Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Навчально-науковий інститут архітектури, будівництва та землеустрою
Кафедра автомобільних доріг, геодезії та землеустрою

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи магістра
на тему

ВПЛИВ ГЕОГРАФІЧНИХ І КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИЙ СТАН АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ

Розробив: **Копитін Олег Володимирович**
студент гр. 601-БА,
освітньо-професійна програма
«Автомобільні дороги, вулиці та дороги населених пунктів»
№ з.к. 10588967

Керівник: **Карюк Алла Миколаївна**
к.т.н., доцент кафедри автомобільних доріг, геодезії та землеустрою

Рецензент:
Директор ТОВ «Будівельник 2016»
Вітвіцький К.Е.

Полтава 2024

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Навчально-науковий інститут архітектури, будівництва та землеустрою
Кафедра автомобільних доріг, геодезії та землеустрою

ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ
до магістерської роботи
на тему

ВПЛИВ ГЕОГРАФІЧНИХ І КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИЙ СТАН АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ

Розробив: **Копитін Олег Володимирович**
студент гр. 601-БА,
освітньо-професійна програма
«Автомобільні дороги, вулиці та дороги
населених пунктів»
№ з.к. 10588967

Консультанти:

розділ 1	**к.т.н., проф. Литвиненко Т.П.**
розділ 2	**к.т.н., доц. Ільченко В.В.**
розділ 3	**к.т.н., доц. Карюк А.М.**
розділ 4	**к.т.н., доц. Карюк А.М.**

Допустити до захисту

Зав. кафедрою **д.е.н., доц. Шарий Г.І.**

Зміст

Вступ

Розділ 1 УРАХУВАННЯ КЛІМАТИЧНИХ ТЕМПЕРАТУР ПРИ ПРОЕКТУВАННІ, СПОРУДЖЕННІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

1.1 Вимоги до автомобільних доріг та їх класифікація……... 11

1.2 Урахування кліматичних факторів при проектуванні, спорудженні та експлуатації дорожнього доріг……. 14

1.3 Матеріали, конструкція та проектування дорожнього одягу… 15

1.4 Метеорологічні спостереження та імовірнісне подання температури повітря й поверхні ґрунту…….. 19

1.5 Показники температурного режиму експлуатації дорожнього одягу та методи їх імовірнісного прогнозування …….. 23

1.6 Результати дослідження температурного режиму експлуатації автомобільних доріг Карпатського регіону 30

1.7 Висновки з розділу і завдання досліджень……. 32

Розділ 2 БАЗА ДАНИХ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ ТА ПОВЕРХНІ ҐРУНТУ

2.1 Загальна характеристика регіону, обраного для дослідження температурного режиму експлуатації автомобільних доріг на рівнинній місцевості України ..…….. 35

2.2 Матеріали для дорожнього одягу…… 39

2.3 База кліматичних даних, її комп'ютерна реалізація та якісний аналіз…… 44

2.4 Висновки з розділу…… 48

Розділ 3 МЕТОДИКА ІМОВІРНІСНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

3.1 Методика визначення статистичних характеристик температури повітря, поверхні ґрунту та дорожнього одягу….. 50

3.2 Показники температурного режиму дорожнього одягу та методика їх визначення…….. 52

3.3 Методика приведення даних метеостанцій до траси автомобільної дороги……... 56

3.4 Висновки з розділу…….. 63

Розділ 4 ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ КИЇВ-ХАРКІВ

4.1 Статистичні характеристики температури повітря та ґрунту уздовж траси автомобільної дороги Київ-Харків…… 64

4.2 Тривалість небезпечно холодного періоду…… 73

4.3 Тривалість небезпечно спекотного періоду…….. 80

4.4 Кількості днів з потенційною небезпекою утворення ожеледиці…….. 86

4.5 Висновки з розділу……... 91

Розділ 5 ВИКОРИСТАННЯ ПОКАЗНИКІВ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

5.1 Узагальнення й нормування показників температурного режиму експлуатації дорожнього одягу автодороги Київ-Харків…… 93

5.2 Рекомендації щодо урахування температурного режиму експлуатації автомобільної дороги Київ-Харків……... 100

5.3 Порівняння температурного режиму експлуатації автомобільних доріг на рівнинній та гірській місцевості ……. 103

5.4 Висновки з розділу……... 111

Загальні висновки за результатами досліджень……...… 113

Література……..... 115

ВСТУП

Мережа автомобільних доріг значною мірою забезпечує життєдіяльність економіки та комфортність проживання людей. Автомобільний транспорт має певні властивості, які роблять його більш вигідним порівняно з іншими видами транспорту. Він може завантажуватися безпосередньо в пункті виробництва вантажу і доставляти його в пункт споживання без зайвих перевантажень; має високу маневреність, що дає змогу за короткий час зосередити потрібну кількість транспортних засобів у визначеному місці, а також незначну залежність від постійних шляхів сполучення.

