

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УРАЇНИ

Факультет (ННІ) _____ Механіко-технологічний _____

УДК

ПОГОДЖЕНО
Декан факультету (Директор ННІ)
Механіко-технологічного

 (назва факультету (ННІ))

Братішко В.В.
 (підпис) (ПІБ)
 “ ” _____ 2024р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
Транспортних технологій та засобів в
АПК

 (назва кафедри)

Савченко Л.А.
 (підпис) (ПІБ)
 “ ” _____ 2024р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Дослідження показників якості організації дорожнього руху в умовах міста

Спеціальність 275 «Транспортні технології (за видами)»
 (код і назва)

Освітня програма Транспортні технології (на автомобільному транспорті)
 (назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
 (освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

_____ д.е.н. _____ Загурський О.М

Керівник магістерської роботи

_____ к.т.н., доцент _____ Савченко Л.А.

Виконав

_____ Романенко О.С.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УРАЇНИ

Факультет (ННІ) _____ Механіко-технологічний

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Транспортних технологій та засобів в АПК

к.т.н., доцент _____ Савченко Л.А.
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Романенку Олександр Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 275 «Транспортні технології (за видами)»

(код і назва)

Освітня програма Транспортні технології (на автомобільному транспорті)

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи Дослідження показників якості організації дорожнього руху в умовах міста

затверджена наказом ректора НУБіП України від “ 08 ” січня 2024 р. № 24 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 5 листопада 2024 р.

(число, місяць, рік)

Вихідні дані до магістерської роботи

1. Загальна характеристика

2. Програмне забезпечення PTV Visim

3. Шляхи покращення безпеки транспортного руху

4. Статті з обраної теми зі збірників наукових праць та журналів, довідники, посібники та інтернет-ресурси.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Загальна характеристика об'єкту

2. Сучасний стан теоретичних досліджень моделювання транспортного руху

3. Дослідження технологій покращення організації дорожнього руху

4. Визначення економічного ефекту заходів

5. Безпека праці

Дата видачі завдання «01» вересня 2023 р.

Керівник магістерської роботи _____

(підпис)

Савченко Л.А.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Романенко О.С.

(прізвище та ініціали студента)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. Аналіз автомобільного транспорту, методів та моделей автомобільного транспорту.....	10
1.1 Аналіз транспортної галузі України.....	10
1.2 Особливості функціонування автомобільного транспорту.....	13
1.3 Базові показники якості дорожнього руху та їх значення при організації дорожнього руху.....	14
1.4 Історичні відомості, географічне розташування об'єкту дослідження.....	19
1.5 Дані про розвиток промисловості та транспорту	22
РОЗДІЛ 2. Теоритичні дослідження методів та засобів організації та регулювання дорожнього руху.....	25
2.1 Аналіз заходів щодо підвищення ефективності організації дорожнього руху.....	25
2.2 Оцінка ефективності заходів з організації дорожнього руху.....	26
2.3 Вибір об'єктів дослідження ВДМ м.Ніжин.....	30
2.4 Аналіз можливостей застосування сучасних програмних продуктів з імітаційного моделювання дорожнього руху.....	32
2.5 Статистика дорожньо-транспортних пригод та аналіз аварійності в районі проектування.....	36
2.6 Аналіз основних характеристик підсистеми «Транспортні потоки».....	42
2.7 Розрахунок пропускної здатності та рівня завантаження.....	57
2.8 Вдосконалення організації руху на розглядуваній ділянці дороги.....	61
РОЗДІЛ 3. Організація охорони праці та навколишнього середовища.....	64
3.1 Заходи по забезпеченню безпеки праці водіїв на автомобільному транспорті.....	64
3.2 Заходи по забезпеченню охорони навколишнього середовища.....	67
3.3 Вплив заторів на забруднення повітря в містах.....	70
3.4 Оптимізація транспортної мережі як спосіб зменшення впливу автомобілів на екологію.....	73

3.5 Проблеми впровадження «зеленої» логістики при плануванні дорожнього руху в містах.....	76
3.6 Електротранспорт, як один з ключових оптимізаційних аспектів «зеленої» логістики.....	80
РОЗДІЛ 4. Економічне обґрунтування доцільності розробки	86
4.1 Оцінка економічної ефективності заходів з удосконалення дорожнього руху.....	86
ВИСНОВКИ.....	93
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	95

РЕФЕРАТ

Бакалаврська кваліфікаційна робота тема якої «Дослідження показників якості організації дорожнього руху в умовах міста»

Розрахунково-пояснювальна записка складається з 4 розділів і містить:

- 98 сторінок;
- 17 таблиць;
- 8 рисунків,

Мета проекту - удосконалити організацію дорожнього руху в центральній частині міста Ніжина.

Об'єкт дослідження – частина вулично-дорожньої мережі міста Ніжина.

Предмет дослідження – характеристики транспортного потоку на ділянці дороги в центральній частині міста Ніжина.

ВСТУП

Актуальність роботи. З кожним роком кількість транспортних засобів на дорогах України зростає. Рівень автомобілізації населення нашої країни вже перевищує двісті п'ятдесят автомобілів на одну тисячу населення, а в великих містах (Київ, Дніпро, Львів, Одеса, Миколаїв, Харків) цей показник майже досягає європейського рівня в 500 автомобілів на одну тисячу населення. Звісно така тенденція зростання є викликом для транспортної мережі і транспортного комплексу загалом. Інтенсивність транспортного руху кратно зростає, що в свою чергу створює проблеми для транспортної інфраструктури, яка при проєктуванні не була призначена для такої інтенсивності руху.

Транспортна мережа може бути відкритою або закритою, тобто залежно від обсягу транспортних потоків та зв'язків між різними частинами мережі. Ефективність транспортної мережі залежить від рівня її розвитку та функціональної організації, а також від стану доріг та розміщення інфраструктурних об'єктів. Транспортна мережа повинна бути забезпечена достатньою ємністю, щоб забезпечити потреби пасажирів та вантажів, а також повинна бути ефективною з точки зору витрат на її побудову та утримання.

Створення ефективної транспортної мережі є важливою складовою розвитку економіки та соціального благополуччя нації. Транспортна мережа забезпечує зв'язок між різними регіонами, підтримує торгівлю та сприяє розвитку туризму. Важливо пам'ятати, що ефективна транспортна мережа допомагає зменшити транспортні затори, забруднення навколишнього середовища та інші проблеми, пов'язані з транспортом.

Для створення транспортної мережі необхідно розробити планувальні документи, що містять стратегічні та тактичні завдання з розвитку транспортної системи. Такі документи можуть включати в себе Генеральний план міста, Програму розвитку транспорту регіону, Програму розвитку транспортної інфраструктури країни та інші.

При проєктуванні транспортної мережі необхідно враховувати різноманітні фактори, такі як густина населення, розміщення виробництва та інших важливих

об'єктів, забезпеченість землею та ресурсами, забруднення навколишнього середовища, соціальні та економічні потреби населення, технічні можливості та інші фактори.

Одним з важливих аспектів створення транспортної мережі є вибір оптимальної транспортної технології для кожного виду транспорту. Наприклад, для міського транспорту можуть бути використані тролейбуси, трамваї, автобуси або метро, а для вантажного транспорту - автомобільний транспорт, залізниці, водний транспорт та інші. При проєктуванні транспортної мережі також важливо враховувати можливості впровадження новітніх технологій, таких як автоматичне управління транспортом, електромобілі, безпілотні транспортні засоби та інші.

Ефективна транспортна мережа допомагає покращити якість життя населення, підвищити рівень доступності транспорту та зменшити транспортні затори, що є важливим фактором для розвитку економіки та підвищення конкурентоспроможності, як регіону, так і країни в цілому.

При створенні чи удосконаленні транспортної мережі важливим аспектом є моделювання ділянок та визначення показників ефективності. Моделі можуть використовуватися для прогнозування потоків транспорту, оцінки трафіку, вирішення проблем заторів і поліпшення ефективності транспортної інфраструктури. Моделювання транспортного руху дозволяє проводити тестування різних варіантів транспортної інфраструктури та вирішувати проблеми заторів та інших проблем з транспортом. Крім того, воно може допомогти покращити безпеку на дорогах та зменшити витрати на транспортну інфраструктуру.

Отже, моделювання транспортного руху є важливим аспектом проєктування та удосконалення транспортних мереж населених пунктів і дозволяє знаходити відповіді на питання перед реалізацією проєкту, тим самим дозволяє своєчасно вносити правки для найкращого кінцевого результату. Використання сучасного програмного забезпечення для моделювання транспортного руху, такого як PTV VISSIM, дозволяє створити детальну і реалістичну модель транспортної системи

міста Ніжина. Це, в свою чергу, дає можливість проводити різноманітні сценарії моделювання та аналізувати їх результати. Таким чином, можна знайти оптимальні рішення для вирішення існуючих транспортних проблем. Цим і пояснюється актуальність виконання бакалаврської роботи на тему: Моделювання транспортного руху в центральній частині міста Ніжина.

Розділ 1. Аналіз автомобільного транспорту, методів та моделей автомобільного транспорту

1.1 Аналіз транспортної галузі України

У 2023 році економіка України почала відновлюватися після подій 2022 року. Активний ріст кількості підприємств спричиняє велике навантаження на транспортну галузь оскільки потребується транспортування сировини до місця переробки та готових виробів до споживачів продукції. Імпорт товарів при цьому також не зменшився, а подекуди навіть виріс. Авіаційний транспорт в умовах війни не може розглядатися через незахищеність литовищ, а також через дуже велику собівартість. Залізничний транспорт обмежений по протяжності та маршрутам. Морський транспорт, також як авіаційний, не може розглядатися в повній мірі через атаки на портову інфраструктуру. Автомобільний транспорт в такому випадку має безальтернативну основу та розглядається основним і, в деяких випадках, як єдиний варіант доставки товарів з точки А в точку Б.

Автомобільний транспорт у містах став невідомою частиною повсякденного життя, забезпечуючи людей можливістю швидко та зручно переміщатися в межах міста та їх околиць. У 2023 році автомобільний транспорт забезпечив більшість пасажирських перевезень, що склало 59,6% від загального обсягу. У цьому році послугами автотранспорту скористалися 71,2 мільйонів пасажирів, що на 24,1% перевищує показник 2022 року. Автомобілі дозволяють людям легко дістатися до роботи, навчальних закладів, магазинів та розважальних закладів, що сприяє економічному та соціальному розвитку міст. Однак разом зі зручністю автомобільного транспорту приходять і проблеми, такі як затори, забруднення повітря, шум та безпека на дорогах. Тому важливо розглядати різні аспекти розвитку та організації автомобільного транспорту в містах з урахуванням потреб мешканців та збереженням довкілля.

Автомобільний транспорт України характеризується великою різноманітністю транспортних засобів, від старих вітчизняних автомобілів до сучасних імпортованих моделей. Також його відзначає висока інтенсивність використання, особливо в мегаполісах та великих містах. Водночас, автомобільний транспорт України стикається з проблемами, такими як недостатність інфраструктури, низький рівень безпеки дорожнього руху та недостатнє управління транспортним потоком [2].

В містах автомобілі досягають все нових рекордів по численності і є одним із головних джерел транспортних заторів та забруднення довкілля. Велика кількість автомобілів у міському середовищі вимагає впровадження нових стратегій управління транспортною інфраструктурою та розвитку альтернативних видів пересування, які б допомогли зменшити транспортні проблеми та покращити якість життя мешканців міст. Застаріла транспортна інфраструктура виражається у пошкоджених дорогах, недостатньому обслуговуванні та неповному оновленні транспортних засобів, що призводить до збільшення ризику аварій та негативно впливає на якість транспортного обслуговування.

Проблема інфраструктури породжує ще одну проблему: неможливості раціональної організації дорожнього руху. Така ситуація створює ускладнення для впровадження ефективних стратегій та систем управління дорожнім рухом. Недостатня розвиненість інфраструктури ускладнює можливість раціонального розподілу транспортного потоку, що призводить до заторів, збільшення часу подорожей та загального дискомфорту для учасників дорожнього руху.

Державні органи відіграють важливу роль у функціонуванні транспортної інфраструктури, забезпечуючи ефективне управління, розвиток та безпеку транспортних систем країни. Їх дії спрямовані на забезпечення доступності, якості та безпеки транспортного обслуговування для населення та розвиток національної економіки. Їх завдання включає розробку стратегій розвитку транспорту, встановлення нормативів та стандартів безпеки, а також здійснення контролю за дотриманням законодавства у сфері транспорту. Державні органи

визначають інвестиційну політику у сфері транспорту, спрямовуючи фінансові ресурси на будівництво та реконструкцію доріг, залізниць, аеропортів та інших об'єктів транспортної інфраструктури. Це сприяє підвищенню ефективності та конкурентоспроможності транспортних систем країни. Державні органи виконують важливу роль у забезпеченні безпеки дорожнього руху шляхом впровадження законодавчих актів та програм з підвищення безпеки на дорогах, контролю за дотриманням правил дорожнього руху та проведенням роз'яснювально-профілактичної роботи серед водіїв.

Можливі виходи з цієї ситуації включають в себе:

1. Модернізація інфраструктури: Розширення дорожньої мережі, впровадження інтелектуальних систем управління дорожнім рухом, побудова додаткових транспортних сполучень для зменшення заторів.

2. Підтримка громадського транспорту: Збільшення мережі громадського транспорту, вдосконалення його розкладів та послуг, щоб залучити більше людей до використання громадського транспорту.

3. Стимулювання альтернативних видів транспорту: Підтримка велосипедистів, пішоходів, електромобілів та інших екологічних видів пересування за допомогою встановлення вело- та пішохідних доріжок, розвитку інфраструктури для зарядки електромобілів тощо.

4. Стратегії регулювання трафіку: Впровадження стратегій таких як оптимізація світлофорів, введення платіжних систем за в'їзд у центр міста в певні години, зони низької емісії та інші місцеві ініціативи.

5. Інформаційна підтримка: Розробка мобільних додатків для інформування про стан доріг, громадський транспорт та альтернативні маршрути для зменшення заторів та покращення мобільності мешканців.

Ці підходи можуть сприяти зменшенню проблем інфраструктури та покращенню дорожнього руху в містах.

1.2 Особливості функціонування автомобільного транспорту

Автомобільний транспорт має ряд переваг перед іншими видами транспорту, таких як:

Маневреність. Автомобільний транспорт може змінювати напрямок руху, об'їжджати перешкоди, вибирати оптимальний маршрут, адаптуватися до дорожніх умов.

Швидкість. Автомобільний транспорт може розвивати високу швидкість руху, що скорочує час доставки вантажів, підвищує продуктивність і конкурентоспроможність перевізників.

Гнучкість. Автомобільний транспорт може перевозити вантажі різних видів, розмірів, ваги, форми, фізичних і хімічних властивостей. Автомобільний транспорт може також здійснювати перевезення вантажів з дверей до дверей, без додаткових перевантажень і пересадок.

Мобільність. Автомобільний транспорт може пересуватися по будь-яким дорогам, навіть тим, які не призначені для інших видів транспорту. Автомобільний транспорт може також використовувати тимчасові дороги, які створюються для потреб будівництва, ремонту, аварійних ситуацій [2].

Автомобілі не мають високих потреб у якості дорожнього полотна та у капіталовкладення у інфраструктуру, як залізничний та авіаційний транспорт. Це робить їх більш доступними та економічно вигідними для користувачів, особливо у випадках, коли індивідуальний рух та гнучкість грають важливу роль.

Згідно з інформацією державної служби статистики, ціна за один кілометр доріг в 2023 році склала 20,8 мільйонів гривень, в той же час ціна 1 кілометру залізничного полотна становить приблизно 80 мільйонів доларів. Залізничний транспорт, в аспекті міського транспорту, не може конкурувати з автомобільним через знижену гнучкість та мобільність. Тим самим, залізничний транспорт не може ефективно задовольняти потреби мешканців у коротких та індивідуальних подорожах в міському середовищі.

Забезпеченням автодоріг, парковок, заправних станцій та інших інфраструктурних об'єктів для автомобілів - відповідальність за це покладається не лише на державні органи, але і на приватний сектор, який виявив здатність до прибуткової діяльності в цій сфері. Приватний сектор активно інвестує в розвиток автомобільної інфраструктури, будуючи сучасні станції технічного обслуговування та надання послуг, комплекси для автосервісу та інші об'єкти, що сприяють зручності та безпеці дорожнього руху і при цьому допомагаючи державі у розбудові транспортної галузі в цілому.

Держава, зі свого боку, повинна створювати сприятливі умови для розвитку автомобільного транспорту. Це передбачає не лише фінансування інфраструктурних проектів, але й розробку та впровадження ефективних механізмів регулювання, стимулювання інновацій та залучення приватних інвестицій.

1.3 Базові показники якості дорожнього руху та їх значення при організації дорожнього руху

Оцінка якості дорожнього руху є об'єктивним показником, котрий можна оцінювати багатьма показниками в різних аспектах, такими як кількість дорожньо-транспортних пригод, швидкість руху, дотримання правил дорожнього руху, стан дорожнього покриття та інфраструктури, рівень комфорту для учасників руху, екологічність транспортних засобів, а також загальний рівень безпеки та зручності пересування. Об'єктивний аналіз цих показників дозволяє здійснити ефективне управління дорожнім рухом, виявити проблемні аспекти та розробити стратегії для покращення дорожньої безпеки, розвитку інфраструктури та забезпечення комфортного руху для всіх учасників дорожнього руху.

Перш за все, показником, за яким оцінюється раціональність організації дорожнього руху та безпеки на певній ділянці дороги, є кількість дорожньо-транспортних пригод за період. Цей показник є одним з основних критеріїв, який дозволяє оцінити ефективність заходів з покращення дорожньої безпеки та

раціоналізації організації дорожнього руху. Додатково, кількість дорожньо-транспортних пригод відображає рівень ризику для учасників дорожнього руху і може слугувати підґрунтям для впровадження превентивних заходів, направлених на зменшення ймовірності аварій та постраждалих. Також цей показник допомагає здійснити аналіз причин та умов, які сприяють виникненню пригод, що в свою чергу дозволяє розробляти та впроваджувати ефективні заходи з попередження аварійності та забезпечення безпеки дорожнього руху. Згідно із звітами поліції, у 2023 році в Україні відбулося 23 451 аварія з постраждалими та загиблими, що є на 27,2% більше, ніж у 2022 році, коли було зафіксовано 18 740 ДТП. Також варто зазначити, що зросла кількість загиблих внаслідок ДТП у минулому році. Загалом у 2023 році в результаті аварій загинуло 3 049 людей (у 2022 році – 2 688), в тому числі 174 дітей (у 2022 році – 122). Також 29 499 особи були травмовані (у 2022 році – 22 978), серед яких 4 522 дітей (у 2022 році – 2 972). Найбільше ДТП з постраждалими у 2023 році сталося в Дніпропетровщині – 2 098 ДТП. Також до першої трійки регіонів, де сталося найбільше аварій, увійшли Львівщина та Київщина, де зафіксовано 2 018 та 1 812 ДТП відповідно. У Києві у 2023 році зафіксовано 1 898 аварій із постраждалими (у 2022 році – 1481). Найбільше смертельних випадків внаслідок аварій у 2023 році зафіксовано на дорогах Дніпропетровщини – 282 загиблих (у 2022 році - 283), Київщини – 220 загиблих (у 2022 році – 181) та Львівщини – 198 загиблих (у 2022 році - 234). У Києві у минулому році загинуло 101 людина (у 2022 році – 81).



