

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

Інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Автомобілів

(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

Бакалавр

(освітній рівень)

Дослідження транспортних потоків на розв'язці

з круговим рухом м. Тернопіль

Виконав: студент (ка) 4 курсу, групи МНс-41

напряму підготовки (спеціальності) 275

Транспортні технології (на автомобільному
транспорті)

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Забитівський В.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Дзюра В.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Миколук Т.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2024

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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра автомобілів

Освітній рівень бакалавр

Напрямок підготовки 275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)
(шифр і назва)

Спеціальність
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

Цьонь О.П.

«29»

січня 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ

Забитівському Віталію Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження транспортних потоків на розв'язці
з круговим рухом м. Тернопіль

Керівник проекту (роботи) Цьонь О.П., к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від « 29 »січня 2024 року № 4/7-72

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 21.06.2024р

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Схема перехрестя з круговим рухом

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

1. Динаміка зміни транспортного потоку на автомобільних дорогах. 2. Функціонування перехрестя із круговим рухом. 3. Існуюча схема організації дорожнього руху на перехресті вулиць Івана Мазепи-Дружби-Чумацька м. Тернопіль. 4. Транспортна характеристика об'єкту дослідження. 5. Методи визначення потоків насичення. 6. Запропонована схема організації дорожнього руху. 7. Імітаційна модель функціонування досліджуваного перехрестя. 8. Забезпечення транспортної безпеки в Україні. 9. Особливості транспортних аварій та катастроф.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Титульний лист. 2. Схема організації дорожнього руху на досліджуваному перехресті.

3. Інтенсивність руху на досліджуваному перехресті. 4. Затримки транспортних засобів на досліджуваному перехресті. 5. Потоки насичення. 6-9. Результати імітаційного моделювання.

10. Загальні висновки.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці			

7. Дата видачі завдання	29.01.24
-------------------------	----------

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент _____
(підпис)

Забитівський В.А.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

Цьонь О.П.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ	
1.1. Динаміка зміни транспортного потоку на автомобільних дорогах	8
1.2. Функціонування перехресть із круговим рухом	12
1.3. Існуюча схема організації дорожнього руху на перехресті вулиць Івана Мазепи-Дружби-Чумацька м. Тернопіль	17
1.4. Транспортна характеристика об'єкту дослідження	20
РОЗДІЛ 2. ЗАХОДИ ІЗ УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ	
2.1. Методи визначення потоків насичення	29
2.2. Запропонована схема організації дорожнього руху	32
2.3. Імітаційна модель функціонування досліджуваного перехрестя	42
РОЗДІЛ 3. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	
3.1. Забезпечення транспортної безпеки в Україні	51
3.2. Особливості транспортних аварій та катастроф	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	61

РЕФЕРАТ

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається актуальна проблема удосконалення транспортних процесів в міських умовах, зокрема на перехрестях з круговим рухом. Основна увага приділяється дослідженню транспортних потоків, їх характеристик та методів організації дорожнього руху на перехресті вулиць Івана Мазепи-Дружби-Чумацька у місті Тернопіль.

Робота включає три основних розділи. У першому розділі проведено аналіз існуючих умов транспортного потоку, вивчені особливості функціонування кругових перехресть та детально розглянута схема організації дорожнього руху на обраному перехресті. У другому розділі представлено методи визначення потоків насичення і запропонована нова схема організації дорожнього руху, підкріплена імітаційною моделлю функціонування перехрестя, яка демонструє можливі поліпшення. Третій розділ присвячено забезпеченню транспортної безпеки та аналізу особливостей транспортних аварій і катастроф в Україні.

В роботі використані дані з відкритих джерел, результати спостережень за дорожнім рухом, а також аналіз наукових публікацій. Висновки дослідження можуть бути використані для планування міської інфраструктури, зокрема, для покращення дорожньої ситуації на перехрестях з високим навантаженням.

ВСТУП

Через збільшення кількості громадського транспорту, суспільство стоїть перед викликом модернізації та адаптації транспортної системи до зростаючих потреб. Стрімке збільшення обсягів перевезень, прагнення до підвищення їх ефективності, безпеки та екологічної чистоти зумовлюють необхідність розробки гнучких та автоматизованих логістичних мереж. У цьому контексті, інвестиційні ризики стають вищими, але вони можуть бути мінімізовані через глибоке розуміння інфраструктурних трендів та оптимізацію розподілу трафіку.

Проблеми заторів, неефективне використання транспортної мережі та збільшення аварійності є безпосередньо пов'язаними з відсутністю адекватних систем управління транспортним потоком. Це вимагає ретельного вивчення і прогнозування транспортних процесів, щоб оптимізувати рух і знизити негативний вплив транспорту на довкілля.

У розробці стратегій управління транспортними потоками в мегаполісах має бути враховано цілий ряд факторів – від характеристик транспорту до зовнішніх умов, що впливають на його динаміку. Теорія транспортних потоків, яка сформувалася завдяки зусиллям науковців різного профілю, забезпечила цінний фундамент для аналізу та прогнозування транспортних систем.

Однак, залишаються нерозв'язаними питання, пов'язані з нестабільністю транспортного потоку та складністю його аналізу через різноманіття та непередбачуваність дорожніх умов. Крім того, неоднозначність критеріїв управління дорожнім рухом створює додаткові труднощі при виборі оптимальної стратегії.

Реалізація управлінських рішень часто супроводжується неточностями і непередбачуваними наслідками, що свідчить про потребу в подальшій роботі над удосконаленням методів формалізації процесів руху транспортного потоку. Відповідність наукових досліджень практичним вимогам управління

транспортними системами залишається актуальною та необхідною для сучасних мегаполісів.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Динаміка зміни транспортного потоку на автомобільних дорогах

Транспортний потік на магістралях складається з автомобілів, які вирушають з різних пунктів і прямують до різноманітних пунктів призначення, часто перетинаючись і створюючи взаємні потоки. Ця динаміка взаємодії включає [1-5]:

1. Регулювання дистанції між транспортними засобами, яке варіюється залежно від швидкості руху, навичок водіїв та характеристик траси;
2. Маневри обгону, коли швидші автомобілі перестроюються для випередження повільніших, що на односмугових дорогах вимагає переходу в зустрічну смугу;
3. Застосування гальмівних механізмів в умовах затримки руху через пробки або аварійні ситуації.

Такі сценарії (регулювання дистанції, маневри обгону, гальмування) ускладнюють рух і стають чинником ризику для безпеки, знижують пропускну здатність магістралі, збільшують час у дорозі та підвищують споживання палива.

Водночас, сучасні технології, такі як адаптивне керування швидкістю та автоматизовані системи безпеки, можуть зменшити зазначені виклики. Використання інтелектуальних транспортних систем (ITS) та технологій зв'язку між автомобілями (V2X) сприяє підвищенню безпеки та ефективності

дорожнього руху, забезпечуючи краще інформування водіїв про умови на дорогах і потенційні небезпеки, оптимізуючи таким чином транспортні потоки та знижуючи ризики дорожньо-транспортних пригод.

У межах планування та проектування автошляхів прийнято виділяти модельні та реальні умови руху.

Модельні умови передбачають аналіз руху ідеалізованого одиночного транспортного засобу, що дозволяє розробити оптимальні параметри дорожнього полотна та його основні характеристики для забезпечення максимальної безпеки та комфорту водіння.

У реальних умовах рух транспорту складніший, адже він охоплює багаточисельні авто з різними габаритами, вантажопідйомністю, швидкістю та технічним станом. Керування такими транспортними засобами здійснюють водії з різною майстерністю, що суттєво впливає на умови руху по дорозі, особливо при високій інтенсивності та щільності ДР.

Враховуючи реальні умови, транспортні потоки оцінюють за допомогою показників інтенсивності, які фіксують кількість транспортних засобів, які перетинають певну точку на дорозі в певний проміжок часу. Інтенсивність руху зазвичай вимірюється кількістю проходжень автомобілів, не диференційованих за типом, відомою як фактична інтенсивність.

Оскільки різні типи автомобілів мають різну вплив на транспортну систему, здійснюється перерахунок інших типів авто в еквівалентні одиниці легкових машин, використовуючи відповідні коефіцієнти перетворення. Це дозволяє стандартизувати оцінку пропускної спроможності доріг та спростити процеси планування [1-5].

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n K_{np} N_{фак}, \quad (1.1)$$

де N_{np} - приведена кількість автомобілів;

$N_{фак}$ - фактична кількість автомобілів різного типу;

K_{np} - коефіцієнт приведення відповідного типу автомобіля.

У доповнення до основних параметрів руху, суттєву роль відіграють змінні умови, такі як метеорологічні фактори, денний цикл освітлення та непередбачувані події, що можуть внести зміни у транспортний потік. Інтеграція передових технологій у вигляді інтелектуальних транспортних систем є стратегічним рішенням, яке відкриває шлях до оптимізації руху, посилення дорожньої безпеки та ефективного використання дорожньої інфраструктури. Ці системи можуть адаптуватися до поточних умов, прогнозувати зміни в транспортному потоці та оперативно коригувати сигнали світлофорів, а також розподіляти навантаження на дорожню мережу. Вони допомагають водіям уникати несподіваних перешкод і скорочують час, проведений у дорозі, водночас підвищуючи екологічну безпеку завдяки зменшенню викидів від автотранспорту. Коефіцієнти приведення транспортних засобів (ТЗ) подано у таблиці 1.1 [1-5].

Таблиця 1.1

Значення коефіцієнтів приведення ТЗ

Тип транспортного засобу	Коефіцієнт приведення
1. Легковий автомобіль	1,0
2. Мотоцикли, мопеди	0,5
3. Вантажні автомобілі, вантажопідйомністю 2-14 т	1,5 – 3,5
4. Автопоїзди вантажопідйомністю 12-30 т	3,5 – 6,0

На пересіченій та гірській місцевості швидкість вантажного транспорту часто падає, що призводить до збільшення коефіцієнта приведення на 20%. Водночас, не лише географічні умови впливають на рух транспорту. Важливість

має і розташування дорожніх ділянок: близькість до міст, промислових зон, станцій і портів підвищує інтенсивність трафіку. Цей показник також флюктує протягом дня і в різні сезони: вночі транспортний потік слабшає, а восени, як правило, зростає.

Оцінювання інтенсивності руху базується на середніх показниках за певний час, зазвичай використовують середньорічну добову інтенсивність. Проте цей параметр не дає повного розуміння навантаження на дорожню інфраструктуру, оскільки не враховує вагу проїжджаючих автомобілів. Важкі вантажівки наносять дорогам більше шкоди, ніж легкові авто, незалежно від кількості останніх. Щоб узяти до уваги цей фактор, фактичну інтенсивність руху коригують, переводячи її у вигляд еквівалентної інтенсивності, базованої на навантаженні від проїзду одного важкого вантажного автомобіля.

Щільність транспортного потоку (q) може бути обчислена за допомогою формули [1-5]:

$$q = \frac{N}{V}, \quad (1.2)$$

де N - інтенсивність руху, авт/год; V - швидкість руху автомобілів, км/год.

Цей показник є динамічним і змінюється в залежності від багатьох факторів, включаючи час доби, день тижня, сезон, погодні умови та дорожні умови. Він є важливим для розуміння та аналізу дорожньої ситуації, а також для планування та розробки дорожньої інфраструктури.

Існують чотири основні типи транспортних потоків в залежності від їхньої щільності [1-5]:

1. Вільний потік (Категорія А комфорту) – це характеризується наявністю окремих авто, які рухаються на достатній відстані один від одного, таким

чином, що вони не впливають на швидкість кожного іншого. Водії та пасажери відчують мінімум дискомфорту під час поїздки.

2. Напівщільний потік (Категорія Б) – у цьому режимі автомобілі збираються в малі групи. Такі групи часто складаються з транспортних засобів з різними характеристиками, що можуть уповільнити рух один одного, знижуючи середню швидкість потоку в цілому.

3. Суцільний потік (Категорія комфорту В) – характеризується більш щільним згрупуванням автомобілів, що рухаються у великих групах. Обгони в цьому режимі ускладнені, що значно знижує комфорт подорожі, вимагаючи від водіїв підвищеної уваги.

