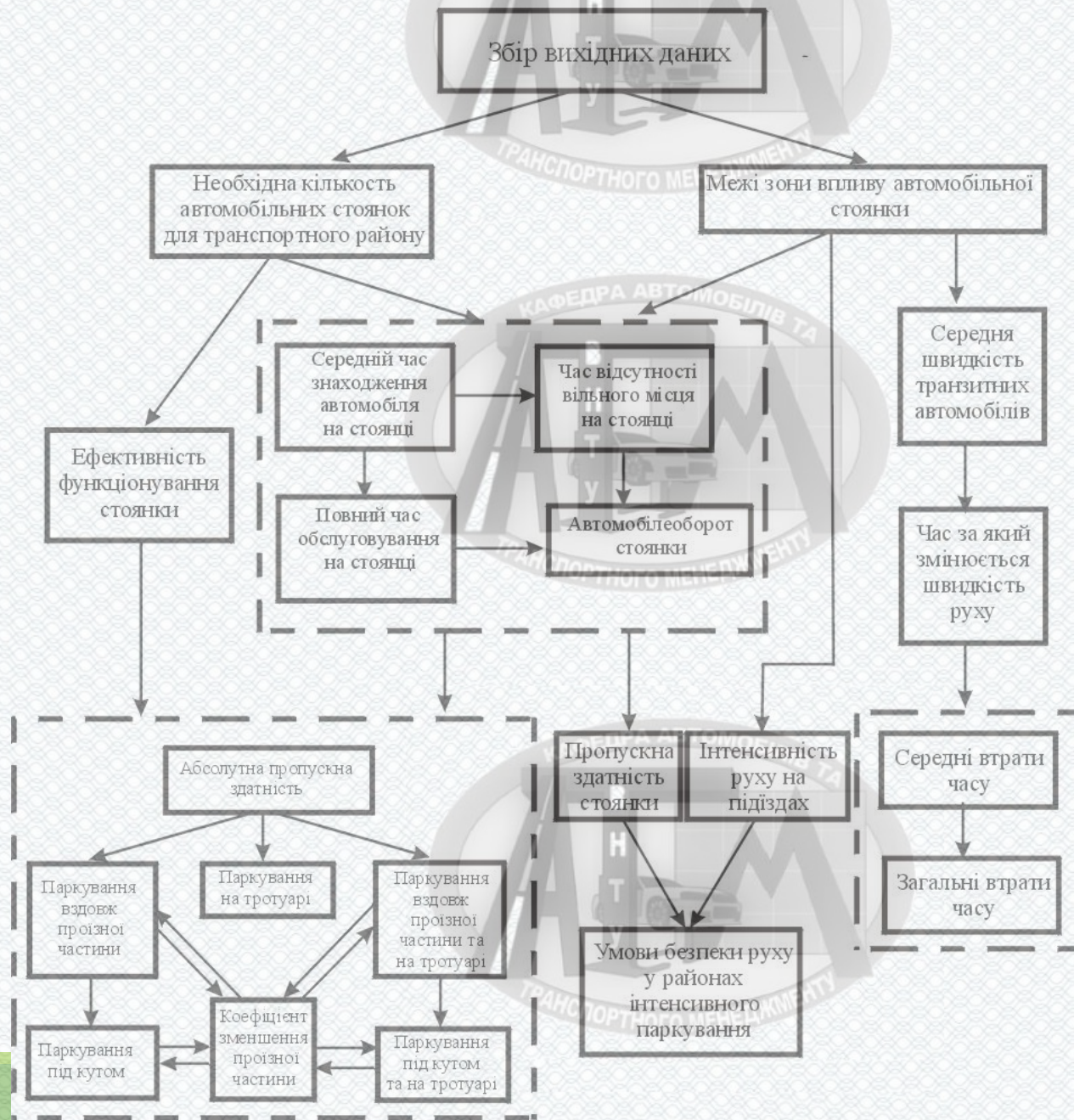
для лінійної моделі:

$$\begin{cases} a_0 n + a_1 \sum_{i=1}^n l_i = \sum_{i=1}^n V_i \\ a_0 \sum_{i=1}^n l_i + a_1 \sum_{i=1}^n l_i^2 = \sum_{i=1}^n V_i l_i \end{cases}$$

для параболи:

$$\begin{cases} a_0 n + a_1 \sum_{i=1}^n l_i + a_2 \sum_{i=1}^n l_i^2 = \sum_{i=1}^n V_i \\ a_0 \sum_{i=1}^n l_i + a_1 \sum_{i=1}^n l_i^2 + a_2 \sum_{i=1}^n l_i^3 = \sum_{i=1}^n V_i l_i \\ a_0 \sum_{i=1}^n l_i^2 + a_1 \sum_{i=1}^n l_i^3 + a_2 \sum_{i=1}^n l_i^4 = \sum_{i=1}^n V_i l_i^2 \end{cases}$$