Рис. 1.1 – Причини виникнення ДТП у 2023 році

Смертність від дорожньо-транспортних пригод вказує на складаність перехресть та необгрунтованість дорожніх розв'язок та необхідність впровадження заходів з покращення безпеки на дорогах, які включають у себе модернізацію інфраструктури, підвищення обізнаності учасників дорожнього руху щодо правил та небезпек на дорозі, а також зміцнення контролю за їх дотриманням. Це також підкреслює необхідність посилення регулювання дорожнього руху, вдосконалення технічних та інженерних рішень для зменшення ризику аварій та мінімізації наслідків можливих аварійних ситуацій.



Рис. 1.2 – Види ДТП у 2023 році

Ще одним показником раціональності міської організації руху транспортних засобів є показник рівня заторів у містах, який вказує на ефективність управління транспортним потоком, якість дорожньої інфраструктури та рівень розвитку громадського транспорту. Цей показник характеризує окремі ділянки доріг, на яких у годині пік виникають скупчення автомобілів та відображає рівень транспортного перевантаження та потенційні проблеми з рухомісткістю, що впливають на якість життя мешканців та ефективність транспортної системи в цих містах. Цей показник також є важливим індикатором для планування та вдосконалення транспортної інфраструктури, впровадження технологій регулювання руху, а також розробки стратегій з розвитку громадського транспорту та альтернативних шляхів пересування з метою зменшення заторів та поліпшення мобільності у містах.

Не варто забувати про показник середньої швидкості руху на ділянці дороги. Він є важливим додатковим показником, який доповнює інформацію про рівень транспортної ефективності та зручності для учасників руху. Середня швидкість руху дозволяє оцінити ефективність роботи дорожньої

інфраструктури, рівень заторів та загальну швидкість пересування, що є важливими факторами для забезпечення комфортного та ефективного дорожнього руху. Вимірювання цього показнику зазвичай здійснюється за допомогою спеціальних технічних засобів, таких як датчики швидкості, вбудовані у дорожні знаки або дорожні камери. Ці засоби фіксують час, необхідний для проходження автомобіля від однієї точки до іншої, і розраховують середню швидкість руху на цій ділянці. Також існують спеціалізовані програми та сервіси, які здійснюють збір та аналіз даних про рух транспорту, включаючи швидкість руху, на основі відомостей, наданих GPS-даними або мобільними додатками.

При плануванні побудови нової ділянки дороги чи зміни організації руху на вже існуючій варто провести аналіз всіх цих показників та переконатися, що нове рішення не створить нових проблем і підвищить загальний рівень безпеки та комфорту розв'язки. Такий аналіз є критичним для забезпечення ефективності та безпеки дорожнього руху. Врахування всіх цих показників дозволить уникнути негативних наслідків, таких як затори, збільшення кількості аварій або незручності для учасників руху. Це також допоможе забезпечити оптимальне використання ресурсів та збереження екологічної стійкості дорожньої інфраструктури.

Для попереднього аналізу ефективності розробленого рішення використовують програми транспортного моделювання міського руху. Ці програми дозволяють симулювати різні сценарії руху, враховуючи такі фактори, як обсяги транспортного потоку, характеристики дорожньої інфраструктури, розташування сигнальних систем та інші важливі параметри. Аналіз за допомогою таких програм допомагає зрозуміти можливі наслідки впровадження нового рішення та здійснити необхідні корективи для досягнення оптимальних результатів в управлінні транспортним потоком. Ці програми мають потужний набір інструментів, який дозволяє імітувати будь яку ситуацію на дорозі та зображувати будь яке перехрестя й задавати потрібні вихідні дані щоб на свої очі побачити реалістичні умови руху. Завдяки цим програмам, можна виконувати

аналізи різних варіантів розвитку транспортної інфраструктури, перевіряти їх ефективність та вплив на рухові потоки, а також розробляти оптимальні стратегії управління дорожнім рухом з урахуванням потреб міста та безпеки учасників руху.

Існують численні спеціалізовані програми, які дозволяють симулювати рух транспортних засобів у місті, такі як VISSIM, AIMSUN, Paramics і інші. Ці програми створюють віртуальні моделі дорожньої мережі та транспортних потоків, що дозволяє оцінювати ефективність різних варіантів інфраструктури та управління транспортним потоком. Кожен інструмент має свої переваги та обмеження, і вибір програми залежить від конкретної задачі, доступних даних та технічних можливостей.

Найбільш відомою в Україні є програма PTV VISSIM. Її інтерфейс є доволі простим у освоєнні та пропонує доволі великий спектр можливостей в плані аналізу руху транспортних потоків та моделювання великої кількості сценаріїв. PTV VISSIM забезпечує користувачів зручним інструментарієм для виконання різних завдань, пов'язаних з вивченням та оптимізацією транспортних систем і рухомого руху у місті. Можливості збору даних та аналізу моделі у даній програмі дають можливість оцінити рівень вдалості запропонованого рішення та передбачити його вплив на рух транспортних засобів та інфраструктуру дороги, а також здійснити аналіз варіантів управління транспортним потоком та впровадити необхідні корекції для досягнення оптимальних результатів.

1.4 Історичні відомості, географічне розташування об'єкту дослідження

Об'єкт дослідження, в даній магістрській роботі, знаходиться в Чернігівській області України. Це стародавнє місто Ніжин, яке має за собою довгу історію та є важливим населеним пунктом з точки зору логістики.

Чернігівська область є самою північною областю України. Обласним центром виступає місто Чернігів. Населення області складає близько 950 тисяч

осіб. Область поділена на 5 районів та має 4 міста обласного значення: Чернігів, Ніжин, Прилуки та Новгород-Сіверський.

Чернігівська область, розташована в північній частині України й має помірно-континентальний клімат. Вона характеризується теплим літом і прохолодним зимою. Осінь та весна можуть бути періодами значних коливань температури. Температури влітку можуть сягати від $+20^{\circ}\text{C}$ до $+30^{\circ}\text{C}$, іноді бувають спекотні дні з температурами понад $+30^{\circ}\text{C}$. Зимою середня температура становить від -5°C до -10°C , але може бути і значно холодніше. Сніг у зимовий період не рідкість. Опадів в області достатньо, з середньорічною кількістю до 600-700 мм на рік. Найбільш вологі періоди припадають на весну та літо. Варто відзначити, що через географічне розташування області та відсутність значних гірських масивів або великих водойм, клімат Чернігівської області є досить стабільним у порівнянні з іншими регіонами України.

Рельєф Чернігівської області переважно рівнинний, хоча в деяких місцях можна зустріти помірні схили та височини. На південному заході області проходить висока платформа, яка спускається від західно-української височини до Поліської низовини. Ця зона включає в себе такі височини, як Гомільшанська, Менська та інші. Саме тут можна зустріти невеликі схили та низькі горби. На північному заході і сході розташовані Поліські низовини, які характеризуються рівнинним ландшафтом з багатьма річками, озерами та болотами. У цілому, рельєф Чернігівської області можна описати як переважно рівнинний з окремими височинами та горбами на південному заході та помірно-рівнинним на північному заході та сході.



Рис.1.3 – Географічне положення міста Ніжин

Розглядуваний об'єкт дослідження – місто Ніжин і його центральна частина. Розташований населений пункт у центральній частині області і має населення близько 73 тисячі осіб. Місто є важливим транспортним вузлом, який об'єднує різні регіони через залізничні, автомобільні та повітряні маршрути, сприяючи пасажирському та вантажному транспорту, а також забезпечуючи зручний доступ до інфраструктури та послуг для мешканців та гостей міста.



Рис.1.4 – Герб Ніжина

1.5 Дані про розвиток промисловості та транспорту

Промисловість міста є економічним рушієм, який забезпечує робочі місця для мешканців, сприяє розвитку місцевої економіки та створює можливості для залучення інвестицій. Ця промислова база може включати виробництво різноманітних товарів, включаючи текстиль, машинобудування, харчову промисловість, технологічний сектор та інші галузі, що сприяють диверсифікації економіки та стабільності місцевого ринку праці.

Ніжин має декілька великих промислових підприємств, які забезпечують основний валовий продукт міста.

«Ніжинський жиркомбінат» - це підприємство яке спеціалізується на переробці насіння різних видів, а також виготовленні на їх основі олії під торговою маркою «Ніжинська». Місцезнаходженням приватного акціонерного товариства є місто Ніжин в Чернігівській області. Датою заснування

жиркомбінату прийнято вважати 1896 рік. Після заснування підприємство почало входити до складу групи «НЖК».

Основним харчовим підприємством міста є ТОВ «НіжинХліб». Підприємство є частиною компанії «Формула Смаку» та одним з найбільших по виробництву кондитерських та хлібобулочних виробів в Чернігівській області. Основною діяльністю підприємства є виготовлення й реалізація хлібобулочних, кондитерських виробів, а також надання послуг з транспортування своєї продукції.

Товариство з обмеженою відповідальністю «Ніжинський консервний завод» розташовано у Чернігівській області в місті Ніжин за адресою: вулиця Шевченка 160. Основний вид діяльності даного підприємства є переробка овочів та випуск продукції під своєю торговою маркою. До продукції консервного заводу відносяться: різні соуси, салати, консервовані овочі, маринади та багато іншого. Головним експортним продуктом є ніжинські солоні огірки. Продукція заводу експортується закордон до країн: Німеччини, Білорусі, Молдови, Канади, Чехії, Швеції та Сполучених Штатів Америки.

Також в Ніжині знаходиться доволі великий завод з сільського машинобудування - ПрАТ "Ніжинський завод сільськогосподарського машинобудування". Підприємство виробляє обладнання для сільського господарства та деякі запасні частини для автомобілів.

Транспортна інфраструктура міста включає в себе широку мережу доріг і вулиць, які забезпечують ефективний рух транспортних засобів усіх видів, включаючи автомобільний, громадський транспорт, а також вантажний та приватний транспорт. Вона також охоплює залізничні та авіаційні вузли, що сприяють зв'язку міста з іншими регіонами та країнами. За авіаційний вузол відповідає невеликий аеропорт на півночі міста, але у зв'язку з воєнними діями мін тимчасово не працює.

В місті налічується декілька великих перевізників, які забезпечують міські перевезення пасажирів серед яких: Пассервіс, Омнібус, ФОП Супруненко та інші.

Автовокзал є важливим компонентом перевезень пасажирів, особливо для мешканців району, оскільки забезпечує надійне сполучення з іншими містами та населеними пунктами. Він є центром пасажирського транспорту, звідки відбуваються міжміські та міжрегіональні автобусні маршрути, забезпечуючи зручний доступ до різних напрямків та послуг для мешканців.

Залізничне сполучення міста та інших населених пунктів забезпечує залізнична станція «Ніжин», яка є ключовим вузлом у транспортній інфраструктурі регіону. Вона забезпечує регулярні пасажирські та вантажні перевезення, сприяючи розвитку економіки та забезпечуючи зручний транспортний доступ для мешканців і гостей міста. Ця станція є важливим компонентом транзиту вантажу, через неї проходить основна частка вантажопотоків регіону.

Місто має непогану транспортну інфраструктуру, але ключовою проблемою є її застаріння та відсутність коштів на розбудову та розвиток. Недостатнє фінансування призводить до обмежень у модернізації та підтримці існуючих транспортних мереж, що може призвести до затримок у розвитку міста та погіршення якості життя мешканців. Це вимагає комплексного підходу та пошуку альтернативних джерел фінансування для підтримки інфраструктурних проектів та вдосконалення транспортної системи.

Висновки до 1 розділу

У першому розділі було проведено аналіз стану автомобільного транспорту України взагалі; висвітлено особливості його функціонування; розглянуто основні показники якості дорожнього руху та методи їх оцінки; наведено спеціалізоване програмне забезпечення для моделювання дорожнього руху та розглянуто їх функціонал; надано відомості про розташування об'єкту дослідження, а також про стан промисловості та транспортної галузі з вказанням переваг та недоліків.

Розділ 2. Теоретичні дослідження методів та засобів організації та регулювання дорожнього руху

2.1 Аналіз заходів щодо підвищення ефективності організації дорожнього руху

Організація дорожнього руху - це система правил та процедур, які використовуються для забезпечення безпечності дорожнього руху. Вона включає в себе такі елементи, як знаки, світлофори, розмітку дорожнього покриття, правила перевезення пасажирів та вантажів, правила дорожнього руху для водіїв, правила поведінки пішоходів та велосипедистів та багато іншого [23,13].

Організація дорожнього руху має на меті зменшити кількість аварій, що трапляються на дорогах, та забезпечити безпеку учасників дорожнього руху. Вона також сприяє ефективному використанню дорожньої інфраструктури та зменшенню заторів на дорогах.

Організація дорожнього руху має велике значення для забезпечення безпеки учасників дорожнього руху, так як на дорогах трапляються багато небезпечних ситуацій, які можуть призвести до аварій. Наприклад, водії можуть порушувати правила дорожнього руху, не дотримуватися дистанції між автомобілями, не враховувати пішоходів та велосипедистів, які перетинають дорогу. Також можуть виникати проблеми з дорожнім покриттям, знаками та світлофорами, що може призвести до заторів та аварій.

Щоб забезпечити безпеку на дорогах та ефективне використання дорожньої інфраструктури, організація дорожнього руху передбачає регулювання руху транспорту, розміщення знаків, світлофорів та дорожньої розмітки, контроль за дотриманням правил дорожнього руху та покарання за їх порушення [21]. Також проводяться кампанії з підвищення свідомості водіїв, пішоходів та велосипедистів про правила дорожнього руху та безпеку на дорогах.

Організація дорожнього руху має на меті забезпечення безпеки учасників дорожнього руху та ефективного використання дорожньої інфраструктури. Це досягається шляхом регулювання руху транспорту, встановлення знаків та світлофорів, дотримання правил дорожнього руху та проведення кампаній з підвищення свідомості водіїв, пішоходів та велосипедистів.

Серед заходів, які наразі застосовуються для підвищення ефективності організації дорожнього руху, можна виділити наступні:

- Збільшення кількості розмітки та дорожніх знаків. Уряд України звертає увагу на покращення якості дорожньої інфраструктури та збільшення кількості знаків та розмітки, які сприяють безпеці на дорогах.

- Впровадження системи електронного контролю швидкості. Уряд України планує впровадження системи електронного контролю швидкості на дорогах. Це допоможе підвищити дисципліну водіїв та зменшити кількість порушень правил дорожнього руху.

- Розширення мережі велосипедних доріжок. Уряд України планує розширити мережу велосипедних доріжок в містах, що дозволить зменшити кількість автомобілів на дорогах та сприяти розвитку велосипедного транспорту.

- Підвищення свідомості водіїв та пішоходів. Для зменшення кількості аварій на дорогах, уряд України проводить кампанії з підвищення свідомості водіїв, пішоходів та велосипедистів про правила дорожнього руху та безпеку на дорогах.

- Збільшення кількості відеокамер спостереження на дорогах. Встановлення відеокамер на дорогах допомагає виявляти порушення правил дорожнього руху та підвищує ефективність контролю за безпекою на дорогах.

2.2 Оцінка ефективності заходів з організації дорожнього руху

Оцінка ефективності заходів з організації дорожнього руху може здійснюватись за допомогою наступних показників:

1. Зменшення кількості дорожньо-транспортних пригод - якщо захід успішний, то кількість ДТП на відповідній ділянці дороги або в місті повинна зменшитись.
2. Збільшення пропускної здатності дороги - якщо захід успішний, то пропускна здатність дороги повинна збільшитись.
3. Збільшення швидкості руху - якщо захід успішний, то швидкість руху повинна збільшитись.
4. Зменшення часу заторів - якщо захід успішний, то час заторів повинен зменшитись.
5. Покращення якості доріг та інфраструктури - якщо захід успішний, то якість доріг та інфраструктури повинна покращитись.
6. Підвищення культури водіння - якщо захід успішний, то поведінка водіїв повинна покращитись, а культура водіння повинна підвищитись.
7. Зменшення кількості порушень правил дорожнього руху - якщо захід успішний, то кількість порушень правил дорожнього руху повинна зменшитись.

Загальна оцінка ефективності заходів з організації дорожнього руху може бути здійснена на основі аналізу цих показників, а також оцінки витрат та ефективності використання бюджетних коштів на впровадження заходів. Також, важливим аспектом є забезпечення постійного моніторингу та оцінки ефективності заходів, щоб забезпечити їхню стійкість та постійне покращення.

Екологічний аспект ефективності впроваджених заходів є трендом для розвинених країн і в цьому плані ведеться дуже активна робота з розробки нових заходів, які значно покращать екологічні показники [20]. В розвинених країнах пріоритетом є збільшення якості життя громадян і збереження й розвиток природнього середовища. Забруднення ґрунту пилом від автомобільних доріг, знищення рослин та тварин від шкідливих викидів та вплив шумового фону транспорту на якість життя людей, тварин та рослин є питаннями на які намагаються знайти оптимальні рішення вже зараз. Україна поки що не може приділяти достатнього уваги до розробки революційних рішень в цьому плані, оскільки має проблеми в питаннях базової безпеки руху, але все ж екологічний

аспект не можна не враховувати при планування нових транспортних шляхів та роз'язок, особливо в містах.

На екологічні показники впливають наступні параметри:

- Рівень інтенсивності руху на розглядуваній ділянці.
- Фактична швидкість руху.
- Кількість CO₂, які потрапляють в атмосферу.
- Кількість смуг для руху автомобілів (фактична ширина дороги).
- Наявність дорожньої інфраструктури (насипи, огороження, зелені насадження).

Згідно з даними Державної служби статистики, на автомобільний транспорт припадає близько 46% оксиду вуглецю та 97% викидів оксидів азоту, що надходять в атмосферу з території України.

Іншою проблемою автомобільного транспорту є рівень шуму, який він створює. Автомобільний шум в містах є однією з найбільш серйозних проблем забруднення навколишнього середовища. Він може впливати на життя людей, викликаючи різні проблеми, включаючи порушення сну, стрес, погіршення здоров'я, збільшення ризику серцево-судинних захворювань та інших захворювань.

Автомобільний шум може бути спричинений різними факторами, такими як швидкість руху транспортних засобів, кількість автомобілів, що рухаються, тип дорожнього покриття, густина населення тощо.

Для зменшення впливу автомобільного шуму в містах можуть використовуватися різні заходи, такі як:

- встановлення бар'єрів проти шуму на дорогах;
- застосування спеціальних матеріалів для покриття доріг;
- зменшення швидкості руху транспортних засобів;
- збільшення відстані між дорогами та житловими будинками;
- розміщення зелених насаджень біля доріг.

Такі заходи можуть допомогти зменшити вплив автомобільного шуму на життя людей і покращити якість навколишнього середовища.

Економічна оцінка ефективності заходів з організації дорожнього руху є важливою складовою процесу управління дорожнім рухом. Для оцінки ефективності заходів з організації дорожнього руху необхідно враховувати різні аспекти, такі як зменшення кількості аварій, підвищення пропускну здатності доріг, зменшення заторів, скорочення часу проїзду, зменшення споживання палива та зниження концентрації шкідливих речовин.

