

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

**Факультет урбаністики та просторового планування
Кафедра міського будівництва**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

на тему:

Принципи і методи організації велосипедного руху на перетинах
вулично-дорожньої мережі населених пунктів

Клименко Станіслав Валерійович

Київ 2023 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет урбаністики та просторового планування
Кафедра міського будівництва

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

„___” _____ 2023 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Принципи і методи організації велосипедного руху на перетинах
вулично-дорожньої мережі населених пунктів
(назва)

Виконав студент групи МБГ-52

Клименко Станіслав Валерійович

Спеціальність: 192 Будівництво та цивільна інженерія

Спеціалізація: Міське будівництво та господарство

Керівники: Осетрін М.М.
професор, к.т.н.

Беспалов Д.О.
ст.викладач

Київ 2023 р.

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	4
Вступ	5
РОЗДІЛ I. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1. Аналіз основних принципів організації велосипедного руху на вулично-дорожній мережі населених пунктів	10
1.2. Класифікація та аналіз основних форм організації велосипедного руху на розв'язках (перехрестях) в одному рівні	22
1.3. Загальний огляд та аналіз методів організації велосипедного руху на розв'язках (перехрестях) в одному рівні в населених пунктах	32
1.4. Висновки по першому розділу	46
РОЗДІЛ II. НАУКОВО - ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	
2.1. Теоретичні основи формування параметрів вулично-дорожньої мережі	47
2.2. Формування алгоритму визначення раціональної форми велосипедного руху на розв'язках (перехрестях) в одному рівні.	57
2.3. Висновки по другому розділу	64
РОЗДІЛ III. РОЗРАХУНКОВО - КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ	
3.1. Вдосконалення організації дорожнього руху на площі Українських героїв в м. Києві	65
3.2. Порівняльний аналіз результатів транспортно-імітаційного моделювання	75
3.3. Розробка практичних рекомендацій	82
3.3. Висновки по третьому розділу	83
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	84
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	86

Перелік умовних скорочень

ВД — велосипедна доріжка, велодоріжка

ВК — велосипедний коридор

ВС — велосипедна смуга, велосмуга

ВПД — велопішохідна доріжка

ВПЗ — велопішохідна зона

ВТС — велотранспортний світлофор

ГБН — галузеві будівельні норми України

ДБН — Державні будівельні норми України

ДТП — дорожньо—транспортні пригоди

ДСТУ — Державні стандарти України

ЗВС — зустрічна велосипедна смуга

ЗР — змішаний рух

ПДР — правила дорожнього руху

СО — світлофорний об'єкт

ТЗРДР — технічний засіб регулювання дорожнього руху

ВСТУП

Обґрунтування актуальності теми дослідження. На сьогодні велосипед як індивідуальний транспортний засіб є одним зі компактніших та найефективніших видів транспорту, що раціонально використовує міський простір та енергоресурси. Також велотранспорт опосередковано мінімально впливає на навколишнє середовище і позитивно відгукується на фізичний та психоемоційний стан користувачів. Для більш ефективного використання велосипеда, як щоденного транспортного засобу, в населених пунктах необхідне створення спеціально облаштованої, комфортної, зв'язної та безпечної велосипедної інфраструктури. Особливо гострою є проблема, в контексті адаптації чи реорганізації вже існуючої, геометрично обмеженої, вулично-дорожньої мережі та її транспортних вузлів з врахуванням організації велосипедного руху.

Хоча в Україні стрімко набирає обертів розвиток велосипедної інфраструктури, однак на цей час в державній нормативній базі не існує чітко визначених норм, щодо комплексного проектування та облаштування велосипедної мережі. Чинні нормативні документи мають розрізнену та розпорошену фрагментарну інформацію й охоплюють лише окремі елементи облаштування велосипедної інфраструктури. Це призводить до того, що вимоги облаштування велосипедної інфраструктури в містах залишаються осторонь або реалізується хаотично, фрагментарно і не мають цілісного комплексного підходу.

Чинна нормативна база постала перед проблемою відсутності або недостатньої кількості технічної інформації щодо створення якісної й зв'язної велосипедної мережі та організації велосипедного руху в населених пунктах. Тому є необхідність дослідити та узагальнити досвід проектування велоінфраструктури та визначити основні принципи та методи її організації.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Державні будівельні норми Б.2.2-12:2019 “Планування та забудова територій” [1] окреслюють вимоги щодо трасування велосипедних маршрутів та передбачає розміщення велосипедної інфраструктури на вулично-дорожній мережі населених

пунктів. Державні будівельні норми В.2.3-5:2018 “Вулиці та дороги населених пунктів” [2] визначають вимоги облаштування безпечного та зручного руху велосипедистів, геометричні параметри велосипедної мережі. Визначають вимоги до проєктування транспортних розв'язок з урахуванням розрахункової інтенсивності руху транспорту та велосипедистів та їх класифікацію залежно від типу перехрестя. Національні стандарти 8906:2019 “Планування та проєктування велосипедної інфраструктури”[3] установлюють вимоги до основних параметрів планування, проєктування та будівництва велосипедної інфраструктури для створення безпечних та комфортних умов руху велосипедистів на вулицях та дорогах населених пунктів. Галузеві будівельні норми В.2.3-37641918-555:2016 “Транспортні розв'язки в одному рівні” [4] встановлюють вимоги до проєктування кільцевих транспортних розв'язок в одному рівні з врахуванням організації безпечного руху велосипедистів.

Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року [5] визначає розвиток інфраструктури для руху велосипедів, впровадження економічних та інших заходів стимулювання використання в містах екологічно чистих видів транспорту, зокрема велосипедного транспорту, зменшення обсягу викидів парникових газів в атмосферне повітря від пересувних джерел до 60 % рівня 1990 року, зокрема завдяки збільшенню частки використання велосипедів. Наголошується на забезпеченні інституціональної підтримки розвитку велосипедного руху, посиленні безпеки велосипедного руху. Надається пріоритет забезпеченню розвитку соціально та екологічно орієнтованої мобільності на короткі відстані відповідно до моделі “Місто коротких шляхів” та впровадження принципів інтермодальності і забезпечення оптимальної взаємодії велосипедного руху з іншими видами транспорту.

Національна економічна стратегія на період до 2030 року [6] передбачає стратегічну ціль 3 “Забезпечення ефективного та справедливого регулювання цінової політики в галузі транспорту”, завданнями якої є забезпечення підвищення міської мобільності (зокрема, створення велосипедних маршрутів), облаштування

безпечних велосипедних і пішохідних доріжок та побудова міжміської велосипедної мережі.

Стратегією сталого розвитку України до 2030 року [7] визначено до 2030 року забезпечити всім можливість користуватися безпечними, недорогими, доступними та екологічно збалансованими транспортними системами на основі підвищення безпеки дорожнього руху.

Національна стратегія з оздоровчої рухової активності в Україні на період до 2025 року “Рухова активність – здоровий спосіб життя — здорова нація” [8] наголошує на завданнях із облаштування безпечних маршрутів для велосипедного туризму, удосконалення міського планування в частині створення місць для активного відпочинку та використання їзди на велосипеді як безпечного засобу пересування і ходьби, облаштування безпечних велосипедних та пішохідних доріжок

Мета і завдання дослідження. Метою є сформулювати теоретичні основи, визначити критерії та алгоритм визначення ефективної, раціональної та безпечної організації велосипедного руху на розв'язках (перехрестях) в одному рівні населених пунктів. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- провести аналіз наявних принципів і методів організації велосипедного руху;
- визначити основні елементи що формують велосипедну інфраструктуру на розв'язках (перехрестях) в одному рівні;
- дослідити практичний досвід організації велосипедного руху на розв'язках (перехрестях) в одному рівні;
- сформулювати теоретичні основи та визначити критерії щодо застосування ефективної та раціональної форми велосипедного руху;
- розбити алгоритм визначення раціональної форми велосипедного руху;
- розробити варіанти реорганізації розв'язки (перехрестя) в одному рівні з організацією велосипедного руху в місті Києві;
- провести транспортне моделювання та виконати порівняльний аналіз його результатів;

- запропонувати пропозиції доповнення до чинної нормативної бази, щодо облаштування велосипедного руху на розв'язках (перехрестях) в одному рівні.

Об'єкт дослідження: перетини вулично-дорожньої мережі населених пунктів.
Предметом дослідження є рекомендації визначення раціональної форми велосипедного руху.

Методи дослідження. Під час вивчення теми дослідження було використано порівняльний аналіз, дедуктивний метод, метод кейс-стаді, узагальнення та знаходження аналогій; системний аналіз основних норм та вимог, що висуваються до проектування та облаштування велосипедної інфраструктури в Україні та закордоном; класифікація елементів, що формують велосипедну інфраструктуру та мережу; узагальнення результатів та виявлення закономірностей.

РОЗДІЛ I. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

Розвиток сучасного населеного пункту залежить від того, наскільки повно в ньому налагоджене транспортне сполучення. Функціонування міста передбачає вирішення не тільки архітектурно-планувальних задач, але й удосконалення міської транспортної системи, його вулично-дорожньої мережі. Існує чіткий взаємозв'язок між розвитком міста і його транспортної системи: місто розвивається і зростає до певних меж, доки не починаються труднощі в транспортному обслуговуванні, додаткових витратах часу на поїздки, затори та перепробіги транспорту. Зі зростанням кількості населення пропорційно збільшуються темпи мобільності населення (середня кількість пересувань, що приходиться на одного мешканця) та дальність поїздок. Це своєю чергою потребує постійного вдосконалення та оптимізації транспортної системи.

Значущою проблемою розвитку сучасного населеного пункту є високий рівень насичення транспортними засобами та автомобілізації. Він обумовлений обмеженою місткістю території міста, критичною завантаженістю вулично-дорожньої мережі, зниженням пропускної здатності транспортних вузлів (перетинів) й обмеженою кількістю місця для зберігання транспортних засобів. Також надмірна автомобілізація суттєво впливає на зниження безпеки дорожнього руху та виникнення дорожньо-транспортних пригод (ДТП), підвищення рівня шумового забруднення та якості повітря [9], погіршення екологічного стану навколишнього середовища, що призводить до виникнення хвороб дихальних шляхів [10], зниження рівня пішохідних переміщень та малорухливості населення [11], що в свою чергу призводить до ризиків виникнення та розвитку ожиріння і поширення серцево-судинних та ракових хвороб [12]. Зазначені аспекти обумовлюють сучасні населені пункти до дій сталої адаптації, пом'якшення та зменшення несприятливих чинників, до стимулювання позитивних соціально-економічних та екологічних змін. Питання сталої розвитку населених пунктів постає особливо гостро в умовах глобальної урбанізації — понад 75% населення Європейського союзу та майже 70% населення України проживає в містах. Сприяння та стимулювання розвитку

альтернативних видів мобільності, таких як велосипедний транспорт сприяє сталому вирішенню низки проблем, що існують в сучасних населених пунктах. Порівняно з іншими видами моторизованих транспортних засобів, велосипед займає менше простору для паркування, його габарити під час руху дозволяють ефективніше використовувати існуючий обмежений міський простір. Також велосипед, за рахунок приведення в рух мускульною силою, розглядається як засіб активної міської мобільності, і відіграє важливу роль в поліпшенні фізичного стану та здоров'я його користувачів.

Протягом останніх десятиліть у багатьох країнах динамічно розвивається створення комфортних умов та безпечної велосипедної інфраструктури, що є важливим фактором для підвищення привабливості використання велосипедного транспорту в населених пунктах. Цього досягають шляхом систематичної та комплексної організації велосипедної інфраструктури на вулично-дорожній мережі. Процес розвитку велосипедної мережі та її формування базується на різних методах планування та створення велосипедної інфраструктури та вибору форми велосипедного руху.

1.1. Аналіз основних принципів організації велосипедного руху на вулично-дорожній мережі населених пунктів

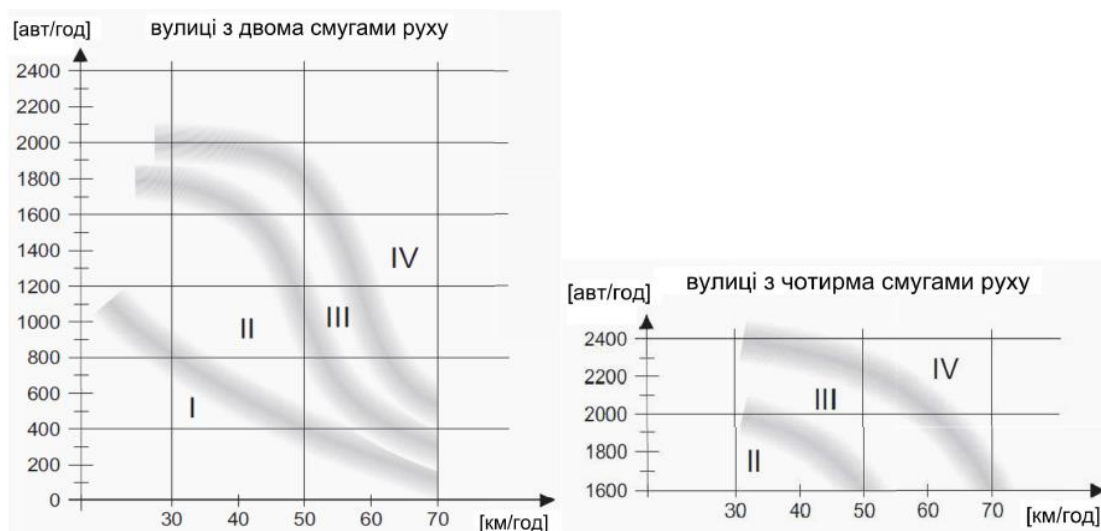
Насамперед детально розглянемо принципи організації велосипедного руху центральноєвропейських країн, що на сьогодні є передовими в питаннях розвитку, якості і кількості велосипедної інфраструктури та за кількістю користувачів велотранспорту, мають багаторічний досвід проектування, планування та організації велосипедного руху в населених пунктах — Німеччина та Нідерланди. Німецька столиця Берлін має розвинену відокремлену велосипедну мережу протяжністю 1240 км¹, та налічує 71 велосипед на 100 мешканців міста. У столиці Нідерландів — Амстердамі, наразі відокремлена веломережа налічує 520 км, а

¹ Не враховуються житлові вулиці з обмеженням швидкості до 30 км/год зі спільним рухом велосипедистів та моторизованого транспорту

кількість велосипедів перевищує кількість мешканців — 133 велосипеди на 100 містян, щоденно 37% населення міста обирають для переміщення велотранспорт [13].

Німецькі методичні рекомендації вибору форми велосипедного руху [14] значним чином залежать від діапазону транспортного навантаження, інтенсивності та швидкості автомобільного руху на вулиці. В основі прийняття рішень закладене прогнозоване розрахункова кількість (інтенсивність) моторизованого транспорту у пікову годину робочого дня (авто/год) та швидкість руху (км/год). В залежності від кількості смуг руху на вулиці (1+1 або 2+2 смуги руху) швидкісного режиму на вулиці та інтенсивності моторизованого транспорту, визначається діапазон навантаження, що встановлює можливість обрати відповідні найбільш доцільні форми велосипедного руху. Діаграма визначення діапазону навантаження зображена на Рис. 1.

Рис.1 — Діаграма визначення діапазону навантаження



I — змішаний рух проїзною частиною, II — велосипедні смуги
 III — суміжні велосипедні доріжки, IV — відокремлені велосипедні доріжки

Ці вимоги є лише рекомендаціями, і у випадках коли не можуть бути застосовані жодна з рекомендованих форм велосипедного руху, розглядаються можливості застосування сусідніх, більш простих або навпаки складніших варіантів організації велосипедної мережі. Основними аспектами для прийняття

рішень є існуючі геометричні параметри та кількість смуг руху, також зважають на складність, з точки хору велосипедного руху, існуючих перехресть та наявність паркування авто. В залежності від форми велосипедного руху на прилеглих вулицях до перетину, та типу організації дорожнього руху на перехрестя (нерегульоване без пріоритету, нерегульоване з визначеним пріоритетом у русі, світлофорно регульоване перехрестя, перехрестя з кільцевим рухом) обирають певні методи організації велосипедного руху. Аналіз статистичних даних по кількості смертельних ДТП у Німеччині за 2021 рік [15] свідчить про 2719 смертельних випадків ДТП, з яких 16% (435 випадків ДТП) сталися за участі користувачів велосипедного транспорту.

Іншу принципову методику визначення форми велосипедного руху зазначено у Довіднику з розвитку та популяризації велосипедного транспорту Європейської асоціації велосипедистів [16] згідно якого, вулично-дорожня мережа населеного пункту покривається мережею велосипедних маршрутів трьох визначених типів — магістральні, основні та локальні велосипедні маршрути (Таблиця 1).

Таблиця 1. — Матриця визначення форми велосипедної мережі Європейської асоціації велосипедистів.

		Швидкість (км/год.)		Інтенсивність (автомобілів/день)	Функції велосипедного маршруту		
					Базова мережа		Головний веломаршрут
					($I_{\text{bicycle}} < 750/\text{day}$)	($I_{\text{bicycle}} 500-2500/\text{day}$)	($I_{\text{bicycle}} > 2000/\text{day}$)
		Не застосовується		0	Окремо прокладена доріжка		
Функція дороги	Місцевий проїзд або під'їзд	Пішохідна зона або 30 км/год.		1 - 2500	Змішаний рух (з чи без рекомендованої велосипедної смуги)	Велосипедна вулиця або велосипедна смуга (з пріоритетом руху)	
				2000 - 5000			
				> 4000			
	Розподільча дорога	50 км/год.	2x1 смуги	Не застосовується	Велодоріжка (прилегла або відділена)		
			2x2 смуги				
		70 км/год.					

Кожен з типів маршрутів висуває канонічні вимоги до вибору та облаштування велосипедного руху, що визначена ієрархію велосипедної мережі. Також важливим параметром у виборі форми велосипедної мережі є взаємозв'язок кількості автотранспорту (авто/день), швидкості руху на вулиці (км/год) та добова прогнозована інтенсивність користувачів велотранспорту (VELO/день). Головною визначною рекомендацією зазначеного методу є “розділювати користувачів вулиці, там де це можливо”, що проявляється в облаштуванні відокремленої велосипедної мережі, у випадках коли не можливо визначити один з ключових параметрів.

Довідник CROW з організації велосипедного руху Нідерландів [17], країни з найрозвиненішою велосипедною мережею та найбільшою часткою користувачів велотранспорту у світі, викладено принцип вибору форми велосипедного руху, який базується на критеріях: швидкість моторизованого транспорту (км/год), кількість (інтенсивність) моторизованого транспорту (авто/добу), кількість смуг руху на вулиці та прогнозована кількість користувачів велотранспорту (VELO/добу).

Таблиця 2. — Матриця визначення велосипедної мережі CROW

Категорія вулиці	Швидкість (км/год)	Інтенсивність ТЗ (од/добу)	Інтенсивність велосипедного руху		
			<750	500—2500	2000
Місцева	30	<2,500	Змішаний рух	Змішаний рух	Велосипедна вулиця
		2,000 - 5000		Велосмуга	
		>4,000	Велосмуга або велодоріжка		
Загальноміська	50	2x1 смуги	Велосмуга	Велосмуга або велодоріжка	
		2x2 смуги	Велосипедна доріжка		
	70	не визначається	Велосипедна доріжка		

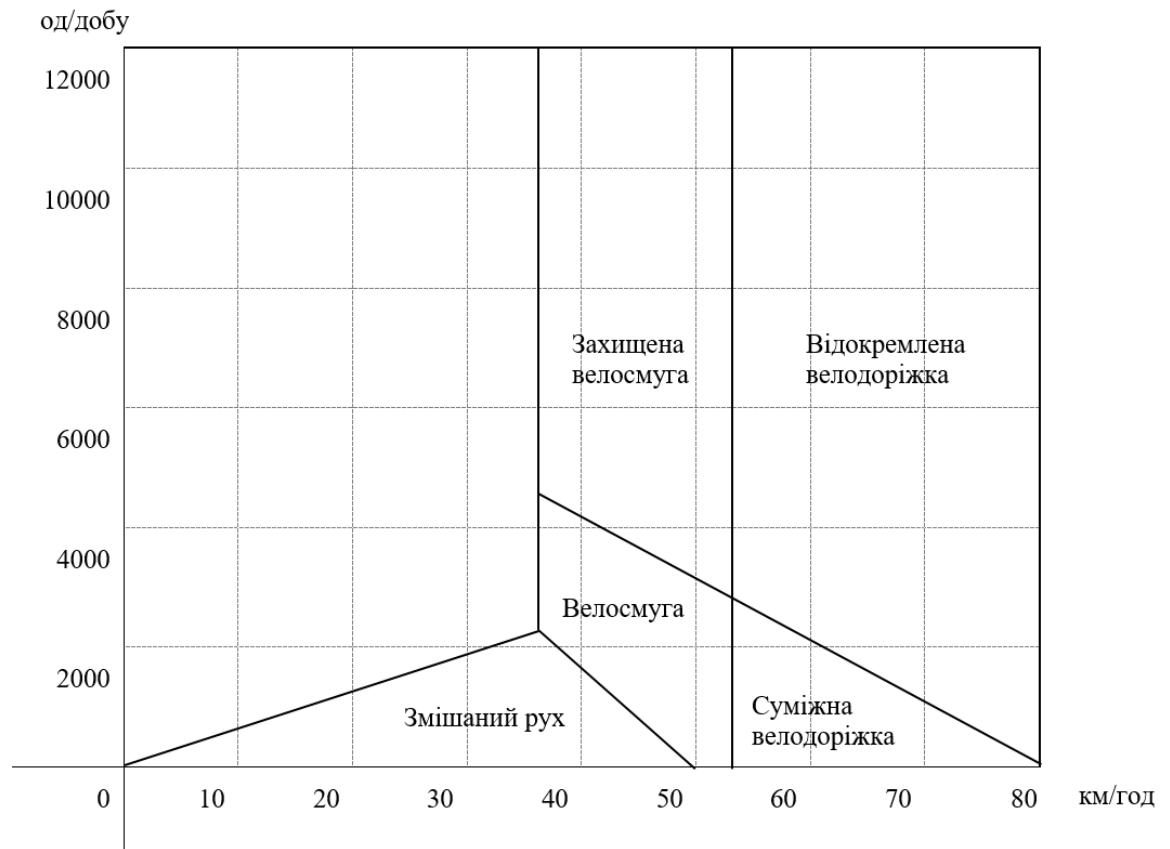
Слід зазначити, що згідно з цією методикою всі вулиці діляться на дві категорії місцеві та розподільчі (магістральні) і відповідно велосипедна мережа має таку саму ієрархію. Основним фактором за яким визначають технічні і геометричні

параметри вулиць, є максимально дозволена швидкість руху, що в сумі з показниками кількості (інтенсивності) руху моторизованого транспорту та кількості користувачів велотранспорту визначає категорію вулиці та рекомендовану форму велосипедного руху. Не менш важливим є врахування кількості смуг руху на вулиці де облаштовується велосипедна мережа, яка при збільшенні кількості смуг руху (2+2 смуги в один бік) пропорційно зменшує кількість можливих різновидів форм велоруку, надаючи перевагу більш безпечним та сепарованим (відокремленими) видам організації велосипедного руху. І в протизагагу, на односторонніх вулицях чи вулицях, що мають по одній смузі руху (1+1 або 1+2) смуги руху), з незначною швидкістю руху та кількістю моторизованого транспорту пропонується облаштовувати спільний (змішаний) рух пішоходів, велосипедистів та моторизованого транспорту або навіть велосипедні або велопішохідні вулиці. Огляд статистичних даних кількості смертельних ДТП у Нідерландах за 2020 рік [18] свідчить про 515 випадків ДТП, з яких 30% (155 випадків ДТП) сталися з велосипедистами.