4. Щільний потік (Категорія Г) – це стан, коли автомобілі слідуєть один за одним дуже близько. Обгони стають майже неможливими, і швидкість руху стає дуже низькою. Існує високий ризик утворення заторів, особливо якщо дорожні умови погіршуються.

1.2. Функціонування перехресть із круговим рухом

Практика впровадження одностороннього руху через облаштування кругових перехресть стає все більш поширеною у вирішенні проблем транспортної організації на перетині вулиць і шляхів, особливо у зонах із високою інтенсивністю руху. Концепція кругового руху виникла на початку 20 століття, з першими відомими встановленнями у Парижі біля Тріумфальної арки та в Нью-Йорку, і отримала своє визнання в Англії з появою перших кругових розв'язок, спочатку розроблених як острови для пішоходів. У 1960-ті

роки ця концепція пройшла модернізацію завдяки удосконаленням британських інженерів.

Ключовими перевагами кругових перехресть є мінімізація точок потенційних конфліктів та зіткнень завдяки ефективному розв'язанню зустрічних потоків. Відцентрова сила, яка діє на автомобілі під час об'їзду круга, вимушує водіїв знижувати швидкість, що призводить до збільшення безпеки. На оптимально спроектованих розв'язках, швидкість руху може підтримуватись на рівні 40-45 км/год, що сприяє безпеці та рідкісному виникненню аварійних ситуацій [1-5].

Однак, виклики виникають у місцях з нетиповою конфігурацією доріг, наприклад, у старих містах з радіальною системою доріг, де можливість симетричного розміщення кругових перехресть обмежена. Це може призводити до скорочення відстаней для безпечної перебудови маршрутів і збільшення ризику конфліктних ситуацій.

Щоб впоратися з такими умовами, можуть бути розглянуті варіанти з прямокутними або еліптичними острівцями безпеки, які можуть природнім чином спонукати водіїв зменшувати швидкість, забезпечуючи плавність і безпеку руху. Але при цьому такі конструктивні рішення можуть знижувати вплив відцентрової сили на водія та потребувати додаткових засобів для контролю швидкості.

Однією з найбільших та найскладніших у плані організації руху є площа Шарля де Голля у Парижі з її центральним круглим острівцем діаметром приблизно 90 метрів, куди з'їжджаються 12 доріг. Важливою інновацією для полегшення трафіку на таких складних розв'язках стало введення одностороннього руху на певних сегментах, що істотно знижує число потенційних точок конфлікту.

Кругові розв'язки ефективні та можливі тільки за певних умов, які включають геометрію розв'язки та інтенсивність транспортного потоку.

Наприклад, безперервний рух на круговій розв'язці стає неможливим, коли інтервали між транспортними засобами скорочуються до 2-4 секунд. У таких випадках часто використовується пріоритет руху на кільці або світлофорне регулювання для запобігання заторів і аварійних ситуацій.

Перехрещення пішохідних та транспортних потоків є ще одним викликом для кругових розв'язок. Оптимальним рішенням є створення умов, при яких регулярний пішохідний рух відсутній або мінімізований, наприклад через відсутність близької житлової забудови, або влаштування підземних переходів. У випадку інтенсивного пішохідного руху необхідно організовувати пішохідні переходи з регульованим доступом, виходячи з інтенсивності пішохідного потоку.

Для забезпечення більшої безпеки та регулювання руху може бути застосовано горизонтальну розмітку, стрілки на проїжджій частині дороги та напрямні островці, які керують потоками транспорту у певних напрямках. Також, де це можливо, розширення доріг на підходах до розв'язки та збільшення числа смуг можуть покращити пропускну здатність і зменшити ймовірність заторів.

Зазначені підходи до організації дорожнього руху на кільцевих розв'язках є стандартними методами управління і покращення безпеки та пропускну здатності транспортних потоків. Нижче подано короткий огляд ключових пунктів з вашого опису та їх значення:

Встановлення знаків пріоритету – Знаки пріоритету, такі як "Поступіться дорогу", забезпечують зрозумілість пріоритетів на розв'язках і можуть знижувати ймовірність конфліктних ситуацій та зіткнень, особливо при високій інтенсивності руху.

Позначення кругового руху – Чітке позначення кругового руху необхідне для інформування учасників дорожнього руху про структуру та правила розв'язки, що сприяє плавності та безпеці руху.

Обмеження швидкості – Встановлення обмежень швидкості, особливо у місцях зі збільшеним пішохідним рухом, є критичним для забезпечення безпеки всіх учасників руху.

Організація руху пішоходів – Врахування потреб пішоходів із забезпеченням безпечних переходів чи підземних переходів є важливим для уникнення конфліктів з транспортними потоками.

Геометричні характеристики – Адаптація геометричних характеристик розв'язки, таких як ширина проїжджої частини і діаметр центрального острівця, до інтенсивності руху та величини транспортних засобів, підвищує ефективність і безпеку розв'язки.

Напрямні знаки та розмітка – Нанесення на проїжджій частині стріл та іншої горизонтальної розмітки покращує орієнтацію водіїв та допомагає уникати непотрібних переплетень транспортних потоків.

Ці заходи є частиною комплексного підходу до планування та управління ДР на кільцевих розв'язках, що покликані покращити безпеку, зменшити затори та підвищити ефективність дорожньої інфраструктури.

Кругові перехрестя дійсно мають багато переваг у порівнянні з традиційними перехрестями зі світлофорами. Ось більш детальний розгляд зазначених вами пунктів [1-5]:

Переваги кругового руху:

1. Підвищена безпека руху:

Конфліктні точки: Кількість потенційних точок конфлікту значно зменшується на кругових перехрестях, оскільки всі учасники руху рухаються в одному напрямку.

Швидкість: Низька швидкість руху зменшує ризик важких наслідків ДТП.

Тип ДТП: Більшість аварій на кругових перехрестях є бічними або задніми зіткненнями, які зазвичай менш небезпечні, ніж фронтальні або Т-подібні зіткнення на традиційних перехрестях.

2. Пропускна здатність:

Ефективність: На круговому перехресті не існує фаз "червоного світла", що дозволяє неперервний потік автомобілів і, в певних умовах, підвищує пропускну спроможність.

3. Час очікування:

Зменшення затримок: Відсутність світлофорів знижує середній час очікування для кожного учасника руху, зокрема під час періодів низької інтенсивності руху.

4. Кількість шляхів з'єднаних перехрестям:

Гнучкість: Кругові перехрестя можуть об'єднувати будь-яку кількість шляхів, тоді як на перехрестях зі світлофорами кількість гілок часто обмежена через складність управління рухом.

5. Розворот на 180 градусів:

Доступність: На кругових перехрестях можна легко здійснити розворот, що на традиційних перехрестях часто ускладнено або навіть заборонено.

Недоліки кругового руху:

1. Землевикористання:

Велика площа: Кругові перехрестя вимагають значно більше місця, що може бути проблематичним у густонаселених міських районах.

2. Складність для пішоходів і велосипедистів:

Безпека: Хоча для автомобілістів кругові перехрестя є безпечнішими, для пішоходів і велосипедистів перетин таких перехресть може бути більш складним і небезпечним.

3. Освоєння водіями:

Освітні бар'єри: Деяким водіям може бути важко зрозуміти, як правильно користуватися круговим перехрестям, особливо якщо вони не звикли до такого типу дорожнього розподілу.

4. Комплексність проектування:

Дизайн: Правильне проектування кругового перехрестя є важливим для забезпечення його ефективності і може бути складнішим, ніж для традиційного перехрестя зі світлофорами.

5. Ефективність при високій інтенсивності руху:

Обмеження: При дуже високих інтенсивностях руху кругові перехрестя можуть стати менш ефективними, ніж перехрестя з оптимізованими світлофорами.

Враховуючи ці переваги та недоліки, вибір між круговим перехрестям і традиційним перехрестям зі світлофорами залежить від конкретних умов та вимог до руху в даній місцевості.

1.3. Існуюча схема організації дорожнього руху на перехресті вулиць Івана Мазепи-Дружби-Чумацька м. Тернопіль

Перехрестя є точкою, де дороги зливаються, перетинаються або розділяються на одному рівні. На перетині вулиць Івана Мазепи-Дружби-Чумацька проходять не тільки особисті автомобілі, але й транспортні засоби спеціального призначення, зокрема міські маршрутки, автобуси міського та міжміського сполучення, а також вантажні авто. Тут виконана горизонтальна дорожня розмітка і встановлені засоби для організації руху — дорожні знаки, серед яких — знаки переваги, інформаційно-вказівні та інші знаки, що надають додаткову інформацію. Усі ці заходи регулювання дорожнього руху впроваджені відповідно до ДСТУ 2587:2021р. та правил дорожнього руху.

Це перехрестя має 2 смуги руху: як у прямому так і зворотному напрямку. Ширина проїжджої частини складає 15 метрів. Вулиця Мазепи є головною дорогою по відношенню до вулиці Дружби та Чумацька.

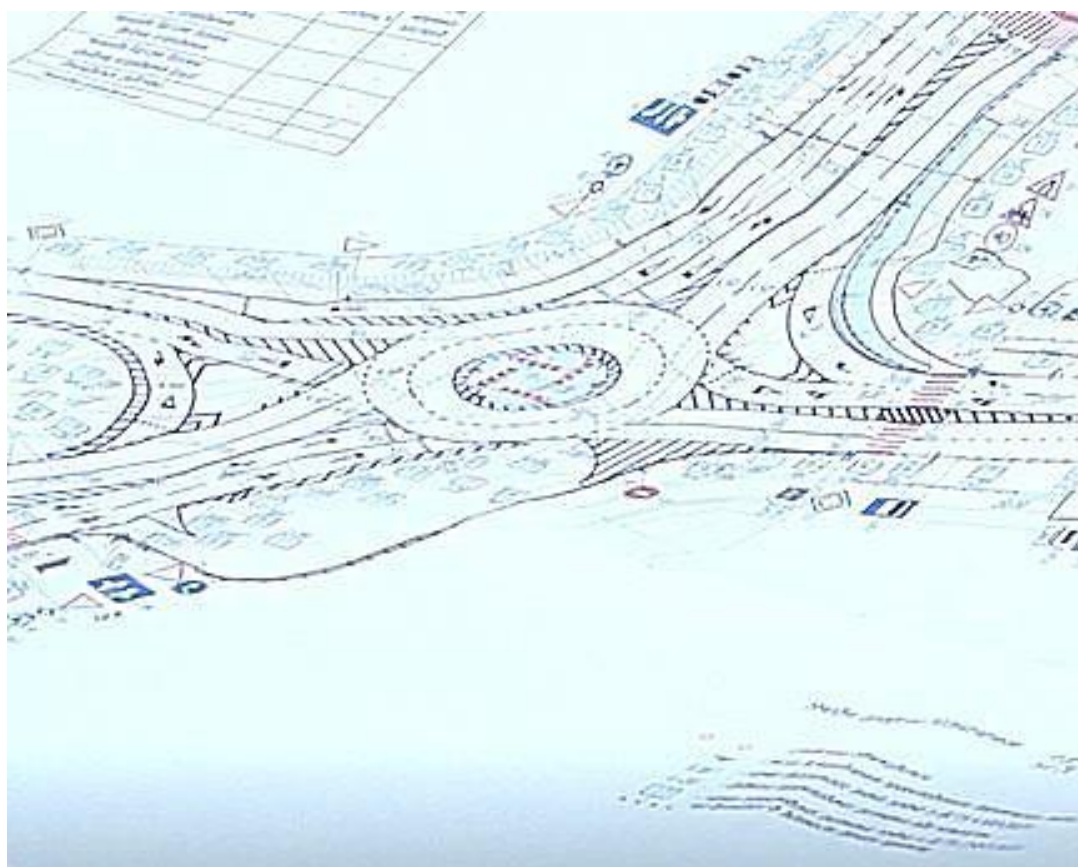
Повна схема перехрестя з усіма технічними засобами організації дорожнього руху наведена на рисунку 1.1.



a)



б)



в)

Рисунок 1.1 - Схема організації дорожнього руху на досліджуваному перехресті

1.4. Транспортна характеристика об'єкту дослідження

Інтенсивність руху - це об'єм транспорту, що перетинає певну ділянку дороги за заданий проміжок часу. Щоб визначити обсяг руху, використовують різні часові рамки: від року до менш ніж години - все залежить від мети дослідження та доступності вимірювальних інструментів. Вимірювання може бути зосередженим на одній смузі у певному напрямку, а також охоплювати декілька смуг чи весь дорожній проїзд загалом [4-9].