Одним з основних інструментів економічної оцінки ефективності заходів з організації дорожнього руху є визначення витрат та вигод. Витрати включають в себе кошти на проектування та встановлення сигнально-інформаційних засобів, зміни існуючих дорожніх знаків та розмітки, підвищення якості дорожнього покриття та встановлення додаткових засобів безпеки на дорозі [6]. Вигоди можуть бути визначені як зниження витрат на медичні послуги та відновлення дороги після аварій, підвищення продуктивності та скорочення часу пересування, а також зниження екологічних ризиків та покращення якості повітря.

Іншим інструментом економічної оцінки ефективності заходів з організації дорожнього руху є оцінка ризиків та їх впливу на суспільство. Для оцінки ризиків можуть використовуватися різноманітні методи, включаючи аналіз відносної ризиків, аналіз чутливості, сенситивності та імовірнісного аналізу.

Аналіз відносних ризиків оцінює, як зміни в організації дорожнього руху впливають на зменшення ризиків аварій. Аналіз чутливості визначає, як зміна значень певних параметрів впливає на оцінку ефективності заходів з організації дорожнього руху. Сенситивність досліджує вплив невизначеності на оцінку ефективності заходів з організації дорожнього руху. Імовірнісний аналіз включає в себе визначення вірогідності виникнення аварій та їх впливу на суспільство[12].

Окрім того, економічна оцінка ефективності заходів з організації дорожнього руху включає в себе оцінку соціальної ефективності та екологічної стійкості. Соціальна ефективність оцінює вплив заходів на суспільство, такий як зменшення кількості смертей та травм, підвищення якості життя та покращення

доступності до транспортних засобів. Екологічна стійкість оцінює вплив заходів на довкілля, такий як зменшення викидів шкідливих речовин та покращення якості повітря.

Економічна оцінка ефективності заходів з організації дорожнього руху є складним та багатогранним процесом, що включає в себе різноманітні інструменти та методи. Оцінка ефективності повинна бути здійснена з урахуванням конкретних умов та факторів, що впливають на дорожній рух, та повинна бути спрямована на покращення безпеки та забезпечення безпеки учасників дорожнього руху, підвищення ефективності транспортної системи та зменшення впливу на довкілля.

Економічна оцінка повинна бути проведена з урахуванням часових аспектів. Заходи з організації дорожнього руху можуть бути вартісними на початку, але з часом можуть призвести до значних економічних вигод та покращення умов дорожнього руху [10,14].

2.3 Вибір об'єктів дослідження ВДМ м.Ніжин

Зазвичай, при плануванні дорожньої мережі міст найбільш проблематично організувати рух автомобільного транспорту в місцях перехрещення вулиць. Оскільки в даних місцях йде перехрещення не тільки транспортних потоків, але і пішохідних, то питання раціонального вибору регулювання руху на перехресті є доволі складним і потребує проведення досліджень та використання новітніх технологій для порівняння показників різних варіантів організації дорожнього руху на розглядуваній ділянці дороги.

Вибір об'єкту дослідження для вдосконалення дорожньої мережі в місті може бути залежним від різних факторів, таких як величина міста, стан доріг та інфраструктури, наявність транспортних заторів, кількість аварій на дорозі, а також потреби місцевих жителів та бізнесу.

Один із способів вибору об'єкту дослідження може полягати у проведенні аналізу даних про дорожню ситуацію в місті. Цей аналіз може включати в себе

збір інформації про кількість аварій на дорозі, кількість транспортних заторів, швидкість руху транспорту та інші показники. Ще одним варіантом є звернення до думки місцевих жителів та бізнесу щодо того, які проблеми з дорожньою мережею їм найбільше потрібно вирішити. Наприклад, мешканці міста можуть стикатися з проблемою затримок на дорогах під час годин пік, тоді як бізнес може мати проблеми з доставкою товарів від складів до магазинів.

При виборі об'єкту дослідження можна врахувати стратегічні цілі міста. Наприклад, якщо місто планує розвивати центр міста як туристичний та культурний центр, то об'єктом дослідження може бути покращення дорожньої мережі у центральній частині міста.

Для обґрунтування вибору об'єкту дослідження було прийнято рішення провести АВС аналіз декількох перехресть міста й порівняти результати для подальшої роботи. АВС-аналіз є методом аналізу дорожньої мережі, який базується на детальному вивченні поведінки користувачів доріг. Він заснований на ідеї, що користувачі доріг здійснюють свої поїздки для здійснення певних активностей (наприклад, для роботи, шопінгу, дозвілля, тощо), а не просто для того, щоб дістатися з однієї точки в іншу. АВС-аналіз забезпечує зрозуміння поведінки користувачів доріг, а також їх вимог до дорожньої мережі, в тому числі до розташування доріг, перехрестів, парковок і т. д. Застосування цього методу дає можливість виявити слабкі місця дорожньої мережі і запропонувати рішення для їх вдосконалення. АВС-аналіз передбачає вивчення поведінки користувачів доріг шляхом збору даних про їх активності та маршрутизацію [7]. Для цього можуть використовуватися методи анкетування, діаграм потоків, GPS-трекінг та інші.

Після збору даних проводяться аналіз, моделювання та оцінка ефективності різних варіантів покращення дорожньої мережі на основі розробленої моделі. Це може включати в себе оцінку впливу різних факторів, таких як витрати, час пересування, кількість аварій та інших.

Застосування АВС-аналізу дозволяє детально вивчити дорожню мережу та її взаємодію з користувачами, що допомагає зрозуміти, як можна вдосконалити дорожню інфраструктуру для поліпшення якості [21,9].

Методика побудови даного аналізу вимагає розрахунку суми рангів у оберненні за наступною формулою:

$$\sum R_i^* = \sum R^{MAX} - \sum R_i + \sum R^{MIN}$$

де $\sum R^{MAX}$ - максимально можлива сума рангів;

$\sum R^{MIN}$ - мінімально можлива сума рангів.

Результати виконаних розрахунків були приведені у таблиці Б1. Всі розглянуті перехрестя були розподілені на 3 групи «А», «В» та «С». Сортування було проведено по зменшенню питомої ваги. Виходячи з даного аналізу було визначено, що найбільш вагоме перехрестя розміщене в центральній частині міста.

2.4 Аналіз можливостей застосування сучасних програмних продуктів з імітаційного моделювання дорожнього руху

Застосування різних програм, які дають можливість моделювати транспортні потоки, є одним з факторів раціональної організації руху на розглядуваних ділянках доріг. Дані програми мають потужні функціональні можливості та дають змогу проаналізувати різні варіанти організації руху за допомогою статистичних показників.

В Україні є можливість застосування програм для транспортного моделювання. Україна активно розвиває свою транспортну інфраструктуру та використовує різні програмні засоби для аналізу і планування транспортних потоків та інфраструктури[17]. Деякі з популярних програм для транспортного моделювання, які застосовуються в Україні, включають PTV Visum, Cube Voyager, TransCAD, Aimsun і т.д. Ці програми дозволяють аналізувати різні аспекти транспортної інфраструктури, включаючи дорожню мережу,

транспортні потоки, транспортні засоби та інші фактори [23]. Багато українських організацій, включаючи дорожні служби, міські ради та інші установи, вже використовують ці програмні засоби для розробки планів розвитку транспортної інфраструктури та управління транспортними потоками.

Транспортні моделі можна поділити на декілька категорій залежно від їх призначення та характеристик. Основні категорії транспортних моделей включають:

- Моделі пасажирського транспорту. Ці моделі використовуються для аналізу пасажирських потоків та передбачення попиту на транспортні послуги. Вони допомагають управляти мережею громадського транспорту та забезпечувати ефективне використання ресурсів.

- Моделі вантажного транспорту. Використовуються для аналізу вантажних потоків та передбачення попиту на вантажні послуги. Вони допомагають управляти мережею вантажного транспорту та забезпечувати ефективне використання ресурсів.

- Моделі транспортної інфраструктури. Використовуються для аналізу транспортної інфраструктури та передбачення потреб у плануванні та розробці нових проектів. Вони допомагають вирішувати проблеми з перевантаженням, заторами та іншими проблемами, пов'язаними зі збільшенням транспортного потоку.

- Моделі економіки транспорту. Використовуються для аналізу економічних аспектів транспорту, таких як вартість, рентабельність та ефективність інвестицій. Вони допомагають управляти фінансами транспортних компаній та забезпечувати розумні рішення щодо інвестицій в розвиток транспорту.

- Моделі безпеки транспорту. Використовуються для аналізу безпеки транспорту та передбачення ризиків аварій та інших небезпечних ситуацій. Вони допомагають розробляти стратегії та політики щодо безпеки на дорогах та інших видів транспорту, таких як залізниця та водний транспорт.

– Моделі розподілу транспортних потоків. Використовуються для аналізу розподілу транспортних потоків між різними маршрутами, режимами транспорту та географічними областями. Вони допомагають вирішувати проблеми з перевантаженням транспортної інфраструктури та забезпечувати ефективне використання ресурсів.

– Моделі забруднення довкілля. Використовуються для аналізу впливу транспорту на довкілля та передбачення ризиків забруднення повітря, води та ґрунту. Вони допомагають вирішувати проблеми з екологічною стійкістю транспортної системи та розробляти стратегії щодо зменшення впливу транспорту на довкілля.

Ці категорії не є жорсткими, і деякі моделі можуть належати до декількох категорій одночасно. Наприклад, моделі пасажирського транспорту можуть включати в себе аспекти економіки та безпеки транспорту. Однак, ця класифікація допомагає краще розуміти різноманітність транспортних моделей та їх використання в різних сферах транспортного бізнесу.

Розглянемо найбільш відомі програми для моделювання руху, які використовуються по всьому світу:

1. VISSIM. Програмне забезпечення для моделювання дорожнього руху та дослідження дорожньої інфраструктури. Воно дозволяє досліджувати різні варіанти дорожнього руху та дорожньої інфраструктури з точки зору безпеки, ефективності та зручності.

2. AIMSUN. Програмне забезпечення для моделювання транспортних систем, яке дозволяє досліджувати транспортні потоки, включаючи дорожній рух, громадський транспорт та вантажні перевезення.

3. PTV Vissim. Програмне забезпечення для моделювання транспортних систем, яке дозволяє досліджувати дорожній рух, громадський транспорт та вантажні перевезення. Воно також може використовуватися для аналізу ефективності транспортної системи та розробки стратегій щодо її покращення.

4. TransModeler. Програмне забезпечення для моделювання транспортних систем, яке дозволяє досліджувати різні види транспорту, включаючи дорожній рух, громадський транспорт та вантажні перевезення. Воно також має можливості для аналізу безпеки та зменшення забруднення навколишнього середовища.

5. Quadstone Paramics. Програмне забезпечення для моделювання транспортних систем, яке дозволяє досліджувати дорожній рух та громадський транспорт. Воно має можливості для аналізу ефективності транспортної системи, включаючи швидкість руху, пропускну здатність та час очікування.

6. SUMO. Відкрите програмне забезпечення для моделювання транспортних систем, яке дозволяє досліджувати дорожній рух, громадський транспорт та вантажні перевезення. Воно підтримує різні алгоритми управління рухом, включаючи світлофори та об'єкти автоматичного управління.

7. MATLAB Simulink. Програмне забезпечення для моделювання систем, включаючи транспортні системи. Воно має велику кількість інструментів для розробки транспортних моделей, включаючи можливості для дослідження дорожнього руху та громадського транспорту.

Ці програми для моделювання дорожнього руху можуть бути використані для дослідження різних аспектів транспортної системи, включаючи безпеку, ефективність, затримки, забруднення навколишнього середовища та інші фактори, що впливають на рух транспорту. Вони є корисними інструментами для проектування та оптимізації транспортних систем у містах та на дорогах.

Зважаючи на те, що доступна студентська версія PTV Vissim має увесь необхідний функціонал та дає вичерпуючі можливості, було прийнято рішення про використання саме цього програмного забезпечення для створення моделі руху вибраної ділянки міста. Саме в цій програмі буде створено імітаційну модель перехрещення доріг в центральній частині міста Ніжина та досліджено, як покращити організацію руху для покращення статистичних показників, які дане програмне забезпечення дає можливість відображати.

2.5 Статистика дорожньо-транспортних пригод та аналіз аварійності в районі проектування

Дорожньо-транспортна пригода - це нещасний випадок, що стався на дорозі або в результаті руху транспортних засобів. Це може бути аварія між двома або більше транспортними засобами, зіткнення з перешкодою на дорозі, наїзд на пішохода або іншу нерухому або рухому перешкоду на дорозі [11,5]. Дорожньо-транспортна пригода може мати серйозні наслідки для здоров'я та життя учасників і свідків пригоди, а також для оточуючого середовища. Причини дорожньо-транспортних пригод можуть бути різноманітними і включають в себе як об'єктивні фактори (стан дорожнього покриття, погодні умови, технічна несправність транспортних засобів), так і суб'єктивні (порушення правил дорожнього руху водіями, пішоходами, технічний стан транспортних засобів). Кожна дорожньо-транспортна пригода є унікальною подією, але існують загальні закономірності, які дозволяють виділити основні групи причин ДТП та розробити ефективні заходи щодо їх попередження.

За даними статистики у Чернігівській області області на ділянці дороги по вул. Батюка і Шевченка в період з 2019-2023 рр. було зареєстровано 11 ДТП. У табл. 3.1, та на рис. 3.1 приведено кількість дорожньо-транспортних пригод по рокам.

Таблиця 3.1

Кількість ДТП за останні п'ять років

Рік	2019	2020	2021	2022	2023
Кількість ДТП	2	3	2	3	1

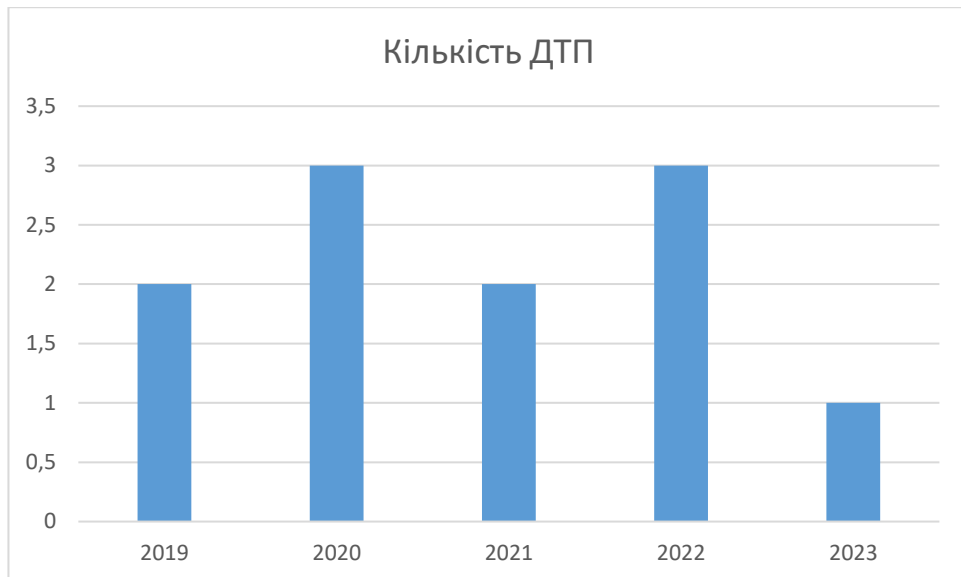


Рис 3.1. Розподіл кількості ДТП по роках

Після аналізування даних щодо аварій за певний період, можна зробити висновок, що в 2019 році багато аварій виникало через алкогольне сп'яніння водіїв автомобілів, у 2020 році - через перевищення швидкості руху транспортними засобами, у 2021 році - через недотримання безпечного інтервалу, у 2022 році - через ігнорування правил дорожнього руху та технічну несправність транспортного засобу, а в 2023 році - через перевищення швидкості руху.

Таблиця 3.2

Кількість ДТП за видами по роках

Вид ДТП	Кількість ДТП				
	2019	2020	2021	2022	2023
Зіткнення	1	-	1	1	1
Перекидання	-	-	-	1	-
Наїзд на пішохода	1	2	-	-	-
Наїзд на перешкоду	-	-	-	1	-
Наїзд на велосипедиста	-	-	1	-	-

Дані про число постраждалих в дорожньо-транспортних пригодах за період з 2019 по 2023 представлені у табл. 3.3, та на рис. 3.3.

Таблиця 3.3

Кількість ДТП за наслідками

Роки	Загіблі	Поранені	Постраждали
2019	-	1	2
2020	1	3	8
2021	-	2	4
2022	-	5	6
2023	-	1	1

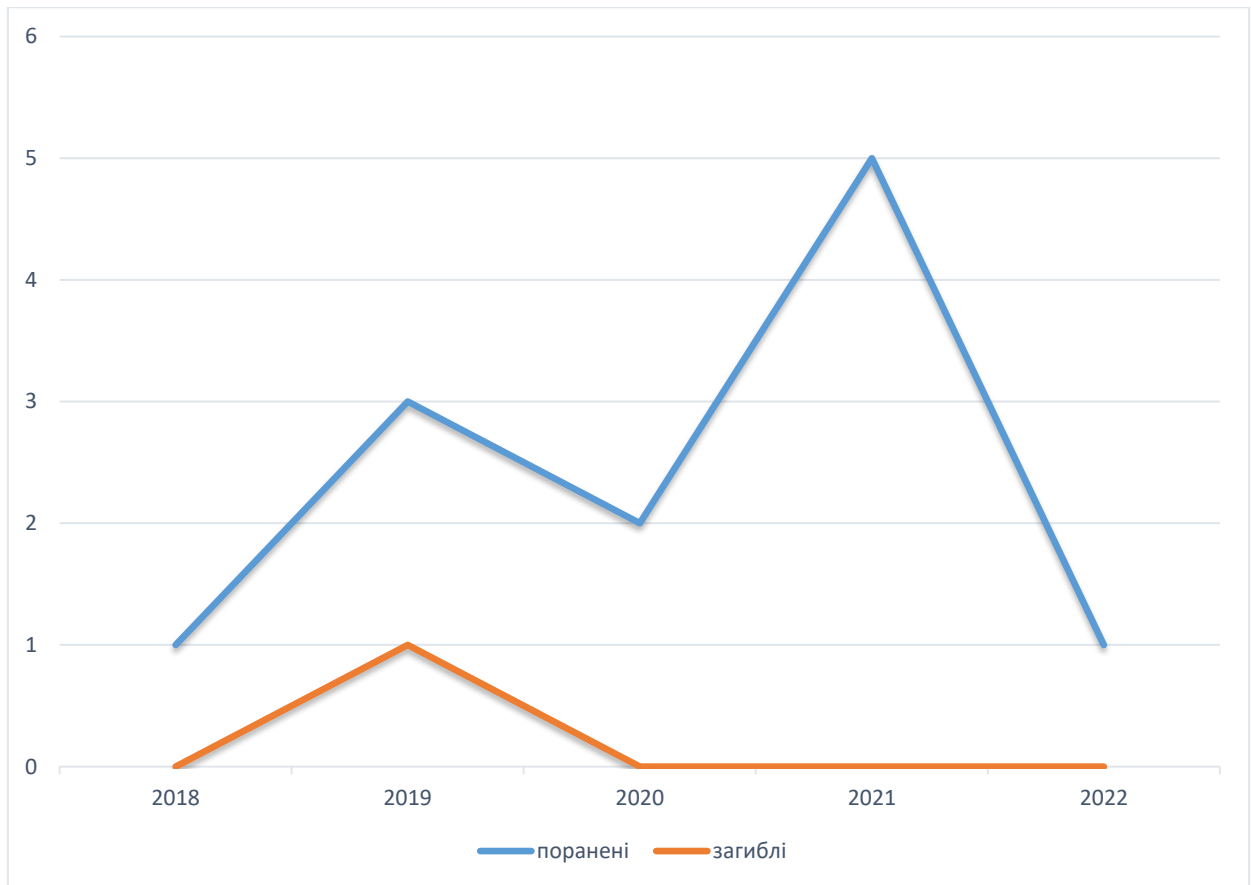


Рис. 3.3. Кількість загиблих та поранених за період

Для оцінки тяжкості наслідків різних ДТП, розрахуємо коефіцієнти тяжкості аварійності:

$$K_{T1} = \frac{\sum n_3}{\sum n_n} \quad (3.2)$$

де n_3 – кількість загиблих в ДТП за 1 рік; n_n – кількість поранених в ДТП за той же період.

$$K_{T2} = \frac{\sum n_3}{\sum n_{\text{ДТП}}} \quad (3.3)$$

де n_3 – кількість загиблих в ДТП за 1 рік; $n_{\text{ДТП}}$ – ДТП за 1 рік.

$$K_{T3} = \frac{\sum n_3}{\sum n_{\text{noc}}} \quad (3.4)$$

де n_3 – кількість загиблих в ДТП за 1 рік; n_{noc} – загальна кількість постраждалих в ДТП за 1 рік;

Зводимо результати розрахунків у таблицю 3.5

Таблиця 3.4

Коефіцієнти тяжкості аварійності

Роки	2019	2020	2021	2022	2023
Коефіцієнт тяжкості аварійності K_{T1}	-	0,33	-	-	-
Коефіцієнт тяжкості аварійності K_{T2}	-	0,33	-	-	-
Коефіцієнт тяжкості аварійності K_{T3}	-	0,13	-	-	-

Отже, за результатами розрахунків коефіцієнт тяжкості аварійності коливається від 0,13 до 0,33, що свідчить про середню тяжкість ДТП.