Країни, що останні десятиліття активно розвивають велосипедну інфраструктуру, і є схожими до України за показниками середньої температури та норми опадів, розташовані у схожій кліматичній області північної Європи — Данія, Фінляндія та Естонія. У місті Копенгаген, столиці Данії, наразі нараховується 546 км [19] відокремленої велосипедної мережі і налічує 80 велосипедів на 100 містян, 46% всіх переміщень населення відбувається на велосипедному транспорті. У столиці Фінляндії — Гельсінках, налічується 1340 км [20] веломережі, та у 70% містян мають та використовують велосипед як транспортний засіб. Естонська столиця Таллінн має наразі 244 км відокремленої мережі і 29% [21] щоденних поїздок в місті виконується на велотранспорті.

Данський довідник з організації велосипедного руху [21] визначає принцип вибору форм велосипедного руху на вулично-дорожній мережі, що залежить від взаємозв'язку кількості (інтенсивності) автотранспорту (авто/день) та швидкості руху на вулиці (км/год) — відображено на Рисунку 2.

Рис.2 - Діаграма визначення форми велосипедного руху Данії



Зазначається, що обмеження швидкості руху, на ділянках де це застосовується для організації спільного руху велосипедистів та моторизованого транспорту, має бути виконано конструктивно і сприяти максимальному заспокоєнню швидкості руху, щоб велосипедистам було безпечно і комфортно пересуватись. Це відображається в статистичних даних по кількості смертельних ДТП у Данії за 2021 рік [23] — 163 смертельних випадки, з яких 17% (27 ДТП) з велосипедистами.

Принцип визначення форми велосипедного руху Фінляндії [24] полягає в поділі велосипедної мережі на різновиди — головна, другорядна та підвізні. В залежності від швидкості руху на вулиці (км/год) та кількості (інтенсивності) автотранспорту (авто/день) обирається певна форма велоруку (Таблиця 3)

Таблиця 3. — Матриця визначення велосипедної мережі Фінляндії

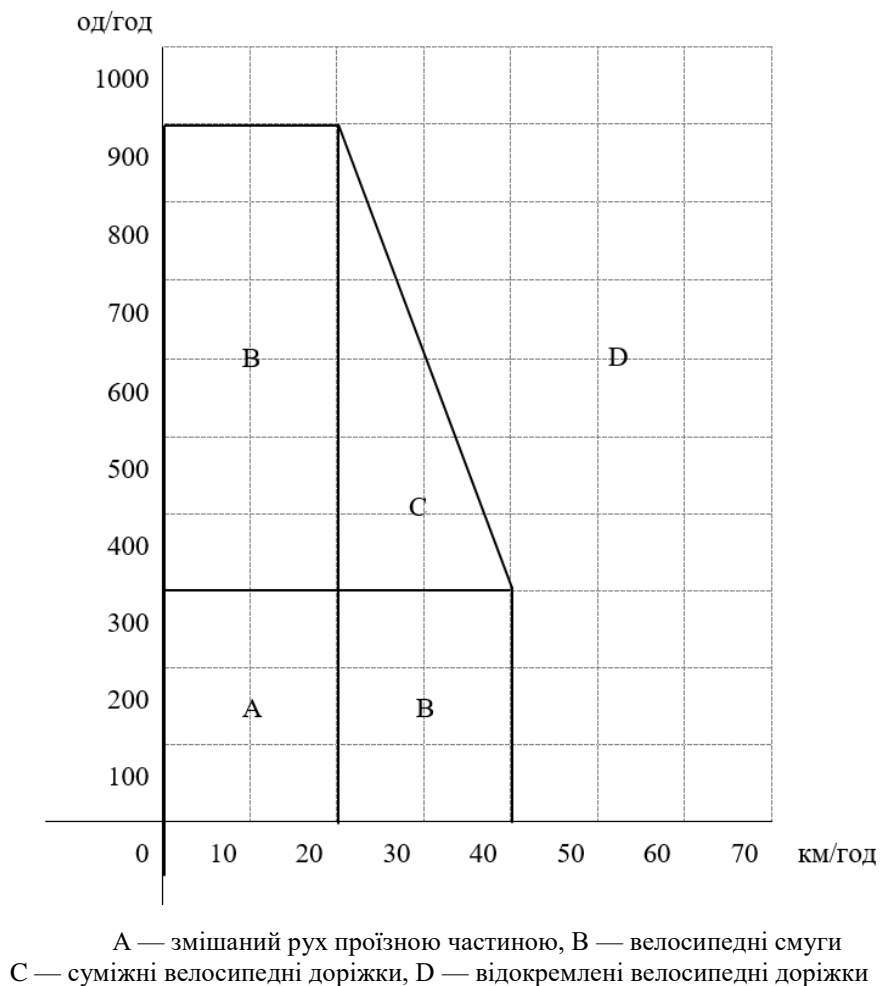
швидкість (км/год)	інтенсивність од/добу	Тип веломережі		
		головна	другорядна	підвізна
30	<2000	Змішаний рух або велосипедна вулиця	Змішаний рух	Змішаний рух
	2000-4000			
	4000-7000			Змішаний рух або велосмуга
	7000-			
40	<2000	Велосмуга або велодоріжка	Змішаний рух або велосмуга	Змішаний рух
	2000-4000			
	4000-7000			Велосмуга або велодоріжка
	7000-			
50	<2000	Велосмуга або велодоріжка	Змішаний рух або велосмуга	Змішаний рух або велосмуга
	2000-4000			
	4000-7000			Велосмуга або велодоріжка
	7000-			
60	не визначається	Велосипедна доріжка		

Більш сепаровані (відокремлені) форми велосипедного руху застосовуються на головних велошляхах мережі, які співпадають з завантаженими відрізками вулично-дорожньої мережі. Велосипедну мережу також відокремлюють там, де швидкість та кількість моторизованих транспортних засобів не можливо або не бажано обмежувати. В протипагу більш сповільнені, змішані форми велоруку з конструктивним сповільненням та обмеженням швидкості руху моторизованого транспорту застосовуються на другорядних та підвізних відрізках веломережі, де інтенсивність моторизованого транспорту є незначною, швидкість конструктивно обмежена і де не можливо відокремити велосипедний рух. Аналіз статистичних

даних по кількості смертельних ДТП у Фінляндії за 2021 рік [25] свідчить про 223 смертельних випадки ДТП, з яких 14% (31 випадок ДТП) сталися за участю велосипедистів.

Методика, що викладена в естонському довіднику облаштування велосипедної інфраструктури в місті Таллін [26] визначає трансформований принцип вибору форми велосипедного руху на вулично-дорожній мережі виходячи з тьох параметрів — кількість (інтенсивність) моторизованого транспорту на годину (авто/год), швидкості руху на вулиці (км/год) та способу розміщення велосипедної мережі змішаний рух (ЗР), в межах проїзної частини, суміжно з тротуаром або відокремлено), що відображено на рисунку 3.

Рис.3 — Діаграма визначення форми велосипедного руху Естонії



Слід зазначити, що даний метод має дуже жорсткі рамки діапазону для вибору форм велосипедного руху, що обмежений параметрами швидкості і кількості і по

суті рекомендує на більшості вулично-дорожньої мережі облаштовувати лише сепаровані (відокремлені) форми велосипедного руху. Огляд статистичних даних по кількості смертельних ДТП у Естонії за 2020 рік [27] зазначає про 59 смертельних випадки ДТП, з яких лише 3% (2 випадки ДТП) відбулися за участі користувачів велотранспорту.

Можна прослідкувати, що важливим аспектом у зазначених прикладах методів вибору форми велосипедного руху є параметр швидкості руху на вулично-дорожній мережі. Варто зазначити, що згідно з аналітичним звітом Світового банку в Україні [28] більшість ДТП з тяжкими або летальними наслідками (40% у 2021 році, 44% у 2022 році) виникає саме через перевищення швидкості, більше половини летальних випадків у ДТП припадає на незахищених, уразливих учасників дорожнього руху — пішоходів й велосипедистів [29]. Транспортні засоби що рухаються на великій швидкості, мають менше часу, щоб ідентифікувати маневри інших учасників дорожнього руху та зреагувати на дорожню ситуацію [30]. Моторизованому транспортному засобу, що рухається на швидкості потрібно більше часу і відстані гальмівного шляху, щоб зупинитися і уникнути зіткнення. Швидкість з якою рухається транспортний засіб, безпосередньо впливає на ризик виникнення ДТП, а також на тяжкість травм і летальність наслідків ДТП [31]. Ця кореляція зв'язку швидкості і важкості травмування, є особливо критичною для незахищених учасників дорожнього руху — пішоходів та велосипедистів, бо є такими, що не захищені металевим корпусом. Звіт статистичних даних по кількості смертельних ДТП в Україні за 2021 рік [32] свідчить про 3238 випадки смертельних ДТП, з яких у 6% (195 випадків ДТП) сталися за участю велосипедистів. Слід також зазначити, що система обліку Патрульної поліції України працює лише по факту фіксації стану учасників дорожнього руху в момент скоєння ДТП, тобто, смерть яка сталася з тяжкотравмованим через добу після ДТП, не зараховується як ДТП що призвело до смерті. Хоча чинні нормативні документи [33, 34] визначають фіксацію смерті внаслідок ДТП для учасників що загинули або померли протягом 30 діб після випадку ДТП. Тому слід розглядати статистичні данні ДТП в Україні більш скептично, і прискіпливо відслідковувати долю ще 1208 випадків ДТП, що

ззначаються як травмовані велосипедисти. При цьому столиця України — місто Київ має всього 220 км незв'язної велосипедної мережі та менше 1% користувачів велотранспорту від населення міста (2,95 млн).

Наявна на сьогодні нормативно-правова база в Україні, що регламентує і визначає планування та облаштування велосипедної інфраструктури як частини вулично-дорожньої мережі населеного пункту, опирається на функціонально - планувальне призначення вулиць та доріг. Вулично-дорожню мережу класифікують на категорії — магістральні вулиці загальноміського значення, районного значення, і місцеві вулиці та дороги [1]. А основними показниками, за яким визначають технічні і геометричні параметри вулиць та доріг населених пунктів та їх елементів, на відміну від європейських нормативів, є розрахункова кількість (інтенсивність) руху усіх його учасників [2]. Для розрахунку інтенсивності транспортних потоків приймається період 15-20 років генерального плану населеного пункту з урахуванням розвитку магістральних мереж, міжрайонних кореспонденцій, існуючих показників та тенденцій у змінах міських і зовнішніх потоків різних видів транспорту, та виконуються на макрорівні для мережі вулиць населеного пункту в цілому й для його окремих ділянок чи транспортних розв'язок на мікрорівні з використанням методик прогнозованого транспортного імітаційного моделювання.

Визначена у державних нормативах [2] класифікація на категорії вулиць окреслює принцип визначення параметрів основних елементів вулично-дорожньої мережі виходячи з категорії вулиці, яка диктує параметри розрахункової швидкості руху (км/год), допустимої кількості смуг руху та їх ширини, та зазначає вимоги до допустимих форм організації велосипедного руху залежно від визначеної категорії вулиці населеного пункту [2]. При цьому, параметр швидкості руху визначається за замовчуванням при виборі категорії вулиці, а не навпаки, як у закордонних методах — швидкість руху спільно з інтенсивністю руху користувачів визначає категорію вулиці. Зазначимо, що гранична розрахункова швидкість, що визначена у державних нормах для кожної категорії вулиць, суперечить визначеним обмеженням швидкості руху транспортних засобів у населених пунктах згідно з

чинними правилами дорожнього руху України (ПДР). Більше того, в стратегічно-планувальних документах [34, 35] визначені заходи спрямовані на істотне підвищення безпеки дорожнього руху, шляхом обмеження швидкості руху та задоволенні потреб у безпечній мобільності населення - будівництві в містах та інших населених пунктах, на позаміських дорогах відокремлених велосипедних доріжок та забезпечення велосипедної інфраструктури. Національним стратегічним напрямком [5] розвитку велосипедного руху є посилення велосипедної безпеки, яка б ґрунтувалася на прогресивному іноземному досвіді та забезпечення розвитку інфраструктури для велосипедного руху, оптимальної взаємодії велоруку з іншими видами транспорту.

Такий параметр як кількість смуг руху на вулиці, що разом із швидкістю руху пропорційно впливає на безпеку дорожнього руху всіх його учасників, також визначається державними нормами [2] категорією вулиці, що протирічить наведеним закордонним методам визначення форми велосипедного руху. Оскільки при врахуванні граничної розрахункової швидкості руху на вулиці і кількості смуг, згідно з рекомендаціями вибору форми велоруку, її дозволено облаштовувати в межах проїзної частини, хоча при аналогічних параметрах закордонних методів це категорично заборонено. Пропускна здатність однієї смуги руху для транспортних розв'язок в державних нормах регламентується [2]: для розв'язок загальноміського значення безперервного руху — 1650-1850 авто/год, для розв'язок загальноміського значення регульованого руху та вулиць районного значення — 750-850 авто/год. Що в сукупності з розрахунковою швидкістю впливає на високу ймовірність виникнення ДТП. Дослідження зміни пропускної здатності смуги руху в залежності від зміни швидкості руху [36, 37], свідчать про кореляцію збільшення пропускної спроможності смуги руху у випадках зменшення швидкості руху транспортних засобів, що безумовно впливає на підвищення безпеки дорожнього руху, надає більше часу і відстані гальмівного шляху, щоб водій транспортного засобу міг зупинитися і уникнути зіткнення.

Зазначимо, що в національних стандартах [3] є спроба адаптувати німецький метод визначення форми велоруку, але при практичному їх застосуванні виникає

не співпадіння з закордонними аналогами. Хоча чинними державними нормами [2] та ПДР [38] визначено, що організація дорожнього руху, повинна забезпечувати безпечний та зручний рух пішоходів, велосипедистів та транспортних засобів. А підвищення безпеки дорожнього руху на вулицях населених пунктів, має здійснюватися за допомогою заспокоєння руху [2], що в свою чергу суперечить методу визначення технічних і геометричних параметрів вулиці, закладеному в ДБН [2]. Зведена порівняльна таблиця по розділу наведена у Графічній частині на аркуші 2.

1.2. Загальний огляд та аналіз основних форм організації велосипедного руху на розв'язках (перехрестях) в одному рівні

В умовах щільної та сформованої вулично-дорожньої мережі населених пунктів, неминучі перетинання, розгалуження та прилягання магістральних вулиць та доріг, що формує дорожні вузли - транспортні розв'язки (перехрестя). Вузли є найбільш складним елементом мережі, оскільки забезпечують перерозподіл транспортних засобів по напрямках. Саме на транспортних розв'язках виникають конфлікти між перетинання учасників дорожнього руху - транспорту, велотранспорту та пішоходів, що спричиняють затримки та зменшення пропускну здатності. У зв'язку із специфічними умовами дорожнього руху на транспортних розв'язках — зниження швидкості перед виконанням маневрів повороту праворуч або ліворуч чи розвороту, саме ці ділянки вулично-дорожньої мережі є найбільш небезпечними для учасників дорожнього руху. Проектування та організація транспортних розв'язок (перехресть) полягає в максимальному забезпеченні безпеки дорожнього руху всіх його учасників при виконанні маневрів з найменшими втратами часу. Ці задачі вирішуються правильним підбором методів організації дорожнього руху та застосування технічних засобів регулювання дорожнього руху (ТЗРДР).

На конфігурацію та спосіб регулювання перехресть вулично-дорожньої мережі населених пунктів в значній мірі впливають пішохідні потоки, велосипедний рух, маршрутний транспорт [47]. Дорожні вузли (транспортні розв'язки) в одному рівні класифікуються залежно від категорій магістральних вулиць, що перетинаються і поділяються на нерегульовані, з рухом по кільцю та регульовані. Слід зазначити, що для магістральних вулиць безперервного руху чинними державними нормами [2] рекомендовано влаштування перехрещення в різних рівнях, що є окремою темою для дослідження, і не стосується даної роботи.

Важливою характеристикою дорожнього вузла є показники його складності, що ґрунтуються на аналізі конфліктних точок, що виникають між учасниками дорожнього руху. Проїзд перехрестя характеризується зменшенням швидкості

руху, що призводить до збільшення часу проїзду ділянки та підвищенню виникнення конфліктних ситуацій, які можуть стати випадками ДТП, це в свою чергу потребує визначення пріоритетності руху [37].

Спосіб регулювання транспортної розв'язки залежить від інтенсивності та складу потоків учасників дорожнього руху, що конфліктують на перехресті, а також відповідності категорії вулиці та інтенсивності руху. За способом надання пріоритету у русі розв'язки в одному рівні поділяються на [37]:

- нерегульовані (рівнозначні);
- нерегульовані (нерівнозначні);
- саморегульовані (з рухом по кільцю);
- регульовані.

Зазначені дані по розділу наведені у Графічній частині на аркуші 3.

Нерегульовані рівнозначні розв'язки — це перехрестя, на яких не визначений ТЗРДР пріоритет руху по напрямках і які регулюються ПДР — дати дорогу транспортним засобам, що наближаються з правого боку. Такі розв'язки доцільно влаштувати при незначній інтенсивності руху транспортних засобів, оскільки збільшення учасників дорожнього руху, може викликати затримки під час надання переваги в русі чи хибне тлумачення визначення пріоритету на перехресті і ймовірності виникнення ДТП. Дуже важливим, при наближенні до перетину є забезпечення мінімальної відстані бічної видимості в напрямку руху на примиканнях для всіх учасників руху. Згідно чинних норм [2], можуть мати такі перехрестя вулиці та дороги місцевого значення (житлові вулиці, проїзди, паркові дороги, господарські, науково-виробничі, промислові, комунально-складські вулиці). Організація велосипедного руху згідно чинних нормативних вимог [2] є досить суперечливою — оскільки відповідно категорійності вулиці тут можна організувати всі форми велосипедного руху — велосипедні доріжки (ВД), велосипедні смуги (ВС), велопішохідні доріжки (ВПД), ЗР проїзною частиною — велосипедний коридор (ВК). Однак державні стандарти [3] зазначають що, на нерегульованих перехрестях без позначення пріоритету рекомендовано передбачати лише рух велосипедистів проїзною частиною — ВК або ВС.

Аналіз закордонних методів [17, 22, 24, 26] організації велосипедного руху, опираючись на низьку інтенсивність транспортних засобів та обмежену швидкість руху до 30 км/год визначає найбільш прийнятною формою велосипедного руху для нерегульованих рівнозначних розв'язок на вулицях місцевого значення є ВК. Також рекомендовано влаштовувати велосипедні або велопішохідні вулиці (зони) (ВПЗ) лише у випадках значної інтенсивності руху моторизованого транспорту рекомендовано організовувати ВС або зустрічну велосипедну смугу (ЗВС).