Непостійність в обсягах транспортних потоків має значний вплив на планування дорожнього руху. Тому аналіз розподілу транспортних потоків протягом дня дозволяє ефективніше управляти дорожнім рухом та зменшувати затори.

"Час пік" - це визначення, що використовується для опису періодів з найвищою інтенсивністю дорожнього руху, яке традиційно асоціюється з однією годиною, хоча на практиці воно може варіюватися. Альтернативний термін "піковий період" відображає проміжок часу, коли інтенсивність руху перевищує середній рівень для конкретного відрізка дня, який для міських умов часто становить до 16 годин активного руху.

Для оптимізації дорожнього руху важливо не лише фіксувати інтенсивність, але й аналізувати причини її коливань. Такий аналіз може включати вивчення демографічних факторів, планування міста, наявності громадського транспорту та інших чинників, що впливають на транспортні звички мешканців. Розуміння цих аспектів дозволяє міським планувальникам та інженерам дорожнього руху більш ефективно керувати транспортними потоками, підвищуючи безпеку та ефективність дорожньої інфраструктури.

Фізична інтенсивність руху вимірюється кількістю автомобілів, що

проходять через ділянку дороги за одну годину (авт/год), тоді як наведена інтенсивність виражається через одиничний пасажирський потік за годину (од/год). Наведена інтенсивність враховує не лише кількість транспортних засобів, але й їх пасажиромісткість, тобто кількість осіб, які можуть бути перевезені.

Перетворення фізичної інтенсивності в наведену інтенсивність може бути виконано за допомогою формули, яка враховує пасажиромісткість кожного виду транспорту і середню кількість пасажирів у транспортному засобі. Загальний вигляд такої формули [1-5, 10-13]:

$$N = \sum (P_i \times C_i), \quad (1.3)$$

де: N – інтенсивність руху (од/год), P_i – фізична інтенсивність руху для i -го виду транспорту (авт/год), C_i – середня кількість пасажирів у i -му виді транспорту (осіб/авт).

Ця формула дозволяє отримати загальне уявлення про кількість людей, які переміщуються через ділянку дороги, незалежно від виду транспортного засобу, що дає змогу оцінити реальне навантаження на транспортну систему.

Фізичну інтенсивність руху транспортних потоків для розрахунку переводимо у наведену, за такою формулою:

$$q_{np} = \sum q_i K_i, \quad (1.4)$$

де q_i - фізична інтенсивність i -го виду транспортних засобів, авт/год;

K_i - Коефіцієнт приведення i -го виду транспортних засобів до легкового автомобіля.

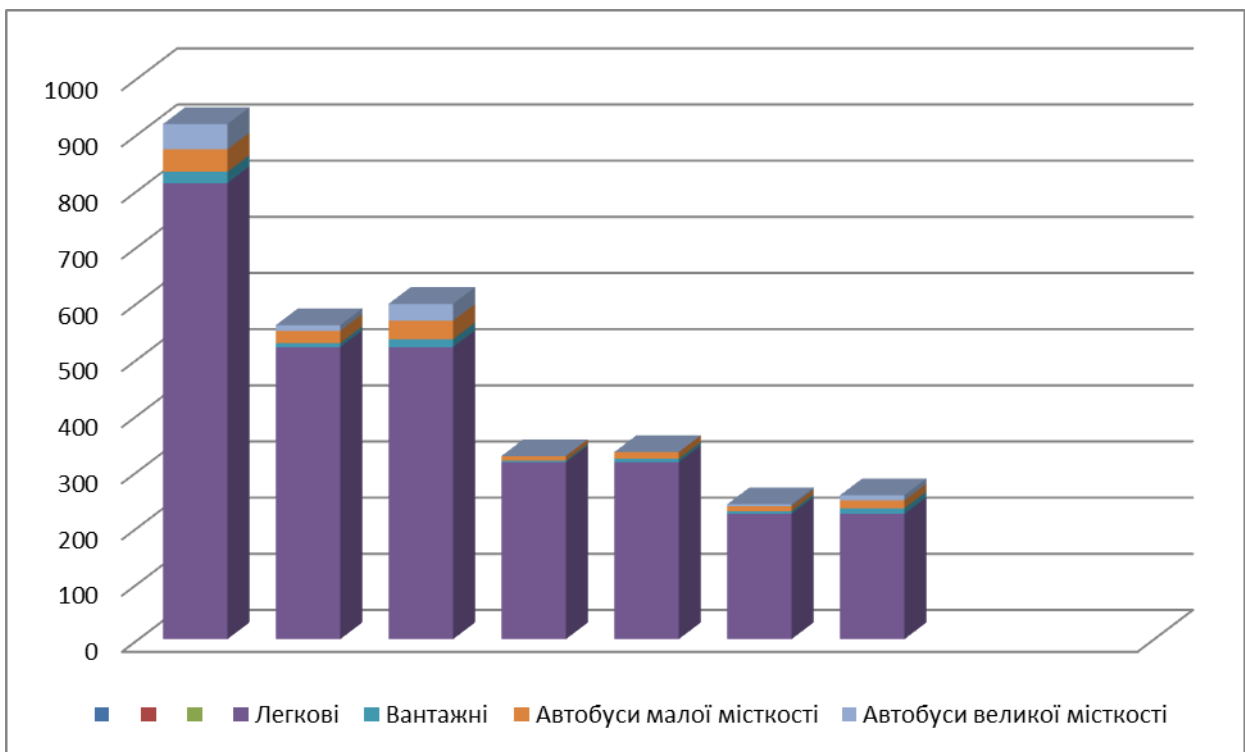
Усі дослідження інтенсивності дорожнього руху на перехресті з круговим рухом вулиць Мазепи-Дружби-Чумацька були виконані у червні 2024 року

(таблиця 1.2.).

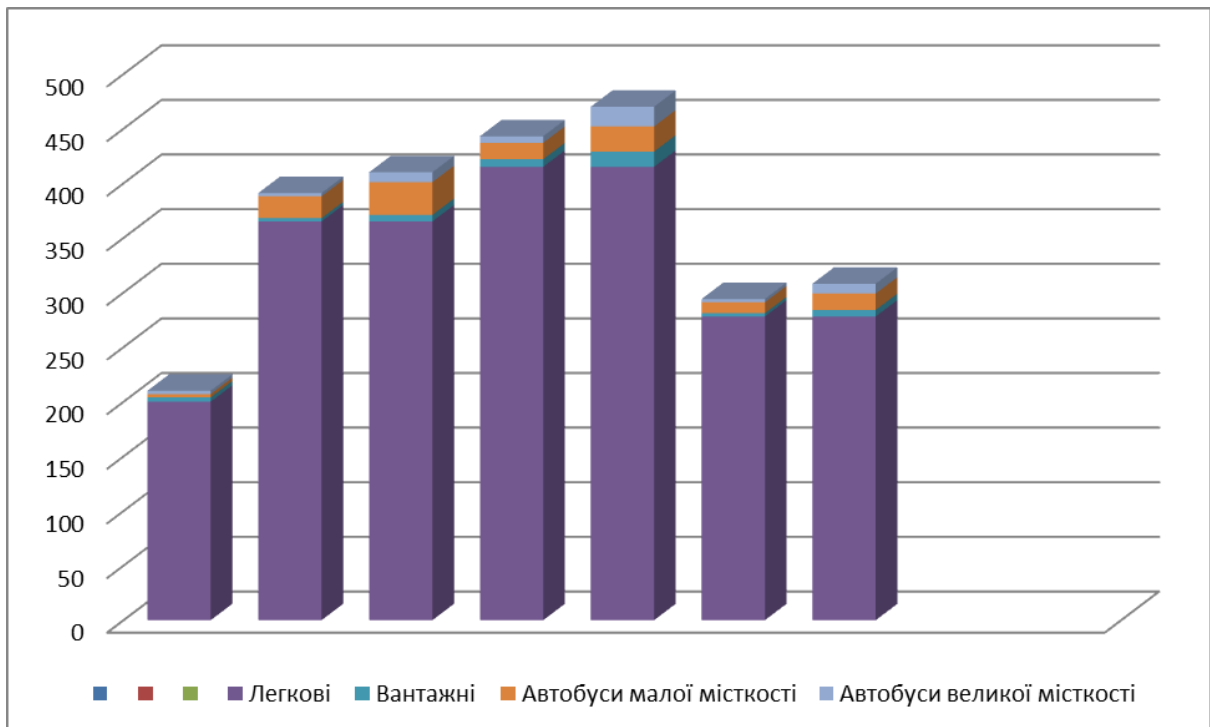
Таблиця 1.2

Інтенсивність руху на досліджуваному перехресті автомобільних доріг з
круговим рухом

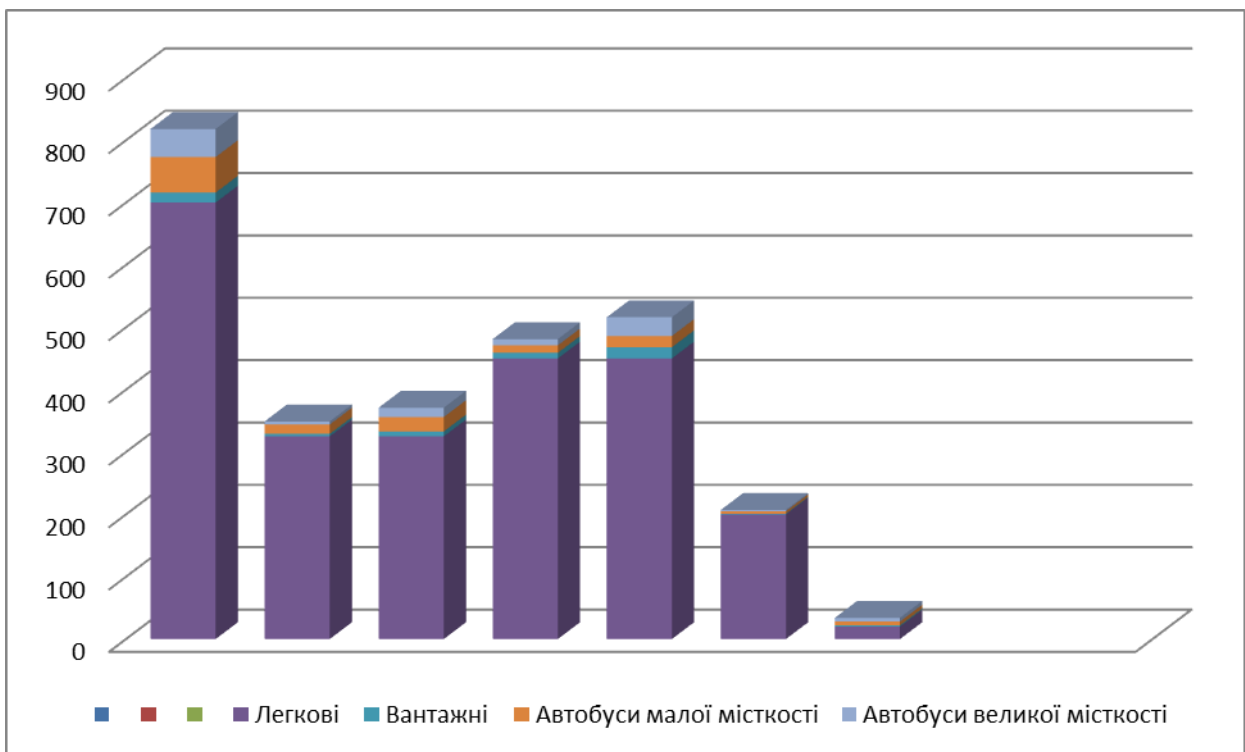
№ напрямку руху	Склад транспортного потоку	K_{np}	Інтенсивність руху							
			прямо		ліворуч		праворуч		По кільцю	
			Авт /год	Пр /год	Авт /год	Пр /год	Авт /год	Пр /год	Авт /год	Пр /год
1	Легкові	1	812	812	520	520	315	315	223	223
	Вантажні	2	10	20	7	14	3	6	5	10
	Автобуси малої місткості	1,5	32	40	22	33	8	12	9	14
	Автобуси великої місткості	3	15	45	10	30	-	-	3	9
Разом 1994										
2	Легкові	1	200	200	365	365	415	415	278	278
	Вантажні	2	2	4	3	6	7	14	3	6
	Автобуси малої місткості	1,5	2	3	20	30	15	23	10	15
	Автобуси великої місткості	3	1	3	3	9	6	18	3	9
Разом 1333										
3	Легкові	1	700	700	325	325	450	450	200	20
	Вантажні	2	8	16	4	8	9	18	1	2
	Автобуси малої місткості	1,5	38	57	15	23	12	18	4	6
	Автобуси великої місткості	3	15	45	5	15	10	30	2	6
Разом 1798										
4	Легкові	1	365	365	581	581	543	543	235	235
	Вантажні	2	3	6	6	12	4	8	2	4
	Автобуси малої місткості	1,5	12	18	22	33	20	35	12	18
	Автобуси великої місткості	3	4	12	7	21	10	30	6	18
Разом 1832										