За останні три повні календарні роки на цій ділянці дороги сталося 6 ДТП, в результаті яких постраждали 11 осіб. Зважаючи на ці дані, можна віднести дану ділянку до категорії «ділянок концентрації ДТП». Для віднесення ділянки до цієї категорії, згідно зі стандартами, необхідно, щоб на ділянці дороги довжиною 1 кілометр сталося чотири або більше ДТП за останні три повні календарні роки.

Середні темпи зміни показників аварійності можуть бути визначені за залежністю:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n \left(ДТП_i - ДТП_{cp} \right) \cdot \left(t_i - t_{cp} \right)}{\sum_{i=1}^n \left(t_i - t_{cp} \right)^2}, \quad (3.5)$$

де $ДТП_i$ – значення показника, що аналізується у момент часу t_i ;

Середнє значення показника $ДТП_i$ за період, що аналізується визначаємо:

$$ДТП_{cp} = \sum_{i=1}^n \frac{ДТП_i}{n}, \quad (3.6)$$

n – число моментів часу, для яких мають значення $ДТП_i$;

$$t_{cp} = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{n}, \quad (3.7)$$

де t_{cp} – середина періоду часу, що аналізується.

Для аналізу показників ДТП на ділянці дороги по вулиці Центральній приймаються розрахункові значення, які враховують кількість ДТП, зареєстрованих на цій ділянці за останні п'ять років.

$$\begin{aligned} ДТП_{cp} &= \frac{2}{5} + \frac{3}{5} + \frac{2}{5} + \frac{3}{5} + \frac{1}{5} = 0,4 + 0,6 + 0,4 + 0,6 + 0,2 = 2,2 \\ t_{cp} &= \frac{1}{5} + \frac{2}{5} + \frac{3}{5} + \frac{4}{5} + \frac{5}{5} = 0,2 + 0,4 + 0,6 + 0,8 + 1 = 3 \\ K &= \frac{-0,6 \cdot (-2) + 0,4 \cdot (-1) + (-0,6) \cdot 0 + 0,4 \cdot 1 + 0,4 \cdot 2}{(1-3)^2 + (2-3)^2 + (3-3)^2 + (4-3)^2 + (5-3)^2} = 0,2 \end{aligned}$$

Для визначення очікуваного числа дорожньо-транспортних подій використовуємо залежність:

$$ДТП_{t_i} = ДТП_{cp} + K \cdot \left(t_i - t_{cp} \right), \quad (3.8)$$

де t_i – моменти часу, для яких розраховується показник аварійності.

Очікуване число дорожньо-транспортних подій на 2024 рік складе:

$$ДТП_{2023} = 2,2 + 0,2 \cdot (5 - 3) = 2,6$$

2.6 Аналіз основних характеристик підсистеми «Транспортні потоки»

Транспортний потік включає всі транспортні засоби, які рухаються одночасно на певній вулично-дорожній ділянці. Рух водія залежить від транспортного потоку, оскільки це впливає на можливість маневрування, швидкість руху транспортного засобу та дотримання безпечної дистанції. Інтенсивність транспортного потоку вимірюється в кількості транспортних засобів, які проїжджають через перетин дороги за певний час. Розрахунковий період часу може бути різним в залежності від мети спостереження. Визначення інтенсивності руху допомагає оцінити стан транспортного потоку та розподіл інтенсивності руху в часі є важливим показником для виділення різних видів транспортних потоків на вулицях і дорогах.

На інтенсивність і склад транспортного потоку впливає безліч факторів, таких як час доби, день тижня, погодні умови, дорожні умови, особливості планування міської території та інші. Розуміння цих факторів дозволяє прогнозувати зміни в транспортному потоці і розробляти ефективні заходи управління дорожнім рухом.

Для подальших розрахунків було проведено дослідження інтенсивності руху на розглядуваній ділянці дороги. Результати досліджень було зведено до таблиці 3.5, а також вони були показані на рисунку 3.4.

Таблиця 3.5

Інтенсивності руху транспортних засобів

Години доби	Годинна інтенсивність авт./год
4-5	49
5-6	127
6-7	249
7-8	597
8-9	546
9-10	489
10-11	511
11-12	421
12-13	398
13-14	425
14-15	456
15-16	407
16-17	413
17-18	583
18-19	561
19-20	539
20-21	362
21-22	312
22-23	287
23-00	244



Рис 3.4 - Графік інтенсивності

При вивченні проекту реконструкції дороги, основним показником для визначення категорії дороги та розміру капіталовкладень є перспективна інтенсивність. Для цього важливо враховувати розмір інтенсивності та її тенденції, які сформувалися в період перед розробкою проекту реконструкції дороги.

Перспективну інтенсивність руху транспортних засобів визначаємо за функціональною залежністю:

$$N_p = N_0 \cdot (1 + \alpha)^t \quad (3.9)$$

Значення середньодобової інтенсивності руху транспортного потоку на перспективу у п'ять років складатиме:

$$N_p = 7943 \cdot (1 + 0,3)^5 = 9208 \text{ авт.}\backslash\text{доба}$$

Значення середньодобової інтенсивності руху транспортного потоку на перспективу у десять років складатиме:

$$N_p = 7943 \cdot (1 + 0,3)^{10} = 10674 \text{ авт.}\backslash\text{доба}$$

У зв'язку з тим, що транспортний потік неоднорідний та для проведення подальших розрахунків ми визначили інтенсивність руху у літній період в приведених одиницях за формулою:

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n \frac{K_{np} \cdot N \cdot C}{100}, \text{од./год.} \quad (3.10)$$

де: K_{np} – коефіцієнт приведення до легкового автомобіля (табл. 3.8); N – інтенсивність руху, авт./год; C – кількість транспортних засобів даного виду у потоці, %.

Таблиця 3.6

Коефіцієнти приведення транспортних засобів

Тип транспортного засобу	Коефіцієнт приведення
Мотоцикли та мопеди	0,5
Легковий автомобіль	1,0
Вантажний автомобіль вантажопідйомністю, т:	
до 2	1,5
від 2 до 6	2,0
від 6 до 8	2,5
Автобус	3,0

Розрахунок приведеної інтенсивності:

$$N_{4-5} = \frac{1 \cdot 46 \cdot 89}{100} + \frac{1.5 \cdot 46 \cdot 11}{100} = 49$$

$$N_{5-6} = \frac{1 \cdot 97 \cdot 86}{100} + \frac{1.5 \cdot 97 \cdot 14}{100} = 104$$

$$N_{6-7} = \frac{1 \cdot 249 \cdot 64}{100} + \frac{1.5 \cdot 249 \cdot 14}{100} + \frac{2 \cdot 249 \cdot 7}{100} + \frac{2.5 \cdot 249 \cdot 7}{100} + \frac{3 \cdot 249 \cdot 8}{100} = 303$$

$$N_{7-8} = \frac{1 * 597 * 71}{100} + \frac{1.5 * 597 * 11}{100} + \frac{2 * 597 * 3}{100} + \frac{3 * 597 * 9}{100} + \frac{0.5 * 597 * 6}{100} = 737$$

$$N_{8-9} = \frac{1 * 546 * 73}{100} + \frac{1.5 * 546 * 9}{100} + \frac{2.5 * 546 * 7}{100} + \frac{3 * 546 * 4}{100} + \frac{0.5 * 546 * 7}{100} = 652$$

$$N_{9-10} = \frac{1 * 489 * 78}{100} + \frac{2 * 489 * 11}{100} + \frac{2.5 * 489 * 6}{100} + \frac{3 * 489 * 3}{100} + \frac{0.5 * 489 * 2}{100} = 611$$

$$N_{10-11} = \frac{1 * 511 * 69}{100} + \frac{2 * 511 * 11}{100} + \frac{2.5 * 511 * 8}{100} + \frac{3 * 511 * 4}{100} + \frac{0.5 * 511 * 8}{100} = 648$$

$$N_{11-12} = \frac{1 * 421 * 71}{100} + \frac{1.5 * 421 * 5}{100} + \frac{2 * 421 * 6}{100} + \frac{2.5 * 421 * 6}{100} + \frac{0.5 * 28 * 8}{100} + \frac{3 * 421 * 4}{100} = 511$$

$$N_{12-13} = \frac{1 * 398 * 73}{100} + \frac{1.5 * 398 * 7}{100} + \frac{2.5 * 398 * 6}{100} + \frac{3 * 398 * 3}{100} + \frac{0.5 * 398 * 11}{100} = 449$$

$$N_{13-14} = \frac{1 * 425 * 77}{100} + \frac{2 * 425 * 10}{100} + \frac{2.5 * 425 * 8}{100} + \frac{3 * 425 * 5}{100} = 561$$

$$N_{14-15} = \frac{1 * 456 * 68}{100} + \frac{2 * 456 * 8}{100} + \frac{2.5 * 456 * 4}{100} + \frac{1.5 * 456 * 8}{100} + \frac{3 * 456 * 6}{100} + \frac{0.5 * 456 * 6}{100} = 579$$

$$N_{15-16} = \frac{1 * 407 * 74}{100} + \frac{1.5 * 407 * 9}{100} + \frac{2 * 407 * 8}{100} + \frac{0.5 * 407 * 5}{100} + \frac{3 * 407 * 4}{100} = 480$$

$$N_{16-17} = \frac{1 * 413 * 81}{100} + \frac{1.5 * 413 * 6}{100} + \frac{2.5 * 413 * 6}{100} + \frac{0.5 * 413 * 4}{100} + \frac{3 * 413 * 3}{100} = 479$$

$$N_{17-18} = \frac{1 * 583 * 76}{100} + \frac{2 * 583 * 8}{100} + \frac{1.5 * 583 * 3}{100} + \frac{2.5 * 583 * 5}{100} + \frac{3 * 583 * 4}{100} + \frac{0.5 * 583 * 4}{100} = 717$$

$$N_{18-19} = \frac{1 * 561 * 66}{100} + \frac{1.5 * 561 * 9}{100} + \frac{2 * 561 * 8}{100} + \frac{2.5 * 561 * 5}{100} + \frac{3 * 561 * 4}{100} + \frac{0.5 * 561 * 8}{100} = 695$$

$$N_{19-20} = \frac{1 * 539 * 65}{100} + \frac{1.5 * 539 * 11}{100} + \frac{2 * 539 * 7}{100} + \frac{2.5 * 539 * 10}{100} + \frac{3 * 539 * 7}{100} = 762$$

$$N_{20-21} = \frac{1 * 362 * 76}{100} + \frac{1.5 * 362 * 4}{100} + \frac{2.5 * 362 * 5}{100} + \frac{3 * 362 * 6}{100} + \frac{0.5 * 362 * 9}{100} = 445$$

$$N_{21-22} = \frac{1 * 312 * 76}{100} + \frac{2 * 312 * 6}{100} + \frac{1.5 * 312 * 12}{100} + \frac{3 * 312 * 6}{100} = 386$$

$$N_{22-23} = \frac{1 * 287 * 78}{100} + \frac{1.5 * 287 * 16}{100} + \frac{3 * 287 * 6}{100} = 344$$

$$N_{23-24} = \frac{1 * 244 * 82}{100} + \frac{1.5 * 244 * 14}{100} + \frac{2 * 312 * 1}{100} + \frac{0.5 * 244 * 3}{100} = 256$$

Результати розрахунків зведені у табл. 3.7 та наведені на рис 3.5

Таблиця 3.7

Приведена інтенсивність руху

Години доби	Всього ТЗ	Вид транспортного засобу						Приведена інтенсивність
		Легові авто	Вантажні до 2т.	Вантажні від 2 до 6 т.	Вантажні відб до 8 т.	Автобуси	Мотоцикли	
4-5	46	41	5	-	-	-	-	49
5-6	97	83	14	-	-	-	-	104
6-7	249	160	35	17	17	20	-	303
7-8	597	424	65	18	-	54	36	737
8-9	546	399	49	-	38	21	39	652
9-10	489	381	-	53	29	15	11	611
10-11	511	352	-	56	41	21	41	648
11-12	421	299	21	26	26	15	34	511
12-13	398	291	28	-	24	12	43	449
13-14	425	327	-	43	34	21	-	561
14-15	456	310	36	36	18	27	29	579
15-16	407	301	36	32	-	16	22	480
16-17	413	334	25	-	25	13	16	479
17-18	583	443	18	46	29	23	24	717
18-19	561	370	50	44	28	23	46	695
19-20	539	350	59	39	53	38	-	762
20-21	362	275	15	-	18	22	32	445
21-22	312	237	37	18	1	19	-	386
22-23	287	223	45	2	-	17	-	344
23-00	244	200	34	1	-	-	9	256

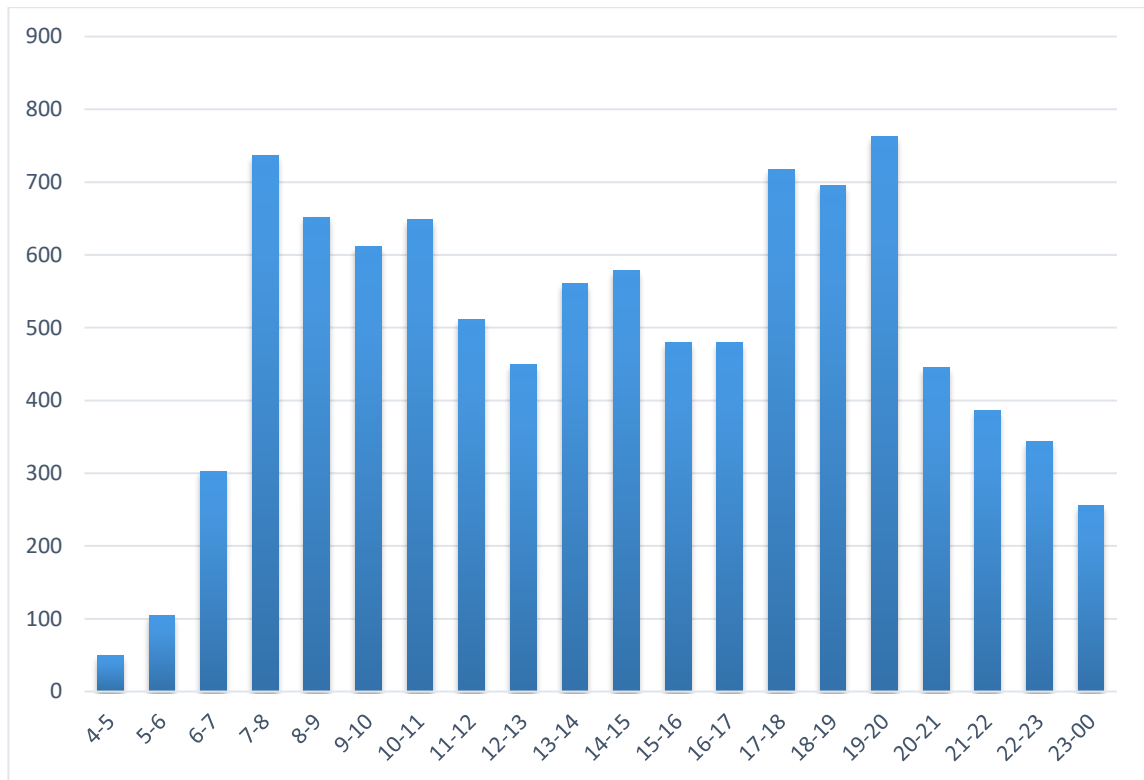


Рис. 3.5. Графік приведеної інтенсивності

На основі проведених спостережень було виявленні коефіцієнти коливання інтенсивності по дням тижня (табл. 3.8) а також на протязі року (табл. 3.9)

Таблиця 3.8

Коефіцієнти коливання інтенсивності по дням тижня

Дні тижня	Понед.	Вівтор.	Серед.	Четвер.	П'ятн.	Субот.	Нед.
Частка інтенсивності по відношенню до неділі	0,82	0,73	0,92	0,85	0,98	0,94	1

Таблиця 3.9

Коливання інтенсивності на протязі року

Місяць року	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Частка	0.06	0.04	0.06	0.08	0.1	0.12	0.12	0.11	0.1	0.08	0.06	0.07

Найважливішим показником у дорожньому русі є швидкість руху, яка є необхідною функцією на дорозі. Щодо характеристик транспортного засобу на автодорозі, найбільш прийнятним може бути графік, що відображає зміну швидкості руху транспортного засобу протягом усього маршруту.

У дорожньому русі розрізняють два показники швидкості: середня швидкість транспортного потоку, яка відображає середнє значення швидкості руху всіх транспортних засобів у потоці, та миттєва швидкість руху, яка відображає швидкість руху конкретного транспортного засобу в певному місці в певний час. Було проведено дослідження миттєвої швидкості руху автомобілів на розглядуваній ділянці дороги. Результати приведені в таблиці 3.