Нерегульовані нерівнозначні розв'язки — перехрестя, на яких визначений ТЗРДР пріоритет та черговість проїзду транспортних засобів. Одна з вулиць (або зміна напрямку на перехресті) на таких перетинах є “головним напрямком” тобто таким, що має перевагу в русі, всі інші примикання на перехресті є “другорядними”, такими, що поступаються. Нерівнозначні перехрестя є більш інформативними для всіх учасників дорожнього руху, особливо при наявній інтенсивності транспортних засобів, завдяки розміщеним дорожнім знакам та/або горизонтальній розмітці. Державні норми [2] визначають, що такі перехрестя облаштовуються на вулицях та дорогах місцевого значення (житлові вулиці, проїзди, паркові дороги, господарські, науково-виробничі, промислові, комунально-складські вулиці). Але досить часто, нерегульовані нерівнозначні перехрестя з невеликою інтенсивністю руху транспортних засобів також облаштовуються на перетинах або примиканнях вулиць місцевого значення із магістральними вулицями районного значення. Чинні державні нормативи [2, 3] не обмежують вибір форми велосипедного руху для вулиць з нерівнозначними перехрестями. Відповідно до стандарту [3] у першу чергу потрібно передбачати заходи для забезпечення руху велосипедистів, які рухаються прямо і виконують маневр лівого повороту. Однак ПДР України [38] окреслюють ряд обмежень для перетину велосипедистами нерівнозначних перехресть, що рухаються ВПД або ВД на підходах до розв'язки. Оскільки такі форми велоруху знаходяться поза межами проїзної частини, то користувачі велотранспорту, при виїзді на перехрестя, мають надавати перевагу іншим транспортним засобам незалежно від того, знаходились вони на “головній дорозі” чи “другорядній”. Форми велосипедного руху, що

організовані в межах проїзної частини (ВС, ЗВС та ВК) рівнозначні до інших транспортних засобів, і перетинають перехрестя за загальними ПДР.

У закордонних довідниках з облаштування велосипедної інфраструктури також немає обмежень щодо вибору форми велосипедного руху на нерівнозначних перехрестях [14]. Рекомендовано [24] позначати розміткою велосипедний рух вдовж “головної дороги”, щоб не створювати хибного пріоритету для велосипедистів, які перетинають перехрестя з другорядного напрямку. За можливості при облаштуванні велосипедної мережі на нерівнозначному перехресті змінювати пріоритет напрямку на користь велосипедного руху [14]. Бажано [3] переводити такі форми велоруку як ВПД, ВД у ВС, щоб уникнути конфліктних ситуацій раптової появи велосипедиста на перехресті при маневрах правого та лівого повороту та пріоритетного прямого проїзду.

Саморегульовані (з рухом по кільцю) розв'язки — перетини вулиць, де рух транспортних засобів організовано проти стрілки годинника навколо центрального острівця. В залежності від місцевих геометричних параметрів та умов центральний острівець може мати форму трикутника, чотирикутника, правильного кола, еліпса, краплі тощо. Згідно ПДР України [38] перевага в русі на перехресті, де організовано круговий рух надається транспортним засобам які вже рухаються по колу (якщо інше не визначене дорожніми знаками або розміткою).

Перевагами кільцевих розв'язок [37] є підвищена безпека руху, що досягається зниженням швидкості руху транспортних засобів при наближенні до перехрестя. У випадку виникнення ДТП на кільці, через нижчу швидкість руху, мають менш важкі наслідки. Ймовірність зіткнення транспортних засобів на перехресті з круговим рухом у порівнянні з лінійним нерегульованим перетином — значно нижча, оскільки кільцеве перехрестя має меншу кількість маневрів і відповідну меншу кількість конфліктних точок. Недоліками є ускладнена організація нерегульованого перетину кільцевої розв'язки пішоходами та велосипедистами та великий час очікування в'їзду на кільце в пікові години навантаження при щільній інтенсивності руху транспортних засобів.

Кільцеві розв'язки класифікуються [4] за розміром центрального острівця, та поділяються на:

- міні-кільцеві розв'язки (діаметр центрального острівця від 2,5 до 4 м);
- малі кільцеві розв'язки (діаметр центрального острівця від 4 до 18 м);
- середні кільцеві розв'язки (діаметр центрального острівця від 18 до 60 м);
- великі кільцеві розв'язки (діаметр центрального острівця понад 60 м).

За організацією дорожнього руху кільцеві розв'язки також поділяються на [4]:

- звичайна кільцева розв'язка;
- розірване кільце;
- турбо-карусель.

Зазвичай кільцеві розв'язки є саморегульованими, але існує [4, 37, 47] виключна практика організації світлофорного регулювання на підходах до кільця, щоб організувати безпечний рух пішоходів та велосипедистів, або пропустити громадський рейковий транспорт через центральний острівець, але це скоріше виняток, аніж правило.

Міні-кільцеві розв'язки відповідно чинних норм [2], влаштовуються на перехрестях вулиць та доріг місцевого значення (житлові вулиці, проїзди, паркові дороги, господарські, науково-виробничі, промислові, комунально-складські вулиці), а також на перетинах або примиканнях вулиць місцевого значення із магістральними вулицями районного значення. Також міні-кільцеві розв'язки застосовуються як засіб заспокоєння дорожнього руху [42] на вулицях з середньою інтенсивністю транспортних засобів, задля цього на перехресті рівнозначних або нерівнозначних доріг ТЗРДР організовується рух по колу. Центральний острівець міні-кільцевої розв'язки є куполоподібним та переїзним, для забезпечення проїзду та динамічного габариту під час повороту великогабаритного транспорту. Організація велосипедного руху на міні-кільцевих розв'язках згідно з чинними нормативними вимогами [3] та закордонними рекомендаціями однозначна — ЗР проїзною частиною без позначення ВК, велосипедисти перетинають кільцеве перехрестя за загальними ПДР [38]. При цьому, за наявності інших форм велосипедного руху на вулицях, що примикають до міні-кільцевої розв'язки, їх

потрібно перевести за 20 м до перехрестя у ЗР на проїзній частині. Однак в чинних нормах та стандартах є суперечність, оскільки на магістральних вулицях районного значення заборонено [2] організувати велорух ЗР на проїзній частині, і одночасно стандартами визначено єдиною формою велосипедного руху на кільцевих перехрестях із зовнішнім діаметром до 24 м доцільно передбачати ЗР на проїзній частині [3].

Малі кільцеві розв'язки влаштовуються на перетинах вулиць та доріг місцевого значення (житлові вулиці, проїзди, паркові дороги, господарські, науково-виробничі, промислові, комунально-складські вулиці), а також на перетинах магістральних вулиць районного значення [2] з інтенсивністю руху транспортних засобів до 5000 од/добу [4]. Центральний острівцець малої кільцевої розв'язки. для полегшення розвороту великогабаритного транспорту, повинен мати укріплену смугу — “фартух” на який можна заїжджати. Згідно державних стандартів єдиною формою велосипедного руху на малих кільцевих розв'язках може бути лише ЗР проїзною частиною. Однак закордонні норми [22] дозволяють, при одній смузі руху моторизованих транспортних засобів, облаштовувати на кільці ВС, що виокремлені лише дорожньою горизонтальною розміткою або відмежовані конструктивно — бордюром, захисною смугою або захисними острівцями безпеки. Зазначимо, що згідно ПДР України [38], така організація велосипедного руху на кільцевій розв'язці цілком можлива — велосипедист при виїзді на кільце і подальшому русі по колу матиме перевагу в русі.

Середні кільцеві розв'язки відповідно до вимог чинних будівельних норм [2] влаштовуються на перетинах магістральних вулиць районного значення та на магістральних вулицях загальноміського значення регульованого руху з інтенсивністю руху транспортних засобів понад 5000 од/добу [4]. Центральний острівцець середньої кільцевої розв'язки за потреби, може мати укріплену смугу — “фартух” на який можна заїжджати для полегшення розвороту великогабаритного транспорту. Оскільки на середніх кільцевих розв'язках зазвичай буває дві і більше смуг руху, то згідно державних стандартів [3] дозволеними формами велосипедного руху є лише ВД та ВПД. У випадках, коли велосипедна мережа на

примикаючих вулицях була розміщена в межах проїзної частини, перед кільцевим перехрестям її треба завчасно вивести за межі проїзної частини, та перевести у ВД та ВПД. При цьому велосипедні переїзди по колу, мають бути розташовані поруч з пішохідним переходом [4]. Аналогічними є рекомендації з облаштування велоруху у закордонних практиках [14]. Це відповідно до ПДР України [38] робить перетин кільця велосипедистами безпріоритетним, і змушує користувачів велотранспорту при кожному переїзді проїзної частини (з'їзду чи заїзду на кільце) надавати перевагу усім транспортним засобам.

Великі кільцеві розв'язки влаштовуються на перетинах магістральних вулиць загальноміського значення регульованого руху, а також на перетинах або примиканнях до вулиць загальноміського значення безперервного руху з інтенсивністю руху транспортних засобів понад 5000 од/добу. На підходах до кільця, щоб організувати безпечний рух пішоходів та велосипедистів, або пропустити громадський рейковий транспорт через центральний острівцець (*розірване кільце*) [4, 37] допускається організовувати зміну переваги в дорожньому русі шляхом встановлення світлофорного регулювання. Кількість смуг на великих кільцевих розв'язках може сягати до 6 смуг, що збільшує кількість перелаштувань та конфліктних точок і є для велосипедного руху найнебезпечнішим типом кільцевих розв'язок. Відповідно до чинних норм [3], рекомендованими формами велосипедного руху є ВД та ВПД, враховуючи великий розмір розв'язки, рекомендовано передбачати двосторонній рух велосипедистів, щоб уникнути порушень і об'їзду навпростець проти руху. Незалежно від обраної форми велоруху без світлофорного регулювання, вони є вкрай небезпечними і існує велика ймовірність виникнення ДТП. Закордонні нормативи [14, 22], так само рекомендують організовувати світлофорне регулювання для перетину великих кільцевих розв'язок пішоходами та велосипедистами, а у випадку коли є не можливо — відносити велосипедний переїзд до найближчого світлофорно регульованого перехрестя або у випадках, коли це дозволяє рельєф місцевості робити велопішохідний тунель.

Кільцеві розв'язки типу “турбо-карусель” [4] мають каналізовану організацію дорожнього руху по спіралі, де кожен учасник руху, має завчасно, перед виїздом, обрати напрям руху і зайняти визначену смугу для в'їзду на кільце. Розміщення смуг по спіралі навколо острівця, направлене на те, щоб “вивести” транспортний засіб з перетину з мінімальною кількістю конфліктних точок. Такі види кільцевих розв'язок застосовують [37] з метою зменшення вірогідності виникнення ДТП та збільшення швидкості проходження перетину, у випадках коли лівоповоротний транспортний потік одного або декількох напрямків складає понад 50% інтенсивності руху і блокує в'їзд на кільце з інших напрямків, що збільшує затримки. Турбо-каруселі облаштовують шляхом зміни організації дорожнього руху із малих, середніх та великих кільцевих розв'язок, для цього на кільці має бути не менше 2 смуг руху. Оскільки турбо-карусель направлена на збільшення швидкості руху транспортних засобів, це унеможливує організацію безпечного перетину велосипедистами таких перехресть.

Регульовані розв'язки — перетин вулиць, на яких черговість проїзду транспортних засобів визначено сигналами світлофора або регулювальника [38]. Кожне примикання на перехресті, а також його перетин пішоходами та велосипедистами регулюється в певній послідовності вмиканням дозвільного (зеленого) і заборонного (червоного) сигналів. Перед перехрестям виникає розподіл транспортних засобів по напрямкам руху (прямо, праворуч, ліворуч) і їх накопичення в очікування дозвільного сигналу світлофору. Державні норми [2] визначають, що регульовані перехрестя облаштовуються на житлових вулицях, на перетинах магістральних вулиць районного значення та на магістральних вулицях загальноміського значення регульованого руху. Рекомендованими формами велосипедного руху для регульованих перехресть є ВД, ВС, на житлових вулицях можливі ВК, а на магістральних вулицях регульованого руху також дозволено облаштовувати ВПД [2].

Згідно з чинними стандартами [39] для регулювання руху велосипедистів в межах проїзної частини застосовують загальні транспортні світлофори типів Т.1, Т.2, Т.3 які одночасно регулюють рух інших учасників дорожнього руху. Такі

транспортні світлофори допустимо використовувати для регулювання велоруку, якщо велосипедисти рухаються проїзною частиною спільно з іншими транспортними засобами — ВС або ВК. Для окремого регулювання велосипедного руху в межах проїзної частини застосовують [39] транспортні світлофори типу Т.3 з зображенням символу велосипеда на робочій поверхні лінз сигналів світлофора або білою табличкою з символом велосипеда що кріпиться під світлофором [39]. Такі світлофори регулюють рух лише велосипедистів у випадках наявності окремого напрямку регулювання (окрема по тривалості фаза для велосипедистів). Для регулювання руху велосипедистів, що перетинають дорогу поза межами проїзної частини (ВД, ВПД або ВПЗ) також використовують транспортні світлофори типу Т.3 з символами велосипеда або у випадках, коли дозвільний сигнал для велосипедистів сходиться з дозвільним сигналом для пішоходів, можна застосовувати пішохідні світлофори типу П.1 або П.2, зі зображенням символів пішохода та велосипеда на робочій поверхні лінз сигналів світлофора. Чинними ПДР [38] України покищо на жаль не визначені окремі велосипедні та велопішохідні світлофори і правила поведінки та взаємодії учасників дорожнього руху при влаштуванні світлофорного регульованого велосипедного руху.

На перетинах, де присутній не регулярний потік пішоходів та велосипедистів, може бути організовано світлофорне регулювання з таблом виклику сигналу, яке вмикає дозвільний сигнал світлофору для велосипедистів та пішоходів лише при натисканні на кнопку. Весь інший час, працюють лише транспортні світлофори, що регулюють рух транспортних засобів в межах проїзної частини.

Світлофорно регульовані перехрестя є найбільш [49] безпечними для усіх учасників дорожнього руху, однак чинними стандартами заборонено закінчувати велосипедну мережу перед регульованими перехрестями і переводити у ЗР. Це обумовлене те, що виконання маневрів лівого та правого повороту і проїзд прямо, на перехрестях без виокремленого велопереїзду, сприймається іншими учасниками дорожнього руху як раптова поява велосипедиста на дорозі й може стати причиною виникнення ДТП. Користувачі велотранспорту під час виконання маневру мають перебувати на перехресті у зоні видимості інших учасників дорожнього руху та

чітко дотримуватись дозволених траєкторій руху, що позначені відповідною горизонтальною дорожньою розміткою.

Зазначені транспортні вузли (розв'язки в одному рівні) відрізняються один від одного планувальними характеристиками, пропускну здатністю, способом організації дорожнього руху її учасників, вартістю облаштування та розмірами займаної площі. Чинними державними нормами [2] визначені загальні рекомендації по організації велосипедного руху на кожному типі розв'язок в одному рівні. Також для кожної категорії вулиць зазначено перелік [2] дозволених форм організації велосипедного руху, що розташовується на підходах до перетину. Стандартами [3] визначено певний набір методів з організації велосипедного руху на перехрестях вулиць та доріг населених пунктів, але розпорошеність між нормативними документами, їх суперечливість не дозволяє розглянути питання цілісно та сформуванати єдиний підхід щодо безпечної та правильної організації велосипедного руху на дорожніх перетинах.

1.3. Загальний огляд та аналіз методів організації велосипедного руху на розв'язках (перехрестях) в одному рівні в населених пунктах

Організація велосипедного руху в більшості випадків відбувається в умовах існуючої сформованої транспортної ситуації на перетині, її урахування завжди супроводжується вибором оптимальних методів для забезпечення безпечного та інтуїтивного велоруху з мінімальною кількістю конфліктів. Метод організації прямого перетину розв'язки велосипедистами та виконання правого та лівого маневрів залежить від врахування та забезпечення ряду факторів, а саме:

- категорії вулиці;
- типу розв'язки (перехрестя);
- інтенсивності транспортних засобів;
- форми велосипедного руху на примиканнях.

Нерегульовані рівнозначні розв'язки облаштовані на вулицях та дорогах місцевого значення, що мають 1 або 1+1 смуги руху (житлові вулиці, проїзди, паркові дороги, господарські, науково-виробничі, промислові, комунально-складські вулиці) при незначній інтенсивності транспортних засобів рекомендовано [3] облаштовувати форми велосипедного руху ВК, ВС та ЗВС. На перехресті рівнозначних доріг велосипедист має зупинитись, і дати дорогу транспортним засобам, що наближається до перехрестя праворуч [38]. Рух прямо та маневр правого повороту виконуються згідно ПДР України [38], велосипедист завчасно має проінформувати інших учасників руху про зміну траєкторії руху - показати сигнал про маневр рукою перед виїздом на перехрестя. Маневр лівого повороту виконується за умови надання переваги на перехресті транспортним засобам що рухаються прямо чи праворуч [38]. Зазначені дані по розділу наведені у Графічній частині на аркуші 4.

Рекомендовані велосипедні коридори, що позначають траєкторію руху в попутному напрямку у змішаному русі велотранспорту та моторизованого транспорту на рівнозначних перехрестях, організуються дорожніми наказовими знаками 4.23 за перехрестям, завчасно встановленими попереджувальними знаками

1.34 перед перехрестям [53], але щоб уникнути хибного сприйняття переваги в русі [40] велосипедистами — не маркуються [41] горизонтальною дорожньою розміткою. Для підвищення безпеки дорожнього руху, рекомендується [42] застосовувати засіб заспокоєння руху — підвищене перехрестя.

Велосипедні смуги на рівнозначних розв'язках, організуються завчасно встановленими попереджувальними знаками 1.34 [53] перед перехрестям. Щоб уникнути хибного сприйняття переваги в русі велосипедистами — не маркуються горизонтальною дорожньою розміткою, а закінчуються перед рівнозначним перехрестям, що позначається інформаційно-вказівними знаком 5.89, після перехрестя продовжуються, позначеними знаками 5.88 [43, 53]. Лише у випадках, коли на односторонній вулиці організовано ЗВС, що позначена інформаційно-вказівними знаками 5.94.1 [53], для підвищення безпеки дорожнього руху та інформування учасників дорожнього руху про появу велосипедиста на дорозі, можливе нанесення горизонтальної розмітки велосипедного переїзду (1.15) [52].

Нерегульовані нерівнозначні розв'язки облаштовані на вулицях та дорогах місцевого значення (житлові вулиці, проїзди, паркові дороги, господарські, науково-виробничі, промислові, комунально-складські вулиці) або на магістральних вулицях районного значення, що мають 1, 1+1 або 1+2, 2+2 смуги руху. Дозволено [3] облаштовувати форми велосипедного руху в межах проїзної частини — ВК, ВС, ЗВС, поза межами проїзної частини — ВД та ВПД. На перехресті нерівнозначних доріг велосипедист, що рухається по другорядній дорозі, повинен зупинитись, та дати дорогу транспортним засобам що рухаються головною дорогою, незалежно від напрямку їх подальшого руху. Рух прямо та маневр правого повороту виконуються згідно ПДР України [38], велосипедист завчасно має проінформувати інших учасників руху про зміну траєкторії руху — показати сигнал про маневр рукою перед виїздом на перехрестя. Маневр лівого повороту виконується за умови надання переваги на перехресті транспортним засобам, що рухаються прямо чи праворуч [38]. При цьому лівий поворот велосипедисту дозволений лише на вулицях з однією смугою руху в кожному

напрямку (1+1). Зазначені дані по розділу наведені у Графічній частині на аркуші 5.

Рекомендовані велосипедні коридори на нерівнозначних розв'язках позначають траєкторію руху в попутному напрямку у змішаному русі велотранспорту та моторизованого транспорту, організовуються дорожніми наказовими знаками 4.23, завчасно встановленими попереджувальними знаками 1.34 [53], та маркуються горизонтальною дорожньою розміткою 1.28.3 [52]. Велосипедний рух керується загальними дорожніми знаками та розміткою — на перехресті головний напрямок позначається дорожніми знаками пріоритету 2.3 та за потреби табличкою позначення напрямку головної дороги 7.8 [53]. Другорядний напрямок, що поступається на перетині, позначається дорожніми знаками пріоритету 2.1 та за потреби табличкою позначення напрямку головної дороги 7.8 [53]. Також для підвищення безпеки дорожнього руху, рекомендовано застосування горизонтальної дорожньої розмітки 1.13 та за потреби розмітки 1.20 [52]. У випадках, коли головна дорога змінює напрямок на перехресті, дозволяється [41] маркувати зміну напрямку дорожньою розміткою, за умови що це одностороння або вулиця що має по одній смузі руху в кожному напрямку, щоб уникнути конфлікту між учасниками дорожнього руху. Організація лівого повороту на ВК на нерівнозначних розв'язках може бути організована влаштуванням лівоповоротної короткої смуги для велосипедистів, що захищена острівцем безпеки. Острівець безпеки при цьому має бути шириною не менше 2 м (на довжину 1 велосипеда) [2, 3];

Велосипедні смуги на нерівнозначних розв'язках рекомендовано позначати завчасно встановленими попереджувальними знаками 1.34, на перехресті знаками пріоритету для головної дороги 2.3, для другорядної дороги 2.1, і за потреби табличкою позначення напрямку головної дороги 7.8, інформаційно-вказівними знаками 5.88 [53] позначаються ВС після перехрестя. Горизонтальною дорожньою розміткою 1.15 “велосипедний переїзд” [52] ВС маркуються лише вздовж головної дороги та у випадках коли перехрестя перетинає ЗВС. ВС що примикають з другорядної вулиці рекомендовано позначати на перехресті горизонтальною

дорожньою розміткою 1.7 “напрямна розмітка”. Також розмітку 1.7 використовують для позначення смуг руху у випадках, коли головна дорога змінює напрямок на перехресті [52]. Перед виїздом на перехрестя, на ВС спільно з розміткою 1.36 (зображення велосипеда) рекомендовано позначати дозволені напрямки руху велосипедистів горизонтальною дорожньою розміткою 1.37, а для ВС, що примикають до перетину з боку другорядної вулиці застосовувати розмітку 1.13 та за потреби розмітку 1.20 [52].