Без автомобільного транспорту неможлива ефективна діяльність залізничних станцій, морських, річкових і повітряних портів. У районах, де інші види транспорту є слабо розвиненими через місцеві умови, наприклад у горах, автомобільний транспорт набуває особливого значення. Він також незамінний при освоєнні нових територій, та в розвитку сільського господарства, де часто можуть бути відсутні інші транспортні комунікації.

Вартість перевезення вантажів значною мірою залежить від дорожніх умов. Автомобільна дорога повинна забезпечувати безперебійний, швидкий та безпечний рух транспортних засобів в будь яку погоду і пору року. Для забезпечення надійного автомобільного зв'язку між населеними пунктами України необхідна постійна підтримка нормального технічного стану існуючої мережі автомобільних доріг та подальший розвиток дорожнього будівництва. Збільшення темпів вантажоперевезень, кількості, вантажопідйомності та швидкості руху транспортних засобів обумовлює необхідність розвитку мережі автодоріг, їх реконструкції та раціонального використання.

Актуальність теми дослідження. На експлуатаційний стан дороги впливає комплекс факторів, які повинні враховуватись під час проектування, ремонту й утримання доріг. У процесі експлуатації на дорогу одночасно діють

навантаження від транспортних засобів, господарська діяльність людей у районі проходження дороги, ґрунтові та поверхневі води, а також інші природно-кліматичні фактори.

Автомобільна дорога повинна бути перш за все стійкою до впливу динамічних навантажень від транспортних засобів, для вона призначена. Дія таких навантажень особливо небезпечна для дорожнього одягу в період сильного перезволоження його основи та земляного полотна. Замерзаюча вода руйнує верхні шари дорожнього покриття, тому слід забезпечувати відведення від дороги поверхневих та ґрунтових вод. Для попередження руйнування дорожнього одягу доріг нижчих категорій у весняний період обмежують проїзд важких вантажних автомобілів до повного висихання основи дорожнього одягу. Дороги I – III категорій мають забезпечувати проїзд незалежно від періоду року.

Недостатня міцність земляного полотна і дорожнього одягу а також погана якість матеріалів окремих його шарів при динамічній дії навантажень приводять до погіршення рівності дорожнього покриття, утворення на ньому хвиль та вибоїн. Це зменшує швидкість руху та зумовлює прогресуючі руйнування дорожнього покриття. Негативний вплив на стійкість верхнього шару дорожнього покриття виявляє різке гальмування великовантажних автомобілів. Прикладом такої негативної дії є поява хвиль (гребінців) на автобусних і тролейбусних зупинках.

Стійкість конструктивних елементів дороги також залежить від природно-кліматичних умов району прокладення дороги. Туман та ожеледиця, снігові заноси та повені різко погіршують транспортно-експлуатаційний стан доріг і навіть можуть перервати рух транспорту. У районах з жарким кліматом, високою температурою на поверхні дорожнього покриття, яка доходить інколи до 50°С, асфальтобетон пом’якшується і під час проїзду транспортних засобів відбувається деформація верхнього шару дорожнього покриття, погіршується рівність, різко змінюються зчіпні якості дорожнього покриття. Тому під час

проектування та експлуатації автомобільних доріг необхідно детально враховувати вплив природно-кліматичних умов. Одночасний вплив усіх факторів, діючих на дорогу, особливо помітний на змінах, що відбуваються у дорожньому одязі внаслідок старіння бітуму, втомлюваності матеріалу, зміни водно-теплового режиму дорожніх конструкцій і інші.

Територія України включає різні географічні зони: лісостеп, степові райони, гори та передгір'я. Ці зони характеризуються різними кліматичними умовами і виявляють різний вплив на автомобільні дороги, розміщені на різних територіях. Це обумовлює необхідність дослідження природно-кліматичних факторів та їх виливу на технічний стан і режим експлуатації автомобільних доріг в різних регіонах України.

