Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Будівництво, архітектура та інфраструктура
(назва факультету)

Транспортна інфраструктура
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
магістр
(ступінь вищої освіти)

на тему: Прогнозування потоку транспорту для оцінки навантаження на дорожні споруди
за освітньою програмою Автомобільні дороги
зі спеціальності: 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи: ДА2226

(підпис студента) / Яна КЛІЦЕНКО /
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник: (підпис) / проф. Дмитро КУРГАН /
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер: (підпис) / доц. Сергій БАЙДАК /
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Консультанти:

(назва розділу) (підпис) / (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ) /

(назва розділу) (підпис) / (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ) /

(назва розділу) (підпис) / (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ) /

(назва розділу) (підпис) / (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ) /

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент (підпис)

Дніпро – 2024 рік

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Будівництво, архітектура та інфраструктура
(назва факультету)

Транспортна інфраструктура
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

магістр
(ступінь вищої освіти)

на тему: Прогнозування потоку транспорту для оцінки навантаження на дорожні споруди

за освітньою програмою Автомобільні дороги

зі спеціальності: 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи: ДА2226

_____ / Яна КЛІЦЕНКО /
(підпис студента) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник: _____ / проф. Дмитро КУРГАН /
(підпис) (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер: _____ / доц. Сергій БАЙДАК /
(підпис) (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Консультанти:

_____ _____ / _____ /
(назва розділу) (підпис) (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

_____ _____ / _____ /
(назва розділу) (підпис) (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

_____ _____ / _____ /
(назва розділу) (підпис) (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

_____ _____ / _____ /
(назва розділу) (підпис) (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Дніпро – 2024 рік

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Construction, Architecture and Infrastructure
(faculty)

Transport Infrastructure
(department)

Explanatory Note
to Master's Thesis
master
(higher education degree)

on the topic: Forecasting Traffic Flow for the Assessment of Load on Road Structures

according to educational curriculum_ Highways

in the Specialization: 192 Construction and Civil Engineering
(Specialization and its code)

Done by the student of the group: ДА2226 / Yana KLITSCENKO /
(name, surname)

Scientific Supervisor: / Full Professor Dmytro KURHAN /
(position, name, surname)

Normative controller: /Associate Professor Sergiy BAIDAK/
(position, name, surname)

Supervisors

(Chapter title heading)	/ / (position, name, surname)
(Chapter title heading)	/ / (position, name, surname)
(Chapter title heading)	/ / (position, name, surname)
(Chapter title heading)	/ / (position, name, surname)

Dnipro – 2024

Міністерство освіти і науки України

Український державний університет науки і технологій

Факультет: Будівництво, архітектура та інфраструктура
Кафедра: Транспортна інфраструктура
Рівень вищої освіти: Магістр
Освітня програма: Автомобільні дороги
Спеціальність: 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____
_____ Олексій ТЮТКІН
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дата _____

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу магістр
(ступінь вищої освіти)

студен-тці Кліценко Яні Олександрівні
(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: Прогнозування потоку транспорту для оцінки навантаження на дорожні споруди

Керівник роботи: Курган Дмитро Миколайович, д-р техн. наук, професор
(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від "_01" _03_ 2023 р. № 196ст

2. Строк подання студентом роботи: 08.01.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Сучасні наукові дослідження та нормативні документи щодо аналітичних та статистичних досліджень потоку транспорту

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 Аналітична частина:

Аналіз існуючих методів прогнозування потоку транспорту.

4.2 Основна частина:

Прогнозування потоку автотранспорту. Прогнозування кількості проїздів розрахункового навантаження. Дослідження впливу різних факторів на потік транспорту

4.3 Охорона праці та захист навколишнього середовища:

Охорона праці та захист навколишнього середовища

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

Набір демонстраційних слайдів для захисту роботи

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)
1	Курган Д. М., професор		
2	Курган Д. М., професор		
3	Курган Д. М., професор		
4	Курган Д. М., професор		
5	Курган Д. М., професор		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1. Аналіз існуючих методів прогнозування потоку транспорту.		
2	Розділ 2. Прогнозування потоку автотранспорту.	03.12.23	30%
3	Розділ 3. Прогнозування кількості проїздів розрахункового навантаження.	24.12.23	60%
	Розділ 4. Дослідження впливу різних факторів на потік транспорту.		
4	Розділ 5. Охорона праці та захист навколишнього середовища.		
5	Формування реферату, загальних висновків та рекомендацій		
6	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	08.01.24	100%
7	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії		

Студент _____ Яна КЛІЦЕНКО
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи _____ Дмитро КУРГАН
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:

(рівень освіти)

53 с., 16 рис., 12 табл., 15 джерел.

Об’єкт розробки – процес прогнозування потоку транспорту для оцінки навантаження на дорожні споруди.

Мета роботи – проведення досліджень, аналіз існуючого стану й розробка заходів щодо автомобільної дороги з метою виконання всіх вимог і нормативів, які регулюють процес реконструкції доріг та інфраструктури автомобільної дороги з метою підвищення її пропускної спроможності, безпеки та комфорту користувачів.

Методи дослідження. – статистичний аналіз і натурні спостереження для визначення потоку транспорту, розрахунки виконувались з використанням програми Excel.

На основі виконання комплексу досліджуваних робіт передбачено приведення геометричних характеристик ділянки автомобільної дороги до вимог діючих нормативних документів, як для автомобільної дороги І технічної категорії. На етапі реконструкції автомобільної дороги виконано розрахунки й оцінено вплив різних факторів на пропускну спроможність та запропоновано заходи для її підвищення. Розв’язання окреслених в магістерській роботі завдань сприятиме підвищенню конкурентоспроможності автомобільного транспорту, виведенню України на новий рівень економічної взаємодії з Європейським Союзом.

Ключові слова: АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ, АВТОМОБІЛЬНА ДОРОГА, ТРАНСПОРТНИЙ ПОТІК, ІНТЕНСИВНІСТЬ РУХУ, ПРОГНОЗУВАННЯ ПОТОКУ, НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ 5

ВСТУП.....7

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОТОКУ ТРАНСПОРТУ 9

1.1 Актуальність проблеми 9

1.2 Основні терміни та визначення автомобільних доріг, інтенсивність руху 11

2 ПРОГНОЗУВАННЯ ПОТОКУ АВТОТРАНСПОРТУ 23

3 ПРОГНОЗУВАННЯ КІЛЬКОСТІ ПРОЇЗДІВ РОЗРАХУНКОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ.....34

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РІЗНИХ ФАКТОРІВ НА ПОТІК ТРАНСПОРТУ 39

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА .46

5.1 Вплив рівня потоку транспорту на навколишнє середовище.....46

5.2 Вимоги безпеки під час утримання земляного полотна та покриття автомобільної дороги.....47

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....50

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 52

ВСТУП

Транспорт – це одна з галузей господарства будь-якої країни, що забезпечує перевезення різних типів (пасажирів, вантажів, тощо). Поєднання різних видів транспорту, транспортних вузлів та магістралей утворюють транспортну систему країни.

На стан та розвиток транспортної системи країни впливає ряд чинників:

– рівень розвитку економіки;
– розмір і ступінь заселення території;
– частка участі країни в світовому господарстві та міжнародному поділі праці.

В залежності від підходів до класифікації розрізняють декілька видів транспорту. Так, в залежності від середовища здійснення перевезень транспорт поділяють на наземний, водний та повітряний (Рис.1).

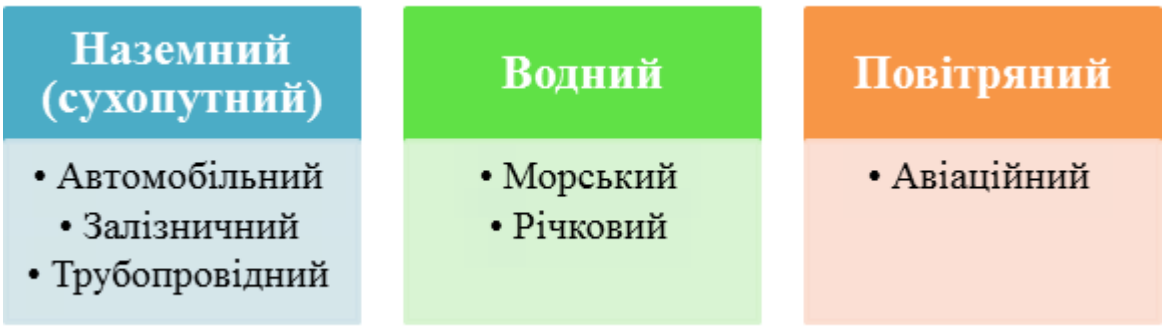

Рисунок 1 – Галузева структура транспортного комплексу

Роль транспорту на сучасному етапі розвитку суспільства надзвичайно велика. Без транспорту був би неможливий процес виробництва, оскільки він потребує безперервного постачання сировини з подальшим вивозом готової продукції. Важливість транспорту полягає також і в тому, що він забезпечує взаємозв'язок між різними галузями економіки, підприємствами, країнами.[1]

Транспортний потік — це впорядкований транспортною мережею рух транспортних засобів. Переміщення пасажирів називається пасажиропотоком, переміщення вантажів — вантажопотоком, рух пішоходів — пішохідним потоком. Режимом руху транспортних потоків, у тому числі і на перетинах міських магістралей в різних рівнях можна вважати набір параметрів, до якого можна віднести напрямок руху, інтенсивність, швидкість, щільність, а також специфічні особливості й характеристики потоків транспорту, їх взаємний вплив і перерозподіл у часі й просторі.

Транспорт ділиться на три категорії: транспорт загального користування, транспорт не загального користування і особистий або індивідуальний транспорт. Склад транспортного потоку характеризується співвідношенням у ньому транспортних засобів різного типу. Оцінка складу транспортного потоку здійснюється, в основному, за відсотковим складом або частці транспортних засобів різних типів. Цей показник має значний вплив на всі параметри дорожнього руху. Разом з тим склад транспортного потоку в значній мірі відображає загальний склад парку автомобілів.[2]

На автомобільних дорогах одночасно здійснюється рух багатьох однотипних автомобілів, що відрізняються технічним станом та їхньою завантаженістю. Цими автомобілями керують водії різного віку, різної кваліфікації, яким притаманні певні індивідуальні особливості керування автомобілем, причому автомобілі керуються більш чи менш вільним бажанням водія, маневри кожного із автомобілів можуть розглядатися як вірогідні події. Однак, у випадках,
що відбуваються на вулицях великих міст або на швидкісній дорозі, дуже часто можна спостерігати велику кількість автомобілів, що рухаються в групі, підкоряючись необхідним вимогам, встановленим конкретними умовами, характерними для певної сукупності транспортних засобів, які рухаються по визначеній ділянці дороги руху. Сукупність автомобілів, які рухаються на дорогах, створюють транспортні потоки.[3]

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОТОКУ ТРАНСПОРТУ

1.1 Актуальність проблеми

Прогноз – це науково обґрунтоване, ймовірнісне судження про можливі стани об’єкта в майбутньому, про альтернативні шляхи й терміни його здійснення. Прогнозування – процес формування прогнозу про розвиток об’єкта на основі вивчення тенденцій його розвитку або специфічний вид пізнавальної діяльності, що припускає дослідження ще не існуючого об’єкта. Методи економічного та соціального прогнозування – сукупність прийомів та способів мислення, які дозволяють на основі аналізу ретроспективних даних, екзогенних (зовнішніх) та ендогенних (внутрішніх) зв’язків об’єкта прогнозування, а також їх виміру у рамках явища, яке розглядається, або процесу вивести судження визначеної достовірності відносно його (об’єкта) майбутнього розвитку. Специфіка транспортного процесу як процесу, що має прогнозуватися, полягає в тому, що при здійсненні короткочасового прогнозування необхідно його розглядати як випадковий процес з дискретним часом, тобто зміна значень транспортного процесу відбувається через випадкові інтервали часу, розподіл імовірностей яких відповідає певним законам.