Організація лівого повороту на ВС на нерівнозначних розв'язках може бути організовано декількома методами:

- влаштування лівоповоротної короткої смуги для велосипедистів, що захищена острівцем безпеки. Острівець безпеки має бути шириною не менше 2 м (на довжину 1 велосипеда) [3];

- влаштування лівого повороту “в два прийоми” з захисним острівцем [3];

- влаштування лівоповоротної кишені, майданчик зони очікування перед виїздом на дорогу має бути довжиною не менше 2 м (на довжину 1 велосипеда) та давати можливість перпендикулярного перетину дороги користувачами велотранспорту [14].

Велосипедні доріжки на нерівнозначних розв'язках, розміщують поза межами проїзної частини та позначаються дорожніми наказовими знаками 4.14 або 4.18 [53]. У щільній міській забудові (багатоповерховій, середньої поверховості та садибній) задля забезпечення безпеки дорожнього руху рекомендується надавати перевагу одностороннім велосипедним доріжкам, в попутному напрямку, виключенням є організація зворотнього велосипедного руху на односторонніх вулицях [24]. Оскільки згідно ПДР України [38] виїзд велосипедиста з велодоріжки на проїзну частину перехрестя є чітко не врегульованим, то за замовчуванням вважається, що користувачі велотранспорту мають надати дорогу іншим транспортним засобам. Тому, не залежно від сторони розміщення ВД (вздовж головної чи другорядної вулиці) на ВД перед виїздом на перехрестя мають бути встановлені дорожні знаки пріоритету 2.1 [53] та нанесена горизонтальна дорожня розмітка 1.13 [53]. Велосипедний переїзд ВД маркується горизонтальною

дорожньою розміткою 1.15 “велосипедний переїзд”, та розташовується поруч з пішохідним переходом, зі сторони перехрестя [4]. Майданчик зони очікування перед виїздом на дорогу має бути довжиною не менше 2 м (на довжину 1 велосипеда), давати можливість перпендикулярного перетину дороги користувачами велотранспорту, користувачі велотранспорту що очікують, не повинні заважати прямому руху велосипедистів та пішоходів, для цього в місці перехрещення наносять розмітку 1.10.2 [17], що забороняє виїзд, якщо попереду на майданчику зупинилися інші велосипедисти. Пішохідні переходи через велосипедну доріжку позначаються горизонтальною дорожньою розміткою 1.14.1 [52]. Перед виїздом на перехрестя, спільно з розміткою 1.36 (зображення велосипеда), рекомендовано позначати дозволені напрямки руху велосипедистів горизонтальною дорожньою розміткою 1.37 [52].

Організація лівого повороту на ВД на нерівнозначних розв'язках може бути організовано декількома методами:

- влаштування односторонніх велопереїздів “в два прийоми” [3];
- коротка лівоповоротна велодоріжка [14];
- влаштування велопереїзду, що захищений острівцем безпеки. Острівець безпеки має бути шириною не менше 2 м (на довжину 1 велосипеда) [3]

Задля пріоритезації перетину велосипедистами нерівнозначного перехрестя, рекомендовано [24] застосування методу зміни форми велосипедного руху з ВД на ВС, і застосування параметрів організації велоруку на нерівнозначних розв'язках для ВС.

Велопішохідні доріжки на нерівнозначних розв'язках, що розміщені поза межами проїзної частини та позначаються дорожніми наказовими знаками 4.17 [53]. Оскільки згідно ПДР України [38] виїзд велосипедиста з ВПД на проїзну частину перехрестя є не врегульованим, в державних стандартах відсутня горизонтальна розмітка позначення спільного велосипедного і пішохідного переїзду через проїзну частину, а також існує цілий ряд обмежень [3], щодо застосування такої форми організації велосипедного руху в населених пунктах, то рекомендовано перед нерівнозначними перехрестями, застосування методу зміни

форми велосипедного руху з ВПД на ВС, і дотримання параметрів організації велоруху на нерівнозначних розв'язках для ВС.

Саморегульовані (з рухом по кільцю) розв'язки в залежності від розміру центрального острівця облаштовуються на вулицях та дорогах місцевого значення (житлові вулиці, проїзди, паркові дороги, господарські, науково-виробничі, промислові, комунально-складські вулиці), на магістральних вулицях районного значення на магістральних вулицях загальноміського значення регульованого руху, від перетину типу вулиць залежить кількість смуг на кільці, вона може коливатись від 1 до 4 смуг руху в кожному напрямку. В залежності від класу розв'язки дозволено [3] облаштовувати форми велосипедного руху в межах проїзної частини — ЗР та ВС поза межами проїзної частини — ВД та ВПД. Згідно ПДР України [38] перевага в русі на саморегульованих перехрестях, де організовано рух по колу і які позначені дорожнім наказовим знаком 4.10 [53], надається транспортним засобам, які вже рухаються по колу. При з'їзді з кільця (повертаючи праворуч) водій повинен [38] дати дорогу пішоходам, які переходять проїзну частину на яку він повертає, а також велосипедистам, які рухаються прямо в попутному напрямку (по кільцю). Зазначені дані по розділу наведені у Графічній частині на аркуші 6.

Змішаний рух велосипедистів та моторизованого транспорту на односмугових *Міні-кільцевих розв'язках* на вулицях та дорогах місцевого значення керується загальними дорожніми знаками та розміткою — завчасно встановленими попереджувальними знаками 1.19 та 1.34, перед виїздом на перехрестя мають бути встановлені дорожні знаки пріоритету 2.1 і наказові знаки 4.10 [53] та нанесена горизонтальна дорожня розмітка 1.13 та 1.20 [52]. Велосипедний рух, щоб уникнути хибного сприйняття переваги в русі велосипедистами — не маркується горизонтальною дорожньою розміткою.

На односмугових *Малих кільцевих розв'язках* в залежності від форми велосипедного руху на вулицях що примикають та ширини кільцевої проїзної частини може бути [3] облаштовані ЗР (таким самим методом як і на міні-кільцевих розв'язках) або ВС. Згідно рекомендацій [22] *Велосипедні смуги* на малих кільцевих розв'язках розмічаються горизонтальною дорожньою розміткою 1.2, 1.36

(зображення велосипеда) та в місцях виїздів та заїздів 1.7 або 1.15 “велосипедний переїзд” [52]. Для ВС, що примикають до перетину застосовують розмітку 1.13 та за потреби розмітку 1.20. Велосипедний рух на кільці позначається завчасно встановленими попереджувальними знаками 1.19 та 1.34, а перед виїздом на перехрестя мають бути встановлені дорожні знаки пріоритету 2.1 і наказові знаки 4.10. Після виїзду з перехрестя ВС позначаються інформаційно-вказівними знаками 5.88 [53]. Для підвищення безпеки дорожнього руху, привернення уваги водіїв та візуального відокремлення рекомендовано зафарбовувати [2, 44] велосипедну смугу. За геометричної можливості ділянки велосмути між з'їздами рекомендовано облаштовувати конструктивною захисною смугою, що обмежує заїзд транспортних засобів на велосмугу. Захисна смуга шириною 0,5-1 м та висотою 0,05-0,12 м має бути обрамлена суцільною крайовою лінією 1.1. та виконана з бруківки або фігурних елементів мостіння, мати інший колір, фактуру [4, 22]. Доцільно обирати матеріал покриття захисної смуги з нерівностями та шорсткістю, що викликає вібрацію при русі по ньому. Заборонено організовувати ВС при двосмуговому русі на коловій проїзній частині [22].

Середні кільцеві розв'язки як правило влаштовуються на перетинах магістральних вулиць районного значення та на магістральних вулицях загальноміського значення регульованого руху мають 2-3 смуги руху. Навіть якщо на примиканнях до середньої кільцевої розв'язки велосипедний рух був організований ВС, то за 20 метрів до виїзду на кільце його треба перевести у ВД. *Велосипедні доріжки* на середніх кільцевих перехрестях облаштовуються поза межами проїзної частини, на відстані не менше 1 м. Для підвищення безпеки дорожнього руху, та уникнення ймовірності випадків ДТП, рекомендовано [22] облаштовувати односторонній рух в попутному напрямку руху по кільцю. Згідно чинних ПДР України [38] виїзд велосипедиста з велодоріжки на проїзну частину поза перехрестям є без пріоритетним, користувачі велотранспорту мають надати дорогу іншим транспортним засобам. На ВД перед виїздом на проїзну частину мають бути встановлені дорожні знаки пріоритету 2.1 [53] та нанесена горизонтальна дорожня розмітка 1.13 [52]. Велопереїзд ВД маркується

горизонтальною дорожньою розміткою 1.15 “велосипедний переїзд”, позначається інформаційно вказівними знаками 5.93.1 та розташовується поруч з пішохідним переходом, зі сторони перехрестя на відстані 6 м (довжина 1 автомобіля) від з'їзду з кільцевої проїзної частини [4]. Всі велосипедні переїзди та пішохідні переходи на кільцевій розв'язці мають бути облаштовані острівцями безпеки шириною не менше 2 м (на довжину 1 велосипеда). Майданчик зони очікування перед виїздом на дорогу має бути довжиною не менше 2 м (на довжину 1 велосипеда), давати можливість перпендикулярного перетину дороги користувачами велотранспорту, користувачі велотранспорту що очікують, не повинні заважати прямому руху велосипедистів та пішоходів, для цього в місці перехрещення наносять розмітку 1.10.2 [22], що забороняє виїзд, якщо попереду на майданчику зупинилися інші велосипедисти. Пішохідні переходи через велосипедну доріжку позначаються горизонтальною дорожньою розміткою 1.14.1 [52].

У випадках обмеженої місткості території на середніх кільцевих розв'язках рекомендовано облаштовувати спільні ВПД. *Велопішохідні доріжки* розміщуються поза межами проїзної частини та позначаються дорожніми наказовими знаками 4.17 [53]. Оскільки згідно ПДР України [38] виїзд велосипедиста з ВПД на проїзну частину поза межами перехрестя є не врегульованим, в державних стандартах відсутня горизонтальна розмітка позначення спільного велосипедного і пішохідного переїзду через проїзну частину, а також існує цілий ряд обмежень [3], щодо застосування такої форми організації велосипедного руху в населених пунктах, то для перетину велотранспорту проїзної частини рекомендовано [14] облаштовувати поруч з пішохідним переходом коротку зону очікування для велосипедистів та велосипедні переїзди, позначені горизонтальною дорожньою розміткою 1.15 та інформаційно вказівними знаками 5.93.1 [53]. На зоні очікування для велосипедистів перед виїздом на проїзну частину мають бути встановлені дорожні знаки пріоритету 2.1 та нанесена горизонтальна дорожня розмітка 1.13. Всі велосипедні переїзди та пішохідні переходи на середній кільцевій розв'язці мають бути облаштовані острівцями безпеки шириною не менше 2 м (на довжину 1 велосипеда) [4]. Майданчик зони очікування перед виїздом на дорогу має бути

довжиною не менше 2 м (на довжину 1 велосипеда), давати можливість перпендикулярного перетину дороги користувачами велотранспорту, користувачі велотранспорту що очікують, не повинні заважати прямому руху велосипедистів та пішоходів

Великі кільцеві розв'язки в одному рівні облаштовуються на перетинах магістральних вулиць загальноміського значення регульованого руху, а також на перетинах або примиканнях до вулиць загальноміського значення безперервного руху, налічують 3 і більше смуг руху і як правило [4] мають світлофорне регулювання з наземними пішохідними переходами та велосипедними переїздами. Велорух рекомендовано [3] організувати у формах ВД або ВПД.

Велосипедні доріжки на великих кільцевих розв'язках облаштовуються поза межами проїзної частини, на відстані не менше 3 м [2]. Для підвищення безпеки дорожнього руху, та уникнення порушень велосипедистами напрямку проїзду із за великого переїзду руху по кільцю, рекомендовано [22] облаштовувати на велосипедних доріжках двосторонній рух. На ВД перед виїздом на проїзну частину мають бути встановлені транспортні світлофори типу Т.3 з символами велосипеда або у випадках, коли дозвільний сигнал для велосипедистів сходиться з дозвільним сигналом для пішоходів, можна застосовувати пішохідні світлофори типу П.1 або П.2, зі зображенням символів пішохода та велосипеда на робочій поверхні лінз сигналів світлофора, нанесена горизонтальна дорожня розмітка 1.12 “стоп-лінія” [52]. Велопереїзд ВД маркується горизонтальною дорожньою розміткою 1.15 “велосипедний переїзд”, позначається інформаційно вказівними знаками 5.93.1 та розташовується поруч з пішохідним переходом, зі сторони перехрестя на відстані не менше 6 м (довжини 1 автомобіля) від з'їзду з кільцевої проїзної частини [4]. Майданчик зони очікування перед виїздом на дорогу має бути довжиною не менше 2 м (на довжину 1 велосипеда), давати можливість перпендикулярного перетину дороги користувачами велотранспорту, велосипедисти що очікують дозвільного сигналу світлофору, не повинні заважати прямому руху велосипедистів та пішоходів, для цього в місці перехрещення наносять розмітку 1.10.2 [14], що забороняє виїзд, якщо попереду на майданчику зупинилися інші велосипедисти.

Всі велосипедні переїзди та пішохідні переходи на кільцевій розв'язці мають бути облаштовані острівцями безпеки шириною не менше 2 м (на довжину 1 велосипеда), якщо перехід через дві проїзні частини відбувається в різні фази роботи світлофорного об'єкта, то на острівці мають [39] стояти дублери основних світлофорів, що регулюють велосипедний і пішохідний рух, а майданчик накопичення має бути пропорційно збільшений. Пішохідні переходи через велосипедну доріжку позначаються горизонтальною дорожньою розміткою 1.14.1 [52].

Велопішохідні доріжки можуть бути облаштовані на великих кільцевих розв'язках у випадку обмеженої площі. ВПД позначаються дорожніми наказовими знаками 4.17 [53]. Для організованого перетину велотранспорту проїзної частини та очікування дозвільного сигналу світлофору рекомендовано облаштовувати поруч з пішохідним переходом коротку зону очікування для велосипедистів та велосипедні переїзди, позначені горизонтальною дорожньою розміткою 1.15 [52] та інформаційно вказівними знаками 5.93.1. На зоні очікування для велосипедистів перед виїздом на проїзну частину мають [39] бути встановлені транспортні світлофори типу Т.3 з символами велосипеда або у випадках, коли дозвільний сигнал для велосипедистів сходиться з дозвільним сигналом для пішоходів, можна застосовувати пішохідні світлофори типу П.1 або П.2, зі зображенням символів пішохода та велосипеда на робочій поверхні лінз сигналів світлофора, нанесена горизонтальна дорожня розмітка 1.12 “стоп-лінія” [52]. Слід зауважити, оскільки ВПД є спільним простором двох типів учасників дорожнього руху, в зоні очікування дозвільного сигналу світлофора варто робити розрахунок² розширення тротуару, для безконфліктного руху повз пішоходів та велосипедистів.

Регульовані розв'язки облаштовуються на житлових вулицях, на перетинах магістральних вулиць районного значення та на магістральних вулицях загальноміського значення регульованого руху. Рекомендованими формами велосипедного руху для регульованих перехресть є ВД, ВС, на вулицях та дорогах місцевого значення можливі ВК, а на магістральних вулицях регульованого руху

² 1 м на 500 піш/год + 1 м на 300 вел/год

також дозволено облаштовувати ВПД. Від перетину категорії вулиць залежить кількість смуг на перехресті, вона може коливатись від 1 до 4 смуг руху в кожному напрямку. Також чинними нормами [2] для організації каналізованого розподілу транспортних засобів перед світлофорно регульованим перехрестям, передбачено влаштування додаткової правоповоротної або лівоповоротної смуги перед перехрестям [14]. Зазначені дані по розділу наведені у Графічній частині на аркуші 7.

Рекомендовані велосипедні коридори влаштовуються на світлофорно регульованих перехрестях вулиць та доріг місцевого значення (житлові вулиці, проїзди, паркові дороги, господарські, науково-виробничі, промислові, комунально-складські вулиці), що мають 1 або 1+1 смуги руху. ВК позначають траєкторію руху в попутному напрямку у змішаному русі велотранспорту та моторизованого транспорту, організовуються дорожніми наказовими знаками 4.23, завчасно встановленими попереджувальними знаками 1.34 [53], та маркуються горизонтальною дорожньою розміткою 1.28.3 [52]. Велосипедний рух на перехресті керується загальними дорожніми знаками та розміткою 1.12 “стоп-лінія” та регулюється [39] сигналами загальних транспортних світлофорів типів Т.1, Т.2, Т.3 які одночасно регулюють рух інших учасників дорожнього руху. Світлофори розміщуються праворуч від проїзної частини або над нею. У випадках, коли перед перехрестям з'являється лівоповоротна або правоповоротна смуга, не залежно від форми організації прямого проїзду велосипедистів, можна організувати велорух ВК, позначаючи його горизонтальною розміткою 1.28.3 спільно з розміткою 1.18 [52].

Задля пріоритезації перетину велосипедистами регульованого перехрестя, рекомендовано [24] застосування методу зміни форми велосипедного руху з ВК на ВС, і застосування параметрів організації велоруху на світлофорно регульованих розв'язках для ВС. *Велосипедні смуги* на регульованих перехрестях де є від 1 до 3 смуг руху в одному напрямку, маркуються горизонтальною дорожньою розміткою 1.2, 1.8, 1.36 (зображення велосипеда) та на самому перехресті розміткою 1.7 або 1.15 “велосипедний переїзд” [52]. При чому “велосипедна стоп-лінія” має бути

висунута не менше ніж на 3 метри вперед, відносно “стоп-лінії” моторизованих транспортних засобів. Для підвищення безпеки дорожнього руху, привернення уваги водіїв та візуального відокремлення рекомендовано зафарбовувати [2, 44] велосипедну смугу. ВС рекомендовано позначати завчасно встановленими попереджувальними знаками 1.34 та інформаційно-вказівними знаками 5.88 [53] позначення ВС після перехрестя. На світлофорно регульованих перехрестях, де застосований метод каналізування руху по смугам, для ВС також можуть бути застосовані інформаційно-вказівні дорожні знаки 5.16 та 5.18 [53]. Велосипедний рух регулюється [39] як сигналами загальних транспортних світлофорів типів Т.1, Т.2, Т.3 які одночасно регулюють рух інших учасників дорожнього руху. Для окремого регулювання велосипедного руху в межах проїзної частини застосовують транспортні світлофори типу Т.3 з зображенням символу велосипеда на робочій поверхні лінз сигналів світлофора або білою табличкою з символом велосипеда що кріпиться під світлофором [39] . Такі світлофори регулюють рух лише велосипедистів у випадках наявності окремого напрямку регулювання (окрема по тривалості фаза для велосипедистів). Світлофори розміщуються праворуч від проїзної частини або в залежності від кількості смуг руху — над нею.

Організація лівого повороту на ВС на світлофорно регульованих розв'язках може бути організовано декількома методами:

- влаштування велосипедного шлюзу [14];
- влаштування зони очікування для лівого повороту [3];
- влаштування лівого повороту “в два прийоми” в межах перехрестя [3];
- перехід ВС у коротку лівоповоротну велодоріжку” [14]
- влаштування “голландського перехрестя” з захисними острівцями в межах перехрестя [24].

Велосипедні доріжки на великих світлофорно регульованих розв'язках облаштовуються поза межами проїзної частини позначаються завчасно встановленими попереджувальними знаками 1.34 та позначаються дорожніми наказовими знаками 4.14 або 4.18 [53] позначення ВД після перехрестя. На ВД перед виїздом на проїзну частину мають бути [39] встановлені транспортні

світлофори типу Т.3 з символами велосипеда або у випадках, коли дозвільний сигнал для велосипедистів сходиться з дозвільним сигналом для пішоходів, можна застосовувати пішохідні світлофори типу П.1 або П.2, зі зображенням символів пішохода та велосипеда на робочій поверхні лінз сигналів світлофора, нанесена горизонтальна дорожня розмітка 1.12 “стоп-лінія”. Велопереїзд ВД маркується горизонтальною дорожньою розміткою 1.15 “велосипедний переїзд” [52], позначається інформаційно вказівними знаками 5.93.1 [53] та розташовується поруч з пішохідним переходом [3]. Майданчик зони очікування перед виїздом на дорогу має бути довжиною не менше 2 м (на довжину 1 велосипеда), давати можливість перпендикулярного перетину дороги користувачами велотранспорту, велосипедисти що очікують дозвільного сигналу світлофору, не повинні заважати прямому руху велосипедистів та пішоходів, для цього в місці перехрещення наносять розмітку 1.10.2 [14], що забороняє виїзд, якщо попереду на майданчику зупинилися інші велосипедисти. Пішохідні переходи через велосипедну доріжку позначаються горизонтальною дорожньою розміткою 1.14.1 [52].