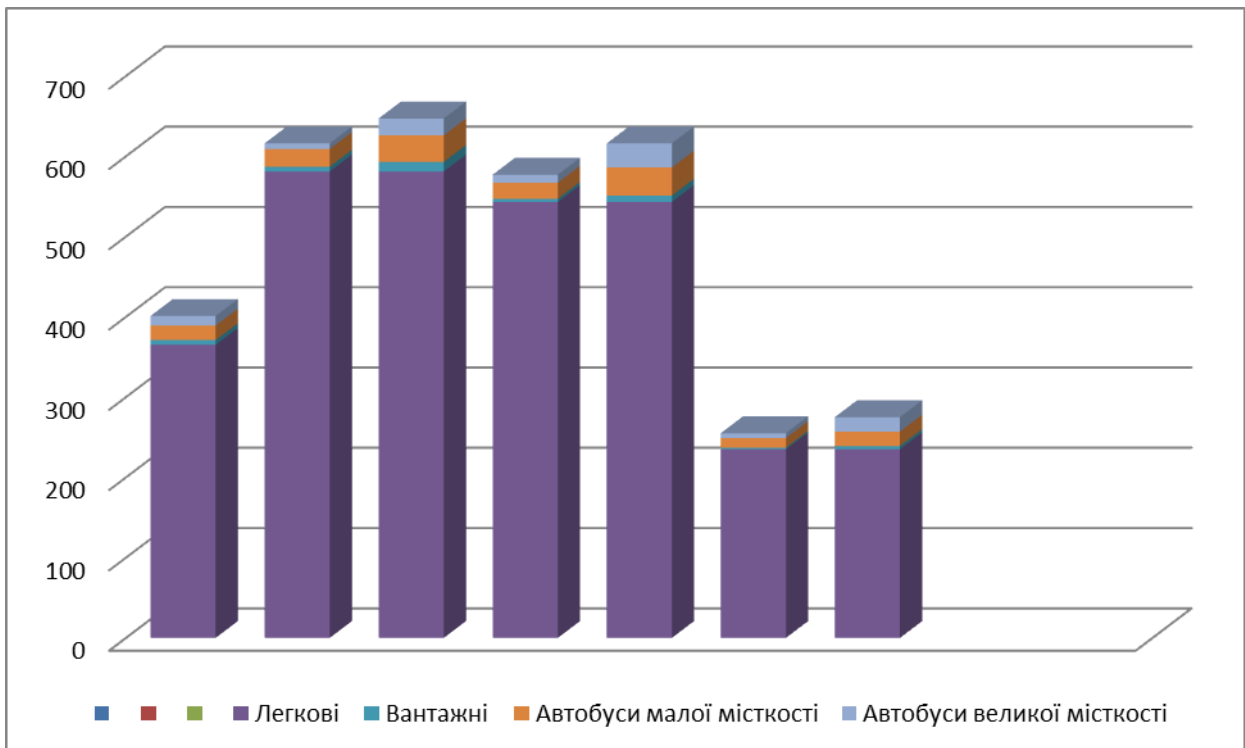
а) перший напрямок руху



б) другий напрямок руху



в) третій напрямок руху



г) четвертий напрямок руху

Рисунок 1.2 - Інтенсивність руху на досліджуваній ділянці ВДМ

Структура транспортного потоку характеризується процентним розподілом транспортних засобів за типами. Вона суттєво впливає на характеристики дорожнього руху і визначає співвідношення різних видів автотранспорту у певній місцевості. На досліджуваному перехресті спостерігається гомогенність транспортного потоку, адже частка легкових машин складає понад 75%. Детальний склад транспортного потоку для всіх чотирьох напрямків зібрано в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

Розподілення транспортного потоку за видами ТЗ

Вид транспортного засобу	Склад потоку за напрямками, од/год (прямо)			
	1	2	3	4
Легкові	854	256	711	345
Вантажні	21	5	15	10
Автобуси малої місткості	65	5	61	13
Автобуси великої місткості	43	4	13	8

Індикатори затримок у дорожньому русі відіграють ключову роль для оцінювання ефективності транспортної системи. Врахування часу, витраченого на примусові стоянки та падіння швидкості до показників нижчих за оптимальні, є важливими не лише у межах перехресть, але й на інших ділянках доріг, де спостерігається загальмування руху. Окрім цього, потрібно також враховувати затримки, спричинені транспортними заторами, дорожніми роботами та іншими факторами, які можуть призводити до зниження пропускної спроможності доріг.

Особливо актуальною затримка стає у періоди пікових навантажень, коли інтенсивність руху значно перевищує середні показники. Моніторинг затримок може бути здійснений за допомогою автоматизованих систем відеонагляду або через проведення натурних досліджень, що дозволяє збирати дані у реальному часі та реагувати на зміни в руху оперативно. Ця інформація може слугувати

основою для розробки стратегій покращення дорожнього руху, таких як оптимізація світлофорних режимів, регулювання швидкісних обмежень, чи модернізація інфраструктури (таблиця 1.4-1.7).

Таблиця 1.4.

Затримки транспортних засобів на 1-му напрямку

	0-15	16-30	31-45	46-60	
13:40	1	1	1	21	26
13:41	26	29	1	1	27
13:42	1	14	21	24	26
13:43	1	1	1	9	31
13:44	7	19	1	1	18
13:45	13	16	22	24	1
13:46	4	1	1	11	23
13:47	9	13	16	1	1
13:48	1	1	10	13	30
13:49	11	16	1	1	29
13:50	9	17	20	24	1
13:51	1	1	15	22	31
13:52	4	7	9	1	17
13:53	1	4	16	22	13
13:54	11	1	1	20	25
Разом	100	141	136	195	299

Таблиця 1.5

Затримки транспортних засобів на 2-му напрямку об'єкту дослідження

Час спостереження	Число автомобілів, що стоять на перетині				Загальна кількість автомобілів
	0-15	16-30	31-45	45-60	
14:00	0	0	10	16	6
14:01	0	3	7	0	9
14:02	5	0	7	4	5
14:03	0	0	7	0	5
14:04	4	0	0	0	8
14:05	4	0	0	0	2

продовження таблиці 1.5

14:06	0	0	0	0	7
14:07	0	4	0	0	2
14:08	0	7	0	0	5
14:09	4	0	0	0	6
14:10	0	0	3	0	0
14:11	0	6	9	0	5
14:12	4	0	0	0	5
14:13	0	0	3	3	4
14:14	0	0	0	0	5
Разом:	21	20	46	23	74

Таблиця 1.6

Затримки транспортних засобів на третьому напрямку об'єкту
дослідження

Час спостереженн я	Число автомобілів, що стоять на перетині				Загальна кількість автомобілів
14:45	11	0	0	0	34
14:46	0	4	12	16	11
14:47	0	0	0	8	26
14:48	10	0	0	0	26
14:49	0	5	12	17	8
14:50	0	0	0	0	34
14:51	10	14	19	0	25
14:52	0	0	10	22	21
14:53	8	0	0	0	0
14:54	0	11	19	0	15
Разом:	59	56	112	99	304
Всього:	326				

Таблиця 1.7

Затримки транспортних засобів на 4-му напрямку

Час спостереження	Число автомобілів, що стоять на перетині				Загальна кількість автомобілів
14:20	0	0	17	4	21
14:21	12	0	0	0	12
14:22	7	9	5	6	12
14:23	0	3	9	12	11
14:24	3	0	0	8	9
14:25	4	0	0	6	16
14:26	6	0	4	0	4
14:27	0	5	5	0	14
14:28	5	0	0	7	8

Окремі фактори, що впливають на затримку руху транспортних засобів, можуть бути виражені через математичну модель, яка бере до уваги різноманіття параметрів. Для оцінювання часу затримки можна скористатися певними алгоритмами, які враховують інтенсивність трафіку, дорожні умови, час доби, та інші змінні, такі як погодні умови чи технічний стан транспортного засобу. Така узагальнена формула дозволяє здійснити розрахунки, необхідні для планування маршруту, і може бути інтегрована в навігаційні системи для забезпечення актуальної інформації водіям. Чіткість та коректність даних, отриманих із таких розрахунків, відіграють ключову роль у прийнятті рішень при управлінні транспортними потоками, оптимізації маршрутів та зниженні часу у дорозі.

$$t_{\Delta i} = \frac{\sigma \sum n_{cm}}{\sum n_{np}} \quad (1.5)$$

$$t_{\Delta 1} = \frac{15 \cdot 486}{284} = 25c ; t_{\Delta 2} = \frac{15 \cdot 110}{74} = 22c ; t_{\Delta 3} = \frac{15 \cdot 326}{304} = 16c ; t_{\Delta 4} = \frac{15 \cdot 203}{169} = 18c .$$

РОЗДІЛ 2. ЗАХОДИ ІЗ УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ

2.1. Методи визначення потоків насичення

Для оцінки інтенсивності руху на перетині вулиць Івана Мазепи, Дружби та Чумацької використовується методика спостереження у реальному часі. Вимірювання потоків транспорту здійснюється з допомогою реєстрації кількості очікуючих транспортних засобів під час активації сигналу червоного світла на світлофорі, класифікуючи їх за типами: легкові автомобілі, вантажні та автобуси різної місткості. Коли запрацьовує зелений сигнал, реєструється час, необхідний для проїзду усіх транспортних засобів з черги.

Цей підхід дозволяє отримати дані не лише про кількісні характеристики потоку, але й про його динаміку та швидкість реакції на зміну сигналів світлофора. Для більш глибокого аналізу можуть бути використані додаткові параметри, наприклад, середній час затримки одного транспортного засобу, розподіл транспорту за категоріями протягом доби, а також пікові години навантаження.

Використання сучасних технологій, таких як відеоаналіз і програмне забезпечення зі штучним інтелектом, може значно покращити процес збору даних, забезпечуючи точнішу та оперативнішу обробку інформації. Це в свою чергу дає можливість для адаптивного управління світлофорним регулюванням, оптимізуючи транспортні потоки в залежності від актуальної ситуації на дорогах (табл. 2.1-2.4).