Існуючі методи та способи прогнозування, як відомо, основані на двох підходах: евристичному та математичному. Евристичний метод передусім базується на використанні думок спеціалістів (експертів) в даній галузі знань й використовується в основному для прогнозування неформалізованих процесів. Математичні методи використовуються в тому випадку, коли крім вище викладеного можливо в тій чи іншій мірі формалізувати процес, що прогнозується, та використовувати той чи інший математичний апарат. На практиці використовують також комбінований метод, який є синтезом евристичного та математичного методів прогнозування, з метою об’єднання переваг цих методів й, по можливості, виключення їх недоліків.

У наш час за оцінками вчених нараховується понад 200 різних методів прогнозування. Однак на практиці використовуються як основні 15–20 методів.

Статистичні методи являють собою сукупність методів обробки кількісної інформації про об'єкт прогнозування, об'єднаної за принципом виявлення математичних закономірностей змін, що містяться в ній, характеристик даного об'єкта з метою одержання прогнозних моделей. З типологією прогнозів тісно пов'язане питання про джерела інформації, про майбутнє і способи прогнозування.

Існує дві групи методів прогнозування – кількісні та якісні. До кількісних методів відносять: метод екстраполяції тренду; метод згладжування за експонентою; методи кореляційно-регресивного аналізу; прогноз на основі індикаторів; нормативний метод; метод частки ринку; метод стандартного розподілу ймовірностей. Метод екстраполяції тренда – це метод прогнозування на основі статистичного аналізу часових рядів, за якого обчислюють значення обсягу перевезень за межами наявних фактичних даних, виходячи з припущення, що виявлена тенденція зберігатиметься й надалі. Якщо часові ряди мають значну помилку, то першим кроком виділення тренда є згладжування. Згладжування завжди включає деякий спосіб локального усереднення даних, при яких несистематичні компоненти взаємно гасять один одного. Самий загальний метод згладжування – ковзного середнього, в якій кожний член ряду замінюється простим чи середнім зваженим n (ширина "вікна") сусідніх членів. Метод регресивного аналізу використовується для дослідження форм зв'язку, які встановлюють кількісні відносини між випадковими величинами, випадкового процесу, що вивчається. Кореляційний аналіз дозволяє кількісно оцінити зв'язок між великою кількістю взаємодіючих явищ. Суттєвим недоліком моделей регресії як моделей прогнозування є те, що вони не пов'язують точність прогнозу з його тривалістю. Прогнозування на основі індикаторів – прогнозування зростання попиту на основі показників, які випереджають зміну попиту в часі. Нормативний метод – обсяги купівель визначаються нормами споживання і нормативами використання. Метод стандартного розподілу ймовірностей дає змогу на основі експертних оцінок визначити найімовірніший діапазон прогнозних оцінок збуту. Прогнозування за економетричними моделями у порівнянні з іншими методами дає,

принаймні, дві явні переваги: здатність кількісно виражати економічні зв'язки між багатьма змінними, що впливають на економіку; дають однозначні оцінки перемінним і тим самим забезпечують стабільність, якої бракує іншим методам, і гнучкість у пристосуванні до умов, що змінюються (для підвищення точності параметрів моделі) і, відповідно, поліпшення прогнозування можна використовувати дані про похибки. Міжгалузевий аналіз – це метод систематичної квантифікації взаємозв'язку між різними секторами складної економічної системи економіки. Міжгалузевий баланс – це основна модель економіки, в якій показуються численні натуральні та вартісні зв'язки у народному господарстві. Таблиця міжгалузевого балансу описує потоки товарів та послуг між усіма секторами народного господарства протягом фіксованого періоду. Аналіз усіх відомих методів прогнозування показав, що жоден з них у "чистому" вигляді не є придатним для визначення більшменш вірогідних обсягів торгівлі на віддалену перспективу. Тільки застосовуючи на різних етапах математичне моделювання, гнучкі функції, нормативний метод, експертні оцінки з використанням методу історичних аналогій, можна забезпечити задовільний прогноз цих складних показників [4].

1.2Основні терміни та визначення автомобільних доріг, інтенсивність руху

Автомобільна дорога - лінійний комплекс інженерних споруд, призначений для безперервного, безпечного та зручного руху транспортних засобів.

Автомобільні дороги загального користування є складовою єдиної транспортної системи України і задовольняють потреби суспільства в автомобільних, пасажирських і вантажних перевезеннях.

Автомобільні дороги загального користування поділяються на автомобільні дороги державного та місцевого значення.

Автомобільні дороги державного значення поділяються на міжнародні, національні, регіональні та територіальні. Загальна протяжність автомобільних доріг державного значення – 49117,4 км

Рисунок 1.2.2 – Класифікація автомобільних доріг

Міжнародні автомобільні дороги - автомобільні дороги, що суміщаються з міжнародними транспортними коридорами та/або входять до Європейської мережі основних, проміжних, з'єднувальних автомобільних доріг та відгалужень, мають відповідну міжнародну індексацію і забезпечують міжнародні автомобільні перевезення [5]. Міжнародні дороги позначаються літерою «М». Вони становлять 4,9% довжини всіх автомобільних доріг України.

Згідно з угодою про міжнародні автомагістралі (СМА) від 15 листопада 1975 року, основні дороги Європи позначаються літерою «Е». Основні дороги в напрямку захід–схід закінчуються на 0 (Е20, Е30 … Е90), проміжні мають на кінці індексу парну цифру (Е12, Е18 … Е94). Основні дороги в напрямку північ–південь закінчуються на цифру 5 (Е05, Е15 … Е95), проміжні мають на кінці не парну цифру (Е01, Е03 … Е93).

Загальна протяжність міжнародних автомобільних доріг на території України – 8652,7 км [7].

Національні автомобільні дороги - автомобільні дороги, що суміщені з національними транспортними коридорами і не належать до міжнародних автомобільних доріг, та автомобільні дороги, що з'єднують столицю України - місто Київ, адміністративний центр Автономної Республіки Крим, адміністративні центри областей, місто Севастополь між собою, великі промислові і культурні

центри з міжнародними автомобільними дорогами [5]. Національні дороги позначаються літерою «Н». Національних доріг 2,9% від загальної довжини доріг.

Загальна протяжність національних автомобільних доріг – 4830,4 км [7].

Регіональні автомобільні дороги - автомобільні дороги, що з'єднують дві або більше областей між собою, автомобільні дороги, що з'єднують основні міжнародні автомобільні пункти пропуску через державний кордон, морські та авіаційні порти міжнародного значення, найважливіші об'єкти національної культурної спадщини, курортні зони з міжнародними та національними автомобільними дорогами [5]. Регіональні дороги позначаються літерою «Р». Регіональних доріг 4,7%.

Загальна протяжність регіональних автомобільних доріг – 10089,8 км [7].

Територіальні автомобільні дороги - автомобільні дороги, що з'єднують адміністративні центри Автономної Республіки Крим і областей з адміністративними центрами районів, містами обласного значення, міста обласного значення між собою, а також автомобільні дороги, що з'єднують з дорогами державного значення основні аеропорти, морські та річкові порти, залізничні вузли, об'єкти національного і культурного надбання та курортного і природно-заповідного фонду, автомобільні пункти пропуску міжнародного та міждержавного значення через державний кордон [5]. Загальна довжина територіальних доріг становить 25544,5 км, або 15,8;% шляхів.

Територіальні дороги України позначаються літерою «Т» і чотиризначним цифровим індексом в якому перші дві цифри – індекс області, дві другі – номер дороги, наприклад, автомобільна дорога Т2502 Семенівка–Новгород-Сіверський–Глухів–контрольно–пропускний пункт «Катеринівка».

Автомобільні дороги місцевого значення складають левову частку сучасної автодорожньої мережі (121,7 тис. км, або 71,8% загальної довжини), поділяються на обласні та районні [7].

Обласні автомобільні дороги - автомобільні дороги, що з'єднують адміністративні центри районів між собою та з адміністративними центрами сільських

населених пунктів району, залізничними станціями, аеропортами, річковими портами, пунктами пропуску через державний кордон і місцями відпочинку [5].

Загальна протяжність 52,1 тис. км. У середньому на район припадає 106,3 км обласних автомобільних доріг. До обласних доріг належить 30,7% доріг України. Обласні дороги України позначаються літерою «О» і шестизначним цифровим індексом, у якому перші дві цифри – індекс області, наприклад, автомобільна дорога О212004 Лозова–Близнюки–Барвінкове [7].

Районні автомобільні дороги - автомобільні дороги, що з'єднують адміністративні центри сільських населених пунктів з іншими населеними пунктами у межах району, інші населені пункти між собою, з підприємствами, об'єктами культури, іншими дорогами загального користування. Їх довжина становить 69,5 тис. км. В середньому на одне село припадає всього 2,44 км районних автомобільних доріг, які повинні забезпечувати життєдіяльність 555 його мешканців (середня чисельність). Районних доріг в Україні 41%.

Рисунок 1.2.3 – Міжнародні транспортні коридори

Загальна протяжність автомобільних доріг України становить 169,5 тис.км.

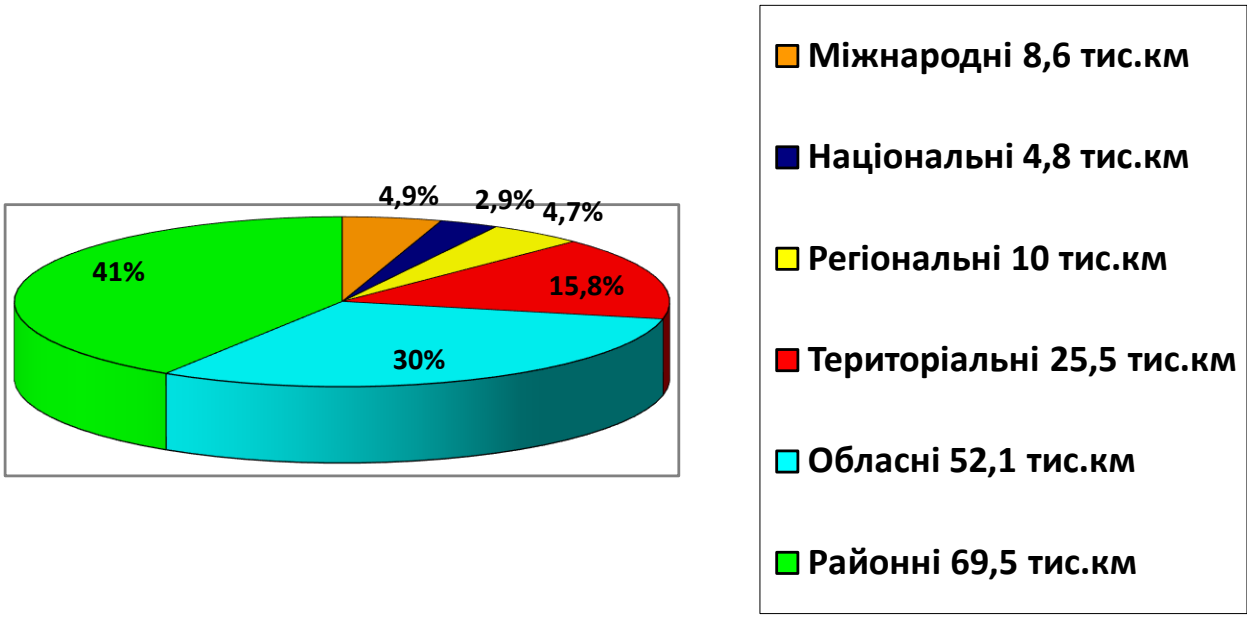

Рисунок 1.2.4 – Діаграма співвідношення автомобільних доріг України

Категорії доріг - критерій, який характеризує економічне значення автомобільної дороги у загальній транспортній мережі та інтенсивність руху на ній. Існує п'ять категорій доріг. Відповідно до категорії визначаються усі технічні параметри дороги. Технічну класифікацію автомобільних доріг за категоріями залежно від розрахункової середньорічної добової перспективної інтенсивності руху наведено у (табл. 1)