Організація лівого повороту на ВД на світлофорно регульованих розв'язках може бути організовано декількома методами:

- влаштування односторонніх велопереїздів “в два прийоми” [3];
- коротка лівоповоротна велодоріжка [14];
- влаштування “голландського перехрестя” [24].

Для підвищення безпеки дорожнього руху, та уникнення порушень велосипедистами напрямку проїзду на великих світлофорно регульованих перехрестях, де для лівого повороту необхідно виконувати переїзд декількох проїзних частин в декілька фаз світлофорів, присутнє довге очікування дозвільного сигналу світлофору — рекомендовано облаштовувати велосипедні доріжки з двостороннім рухом [14]. Задля пріоритезації перетину велосипедистами світлофорно регульованого перехрестя, рекомендовано [24] застосування методу зміни форми велосипедного руху з ВД на ВС, і застосування параметрів організації велоруку на нерівнозначних розв'язках для ВС.

Велопішохідні доріжки можуть бути облаштовані на світлофорно регульованих розв'язках у випадку обмеженої площі. ВПД позначаються дорожніми наказовими знаками 4.17 [53]. Для організованого перетину велотранспорту проїзної частини та очікування дозвільного сигналу світлофору рекомендовано облаштовувати поруч з пішохідним переходом коротку зону очікування для велосипедистів та велосипедні переїзди, позначені горизонтальною дорожньою розміткою 1.15 [52] та інформаційно вказівними знаками 5.93.1 [53]. На зоні очікування для велосипедистів перед виїздом на проїзну частину мають бути [39] встановлені транспортні світлофори типу Т.3 з символами велосипеда або у випадках, коли дозвільний сигнал для велосипедистів сходиться з дозвільним сигналом для пішоходів, можна застосовувати пішохідні світлофори типу П.1 або П.2, зі зображенням символів пішохода та велосипеда на робочій поверхні лінз сигналів світлофора, нанесена горизонтальна дорожня розмітка 1.12 “стоп-лінія” [52]. Слід зауважити, оскільки ВПД є спільним простором двох типів учасників дорожнього руху, в зоні очікування дозвільного сигналу світлофора варто робити розрахунок³ розширення тротуару, для безконфліктного руху повз пішоходів та велосипедистів.

Приклади зазначених рішень облаштування велосипедного руху на транспортних розв'язках в одному рівні наведені у Графічній частині на аркуші 8.

³ 1 м на 500 піш/год + 1 м на 300 вел/год

1.4. Висновки по першому розділу

Зі змісту чинних нормативних документів України, які дотичні до планування, проектування та організації велосипедного руху в населених пунктах, можна зробити висновок, що вони радше регламентують норми та вимоги до проектування окремих ділянок та елементів вулично-дорожньої мережі, аніж принципи комплексного і інтегрованого планування, що враховує велосипедну інфраструктуру та забезпечує вибір безпечної форми велосипедного руху. Наразі загальні принципи планування велосипедної інфраструктури в населених пунктах дещо формалізовані та суперечливі, визначають деякі ключові засади проектування в ідеальних умовах (для нового будівництва або реконструкції) або регламентують рішення для набору незв'язних відрізків веломережі. Найголовнішим є те, що державні норми не розглядають велосипедну мережу як систему і не передбачають її повноцінну інтеграцію у транспорту та вулично-дорожню мережу, оскільки досі вулиці розраховується лише на кількість (інтенсивність) руху його учасників, швидкості і габарити якість розглядають лише моторизований транспорт, і поверхнево торкаються питань організації пішохідного і велосипедного руху. Таким чином, затверджене в нормативній базі України планування вулично-дорожньої мережі, в частині велосипедного транспорту, протирічить досягненню задекларованих у національних стратегічних документах мети зі збільшення частки використання велотранспорту для щоденних поїздок та обмежує створення цілісної функціональної велосипедної мережі. Задля розробки більш удосконаленого принципу планування велосипедної мережі та вимог вибору форм велосипедного руху досліджується та аналізується принципи формування в інших країнах, що мають прогресивний позитивний досвід створення велосипедної мережі.

РОЗДІЛ II. НАУКОВО - ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1. Теоретичні основи формування параметрів вулично-дорожньої мережі

Створення та розвиток велосипедної мережі насамперед відбувається в умовах існуючої забудови та сформованої вулично-дорожньої мережі населеного пункту. Прокладання велосипедної інфраструктури буде постійно супроводжуватись питаннями обмеженості ресурсу простору вулиць та врахуванням потреб інших учасників дорожнього руху, що є рівноправними користувачами вуличного простору. На сьогодні Державними стандартами [3] визначено, що під час проектування велосипедної інфраструктури потрібно забезпечувати безпеку руху велосипедистів та інших учасників дорожнього руху:

- вибір форм велоруху з високим рівнем сприйняття та низьким ризиком виникнення випадків ДТП;
- урахування швидкості руху різних учасників дорожнього руху;
- забезпечення візуального контакту (видимості) між всіма учасниками дорожнього руху;
- уникнення неоднозначних ситуацій, де користувачі велотранспорту відчують загрозу;
- вибір форм велоруху з несуттєвою залежністю від поведінки інших учасників дорожнього руху.

Найбільшим показником безпеки велосипедної мережі є ймовірність виникнення випадків ДТП. Першочерговим джерелом небезпеки у випадках ДТП з велосипедистами є взаємодія з моторизованим транспортом, тому така взаємодія має бути мінімізована. А у разі істотної різниці або недотримання моторизованим транспортними засобами швидкісного режиму — вони повинні бути розділені фізично. Аналіз нормативних документів Нідерландів [17] свідчить про принципи просторового відокремлення велосипедного транспорту від моторизованого в кореляції від швидкісного режиму та інтенсивності транспортного потоку, але на

першому місці стоїть безпека незахищених учасників дорожнього руху - пішоходів та велосипедистів. Нормативна база Данії [22] визначає забезпечення дорожнього руху шляхом відокремлення велосипедних шляхів за можливості або мінімізація конфліктних ситуацій в місцях перетину велосипедного руху з іншими видами транспорту. Нормативи Німеччини [14] базовим принципом розвитку велосипедної інфраструктури зазначають забезпечення безпеки дорожнього руху та плавного руху транспортних засобів за рахунок дизайну вуличної інфраструктури, єдності дизайну і функціонального використання. Державні норми регламентують [2] проектування вулиць та площ з забезпеченням регулярного, безпечного та зручного руху пішоходів, велосипедистів та інших транспортних засобів, простоту візуального орієнтування учасників дорожнього руху і своєчасне сприйняття ними інформації про умови дорожнього руху. З метою підвищення безпеки дорожнього руху на вулицях населених пунктів, як правило застосовують засоби заспокоєння дорожнього руху.

Однак параметри безпеки дорожнього руху та співзалежні параметри швидкості транспортних засобів не впливають на розрахунки при проектуванні вулично-дорожньої мережі. Основними показниками, за якими визначають технічні та геометричні параметри вулиць і доріг населених пунктів та їх елементів, згідно чинного ДБН [2], є розрахункова інтенсивність усіх його учасників — в основному лише транспортного потоку моторизованого транспорту. Застарілий підхід планування, що забезпечує пропускну здатність⁴ смуги руху у кількості транспорту, має бути переглянуто на сучасну — провізну спроможність⁵ смуги руху. Згідно з державними нормами пропускну здатність однієї смуги руху 750-800 авто/год. Середня швидкість прямопропорційна інтенсивності транспортних засобів на перетині і показники зменшення швидкості руху корелюють з збільшенням кількості транспортних засобів що проїдуть через перехрестя. В цей самий час Довідник велосипедного руху Єврокомісії [16] визначає провізну спроможність однієї смуги руху для різних видів транспорту: пішоходи 19000

⁴ пропускну здатність - максимальна кількість транспорту за одиницю часу проїжджає 1 смугою руху

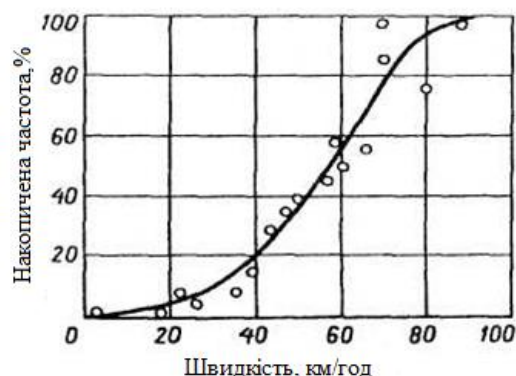
⁵ провізна спроможність - максимальна кількість пасажирів, пішоходів, велосипедистів яка проїжджає 1 смугою руху.

осіб/год, велосипед 14000 осіб/год, легкове авто — 2000 осіб/год, автобус — 9000 осіб/год, трамвай 22000 осіб/год. Такий підхід, з врахуванням середньої швидкості пересування кожного з перелічених видів транспорту, стає очевидним, що підхід проектування вулиць має спиратися на безпеку дорожнього руху, швидкість руху, провізну спроможність та ефективність використання міської території.

В нашій роботі ми пропонуємо розглянути адаптований параметричний принцип вибору форм велосипедної мережі, що базується на адаптації закордонного прогресивного досвіду і рекомендацій у розвитку велосипедної інфраструктури країн з розвиненою велосипедною інфраструктурою. Принцип базується на взаємопов'язаних параметрах: швидкість руху, функціональне призначення вулиці, кількість смуг руху, інтенсивність руху транспортних засобів, інтенсивність пішоходів, форму велосипедної мережі.

Параметр *швидкості руху* має бути ключовим в прийнятті рішень щодо облаштування вулично-дорожньої інфраструктури, зокрема велосипедної мережі та організації безпечного велосипедного руху. В Україні лише 58% водіїв дотримуються швидкісного режиму на дорогах — переважно з огляду на технічні характеристики транспортних засобів, якими вони керують [45]. Першочерговою причиною ДТП в Україні є перевищення швидкості — 34% випадків ДТП з загиблими або тяжко травмованими. Дослідження підтверджують прямий зв'язок між швидкістю руху транспортних засобів та кількістю жертв (Рисунок 4) [49].

Рис.4 — Вірогідність смертельного результату для пішохода та велосипедиста при наїзді на нього автомобіля з різною швидкістю



Експериментальне дослідження швидкості руху, швидкості реакції та гальмівного шляху [46] (таблиця 4 і таблиця 5) свідчать про значущість швидкості руху та часу на реакцію водія, що у випадках міського насиченого трафіку, мінливих погодних умов та часто обмеженої видимості — є критичним.

Таблиця 4. Шлях гальмування легкового авто на сухій дорожній поверхні

Швидкість (км/год)	Відстань реакції (м)	Відстань гальмування (м)	Гальмівний шлях (м)
40	17	9	26
50	21	14	35
60	25	20	45
70	29	27	56
80	33	36	69

Таблиця 5. Шлях гальмування легкового авто на вологій дорожній поверхні

Швидкість (км/год)	Відстань реакції (м)	Відстань гальмування (м)	Гальмівний шлях (м)
40	17	13	30
50	21	20	41
60	25	29	54
70	29	40	69
80	33	52	85

Швидкість руху транспортних засобів також пропорційна пропускній здатності однієї смуги руху [47] що наведено в таблиці 6. Визначено, що максимальна кількість транспортних засобів, яку може пропустити одна смуга припадає на швидкість 40 км/год. Це також підтверджено дослідженнями впливу ширини смуги руху та швидкості руху на її пропускну здатність [48], де найвищі та оптимальні показники припадають на показники швидкості 20 км/год. Зазначене

свідчить про те, що швидкість відіграє ключову роль не лише в безпеці дорожнього руху, а і в кількісних показниках пропускної здатності.

Таблиця 6. Пропускна здатність однієї смуги руху

	20 км/год	40 км/год	60 км/год	80 км/год
Кількість транспортних засобів (од)	1410	1630	1575	1435

Зазначимо, що згідно ПДР України [38], дозволена швидкість руху в населених пунктах є 50 км/год і окремо визначеною для житлових зон — 20 км/год. Однак одночасно регламентована похибка перевищення порогу дозвальної швидкості у 20 км/год, що по факту дозволяє пересуватись транспортним засобам зі швидкістю 70 км/год і 40 км/год відповідно. Хоча загальноєвропейська практика дозвального порогу сягає лише 10 км/год, і це цілковито відображено у нормативній базі з проєктування вулично-дорожньої мережі та велосипедної інфраструктури зокрема. В Україні вже декілька разів були спроби впровадити європейський підхід порогу дозвальної швидкості у 10 км/год, але наразі це нереалізоване. Більше того, похибка у 20 км/год врахована і частково закладена у розрахунку параметрів основних елементів вулично-дорожньої мережі, що суперечить принципам безпеки дорожнього руху.

Глобальний план ВООЗ по підвищенню безпеки дорожнього руху до 2030 року [35], визначає зменшення швидкості руху до 30 км/год - одним з ключових і дієвих способів зниження вірогідності випадків ДТП. Такі рішення, з обмеженням швидкості руху в середмісті вже запровадили ряд Європейських міст - Брюссель, Франкфурт, Мілан та інші. Це досягли або влаштуванням систем обмеження в'їзду для нерезидентів території, або запровадження системи односторонніх вулиць та засобів примусового зменшення швидкості. Паралельно з такими заходами комплексно імплементувались заходи для руху пішоходів та велосипедистів. Після впровадження швидкісних обмежень кількість ДТП з пішоходами та велосипедистами суттєво зменшилась. А на вулицях з обмеженим простором, де не

можливо було облаштувати якісну відокремлену велосипедну мережу до цього, з'явилась можливість організувати спільний рух велосипедистів та моторизованого транспорту та окремі паркувальні місця.

Принцип зниження швидкості руху, звісно не має стосуватися усієї вулично-дорожньої мережі населеного пункту, він має застосовуватись розподільчим принципом, виходячи з обраного швидкісного режиму та інтенсивності руху вулиці мають наповнюватись *функціональним призначенням*. Наразі, згідно з чинними державними нормативними документами, функціональне призначення вулиці регламентується її категорійністю. Хоча, наразі ми працюємо з пострадянською нормативною системою, яку намагаються адаптувати під сучасні реалії, та водночас маємо категорії вулиць “магістраль загальноміського значення” і “магістраль районного значення”, що суті суперечить визначенню магістралі⁶. Однак закордонна практика поділяє вулично-дорожню мережу за чіткою і зрозумілою ієрархією функцій для всіх користувачів вулично-дорожньої мережі:

- *транзитна* (загальноміська або магістральна) забезпечує міську та міжрайонну мобільність населення між віддаленими житловими та промисловими транспортними районами⁷ і центром населеного пункту;

- *розподільча* (районна) забезпечує внутрішньорайонну мобільність населення (всередині транспортного району або між сусідніми транспортними районами);

- *підвізна* (квартальна, проїзди та вулиці місцевого значення) забезпечує мобільність населення на території мікрорайонів (кварталів) транспортного району;

- окремо виділяють — *житлові та пішохідні вулиці*, що забезпечують доступ населення до житлових будівель та громадських закладів в межах макрорайону (кварталу).

Відповідно найбільше в населеному пункті за функціональним розподілом житлових та підвізних вулиць, найменше транзитних. Кожен тип вулиць має

⁶Магістраль (від лат. magis — головний) головний напрям, основна лінія у шляхах сполучення.

⁷ Транспортний район - територія з природними межами (ландшафт, забудова, тощо), що утворилася навколо транспортної мережі населеного пункту, центром тяжіння транспортного району є транспортні вузли.

діапазон навантаження транспортними засобами, регламентує кількість смуг руху та обмеження швидкості руху і відповідно визначає рекомендації щодо форми велосипедного руху.

Наразі, в державних нормах [2] рекомендована кількість смуг руху визначається категорією вулиці, хоча зазначається, що необхідну кількість смуг руху на підходах до перехрестя визначають на основі вихідних даних з фактичної інтенсивності руху транспортних засобів і прогнозування розрахункового зростання інтенсивності руху транспортних потоків. Розрахунок потрібної кількості смуг виконують для кожного підходу окремо в прямому і оберненому напрямках. В дійсності, дуже часто розрахункова кількість смуг на перегонах між перехрестями залишається незадіяною і не завантаженою максимальною кількістю транспортних засобів, і часто використовується для паркування в межах проїзної частини. Натомість закордонні норми рекомендують мінімально необхідну кількість смуг на кожному виді вулиці з дозволом. Німецькі, Данські та Нідерландські [14, 17, 22] довідники зазначають про облаштування максимум до 2 смуг руху в одному напрямку для основних вулиць й облаштувати 1 смугу вулиці для місцевих і житлових вулиць. За необхідності і наявності інтенсивності розширювати проїзну частину та збільшувати кількість смуг саме перед перехрестям, в місці де виникає накопичення і затримки транспортного потоку. Аналогічна норма передбачена і українськими нормами [2], але є не обов'язковою. Також державними нормами передбачається облаштування смуг для руху маршрутних транспортних засобів, якщо на вулиці 3 і більше смуг і наявний рух громадського транспорту. Відповідно така смуга, при раціональному досвідченому облаштуванні, не може враховуватись як смуга для руху загального транспортного потоку. В своїй роботі, ми приймаємо за основу закордонний досвід.

Параметр інтенсивності руху транспортних засобів для різних категорій вулиць наразі не визначено у державних нормативах, оскільки закладений параметричний підхід розрахунку інтенсивності, який залежить від основних параметрів:

- коефіцієнту багатосмуговості — кількості смуг руху в одному напрямку і відповідної кількості перелаштувань транспортними засобами між смугами (Таблиця 7) [49];

Таблиця 7. Коефіцієнт багатосмуговості

Число смуг руху	1	2	3	4	5
Збільшення пропускної здатності	1,0	1,8	2,4	2,9	3,4

- коефіцієнту розподілу інтенсивності по годинах доби — кількісна частка завантаження транспортними засобами вулично-дорожньої мережі відносно доби, визначається для кожного населеного пункту індивідуально. Відповідно до таблиці 8 [50], видно, що вулично-дорожня мережа наповнюється транспортними засобами у різні години по різному, але існують години пікового навантаження на мережу у вечірній і рановий періоди.

Таблиця 8. Коефіцієнт розподілу інтенсивності по годинах доби (орієнтовний)

година	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
коєф.	0,35	0,7	0,49	0,7	1,62	1,83	3,17	5,42	7,89	6,13	6,69	5,92
година	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
коєф.	6,25	6,9	5,99	7,12	6,62	8,6	5,07	4,65	2,89	1,9	1,9	1,2

- складу транспортного потоку — при розрахунку пропускної здатності весь потік приводять до одного умовного складу за типажем — легковому автомобілю. Коефіцієнти приведення означають кратність збільшення пропускної здатності смуги руху у разі заміни реальних автомобілів умовними.

Опираючись на ці основні показники, при виконанні замірів фактичної інтенсивності, використовуючи відповідні формули визначають необхідну кількість смуг руху та спосіб регулювання на перетинах вулиць, яка буде відповідати фактичній та розрахунковій кількості транспортних засобів.

На відміну у закордонних методиках при облаштуванні вулично-дорожньої мережі та вибору форми велосипедного руху опираються на фактичні інтенсивність транспортних засобів та пропускну спроможність. Значення розрахункових добових показників інтенсивності руху у кожній країні відрізняються, що обумовлене локальним рівнем автомобілізації. Деякі країни, такі як Німеччина та Естонія [14, 26] приводять для розрахунку показники за годину (од/год) що враховуючи коефіцієнт розподілу по годинах та коефіцієнт багатосмуговості є суперечливим. Країни Данія, Нідерланди та Фінляндія [17, 22, 24] приводять показники інтенсивності за добу, що враховуючи зазначені коефіцієнти є більш об'єктивним показниками. В роботі ми спиралися на усереднені орієнтовні показники:

- житлові вулиці — інтенсивність смуги руху до 2000 од/добу;
- квартальні вулиці — інтенсивність смуги руху до 4000 од/добу;
- районні вулиці — інтенсивність смуги руху до 8000 од/добу;
- магістральні вулиці — інтенсивність смуги руху понад 8000 од/добу.

Узагальнені параметри параметричного підходу формування вулично-дорожньої мережі зазначено у зведеній таблиці 9.

Таблиця 9. Зведена таблиця параметрів вулично-дорожньої мережі

Швидкість км/год	Тип	Функція	Кількість смуг*	Інтенсивність 1 смуги од/добу
20 (+10)	Житлова вулиця	житлова	1	до 2000
30 (+10)	Квартальна вулиця***	підвізна	1	до 4000
40 (+10)	Районна вулиця***	розподільча	до 2(+1**)	до 8000
50 (+10)	Магістральна вулиця***	транзитна	до 3(+1**)	понад 8000
<p>Примітки: * кількість смуг в один бік. ** третя смуга виділяється для руху маршрутного транспорту, в т.ч. трамвайного полотна. *** на підходах до транспортних розв'язок (перехресть) дозволяється влаштовувати додаткові смуги для правого або лівого повороту, вони не зараховуються до загальної кількості смуг на вулиці.</p>				

Опираючись на сформовану таблицю 9 та розділи 1.2 і 1.3, ми можемо сформуванати зведену таблицю визначення типу організації руху транспортних засобів на розв'язці (перехресті) в одному рівні (Таблиця 10).