Таблиця 3.10

Результати дослідження миттєвої швидкості руху транспортних засобів

N	Довжина ділянки, м	Час, с	Швидкість	
			м/с	км/год
1	50	4,10	12,2	43,9
2	50	3,00	16,7	60,0
3	50	5,80	8,6	31,0
4	50	2,90	17,2	62,1
5	50	2,10	23,8	85,7
6	50	3,40	14,7	52,9
7	50	5,20	9,6	34,6
8	50	3,30	15,2	54,5
9	50	3,20	15,6	56,3
10	50	3,10	16,1	58,1
11	50	2,90	17,2	62,1
12	50	2,70	18,5	66,7
13	50	3,90	12,8	46,2
14	50	4,00	12,5	45,0
15	50	3,70	13,5	48,6
16	50	2,70	18,5	66,7
17	50	2,90	17,2	62,1
18	50	3,40	14,7	52,9
19	50	3,20	15,6	56,3
20	50	3,80	13,2	47,4
21	50	2,80	17,9	64,3
22	50	3,10	16,1	58,1
23	50	3,00	16,7	60,0
24	50	4,10	12,2	43,9
25	50	2,80	17,9	64,3
26	50	2,30	21,7	78,3
27	50	2,90	17,2	62,1
28	50	2,70	18,5	66,7

Продовження таблиці 3.10

29	50	2,6	19,2	69,2
30	50	2,9	17,2	62,1
31	50	3	16,7	60,0
32	50	3,1	16,1	58,1
33	50	3,4	14,7	52,9
34	50	2,9	17,2	62,1
35	50	3,3	15,2	54,5
36	50	4,6	10,9	39,1
37	50	5,2	9,6	34,6
38	50	3,1	16,1	58,1
39	50	2,6	19,2	69,2
40	50	4,9	10,2	36,7
41	50	6,1	8,2	29,5
42	50	3,2	15,6	56,3
43	50	2,7	18,5	66,7
44	50	2,8	17,9	64,3
45	50	3,2	15,6	56,3
46	50	3,6	13,9	50,0
47	50	2,2	22,7	81,8
48	50	7,2	6,9	25,0
49	50	4,7	10,6	38,3
50	50	3,4	14,7	52,9
51	50	3,5	14,3	51,4
52	50	4,2	11,9	42,9
53	50	2,9	17,2	62,1
54	50	8,1	6,2	22,2
55	50	5,1	9,8	35,3
56	50	5	10,0	36,0
57	50	4,8	10,4	37,5
58	50	5,7	8,8	31,6
59	50	4,2	11,9	42,9

Продовження таблиці 3.10

60	50	3,4	14,7	52,9
61	50	5,8	8,6	31,0
62	50	3,4	14,7	52,9
63	50	6	8,3	30,0
64	50	2,8	17,9	64,3
65	50	4,4	11,4	40,9
66	50	4,5	11,1	40,0
67	50	3,4	14,7	52,9
68	50	6,7	7,5	26,9
69	50	4,8	10,4	37,5
70	50	5,3	9,4	34,0
71	50	2,2	22,7	81,8
72	50	8,1	6,2	22,2
73	50	4,3	11,6	41,9
74	50	7,1	7,0	25,4
75	50	4,3	11,6	41,9
76	50	6,1	8,2	29,5
77	50	5,1	9,8	35,3
78	50	3,3	15,2	54,5
79	50	3,4	14,7	52,9
80	50	4,1	12,2	43,9
81	50	2,1	23,8	85,7
82	50	6	8,3	30,0
83	50	8,1	6,2	22,2
84	50	7,1	7,0	25,4
85	50	6,8	7,4	26,5

Продовження таблиці 3.10

86	50	3,7	13,5	48,6
87	50	2,9	17,2	62,1
88	50	5	10,0	36,0
89	50	4,7	10,6	38,3
90	50	3,8	13,2	47,4
91	50	3,5	14,3	51,4
92	50	3,2	15,6	56,3
93	50	2,8	17,9	64,3
94	50	2,4	20,8	75,0
95	50	4,3	11,6	41,9
96	50	5,7	8,8	31,6
97	50	4,9	10,2	36,7
98	50	3,7	13,5	48,6
99	50	4,1	12,2	43,9
100	50	3,3	15,2	54,5

Результати дослідження швидкості руху зведені у табл. 3.11

Таблиця 3.11 - Дослідження миттєвої швидкості транспортних засобів

Інтервал руху, Км/год	ТЗ у данному інтенсив		Накопичений %
	Кількість	%	
20-25	2	2	2
25-30	7	7	9
30-35	6	6	15
35-40	11	11	26
40-45	12	12	38
45-50	7	7	45
50-55	16	16	61
55-60	13	13	74
60-65	13	13	87
65-70	6	6	93
70-75	1	1	94
75-80	2	2	96
80-85	2	2	98
85-90	2	2	100,0

Ми скористалися отриманими даними з таблиці 3.13, щоб створити кумулятивну криву миттєвих швидкостей руху (рис. 3.10) та графік розподілу швидкості руху (рис. 3.11).

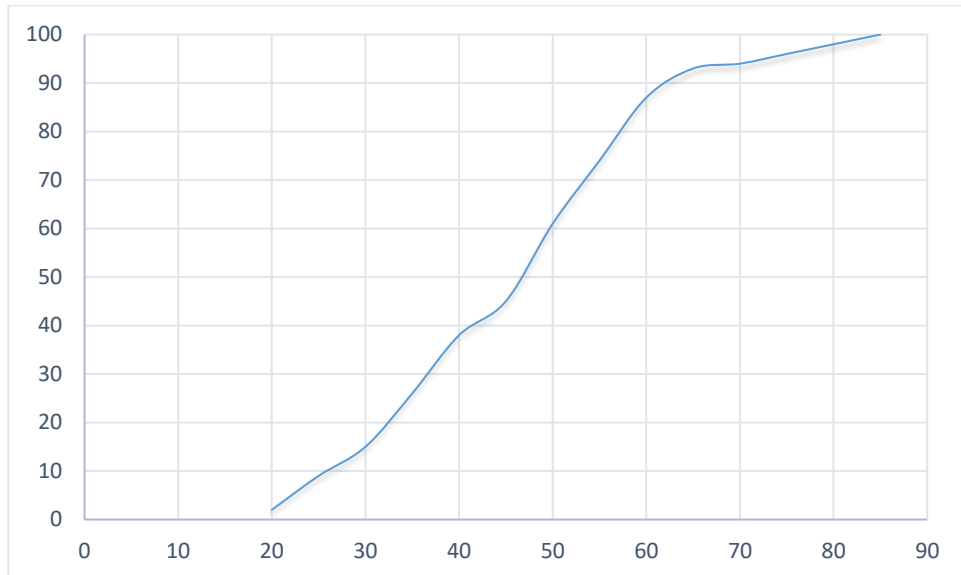


Рис. 3.6. Кумулятивна крива миттєвих швидкостей

Ми провели розрахунки та визначили, що при 15% забезпеченості швидкість становить 30,8 км/год, при 50% - 50,6 км/год, а при 85% - 60,9 км/год. Склад транспортного потоку впливає на те, наскільки дорога буде завантаженою, оскільки різниця у розмірах різних видів транспорту значно відрізняється.

Для більшої інформативності представляємо склад транспортного потоку, по досліджувальній ділянці дороги в вигляді рисунку.

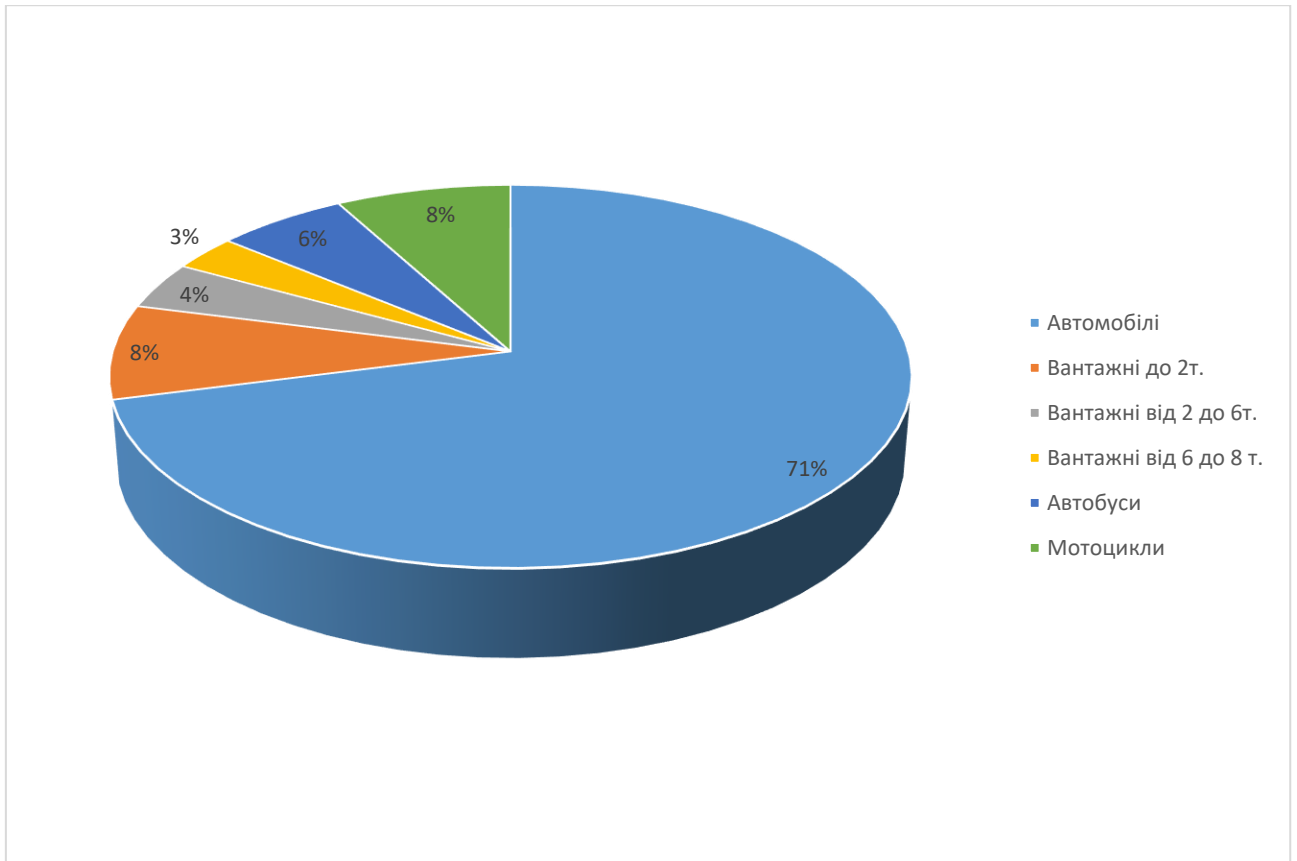


Рис 3.7. Склад транспортного потоку

2.7 Розрахунок пропускної здатності та рівня завантаження

Показник, який вказує на ефективність автодоріг - це їх пропускна здатність. Це означає максимальну кількість автомобілів, які можуть проїхати через дорогу за певний час. Існують два види пропускної здатності: теоретична, яка вимірюється на ідеально рівній і гладкій ділянці дороги в сприятливих умовах, та практична, яка враховує реальні умови дороги. Практична пропускна здатність розраховується за певною формулою для ділянки з гіршими умовами порівняно з теоретичною.

Визначення пропускної здатності дороги є важливим завданням для планування та проектування транспортних систем. Знаючи пропускну здатність дороги, можна оцінити її відповідність існуючому і перспективному транспортному потоку, розробити заходи щодо розширення пропускної здатності при необхідності, а також оптимізувати рух транспортних засобів.

Крім того, пропускна здатність є одним з основних показників ефективності роботи транспортної системи в цілому.

$$P = B \cdot P_{max} \quad (3.11)$$

Де B – підсумковий коефіцієнт зниження пропускної здатності; P_{max} – максимальна пропускна здатність, легк. авт./год. За кількості коефіцієнтів β менше чотирьох підсумковий коефіцієнт визначаємо так: $B = \beta_1 \cdot \beta_2 \dots \beta_{15}$

Під час розрахунків рекомендується виходити з наступних значень величини максимальної пропускної здатності P_{max} для двосмугових доріг – 2000 легк. авт./год. (в обидва напрямки).

Ми проаналізували властивості ділянки дороги та розрахували коефіцієнти, які впливають на зменшення її пропускної здатності (табл. 3.12, табл. 3.13, табл. 3.14, табл. 3.15).

Таблиця 3.12

Значення коефіцієнта зниження пропускної здатності β_1

Автомобільна дорога	Ширина, м		β_1
	смуги	Проїзної частини	
Багатосмугова	$\leq 3,0$	-	0,9
	3,5	-	0,96
	$\geq 3,75$	-	1
двосмугові	-	6,0	0,85-0,54
	-	7,0	0,9-0,71
	-	7,5	1,0-0,87

Коефіцієнта зниження пропускної здатності $\beta_1 = 0,85$

Таблиця 3.13

Значення коефіцієнта зниження пропускної здатності β_6

Відстань видимості м	<50	50-100	100-150	150-250	250-350	>350
Коефіцієнт β_6	0,68	0,73	0,80	0,84	0,98	1,0

Коефіцієнта зниження пропускної здатності $\beta_6 = 0,98$

Таблиця 3.14

Значення коефіцієнта зниження пропускної здатності β_7

Радіус кривої в плані м	>600	600-450	450-250	250-100	<100
Коефіцієнт β_7	1,0	0,99	0,96	0,9	0,85

Коефіцієнта зниження пропускної здатності $\beta_7 = 0,9$

Таблиця 3.15

Значення коефіцієнта зниження пропускної здатності β_{15}

Число автобусів у потоці, %	β_{15} за числом легкових автомобілів у потоці, %					
	70	60	40	30	20	10
1	0,82	0,76	0,74	0,72	0,70	0,68
5	0,80	0,75	0,72	0,71	0,69	0,66
10	0,77	0,73	0,71	0,69	0,67	0,65
15	0,75	0,71	0,69	0,67	0,66	0,64
20	0,73	0,69	0,68	0,66	0,64	0,62
30	0,70	0,66	0,64	0,63	0,61	0,60

Коефіцієнта зниження пропускної здатності $\beta_{15} = 0,8$

Таким чином підсумковий коефіцієнт зниження пропускної здатності визначається за формулою:

$$B = \beta_1 \cdot \beta_6 \cdot \beta_7 \cdot \beta_{15} = 0,85 \cdot 0,98 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 0,6 \quad (3.12)$$

Таким чином практична пропускна здатність на ділянці дороги по вул. Саннікова дорівнює:

$$P = 0,6 \cdot 2000 = 1200 \text{ авт./год}$$

На підставі проведених розрахунків щодо визначення інтенсивності руху та пропускної здатності рівень завантаження ділянки дороги по вул. Саннікова становить:

$$Z = \frac{N}{P} = \frac{737}{1200} = 0,61, \quad (3.13)$$

Рівень завантаження на ділянці дороги по вулиці Батюка становить 0,61. На підставі розрахунків встановлено, що на ділянці дороги умови руху характеризуються рівнем зручності «В».

Таким чином, на рівних ділянках автомобільних доріг основними факторами, які впливають на рух, є інтенсивність, швидкість, склад та щільність транспортного потоку. Інтенсивність руху визначається шляхом підрахунку кількості транспортних засобів, які проїжджають через перехрестя дороги за певний проміжок часу (рік, день, годину).

Річна інтенсивність руху визначається кількістю автомобілів, які проїжджають через перехрестя дороги протягом року, і використовується для оцінки навантаження на ділянку дороги протягом року. Щоб оцінити відповідність параметрів дороги вимогам автомобільного транспорту та для планування заходів з покращення дорожніх умов, річну інтенсивність руху ділять на кількість робочих днів у році, щоб отримати середньорічну добову інтенсивність руху.

2.8 Вдосконалення організації руху на розглядуваній ділянці дороги

Використовуючи дані таблиці 3.16 ми встановили що для підвищення безпеки на вулиці Батюка та прилеглих до неї вулиць необхідно встановити: додаткові дорожні знаки та нанести додаткову розмітку на проїжджу частину.

Таблиця 3.16

Характер заходів з вибору засобів регулювання

Рівень зручності	Рівень завантаження, z	Характер заходів
А	0,2	Попереджувальні знаки, розмітка проїзної частини, направляючі пристрої
Б	0,2 – 0,5	Знаки і розмітка, що обмежують маневр та попереджають про зміну дорожніх умов, вказівні стріли, світлові інформаційні табло рекомендованих швидкостей руху, багатопозиційні знаки
В	0,5 – 0,75	Розмітка проїзної частини, що дублюється знаками, вказівні стріли; багатопозиційні знаки; світлофори, знаки, острівці
Г	0,75 – 0,9 1,0	Автоматизовані системи регулювання; знаки, що дублюють розмітку; знаки, що рекомендують дистанції руху; світлові табло з зазначенням швидкостей та смуг руху

З урахуванням рівня завантаження ($z = 0,61$) ми пропонуємо на розглядуваній ділянці дороги встановити світлофорне регулювання й нанести додаткову розмітку.

Висновки до 2 розділу

В даному розділі було проаналізовано комплекс заходів з підвищення ефективності організації дорожнього руху, представлені оцінки ефективності цих заходів, обґрунтовано чому саме було обрано даний об'єкт в місті Ніжин та було приведено список сучасних програмних рішень для створення імітаційних моделей. На основі доступності програмного забезпечення та наявного функціоналу було обрано програму PTV Vissim для подальшої роботи. Було досліджено інтенсивність руху транспортних засобів, розраховано пропускну здатність, коефіцієнт аварійності та обрано заходи з покращення безпеки руху на даній ділянці дороги.

Розділ 3. Організація охорони праці та навколишнього середовища

3.1 Заходи по забезпеченню безпеки праці водіїв на автомобільному транспорті

Основними положення які створюють правову основу охорони праці на транспорті є:

- Правила охорони праці на автомобільному транспорті
- Закон України «Про охорону праці»
- Кодекс законів про працю України
- Закон України «Про дорожній рух»
- Правила дорожнього руху України
- Конституція України
- Правила технічної експлуатації рухомого складу
- Санітарні норми
- Правила перевезень вантажів автомобільним транспортом

Оскільки автомобіль розглядається як джерело підвищеної небезпеки, то й вимоги необхідні для його експлуатації вищі.

Закон вимагає створення служби охорони праці на підприємствах, якщо кількість працюючих дорівнює 50 чоловік і більше. Якщо чисельність працівників менше ніж 50 чоловік, то ці обов'язки може виконувати людина яка пройшла спеціальну підготовку. Щодо чисельності фахівців, то від 50 до 500 працівників дозволяється мати лише 1 фахівця з охорони праці, якщо працюючих від 501 і до 1000 – має бути вже 2 фахівця. З особливостей цієї служби можна назвати те, що вона підпорядковується безпосередньо керівникові підприємства і ліквідація цієї служби неможлива (вийняток: ліквідація підприємства).

Відповідно до вимог закону, всі працівники, які приймаються на роботу, проходять інструктаж з техніки безпеки на підприємстві. Якщо робота працівника пов'язана з підвищеною небезпекою, то проводиться спеціальне навчання та один раз на рік перевіряються знання відповідних норм і актів охорони праці. Оскільки роботу водіїв відносять до робіт підвищеної небезпеки, то необхідно проводити повторні інструктажі через деякі проміжки часу, а також в випадках коли фіксується порушення.

На території АТП повинна бути розроблена схема руху автомобілів, прописана дозволена максимальна швидкість і позначені небезпечні ділянки спеціальними дорожніми знаками, або розміткою. Зберігання швидко займистих матеріалів (паливо, технічні суміші) та змащувальних матеріалів для обслуговування транспортних засобів дозволено тільки в спеціальних тарах й у вогнестійкому приміщенні яке виключає потрапляння прямих променів світла. Зони ремонту і обслуговування повинні мати достатньо освітлення та триматися в чистоті [19].