Таблиця 1.2.1 – Технічна класифікація автомобільних доріг

Категорія дороги	Розрахункова перспективна інтенсивність руху, авт/добу	
	у транспортних одиницях	у приведених одиницях до легкового автомобіля
I-а - I-б	понад 10 000	понад 14 000
II	від 3 000 до 10 000	від 5 000 до 14 000
III	від 1 000 до 3 000	від 2 500 до 5 000
IV	від 150 до 1 000	від 300 до 2 500
V	до 150	до 300

Технічний облік та паспортизація автомобільних доріг - це комплекс обов'язкових заходів, що проводяться постійно з метою одержання докладних

відомостей про наявність та технічний стан автомобільних доріг і дорожніх споруд для раціонального планування робіт з їх реконструкції, ремонту та утримання.

Типи дорожнього покриття:

- цементобетонне - удосконалене покриття капітального типу, монолітне, що споруджується з цементобетонних сумішей, які ущільнюються на місці робіт, або збірне покриття із залізобетонних плит;
- асфальтобетонне - удосконалене покриття капітального типу, яке збудовано з ущільнених асфальтобетонних сумішей (гарячих, теплих);
- чорне шосе (щебеневе, гравійне) - удосконалене покриття полегшеного типу зі щебеневих та гравійних матеріалів, які оброблені рідкими органічними в'яжучими;
- біле шосе (щебеневе, шлакове, гравійне) - покриття перехідного типу з подрібнених кам'яних матеріалів, які укладаються шарами (спочатку великі фракції, потім - більш дрібні), з розклинкою дрібним щебенем і ущільненням шарів;
- бруківка - дорожнє покриття перехідного типу із булижного або колотого каменю;
- ґрунтові покриття, оброблені в'яжучими матеріалами, - це покриття перехідного типу із шаром зносу у вигляді ущільненої суміші ґрунту з в'яжучими матеріалами (рідкий бітум, гудрон, дьоготь, цемент та інше).

Дорога ґрунтова - профільована ґрунтова дорога або дорога, проїзна частина якої поліпшена каркасними домішками (гравій, шлак та ін.). Це нижчий тип покриття, який потребує постійного вирівнювання для запобігання виникненню колії.

Штучні споруди - інженерні споруди, призначені для руху транспортних засобів і пішоходів через природні та інші перешкоди, а також сталого функціонування автомобільної дороги (мости, шляхопроводи, естакади, віадуки,

тунелі, наземні та підземні пішохідні переходи, наплавні мости та поромні переправи, розв'язки доріг, підпірні стінки, галереї, уловлювальні з'їзди, снігозахисні споруди, протилавинні і протисельові споруди тощо).

Мости і шляхопроводи - транспортна споруда, призначена для пропуску через водні або інші перешкоди автомобільного транспорту, пішоходів і різних комунікацій народногосподарського призначення.

Рисунок 1.2.5 – Мости і шляхопроводи

Естакада - інженерна споруда для руху транспортних засобів та пішоходів, підняття однієї дороги над іншою у місці їх перетину, а також для створення дороги на певній висоті, яка не має з'їздів на іншу дорогу.

Рисунок 1.2.6 – Естакада

Труби - штучні споруди в тілі дорожнього насипу для пропуску під земляним полотном автомобільної дороги невеликих постійних або тимчасових водостоків.

Рисунок 1.2.7 – Водопропускні труби

Огородження транспортні - огородження бар'єрного та парапетного типів, призначені для запобігання вимушеним з'їздам транспортних засобів із земляного полотна дороги, проїзної частини мостів, шляхопроводів, естакад та зіткненню із зустрічними транспортними засобами, наїздами на масивні предмети та споруди, які розташовані у смузі відводу дороги.

Пішохідні огородження - сітки, конструкції поручневого типу, призначені для упорядкування руху пішоходів та запобіганню виходу на проїзну частину диких і свійських тварин.

Пішохідний перехід підземний, надземний - інженерна споруда, що призначена для безпечного переходу пішоходами проїзної частини під дорогою (підземний), над дорогою (надземний).

Рисунок 1.2.8 – Підземні та наземні пішохідні переходи

Придорожні насадження - дерева і чагарники у смузі відводу, які насаджені з технічною метою (захисту дороги від снігу, піску, ерозії ґрунту, для оптичного орієнтування водіїв, запобігання засліпленню водіїв світлом фар), з екологічною метою (захист від пилу, шуму, загазованості повітря), а також для архітектурно-художнього оформлення дороги і ув'язки її з навколишнім ландшафтом.

Снігозахисні насадження - багаторядні посадки дерев та чагарників обумовленої густоти (суцільні або у вигляді огорожі) вздовж автомобільної дороги з метою її захисту від снігових заметів.

Декоративні насадження - мальовниче розташування елементів озеленення у смузі відводу автомобільної дороги.

Протиерозійні насадження - насадження для захисту укосів і схилів від води і вітру.

Снігозахисні засоби - засоби для захисту доріг від снігових заметів. До снігозахисних засобів належать: снігові траншеї, снігові стінки і вали, переносні щити, огорожі, кам'яні стінки, прості загороди з місцевих матеріалів (плоти і щити з хмизу, очерету та інших матеріалів).

Об'єкти дорожнього сервісу - спеціально облаштовані місця для зупинки маршрутних транспортних засобів, майданчики для стоянки транспортних засобів, майданчики відпочинку, видові майданчики, автозаправні станції, пункти технічного обслуговування, мотелі, пункти приймання їжі та питної води, автопавільйони, туалети, урни та контейнери для сміття.

Автопавільйони - споруди на автомобільній дорозі, які призначені для очікування пасажирами автобусів чи інших маршрутних транспортних засобів у місцях зупинок, де не відбувається касовий продаж квитків.

Майданчик зупинок - спеціально обладнаний майданчик у місцях автобусних зупинок.

Майданчик відпочинку - майданчик поблизу автомобільної дороги для тривалої зупинки транспортних засобів та для відпочинку учасників руху. На площадці відпочинку за функціональним призначенням розрізняють зону

стоянки автомобілів, зону відпочинку, санітарно-гігієнічну зону зі сміттєзбірником і туалетом.

Дорожні знаки - технічні засоби організації дорожнього руху, які мають умовні позначення, символи, що інформують учасників дорожнього руху про умови руху, його особливості і необхідні режими, а також про маршрут руху.

Направляючі стовпчики - огороджувальні пристрої для зорового орієнтування учасників дорожнього руху.

Світлофорні об'єкти - система світлосигнальних пристроїв для регулювання дорожнього руху.

З'їзд - елемент перехрещення або примикання доріг на одному рівні, призначений для поєднання проїзних частин доріг між собою.

Тротуар, пішохідна доріжка - елемент дороги, призначений для руху пішоходів, який прилягає до проїзної частини або відокремлений від неї газоном.

Велосипедна доріжка - доріжка, виконана в межах дороги чи поза нею з покриттям, що призначена для руху на велосипедах та мопедах.

Узбіччя - виділено конструктивною або суцільною лінією дорожньої розмітки елемент автомобільної дороги, який прилягає безпосередньо до зовнішнього краю проїзної частини, розташований з нею на одному рівні та не призначений для руху транспортних засобів.

Укріплення узбіч - забезпечення стійкості узбіч від розмиву і сповзань шляхом укріплення їх гравієм, чорним щебнем, асфальтобетоном, травосіянням, обдернуванням.

Кабельні лінії зв'язку - з'єднувальні кабельні мережі, які забезпечують прямий зв'язок з дорожньо-експлуатаційною службою, постами ДАІ, пунктами медичної допомоги.

Лінії штучного освітлення - стаціонарне освітлення, яке забезпечує в темний період доби необхідну видимість на дорозі.

Проїзна частина - елемент дороги, призначений для руху нерейкових транспортних засобів. Дорога може мати одну або дві проїзних частини, межами яких є розділювальна смуга.

Технічні засоби - спеціальні технічні засоби, призначені для організації та регулювання дорожнього руху (дорожні знаки, інформаційне табло, дорожня розмітка, сигнальні стовпчики, транспортні та пішохідні огородження різних типів, світлофорне обладнання тощо).

Розділювальна смуга - частина дороги, спеціально виконана чи позначена дорожньою розміткою, яка розділяє суміжні потоки транспортних засобів.

Благоустрій автомобільних доріг - комплекс споруд для обслуговування учасників дорожнього руху[5].

Інтенсивність руху – це кількість транспортних засобів, яка пройшла поперечне січення вулиці або дороги за одиницю часу. Інтенсивність руху може виражатися у фактичних одиниця (авто/год.), коли необхідно встановити фізичну кількість транспортних засобів, а також у зведених одиницях (од/год.), коли транспортний потік на основі порівняння динамічних габаритів транспортних засобів зводиться до умовного легкового автомобіля.

Одиниці виміру інтенсивності:

- авто/добу - в значній мірі використовувалася і використовується при незначних обсягах руху, що дозволяє вирішувати завдання організації дорожнього руху. При значних обсягах руху цей показник не може бути використаний;
- авто/год. – використовується для розв’язання завдань організації руху;
- авто/год.«пік» - використовується для розв’язання завдань організації дорожнього руху в період існування щільних транспортних потоків;
- авто/ 5 хв. – використовується для розв’язання спеціальних завдань дорожнього руху (наприклад, для розрахунків світлофорної сигналізації).

В якості розрахункового періоду часу для визначення інтенсивності руху можуть також приймати рік, місяць, годину і більш короткі проміжки часу (секунда) залежно від поставленого завдання спостереження. На вулично-дорожній мережі можна виділити окремі ділянки і зони, де рух досягає максимальних розмірів, у той час, як на інших ділянках він у декілька разів менший.

Піковий період – термін часу, протягом якого інтенсивність, яка вимірюється малими проміжками часу, значно перевищує середню інтенсивність періоду найбільш інтенсивного руху. Періодом найбільш інтенсивного руху зазвичай є проміжок часу між 6^{00} та 22^{00} годинами [6].