Таблиця 2.1

Потік насичення на 1-му напрямі

Склад потоку	Кількість автомобілів, прим.						
	1	2	3	4	5	6	7
Легкові	18	15	38	23	21	19	24
Вантажні	0	1	3	3	1	2	3
Автобуси малої місткості	4	1	0	4	0	1	3
Автобуси великої місткості	0	1	1	1	2	0	1
Кількість привед. ТС	24	22	47	38	29	25	38
Час роз'їзду	25	26	38	38	27	25	36

Таблиця 2.2

Потік насичення на 2-му напрямку

Склад потоку	Кількість автомобілів, прим.						
	1	2	3	4	5	6	7
Легкові	8	10	7	3	5	12	9
Вантажні	0	0	0	0	0	0	0
Автобуси малої місткості	1	1	2	3	2	2	4
Автобуси великої місткості	2	1	0	0	0	3	2
Кількість привед. ТС	15	18	10	16	13	12	12
Час роз'їзду	11	15	12	20	20	21	13

Таблиця 2.3

Потік насичення на третьому напрямку

Склад потоку	Кількість автомобілів, прим.						
	1	2	3	4	5	6	7
Легкові	27	12	29	18	21	15	16
Вантажні	0	1	0	2	2	0	0
Автобуси малої місткості	4	0	2	0	3	1	4
Автобуси великої місткості	5	1	1	3	1	0	2
Кількість привед. ТЗ	48	17	35	31	33	17	28
Час роз'їзду	32	29	41	31	29	20	25

Таблиця 2.4

Потік насичення на 4 напрямку

Склад потоку	Кількість автомобілів, прим.						
	1	2	3	4	5	6	7
Легкові	6	8	12	7	9	10	6
Вантажні	0	0	0	0	0	0	0
Автобуси малої місткості	3	1	2	2	4	1	3
Автобуси великої місткості	1	0	2	3	2	3	0
Кількість привед. ТЗ	12	10	15	12	12	11	8
Час роз'їзду	20	15	11	23	26	17	12

Потоки насичення встановлюються за наступною аналітичною залежністю:

$$M_n = \frac{3600}{n} \cdot \left(\frac{m_1}{t_1} + \frac{m_2}{t_2} + \dots + \frac{m_n}{t_n} \right) \quad (2.1)$$

2.2. Запропонована схема організації дорожнього руху

Ефективність системи безпеки на автотранспортних підприємствах залежить від її інтегрованості та здатності охопити всі аспекти діяльності - від управління транспортними потоками до підготовки персоналу. Заходи повинні бути комплексними, щоб враховувати різноманітність ситуацій, з якими можуть зіткнутися водії та інші учасники дорожнього руху.

Усвідомлення того, що кожен випадок дорожньо-транспортної пригоди є унікальним і може бути зумовлений непередбачуваними факторами, спонукає до гнучкого підходу у визначенні заходів безпеки. Водночас, складність системи автотранспорту вимагає індивідуалізованого аналізу та підходу до кожного елемента системи "водій – автомобіль – дорога – середовище". Розробка адаптивних алгоритмів, які здатні вчасно реагувати на зміни в умовах дорожнього руху та поведінці водіїв, стає ключовою для підвищення безпеки.

Крім технічних засобів контролю та превентивних заходів, велику увагу слід приділяти корпоративній культурі безпеки, яка включає регулярне навчання та оцінку компетентності водіїв, а також формування відповідального ставлення до правил дорожнього руху. Системи моніторингу стану здоров'я водіїв та їхнього втомлення можуть значно знизити ризик виникнення пригод через людський фактор.

Щоб протистояти нестабільності і непередбачуваності дорожнього середовища, необхідно також впроваджувати новітні технології прогнозування ризиків, зокрема штучний інтелект, який може аналізувати великі дані та забезпечувати превентивне управління безпекою. Використання даних з дорожніх камер та сенсорів може допомогти в ідентифікації потенційно небезпечних умов та водійської поведінки, дозволяючи оперативно вживати коригувальних заходів.

Дії з підвищення безпеки дорожнього руху мають на увазі не лише попередження різних відхилень у роботі транспортного потоку, але й швидке реагування на непередбачувані обставини, такі як погодні зміни. Вони вимагають готовності до адаптації умов руху залежно від зовнішніх факторів, наприклад, використання спеціального обладнання для зимової експлуатації або засобів протидії ожеледиці. Ключовим є також створення системи, яка б дозволяла прогнозувати та ефективно управляти потенційними ризиками.

Прогнозування інтенсивності дорожнього руху має стати основою для планування та розробки інфраструктури міст, особливо в контексті швидкого розвитку автотранспорту. Неузгодженість між ростом кількості автомобілів і наявною дорожньою інфраструктурою є чинником, що підвищує ризик дорожньо-транспортних пригод. Тому планування доріг та вулиць має базуватися на детальних дослідженнях поточного та прогнозованого трафіку.

Важливо також розробити комплексний підхід, що включає розширення та модернізацію дорожньої мережі, оптимізацію світлофорного регулювання, створення об'їзних доріг та розв'язок для розвантаження основних магістралей, і, у деяких випадках, обмеження доступу транспорту в певні години пік або в центральні частини міста. Такі заходи можуть зменшити напруженість руху та підвищити його безпеку.

Інтенсивність автомобільного руху – це індикатор, що відображає кількість транспортних засобів, які перетинають певний відрізок дороги

протягом визначеного часового періоду, будь то година або день. Цей показник є ключовим для проектування ширини доріг, оскільки він визначає необхідну ємність дорожньої смуги для забезпечення безперебійного руху транспорту.

Для точного розрахунку інтенсивності руху на конкретному відрізку шляху, аналітики спираються на такі фактори, як обсяги вантажоперевезень та пасажиропотоку, склад автомобільного потоку та ефективність функціонування транспортних засобів. Вивчення цих параметрів дозволяє розробити оптимальний дизайн вулиці, зорієнтований на поточні та майбутні потреби у транспортних перевезеннях.

Середньорічну добову інтенсивність руху визначають, використовуючи зібрані дані про обсяги вантажо- та пасажирообігу, а також структуру автопарку, отримані через економічні дослідження. Ці дані допомагають прогнозувати майбутнє навантаження на дорожню інфраструктуру та планувати необхідні заходи для збереження працездатності та безпеки дорожнього руху. Такий підхід є основою для створення сталої та ефективної транспортної системи, що може адаптуватися до мінливих умов і потреб суспільства.

$$N_c = Q K / D Q_{cp} \beta \gamma, \quad (2.2)$$

де Q_{cp} - пасажиронапруженість перегону для автобусів і легкових автомобілів, пас км / км;

K - коефіцієнт, що враховує наявність у складі руху вантажних і легкових автомобілів, що не перевозять вантажів або пасажирів (спеціальні тощо), що орієнтовно приймається рівний 1,15-1,25;

D – число днів на рік (365);

Q_{cp} - середня вантажопідйомність вантажних автомобілів, т, або середня місткість автобусів чи легкових автомобілів, пас;

β - коефіцієнт використання пробігу;

γ - коефіцієнт використання вантажопідйомності (або коефіцієнт використання місткості для автобусів чи легкових автомобілів).

У формулі (2.2) добуток $Q_p \beta \gamma$ є продуктивністю автомобілів на 1 км пробігу; для вантажних автомобілів у середньому становить 3,7 т/км, для автобусів 22 пас/км, та легкових автомобілів 2,1 пас/км.

Продуктивність автомобілів на 1 км пробігу на рік (т/км на рік, пас/км на рік) визначається за залежністю

$$P = D Q \beta \gamma K \quad (2.3)$$

де D – число днів на рік (365);

Q - вантажопідйомність вантажних автомобілів, т, або місткість автобусів або легкових автомобілів;

β - коефіцієнт використання пробігу;

γ - коефіцієнт використання вантажопідйомності;

K - коефіцієнт, що враховує наявність у складі руху вантажних та легкових автомобілів, що не перевозять вантажів або пасажирів.

Середньорічна добова інтенсивність руху автомобілів є важливим показником для проведення економічних оцінок, аналізу ефективності великих інвестицій в інфраструктуру, а також для вибору оптимального варіанту розвитку дорожньої мережі. Такий підхід дозволяє виявити найвигідніші напрями для вкладень та передбачити потенційну віддачу від здійснених капітальних проектів.

Для встановлення категорії вулиць та проектування їхніх геометричних параметрів використовують розрахункову інтенсивність руху. Цей показник допомагає визначити, яка має бути ширина дорожнього полотна, кількість смуг руху, необхідність зон для паркування та інші характеристики, що впливають на пропускну спроможність і безпеку доріг.

Розрахункова інтенсивність руху, яка враховує середньорічну добову інтенсивність, відіграє ключову роль у плануванні дорожнього покриття, оскільки вона дає змогу прогнозувати майбутнє навантаження на дорожню систему, враховуючи ймовірне зростання або зменшення трафіку. Вона забезпечує реалістичне визначення потреб у розвитку транспортної інфраструктури та є фундаментальним компонентом для стратегічного планування у сфері транспортних послуг.

$$A = N_{cp} Do_{zag}, \quad (2.4)$$

де N_{cp} - середньорічна добова інтенсивність руху, авт.

Do_{zag} - узагальнений коефіцієнт, що враховує середню вантажопідйомність вантажних автомобілів та їх частку в транспортному потоці, нерівномірність руху за місяцями року та години доби, рельєф місцевості та відстань між розв'язками руху.

Дослідженнями встановлено, що значення Do_{zag} на перспективу перебуває у межах 1,5-1,6.

При відсутності достатньої інформації для точного визначення перспективної середньорічної добової інтенсивності руху, можна використовувати альтернативні методи оцінки. Один з таких підходів ґрунтується на використанні історичних даних, статистичних моделей прогнозування, а також розрахунків на основі порівняльного аналізу з схожими ділянками доріг або регіонами з відомими показниками. Ось декілька методів для визначення цього показника:

1. Метод екстраполяції. Визначення тенденцій зміни інтенсивності руху на основі даних за попередні роки та екстраполяція цих тенденцій у майбутнє.

2. Модель регресії. Використання статистичних методів для встановлення взаємозв'язку між інтенсивністю руху та іншими факторами, такими як

економічний розвиток регіону, зміни в демографії, а також збільшення кількості зареєстрованих транспортних засобів.

3. Аналогічний порівняльний аналіз. Порівняння з схожими ділянками доріг, де вже відома інтенсивність руху, з урахуванням специфічних особливостей досліджуваної ділянки.

4. Метод експертних оцінок. Залучення досвідчених фахівців для проведення оцінок на основі їх знань та досвіду в галузі.

5. Методи моделювання. Використання транспортних моделей, які можуть імітувати різні сценарії та їх вплив на інтенсивність руху.

У кожному конкретному випадку вибір методу залежить від наявності та якості даних, ресурсів, доступних для аналізу, та специфіки задачі. Незалежно від обраного методу, важливо враховувати потенційні зміни в транспортній політиці, розвитку інфраструктури та інші зовнішні фактори, які можуть істотно вплинути на майбутню інтенсивність руху.

Значення коефіцієнта збільшення інтенсивності руху $(1 + \alpha)^t$ на перспективу наведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Коефіцієнти збільшення інтенсивності руху автомобілів

Коефіцієнт щорічного приросту α	Збільшення інтенсивності руху через t років			
	5 років	10 років	15 років	20 років
0,01	1,05	1,10	1,16	1,22
0,02	1,10	1,22	1,35	1,49
0,03	1,16	1,34	1,56	1,80
0,04	1,22	1,48	1,80	2,19
0,05	1,28	1,63	2,08	2,65
0,06	1,34	1,79	2,40	3,21

0,07	1,40	1,97	2,76	3,87
0,08	1,47	2,16	3,17	4,66
0,09	1,53	2,37	3,64	5,60
0,10	1,61	2,59	4,18	6,73
0,11	1,69	2,84	4,79	8,06
0,12	1,76	3,11	5,47	9,65

Побудова графіка збільшення інтенсивності руху на перспективу дозволяє планувати розвиток інфраструктури відповідно до прогнозованих змін. Такі криві, які враховують різні сценарії зростання автомобілізації, дозволяють планувальникам розглядати різні стратегії та приймати обґрунтовані рішення.

1. Проектування реконструкції. З урахуванням поточної пропускної спроможності та очікуваного зростання інтенсивності руху, необхідно розглянути можливість реконструкції вулиць, збільшення їх ширини або зміну конфігурації.

2. Розвантаження доріг. Створення об'їзних шляхів або альтернативних маршрутів для розвантаження основних вулиць.

3. Пішохідні зони та вело доріжки. Стимулювання міського населення до використання альтернативних видів транспорту, які не спричиняють заторів.

4. Оптимізація світлофорного регулювання. Впровадження інтелектуальних систем управління дорожнім рухом для покращення пропускної спроможності.

5. Розвиток громадського транспорту. Збільшення кількості маршрутів громадського транспорту та їх ефективності може зменшити кількість особистого автотранспорту на дорогах.