Одним з найвагоміших кліматичних факторів, який виявляє істотний вплив на технічний стан автомобільних доріг з асфальтобетонним покриттям, є температурний режим зони розміщення дороги. Низькі температури в зимовий період викликають крихкі руйнування асфальтобетону з утворенням вибоїн на поверхні доріг. Високі літні температури можуть викликати розм'якшення асфальтобетону з утворенням колійності та напливів. Температури, близькі до нуля, при наявності вологи у повітрі чи на поверхні дороги можуть призвести до утворення ожеледиці, яка сильно погіршує безпеку дорожнього руху.

Викладені міркування показують, що дослідження температурного режиму експлуатації автомобільних доріг є актуальним завданням, вирішення якого сприятиме збережуваності доріг та підвищенню безпеки дорожнього руху в різних регіонах і кліматичних зонах України.

Мета роботи: проаналізувати температурний режим експлуатації автомобільних доріг в різних регіонах України, виявити й порівняти вплив різних кліматичних умов на тривалість періодів, небезпечних для дорожнього одягу та дорожнього руху.

Завдання досліджень:

1. За результатами огляду нормативної та наукової літератури встановити вимоги та способи урахування температурного режиму на технічний стан і режим експлуатації автомобільних доріг.
2. Обрати географічні регіони, дослідження яких дозволить виявити температурний режим експлуатації автомобільних доріг в різних кліматичних умовах; у середовищі Microsoft Excel сформувати електронну базу метеорологічних даних, необхідних для дослідження температурного режиму експлуатації автомобільних доріг в обраних регіонах; виконати статистичну обробку наявних даних і проаналізувати територіальну мінливість отриманих статистичних характеристик.
3. За нормами проектування та стандартами на матеріали виявити марки дорожніх бітумів, які використовуються при улаштуванні верхніх шарів дорожнього одягу в різних регіонах України, і встановити їх технічні характеристики, необхідні для прогнозування температурного режиму експлуатації дорожнього одягу.
4. За даними сформованої мережі метеостанцій для обраних регіонів та характеристиками бітумів у середовищі Microsoft Excel визначити параметри температурного режиму експлуатації асфальтобетонного дорожнього одягу, виконаного на основі звичайних нафтових дорожніх бітумів та бітумів, модифікованих полімерами.
5. Проаналізувати часову і територіальну мінливість отриманих параметрів температурного режиму експлуатації асфальтобетонного дорожнього одягу, виконаного на основі звичайного нафтового дорожнього бітуму та бітуму, модифікованого полімерами, в різних регіонах України.

6. Узагальнити отримані параметри температурного режиму експлуатації асфальтобетонного дорожнього одягу, виконати їх порівняльний аналіз та розробити рекомендації щодо їх урахування при плануванні автомобільних перевезень з метою збереження технічного стану автомобільних доріг у різних регіонах України.

Методи дослідження: статистичний аналіз метеорологічних даних про температуру повітря та поверхні гранту.

Об’єкт дослідження: вплив температурного режиму місцевості на технічний стан та експлуатацію дорожнього одягу у різних регіонах України.

Предмет дослідження: показники температурного режиму експлуатації автомобільних доріг у різних регіонах України.

Науково-технічна новизна і практичне значення результатів:

1. Створена база метеорологічних даних для дослідження температурного режиму експлуатації автомобільних доріг на рівнинній місцевості.
2. Отримані нові наукові дані про показники температурного режиму експлуатації дорожнього одягу рівнинних автомобільних доріг у північно-східній зоні України.
3. Розроблена методика коригування даних метеостанцій з урахуванням їх віддаленості від траси автомобільної дороги.
4. Отримані та представлені у формі компактних таблиць тривалості періодів, небезпечних для експлуатації асфальтобетонних автомобільних доріг в різних регіонах України. Ці дані можна використовувати при плануванні автомобільних переведень і технічної експлуатації доріг.

Розділ 1

УРАХУВАННЯ КЛІМАТИЧНИХ ТЕМПЕРАТУР ПРИ ПРОЕКТУВАННІ, СПОРУДЖЕННІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

1.1 Вимоги до автомобільних доріг та їх класифікація

Протягом останніх десятиліть зросла інтенсивність руху на автомобільних дорогах, зокрема навантаження на вісь зросли з 6…10 т до 11,5…13 т, а загальна маса транспортних засобів перевищила 40…60 т. Наявні конструкції доріг та мостів не розраховані на такі навантаження, що разом з недостатнім робочим температурним діапазоном дорожніх бітумів викликає крихкі руйнування дорожнього одягу взимку, а також деформації та утворення колійності в літній період. Отже, значна частина побудованих раніше доріг не відповідає сучасним вимогам до них.