Таблиця 10. Зведена таблиця визначення типу організації руху транспортних засобів на розв'язці (перехресті) в одному рівні

Тип вулиці	Тип організації руху транспортних засобів на розв'язці в одному рівні							
	рівнозначна	нерівнозначна	з рухом по кільцю					регульована
			МК	М	С	В	ВР	
Житлова вулиця	+	+	+	±	-	-	-	±
Квартальна вулиця	±	+	±	+	-	-	-	+
Районна вулиця	-	±	-	+	+	-	-	+
Магістральна вулиця	-	-	-	-	±	+	+	+
Примітки: МК. — міні-кільцеві розв'язки, М — малі кільцеві розв'язки, С - середні кільцеві розв'язки В — великі кільцеві розв'язки, ВР. — великі кільцеві розв'язки з світлофорним регулюванням - — не рекомендовано, ± — дозволяється, + — рекомендовано								

2.2. Формування алгоритму визначення раціональної форми велосипедного руху на розв'язках (перехрестях) в одному рівні.

Основною задачею при виборі форми велосипедного руху під час планування розв'язки (перехрестя) в одному рівні слід вважати визначення найбільш доцільних методів організації велосипедного руху. Це завдання потребує вирішення трьох завдань:

- *Визначення наявних форм велосипедної мережі на підходах (примиканнях) до перехрестя* полягає в фіксації існуючої, проєктованої або перспективної велосипедної мережі на кожному примиканні до перехрестя. При цьому, перспективна веломережа визначається відповідно до категорії вулично-дорожньої мережі та містопланувальних документів — схеми вуличної магістральної мережі Генерального плану населеного пункту та Концепції розвитку велосипедної інфраструктури.

- *Визначення типу організації дорожнього руху на перехресті* полягає у фіксації існуючого способу організації дорожнього руху та перевірці його відповідності до категорії вулично-дорожньої мережі, а також розрахунку пропускної здатності перетину до існуючого та перспективного навантаження інтенсивностями транспортних засобів. В разі невідповідності чинної організації дорожнього руху до зазначених параметрів, розробляються пропозиції по реорганізації дорожнього руху на розв'язці з врахуванням велосипедного руху. У випадку, коли перехрестя відповідає параметрам, велосипедний рух по можливості інтегрується в чинну організацію дорожнього руху на перехресті.

- *Визначення напрямків руху велосипедистів*, що необхідно забезпечити на перехресті полягає в фіксації існуючого, проєктованого або перспективного велосипедного руху на кожному примиканні до перехрестя. При новому плануванні перетину, мають забезпечуватись всі можливі та дозволені напрямки руху велосипедистів за замовчуванням. Відсутність одного з них може нести локальний характер чи бути обумовленою відсутністю потреби.

При виконанні першого завдання проєктувальник звертається до чинної нормативної документації та містопланувальних документів. Виконання другого завдання є найбільш трудомісткою та кропіткою роботою, опираючись на зведені таблиці 9 та 10, підрахунки пікового навантаження на вулично-дорожню мережу у ранковий та вечірній пік, визначається середня інтенсивність транспортних засобів на добу. Цей показник визначає тип вулиці, обмеження швидкості, мінімальну необхідність смуг руху, дозволені та рекомендовані типи організації дорожнього руху на перехресті. Відповідно до вимог чинних нормативних документів при виконанні розрахункових робіт для транспортних розв'язок необхідно застосовувати транспортне імітаційне моделювання. Після визначення типу організації руху транспортних засобів на перехресті, враховуючи розділ 1.3 можна сформулювати зведену таблицю визначення рекомендованого типу організації велосипедного руху на розв'язках (перехрестях) в одному рівні (таблиця 11).

Таблиця 11. Зведена таблиця визначення типу організації велосипедного руху на розв'язці (перехресті) в одному рівні

Тип вулиці	Тип організації руху на розв'язі (перехресті) в одному рівні							
	рівнозначна	нерівнозначна	з рухом по кільцю					регульована
			МК	М	С	В	ВР	
Житлова вулиця	ЗР, ВК, ВПЗ	ВК, ВС, ЗВС	ЗР	ВС	-	-	-	ВК, ВС, ЗВС
Квартальна вулиця	ВК, ВС	ВК, ВС, ЗВС	ЗР	ВС	-	-	-	ВК, ВС, ЗВС
Районна вулиця*	-	ВС, ЗВС, ВД	-	ВД	ВД	-	-	ВС, ЗВС, ВД
Магістральна вулиця	-	-	-	-	ВД, ВПД		-	ВС, ВД, ВПД

Примітки:
МК. — міні-кільцеві розв'язки, М — малі кільцеві розв'язки, С — середні кільцеві розв'язки
В — великі кільцеві розв'язки, ВР. — великі кільцеві розв'язки з світлофорним регулюванням
ЗР — змішаний рух, ВК — велосипедний коридор, ВС — велосипедна смуга,
ЗВС — зустрічна велосипедна смуга, ВД — велосипедна доріжка, ВПД — велопішохідна доріжка,
ВПЗ — велопішохідна зона
*на перегонах між перехрестями, велосипедний рух може бути організований ВК

Після виконання другого етапу, наступає завершальне виконання третього завдання - визначення та забезпечення напрямків велосипедного руху. Слід зазначити, що важливу роль відіграє як тип категорії вулиці, кількість смуг руху, форми велосипедного руху на примиканнях, так й сама форма розв'язки та кількість примикань до неї. Форма розв'язки відображає кількість і взаємне розташування вулиць та доріг, що перетинаються. За формою розв'язки поділяються [4] в основному на :

- Т-подібні (Т) — примикання однієї вулиці до іншої під кутом від 75° ;
- зміщені (2Т) — два Т-подібні примикання однієї вулиці до іншої на відстані між місцями примикання до 50 м.
- нормальні (Н) — дві вулиці перетинаються під кутом від 75° до 105° (відраховується проти годинникової стрілки від головної дороги до другорядної);
- Х-подібні (Х) — дві вулиці перетинаються або примикають під кутом меншим ніж 75° або більшим ніж 105° ;
- зіркові (З) — перетинається більше ніж дві вулиці;
- Y-подібні (Y) — примикання однієї вулиці до іншої в місці, де одна з доріг відхиляється від прямого напрямку або під кутом меншим ніж 75° чи більшим ніж 105° ;
- кільцеві (К) — перетинається дві та більше вулиць, рух на розв'язці здійснюється по кільцю;

Відповідно не на всіх формах розв'язок можна організувати безпечні та комфортні умови для велосипедного руху. Наприклад слід уникати проектування Y-подібних та Х-подібних розв'язок, особливо в населених пунктах. Доцільно їх замінити на Т-подібні, зміщені, кільцеві або змінити конфігурацію розв'язки із зміною кута перехрещення. Кут примикання доріг на розв'язках доцільно приймати від 75° до 105° . Тому виходячи з контексту форми перехрестя та безпеки дорожнього руху, слід розглядати можливість або неможливість забезпечення всіх дозволених напрямків руху для велосипедистів на кожному типі перехрестя. Для наочності рекомендовані форми перехресть для різних типів організації дорожнього руху на розв'язках в одному рівні відображено у таблиці 12.

Таблиця 12. Таблиця визначення рекомендованого типу організації руху на розв'язці (перехресті) в одному рівні відповідно до форми перехрестя.

Форма перехрестя	Тип організації руху на розв'язці (перехресті) в одному рівні			
	рівнозначна	нерівнозначна	з рухом по кільцю	регульована
Т	+	+	-	+
2Т	+	+	-	+
Н	+	+	±	+
Х	-	±	+	+
З	-	±	+	+
У	-	±	+	+
К	-	-	+	±*

Примітки:
 - — не рекомендовано, ± — дозволяється, + — рекомендовано
 * дозволяється влаштовувати світлофорне регулювання на великих кільцевих розв'язках

На перехрестях *житлових вулиць* рекомендовано влаштовувати такі типи організації дорожнього руху з вибором форми велосипедного руху на перехрестях:

- на *рівнозначних перехрестях* вулиць та доріг з малою інтенсивністю транспортних засобів з формою перехресть Т та Н, рекомендовано облаштовувати формами велоруху ЗР, ВК, ВПЗ з влаштуванням засобів заспокоєння руху. Слід уникати влаштування ЗВС на рівнозначних перехрестях односторонніх вулиць, у випадках, якщо не можливо організувати зустрічних рух велосипедистів в інший спосіб, на перехресті необхідно визначити пріоритет та організувати нерівнозначне перехрестя.

- при відносно середній інтенсивності руху транспортних засобів, на перетинах що мають форму перетину Т, 2Т та Н, рекомендовано облаштовувати *нерівнозначні перехрестя*, з формою велоруху ВК, ВС і у випадках односторонніх вулиць ЗВС з влаштуванням засобів заспокоєння руху.

- *перехрестя з рухом по кільцю* облаштовуються як засіб заспокоєння руху та для організації безпечного лівого повороту для велосипедистів на перетинах з

формою Х, З та У, рекомендованою формою велоруку для міні-кілець - ЗР, для малих кільцевих розв'язок — ЗР або ВС.

- облаштування *регульованих перехресть* на житлових вулицях може бути організоване на всіх формах перехресть, окрім К. Зазвичай світлофорне регулювання впроваджується на примиканні житлової вулиці до інших типів вулиць, та має рекомендовані форми велосипедного руху ВК, ВС та ЗВС. У випадках, якщо тип вулиці до якої примикає житлова вулиця, має інші форми велосипедного руху, доцільно завчасно організовувати зміну форми велоруку.

На перетинах *квартальних вулиць* рекомендовано влаштовувати такі типи організації дорожнього руху з вибором форми велосипедного руху на перехрестях:

- на квартальних вулицях з формою перехресть Т, 2Т та Н, дозволяється влаштовувати *рівнозначні перехрестя*, хоча перевагу слід надавати нерівнозначним перехрестям. Рекомендованими формами велосипедного руху є ВК, ВС з влаштуванням засобів заспокоєння руху. На вулицях з одностороннім рухом, у випадку влаштування ЗВС, на перехресті слід організовувати нерівнозначне перехрестя.

- на перетинах що мають форму перетину Т, 2Т та Н зазвичай облаштовують *нерівнозначні перехрестя* з формою велоруку ВК, ВС і у випадках односторонніх вулиць ЗВС з влаштуванням засобів заспокоєння руху.

- На перетинах з формою Х, З та У рекомендовано облаштовувати міні-кілець та малі *розв'язки з рухом по кільцю*. Рекомендованою формою велоруку для міні-кілець - ЗР, для малих кільцевих розв'язок — ЗР або ВС

- у випадку перетину квартальних вулиць з іншими типами вулиць або при граничних інтенсивностях руху транспортних засобів та пішоходів, влаштовують *світлофорно регульовані перехрестя*. При цьому регульованими можуть бути всі форми перехресть, окрім К. Рекомендованими формами велосипедного руху є ВК, ВС та ЗВС. У випадках, якщо перед перехрестям з'являються смуги для лівого чи правого повороту або тип вулиці до якої примикає житлова вулиця, має інші форми велосипедного руху, доцільно завчасно організовувати зміну форми велоруку.

На перехрестях районних вулиць рекомендовано влаштовувати такі типи організації дорожнього руху з вибором форми велосипедного руху на перехрестях:

- у випадках коли районна вулиця перетинається з житловою або квартальною, при формі перехрестя Т, 2Т чи Н можуть облаштовуватись *нерівнозначні перехрестя*. Рекомендованими формами велосипедного руху є ВС, ЗВС та односторонні ВД. Також на перегонах між перехрестями, велосипедний рух може бути організований ВК.

- на перетинах з формою Х, З та У на районних вулицях рекомендовано облаштовувати малі та середні *розв'язки з рухом по колу*. Рекомендованою формою велоруху на яких є односторонні ВД, а у випадках обмеженого простору та незначній інтенсивності пішохідного руху — ВПД. У випадках коли на підходах до кільцевого перехрестя було організовано рух велосипедистів ВС, доцільно завчасно організовувати зміну форми велоруху у ВД.

- на всіх формах перетинів, окрім К, рекомендовано облаштовувати світлофорно регульовані розв'язки, з формами велосипедного руху — ВС, ЗВС та односторонніми ВД. У випадках, якщо перед перехрестям з'являються смуги для лівого чи правого повороту важливо організовувати смуги та зони очікування для виконання велосипедистами маневру лівого повороту. У випадках влаштування односторонніх ВД, на перехрестях слід організовувати двосторонні велопереїзди.

На перетинах магістральних вулиць рекомендовано влаштовувати такі типи організації дорожнього руху з вибором форми велосипедного руху на перехрестях:

- світлофорно регульовані перехрестя облаштовуються на всіх формах перетинів магістральних вулиць, окрім К. Рекомендованими формами велосипедного руху є ВС, ВД та ВПД. Для ВД при значній інтенсивності велосипедного руху, щільній житловій забудові або у випадках вулиць з одностороннім рухом — рекомендовано облаштовувати двосторонні ВД з обох сторін вулиці. У випадках влаштування односторонніх ВД, на перехрестях слід організовувати двосторонні велопереїзди.

- на магістральних вулицях влаштовуються середні та великі кільцеві розв'язки. Для великих кілець при облаштуванні велосипедного руху дозволено

впроваджувати світлофорне регулювання, рекомендованими формами велосипедного руху на кільцевих розв'язках магістральних вулиць є ВД або ВПД. Оскільки перехрестя є великим за площею, важливо забезпечувати двосторонній рух велосипедистів, для цього влаштовуються двосторонні ВД. У випадках коли на підходах до кільцевого перехрестя було організовано рух велосипедистів ВС, доцільно завчасно організовувати зміну форми велоруху у ВД.

Таким чином, найбільш об'єктивним з точки зору вибору форми велосипедного руху на перехресті є сукупний параметричний підхід, що складається з підбору відповідності параметрам та вибору найбільш доцільної по рекомендаціям форми велосипедного руху. Одним з найважливіших завдань алгоритму визначення раціональної форми велоруху є комплексне формування набору параметрів, які впливають на безпеку й комфорт велосипедної інфраструктури на перехресті, та спроба відходу від формалізованого підходу, що наразі визначений у державних нормативних документах.

2.3. Висновки по другому розділу

При плануванні та розвитку велосипедної інфраструктури в населених пунктах та оформленні принципів її формування слід приймати до уваги те, що велосипедна мережа має набір специфічних характеристик, що визначаються в залежності від контексту умов. Це сукупність елементів та методів організації інфраструктури, придатної для безпечного і комфортного пересування на велосипеді. При цьому варто відмітити, що параметр безпеки відіграє досить важливу роль, оскільки велосипедний рух не є суто відокремленим від інших учасників дорожнього руху, а є інтегрованим і перетинається в найскладніших ділянках вулично-дорожньої мережі — перехрестях. Облаштування велосипедного руху базується на принципах синергії ієрархії вулично-дорожньої мережі, швидкісного режиму, інтенсивності транспортних засобів, форми перехрестя та форми організації дорожнього руху на ньому. Поєднання велосипедного руху на різних категоріях руху з різними учасниками дорожнього руху — пішоходами та моторизованим транспортом в першу чергу сформовано на параметрі швидкісного режиму та завантаженості вулично-дорожньої мережі. Рівень інтеграції велосипеда як транспорту на кожному виді перехрестя та відрізьку транспортної мережі систематично можливий за умови контекстного врахування та визначення особливостей пересування кожного виду учасників дорожнього руху. Головним критерієм вибору має бути організація в першу чергу безпечного пересування, а в другу чергу комфортного пересування велосипедистами та іншими учасниками дорожнього руху. Таким чином застосування певного алгоритму вибору, має допомагати у виборі форми велосипедного руху під час вибору організації дорожнього руху на перехресті базуючись на комплексі відповідних розрахункових параметрів. Однією з задач цієї роботи є розроблення алгоритму визначення раціональної форми велосипедного руху та здійснення її практичного застосування під час розроблення варіантів реорганізації транспортної розв'язки (перехрестя) в одному рівні у місті Києві.

РОЗДІЛ III. РОЗРАХУНКОВО - КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ

3.1. Вдосконалення організації дорожнього руху на площі Українських героїв в м. Києві

Перш ніж приступити до вдосконалення чи реорганізації дорожнього руху на вулиці чи перехресті, потрібно вивчити, які проблеми на цій ділянці дороги існують наразі. Першим кроком є обстеження ділянки дороги. Обстеження — це один із різновидів робіт при виконанні досліджень, де в найпростіший формі визначають якісні та кількісні характеристики на фактичних перетинах доріг. Обстеження вулично-дорожньої мережі з метою виявлення якості організації дорожнього руху проводиться безпосередньо натурно на досліджуваній ділянці. Дослідження можна виконувати як технічно (за допомогою камер відеофіксації) так і натурно, коли спостерігач виходить на визначену позицію і спостерігає за рухом транспортних засобів та пішоходами від однієї до трьох годин. Для здійснення фіксації результатів використовуються бланки спостережень. Під час спостережень визначають пропускну здатність дороги в обох напрямках в даний момент часу. Підраховується кількість транспортних засобів, які перетинають дану ділянку за одиницю часу. Найбільш суттєвою вихідною інформацією для такого дослідження є визначення інтенсивності у транспортних потоків, швидкісного режиму, щільності потоку, складу транспортних засобів, які проїжджають даною дорожньою мережею за одиницю часу. Приблизно те саме стосується і руху пішохідних потоків. Тут потрібно визначити інтенсивність таких потоків, на скільки щільне ми є ці потоки, з якою швидкістю вони рухаються і т.д. Крім того, потрібно обстежити разом з інтенсивністю руху і його склад встановити, які типи транспортних засобів переважно і в якій кількості рухаються даною ділянкою дороги, Цим ми виконуємо завдання, які ставилися до обстеження ділянки руху. Це визначення завантаженості на окремій ділянці, склад, зміну інтенсивності руху, особливу увагу звернути на години пікового навантаження вулично-дорожньої мережі та розподіл інтенсивності за годинами доби. Дані по розділу наведені у Графічній частині на аркуші 9.

Для виконання розрахунково - практичної частини було обрано один із найскладніших дорожніх вузлів вулично-дорожньої мережі у середмісті населеного пункту — площу Українських Героїв у місті Києві. Адміністративно площа розташована одночасно у трьох районах — у Шевченківському (північна частина площі), Голосіївському (західна частина) і Печерському (східна частина) районах міста Києва. За формою площа є Y-подібним перехрестям, з примиканням вулиці Гетьмана Павла Скоропадського до вул. Велика Васильківська під кутом меншим ніж 45° . Одночасно площа окрім транспортної розв'язки в одному рівні є міським транспортним пересадковим вузлом — виконується пересадка між наземним маршрутним транспортом (тролейбус, автобус) та підземного швидкісного пасажирським транспортом (метрополітен).

Площа Українських Героїв є перетином трьох вулиць, які згідно Генерального плану міста Києва є вулицями таких категорій:

- вул. Велика Васильківська – магістральна вулиця загальноміського значення регульованого руху, двостороння;
- вул. Гетьмана Павла Скоропадського – магістральна вулиця районного значення, двостороння;
- вул. Євгена Чикаленка – житлова вулиця, одностороння.

За типом організації дорожнього руху площа є світлофорно регульованим частково каналізованим перехрестям. На підходах до світлофорної сигналізації на площі, визначено дозволені напрямки руху з кожної смуги, що каналізу транспортні засоби перед перетином транспортної розв'язки. Наявна кількість смуг руху на примиканнях до транспортної розв'язки площі Українських Героїв вулицях зазначена у таблиці 13. Усі зазначені вулиці, крім вулиці Євгена Чикаленка, мають несанкціоноване паркування у крайній правій смузі, що фактично негативно впливає на пропускну здатність вулично-дорожньої мережі.

Наявна ширина смуг руху на підходах до розв'язки площі — 3,5 та 3,75 м, що згідно чинних нормативів не відповідає параметрам категорії вулиці. Ширина проїзної частини на підходах до площі:

- вул. Велика Васильківська (зі сторони вул. Хрещатик) — 19,5 м;

- вул. Велика Васильківська (зі сторони вул. Саксаганського) — 17,0 м;
- вул. Г. Павла Скоропадського — 15,0 м;
- вул. Євгена Чикаленка — 8,5 м.

Зіставлення кількості смуг та їх ширини, а також зафіксовані факти протиправного паркування транспортних засобів свідчать про надмірну ширину простору проїзної частини.

Таблиця 13. Таблиця фіксації кількості наявних смуг руху та визначених напрямків руху на примиканнях до транспортної розв'язки в одному рівні на площі Українських героїв

	до площі Українських Героїв	від Площі Української Героїв
вул. Велика Васильківська (зі сторони вул. Хрещатик)	3 смуги (↑+↑+↗)	3 смуги (↑+↑+↑)
вул. Велика Васильківська (зі сторони вул. Саксаганського)	4 смуги (↙ + ↙ + ↑+↑)	2 смуги (↑+↑)
вул. Г. Павла Скоропадського	2 смуги (↑+↗)	2 смуги (↑+↑)
вул. Євгена Чикаленка	-	1 смуга (↑)

Наразі велосипедний рух на площі відбувається спільно з автотранспортом, що є небезпечним на вулицях таких категорій, які проходять через площу. Виділена велосипедна мережа у вигляді односторонньої велосмуги наявна лише на вулиці Євгена Чикаленка.