Забезпечення безпеки неможливе без впевненості в технічному стані транспортного засобу водія. Справний технічний стан є запорукою безвідмовної роботи всіх основних систем автомобіля, що дозволить уникнути дорожньо-транспортних пригод з вини транспортного засобу. Перед кожним рейсом повинен проводитися огляд автомобіля на предмет виявлення несправностей. Крім передрейсового огляду потрібно дотримуватись правил та норм експлуатації. Контролювати рівень рідин, стан шин, гальмівних колодок, дисків та інших деталей, які з часом зношуються і потребують заміни. Норми пробігу до заміни встановлені заводом виробником і на даному підприємстві ведеться контроль в спеціальному журналі технічної служби.

В дорозі водій має: не допускати створення небезпечних ситуацій з іншими учасниками дорожнього руху та пішоходами, дотримуватися безпечної дистанції й бічного інтервалу, не перевищувати максимально дозволеної швидкості руху, а за потреби забезпечення безпеки - зменшити її до мінімальної, використовувати всі засоби пасивної безпеки, які встановлені заводом-

виробником, не виконувати маневри в безпеці яких він не впевнений, слідкувати, щоб вантаж не забруднював проїжджу частину та не створював небезпеки іншим.

Безпосередньо перед виїздом водій особисто зобов'язаний перевірити транспортний засіб, а також всі супроводжуючі документи (посвідчення водія, технічний паспорт та інше). При перевірці автомобіля потрібно:

1. перевірити справність гальмівної системи, рульового управління, відсутність підтікання палива, а також моторного масла;
2. перевірити наявність резервного колеса, противідкатних упорів, аптечки, домкрата та вогнегасника;
3. перевірити тиск повітря в шинах;
4. наявність ремонтних інструментів.

Заправка автомобіля паливом можлива тільки за умови вимкненого двигуна. На пунктах, де проводиться заправка транспортних засобів, заборонено: палити, вільно користуватися джерелами відкритого вогню, залишати пасажирів в салоні, допускати розливання пального.

Знаходячись в дорозі водій повинен вибирати безпечну швидкість руху, яка не повинна перевищувати максимальну дозволена на певній частині маршруту. При недостатній видимості, або оглядовості - швидкість повинна бути зменшена для виконання умов безпеки руху транспортних засобів. Стоянка та зупинка повинна виконуватись в спеціально відведених місцях, які не затрудняють проїзд інших учасників руху. Залишаючи транспортний засіб водій повинен вжити заходів, які унеможливають самовільний рух автомобіля (зупинити двигун, використати стоянкове гальмо), а також перед виходом з кабіни переконатися в безпеці (слизькі поверхні, ями, автомобілі в попутному та зворотньому напрямку).

Протипожежна безпека на автомобільному транспорті вимагає в автотранспортному засобі наявності вогнегасника (якщо це вантажний автомобіль то кількість вогнегасників повинна бути не менше 2). Вогнегасник повинен бути легкодоступним і готовим до використання в будь-який момент

часу. За технічний стан вогнегасників, їх наявність та їх заправленість несе відповідальність водій транспортного засобу, за яким закріплено даний автомобіль. При перевезеннях за межами кабіни автомобіля, якщо це вантажний автомобіль, також повинен знаходитись вогнегасник об'ємом не менше двох літрів. Вантажні автомобілі обладнуються порошковими вогнегасниками ВП-5, ВП-6, ВП-9. Вогнегасник має бути заряджений і повинен бути готовий до використання в разі незвичайної ситуації.

3.2 Екологічний аспект організації дорожнього руху сучасних міст

У сучасному світі питання екології та сталого розвитку стають дедалі більш актуальними, і для міст України це питання має особливе значення. Міста стикаються з серйозними екологічними викликами, такими як забруднення повітря, недостатня якість води та накопичення відходів. Зелені технології можуть суттєво зменшити викиди забруднюючих речовин, покращити якість води й оптимізувати управління відходами.



Рис. 3.1 – Діаграма забруднення повітря на прикладі м. Києва 2024 рік

Зелені технології сприяють сталому розвитку міст, дозволяючи поєднувати економічний ріст, соціальну справедливість та екологічну стійкість. Вони допомагають формувати «зелену» інфраструктуру, що позитивно впливає на якість життя мешканців. Крім того, впровадження цих технологій може призвести до зниження витрат на енергію, підвищення енергоефективності будівель і транспорту, а це в свою чергу стимулює розвиток місцевої економіки та створення нових робочих місць у сферах відновлювальних джерел енергії та переробки відходів.

Здоров'я населення також виграє від зменшення забруднення повітря та поліпшення екологічних умов у містах. Зелені зони, парки та сквери не лише сприяють фізичній активності, а й покращують психоемоційний стан громадян. Важливо також, що впровадження зелених технологій підвищує екологічну свідомість населення, формуючи культуру відповідального споживання та охорони довкілля.

Багато міст України прагнуть відповідати міжнародним екологічним стандартам і домовленостям, наприклад, Паризькій угоді. Розвиток зелених технологій є важливим кроком у досягненні цих цілей. Зрештою, ці технології дозволяють містам адаптуватися до змін клімату, роблячи їх більш стійкими до природних катастроф і екстремальних погодних умов.

Екологічний підхід до організації дорожнього руху в містах набуває все більшої актуальності в умовах зростання урбанізації та забруднення довкілля. Розробка транспортних схем з урахуванням екологічних чинників зниження пошкодження викидів шкідливих речовин, зменшення шумового забруднення та покращення якості життя міських жителів. Для цього впроваджувати комплексні рішення, які є перевагою громадського транспорту, розвитку велосипедної та пішої інфраструктури.

Одним із ключових заходів є створення вивільнених смуг для електротранспорту та автобусів, що стимулює людей відмовлятися від приватних авто на ринку екологічних видів транспорту. Крім того, активне впровадження зони з обмеженням швидкості та «зелених коридорів» допоможе

не лише знизити рівень викидів, але й безпечніше середовище для пішоходів та велосипедистів. Оптимізація дорожньої інфраструктури з урахуванням екологічних аспектів є успіхом на шляху до створення комфортних, чистих і сталих.

Екологічні аспекти організації дорожнього руху вже знаходять своє втілення у багатьох містах світу. Наприклад, у Копенгагені надається перевага велосипедистам — для них побудовані окремі доріжки, а також створені спеціальні «зелені хвилі» світлофорів, які дозволяють велосипедистам проїжджати вулицями без зупинок у пікові години. Це не лише знижує викиди CO₂, а й мотивує мешканців вибирати екологічний транспорт.

Ще один приклад — Лондон, де введено плату за в'їзд до центру міста для приватних автомобілів. Такий захід допоможе зменшити трафік у центральній частині міста, знизити рівень забруднення та стимулювати розвиток громадського транспорту. В результаті все більше людей обір

У Мілані, в рамках проєкту «Area C», також запроваджено обмеження на в'їзд авто до історичного центру. Це лише зменшило навантаження на вузькі вулиці, а й дозволило місту збільшити кількість зелених зон і простору для піших проходів. Крім того, вільні від автомобільних зон сприяють розвитку місцевих бізнесів та створюють більш привабливий простір для мешканців і туристів.

Ці приклади показують, як екологічний підхід до організації руху може змінити вигляд міста, зробити його комфортнішим та безпечнішим для життя.

Запровадження екологічних рішень у керуванні дорожнім рухом за допомогою моделювання в програмі PTV Vissim є ефективним способом оптимізації транспортних процесів з урахуванням екологічних факторів. PTV Vissim дозволяє моделювати трафік і прогнозувати вплив різних сценаріїв на навколишнє середовище, що особливо корисно при плануванні екологічно безпечно.

За допомогою PTV Vissim можна створювати різні моделі трафіку, які імітують поведінку учасників дорожнього руху, такі як автомобілі, велосипедисти та пішоходи. Це програмне забезпечення дає можливість

розробити сценарії для зменшення заторів, що автоматично зменшує кількість викидів CO₂ та інших шкідливих речовин, які виділяються під час простоїв автомобілів. Наприклад, PTV Vissim дозволяє оптимізувати налаштування світлофорів, забезпечуючи «зелену хвилю», мінімізувати зупинки на світлофорах, що значно зменшує кількість викидів і шумове забруднення.

Крім того, у PTV Vissim можна моделювати сценарії розвитку інфраструктури громадського транспорту та велосипедних доріжок.

3.3 Вплив заторів на забруднення повітря в містах

Автомобілі є одним з головних джерел численних забруднювачів повітря в містах. У повільному трафіку транспортні засоби змушені довше залишатися на дорозі, працюючи на холостому ходу, повільно рухаючись і часто зупиняючись, що призводить до збільшення обсягу викидів. Спалювання палива утворює безліч шкідливих речовин, що негативно впливають на здоров'я людей, тварин і рослин у довкіллі.

До основних шкідливих викидів від автомобілів належать:

Діоксид азоту (NO₂) і оксиди азоту (NO_x): ці речовини шкодять рослинам, викликаючи пошкодження листя, уповільнення росту та зниження врожайності. NO₂ та інші оксиди азоту реагують з водою, киснем та іншими хімічними сполуками в атмосфері, утворюючи кислотні дощі, які шкодять чутливим екосистемам, наприклад, озерам і лісам.

Чадний газ (CO): хоча CO не впливає безпосередньо на глобальну температуру, він знижує здатність атмосфери очищатися від інших забруднювачів. Разом з іншими речовинами і під впливом сонячного світла він бере участь у формуванні озону.

Вуглекислий газ (CO₂): CO₂ — найпоширеніший парниковий газ, який утримує тепло на Землі, необхідне для життя. Однак зростання його концентрації порушує природний парниковий ефект, спричиняючи перегрів планети.

Незгорілі вуглеводні (HCs): ці речовини взаємодіють з сонячним світлом і забруднювачами, такими як оксиди азоту, утворюючи озон (O_3), головний компонент фотохімічного смогу. Це посилює парниковий ефект, руйнує озоновий шар і впливає на фотосинтез у рослин.

Бензол: реагуючи з іншими речовинами, бензол сприяє утворенню смогу, прилипає до опадів і забруднює ґрунт і воду, де затримується на тривалий час. Вплив бензолу на флору і фауну може бути значнішим, ніж передбачалося раніше.

Формальдегід: дуже токсичний для риб, молюсків та інших водних організмів, він завдає шкоди екосистемам річок, озер і океанів.

Дорожні затори не лише погіршують екологічну ситуацію, спричиняючи забруднення повітря і шумове забруднення, але й знижують якість життя. Крім того, затори збільшують час у дорозі та витрати палива, що негативно впливає на продуктивність, економіку та суспільство.

Один з основних наслідків заторів – це збільшення обсягу викидів шкідливих речовин у повітря. У ділянках, де транспорт рухається повільно або часто зупиняється, автомобілі працюють на холостому ході, спалюючи паливо та виділяючи діоксид вуглецю (CO_2), оксиди азоту (NO_x), чадний газ (CO) та незгорілі вуглеводні (HCs). Це призводить до накопичення токсичних речовин у повітрі, що має негативний вплив на здоров'я мешканців. Дихання забрудненим повітрям підвищує ризик розвитку захворювань дихальної системи, серцево-судинних захворювань і навіть онкологічних хвороб.

Особливо складною є ситуація в районах, де багато людей працює або проживає поблизу джерел забруднення. Згідно з дослідженнями, постійна експозиція до високих концентрацій шкідливих викидів у повітрі може негативно вплинути на дітей та літніх людей, знижуючи імунітет і погіршуючи якість життя.

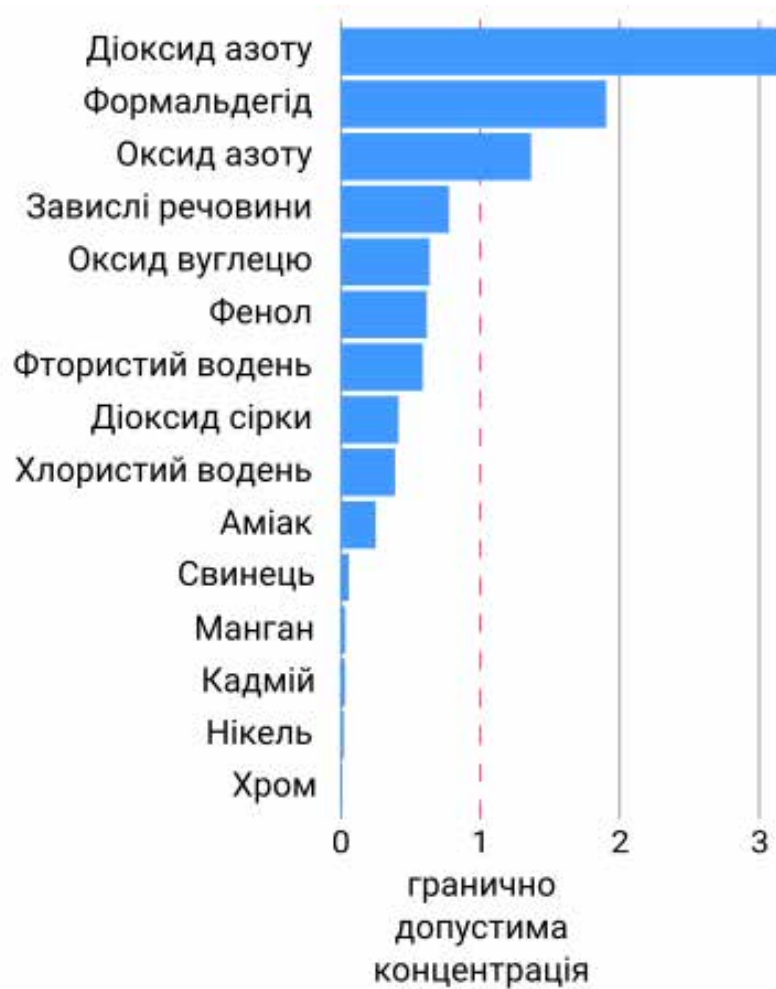


Рис. 3.2 – Концентрація шкідливих речовин у повітрі згідно дослідження Гідрометричної служби на 2024 рік

Постійне перебування у заторах викликає стрес, тривогу та роздратування у водіїв. Накопичення негативних емоцій знижує якість життя та може призвести до порушень психічного здоров'я. Люди, які регулярно стикаються із заторами, відчувають втому, зменшення мотивації та підвищену тривожність.

Затори також погіршують соціальну взаємодію між людьми. Час, витрачений у заторах, – це втрачені години, які могли б бути присвячені сім'ї, друзям або іншим важливим аспектам життя. Водії часто втрачають час на дорогах, що змушує їх скорочувати відпочинок, відмовлятися від соціальних активностей або скорочувати час, проведений із близькими.

Затори впливають не лише на повітря, а й на інші елементи екосистеми ділянки міста. Постійний рух та викиди від автомобілів можуть пошкодити зелені насадження, зокрема дерева та чагарники, які розташовані вздовж доріг.

Підвищений рівень забруднення та пилу може призвести до хімічного забруднення ґрунтів і зниження їх родючості.

Крім того, шумове забруднення є ще одним серйозним фактором. Гучність звуків від працюючих двигунів, сигналів та руху транспорту негативно впливає на тварин і рослини. У районах з високим рівнем шуму знижується популяція птахів, що впливає на біорізноманіття та екосистему в цілому.

3.4 Оптимізація транспортної мережі як спосіб зменшення впливу автомобілів на екологію

Зростання міських агломерацій та інтенсивності руху автомобілів спричиняють серйозні проблеми для екології та якості життя мешканців міст. Однією з найважливіших задач сучасних міст є пошук способів зменшення викидів шкідливих речовин, зокрема за рахунок оптимізації дорожнього руху. Цей підхід не лише дозволяє знизити обсяги викидів від автомобілів, але й сприяє економії палива, зменшенню заторів і покращенню якості повітря. Розглянемо основні напрямки оптимізації дорожнього руху, які сприяють зменшенню забруднення повітря. Інтелектуальні транспортні системи (ІТС) є одним із найефективніших інструментів оптимізації руху. Вони дозволяють моніторити трафік у реальному часі та швидко реагувати на зміни. Використання сенсорів, камер, GPS-трекерів та інших технологій дає можливість збирати та аналізувати інформацію про інтенсивність руху, швидкість транспортних засобів і затори.

Завдяки ІТС можна регулювати світлофори відповідно до потоку транспорту, перенаправляти машини з перевантажених доріг на менш завантажені та створювати пріоритет для громадського транспорту. В результаті машини менше часу проводять у заторах і на холостому ході, що знижує викиди шкідливих газів, таких як чадний газ (CO), вуглекислий газ (CO₂), оксиди азоту (NO_x) та інші.

Надання переваги громадському транспорту та його оптимізація — ще один важливий крок до зниження викидів. Використання автобусних та трамвайних

ліній з виділеними смугами, інтегрованих маршрутів та чітких графіків дозволяє скоротити час в дорозі та зробити громадський транспорт привабливішим для людей.

Чим більше людей обирає громадський транспорт замість особистого авто, тим менше машин на дорогах, а отже, зменшується загальна кількість шкідливих викидів. Крім того, електричні та гібридні автобуси, які поступово замінюють традиційні бензинові або дизельні, значно знижують викиди шкідливих речовин у міському середовищі.

Підтримка електромобілів, гібридних автомобілів та альтернативних джерел енергії для транспорту є ключовим напрямком у скороченні викидів. Заміна традиційних автомобілів на електричні допомагає значно знизити викиди CO₂ та оксидів азоту, особливо у поєднанні з відновлюваними джерелами енергії.

Для стимулювання такого переходу міста можуть впроваджувати пільгове паркування для електромобілів, знижки на зарядні станції та інші заохочення. Важливою частиною цієї стратегії є створення інфраструктури зарядних станцій, яка робить користування електромобілями зручним і доступним.

У багатьох містах Європи успішно діють зони з обмеженням автомобільного руху, зокрема екологічні зони, де дозволяється рух лише екологічно чистих транспортних засобів. Такі зони допомагають значно знизити викиди в центрі міста, забезпечуючи чистіше повітря та комфортніші умови для мешканців.

Введення подібних зон стимулює водіїв користуватися громадським транспортом, велосипедами або електромобілями, що сприяє загальному зменшенню обсягів шкідливих речовин у повітрі.

Таблиця 3.1

Вплив транспортної логістики на екосистему

Сталий показник	Аспект впливу
Правовий показник	<ol style="list-style-type: none"> 1. Недостатня ефективність екологічної політики країни та підприємств свідчить про необхідність її вдосконалення. 2. Застарілі екологічні норми та стандарти у сфері транспорту є серйозною перешкодою для досягнення екологічної стійкості.
Економічний показник	<ol style="list-style-type: none"> 1. Транспортний колапс: Ситуація, коли інтенсивність руху на дорогах перевищує пропускну здатність інфраструктури. 2. Нераціональне споживання ресурсів: Перевищення необхідного обсягу матеріальних та енергетичних ресурсів у процесах виробництва та споживання.
Екологічний показник	<ol style="list-style-type: none"> 1. Екологічний слід транспорту: Викиди парникових газів та інших забруднювачів, що сприяють глобальному потеплінню та зміні клімату. 2. Виснаження природних ресурсів: Інтенсивне використання невідновлюваних джерел енергії та сировини. 3. Забруднення довкілля: Утворення великої кількості відходів, що негативно впливають на екосистеми. 4. Шумове забруднення: Підвищення рівня шуму в населених пунктах, що негативно впливає на здоров'я людей. 5. Втрата біорізноманіття: Знищення природних екосистем та зникнення багатьох видів рослин і тварин.