Автомобільні дороги класифікують на категорії залежно від розрахункової середньорічної добової перспективної інтенсивності руху. Ця класифікація наведена в таблиці 1.1 за даними норм [1].

Таблиця 1.1

Технічна класифікація автомобільних доріг

Категорія дороги	Розрахункова перспективна інтенсивність руху, авт/добу	
	у транспортних одиницях	у приведених до легкового автомобіля
I	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

Дорожній одяг проектують згідно з вимогами норм [1] з урахуванням інтенсивності руху, складу автотранспортних засобів, кліматичних та ґрунтово-гідрологічних, санітарно-гігієнічних вимог, а також забезпеченості району будівництва будівельними матеріалами. Дані таблиці 1.2 показують, що для доріг I та II категорії потрібно вибирати дорожній одяг капітального типу.

Таблиця 1.2

Основні види покриттів залежно від типу дорожнього одягу і категорії доріг

Тип дорожнього одягу	Основні види покриттів	Категорії доріг
Капітальні	Цементобетонні монолітні Залізобетонні або армобетонні збірні Асфальтобетонні	I –IV
Полегшені	Асфальтобетонні Дьогтебетонні	III - IV
	Із щебеню, гравію і піску, оброблених в’яжучими	IV і V
Перехідні	Щебеневі і гравійні; із ґрунтів і міцних слабо міцних кам’яних матеріалів, оброблених в’яжучими	IV , V
Нижчі	Із ґрунтів, закріплених або покращених домішками	V

Дорожній одяг повинен відповідати загальним вимогам, які необхідно забезпечувати вибором конструкції дорожнього одягу, відповідних покриттів проїзної частини, конструкції поєднання проїзної частини з обочинами та роздільною полосою, типом закріплення обочин, створенням рівної поверхні проїзної частини, а також виконанням інших вимог норм проектування.

Конструкцію дорожнього одягу і тип покриття приймають, виходячи з категорії дороги та транспортно-експлуатаційних вимог, з урахуванням інтенсивності руху і складу автотранспортних засобів, кліматичних, грунтово-гідрологічних, санітарно-гігієнічних вимог. Одним з важливих факторів, що враховуються при проектуванні дорожнього одягу, є температурний режим його експлуатації, який визначається географічними умовами місцевості.

За опірністю навантаженню від транспортних засобів та характером деформування дорожній одяг поділяють на жорсткий і нежорсткий [28]. Жорсткий дорожній одяг характеризується тим, що один або два шари його виконані із цементобетону або залізобетону і працюють на згинання, а модуль пружності практично не залежать від температури, вологості, швидкості навантаження та майже не змінюється протягом усього часу експлуатації.

Нежорсткий дорожній одяг – це одяг з шарами, влаштованими з різних видів асфальтобетону, з матеріалів і ґрунтів, оброблених бітумом, цементом, вапном, комплексними та іншими в’яжучими матеріалами, а також із слабкозв'язаних зернистих матеріалів (щебеню, гравію, шлаку тощо).

Загальна товщина дорожнього одягу і товщини окремих шарів повинні забезпечувати міцність і морозостійкість всієї конструкції. При проектуванні дорожнього одягу необхідно враховувати перспективну інтенсивність руху автомобілів різних типів, приведену до інтенсивності впливу розрахункового навантаження на одну найбільш завантажену смугу проїзної частини.

Згідно норм [1], траса автомобільної дороги прокладається з урахуванням такої містобудівної документації:

- генеральної схеми планування території України;
- схеми планування територій областей, районів та окремих територій, які мають регіональне значення;
- генеральних планів або схем планування територій населених пунктів та сільських рад;
- детальних планів територій.

Технічні рішення при проектуванні автомобільних доріг повинні забезпечувати високі транспортно-експлуатаційні показники дороги, охорону навколишнього середовища, безпеку дорожнього руху за мінімально можливих матеріальних та фінансових витрат.

1.2 Урахування кліматичних факторів при проектуванні, спорудженні та експлуатації автомобільних доріг

На прокладення траси дороги, її проектування та експлуатацію впливають численні фактори, пов'язані з навколишнім середовищем, зокрема природні умови місцевості, в якій розміщена дорога. Основні природні фактори впливу на автомобільні дороги описані й проаналізовані нижче за даними джерел [57].