2 ПРОГНОЗУВАННЯ ПОТОКУ АВТОТРАНСПОРТУ

Методика прогнозу інтенсивності руху автомобілів потрібна для вирішення широкого спектру задач, зокрема:

- Планування і проектування дорожньої мережі. Для того, щоб забезпечити ефективне функціонування дорожньої мережі, необхідно мати уявлення про те, як буде розвиватися інтенсивність руху в майбутньому. Методика прогнозу інтенсивності руху дозволяє визначити, які ділянки дороги потребують розширення або реконструкції, а також розробити оптимальні маршрути для руху транспорту.
- Управління дорожнім рухом. Методика прогнозу інтенсивності руху використовується для розробки ефективних заходів з управління дорожнім рухом, таких як регулювання світлофорів, встановлення обмежень швидкості та організація смуг руху.
- Оцінка впливу транспортних проектів. Методика прогнозу інтенсивності руху використовується для оцінки впливу транспортних проектів, таких як будівництво нових доріг або розширення існуючих, на інтенсивність руху в регіоні.
- Аналіз транспортних систем. Методика прогнозу інтенсивності руху використовується для аналізу транспортних систем, таких як мережа автомагістралей або громадського транспорту. Це дозволяє оцінити ефективність роботи транспортної системи та виявити проблеми, які необхідно вирішити.

Методика прогнозу інтенсивності руху ґрунтується на використанні статистичних методів для аналізу даних про інтенсивність руху в минулому. Ці дані можуть включати інформацію про кількість транспортних засобів, які проїхали через певну точку або ділянку дороги протягом певного періоду часу. За допомогою статистичних методів можна визначити основні тенденції розвитку інтенсивності руху та спрогнозувати, як вона буде змінюватися в майбутньому.

Існує безліч різних методів прогнозу інтенсивності руху. Вибір методу залежить від конкретних цілей прогнозування та доступності даних.

Типові залежності зміни в часі інтенсивності руху: геометричній прогресії:

$$N_t = N_0 \left(1 + \frac{p}{100}\right)^t, \quad (1)$$

простої прогресії:

$$N_t = N_0 \left(1 + t\frac{p}{100}\right), \quad (2)$$

де N_t – інтенсивність в рік t, авт/добу,

N_0 - інтенсивність в початковий рік обліку ($t = 0$), авт/добу, p – темп зростання інтенсивності руху, середній за час обліку, %.

Частіше всього вибирають як типову залежність (1).

Для прогнозу інтенсивності зручно криволінійну залежність (1) перетворити в прямолінійну логарифмуванням:

$$yt = a + b - t, \quad (3)$$

де $a = lgN_0$, $b = lg(1 + \frac{p}{100})$,

t – роки обліку інтенсивності (при початковому році $t = 0$).

В графоаналітичному методі в полу–логарифмічній шкалі по координатам t та yt наносять точки обліку інтенсивності на графік. З використанням прозорої лінійки на поле точок наносять пряму лінію, яка відсікає на шкалі yt значення $a = y_0$. На шкалі t відмічають останній рік T обліку інтенсивності руху та проводять вертикаль до перетинання з раніш побудованою прямою. З точки перетинання проводять горизонтальну лінію на вісь yt та відмічають на ній значення $b = yT$.

Інтенсивність в початковий рік N_0обліку ($t = 0$) знаходять за формулою:

$$N_0 = 10^a, \quad (4)$$

а темп зростання інтенсивності руху, середній за час обліку, за формулою:

$$\left(1 + \frac{p}{100}\right) = 10^{\frac{(b-a)}{T}}, \quad (5)$$

Систему рівнянь мінімізації відхилень даних обліку інтенсивності від теоретичної залежності складають таким чином. При кількості n років обліку сума квадратів відхилення даних обліку інтенсивності від теоретичної залежності:

$$\Phi(a, b) = \sum_{t=0}^{m} (lnN_t - a - b \cdot t)^2, \quad (6)$$

де $m = n - 1$

Для мінімізації відхилень даних обліку інтенсивності від теоретичної залежності диференціюємо (6) по параметрам а та b і прирівнюємо похідні нулю:

$$\begin{cases} \frac{\partial \Phi(a,b)}{\partial a} = -2\sum_{t=0}^{m}(lnN_t - a - b \cdot t) = 0 \\ \frac{\partial \Phi(a,b)}{\partial a} = -2\sum_{t=0}^{m}(lnN_t - a - b \cdot t) \cdot t = 0 \end{cases}, \quad (7)$$

або

$$\begin{cases} B - n \cdot a - b \cdot A = 0 \\ D - a \cdot A - b \cdot C = 0 \end{cases}, \quad (8)$$

де $m = n - 1$, $A = \sum_{t=0}^{m} t$, $B = \sum_{t=0}^{m} lnN_t$, $C = \sum_{t=0}^{m} t^2$, $D = \sum_{t=0}^{m}(t \cdot lnN_t)$.

Рішення дає формули для розрахунку параметрів:

$$a = \frac{DA - BC}{A^2 - C_n},\ b = \frac{BA - D^n}{A^2 - C_n}. \quad (9)$$

Потенціювання дає значення параметрів в формулі (1), при яких данні обліку інтенсивності руху найближчі по теоретичній кривій

$$N_0 = e^a,\ \left(1 + \frac{p}{100}\right) = e^b. \quad (10)$$

Розглянемо застосування методики прогнозування потоку автотранспорту на прикладі декількох трас. Враховуючи, що сьогодні актуальними шляхами сполучення є перевезення в західній частині України розглянемо траси М11 і Р40.

Трасу М11 було побудовано за міжнародними стандартами, і вона відповідає вимогам категорії Іа. На всій протяжності траси є розділова смуга шириною 5 метрів, а також смуги безпеки шириною 3,5 метрів. Ширина смуги руху становить 3.75 метра, а допустима швидкість руху - 130 км/год. Перехрестя на рівні відсутні, а всі перехрестя з іншими дорогами забезпечені залізничними переїздами.

Трасу М11 можна вважати однією з найсучасніших автомобільних доріг в Україні. Вона забезпечує комфортний і безпечний рух автомобільного транспорту між Львовом та кордоном з Польщею.

За даними Державного агентства автомобільних доріг України, інтенсивність руху автомобілів на трасі М11 "Львів - Шегині" за останні роки зростає.

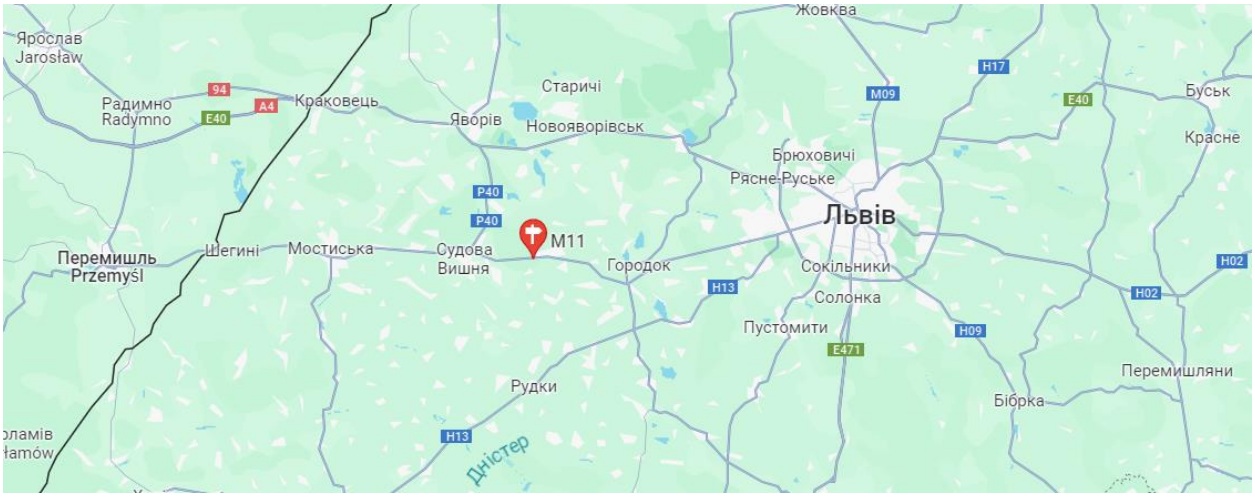

Рисунок 2.9 – Траса М11 Львів – Шегині

У 2022 році середньодобова інтенсивність руху автомобілів на трасі М11 становила 24 700 одиниць. Це на 12% більше, ніж у 2021 році (21 900 одиниць), і на 36% більше, ніж у 2020 році (18 300 одиниць).

Найбільша інтенсивність руху спостерігається на ділянці від Західного об'їзду Львова до міста Городок. У 2022 році тут середньодобова інтенсивність руху становила 2604 одиниці в напрямку Львова і 1909 одиниць в напрямку Шегині.

Найнижча інтенсивність руху спостерігається на ділянці від міста Городок до кордону з Польщею. У 2022 році тут середньодобова інтенсивність руху становила 23 200 одиниць в напрямку Львова і 21 500 одиниць в напрямку Шегині.

Інтенсивність руху на трасі М11 залежить від багатьох факторів, зокрема від сезону, часу доби, святкових днів та інших подій. Так, у літні місяці інтенсивність руху зазвичай вища, ніж у зимові місяці. Також, інтенсивність руху зростає у вихідні та святкові дні.

Очікується, що інтенсивність руху на трасі М11 буде продовжувати зростати в майбутньому. Це пов'язано з ростом населення та економіки України, а також з розвитком міжнародного співробітництва.

Таблиця 2.2 – Інтенсивність руху на трасі М11

Рік	Середньодобова інтенсивність руху, одиниць
2014	17 000
2015	17 500
2016	18 000
2017	18 500
2018	19 000
2019	19 500
2020	18 300
2021	21 900
2022	24 700

Як видно з табл. 2, середньодобова інтенсивність руху автомобілів на трасі М11 за 10 років зросла на 47%, з 17 000 одиниць у 2014 році до 24 700 одиниць у 2022 році. Це зростання пов'язано з рядом факторів, зокрема з ростом населення та економіки України, а також з розвитком міжнародного співробітництва.

Найбільше зростання інтенсивності руху спостерігається на ділянці від Західного об'їзду Львова до міста Городок. У 2022 році тут середньодобова інтенсивність руху становила 2604 одиниці в напрямку Львова і 1909 одиниць в напрямку Шегині. Це пов'язано з тим, що ця ділянка є найбільш прохідною та зручною для пересування автомобільним транспортом.