6. Введення обмежень для вантажівок. Обмеження руху великогабаритного транспорту в години пік може знизити інтенсивність руху та зменшити ризик заторів.

5. Впровадження економічних стимулів. Запровадження податків або плати за проїзд для зменшення кількості автомобілів у певні часові періоди або в певних районах.

6. Активізація інформаційних кампаній. Інформування населення про переваги альтернативних способів пересування та про проблеми, пов'язані з заторами.

7. Моніторинг і адаптивне планування. Постійний моніторинг ситуації та гнучке адаптування планів з розвитку інфраструктури до змінюваних умов і тенденцій.

Оскільки у нас є три криві для прогнозування зростання (максимальне, очікуване та оптимальне), планування має враховувати кожен із цих сценаріїв. Це дозволить підготуватися до найгіршого варіанту розвитку подій, водночас плануючи оптимізацію в разі сприятливіших умов.

Необхідно враховувати, що ширина доріг, призначених для транспорту, може зменшуватися у певні періоди року, наприклад, коли проводиться видалення снігу, у разі ушкоджень чи під час проведення незначних дорожніх робіт. Іншим важливим моментом є те, що створення доріг з шириною більше ніж 35 метрів (17,5 метрів для кожної сторони) не є доцільним, оскільки це може призвести до ускладнення організації руху, зниження його пропускної спроможності та зростання ризику для безпеки, особливо серед пішоходів. Коли виникає потреба у більш широкій проїжджій частині, важливо поділити її на декілька сегментів із широкими роздільними смугами. У місцях, де роздільні смуги замінюються розміткою, переходи до більш широких ділянок мають бути плавними, щоб реорганізація потоків транспорту через звуження дороги відбувалася на безпечній відстані від захисних "острівців" та виключала ризик зіткнень. Захисні "острівці" мають бути міцними, з чіткою маркуванням та ефективним освітленням.

Також, велике значення має коректне визначення ширини тротуарів. Це

залежить від обчисленої необхідності в ширині для одного пішохідного потоку, яка за нормами становить не менше ніж 0,75 метра. Пропускна спроможність тротуару коливається від 600 до 1000 пішоходів на годину залежно від його розташування та типу прилеглої забудови.

Для забезпечення безпечного та зручного руху пішоходів, тротуари мають мати мінімальну ширину в 1,5 метри, в межах якої не повинні розташовуватися жодні споруди на поверхні землі, такі як стовпи, мачти, виступи будівель та інше. Також не рекомендується розміщення зупинок для автобусів чи тролейбусів на цих ділянках. Радиться використовувати смуги зелених насаджень, шириною не менше 1,5 метри, для відокремлення тротуарів від проїзної частини.

Слідуючи цим вказівкам, можна досягти належних умов безпеки та зручності для руху як транспорту, так і пішоходів.

Основні аспекти експлуатаційних характеристик вулиць включають:

- категоризацію транспорту, якому дозволяється користуватися певними вулицями та дорогами міста з урахуванням обмежень заради безпеки та зручності. Наприклад, на магістральній вулиці районного значення переважає районний трафік.

- регулювання доступу та виїзду нерейкових транспортних засобів з прилеглих територій і внутрішньоквартальних проїздів, яке може бути різним: а) через спеціально визначені (вузлові) точки на дорогу чи магістраль; б) виїзд тільки в бік руху (з правим поворотом) для магістралей районного значення; в) виїзд без обмежень при дотриманні правил безпечного руху.

- організація пішохідного руху, що передбачає відокремлення тротуарів та пішохідних шляхів від доріг та обмеження можливості перетину вулиць на рівні між перехрестями, дозволяючи перетин лише в спеціально облаштованих місцях.

Розгляд організації велосипедного руху, його доцільності на дорогах

різної категорії та виділення окремих зон для велодоріжок.

Розглядаючи дислокацію дорожніх знаків, важливо враховувати наступні аспекти:

Видимість знаків: Дорожні знаки мають бути розміщені таким чином, щоб їх було легко ідентифікувати з достатньою відстані. Для цього необхідно забезпечити вільний простір навколо знаків, а також уникати перешкод для лінії зору водія.

Освітлення: Для того щоб дорожні знаки були видимі в нічний час або при поганих погодних умовах, вони повинні мати світловідбиваюче покриття або додаткове освітлення.

Уніфікація: Щоб знаки були зрозумілі для всіх водіїв, вони повинні відповідати стандартам і бути однотипними у своєму дизайні та розмірах.

Відстань до об'єкта попередження: Знаки повинні бути розміщені на такій відстані перед перешкодою або об'єктом, яку водій може безпечно пройти, щоб підготуватися до зміни руху.

Групування знаків: У деяких випадках може бути корисно групувати дорожні знаки, які надають пов'язану інформацію, для спрощення сприйняття.

Типорозміри: Залежно від важливості і потреби в інформації, що передається знаком, і від дорожніх умов, можуть бути обрані різні типорозміри знаків.

Місцерозташування: Знаки попереджувальні зазвичай розташовуються перед зоною потенційної небезпеки, знаки пріоритету – на перехрестях, забороняючі і приписуючі – у місцях, де починається дія обмеження.

Узгодження з дорожньою інфраструктурою: Розміщення дорожніх знаків має бути узгоджено з іншими елементами дорожньої інфраструктури, такими як світлофори, пішохідні переходи, виїзди та в'їзди.

Управління та регулювання: Деякі дорожні знаки, особливо знаки сервісу і інформаційно-вказівні, можуть вимагати регулярного оновлення або

управління, особливо в місцях, де часто змінюються дорожні умови.

Відповідність законодавству: Усі дорожні знаки повинні відповідати національним і міжнародним стандартам і законодавству, щоб забезпечити їхню легітимність і правомірність використання.

Таким чином, планування дислокації дорожніх знаків є комплексним завданням, що включає в себе розгляд багатьох факторів, спрямованих на забезпечення безпеки, інформованості та комфорту учасників дорожнього руху.

2.3. Імітаційна модель функціонування досліджуваного перехрестя

Створюємо імітаційну модель перехрестя у такій послідовності [14, 16].

Будуємо дорожньо-транспортну мережу перехрестя, яка містить дорожнє полотно, зони паркування транспортних засобів, пішохідні зони, пішохідні переходи та зупинки громадського транспорту (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Модель дорожньо-транспортної мережі перехрестя

Задаємо вхідні потоки транспортних засобів (авт/год) згідно таблиці 1.2 (справа на ліво проти годинникової стрілки).

Задаємо маршрути транспортних засобів (рис. 2.2 – 2.4) у такій послідовності: направо – прямо – наліво – розворот.



Рисунок 2.2 – Маршрути транспортних засобів з напрямку 1



Рисунок 2.3 – Маршрути транспортних засобів з напрямку 2



Рисунок 2.4 – Маршрути транспортних засобів з напрямку 3



Рисунок 2.5 – Маршрути транспортних засобів з напрямку 4

Задасмо маршрути громадського транспорту, що рухається через перехрестя із наступними зупинками:

1. Зупинка «Готель «Галичина»» (розташована на вул. Івана Мазепи):

– Маршрутне таксі 2, 3, 5, 11, 12, 15, 16, 17, 19, 27, 33

– Комунальний транспорт:

Автобус 1а, 9, 23, 29, 31, 35

Тролейбус 2, 3, 5, 11

2. Зупинка «вул. Дружби» (розташована на вул. Дружби):

Маршрутне таксі 2, 3, 12, 16

Комунальний транспорт

Автобус 1а, 9, 29, 35

Тролейбус 3, 5

3. Зупинка «вул. Дружби» (у протилежному напрямку):

Автобус 31

Маршрути громадського транспорту показано на рис. 2.6 – 2.8.



Рисунок 2.6 – Маршрут громадського транспорту із зупинкою 1



Рисунок 2.7 – Маршрут громадського транспорту із зупинкою 2



Рисунок 2.8 – Маршрут громадського транспорту із зупинкою 3

Задаємо пріоритетність проїзду перехрестя транспортними засобами (розв'язуємо конфлікти зони) (рис.2.9).



Рисунок 2.9– Схема розв'язання конфліктних зон на перехресті

Задаємо пішохідні потоки на пішохідних переходах через вул. Івана Мазепи (два пішохідних переходи) та вул. Дружби (один пішохідний перехід).

Світлофорне регулювання на пішохідних переходах відсутнє.

Запускаємо моделювання дорожнього руху на перехресті (рис. 2.10).



a)



б)

Рисунок 2.10 – Запуск імітаційного моделювання руху на перехресті

Візуалізація результатів моделювання подано на рис. 2.11 – рис. 2.14.