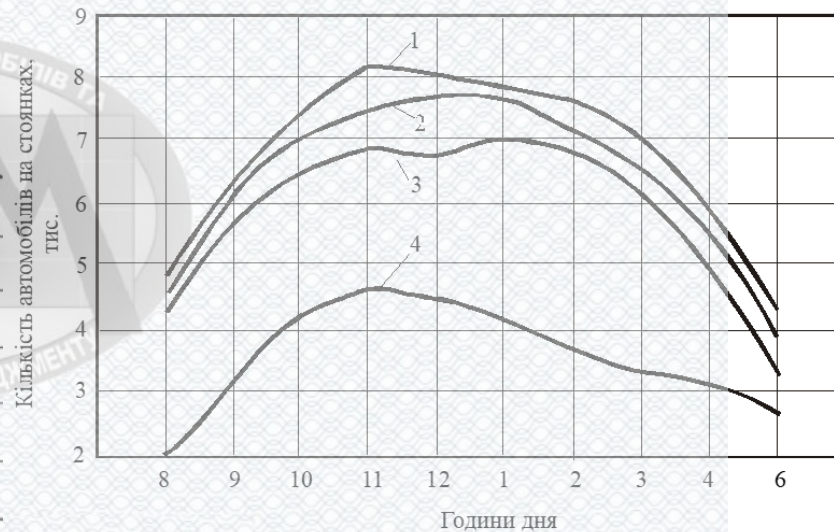
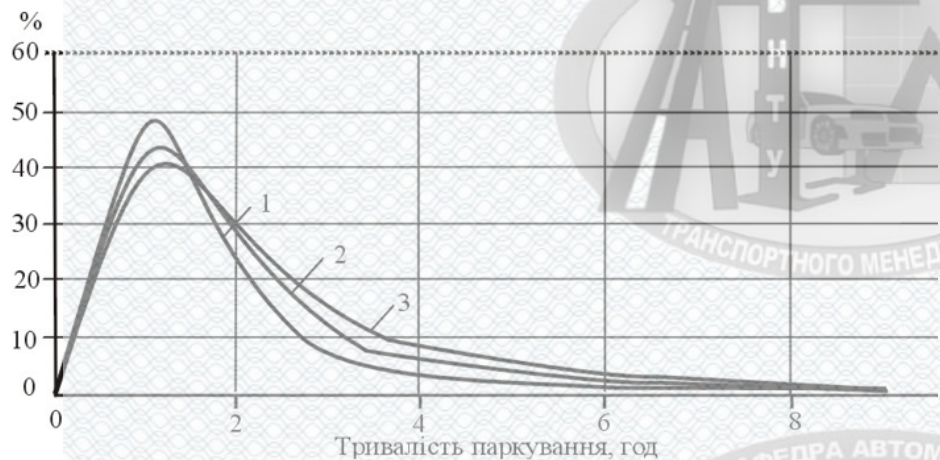
де l_i, V_i — значення відстані в середині інтервалу і відповідне йому значення швидкості.



**Запропонована
схема формування
системи
паркування
транспортних
засобів**

Типова крива накопичення автомобілів в центральній частині міста у різні дні тижня

Графік розподілу автомобілів за тривалістю паркування



1 – понеділок; 2 – п'ятниця; 3 – середа; 4 – субота

1 – торгова вулиця; 2 – великий супермаркет; 3 – державна установа

Основні висновки

Існуюча дорожня і паркувальна мережа міста Вінниця за своїми комплексними і якісними показниками не повністю відповідає потребам учасників дорожнього руху. Основними недоліками є: невідповідність попиту місткості (кількість місць паркування), нераціональне розміщення, зручності під'їзду і виїзду.

У зоні впливу автомобільної стоянки спостерігається закономірність зміни умов руху транспортного потоку за рахунок автомобілів, що здійснюють з'їзд на стоянку а також виїзд зі стоянки. Це приводить до зміни швидкості руху, при в'їзді у зону впливу стоянки швидкість знижується, а при виїзді – збільшується; знижується також пропускна здатність вулиці.

На основі обґрунтованих даних було прийняте рішення вдосконалити методику формування системи паркування транспортних засобів з використанням автомобільної стоянки, як інженерно-планувального заходу організації дорожнього руху, який обумовлений визначенням потреби у стоянках для “транспортного району”, середнього часу знаходження автомобіля на стоянці (час паркування).

Після розробленого алгоритму формування системи паркування розроблено саме методику визначення кількості автомобільних стоянок та зміни їх пропускної здатності, а також зміну пропускної здатності вулиці в залежності від кількості автомобільних стоянок для “транспортного району”, “транспортної зони”.

Розроблена методика визначення умов безпеки руху транспортних засобів у районах інтенсивного паркування транспорту в умовах міст дозволить оцінити ділянку дороги, яка розглядається за ступенем небезпеки: дуже небезпечна, небезпечна, малонебезпечна, безпечна.

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Вдосконалення методики формування системи паркувальних
майданчиків в районах інтенсивного паркування міста Вінниці з метою
покращення організації дорожнього руху

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(бдп, мкр)

Підрозділ: кафедра автомобілів та транспортного менеджменту
(кафедра факультету)
ТРАНСПОРТНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

Показники звіту подібності Turnitin

Оригінальність

72 %

Схожість

28 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☒ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Цимбал О.В.

(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Turnitin щодо роботи.

Автор роботи

Соловей В.С.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

Кужель В.П.

(прізвище, ініціали)