Проведемо розрахунки для траси М11. Для мінімізації відхилень даних обліку інтенсивності від теоретичної залежності проведемо розрахунок згідно з формулою (8):

Таблиця 2.3 – Розрахунок складових для системи рівнянь (8)

Рік (t)	lnN_t	t^2	$t \cdot lnN_t$
2013	9.740969	0	0
2014	9.740969	1	9.740969
2015	9.769956	4	19.53991
2016	9.798127	9	29.39438
2017	9.825526	16	39.3021

2018	9.852194	25	49.26097
2019	9.87817	36	59.26902
2020	9.814656	49	68.70259
2021	9.994242	64	79.95394
2022	10.11456	81	91.03103
A	B	C	D
45	98.52937	285	446.1949

За формулою (9) маємо значення a=9,699513, b=0,034094

За формулою (10) потенціювання дає значення параметрів в формулі (1), при яких данні обліку інтенсивності руху найближчі по теоретичній кривій

$N_0 = e^a$=16309,67

$\left(1 + \frac{p}{100}\right) = e^b$=1,034682

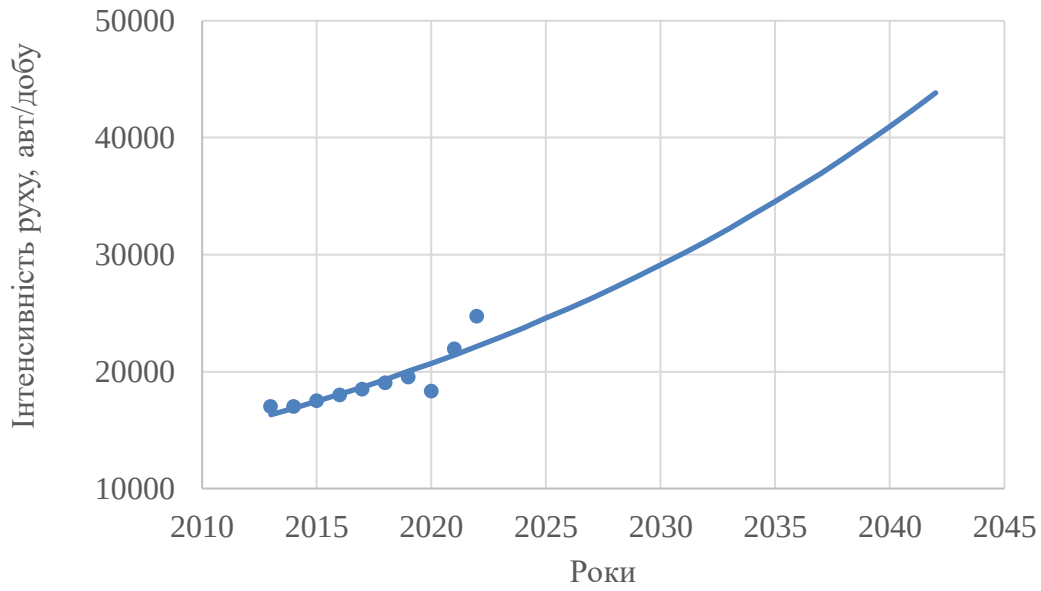

Рисунок 2.10 – Графік прогнозування інтенсивності руху на трасі М11

Таблиця 2.4 – Результати прогнозування інтенсивності руху на трасі М11 за формулою (1)

Рік	Розрахункова інтенсивність (на добу)
2013	16310
2014	16875
2015	17461
2016	18066
2017	18693

2018	19341
2019	20012
2020	20706
2021	21424
2022	22167
2023	22936
2024	23731
2025	24554
2026	25406
2027	26287
2028	27199
2029	28142
2030	29118
2031	30128
2032	31173
2033	32254
2034	33373
2035	34530
2036	35728
2037	36967
2038	38249
2039	39575
2040	40948
2041	42368
2042	43837

Аналогічно розглянемо трасу Р40

Трасу Р40 було побудовано за українськими стандартами, і вона відповідає вимогам категорії III. На всій протяжності траси є розділова смуга шириною 3 метри, а також смуги безпеки шириною 2 метри. Ширина смуги руху становить 3,5 метра, а допустима швидкість руху - 90 км/год. Перехрестя на рівні відсутні, а всі перехрестя з іншими дорогами забезпечені залізничними переїздами.

Трасу Р40 можна вважати важливою транзитною дорогою, яка з'єднує автомагістралі М11 та М10. Вона забезпечує зв'язок між містами Львів, Тернопіль, Хмельницький та Вінниця.

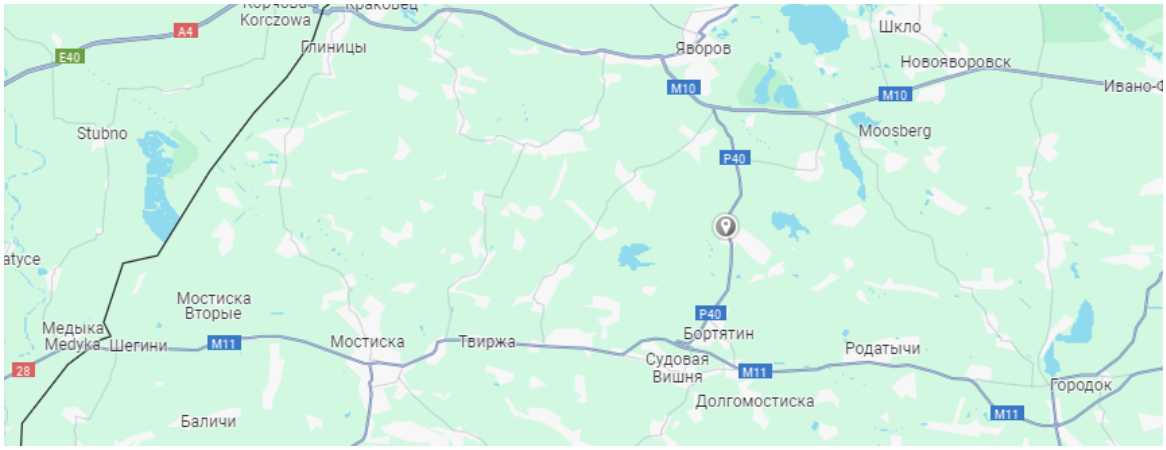

Рисунок 2.11 – Траса Р40 Судова вишня – Яворов

Таблиця 2.5 – Інтенсивність руху на трасі Р40

Рік	Середньодобова інтенсивність руху, одиниць
2014	8 500
2015	8 750
2016	9 000
2017	9 250
2018	9 500
2019	9 750
2020	9 000
2021	10 250
2022	10 500

Як видно з табл. 5, середньодобова інтенсивність руху автомобілів по трасі Р40 за 10 років зросла на 22%, з 8 500 одиниць у 2014 році до 10 500 одиниць у 2022 році. Це зростання пов'язано з рядом факторів, зокрема з ростом населення та економіки України, а також з розвитком міжнародного співробітництва.

Найбільше зростання інтенсивності руху спостерігається на ділянці від міста Львів до міста Тернопіль. У 2022 році тут середньодобова інтенсивність руху становила 11 000 одиниць. Це пов'язано з тим, що ця ділянка є найбільш прохідною та зручною для пересування автомобільним транспортом.

Проведемо розрахунки для траси Р40. Для мінімізації відхилень даних обліку інтенсивності від теоретичної залежності проведемо розрахунок згідно з формулою (8):

Таблиця 2.6 – Розрахунок складових для системи рівнянь (8)

Рік (t)	lnN_t	t^2	$t \cdot lnN_t$
2013	9,047821	0	0
2014	9,047821	1	9,047821
2015	9,076809	4	18,15362
2016	9,10498	9	27,31494
2017	9,132379	16	36,52952
2018	9,159047	25	45,79524
2019	9,185023	36	55,11014
2020	9,10498	49	63,73486
2021	9,235033	64	73,88026
2022	9,259131	81	83,33217
A	B	C	D
45	91,35302	285	412,8986

За формулою (9) маємо значення a=9,036577, b=0,021939.

За формулою (10) потенціювання дає значення параметрів в формулі (1), при яких данні обліку інтенсивності руху найближчі по теоретичній кривій

$N_0 = e^a$=8404,961; $\left(1 + \frac{p}{100}\right) = e^b$=1,022181

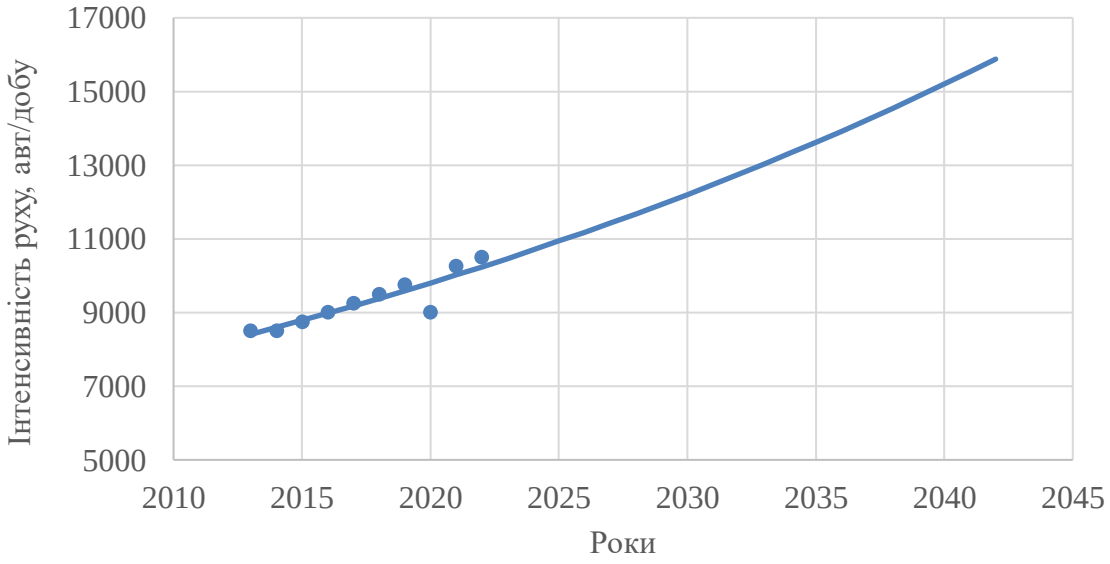

Рисунок 2.12 – Графік прогнозування інтенсивності руху на трасі Р40

Таблиця 2.7 – Результати прогнозування інтенсивності руху на трасі Р40 за формулою (1)

Рік	Розрахункова інтенсивність (на добу)
2013	8405
2014	8591
2015	8782
2016	8977
2017	9176
2018	9379
2019	9587
2020	9800
2021	10017
2022	10240
2023	10467
2024	10699
2025	10936
2026	11179
2027	11427
2028	11680
2029	11939
2030	12204

Закінчення таблиці 2.7

2031	12475
2032	12752
2033	13034
2034	13324
2035	13619
2036	13921
2037	14230
2038	14546
2039	14868
2040	15198
2041	15535
2042	15880

3 ПРОГНОЗУВАННЯ КІЛЬКОСТІ ПРОЇЗДІВ РОЗРАХУНКОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Методика розрахунку сумарної кількості проїздів розрахункового навантаження потрібна для вирішення таких задач:

- Оцінка впливу транспортних проектів. При оцінці впливу транспортних проектів, таких як будівництво нових доріг або розширення існуючих, необхідно враховувати, як ці проекти вплинуть на навантаження на дорожню мережу. Методика розрахунку сумарної кількості проїздів розрахункового навантаження дозволяє визначити, яка кількість транспортних засобів буде використовувати нову або розширену дорогу. Це важливо для оцінки впливу проекту на навколишнє середовище, а також для визначення необхідності в додаткових дорожніх спорудах, таких як розв'язки або стоянки.
- Планування і проектування дорожньої мережі. При плануванні і проектуванні дорожньої мережі необхідно враховувати, як буде розвиватися інтенсивність руху в майбутньому. Методика розрахунку сумарної кількості проїздів розрахункового навантаження дозволяє визначити, яка кількість транспортних засобів буде використовувати певну ділянку дороги в майбутньому. Це важливо для забезпечення пропускної спроможності дороги та комфортного руху транспорту.
- Управління дорожнім рухом. Методика розрахунку сумарної кількості проїздів розрахункового навантаження використовується для оцінки ефективності заходів з управління дорожнім рухом. Наприклад, можна використовувати цю методику для оцінки впливу регулювання світлофорів на кількість транспортних засобів, які використовують певну ділянку дороги.