Рисунок 2.11 – Середнє значення навантаження на транспортну мережу

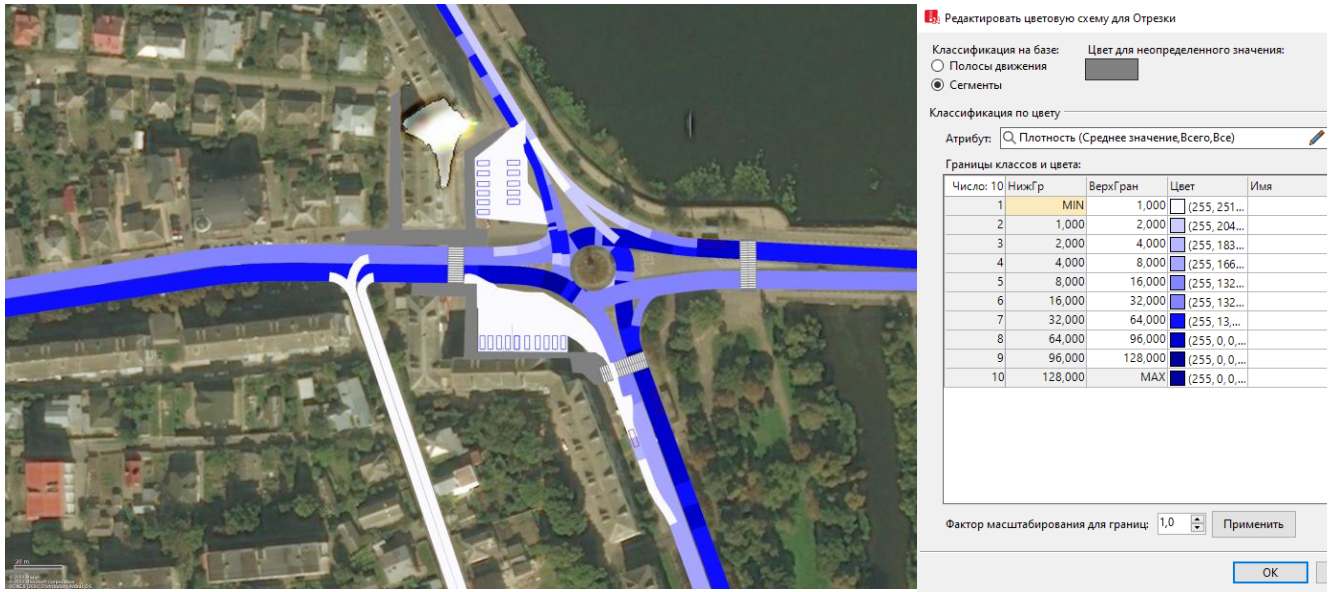


Рисунок 2.12 – Середні значення щільності транспортних засобів

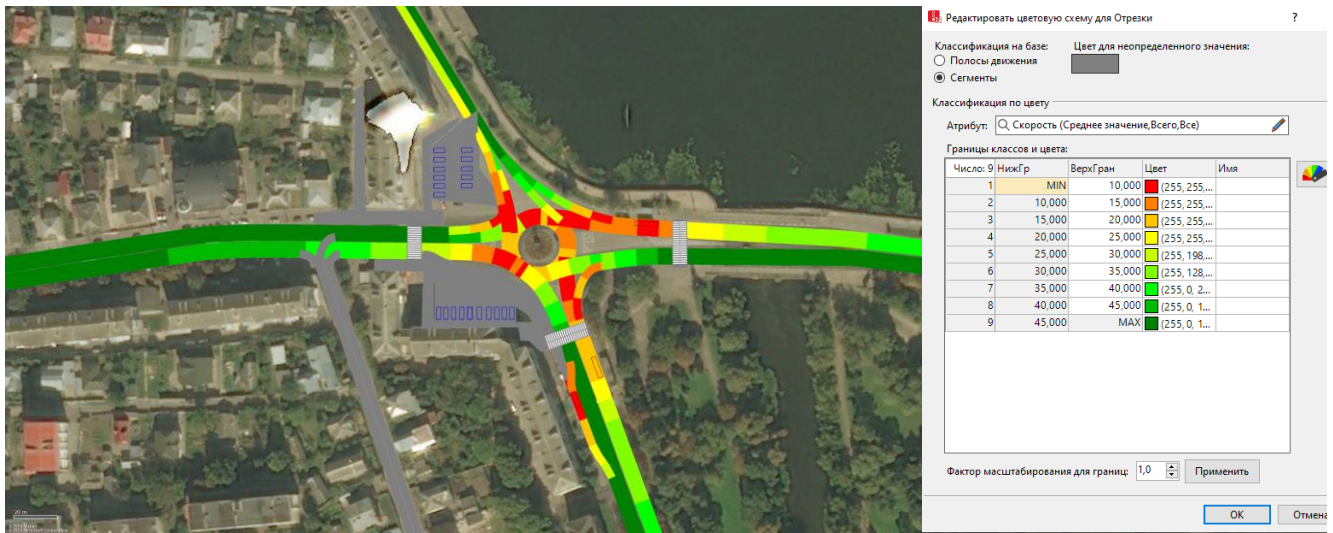


Рисунок 2.13 – Середні значення швидкості руху транспортних засобів

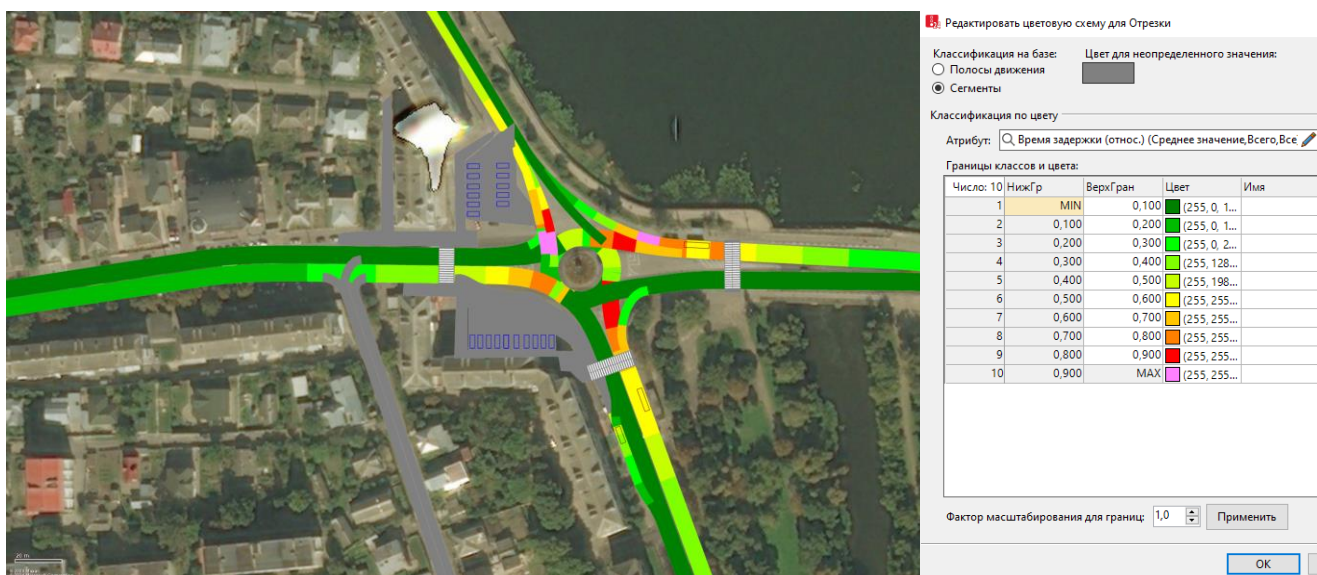


Рисунок 2.14 – Середні значення часу затримки транспортних засобів

Пікові години руху на перехресті з круговим рухом свідчать про високе навантаження, що є причиною заторів та збільшення часу очікування. Щільність транспорту і обмежена швидкість руху на перехресті свідчать про неефективність трафіку, що може призводити до збільшення дорожньо-транспортних інцидентів. Значні затримки в русі негативно впливають на продуктивність транспортної системи та рівень задоволення користувачів.

Вдосконалення видимості дорожніх знаків і розмітки, особливо тих, що регулюють рух у кругу, може допомогти уникнути непорозумінь та потенційних конфліктів. Розширення проїзних частин на підходах до перехрестя, якщо це дозволяє простір, дозволить пропускати більшу кількість транспорту, що зменшить щільність і сприятиме покращенню швидкості руху.

Також, належне облаштування пішохідних переходів підвищить безпеку пішоходів і знизить ризик транспортних конфліктів. Втілення запропонованих заходів допоможе зменшити затори, підвищити безпеку та покращити загальну ефективність руху на даному перехресті [15].

РОЗДІЛ 3. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

3.1. Забезпечення транспортної безпеки в Україні

Об'єктивні умови трансформаційних процесів у розвитку України зумовлюють її націленість на входження у світову економічну систему й, насамперед, на економічну інтеграцію з провідними західноєвропейськими державами. Цей процес, безумовно, приведе до росту товарообмінних операцій між країнами, що співпрацюють.

Крім того, геостратегічне розташування України дає їй змогу бути вигідним мостом для транзитних перевезень товарів і пасажирів між державами Європи, Азії й Близького Сходу. Однією з визначальних систем, що забезпечують вантажні й пасажирські перевезення на території України, є транспортна система, до якої в ринкових умовах висуваються високі вимоги стосовно якості, регулярності й надійності транспортних зв'язків, схоронності вантажів і безпеки перевезення пасажирів, строків і вартості доставки.

Відповідно до цього, стан транспортних комунікацій України має відповідати вимогам європейської інтеграції. Транспортна складова частина відіграє велику роль у ціні продукту, природно, вигідно налагоджувати зв'язки з сусідами, зменшуючи транспортні витрати та збільшуючи прибуток. У цьому разі Україна має переваги через велику кількість держав-сусідів, але вищезазначене не буде мати відповідної реалізації без відповідного рівня транспортної безпеки.

Транспортне розташування України – одна з небагатьох рис

привабливості національного ринку України для закордонних інвесторів та виробників, бо західноєвропейські держави не можуть не рахуватися з такою державою, розташованою на перехресті торгівельних шляхів. Тому найважливішим фактором посилення ролі транспорту в зовнішній економічній діяльності держави є транскордонність України та транспортна безпека.

Постає гостра необхідність аналізувати проблеми транспортної безпеки на концептуальному рівні з використанням загальнонаукових і новітніх прикладних методів пізнання, орієнтованих загалом на теоретико-прикладне обґрунтування концепції забезпечення транспортної безпеки України, а для її забезпечення держава має виробити та вжити низку заходів, спрямованих на вдосконалення (реформування) транспортної безпеки з метою підвищення ефективності всього транспортного комплексу та стійкого функціонування економіки та підвищення національної безпеки України.

Питанням забезпечення транспортної безпеки в Україні поки що приділяється мало уваги. Зокрема, поки що не прийняті основні нормативні документи в цій сфері: стратегія та концепція транспортної безпеки, закон про транспортну безпеку. А заходи, що вживаються, як правило, відрізняються невисокою ефективністю.

Разом із тим забезпечення належного рівня транспортної безпеки є одним з основних завдань сучасної держави. Це підтверджується увагою, що приділяється нині в розвинених країнах світу питанням безпеки, зокрема транспортної, а також зумовлено величезним значенням транспорту для будь-якої сучасної країни.

Становлення України як незалежної держави, послідовне проведення виважених реформ і розвиток зовнішніх зв'язків держави чимало залежать від її транспортно-географічного положення й ефективної, налагодженої транспортної системи. Транспортний фактор займає найважливіше місце в теорії регіональної економіки, міжнародної економіки і теорії зовнішньої

торгівлі. Тому рівень розвитку та безпеки транспортної системи держави є однією із найважливіших ознак її технологічного прогресу і цивілізованості.

Значний вплив на стан національної безпеки має одна з її головних складових частин – транспортна безпека. Транспортна безпека – це стан захищеності об’єктів транспортної інфраструктури, що дає змогу забезпечувати національну безпеку і національні інтереси в галузі транспортної діяльності, та її стійкості, здатність запобігати завданню шкоди здоров’ю і життю людей, збитку майну та навколишньому середовищу, мінімізувати загальнонаціональний економічний збиток у процесі транспортної діяльності.

Транспортна безпека полягає в запобіганні аваріям та інцидентам на транспорті. Така діяльність з огляду на пріоритетність прав і свобод людини здійснюється шляхом створення системи раціональної превентивної безпеки з метою максимально можливого, економічно обґрунтованого зменшення ймовірності виникнення транспортних аварій і мінімізації їх наслідків.

Під забезпеченням транспортної безпеки варто розуміти соціальний процес діяльності відповідних суб’єктів суспільних відносин із запобігання аваріям та інцидентам на транспорті. Транспортна безпека спрямована на захист пасажирів, власників, одержувачів та перевізників вантажів, власників та користувачів транспортних засобів, транспортного комплексу та його працівників, економіки і бюджету країни, навколишнього середовища від загроз у транспортному комплексі.

Аналіз національних інтересів крізь призму транспортної безпеки свідчить, що остання спрямована на захист пасажирів, власників, отримувачів і перевізників вантажів як осіб, що безпосередньо споживають або створюють транспортний продукт; власників транспортних засобів і осіб, що його фрахтують; транспортного комплексу, включаючи інфраструктуру та працівників; економічний стан країни, включаючи бюджети всіх рівнів; екологічний стан навколишнього середовища.

Транспортна безпека спрямована на досягнення:

- безпеки для життя, здоров'я пасажирів під час здійснення перевезення, а також посадки, висадки та очікування транспортного засобу, пристосованого для перевезення людей;

- безпеки перевезення вантажів та багажу, включаючи обмеження на переміщення небезпечних і негабаритних вантажів, спеціалізацію транспортних засобів для переміщення таких вантажів, розробку окремих маршрутів та встановлення обмежень за графіком використання магістралей загального призначення;

- безпеки експлуатації і функціонування транспортних об'єктів і засобів, регламентуючи вимоги до їх стану та проведення комплексу робіт із ремонту й обслуговування, унеможлиблюючи доступ до небезпечних об'єктів (небезпечних через особливості свого функціонування для оточення, а також порушення нормальних умов функціонування яких може спричинити аварії або техногенні катастрофи);

- охорони громадського порядку на транспорті – сукупності установлених і взятих під охорону державою (в особі уповноважених державних органів, посадових осіб) правил поведінки у громадських місцях, на транспорті з метою реалізації прав громадян, іноземців, осіб без громадянства на безпечне переміщення, внаслідок якого задовольняються їхні відповідні інтереси, а також потреби державного розвитку;

- безпечного стану дорожніх умов шляхом розробки та впровадження організаційних, інженерно-технічних заходів, спрямованих на забезпечення збереження життя і майна учасників дорожнього руху, приведення у належний стан доріг, вулиць та залізничних переїздів, усунення причин виникнення місць концентрації ДТП, удосконалення організації руху транспорту тощо.

Тому транспортна безпека – це стан захищеності транспортної системи держави від реальних та потенційних загроз, який забезпечує захищеність

національних інтересів економіки, стійке функціонування та розвиток транспортної галузі в сучасних умовах та на перспективу.