3.5 Проблеми впровадження «зеленої» логістики при плануванні дорожнього руху в містах

Впровадження зеленої логістики у містах, особливо в їхніх найбільш завантажених районах, є складним завданням, що стикається з низкою перешкод. Комбінація історичної забудови, щільного руху та обмежених ресурсів створює унікальні виклики для реалізації екологічно чистих транспортних рішень.

Інфраструктурні обмеження відіграють значну роль. Вузькі вулиці, обмежена кількість паркувальних місць та історична забудова ускладнюють маневрування великогабаритним транспортом, особливо електричним, який часто має більші габарити батареї. Недостатня кількість зарядних станцій для електромобілів є ще одним серйозним бар'єром для їх широкого використання. Адже інвестування в нову інфраструктуру вимагає значних фінансових ресурсів та тривалого часу.

Соціальні та економічні фактори також впливають на процес впровадження зеленої логістики. Звички населення, зокрема прихильність до власного автомобіля, створюють опір змінам. Багато людей не готові відмовитися від зручності особистого транспорту на користь громадського. Крім того, висока вартість впровадження нових екологічних технологій, таких як електромобілі чи велосипедні доріжки, може відлякувати як приватних осіб, так і бізнес.

Технічні обмеження також є значною перешкодою. Обмежена автономність електромобілів, особливо на великих відстанях, вимагає розвиненої інфраструктури зарядних станцій. Крім того, складність міського ландшафту з одностороннім рухом, пішохідними зонами та історичними будівлями ускладнює оптимізацію маршрутів для громадського транспорту та вантажівок.

Планування міського простору також відіграє важливу роль. Відсутність єдиної стратегії розвитку міського транспорту та недостатня увага до потреб пішоходів та велосипедистів ускладнюють впровадження зеленої логістики. Часто при плануванні міст пріоритет віддається автомобільному транспорту, що призводить до дисбалансу в транспортній системі.

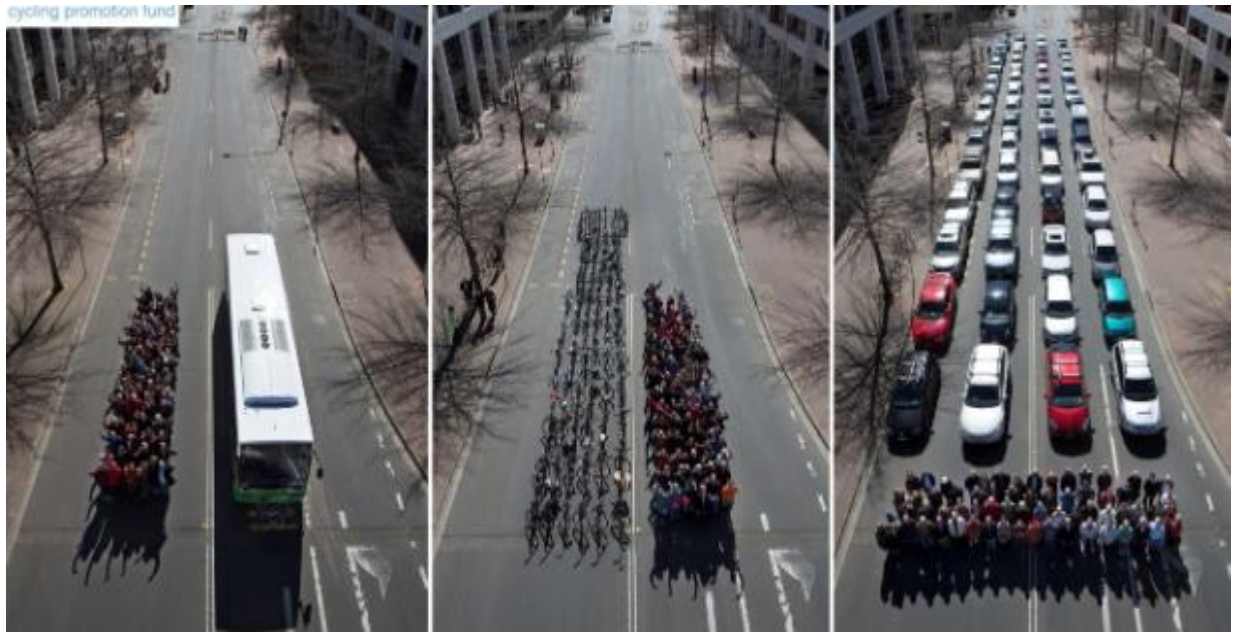


Рис. 3.2 – Можливий вплив громадського транспорту на ситуацію з заторами

Екологічні фактори також слід враховувати. Хоча електромобілі не мають прямих викидів шкідливих речовин, їх виробництво та споживання електроенергії, особливо якщо вона виробляється на теплових електростанціях, може призводити до забруднення довкілля. Крім того, збільшення інтенсивності руху громадського транспорту може призвести до підвищення рівня шуму в місті.

Для успішного впровадження зеленої логістики в складних міських умовах необхідний комплексний підхід, що включає в себе:

- Розробку інтегрованих транспортних систем, які поєднують різні види транспорту та забезпечують плавне пересування між ними.

- Стимулювання використання громадського транспорту та велосипедів через зниження вартості проїзду, розширення мережі маршрутів та створення зручної інфраструктури.

- Розвиток мережі зарядних станцій для електромобілів та забезпечення їх доступності.

- Оптимізацію маршрутів громадського транспорту з використанням сучасних технологій, таких як GPS та системи управління рухом.

–Залучення громадськості до процесу прийняття рішень та формування екологічної свідомості.

–Створення пішохідних зон та велодоріжок для забезпечення безпеки та комфорту руху незалежно від транспорту.

–Лише за умови комплексного підходу та залучення всіх зацікавлених сторін можна досягти успіху у впровадженні зеленої логістики в складних міських умовах.

–Впровадження принципів зеленої логістики до міського середовища, особливо у густонаселених районах, стикається з численними перешкодами. Комбінація історичної забудови, інтенсивного руху та обмежених ресурсів створює унікальні виклики для реалізації екологічно чистих транспортних рішень.

Інфраструктурні обмеження відіграють істотну роль. Вузькі вулиці, обмежена кількість місць для паркування та історична забудова ускладнюють маневрування великогабаритного транспорту, особливо електричного. Нестача зарядних станцій для електромобілів також обмежує їхнє використання. Значні інвестиції потрібні створення нової інфраструктури, що уповільнює процес переходу на екологічно чистий транспорт.

Соціально-економічні чинники також впливають. Багато людей звикли до зручності особистого автомобіля та не готові відмовитися від нього на користь громадського транспорту чи велосипеда. Висока вартість впровадження нових екологічно чистих технологій, таких як електромобілі або велосипедні доріжки може відлякати як приватних осіб, так і бізнес. Крім того, відсутність чіткої державної політики в галузі зеленої логістики може створити невизначеність та перешкоджати інвестиціям.

Технічні обмеження також є суттєвою проблемою. Обмежена автономність електромобілів, особливо на далеких дистанціях, потребує розвитку інфраструктури зарядних станцій. Складне міське середовище з одностороннім рухом, пішохідними зонами та історичними будинками ускладнює оптимізацію маршрутів для громадського транспорту та вантажних автомобілів.

Планування міського простору відіграє важливу роль. Відсутність єдиної стратегії розвитку міського транспорту та недостатня увага до потреб пішоходів та велосипедистів перешкоджають впровадженню зеленої логістики. Часто при плануванні міст пріоритет надається автомобільному транспорту, що призводить до дисбалансу у транспортній системі.

Екологічні чинники також слід враховувати. Хоча електромобілі не мають прямих викидів шкідливих речовин, їх виробництво та споживання електроенергії, особливо якщо вона виробляється на теплових електростанціях, може призводити до забруднення довкілля. Крім того, збільшення інтенсивності руху громадського транспорту може призвести до підвищення шуму в місті.

Для успішного впровадження зеленої логістики у складних міських умовах необхідний комплексний підхід, який включає:

Розробка довгострокових стратегій розвитку зеленої логістики на рівні міст, регіонів та країн.

Залучення всіх зацікавлених сторін – громадськості, бізнесу, наукових кіл – до процесу прийняття рішень.

Інвестиції у дослідження та розробки нових технологій для зеленої логістики.

Сприяння міжнародному співробітництву для обміну досвідом та поширення кращих практик.

Багато міжнародних організацій, таких як Організація економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР), проводять дослідження, які демонструють, що, незважаючи на наявність стратегій розвитку зеленої логістики в містах, їхня реалізація часто стикається з вищезазначеними проблемами. Наукові журнали, такі як "Transportation Research" та "Journal of Cleaner Production", публікують безліч досліджень, присвячених аналізу бар'єрів для впровадження зеленої логістики у різних містах світу. Проекти Європейського Союзу фінансують різноманітні дослідження та пілотні проекти, спрямовані на вирішення проблем зеленої логістики у містах.

Впровадження зеленої логістики у містах – це складний та багатогранний процес, який потребує системного підходу та врахування багатьох факторів. Тільки за умови спільних зусиль державних органів, бізнесу, громадськості та наукової спільноти можна досягти значних результатів у цій галузі.

3.6 Електротранспорт, як один з ключових оптимізаційних аспектів «зеленої» логістики

Одним із найбільш ефективних способів зниження забруднення повітря та шумового забруднення є стимулювання переходу населення на електротранспорт. Актуальність проблеми очевидна. Зростання кількості автомобілів на дорогах призводить до збільшення викидів шкідливих речовин, погіршення якості повітря та підвищення рівня шуму у містах. Електротранспорт, що не має вихлопної системи, може суттєво покращити екологічну ситуацію.

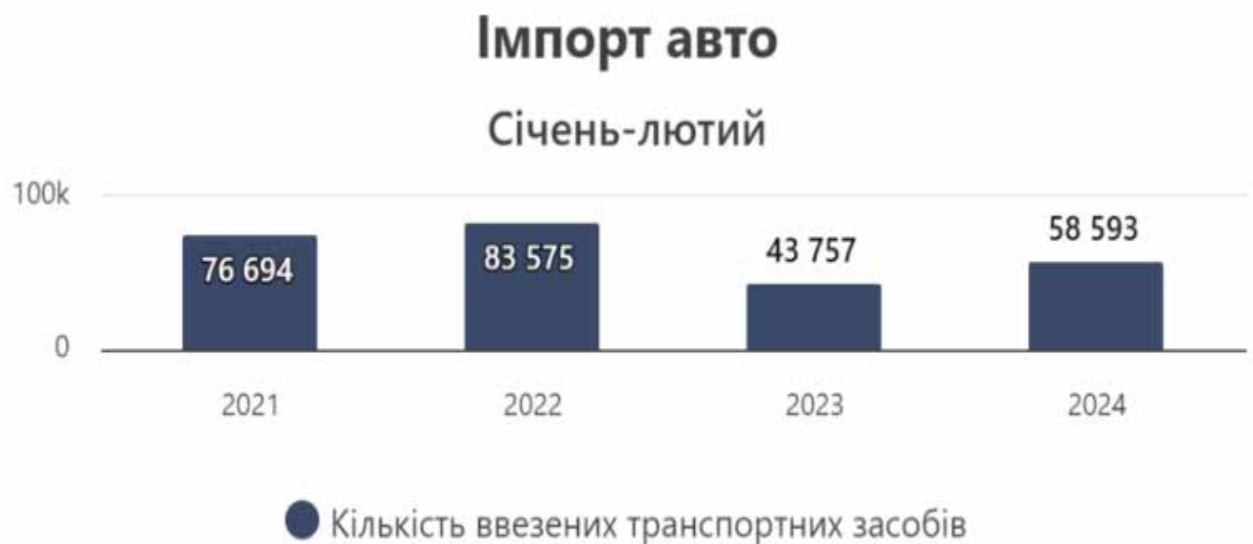


Рис. 3.4 – Показники імпорту нових автомобілів за період

Попри значне зростання на 33% порівняно з аналогічним періодом минулого року, обсяги імпорту автомобілів до України все ще не досягли

довоєнних показників. Так, за даними за січень-лютий 2023 року, імпорт авто виявився на чверть нижчим, ніж у 2021 році. Серед лідерів імпорту цього року виділяється Volkswagen, який займає 11,9% ринку, а слідом за ним йде Renault з 7,9% часткою. Електромобілі при цьому продовжують набирати популярності в Україні, зайнявши вже 13,5% від загального обсягу імпорту автомобілів цього року. Лідером ринку стала Tesla, реалізувавши 1 593 електрокари. Це становить майже п'яту частину від усіх імпортованих електромобілів. Тісно за Tesla слідує Volkswagen з результатом у 1 511 електроавто, що складає 17,8% від загального обсягу.

Найбільшою перевагою електромобілів є відсутність викидів шкідливих речовин під час руху. Це означає, що електромобілі не виділяють оксидів азоту (NO_x), оксидів сірки (SO_x), твердих частинок та інших шкідливих речовин, які є основними забруднювачами повітря в містах. Однак, існують і бар'єри для розвитку електротранспорту, такі як висока вартість електромобілів, обмежена інфраструктура зарядних станцій, недостатня автономність деяких моделей та психологічні бар'єри, пов'язані зі зміною звичок.

За даними Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), повний цикл життя електромобіля (від виробництва до утилізації) призводить до значно менших викидів парникових газів порівняно з автомобілем з ДВЗ. Наприклад, для середньостатистичного електромобіля викиди CO₂ на протязі всього життєвого циклу можуть бути на 60-70% нижчими, ніж для автомобіля з ДВЗ.

Заходи щодо стимулювання використання електротранспорту включають як державні заходи (фінансові стимули, створення інфраструктури зарядних станцій, інформаційні кампанії), так і місцеві ініціативи (безкоштовні паркування для електромобілів, створення спеціальних смуг для електротранспорту, співпраця з бізнесом). Важливу роль і активність громадянського суспільства, спрямовану формування позитивного іміджу електротранспорту. Дослідження, проведені в Лондоні, показали, що після введення зони низьких викидів (ULEZ) і обмеження руху автомобілів з високим

рівнем забруднення, рівень смертності від захворювань дихальних шляхів серед дітей знизився на 16%.

Оптимізація дорожнього руху за рахунок використання електротранспорту можлива завдяки інтеграції електромобілів у системи керування дорожнім рухом. Це дозволить знизити рівень заторів, покращити якість повітря та знизити рівень шуму в містах.

Стимулювання переходу населення на електротранспорт є одним із ключових напрямів оптимізації екологічного аспекту організації дорожнього руху. Комплекс заходів на державному, місцевому та громадському рівнях може значно прискорити цей процес. Важливо розуміти, що перехід на електротранспорт потребує системного підходу та тривалих інвестицій.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на аналіз досвіду різних країн у галузі впровадження електротранспорту, оцінку економічної ефективності переходу на електротранспорт, дослідження впливу електротранспорту на розвиток міської інфраструктури та розробку математичних моделей для оптимізації розподілу зарядних станцій.

Таким чином, перехід на електротранспорт є перспективним напрямом для покращення екологічної ситуації у містах. Комплексний підхід, що включає державну політику, розвиток інфраструктури та активну участь громадськості, дозволить досягти значних результатів у цій галузі.

Зростання кількості автомобілів на дорогах призводить до значного погіршення екологічної ситуації в містах. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), забруднення повітря, спричинене транспортними засобами, є одним з основних факторів ризику для здоров'я людей, викликаючи серцево-судинні захворювання, захворювання дихальних шляхів та онкологічні захворювання. Наприклад, у багатьох великих містах рівень забруднення повітря перевищує допустимі норми в кілька разів.

Перехід на електротранспорт може значно покращити екологічну ситуацію в містах. За оцінками експертів, повна заміна традиційних автомобілів на

електромобілі може знизити викиди парникових газів на 35% та значно зменшити рівень забруднення повітря шкідливими речовинами.

Зменшення викидів: Дослідження показують, що електромобілі не мають прямих викидів шкідливих речовин під час руху. Навіть з урахуванням викидів на електростанціях, які виробляють електроенергію для зарядки електромобілів, загальний рівень забруднення повітря значно нижчий, ніж від традиційних автомобілів.

Зниження шумового забруднення: Електромобілі працюють значно тихіше, ніж автомобілі з двигунами внутрішнього згорання, що сприяє зниженню рівня шумового забруднення в містах.

Покращення якості повітря: Заміна частини автопарку на електромобілі може призвести до значного поліпшення якості повітря в містах, особливо в центральних районах з високою концентрацією транспортних засобів.

Багато країн світу вже активно впроваджують заходи зі стимулювання використання електротранспорту. Наприклад, у Норвегії частка електромобілів на ринку нових автомобілів становить понад 80%. У Китаї, США та ряді європейських країн також спостерігається стрімкий ріст продажів електромобілів. Ці країни пропонують різноманітні фінансові стимули, такі як податкові пільги, субсидії та безкоштовну парковку для електромобілів.

В Україні розвиток електротранспорту також є актуальним завданням. Однак, існують певні бар'єри, які гальмують цей процес, такі як висока вартість електромобілів, обмежена інфраструктура зарядних станцій та відсутність чіткої державної політики в цій сфері.

Розробкою та впровадженням державних програм підтримки електротранспорту

- Активним будівництвом зарядних станцій.
- Розвитком виробництва електромобілів вітчизняними виробниками.
- Популяризацією електротранспорту серед населення.

Стимулювання переходу населення на електротранспорт є одним з найефективніших способів вирішення проблем забруднення довкілля,

спричиненого автомобільним транспортом. Досвід інших країн демонструє, що за допомогою комплексних заходів можна досягти значних результатів у цій сфері. Україна також має потенціал для розвитку електротранспорту, що сприятиме покращенню екологічної ситуації в наших містах.

Ще однією суттєвою перешкодою на шляху масового переходу на електромобілі в Україні став енергетичний криз, спричинений російською агресією. Регулярне обстріл енергетичної інфраструктури призвело до масштабних відключень електроенергії, що поставило під сумнів ефективність використання електромобілів.

Така ситуація оголила низку проблем: нестабільність зарядки, зниження автономності електромобілів та, як наслідок, зниження довіри споживачів.

Для вирішення цих проблем необхідно розширювати мережу зарядних станцій, впроваджувати інтелектуальні системи управління зарядкою, підтримувати виробництво портативних зарядних пристроїв та стимулювати випуск електромобілів із великим запасом ходу. Також важливо інформувати населення про переваги електромобілів та можливості їх використання в умовах енергетичної кризи.

Незважаючи на складнощі, розвиток електротранспорту в Україні залишається перспективним. Інвестиції в інфраструктуру зарядки, підтримка виробників електромобілів та розробка ефективних механізмів керування споживанням електроенергії дозволять подолати існуючі бар'єри та зробити електромобілі доступними для широкого кола споживачів.

Важливо розуміти, що перехід на електротранспорт – це довгостроковий процес, що потребує комплексних рішень на рівні держави, бізнесу та суспільства.

Висновки до 3 розділу

Тематика 3 розділу була прикута до заходів з забезпечення безпеки водіїв автомобільних транспортних засобів, а також до заходів щодо забезпечення охорони навколишнього середовища.