Методика розрахунку сумарної кількості проїздів розрахункового навантаження ґрунтується на використанні статистичних методів для аналізу даних про інтенсивність руху в минулому. Ці дані можуть включати інформацію про кількість транспортних засобів, які проїхали через певну точку або ділянку

дороги протягом певного періоду часу. За допомогою статистичних методів можна визначити основні тенденції розвитку інтенсивності руху та спрогнозувати, як вона буде змінюватися в майбутньому.

Існує безліч різних методів розрахунку сумарної кількості проїздів розрахункового навантаження. Вибір методу залежить від конкретних цілей розрахунку та доступності даних.

Ось приклад того, як використовується методика розрахунку сумарної кількості проїздів розрахункового навантаження для оцінки впливу транспортних проектів.

Сумарна кількість проїздів розрахункового навантаження за строк експлуатації дорожнього одягу $\sum N_{\text{р}}$ визначається за формулою (11):

$$\sum N_{\text{р}} = 0{,}7 \cdot T_{\text{рдр}} \cdot K_n \cdot K_c \cdot N_{1\text{р}} \,, \tag{11}$$

де $T_{\text{рдр}}$ – кількість розрахункових діб на рік приймають за (таб.8);

K_n – коефіцієнт, що враховує ймовірність відхилення сумарного руху від середнього, що очікується, приймають за (таб.9);

K_c – коефіцієнт суми, що визначається за формулою (12):

$$K_c = \frac{\theta^{T_{\text{сл}}-1}}{\theta-1}, \tag{12}$$

де θ – показник зміни інтенсивності руху даного типу автотранспортних засобів за роками (змінюється у діапазоні від 0,80 до 1,10); при $\theta = 1$, $K_c = T_{\text{сл}}$;

$T_{\text{сл}}$ – розрахунковий строк служби (експлуатації) дорожнього одягу приймають відповідно до ДБН В.2.3-4.

Таблиця 3.8 – Кількість розрахункових діб на рік

Дорожньо–кліматична зона	I	II	III	IV	
				Захід	Південь
Кількість розрахункових діб на рік $T_{\text{рдр}}$	145	135	130	140	120

Таблиця 3.9 – Значення коефіцієнта K_n для різних категорій доріг

Тип дорожнього одягу	Значення коефіцієнта K_n для різних категорій доріг				
	I	II	III	IV	V
Капітальний	1,49	1,49	1,38	1,31	–
Удосконалений полегшений	–	–	1,32	1,26	–
Перехідний	–	–	–	1,16	1,04

Припустимо, що планується побудувати нову автомагістраль, яка буде з'єднувати два міста. Для оцінки впливу цього проекту на навколишнє середовище необхідно визначити, яка кількість транспортних засобів буде використовувати нову автомагістраль. Для цього можна скористатися методикою розрахунку сумарної кількості проїздів розрахункового навантаження.

Для цього необхідно зібрати дані про інтенсивність руху на дорогах, які будуть пов'язані з новою автомагістраллю. Ці дані можна отримати за допомогою спостережень або з використанням моделювання дорожнього руху.

Після того, як дані зібрані, їх можна використовувати для розрахунку сумарної кількості проїздів розрахункового навантаження. Для цього можна скористатися одним з наступних методів:

- Метод статистичної регресії. Цей метод дозволяє визначити математичну залежність між інтенсивністю руху на існуючих дорогах і відстанню від цих доріг до нової автомагістралі. За допомогою цієї залежності можна спрогнозувати, яка кількість транспортних засобів буде використовувати нову автомагістраль.
- Метод екстраполяції. Цей метод дозволяє продовжити існуючу тенденцію розвитку інтенсивності руху на існуючих дорогах. За допомогою цього методу можна спрогнозувати, яка кількість транспортних засобів буде використовувати нову автомагістраль в майбутньому.

Після того, як сумарної кількості проїздів розрахункового навантаження розрахована, її можна використовувати для оцінки впливу проекту на

навколишнє середовище. Наприклад, можна оцінити, як проект вплине на рівень забруднення повітря або шуму.

Розглянемо розрахунок для траси М11

Таблиця 3.10 – Розрахунок сумарної кількості проїздів розрахункового навантаження

Розрахунковий строк служби, років	20	18	16	14	12	10
Середньодобова інтенсивність руху (на рік ремонту) $N_{1р}$	24700	24700	24700	24700	24700	24700
Сумарна кількість проїздів, млн. (ф. 11)	206.573	164.462	129.660	100.897	77.127	57.481
Сумарна кількість проїздів, млн. (методика прогнозування)	165.181	143.156	122.582	103.364	85.414	68.646

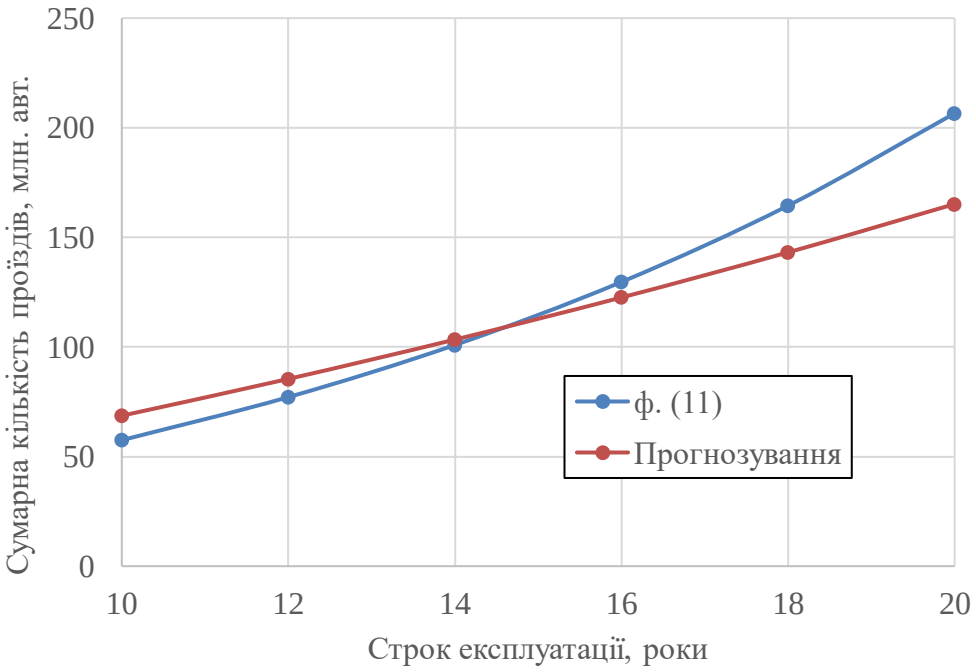

Рисунок 3.13 – Графік сумарної кількості проїздів на трасі М11

Розглянемо приклад розрахунок для траси Р40

Таблиця 3.11 – Розрахунок сумарної кількості проїздів розрахункового навантаження

Розрахунковий строк служби, років	20	18	16	14	12	10
Середньодобова інтенсивність руху (на рік ремонту) $N_{1р}$	10500	10500	10500	10500	10500	10500
Сумарна кількість проїздів, млн. (ф. 11)	87,815	69,913	55,118	42,892	32,787	24,435
Сумарна кількість проїздів, млн. (методика прогнозування)	66,408	58,382	50,700	43,347	36,311	29,576

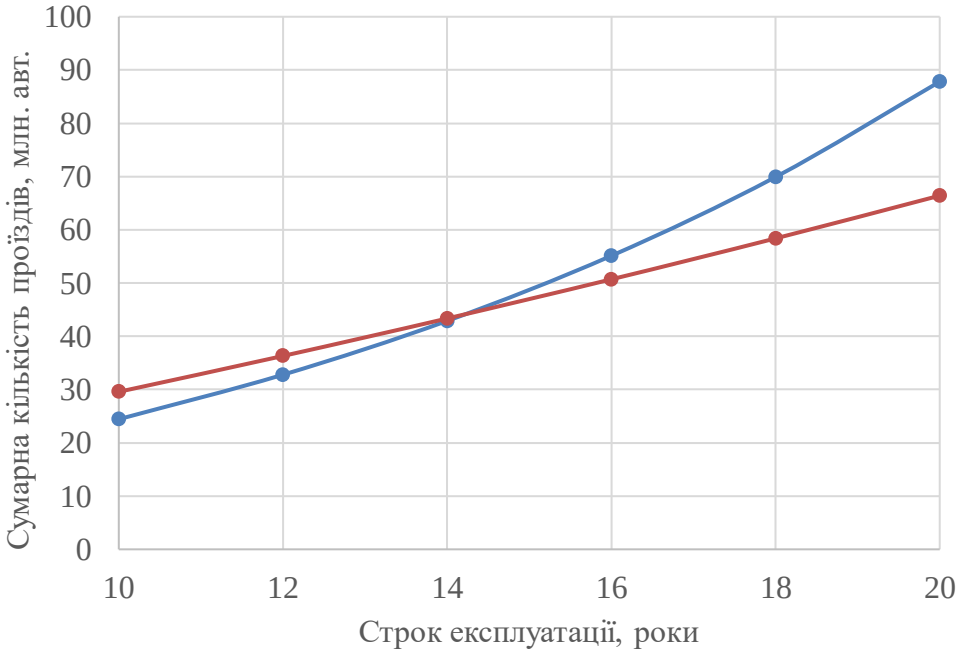

Рисунок 3.14 – Графік сумарної кількості проїздів на трасі Р40

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РІЗНИХ ФАКТОРІВ НА ПОТІК ТРАНСПОРТУ

Насамперед на потік транспорту впливають такі фактори як:

– швидкість руху транспортних засобів по прилеглих автомобільних шляхах та на з'їздах; Під час вибору в установлених межах безпечної швидкості руху водій повинен враховувати дорожню обстановку, а також особливості вантажу, що перевозиться, і стан транспортного засобу, щоб мати змогу постійно контролювати його рух та безпечно керувати ним.

- У темну пору доби та в умовах недостатньої видимості швидкість руху повинна бути такою, щоб водій мав змогу зупинити транспортний засіб у межах видимості дороги.
- У разі виникнення небезпеки для руху або перешкоди, яку водій об’єктивно спроможний виявити, він повинен негайно вжити заходів для зменшення швидкості аж до зупинки транспортного засобу або безпечного для інших учасників руху об’їзду перешкоди.
- У населених пунктах рух транспортних засобів дозволяється зі швидкістю не більше 50 км/год.
- У житлових і пішохідних зонах швидкість руху не повинна перевищувати 20 км/год.
- Поза населеними пунктами на всіх дорогах та на дорогах, що проходять через населені пункти, позначені знаком 5.51 5.51 "Початок населеного пункту" дозволяється рух зі швидкістю:
  - автобусам (мікроавтобусам), що здійснюють перевезення організованих груп дітей, легковим автомобілям з причепом і мотоциклам — не більше 80 км/год;
  - транспортним засобам, якими керують водії зі стажем до 2 років, — не більше 70 км/год;
  - вантажним автомобілям, що перевозять людей у кузові, та мопедам, — не більше 60 км/год;
  - автобусам (за винятком мікроавтобусів) — не більше 90 км/год;

- іншим транспортним засобам: на автомобільній дорозі, що позначена дорожнім знаком 5.1 5.1 "Автомагістраль" — не більше 130 км/год;
- на автомобільній дорозі з окремими проїзними частинами, що відокремлені одна від одної розділювальною смугою — не більше 110 км/год, на інших автомобільних дорогах — не більше 90 км/год.