На площі присутній активний рух пішоходів з огляду на положення у центрі міста та наявність виходів зі станції метро «Площа Льва Толстого», добовий пасажиропотік якої складає 25,8 тис. осіб (за останніми даними КП «Київський метрополітен», 2018 р.). Наявний один наземний нерегульований пішохідний перехід через вул. Євгена Чикаленка. Інші напрямки руху пішоходів відбуваються через підземний перехід, що є одночасно входом до станції метрополітену, але не відповідає вимогам інклюзивності. З підземного переходу на площу організовано 7 виходів.

Облаштовані зони для паркування на проїзній частині наявні на вулиці Євгена Чикаленка та вулиці Велика Васильківська (у бік вулиці Саксаганського) загальною місткістю 53 машиномісця (за даними КП «Київтранспарксервіс»). У пішохідній доступності до площі наявні декілька підземних паркінгів загальною місткістю 706 машиномісць. Несанкціоноване паркування у крайній правій смузі відбувається на всіх прилеглих до площі вулицях.

Через транспорту розв'язку проходять 6 маршрутів громадського транспорту. Тролейбуси маршрутів 4, 5, 7, 8 і 17 рухаються в один бік з вулиці Велика Васильківська (від Бессарабської площі) на вулицю Гетьмана Павла Скоропадського. Вони мають кінцеві зупинки на вулиці Велика Васильківська біля будинку №16 (тільки на висадку) та на вулиці Гетьмана Павла Скоропадського біля будинку №45/2 (на посадку). Сумарна інтенсивність у годину-пік за цим напрямком складає 20 ТЗ/год (станом на травень 2023 року). Автобусний маршрут 20 курсує через площу Українських Героїв теж в один бік з вулиці Гетьмана Павла Скоропадського (від вулиці Антоновича) на вулицю Велика Васильківська (у бік вулиці Саксаганського), маючи кінцеву зупинку на останній біля будинку №30. Інтенсивність руху цього маршруту в годину-пік складає 4 ТЗ/год (станом на травень 2023 року). На площі наявні виходи зі станції «Площа Льва Толстого» Оболонсько-Теремківської лінії Київського метрополітену. Влаштована виділена смуга громадського транспорту на ділянці, де він не курсує – вулиця Велика Васильківська від вулиці Саксаганського до площі Українських Героїв

Перехрестя вулиць Велика Васильківська та Гетьмана Павла Скоропадського має ширину до 40 м між стоп-лініями, а також небезпечний маневр під гострим кутом при лівому повороті на вулицю Гетьмана Павла Скоропадського. Також неоптимальним з точки зору безпеки дорожнього руху є лівий поворот з вулиці Гетьмана Павла Скоропадського на вулицю Євгена Чикаленка через дві смуги руху з високою інтенсивністю. Влаштований віднесений правий поворот з вулиці Гетьмана Павла Скоропадського на вулицю Велика Васильківська. Центральний острівцець на площі обрамлений віхами дорожніми для унеможливлення несанкціонованого паркування в межах розв'язки.

Швидкість руху на примиканнях та площі не обмежена ТЗРДР та згідно ПДР [38] визначена для вулиць населених пунктів у 50 км/год. Хоча фактично, із за світлофорного регулювання та високої завантаженості транспортними засобами мережі такої швидкості на самій розв'язці та підходах до неї не спостерігається.

Згідно з транспортною моделлю міста Києва інтенсивність транспорту на розв'язці в одному рівні є нерівномірною, дані зазначені у таблиці 15.

Таблиця 15. Таблиця інтенсивності руху транспортних засобів од/год на транспортній розв'язці в одному рівні на площі Українських героїв згідно з транспортною моделлю міста Києва

	до площі Українських Героїв	від Площі Української Героїв
вул. Велика Васильківська (зі сторони вул. Хрещатик)	2130	2270
вул. Велика Васильківська (зі сторони вул. Саксаганського)	2930	1550
вул. Г. Павла Скоропадського	2060	750
вул. Євгена Чикаленка	-	780

Під час проходження переддипломної практики було проведено фактичні заміри інтенсивності руху в будній день у ранковий та вечірній пікові навантаження на вулично-дорожню мережу міста. Заміри виконувались шляхом відеофіксації та камерального кількісного підрахунку. Окремо було визначено підрахунок інтенсивності руху велосипедистів. Результати замірів інтенсивності руху відображено у таблицях 16 та 17.

Таблиця 16. Таблиця інтенсивності руху транспортних засобів од/год у ранкове пікове навантаження з 8:00 до 9:00 буднього дня на транспортній розв'язці в одному рівні на площі Українських Героїв

	до площі Українських Героїв	від Площі Української Героїв
вул. Велика Васильківська (зі сторони вул. Хрещатик)	699 велосипедистів - 12	1482 велосипедистів - 6

вул. Велика Васильківська (зі сторони вул. Саксаганського)	1452 велосипедистів - 3	519 велосипедистів - 18
вул. Г. Павла Скоропадського	900 велосипедистів - 9	948 -
вул. Євгена Чикаленка	-	102

Таблиця 17. Таблиця інтенсивності руху транспортних засобів од/год у вечірнє пікове навантаження з 17:00 до 18:00 буднього дня на транспортній розв'язці в одному рівні на площі Українських Героїв

	до площі Українських Героїв	від Площі Української Героїв
вул. Велика Васильківська (зі сторони вул. Хрещатик)	522 велосипедистів - 3	1257 велосипедистів - 18
вул. Велика Васильківська (зі сторони вул. Саксаганського)	1170 велосипедистів - 6	537 велосипедистів - 9
вул. Г. Павла Скоропадського	825 велосипедистів - 27	432 велосипедистів - 5
вул. Євгена Чикаленка	-	300 велосипедистів - 18

Виходячи з фактичних замірів інтенсивності у ранкові та вечірні години пікового навантаження транспортної розв'язки, розраховуємо коефіцієнт розподілу інтенсивності по годинах доби. Для цього показники годинної інтенсивності транспортного потоку що виходить з розв'язки ділимо на кількість смуг, і за допомогою таблиці 8 приводимо до погодних коефіцієнтів й отримуємо показники інтенсивності однієї смуги по замірах ранкового та вечірнього піку. Надалі, для більш об'єктивного прийняття рішення, визначаємо усереднений добовий показник інтенсивності руху в залежності від кількості смуг, з застосуванням коефіцієнт багатосмуговості згідно таблиці 7. Зведені розрахункові показники відображено в таблиці 18.

Таблиця 18. Зведена таблиця розрахунку добової інтенсивності руху транспортних засобів на транспортній розв'язці в одному рівні на площі Українських Героїв.

	Ранкове пікове навантаження	Вечірнє пікове навантаження	Добова інтенсивність напрямку од/доба
вул. Велика Васильківська (зі сторони вул. Хрещатик)	6261	4871	13359
вул. Велика Васильківська (зі сторони вул. Саксаганського)	3289	3122	8693
вул. Г. Павла Скоропадського	6007	2511	9927
вул. Євгена Чикаленка	1292	3488	2390

Добові інтенсивності приводимо до показників таблиці 9, та визначаємо тип вулиць по функціональному призначенню. Якщо порівняти дані інтенсивності та функціонального призначення та дані існуючого Генерального плану, всі вулиці окрім Гетьмана Павла Скоропадського зберігають своє призначення. Ця вулиця має високу інтенсивність руху транспортних засобів і вже перевищує функції районної магістралі. Результати зображено в таблиці 19.

Таблиця 19. Таблиця розрахунку приведення добової інтенсивності руху транспортних засобів на транспортній розв'язці в одному рівні на площі Українських Героїв до типу функціонального призначення вулиць.

	Добова інтенсивність напрямку од/доба	Тип вулиці за функціональним призначенням
вул. Велика Васильківська (зі сторони вул. Хрещатик)	13359	магістральна вулиця
вул. Велика Васильківська (зі сторони вул. Саксаганського)	8693	магістральна вулиця
вул. Г. Павла Скоропадського	9927	магістральна вулиця
вул. Євгена Чикаленка	2390	квартальна вулиця

Після визначення функціонального призначення примикань до транспортної розв'язки, згідно з таблицею 10 визначаємо тип організації руху транспортних

засобів на розв'язці (перехресті) в одному рівні на площі Українських Героїв - перехрестя з рухом по кільцю або світлофорно регульоване перехрестя, яке наразі є чинним. Для розроблення двох варіантів реорганізації дорожнього руху на розв'язці, ми приймаємо обидва типи організації.

Для визначення форми організації велосипедного руху звертаємось до зведеної таблиці 11, згідно якої рекомендовано облаштовувати такі форми велосипедного руху:

- вул. Велика Васильківська (зі сторони вул. Хрещатик) — ВС, ВД, ВПД;
- вул. Велика Васильківська (зі сторони вул. Саксаганського) — ВС, ВД, ВПД;
- вул. Г. Павла Скоропадського — ВС, ЗВС, ВД;
- вул. Євгена Чикаленка — ВК, ВС, ЗВС.

На вулиці Чикаленка вже облаштована велосипедна мережа у вигляді ВС, тому приймаємо її за основу без змін. На вулиці Гетьмана Скоропадського присутня надлишкова ширина проїзної частини, приводимо смуги руху до нормативної ширини у 3,0 м [2] й для залишкової ширини проїзної частини приймаємо форму велосипедного руху ВС. На вулиці Велика Васильківська оскільки це ТПВ біля станції метрополітену спостерігається жвавий пішохідний рух, а вулиця не має надлишкової ширини проїзної частини — тому найбільш раціональною формою велосипедного руху визначено ВД. Оскільки вулиця є багатосмуговою магістраллю, з щільною забудовою і має сполучення між сторонами лише на перехрестях рекомендовано облаштувати тут двосторонні ВД.

Оскільки на транспортній розв'язці не забезпечено інклюзивних наземних пішохідних переходів, а весь прохідний рух спрямовано лише через підземний перехід, з огляду на присутню світлофорне регулювання, в рамках реорганізації дорожнього руху впроваджуємо регульовані наземні пішохідні переходи. Це також відповідає [51] та чинним нормативним вимогам [2]. Завдяки облаштуванню світлофорно регульованих пішохідних переходів, згідно вимог стандарту [4] є можливість облаштувати поруч світлофорно регульовані велосипедні переїзди, що сполучить ВД з обох сторін вулиці. Для мінімізації конфліктів, в місцях очікування

пішоходами дозвільного циклу світлофору облаштовується зони очікування, поруч розміщується зона очікування для велосипедистів, що не перешкоджає прямому проїзду велосипедистів.

В ході розроблення варіантів реорганізації дорожнього руху на транспортній розв'язці в одному рівні на площі Українських Героїв було виконано 2 варіанти:

- *1 Варіант* — організація кільцевого руху на розв'язці зі світлофорно регульованими примиканнями, для безконфліктного регулювання руху пішоходів та велосипедистів на примиканнях вулиць Велика Васильківська та Гетьмана Павла Скоропадського. Світлофорне регулювання має 2 фази регулювання — I фаза через всі примикання одночасний перехід пішоходів та переїзд велосипедистів; II фаза — розїзд транспортних засобів згідно ПДР України по принципу саморегульованої кільцевої транспортної розв'язки. За розміром центрального острівця влаштовується середня кільцева розв'язка з діаметром центрального острівця 28 м. На кільцевій розв'язці влаштовуються дві смуги руху, а також одна смуга руху прямого проїзду по вулиці Велика Васильківська у бік вулиці Хрещатик та одна віднесена смуга руху для правого повороту на вулицю Євгена Чикаленка. Кількість смуг руху на прилеглих вулицях залишається незмінною, однак за рахунок приведення їх ширини до нормативних параметрів, звільняється місце для влаштування паркувальної зони та велосипедної інфраструктури. Смуги руху на примиканнях до розв'язки прийнято шириною 3,0 м [2] з плавним розширенням перед коловою проїзною частиною. Для забезпечення плавності руху транспортних засобів передбачаємо розширення смуги руху на кільці на 0,75 м, відповідно обидві смуги руху будуть по 3,75 м [2]. При реорганізації залишається підземний пішохідний перехід, оскільки він є одночасно входом до станції метрополітену, входом до ТЦ “Метроград” та захисною спорудою цивільної безпеки — найпростішим укриттям.

- *2 варіант* — відповідно до нормативних вимог [4] змінюємо форму Y-перехрестя на T-перехрестя зі збереженням світлофорного регулювання. За рахунок влаштування такої форми перехрещення вулиць — зменшується площа проїзної частини на примиканнях вулиць Велика Васильківська та Гетьмана Павла

Скоропадського організуються світлофорно регульовані пішохідні переходи та велосипедні переїзди. Світлофор працює у 4 фази — I фаза через всі примикання одночасний перехід пішоходів та переїзд велосипедистів; II фаза — рух вул. Велика Васильківська (зі сторони вул. Хрещатик); III фаза — рух вул. Гетьмана Петра Скоропадського; IV фаза — рух вул. Велика Васильківська (зі сторони вул. Саксаганського).

Використання смуг руху на підходах до перехрестя розподіляється так:

- вул. Велика Васильківська (від вулиці Хрещатик) – перша смуга праворуч, друга смуга прямо і праворуч, третя смуга прямо і праворуч;
- вул. Велика Васильківська (від вулиці Саксаганського) – перша смуга прямо, друга смуга прямо і ліворуч, третя смуга ліворуч;
- вул. Гетьмана Павла Скоропадського – перша смуга праворуч і ліворуч, друга смуга ліворуч.

Смуги руху на примиканнях до розв'язки прийнято шириною 3,0 м, задля забезпечення плавності руху транспортних засобів передбачаємо розширення смуги руху у ліво- та правоповоротних смугах на 0,75 м, відповідно ці смуги руху будуть по 3,75 м [2]. Радіуси повороту відповідно чинних вимог — 12,0 м [2]. При реорганізації залишається підземний пішохідний перехід, оскільки він є одночасно входом до станції метрополітену, входом до ТЦ “Метроград” та захисною спорудою цивільної безпеки — найпростішим укриттям.

3.2. Порівняльний аналіз результатів транспортно-імітаційного моделювання

За допомогою програмного забезпечення PTV Vissim в першу чергу виконано базову (існуючий стан) імітаційну транспортну мікромодель площі Українських Героїв у місті Києві із підходами по вулицях Великій Васильківській, Гетьмана Павла Скоропадського та Євгена Чикаленка із заданими параметрами інтенсивностей руху транспорту, велосипедистів та пішоходів, маршрутами громадського транспорту та трифазною циклограмою світлофорного об'єкта. Результати моделювання існуючого стану зображено у таблиці 20.

Таблиця 20. Таблиця показників аналізу імітаційної транспортної мікромоделі транспортній розв'язці в одному рівні на площі Українських Героїв — існуючий стан.

Показник аналізу мережі	Одиниці
Середній час затримок	25,27 с
Середня кількість зупинок	0,77 од
Середня швидкість	22,95 км/год
Пропускна спроможність (10 хв)	357 од
Пропускна спроможність (1 год.)	2142 од
Провізна спроможність (1 год.)	3413 осіб

* Коефіцієнт заповненості автомобіля = 1,5; громадського транспорту = 50.

Основними недоліками існуючої організації дорожнього руху на площі є занадто «розтягнуте» перехрестя, відсутність інклюзивної пішохідної інфраструктури, та відсутність велосипедної інфраструктури. Велосипедний рух зараз відбувається згідно ПДР України по проїзній частині, що з огляду на кількість смуг на перехресті не дає можливості виконувати лівий поворот користувачам велотранспорту. Це призводить до порушення ПДР та руху велосипедистів по пішохідних тротуарах. Проблемними та перевантаженими також є повороти для моторизованого транспорту з вул. Велика Васильківська (від вулиці Хрещатик) на вул. вул. Гетьмана Павла Скоропадського, та вул. Велика Васильківська (від вулиці

Саксаганського) на вул. вул. Гетьмана Павла Скоропадського. Оскільки тут в межах перехрестя відбувається перелаштування і злиття, а також розміщена зупинка громадського транспорту, яка фактично знаходиться в межах перехрестя — що суттєво впливає на рух транспортних засобів, оскільки “кишеня” зупинки громадського транспорту тут несе функцію додаткової смуги для з'їзду на вул. Євгена Чикаленка.

Наступним кроком виконано імітаційну транспортну мікромодель проєктного варіанту 1 запропоновано саморегульовану кільцеву розв'язку на площі Українських Героїв, яка доповнюється регульованими пішохідними переходами через прилеглі до площі вулиці, а також мережею велосипедних шляхів. За рахунок приведення ширини смуг руху до нормативних параметрів вивільняється місце для влаштування в межах існуючої геометрії вулиць зони повздовжнього паркування на вулиці Велика Васильківська від вулиці Саксаганського до площі Українських Героїв, а також велосипедної смуги на вулиці Гетьмана Павла Скоропадського у бік площі Українських Героїв. Рух пішоходів через проїзну частину регулює двофазний світлофорний об'єкт. Результати моделювання проєктного варіанту 1 зображено у таблиці 21.

Таблиця 21. Таблиця показників аналізу імітаційної транспортної мікромодели транспортній розв'язці в одному рівні на площі Українських Героїв — проєктний варіант 1.

Показник аналізу мережі	Одиниці
Середній час затримок	23,32 с
Середня кількість зупинок	1,30 од
Середня швидкість	20,34 км/год
Пропускна спроможність (10 хв)	395 од
Пропускна спроможність (1 год.)	2370 од
Провізна спроможність (1 год.)*	3755 осіб

* Коефіцієнт заповненості автомобіля = 1,5; громадського транспорту = 50.

Відповідно до результатів аналізу мережі, у цьому варіанті у порівнянні з базовою існуючою ситуацією знижується середній час затримок на 8% — це

пояснюється тим, що транспортні засоби рухаються більше часу по саморегульованому кільцю, а також що з перенесенням зупинки з меж перехрестя, зникла проблема перелаштування в межах перехрестя. Також підвищується середня кількість зупинок на 69%, що обумовлене появою додаткових місць зупинок перед виїздом на кільце, для надання переваги в русі і появою нових стоп-ліній перед пішохідними переходами на вулиці Гетьмана Павла Скоропадського, де їх до цього не було. Відповідно із збільшенням кількості місць зупинки знижується середня швидкість транспортних засобів на 11%. Але основним показником є те, що на розв'язці підвищується пропускна спроможність і провізна спроможність на 10%.

Позитивним у Варіанті 1 є облаштування світлофорно регульованих пішохідних переходів на всіх примикання до розв'язки. Поруч з пішохідними переходами на вул. Велика Васильківська облаштовуються велосипедні переїзди, що теж регулюються світлофорною сигналізацією. Єдиним недоліком даного проектного варіанту є те, що неможливо облаштувати велопереїзд через вулицю Гетьмана Павла Скоропадського, оскільки велосипедна мережа на вулиці Євгена Чикаленка розміщена з іншої сторони, що робить веломережу на площі не суцільно звязною і стане ймовірною причиною порушення велосипедистами ПДР та руху по пішохідним тротуарам або по велодоріжці проти напрямку.

Надалі виконано імітаційне транспортне мікромоделювання варіанту 2, де запропоновано облаштування компактного світлофорно регульованого Т-подібного перехрестя із наземними пішохідними переходами та велосипедними переїздами на усіх підходах. За рахунок зменшення розмірів проїзної частини перехрестя стало можливим значно розширити пішохідну зону площі та влаштувати більше зелених зон. Рух транспорту і пішоходів регулює чотирьох фазний світлофорний об'єкт, а саме перехрестя є частково каналізованим, де кожна смуга перед перехрестям відповідна одному напрямку руху на перетині.. Результати моделювання проектного варіанту 2 зображено у таблиці 22.

Таблиця 22. Таблиця показників аналізу імітаційної транспортної мікромоделі транспортній розв'язці в одному рівні на площі Українських Героїв - проєктний варіант 2.

Показник аналізу мережі	Одиниці
Середній час затримок	34,9 с
Середня кількість зупинок	0,82 од
Середня швидкість	19,84 км/год
Пропускна спроможність (10 хв)	428 од
Пропускна спроможність (1 год.)	2568 од
Провізна спроможність (1 год.)*	4052 осіб

* Коефіцієнт заповненості автомобіля = 1,5; громадського транспорту = 50.

За результатами аналізу мережі цей варіант показує наступні зміни основних транспортно-експлуатаційних показників: підвищення середнього часу затримки на 38% що обумовлене часом очікування транспортними засобами своєї фази і черги проїзду через перехрестя; підвищення середньої кількості зупинок на 6%, зниження середньої швидкості на 13%. Але у противагу показники підвищення пропускної спроможності і провізної спроможності зростають на 19%, що свідчить про те, що транспортна розв'язка у такому виконанні може пропустити більше транспортних засобів, при цьому зберігається світлофорне регулювання та додаються інклюзивні пішохідні переходи, велосипедні переїзди через усі примикання, а на самій площі суттєво збільшується кількість зелених насаджень та пішохідного простору. Позитивним у Варіанті 2 є облаштування світлофорно регульованих пішохідних переходів та велосипедних переїздів на всіх примикання до розв'язки.