Охорона праці пов'язана з мінімізацією ризиків та небезпек на робочому місці водія – в автомобілі. Заходи з охорони праці допомагають запобігти травмам та захворюванням, пов'язаним з роботою, і знижує кількість нещасних випадків на робочому місці.

Навколишнє середовище також потребує уваги та захисту. Необхідно забезпечити раціональне використання природних ресурсів та зменшення викидів токсичних речовин в атмосферу, водні джерела та ґрунт. Недостатня увага до цього може призвести до забруднення довкілля, втрати різних видів рослин та тварин й зміни клімату.

Розділ 4. Економічне обґрунтування доцільності розробки

4.1 Оцінка економічної ефективності заходів з удосконалення дорожнього руху

Оцінка економічної ефективності заходів з удосконалення дорожнього руху є ключовим аспектом при прийнятті рішень щодо інвестицій у транспортну інфраструктуру. Вона дозволяє об'єктивно порівняти різні варіанти розвитку транспортної системи, визначити найбільш ефективні інвестиції та оцінити вплив проектів на економіку міста або регіону.

Різні варіанти вирішення транспортних проблем можуть мати різну вартість та ефективність. Економічна оцінка дозволяє порівняти ці варіанти та вибрати оптимальне рішення. Завдяки економічній оцінці можна оптимізувати використання бюджетних коштів, спрямовуючи їх на найбільш ефективні проекти.

На розглядуваній ділянці було вирішено встановити додаткові світлофори та нанести додаткову розмітку для покращення безпеки. Поточні витрати на впровадження заходів визначаємо за наступною формулою:

$$C_{існ} = C_{тр}^{існ} + C_{піш}^{існ} + C_{ДТП}^{існ}, \quad (4.1)$$

де $C_{тр}^{існ}$ - вартість втрат часу ТЗ на перехрестях. Визначається за формулою:

$$C_{тр}^{існ} = T_{н} \cdot S_3 \quad (4.2)$$

де S_3 – вартість 1 години затримки ($\approx 1,3$ доллара ≈ 55 гривень);

$T_{н}$ – втрати часу транспортних засобів на нерегульованих перехрестях.

Визначаємо за формулою:

$$T_{н} = \frac{365 \cdot N_{др} \cdot t_{\Delta}}{3600 \cdot k_{н}} \quad (4.3)$$

де $k_{н}$ – коефіцієнт нерівномірності руху ($k_{н} = 0,1$);

$N_{др}$ - інтенсивність на другорядній дорозі, авт\год.;

t_{Δ} - середнє значення затримки ($t_{\Delta} = 7$ с.);

Інтенсивність руху транспорту на другорядній дорозі становить 400 авт\год., а середнє значення затримки становить 7 с., звідси втрати часу:

$$T_n = \frac{365 \cdot 400 \cdot 7}{3600 \cdot 0,1} = 2839 \text{ с.}$$

Вартість втрати часу на перехрестях на даній ділянці дороги становить:

$$C_{\text{тр}}^{\text{існ}} = 2839 \cdot 55 = 156145 \text{ гривень.}$$

Збитки від ДТП визначаємо за статичними даними про кількість ДТП:

$$C_{\text{ДТП}}^{\text{існ}} = n_{\text{ДТП}} \cdot S_{\text{ДТП}}, \quad (4.4)$$

де: $n_{\text{ДТП}}$ - кількість ДТП за один рік;

$S_{\text{ДТП}}$ - середня вартість одного ДТП (4500\$, або 184721 гривень).

Згідно з статичтими даними, за останній рік зафіксовано одна дорожньо-транспортна пригода. Тоді збитки за формулою становлять:

$$C_{\text{ДТП}}^{\text{існ}} = 1 \cdot 184721 = 184721 \text{ гривень.}$$

Визначаємо витрати часу на перехрестях пішоходами:

$$C_{\text{піш}}^{\text{існ}} = T_{\text{піш}}^{\text{н}} \cdot S_{\text{піш}}^3, \quad (4.5)$$

де $C_{\text{піш}}^{\text{існ}}$ - вартість витрат часу пішоходами на перехрестях;

$T_{\text{піш}}^{\text{н}}$ - встарти часу на нерегульованих перехрестях (приймаємо 10 секунд);

$S_{\text{піш}}^3$ - вартість однієї години затримки пішохода ($\approx 0,1\$ \approx 4$ гривні).

Розрахуємо втрати часу пішоходами на нерегульованому перехресті:

$$T_{\text{піш}}^{\text{н}} = \frac{365 \cdot \sum N_{\text{піш}} \cdot t_0}{3600}, \quad (4.6)$$

де t_0 - час затримки одного пішохода, що перетинає головну та другорядну дорогу, с.;

$\sum N_{\text{піш}}$ - сумарна інтенсивність руху пішоходів, піш.\добу.

Час затримки одного пішохода дорівнює 10 с. В такому випадку витрата часу пішоходами на подолання перехрестя становить:

$$T_{\text{піш}}^{\text{н}} = \frac{365 \cdot 6500 \cdot 10}{3600} = 6590 \text{ с.}$$

Затрати на втрату часу пішоходами:

$$C_{\text{піш}}^{\text{існ}} = 6590 \cdot 4 = 26360 \text{ грн.}$$

Порахуємо поточні витрати на ділянці дороги, що удосконалюються:

$$C_{\text{існ}} = 156145 + 184721 + 26360 = 367226 \text{ грн.}$$

Тобто поточні витрати на ділянці дороги, що удосконалюється, до впровадження заходів по підвищенню безпеки руху транспорту та пішоходів складають 367226 гривень.

Після впровадження заходів із організації дорожнього руху поточні витрати будуть дорівнювати:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{тр}}^{\text{пр}} + C_{\text{піш}}^{\text{пр}} + C_{\text{ДТП}}^{\text{пр}} + C_{\text{е}}^{\text{пр}}, \quad (4.7)$$

де $C_{\text{е}}^{\text{пр}}$ - поточні затрати на експлуатацію і обладнання технічних засобів системи;

$C_{\text{тр}}^{\text{пр}}$ - вартість затримок часу транспортом після впровадження заходів:

$$C_{\text{тр}}^{\text{пр}} = T_{\text{н}} \cdot S_{\text{з}}, \quad (4.8)$$

Визначаємо втрати часу автомобіля після впровадження заходів:

$$T_{\text{н}} = \frac{365 \cdot 400 \cdot 4}{3600 \cdot 0,1} = 1622 \text{ с.}$$

Варість затрат часу автомобілями на перехрестях:

$$C_{\text{тр}}^{\text{пр}} = 1622 \cdot 55 = 89210 \text{ грн.}$$

Збитки від ДТП після впровадження заходів:

$$C_{\text{ДТП}}^{\text{пр}} = C_{\text{ДТП}}^{\text{існ}} \cdot k_{\text{зн}}, \quad (4.9)$$

де $k_{\text{зн}}$ – коефіцієнт зменшення затрат від ДТП після введення заходів ($k_{\text{зн}}=0,4$).

На ділянці дороги, що удосконалюється, після впровадження заходів збитки від ДТП складатимуть:

$$C_{\text{ДТП}}^{\text{пр}} = 184721 \cdot 0,4 = 73888 \text{ грн.}$$

Затрати на втрату часу пішоходами на перехрестях після впровадження заходів з ОДР:

$$C_{\text{піш}}^{\text{пр}} = T_{\text{піш}}^{\text{пр}} \cdot S_{\text{піш}}, \quad (4.10)$$

де $T_{\text{піш}}^{\text{пр}}$ – затрата часу пішоходами на перехрестях після впровадження заходів:

$$T_{\text{піш}}^{\text{пр}} = \frac{365 \cdot \sum N_{\text{піш}} \cdot t_0}{3600}, \quad (4.11)$$

Затрати, пов'язані з втратою часу пішоходами на перехрестях:

$$T_H = \frac{365 \cdot 6500 \cdot 3}{3600} = 1977$$

Тоді затрати на втрату часу пішоходами дорівнюватимуть:

$$C_{\text{піш}}^{\text{пр}} = 1977 \cdot 4 = 7908 \text{ грн.}$$

Визначаємо поточні затрати на експлуатацію і обладнання технічних засобів системи:

$$C_e^{\text{пр}} = C_p + C_a, \quad (4.12)$$

де C_p – витрати на ремонт і обслуговування обладнання та спорудження системи,

$$C_p = 0,5 \cdot K_0;$$

$$C_a - \text{затрати на амортизацію, } C_a = 10 \cdot K_0.$$

Розмір капіталовкладень для впровадження в дію технічних засобів:

$$K = K_0 + K_p + K_H, \quad (4.13)$$

де: K_0 – затрати на придбання обладнання;

$$K_p - \text{затрати на виконання проектних робіт, } K_p = 0,35 \cdot K_0;$$

$$K_H - \text{затрати на монтаж і наладку системи, } K_H = 0,75 \cdot K_0.$$

Затрати на придбання обладнання:

$$K_0 = 4 \cdot 15000 + 4 \cdot 6000 + 6 \cdot 2000 = 96000 \text{ гривень.}$$

Отже, затрати на виконання проектних робіт складають:

$$K_p = 0,35 \cdot 96000 = 33600 \text{ гривень.}$$

Затрати на встановлення і налагодження системи:

$$K_H = 0,75 \cdot 96000 = 72000 \text{ гривень.}$$

Загальний розмір капіталовкладень складатиме:

$$K = 96000 + 33600 + 72000 = 201600 \text{ гривень.}$$

Затрати на ремонт обслуговування, амортизацію обладнання та спорудження системи дорівнюють:

$$C_p = 0,5 \cdot 96000 = 48000 \text{ гривень.}$$

$$C_a = 0,1 \cdot 96000 = 9600$$

Звідси:

$$C_e^{\text{пр}} = 48000 + 9600 = 57600 \text{ гривень.}$$

Визначимо затрати на ділянці дороги, обраній для удосконалення, після впровадження заходів з ОДР:

$$C_{\text{пр}} = 89210 + 73888 + 7908 + 57600 = 228606 \text{ гривень.}$$

Вирахуємо коефіцієнт економічної ефективності, який знаходиться за формулою:

$$E = \frac{(C_{\text{існ}} - C_{\text{пр}})}{K}, \quad (4.14)$$
$$E = \frac{(367226 - 228606)}{201600} = 0,68$$

Таким чином, річний економічний ефект становитиме:

$$E_{\text{рік}} = C_{\text{існ}} - C_{\text{пр}} - K \cdot 0,3 \quad (4.15)$$

$$E_{\text{рік}} = 367226 - 228606 - 201600 \cdot 0,3 = 78140 \text{ гривень.}$$

Результати розрахунків економічної ефективності заходів з підвищення безпеки руху зводимо до таблиці.

Таблиця 4.1

Показники економічної ефективності від запропонованих заходів

№	Показник	Величина
1	Поточні затрати до запровадження заходів, $C_{існ}$	367226
2	Поточні затрати на експлуатацію і обслуговування технічних засобів системи, $C_e^{пр}$	57600
3	Поточні затрати після запровадження заходів, $C_{пр}$	228606
4	Розмір капіталовкладень для впровадження в дію технічних засобів, К	201600
5	Коефіцієнт економічної ефективності, Е	0,68
6	Річний економічний ефект, $E_{рік}$	78140

Висновки до 4 розділу

В 4 розділі було розраховано показники економічної ефективності від впровадження заходів з покращення дорожнього руху, а саме від встановлення додаткових світлофорів та нанесення додаткової розмітки. За результатами розрахунків було визначено, що економічний ефект від запропонованих заходів буде становити 78140 гривень на рік. При цьому коефіцієнт економічної ефективності склав 0,68, що є гарним показником.

ВИСНОВКИ

Моделювання транспортного руху є важливим інструментом для покращення дорожніх умов. Це дозволяє дослідити різні варіанти дорожнього руху та визначити їх вплив на безпеку, потік транспорту, час руху та інші параметри.

В даній роботі було досліджено проблему безпеки дорожнього руху в центральній частині міста Ніжин та розроблено систему світлофорного регулювання з метою підвищення рівня безпеки на дорозі.

Аналіз показав, що на розглянутій ділянці дороги існують проблеми з безпекою руху, зокрема, велика кількість ДТП та велика кількість небезпечних ситуацій, які виникають через взаємодію учасників дорожнього руху. Для розв'язання цих проблем було запропоновано встановити світлофорне регулювання на декількох перехрестях та пішохідних переходах. Розроблена система світлофорного регулювання відповідає всім вимогам безпеки на дорозі та містить елементи, які забезпечують ефективне управління рухом транспортних засобів та безпеку пішоходів.

Очікується, що встановлення світлофорного регулювання на розглянутій ділянці дороги призведе до зменшення кількості ДТП та покращення рухового потоку в цілому. При цьому, необхідно забезпечити належне фінансування проекту та забезпечити його належне технічне обслуговування.

Отже, розроблена система світлофорного регулювання може стати ефективним засобом підвищення рівня безпеки на дорозі та сприяти безпечному та зручному руху транспортних засобів та пішоходів на розглянутій ділянці дороги, а програмне забезпечення PTV VISSIM дає змогу провести попереднє моделювання транспортного руху, до впровадження заходів і після, й переконатися в доцільності впровадження тих чи інших рішень.

Отримані результати моделювання та аналізу можуть бути використані для розробки рекомендацій щодо впровадження подібних систем на інших ділянках дорожньої мережі міста. Це дозволить створити єдину інтегровану систему

управління дорожнім рухом, яка забезпечить ефективний та безпечний рух транспорту на всьому місті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Березіна О.І., Кондратюк Є.С., Підгурський О.В. та ін. Організація дорожнього руху. - Київ: Аграр Медіа Груп, 2021. 408 с.
2. Білецька І.В., Попадинець В.В. Організаційно-економічні аспекти транспортної логістики: навч. посіб. - К.: Центр учбової літератури, 2019. - 240 с.
3. Міністерство інфраструктури України Відповідальне керівництво організацією дорожнього руху та безпекою дорожнього руху : [методичні рекомендації]. – Київ, 2019. 34 с.
4. Волошин С. В., Коробова Н. В. Організація руху на дорогах загального користування: навч. посібник. - Харків: Видавничий дім «Інженер», 2016. 432 с.
5. Гавриш О.В. Моделювання мережевих підходів у логістиці транспортних систем. – Х.: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Серія: Технічні науки. - 2017. Вип. 186. 17 с.
6. Гаркуша Л.О., Лінник І.В. Методика формування раціональної структури транспортно-логістичної системи підприємства. – К.: Економіка та держава, 2019. - № 8. 52 с.
7. Горшков М. В., Сусллова О. С. Організація та управління дорожнім рухом: навч. посібник. - Київ: ВПЦ «Київський університет», 2016. 256 с.
8. Годунов, С. І. Моделювання транспортних потоків. – В.: Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2019. 105 с.
9. Деркач А.І., Хімочко Т.І. Методика діагностики логістичного потенціалу підприємств. – К.: Логістика. - 2019. 28 с.
10. Єрмакова Т. В., Баришпольський В. Г. Моделювання проїзду транспорту через перехід зеленого світла світлофора в програмі PTV VISSIM. – К.: Наукові записки Кіровоградського національного технічного університету. Технічні науки., 2018. 109 с.

11. Іващенко Ю.В., Чабаненко В.В., Рудаков В.І. та ін. Організація дорожнього руху. - Київ: Кондор, 2018. 364 с.
12. Король, М. В. Моделювання руху автомобілів на дорогах з використанням програмного забезпечення VISSIM. – К.: Технології транспорту, 2018. 67 с.
13. Корепановська І. М., Шульженко О. В. Оцінка ефективності дорожнього руху на перехресті у програмному продукті PTV VISSIM. – К.: Транспортні системи і технології перевезень, 2016. 117 с.
14. Корепановська І. М., Шульженко О. В. Дослідження ефективності світлофорного регулювання на перехресті в PTV VISSIM. – О.: Наукові праці Одеського національного університету імені І. І. Мечникова, 2018. 165 с.
15. Крикавський Є.Т. Організаційні проблеми логістики на підприємствах України: монографія. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. 212 с.
16. Кузьмін І. Є., Кузьмін Ю. І., Мартинюк О. І. Дослідження режимів руху на перехресті з нерегульованим транспортним потоком за допомогою програмного продукту PTV VISSIM: науково-технічний журнал. - К.: Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія, 2016. 129 с.
17. Офіційний сайт PTV Group в Україні – Режим доступу: <https://www.ptvgroup.com/uk-en/>.
18. Петренко В.Ю. Організація та безпека дорожнього руху: навч. посібник. - Київ: Центр учбової літератури, 2020. 320 с.
19. Пацура В. А. Організація дорожнього руху: навч. посібник. - Київ: КНЕУ, 2016. 200 с.
20. Про дорожній рух: Закон України № 3353-ХІІ від 05.01.2013 р. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/3353-12>.
21. Садова І. Д., Хоменко А. С. Організація руху на автомобільних дорогах: навч. посібник. - Київ: Авіценна, 2019. 236 с.
22. Ткачук І.О., Мартинова Л.О. та ін. Організація дорожнього руху. - Київ: Кондор, 2020. 320 с.

23. Яремчук С. В. Організація руху на дорогах загального користування: навч. посібник. - Київ: Ліра-К, 2017. 384 с.
24. Кривий О. В., Литвиненко В. П. Моделювання транспортних потоків: навч. посібник. — Київ: Центр учбової літератури, 2018. 275 с.
25. Бондаренко С. І. Транспортні потоки та організація руху: підручник. — Харків: Фоліо, 2021. 348 с.
26. Мельник В. Г., Коваленко М. С. Математичні методи у транспортному моделюванні. — Львів: Світ, 2019. 290 с.
27. Савченко Ю. І. Основи транспортного моделювання. — Одеса: Астропринт, 2020. 240 с.
28. Шевченко Р. О., Гавриленко Т. А. Системи управління дорожнім рухом: навч. посібник. — Дніпро: Дніпрокнига, 2018. 312 с.
29. Дубровін А. С., Мостовий О. П. Методи аналізу та оптимізації транспортних потоків. — Київ: Наукова думка, 2021. 290 с.
30. Поляков О. П., Терещенко С. В. Сучасні технології моделювання транспортних систем. — Київ: Політехніка, 2022. 265 с.
31. Іваненко І. П., Лобода Л. С. Моделювання та прогнозування транспортних потоків. — Львів: Підручники і посібники, 2019. 300 с.
32. Ковальчук В. М., Романов А. Ю. Дорожня безпека та організація руху: теорія та практика. — Київ: Ліра-К, 2020. 280 с.
33. Баран С. І., Петренко О. В. Основи аналізу транспортних потоків: навч. посібник. — Харків: Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 2019. 350 с.
34. Максименко П. С., Орлов В. І. Методи дослідження транспортних потоків. — Київ: Вид-во Київського політехнічного інституту, 2018. 230 с.
35. Соловійов А. І., Бурков О. Ю. Основи моделювання міських транспортних систем. — Одеса: Одеський національний університет, 2020. 210 с.
36. Черненко Л. Г., Петрик І. В. Управління транспортними потоками: теоретичні та практичні аспекти. — Харків: Прапор, 2019. 240 с.

37. Петров В. І., Іщенко О. П. Транспортна логістика та моделювання руху: навч. посібник. — Київ: Освіта України, 2021. 310 с.
38. Соколов Д. М., Горбач О. В. Автоматизовані системи керування дорожнім рухом. — Львів: Тріада плюс, 2022. 280 с.