▪ Під час буксирування швидкість не повинна перевищувати 50 км/год.

▪ На ділянках доріг, де створені дорожні умови, що дають можливість рухатися з вищою швидкістю, за погодженим з уповноваженим підрозділом Національної поліції рішенням власників доріг або органів, яким передано право на утримання таких доріг, дозволена швидкість руху може бути збільшена шляхом встановлення відповідних дорожніх знаків[10].

– ширина смуг для руху та їх кількість, поздовжня смуга на проїзній частині завширшки щонайменше 2,75 м, що позначена або не позначена дорожньою розміткою і призначена для руху нерейкових транспортних засобів;

Таблиця 4.12 – Значення показників основних елементів вулиць і доріг окремо для міських сільських населених пунктів

Група населених пунктів Категорія вулиць і доріг		Розрахункова швидкість руху, км/год	Мінімальна ширина смуги руху, м	Кількість смуг проїзної частини	Найбільший поздовжній похил, ‰	Найменші радіуси кривих у плані, м	Мінімальна ширина пішохідної зони тротуару, м
Магістральні дороги		100	3,75	4-8	40	500	1,0
Магістральні вулиці							
Найкрупніші крупні міста	Загальноміського значення безперервного руху	80	3,5	4-8	50	400	3,0
	Те саме регульованого руху	60	3,0	4-8	60	250	3,0
	Районного значення	60	3,0	2-6	60	250	2,25
Великі міста	Загальноміського значення	60	3,0	2-6	60	250	3,0
	Районного значення	60	3,0	2-4	60	250	2,25
Середні, малі міста	Загальноміського значення	60	3,0	2-4	60	250	2,25
	Районного значення	60	3,0	2-4	60	250	1,5
Місцеві вулиці та дороги							
Усі групи населених пунктів	Житлові вулиці	50	2,75	2	70	125	1,5
	Вулиці та дороги в науково–виробничих промислових і комунально–складських зонах (районах)	40	3,0	2	60	250	1,5
	Проїзди	30	2,75	2	80	30	1,0
		30	4,0	1	80	30	1,0

Ширина смуги руху не повинна перевищувати 3,75 м згідно з «ДБН В.2.3-5 2018 Вулиці та дороги населених пунктів».

Рисунок 4.15 – Смуга руху транспортного засобу

– наявність схилів;
– необхідна пропускна здатність для задоволення потреб регіону;
– зміна транспортного потоку.

Основуючись на цих факторах в місцях надмірного транспортного потоку вважають доцільним введення транспортної розв’язки на дорогах для більшого комфорту пересування.

Транспортні потоки на ділянках доріг характеризуються складом транспортних засобів, швидкістю руху, густиною автомобілів. В результаті всі ці складові взаємопов’язані та певним чином впливають на побудову транспортної розв’язки. Насамперед щільність транспортних засобів та швидкість руху автомобілів вказує на необхідну кількість смуг руху та ширину ділянки дороги. Важливою складовою проектування розв’язок є також забезпечення належної видимості для безпеки руху транспортних засобів. Адже учасники дорожнього руху повинні мати можливість своєчасно побачити й визначити напрямок подальшої динаміки:

– транспортного засобу, який наближається до розв’язки з боку головної або другорядної дороги;

– пішохода, який наближається до наземного пішохідного переходу;

– велосипедиста, який рухається в бік розв'язки виділеною на проїзній частині або відокремленою велосипедною доріжкою.

Головними вимогами у проектуванні транспортних розв'язок є забезпечення безпеки руху під час експлуатації транспортних засобів. Забезпечення безпеки під час дорожнього руху виконується за рахунок: розділення бар'єром смуг руху у зворотних напрямках; забезпечення мінімізації появи людей та тварин на ділянках дороги (особливо на дорогах першої категорії) де виключені пішохідні переходи; виділення додаткових смуг для зупинки, стоянки та розгону транспортних засобів. Наявність усіх необхідних дорожніх знаків, встановлених відповідно до вимог, також впливають на мінімізацію можливих ДТП та дозволяють водієві вчасно приймати правильні рішення під час руху в потоці.

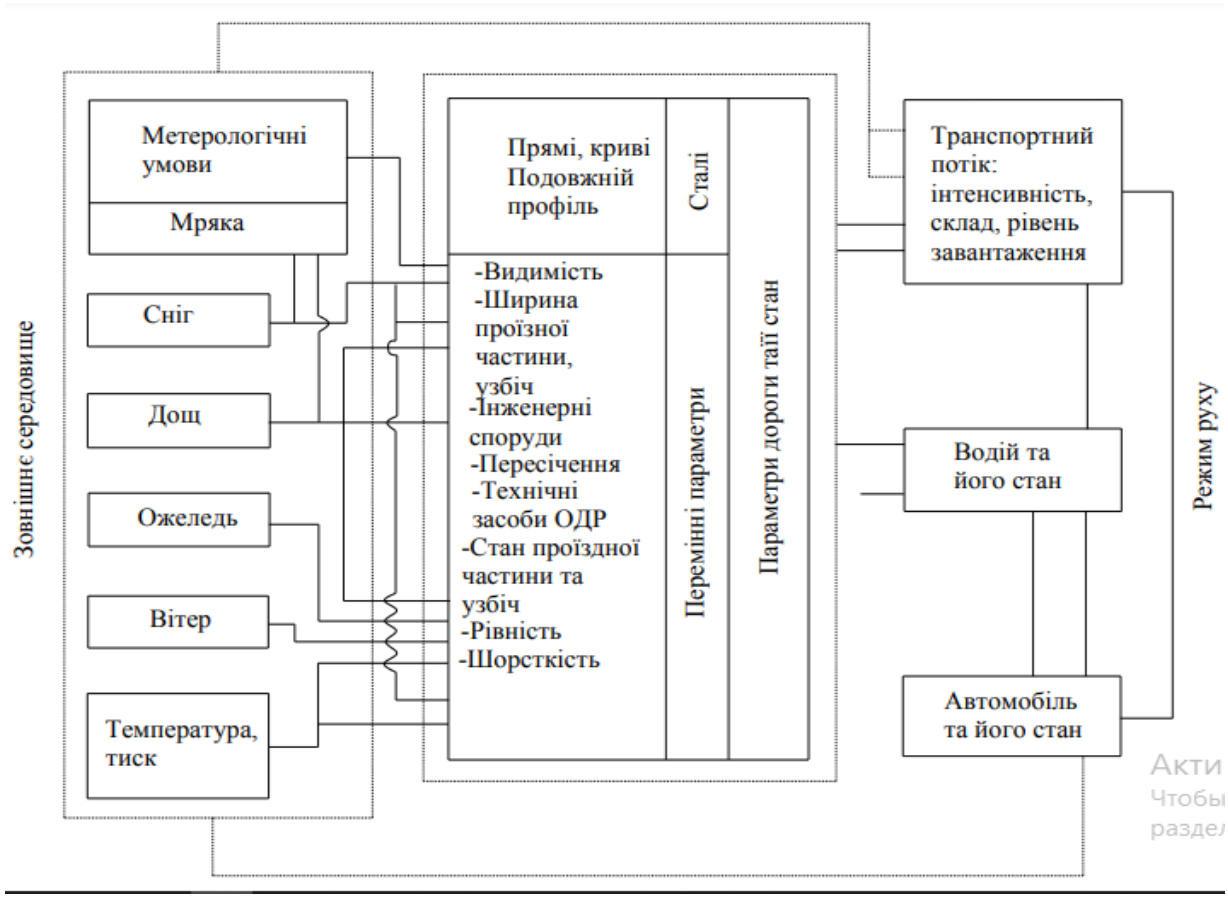

Рисунок 4.16 – Фактори які впливають на транспортний потік

Також не менш важливими є кліматичні фактори які відіграють значну роль в транспортному потоці. Транспортна безпека найбільшою мірою залежить від наявності й правничого характеру опадів, які визначають дальність видимості, погіршуються зчіпні якості шин з дорожнім покриттям. Температура і моральний стан ґрунту впливають на можливості використання коштів і терміни існування автодоріг в Україні.

Стан ґрунту є важливою умовою функціонування й регулювання доріг, діючих всесезонно. У весняний період ґрунт дорожнього земляного полотна набирає вологу, та її міцність знижується. Розжиженний ґрунт надає слабке опору навантаженні, створюваної колесами автомобіля на дорожню одяг, що під їх впливом прогинається, а після зняття навантаження повертається у колишній стан. Саме тоді, що є самим несприятливим для експлуатації, дорога виконує своїх функцій більшою мірою з допомогою дорожнього одягу і піддається руйнації.

Слизькі дороги є, за статистикою, одним із головних причин автотранспортних аварій та катастроф. До 30% аварій в автомобільному транспорті в зимовий період обумовлені гололідними явищами. Ожеледь утворюється внаслідок випадання дощу чи мряки при позитивної температури повітря (+>3°С) на покриття із від'ємною температурою. У 95% випадків поява ожеледиці відбувається за температури повітря, яка наближається до 0°С, і відносній вологості повітря від 80 до 100%. У рази слизькості коефіцієнт зчеплення шин з поверхнею дороги зменшується до 0,08-0,15, що зумовлює різке зниження безпеки руху.

Підвищена слизькість особливо небезпечна, коли починається дощ: пил чи завданий на асфальті ґрунт розчиняється водою й утворюється дуже слизький шар на дорозі. Потрібно виявляти особливу обачність при під'їзді до перехресть із ґрунтовими шляхами, і навіть за необхідності з'їзду на узбіччя. У таких випадках рух з мінімальною швидкістю – головний засіб забезпечення безпеки. При сильному дощу вода проникає до гальмівних колодок, які, мокнучи, призводять до відмови гальм чи різкого зниження їхньої ефективності.

Водіям під час дощу доводиться включати склоочисники, які завжди виходять із потоками води, заливаючи лобове скло, що заважає безпечному руху. До того ж, в дощ численні відображення в калюжах фар і ліхтарів дезорієнтують водіїв і пішоходів. У разі мокрого і слизького дорожнього покриття гальмівний шлях збільшується в 4-5 раз! На брудній чи вологій поверхні дороги утворюється плівка, що є прошарком між шиною і покриттям дороги, що стає слизьким. До того ж бруд і калюжі можуть приховувати вибоїни в асфальті.

Взимку через сніг відбувається звуження проїзної частини, що ускладнює рух транспортних засобів, а снігові вали на краю проїзної частини закривають огляд дороги, приховують пішоходів. Дорога стає особливо небезпечною під час першого снігопаду, коли на проїзній частині з'являється утрамбований сніг і перший лід. Саме тоді різко зростає число наїздів на пішоходів, оскільки водії і пішоходи ще не встигли пристосуватися до нових умов руху.