Відповідно, проводимо порівняльний аналіз мережі за основними транспортно-експлуатаційними показниками, можна зробити висновки про ефективність обох проєктних рішень на площі Українських Героїв у порівнянні з сучасним станом. Враховуючи впровадження наземних пішохідних переходів, очікувано знижується середня швидкість і підвищується час затримок і кількість зупинок транспорту в мережі. Однак, ці зміни не є критичними:

- Середній час затримок зростає на 10 с. для Т-подібного перехрестя та знижується на 2 с. для кільцевої розв'язки;

- Середня кількість зупинок зростає на 0,05од для Т-подібного перехрестя та на 0,53 од для кільцевої розв'язки;

- Середня швидкість знижується на 3,11 км/год для Т-подібного перехрестя та на 2,61 км/год для кільцевої розв'язки.

При цьому, пропускна і провізна спроможність для обох проектів зростає – на 10% або 342 особи для кільцевої розв'язки та на 19% або 639 осіб для Т-подібного перехрестя.

Таблиця 23. Порівняльна таблиця показників аналізу імітаційної транспортної мікромоделі транспортній розв'язці в одному рівні на площі Українських Героїв.

	Сучасний стан	Варіант 1	Варіант 2
Середній час затримок, с.	25,27	23,32	34,9
Середня кількість зупинок, од.	0,77	1,30	0,82
Середня швидкість, км/год	22,95	20,34	19,84
Пропускна спроможність, ТЗ (10 хв)	357	395	428
Пропускна спроможність, ТЗ (1 год.)	2142	2370	2568
Провізна спроможність, осіб (1 год.)*	3413	3755	4052
Зміна провізної спроможності		110%	119%

* Коефіцієнт заповненості автомобіля = 1,5; громадського транспорту = 50.

Враховуючи вимогу державних нормативних актів [54], обидва проектні рішення для площі Українських Героїв при реалізації матимуть позитивний ефект, адже сприяють підвищенню безпеки дорожнього руху в центрі міста (через незначне зниження швидкості руху) та підвищення провізної спроможності. Що стосується велосипедного руху, беззаперечно більш раціонально і кращим варіантом організації руху на розв'язці є Варіант 2, оскільки він в повній мірі забезпечує велосипедний рух на всіх підходах до перехрестя й покриває усі можливі напрямки руху велосипедистів. Зазначені дані по розділу наведені у Графічній частині на аркушах 10 - 12.

3.3. Розробка практичних рекомендацій

Розвиток інфраструктури для велосипедного транспорту є визнаним у світі інструментом покращення транспортної ситуації в населених пунктах, підвищення сталості та ефективності транспортної системи. У процесі організації велосипедного руху зазвичай виконують дві цілі: надання безпечних і комфортних умов для пересування на велотранспорті та сприяння підвищенню попиту на використання велосипеда як щоденного транспорту. Важливим для цього є вибір відповідного й раціонального типу інфраструктури та створення умов для велосипедного руху.

Маючи на меті розробити ефективний інструмент для вибору раціональної форми велосипедного руху, що буде оптимально відповідати вимогам безпеки, комфорту користувачів та сприятиме збільшенню використання велосипеда, як щоденного транспортного засобу в населених пунктах, розроблені наступні рекомендації на локальному рівні:

1. При проектуванні нових чи реорганізації існуючих об'єктів вулично-дорожньої мережі розглядати та враховувати сукупність низки елементів та факторів, що впливають на вибір форми велосипедного руху, а саме: швидкість та інтенсивність руху учасників дорожнього руху, кількість смуг руху, форма перехрестя та тип організації дорожнього руху, функціональне призначення вулично-дорожньої мережі тощо.

2. Проводити систематичні заміри інтенсивності руху транспортних засобів, актуалізація даних про інтенсивність, що використовується для прийняття рішень про форму велосипедного руху.

3. Під час замірів інтенсивностей, проводити окремі заміри велосипедного руху, щодо відповідності існуючої і перспективної мережі наявним потребам користувачів велотранспорту.

4. Збирати дані про вже створені об'єкти вулично-дорожньої мережі, що містять велосипедну мережу задля контролю ефективності рішень, аналізу сценарію поведінки користувачів, ймовірності порушень ПДР та вдосконалення у подальшому планування велосипедної мережі.

5. Створити систему та базу фіксації та аналізу даних про ДТП, що може впливати на прийняття рішень під час реорганізації об'єктів вулично-дорожньої мережі.

6. При проектуванні велосипедної мережі і виборі форми велосипедного руху, опиратись не лише на існуючі потреби користувачів, а й на потенційний її розвиток, при можливості забезпечувати всі напрямки руху велокористувачів на перетинах вулично-дорожньої мережі населених пунктів.

7. При транспортному моделюванні розробляти як мінімум 2 варіанти проектного рішення, щоб віднайти більш раціональну і оптимальну форму організації велосипедного руху.

Практичні рекомендації на державному рівні:

1. Синхронізувати державні нормативні документи в частині облаштування велосипедної інфраструктури, особливо на перетинах вулично-дорожньої мережі населених пунктів.

2. Переглянути шкалу градації розрахункової швидкості для вулично-дорожньої мережі населених пунктів, імплементувати позитивний закордонний досвід та принципи визначення швидкості на різних категоріях вулиць.

3. Переглянути рекомендації щодо облаштування різних форм велосипедного руху на різних категоріях вулично-дорожньої мережі, особливо на магістральних вулицях.

4. Визначити в нормативних документах параметричний підхід визначення функціонального призначення вулиці, з розрахунку параметрів інтенсивності транспортних засобів, швидкості та кількості смуг руху, та відмовитись від пострадянського підходу.

5. Врахувати у нормативних документах, що стосуються проектування розв'язок в одному рівні з рухом по колу, рекомендації щодо вибору форми велосипедного руху відповідно до розміру центрального острівця та кільцевої розв'язки.

6. Врахувати в нормативних документах параметричний підхід, з визначеними параметрами та формулою розширення ширини велопішохідної доріжки в залежності від інтенсивності велосипедного та пішохідного руху.

7. Визначити у ПДР та державних нормативних документах правила для всіх учасників дорожнього руху у велопішохідних зонах, на велопішохідних доріжках.

8. Актуалізувати ПДР України в частині велосипедного руху, врахувати нові форми велосипедного руху які вже передбачені нормативними документами та з'являються на вулицях, та чітко визначити пріоритетність проїзду велосипедистів на різних типах перехресть.

9. Стандартизувати принципи та параметри світлофорне регулювання велосипедного руху у нормативних документах.

Впровадження рекомендацій надасть можливість більш якісно обирати форми велосипедного руху під час реорганізації та нового будівництва об'єктів вулично-дорожньої мережі. Особливо це буде корисним молодим інженерам проєктувальникам, що не мають практичного досвіду впровадження велосипедної інфраструктури. Також врахування рекомендацій визначить ряд проблемних питань, які досі не висвітлені у нормативній базі України, і приймаються проєктувальниками за замовчуванням на власний розсуд.

3.3. Висновки по третьому розділу

У розрахунковій частині було розглянуто практичне застосування напрацьованого алгоритму визначення оптимальної форми велосипедного руху на прикладі реального транспортного перетину на вулично-дорожній мережі міста. Згідно визначених рекомендацій алгоритму було розроблено два проєктних варіанти, які відповідають чинним вимогам нормативних документів та визначені алгоритмом як рекомендовані. Оскільки велосипедна мережа інтегрується в цілісну вулично-дорожню мережу населеного пункту, то її місце та вплив на загальний стан організації дорожнього руху визначається моделюванням.

Транспортне імітаційне моделювання організації та реорганізації дорожнього руху дозволяє отримати показники для оцінки інтеграції раціональної форми велосипедного руху на об'єктах вулично-дорожньої мережі. З розглянутих варіантів реорганізації транспортної розв'язки в одному рівні на площі Українських героїв найбільш оптимальним виявився проєктний варіант 2, який показує найкращі показники по параметрах пропускнує спроможності і провізної спроможності та найбільш цілісної велосипедної мережі. Визначений алгоритм вибору форми велосипедного руху в залежності від інтенсивності руху, кількості смуг руху, типу організації дорожнього руху та форми перехрестя дозволяє максимально раціонально та оптимально визначати ефективну форму велосипедного руху та обирати переважний тип велосипедної інфраструктури. Ефективність впровадження будь якої форми велосипедної мережі може бути оцінена по кількісним показникам, завдяки транспортному імітаційному моделюванню.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Аналіз європейських нормативних документів, що визначає принципи проєктування, облаштування та розвитку велосипедної інфраструктури показує, що велосипедний транспорт розглядається в першу чергу як інструмент вирішення транспортних проблем населених пунктів і має розвиватися не залежно від попиту сьогодення. Аналіз нормативних державних документів України, які стосуються та дотичні до планування та проєктування велосипедної інфраструктури показав недостатність настанов та практичних рекомендацій з планування цілісної, комфортної та безпечної велосипедної мережі та вказує на потребу формалізувати процес вибору форм велосипедного руху під час планування та проєктування, доцільність впливу дорожньо-транспортних характеристик на принципи вибору планувальних рішень та обґрунтування розроблення методики алгоритму визначення раціональної форми велосипедного руху на розв'язках (перехрестях) в одному рівні.

Визначення оптимальної форми велосипедного руху на об'єктах вулично-дорожньої мережі населених пунктів можливе за рахунок використання параметричного підходу в декілька етапів, першочерговим з яких є визначення фактичної інтенсивності транспортних засобів. Завдяки відповідним розрахункам та приведенням до показників матриць можна визначити функціональне призначення вулиці, рекомендовану кількість смуг та швидкість руху, який тип організації дорожнього руху та форму велосипедного руху слід застосовувати. Використання алгоритму параметричного вибору дозволяє сформувати цілісну теоретичну обґрунтовану модель визначення оптимальної форми велосипедного руху на розв'язці, що найбільш цілісно буде відповідати потребам користувачів велотранспорту. Проведено категоризацію видів форм перехресть і проведено до рекомендацій їх застосування і доцільності на різних категоріях вулиць.

Імітаційне транспортне моделювання показало, що вибір форми велосипедного руху, згідно рекомендацій слід розглядати в цілісній картині, беручи до уваги всіх учасників дорожнього руху та локальну ситуацію в цілому. З метою уникнення

Упередженості, алгоритм надає на вибір проєктувальника декілька форм велосипедного руху, визначення більш раціональної і оптимальної є ключовим завданням, яке можливо виконати за допомогою транспортного моделювання. На основі практичних досліджень та порівняння було визначено найбільш оптимальну форму велосипедної мережі та перехрестя в цілому, яке максимально задовільняє потреби усіх категорій користувачів. Проведено порівняльний аналіз базової, фактичної ситуації і двох проєктних варіантів реорганізації дорожнього руху, що показали вірогідність впровадження обох варіантів та кількісні показники їх ефективності.

Запропонована методика визначення раціональної форми велосипедного руху на розв'язках (перехрестях) в одному рівні дозволяє приймати об'єктивні рішення на кожному етапі проєктування і планування, і завдяки своїй етапності підтверджує або спростовує попередні результати, що робить алгоритм більш ефективним, а рекомендації максимально вірогідними. Алгоритм визначення був використаний на практиці під час розроблення ескізних проєктів реорганізації дорожнього руху на трьох перехрестях в місті Житомир, в рамках розроблення Концепції розвитку велосипедної інфраструктури Житомирської міської територіальної громади до 2044 року. Також алгоритм був використаний під час розробки комплексної схеми організації дорожнього руху на Керченську площу в місті Києві, що дало змогу обґрунтовано визначити більш безпечну та раціональну відносно інших учасників дорожнього руху, форму велосипедного руху.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Державні Будівельні Норми Б.2.2-12:2019 Планування та забудова територій / Міністерство регіонального розвитку громад, будівництва і житлово-комунального господарства. Київ, 2019 — 185 с.
2. Державні Будівельні Норми В.2.3-5:2018 Вулиці та дороги населених пунктів. Зі Зміною № 1 / Міністерство регіонального розвитку громад, будівництва і житлово-комунального господарства. Київ, 2022 — 67 с.
3. Державний Стандарт України 8906:2019 “Планування та проектування велосипедної інфраструктури”/ ДП “УкрНДНЦ”, 2020 — 52 с.
4. Галузеві Будівельні Норми В.2.3-37641918-555:2016 Автомобільні дороги. Транспортні розв’язки в одному рівні. Проектування. Зі зміною № 1 / Міністерство інфраструктури України, 2022 — 64 с.
5. Розпорядження Кабінету міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р “Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року” Із змінами, [Електронний ресурс]
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018>
6. Розпорядження Кабінету міністрів України від 3 березня 2021 р. № 179 “Про затвердження Національної економічної стратегії на період до 2030 року” Із змінами, [Електронний ресурс]
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/179-2021>
7. Указ президента України від 30 вересня 2019 року № 722/2019 “Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року”, [Електронний ресурс] <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019>
8. Указ президента України від 9 лютого 2016 року № 42/2016 “Про Національну стратегію з оздоровчої рухової активності в Україні на період до 2025 року «Рухова активність - здоровий спосіб життя - здорова нація»”. [Електронний ресурс] <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/42/2016>

9. Ambient air quality database / World Health Organization 2022 update : status report, [Електронний ресурс, англ.]
<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/368432/9789240047693-eng.pdf>
10. “Billions of people still breathe unhealthy air: new WHO data” / World Health Organization, 2022 [Електронний ресурс, англ.]
<https://www.who.int/news/item/04-04-2022-billions-of-people-still-breathe-unhealthy-air-new-who-data>
11. Effect of cycling on cardiovascular health associated with aging process / Vidya M. Dewi Tanaka's та ін. Sport and Fitness Journal, 2022 — 9 с.
12. Association between active commuting and incident cardiovascular disease, cancer, and mortality: prospective cohort study / Celis-Morales CA , Lyall D M , Welsh P , Anderson J , Steell L , Guo Y. 2017 [Електронний ресурс, англ.] <https://doi.org/10.1136/bmj.j1456>
13. Data, analytics and evaluations Department / Brno City Municipality, 2021 [Електронний ресурс, англ.] <https://arcg.is/1Dn1Hq>
14. Рекомендації з організації руху велосипедного транспорту (переклад з німецької / Науково- дослідницьке товариство доріг і транспорту Німеччини, 2011 — 105 с.
15. Road safety report 2021, Germany / The International Transport Forum at the OECD, 2022 - 15 с [Електронний ресурс, англ.]
<https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/germany-road-safety.pdf>
16. PRESTO: Підручник з велосипедної політики (переклад з англійської) / EU Intelligent Energy, 2010 - 52 с.
17. CROW: Design Manual For Bicycle Traffic. CROW 2016 — 150 с.
18. ITF Road Safety Annual Report 2022 / The International Transport Forum at the OECD, 2022 — 15 с [Електронний ресурс, англ.]
<https://read.oecd-ilibrary.org/transport/road-safety-annual-report-2022>

19. Bicycle-friendly Copenhagen / Giuseppe Liverino [Електронний ресурс, англ.] <https://www.wonderfulcopenhagen.com/wonderful-copenhagen/international-press/bicycle-friendly-copenhagen>
20. Cycling in Helsinki / Welcome Helsinki, 2023 [Електронний ресурс, англ.] <https://welcome.hel.fi/getting-around-helsinki>
21. Integrated cycling planning guide / Aleksander Buczyński та ін. EU Cycle, 2016 — 142 с.
22. Håndbog i cykeltrafik: en samling af de danske vejregler på cykelområdet / Celis Consult, 2014 — 420 с.
23. Road safety report 2021, Denmark / The International Transport Forum at the OECD, 2022 — 15 с [Електронний ресурс, англ.] <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/denmark-road-safety.pdf>
24. Pyöräliikenteen suunnitteluohje / Helsingin kaupunki, 2018 - 182 с.
25. Road safety report 2021, Finland / The International Transport Forum at the OECD, 2022 — 15 с [Електронний ресурс, англ.] <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/finland-road-safety.pdf>
26. Tallinna rattastrateegia / Mari Jüssi, Raul Kalvo, Marek Rannala, Tõnis Savi, Tallinna Kommunaalamet, 2018 — 80 с.
27. European Road Safety Observatory National Road Safety Profile - Estonia / Annelies Schoeters (Vias institute)2023 — 16 с [Електронний ресурс, англ.] https://road-safety.transport.ec.europa.eu/system/files/2023-02/erso-country-overview-2023-estonia_0.pdf
28. Ukraine – Urbanization Review / R.C. Paula, Q. Escobar, L. Eduardo, etc. – Washington: World Bank Group, 2015 – 218 с.
29. Аналіз впливу технічних засобів організації дорожнього руху на безпеку уразливих учасників дорожнього руху / Пина О. Г та ін. Збірник наукових праць «ДОРОГИ І МОСТИ» Випуск 26, 2022 — 274-284 с.
30. Вплив системи автоматичної фотовідеофіксації порушень правил дорожнього на зниження аварійності на автомобільних дорогах загального

- користування / Кононенко А. О. та ін. Збірник наукових праць «ДОРОГИ І МОСТИ» Випуск 26, 2022 — 239-254 с.
31. Toward designing pedestrian-friendly vehicles / Kathleen Klinich та ін. International Journal of Vehicle Safety, 2012 — 12 с.
32. Статистика ДТП в Україні / Патрульна поліція України [Електронний ресурс] <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka>
33. Державний Стандарт України ISO 39001:2015 Системи управління безпекою дорожнього руху. Вимоги та настанова щодо застосування (ISO 39001:2012, IDT) / ДП “УкрНДНЦ”, 2015 — 36 с.
34. Розпорядження Кабінету міністрів України від 21 жовтня 2020 р. № 1360-р “Про схвалення Стратегії підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2024 року” [Електронний ресурс] <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1360-2020>
35. Global Plan for the Decade of Action for Road Safety 2021-2030 / World Health Organization, 2021 — 35 с.
36. Upon an issue of correlation between the running speed of vehicles and traffic capacity of a road section / Gaiginschi Lidia та ін. IOP Conference Series Materials Science and Engineering, 2016 — 45 с.
37. Транспортні розв’язки : навч. посібник / О. Б. Потійчук, Л. М. Піліпака, Рівне : НУВГП, 2020. – 263 с.
38. Постанова Кабінету міністрів України від 10 жовтня 2001 р. № 1306 “Про Правила дорожнього руху” , [Електронний ресурс] <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1306-2001>
39. Державний Стандарт України 4092-2002 Безпека дорожнього руху. Світлофори дорожні. Загальні технічні вимоги, правила застосовування та вимоги безпеки / ДП “УкрНДНЦ” 2002 — 26 с.
40. Wirkung von Piktogrammen und Hinweisschildern auf Fahrverhalten und Verkehrssicherheit / KOPPERS, A. та ін. 2016 [Електронний ресурс, нім.] https://www.mobiltaetsforum.bund.de/DE/Themen/Wissenspool/Projekte/Projektbeispiele/Projekte/19477_wirkung_von_piktogrammen_und_hinweisschi.html

41. Urban Bikeway Design Guide / НАСТО, 2016 — 256 с.
42. Державний Стандарт України 4123:2020 Безпека дорожнього руху. Засоби заспокоєння руху. Загальні технічні вимоги / ДП “УкрНДНЦ” 2020 — 19 с.
43. Oslostandarden for sykkeltilrettelegging / Utarbeidet av Sykkelprosjektet i Vymiljøetaten i Oslo kommune, 2017 — 82
44. Colored bicycle lanes and intersection treatments: International overview and best practices / Federico Autelitano, Felice Giuliani, Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2022 — 399- 420 с.
45. Швидкісні режими на автомобільних дорогах / Вознюк А.Б. Збірник наукових праць «ДОРОГИ І МОСТИ» Випуск 16, 2016 — 100-104 с.
46. Stopping distances: speed and braking / The State of Queensland 2016 [Електронний ресурс, англ.] <https://www.qld.gov.au/transport/safety/road-safety/driving-safely/stopping-distances>
47. Транспортная планировка городов / Фішельсон М.С. М.: Высш. школа, 1985 — 239 с.
48. Upon an issue of correlation between the running speed of vehicles and traffic capacity of a road section / Gaiginschi Lidia, IOP Conference Series Materials Science and Engineering, 2016 — 102 с.
49. Організація та безпека дорожнього руху / Електронний посібник з дисципліни, Смаль М.В. та ін. Луцьк, 2018 — 216 с.
50. Порядок обліку руху транспортних засобів на автомобільних дорогах загального користування 218-141-2000 / Київ, 2001 — 28 с.
51. Розпорядження Кабінету міністрів України від 14 квітня 2021 р. № 366-р “Про схвалення Національної стратегії із створення безбар’єрного простору в Україні на період до 2030 року” [Електронний ресурс] <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/366-2021>
52. Державний Стандарт України 2587:2021 Безпека дорожнього руху. Розмітка дорожня. Загальні технічні умови / ДП “УкрНДНЦ” 2021 — 102 с.

53. Державний Стандарт України 4100:2021 Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування / ДП “УкрНДНЦ” 2021 — 144 с.

54. Закон України «Про дорожній рух» введений в дію Постановою Верховної ради України № 2953-ХІІ від 28.01.93 зі змінами [Електронний ресурс] <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3353-12>