Транспортна безпека ніколи не виділялась як самостійний вид національної безпеки. Але діяльність транспортного комплексу країни виходить далеко за рамки чисто економічних задач і значною мірою визначає рівень функціонування підприємств, всіх сфер життєдіяльності суспільства та держави. Крім того, транспортна безпека не може існувати поза рамками національної безпеки. Як частина єдиного цілого, вона несе в собі спадковість концептуальних підходів щодо забезпечення безпеки країни на мікро- і макрорівнях, нерозривність взаємозв'язків, спільність принципів і методів. Причому транспортна безпека об'єктивно має свої особливості і специфіку, що відображає галузеву спрямованість і визначальне її місце, роль і значення в структурі національної безпеки. У зв'язку з цим, враховуючи безперервно зростаючу роль транспортної інфраструктури, варто виділити транспортну безпеку як важливого самостійного виду національної безпеки.

Законом України «Про основи національної безпеки України» від 19.06.2003 р. № 964-IV визначено основні засади державної політики, спрямованої на захист національних інтересів і гарантування в Україні безпеки особи, суспільства і держави від зовнішніх і внутрішніх загроз в усіх сферах життєдіяльності. Надано визначення термінів «національна безпека», «національні інтереси», «загрози національній безпеці» тощо, проте питання економічної безпеки, і тим більше – транспортної безпеки, детально не прописані.

Однак, на наше переконання та думку окремих науковців, транспортна безпека також має бути включена до основних складників національної безпеки. При цьому варто акцентувати, що поділ безпеки на види є досить умовним, оскільки, наприклад, транспортна безпека включає в себе та може бути включена як складова частина національної, економічної, екологічної,

інформаційної, енергетичної безпеки тощо.

Через відсутність налагодженої системи забезпечення транспортної безпеки, недостатню результативність виконання покладених на неї завдань і функцій спостерігається зниження рівня наукового й технічного супроводу зазначеної діяльності. Цьому сприяють складність і невивченість характеру й особливостей соціальних взаємозв'язків, що виникають між різними категоріями учасників суспільних відносин у процесі функціонування різних видів транспорту.

Реалізація забезпечення транспортної безпеки на транспорті реалізується на трьох рівнях: державному, галузевому та об'єктовому. На державному рівні головним органом забезпечення транспортної безпеки є Міністерство інфраструктури України, яке формує державну державну політику транспортної безпеки. На галузевому рівні про транспортну безпеку піклуються Укртрансбезпека, Укравтодор, Державіаслужба та місцеві органи виконавчої влади, які забезпечують реалізацію державної політики транспортної безпеки та її контроль.

Аналіз системи й компетенції суб'єктів управління транспортним комплексом України засвідчує, що нинішня система державного управління безпекою на транспорті потребує вдосконалення. Відсутній єдиний орган управління транспортною безпекою держави, саме тому відсутня єдина загальна координація дій суб'єктів забезпечення транспортної безпеки України. Необхідне вдосконалення взаємодія всіх органів виконавчої влади та відповідних силових структур, які відповідають та беруть участь у забезпеченні транспортної безпеки. Відповідно до завдань та функціональних обов'язків, правоохоронних органів, спецслужб та контролюючих служб мають бути більш чітко визначені на законодавчому рівні їх роль, місце та відповідальність як учасників процесу забезпечення транспортної безпеки.

Необхідно створити нову єдину нормативно-правову базу ефективного

забезпечення транспортної безпеки з урахуванням змін у формі власності, а також підходів у галузі управління. Принципово важливо, щоб до участі у вищезазначеній роботі залучались не лише науковці та експерти, але й представники громадськості, які не проявляють серйозної заклопотаності з приводу стану транспортної безпеки.

Транспортну безпеку в сучасних умовах необхідно розглядати як одну з найголовніших цілей і невід'ємну умову діяльності людей, соціальних груп, суспільств, держав і світового співтовариства. З огляду на це закономірним конкретно-історичним процесом для України є перегляд конституційно-правової основи системи національної безпеки з урахуванням чинника безпеки в транспортному комплексі, який є одним із найважливіших її компонентів.

Ефективність транспортної безпеки має визначатись чітким дотриманням обраних пріоритетів, надійним правовим, організаційним, матеріальним та інформаційним забезпеченням заходів державного регулювання безпеки перевезень, об'єднанням зусиль органів державної влади, місцевого самоврядування та громадськості для досягнення спільної мети – запобігання реальним та потенційним загрозам виникнення аварій і катастроф на транспорті та їх наслідкам.

3.2. Особливості транспортних аварій та катастроф

У повсякденному житті люди так звикли до транспорту, що забувають про небезпеки, пов'язані з його використанням. Сотні тисяч людей щороку гинуть в аваріях на транспорті. Кількість людських жертв у транспортних аваріях набагато більше, ніж у випадках, пов'язаних з кримінальними обставинами,

хоча ні в одного з учасників дорожнього руху немає злочинного наміру. Навіть завдання у всіх однакові: якнайшвидше дістатися до потрібного місця. Але багато хто при цьому потрапляють не туди, куди поспішали, а в лікарню.

Зростання кількості автомобілів призводить до підвищення інтенсивності руху на дорогах. У зв'язку з цим значно ускладнюються проблеми забезпечення безпеки руху.

Більшість ДТП відбуваються в результаті неправильних дій водіїв або інших працівників транспорту. Їх причинами можуть бути і дії (або бездіяльність) інших осіб - пішоходів, велосипедистів, пасажирів, а також несправності транспортних засобів, незадовільний стан доріг тощо.

Порушення правил безпеки руху автотранспорту і міського електротранспорту приводять до дорожньо-транспортних пригод. ДТП відноситься до злочинів проти громадської безпеки, громадського порядку і здоров'я населення. Визначальним моментом при кваліфікації названих правопорушень є наслідки, до яких відносяться: спричинення смерті або тілесних ушкоджень людям; пошкодження транспортних засобів; псування або втрата вантажу; спричинення іншого істотного матеріального збитку. За відсутності таких наслідків настає адміністративна відповідальність.

Відмінні риси сучасного транспорту – висока швидкість, величезна руйнівна сила при його різкій зупинці, велика кількість перевезених людей і висока пожежонебезпека. Надзвичайні ситуації на ньому виникають в результаті зіткнень різних транспортних засобів, поширення токсичних речовин, руйнувань несучих конструкцій (ескалаторів), поданий пасажирів на транспортні шляхи, наїздів транспортних засобів на пішоходів. Будь транспорт – це складна виробнича система, що має двигуни, баки з паливом, акумуляторні батареї, струмоприймачі, струмопровідні елементи. Тому у випадку аварійної ситуації він є пожежо- та вибухонебезпечним.

За статистикою серед техногенних надзвичайних ситуацій найбільше

смертельних випадків та травмувань виникає внаслідок аварій та катастроф на автомобільному транспорті. Він є найаварійнішим не лише в Україні, але й в усьому світі.

Дорожньо-транспортні пригоди зумовлюють тяжкі травми постраждалих та їх блокування у деформованих транспортних засобах, виникнення вторинних факторів ураження (займання, розлив пально-мастильних матеріалів та небезпечних речовин), винос (потрапляння) пошкоджених транспортних засобів, травмованих людей та вантажу у важкодоступні місця.

Травматизм при дорожньо-транспортних пригодах (ДТП) - одне з найбільш частих лих людства. Досвід всіх країн показує, що найкращим заходом захисту від ДТП є дотримання правил безпечного руху.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається актуальна проблема удосконалення транспортних процесів в міських умовах, зокрема на перехрестях з круговим рухом. Основна увага приділяється дослідженню транспортних потоків, їх характеристик та методів організації дорожнього руху на перехресті вулиць Івана Мазепи-Дружби-Чумацька у місті Тернопіль.

2. Ключовими перевагами кругових перехресть є мінімізація точок потенційних конфліктів та зіткнень завдяки ефективному розв'язанню зустрічних потоків. На перетині вулиць Івана Мазепи-Дружби-Чумацька проходять не тільки особисті автомобілі, але й транспортні засоби спеціального призначення, зокрема міські маршрутки, автобуси міського та міжміського сполучення, а також вантажні авто.

3. Це перехрестя має 2 смуги руху: як у прямому так і зворотному напрямку. Ширина проїжджої частини складає 15 метрів. Вулиця Мазепи є головною дорогою по відношенню до вулиці Дружби та Чумацька.

4. Побудовано дорожньо-транспортну мережу перехрестя у програмі PTV, яка містить дорожнє полотно, зони паркування транспортних засобів, пішохідні зони, пішохідні переходи та зупинки громадського транспорту

5. Запропоновано заходи для зменшення заторів, підвищення безпеки та покращення загальної ефективності руху на даному перехресті.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гаврилов Е.В., Дмитриченко М.Ф., Доля В.К. Організація дорожнього руху: Підручник у 5 книгах. Книга 4: Системологія на транспорті. – К.: Знання України, 2011 – 450 с.
2. ДСТУ 2587:2010 Безпека дорожнього руху. Розмітка дорожня. Загальні технічні вимоги. Методи контролювання. Правила застосування.
3. Дуброва Н.Й. Безпека життєдіяльності на транспорті: навч. посіб. / Н.Й. Дуброва, В.О. Чернявська. – Харків : Компанія СМІТ, 2014. – 446.
4. Кашканов А. А. Організація дорожнього руху : навчальний посібник / А.А. Кашканов, В. П. Кужель. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 125 с.
5. Потійчук О. Б. Транспортні розв'язки: навч. Посібник / О. Б. Потійчук, Л. М. Піліпака. – Рівне : НУВГП, 2020. – 263 с.
6. Сташків М.Я. Підвищення транспортної безпеки на нерегульованому перехресті з кільцевим рухом / М.Я. Сташків, В.О. Дзюра, О.Б. Романюк, Т.В. Чорний // Матер. XV Міжнар. науково-практичної конф. «Транспортна безпека: правові та організаційні аспекти». – Кривий Ріг, 2020. –с. 248 – 252.
7. Методичні вказівки для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для студентів освітньо-професійної програми "Транспортні технології (на автомобільному транспорті)" першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 275 – Транспортні технології (на автомобільному транспорті) / уклад.: О.Л. Ляшук, Ю.Я. Вовк, В.О. Дзюра, О.П. Цьонь, І.М. Кучвара, М.В. Бабій, А.Й. Матвійшин, Н.Б. Гаврон; М-во освіти і науки України, ТНТУ. – Тернопіль: ТНТУ, 2021. – 52 с.
8. Babii, M., Tson, O., Kuchvara, I., & Chernii, V. (2021). Improving the efficiency of the road organization traffic at an unregulated crossroads. Transport Development, (1(8), 125-134.

9. Михайло Кристопчук, Ігор Хітров, Олег Цьонь, Олег Почужевський. Дослідження координованого управління транспортними потоками в центральній частині міста / Том 1 № 16 (2021): Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. С. 82-90.
10. І. О. Хітров, О. П. Цьонь, М. Є. Кристопчук, і О. Д. Почужевський, «Аналіз транспортних затримок в центральній частині міста та шляхи їх зниження», ВМТ, вип. 14, вип. 2, с. 131–139, 2021.
11. О.Л. Ляшук, О.П. Цьонь, В.О. Дзюра, М.В. Бабій, М.Є. Кристопчук, С.В. Лисенко, Ю.Д. Бодоряк. Дослідження безпеки дорожнього руху на автошляхах / Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. Вип. 5(36), ч.І, с. 311-317, 2022.
12. О.Л. Ляшук, М.Я. Сташків, О.П. Цьонь, Н.Я. Рожко, У.М. Плекан, Б.Р. Гевко. Підвищення ефективності функціонування нерегульованого перехрестя з круговим рухом / Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2023. Вип. 8(39), ч.І. — С. 219-229.
13. Stashkiv, M., Tson, O., Łakomy-Zinowik, M., & Basta, M. (2023). Navigating the future: Evaluating two-level transport solutions for sustainable urban development. Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics, 8(2), 91–112.
14. <https://bespalov.me/2014/01/08/modelyuvannya-transportnogo-potoku-na-peretynah-v-riznyh-rivnyah>
15. ДБН А.2.2-3-2014 Державні будівельні норми України. Склад та зміст проектної документації на будівництво. – Чинні від 01.10.2014. – К. : Мінрегіон України, 2014. – 33 с.
16. <https://bespalov.me/2022/03/28/kurs-miski-dorozhno-transportni-sporudy-kursovyj-projekt-samoregulovanyj-kilcevyj-peretyn>