Особливу небезпеку обману всіх видів транспорту представляє туман. Сильний туман створює майже повну відсутність видимості, у результаті швидкість руху транспортних засобів мусить бути різко знижена. Туман також є серйозним на заваді руху. Підраховано, що у європейській частині світу протягом року налічується близько сорока туманних днів. Туман закриває орієнтири, змінює забарвлення променів усіх кольорів, крім червоного. Так, жовте світло в тумані стає червонуватим, а зелене — жовтуватим. Пелена туману може бути настільки густою, що із включеними фарами не можна нічого розрізнити з відривом 3-5 м.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Вплив рівня потоку транспорту на навколишнє середовище

Зростання обсягів автотранспортних перевезень обумовлено потребами економічного розвитку країн. Підвищення інтенсивності руху транспортних потоків у містах значно погіршує стан навколишнього середовища територій, прилеглих до магістральних вулиць міст. Особливості формування руху транспортних потоків у містах залежать від чинних планувальних схем. Не менш важливим є розміщення функціональних зон і структура вулично-дорожньої мережі. На кількість викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище значно впливає склад транспортних потоків, досконалість конструкцій автомобілів, їхній технічний стан, а також вид палива й особливо його якість.

Рух транспортних потоків супроводжується великою кількістю викидів токсичних речовин. Забудова міських територій має багато особливостей, пов’язаних із вулично-дорожньою мережею. Різноманітна міська забудова впливає на процес розсіювання забруднюючих речовин від автотранспортних потоків. Параметри вулиць у межах «червоних ліній», особливості розміщення будівель, а також їхня висота й довжина, ширина відстаней між ними визначають умови обтікання повітряними потоками та ступінь розсіювання вихлопних газів. Суттєво впливає на розподіл повітряних потоків аерація вулиць. Міські вулиці – це неорганізоване джерело викидів відпрацьованих газів автомобілів. За відповідних метеорологічних умов на магістральних вулицях концентрація шкідливих сполук у повітрі збільшується й може сягати небезпечних показників.

Рівень забруднення повітряного середовища в районах міських магістральних вулиць і прилеглих до них територій залежить від інтенсивності руху та складу транспортних потоків, ширини й рельєфу вулиць, швидкості вітру, вологості та інших чинників. Міські вулиці є одним з основних джерел забруднення примагістральних територій. Шкідливі речовини, які містяться у відпрацьованих газах транспортних засобів, негативно впливають на людину й можуть бути

причиною виникнення й розвитку значної кількості захворювань. Найбільші концентрації забруднюючих речовин виділяються за холостого режиму роботи автотранспорту й короткочасних зупинок.

Висновки. Зниження рівня забруднення викидами від автомобільного транспорту є однією з важливих проблем поліпшення навколишнього середовища в містах. Кількість шкідливих речовин, яка надходить в атмосферу у складі відпрацьованих газів, залежать від технічного стану автотранспортного засобу та його двигуна. Зниження токсичності вихлопних газів двигуна можна досягти підвищенням якості палива, очищенням відпрацьованих газів, удосконаленням елементів конструкцій автомобіля. Використання систем електроніки на автомобілях сприятиме зниженню у 1,5–2,0 рази токсичності відпрацьованих газів. Ефективним може бути використання палива з поліпшеними екологічними характеристиками, а також удосконалення систем експлуатації й екологічного контролю автомобілів. Необхідно підвищити вимоги до технічного контролю автомобілів, переводити транспортні засоби на використання альтернативних джерел енергії, вводити в експлуатацію гібридні автомобілі й електромобілі [8].

5.2 Вимоги безпеки під час утримання земляного полотна та покриття автомобільної дороги

1. Працівники, оглядаючи ділянку дороги, повинні рухатися узбіччям на зустріч руху автомобілів, а у разі зупинки — встановлювати вдень перед собою попереджувальний знак, а вночі стійку з червоним ліхтарем, що мигтить.

2. Працівники, зайняті утриманням доріг, повинні бути забезпечені приміщеннями для обігріву, відпочинку, прийому їжі, сушіння одягу та взуття.

3. У разі влаштування дренажних воронок для відводу талої води весною на межі ділянки проведення робіт потрібно влаштовувати бар’єрні огородження із знаком «Ремонтні роботи».

4. Для переходу працівників через кювети, канави, рівчаки та інші

перешкоди повинні влаштовуватися настили шириною не менше 0,6 м із перилами висотою 1м під час відводу талої води, а похилі настили повинні мати поперечні бруски-упори для ніг.

5. Дорожні машини для скошування трави на узбіччі та зрізування кущів повинні мати попереджувальні знаки: «Інша небезпека», «Обмежена швидкість», «Ремонтні роботи».

Знаки повинні бути встановлені попереду та позаду зони виконання робіт.

На дорожніх машинах повинні бути ввімкнені фари та габаритні ліхтарі.

6. Під час очищення дороги від снігу двома або більше снігоочисниками, що рухаються в одному напрямку, дистанція між ними повинна бути не менше ніж 15 м.

7. Швидкість руху снігоочисників у населених пунктах повинна бути не більше ніж 10 км/год.

8. Під час виконання робіт з роторним снігоочисником необхідно:

- ретельно перевіряти справність усіх важелів управління та легкість їх переключення;
- витримувати відстань від краю заднього колеса до брівки кювета або лінії обстановки дороги не менше ніж 1 м.

9. На снігоочисниках усіх типів потрібно влаштовувати такі позначки:

у світлий час доби — червоні прапорці на кабіні та на задньому борті кузова (капоті заднього двигуна); в темний час доби — прожектор на кабіні та червоний ліхтар на лівому верхньому куті заднього борту чи капоті двигуна.

10. Не дозволяється машиністові снігоочисника здійснювати обгін автомобілів, що рухаються.

11. Не дозволяється перебувати ближче 1,5 м до навісного обладнання та з боку шнека, а також витягати з-під них сторонні предмети до повної зупинки двигуна снігоочисника.

12. Не дозволяється під час роботи перебувати на підніжках і стрем'янках снігоочисних дорожніх машин.

13. Колеса снігоочисників, які очищують ділянки дороги з ухилом понад 9°

повинні бути оснащені ланцюгами.

14. Не дозволяється під час посипки покриття доріг застосовувати матеріали, що позмерзалися (пісок, шлак тощо).

15. Бункери для зберігання та навантаження розкидачів протиожеледних матеріалів (пісок, шлак тощо) повинні бути обладнані решітками для запобігання попаданню в бункер матеріалів, що позмерзалися.

16. Під час навантаження, просіювання та складування піску вручну в холодну пору року потрібно виконувати такі вимоги:

- навантажувати автомобіль дозволяється тільки з одного боку, дотримуючись безпечних інтервалів між працівниками;
- під час роботи декількох працівників з перекидання піску відстань між ними повинна бути не менше ніж 3 м.

17. Матеріали проти ожеледиці повинні розподілятися з автомобільних розкидачів. Не дозволяється розсипати матеріали проти ожеледиці вручну з кузова автомобіля, що рухається. Матеріали проти ожеледиці на ділянках дороги з підйомом або ухилом більше 9°, або ухилом і на крутих поворотах дозволяється розсипати вручну із штабелів аварійного запасу.

18. Розкидачу піску на автомобільному шасі дозволяється рухатися в загальному потоці автомобілів, не обганяючи їх. Не дозволяється розсипати пісок під час великого скупчення пішоходів і автомобілів.

19. Не дозволяється працівникам перебувати у бункері автомобіля – розкидача піску під час руху та розсипання піску [9].

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Прогнозування потоку транспорту є важливим завданням для оцінки навантаження на дорожні споруди. Тільки на основі точного прогнозу можна правильно вибрати тип та параметри дорожньої конструкції, а також розробити план її утримання.

У роботі було розглянуто основні методи прогнозування потоку транспорту. Найбільш поширеними є статистичні методи, які базуються на аналізі історичних даних про інтенсивність руху. Ці методи є простими у використанні та мають високу точність для короткострокового прогнозування. Для середньострокового та довгострокового прогнозування використовуються детерміновані методи, які враховують вплив різних факторів на інтенсивність руху.

У роботі було проведено дослідження впливу різних факторів на потоку транспорту. До основних факторів належать: демографічні фактори (кількість населення, структура населення, рівень доходів населення); економічні фактори (стан економіки, рівень розвитку промисловості, торгівлі, туризму); соціальні фактори (рівень освіти населення, культура, традиції); технічні фактори (стан дорожньої мережі, розвиток транспорту); природні фактори (кліматичні умови, наявність природних ресурсів). Вплив цих факторів може бути різним для різних доріг. Тому при прогнозуванні потоку транспорту необхідно враховувати конкретні умови, в яких знаходиться дорога.

Для підвищення точності прогнозування потоку транспорту необхідно: збирати та аналізувати більш точні та повні дані про інтенсивність руху, враховувати вплив більш широкого спектру факторів на потоку транспорту, розробляти нові методи прогнозування, які враховують складні взаємозв'язки між факторами.

Для підвищення точності прогнозування потоку транспорту в Україні можливо впровадити єдину систему обліку інтенсивності руху на автомобільних дорогах, розробити методики прогнозування потоку транспорту, які враховують вплив економічних, соціальних та природних факторів, створити центри

прогнозування потоку транспорту, які будуть займатися розробкою та впровадженням нових методів прогнозування.

Виконання цих рекомендацій дозволить підвищити точність прогнозування потоку транспорту, що в свою чергу призведе до підвищення надійності та безпеки автомобільних доріг.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Освітній портал "Академія". Транспорт. URL: http://zno.academia.in.ua/mod/book/tool/print/index.php?id=3351&chapterid=1087 (дата звернення: 21.01.2024).
2. Транспортні потоки. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D0%BD%D1%96_%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B8 (дата звернення: 21.01.2024).
3. Першаков В. М., Бєлятинський А. О., Степанчук О. В., Кротов Р. В. Дослідження транспортних потоків в аспекті заторових станів дорожнього руху : монографія. Київ : НАУ, 2015. 177 с.
4. Пономарьова Н. В. Аналіз методів прогнозування вантажопотоків у міжнародному сполученні на наземних видах транспорту. *Вестник ХНАДУ*. 2005. №30. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analysis-of-forecasting-methods-of-cargo-flows-in-international-transportation-by-land-transport (дата звернення: 21.01.2024).
5. Категорії доріг. URL: https://ips.ligazakon.net/document/TM030200 (дата звернення: 21.01.2024).
6. Інтенсивність руху. URL: https://studfile.net/preview/8855656/page:2/ (дата звернення: 21.01.2024).
7. Автомобільні шляхи України. URL: https://tsdea.archives.gov.ua/usefond/f_23/153-05/stoj/uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%96_%D1%88%D0%BB%D1%8F%D1%85%D0%B8_%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B8.html (дата звернення: 21.01.2024).
8. Фоменко Г. Р. Транспортні потоки та їхній вплив на рівень забруднення міських магістралей. *Транспорт*. 2020. Том 31 (70) Ч. 2 № 3. С. 119-123. DOI: https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/20

9. Правила охорони праці під час будівництва, ремонту та утримання автомобільних доріг URL: http://sop.zp.ua/norm_npaop_63_21-1_01-09_02_ua.php (дата звернення: 21.01.2024).
10. Правила дорожнього руху 2024 URL: https://vodiy.ua/pdr/12/ (дата звернення: 21.01.2024).
11. Вплив природньо-кліматичних факторів на стан дороги та умови руху URL: https://studfile.net/preview/5200637/page:6/ (дата звернення: 21.01.2024).
12. НПАОП 63.21-1.01-09 Правила охорони праці під час будівництва, ремонту та утримання автомобільних доріг. 2009.
13. ГБН В.2.3-37641918-559:2019 Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. 2019.
14. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. 2015.
15. ДБН В.2.3-5:2018 Вулиці та дороги населених пунктів. 2018.