Рельєф місцевості визначає тип земляного полотна (насипи, виїмки, косогірність) і конструкцію водовідвідних споруд. Рельєф впливає на характер стоку води, ступінь зволоження місцевості, вартість спорудження земляного полотна та способи виконання земляних робіт.

Ґрунтово-геологічні умови характеризуються геологічною будовою ґрунтової товщі, видами та фізико-механічними властивостями ґрунтів, а також впливають на стійкість насипів і виїмок на крутих ухилах. Якщо наявні умови є несприятливими, трасу переносять в інше місце, або проектують заходи з підвищення стійкості земляного полотна (підпірні стінки, укісні дренажі, тунелі тощо). За геологічними даними визначають також наявність місцевих будівельних матеріалів.

Гідрогеологічні умови обумовлюють висоти насипу, тип укріплення земляного полотна, а також розміри водовідвідних споруд. Дані умови визначають характер поверхневого стоку води в районі дороги. Вони залежать від рельєфу та клімату місцевості, а також рослинного шару. Зокрема, на рівнинній місцевості та на місцевості з увігнутими формами рельєфу стікання води ускладнене. На пересіченій та гірській місцевостях вода стікає швидше, але великі швидкості течії сприяють розмиву канав і зростанню кількості ярів. Кількість стікаючої води і міра розмивання ґрунтів залежать від інтенсивності та тривалості атмосферних опадів, типу ґрунтів та виду рослинності на водозбірному басейні. Гідрогеологічні умови визначають вибір відміток земляного полотна стосовно до рівня ґрунтових вод. За ними судять про можливі зсуви, обвали, спучування ґрунтів.

Кліматичні умови включають такі фактори, як рівень опадів, вологість повітря, добові й річні зміни температури, напрямок вітрів, товщину снігового покриву, глибину промерзання ґрунту та інші фактори. Від кліматичних умов (кількості опадів за місяцями, товщини снігового покриву, кількості днів з ожеледдю, напрямку й швидкості вітру, кількості хуртовин, температури повітря та ґрунту) залежать ступінь зволоження земляного полотна, можливості його занесення снігом чи піском, а також способи укріплення укосів земляного полотна від розмивання та вивітрювання.

Виходячи з кліматичних, топографічних і геологічних умов, при проектуванні дороги вибирають форму земляного полотна, способи ущільнення ґрунтів, визначають необхідність використання морозостійких шарів ґрунту.

При спорудженні автомобільних доріг також враховуються перелічені вище кліматичні фактори [1]. Зокрема, покриття та основи дорожнього одягу з асфальтобетонних сумішей треба влаштовувати в суху погоду. Укладання холодних та гарячих асфальтобетонних сумішей необхідно проводити весною або влітку при температурі повітря не нижче ніж плюс 5°С, восени – не нижче ніж плюс 10°С.

У процесі експлуатації дороги перелічені вище геологічні, гідрогеологічні та кліматичні умови створюють певний водно-тепловий режим земляного полотна, який відображає закономірності зміни протягом року вологості й температури в придорожньому шарі повітря, у шарах дорожнього одягу і ґрунті земляного полотна. Від водно-теплового стану земляного полотна і шарів дорожнього одягу залежать їхні міцність і морозостійкість, які й визначають експлуатаційні якості та строк служби дороги. При цьому вагому роль відіграють сезонні зміни водно-теплового режиму, описані нижче стосовно до кліматичних умов України.

- Восени (вересень – листопад) відбувається накопичення вологи в земляному полотні і нижніх шарах дорожнього одягу. Вологість ґрунтів зростає, ґрунт розущільнюється, а модуль пружності дорожнього одягу зменшується.
- Взимку (грудень – лютий) відбувається промерзання земляного полотна, що супроводжується припливом вологи від рівня підземних вод до глибини промерзанняблизько 0,5...1,0 м. За високих рівнів ґрунтових вод і за наявності у ґрунті пилуватих і глинистих частинок зростає спучування ґрунтів. Через неоднорідність складу, щільності і вологості ґрунтів відбувається неоднорідне випинання, яке деформує і руйнує дорожній одяг, ускладнює чи зовсім унеможливлює рух транспорту. Спучування ґрунту може досягти 50...60 см і більше. Загальний модуль пружності дорожнього одягу підвищується внаслідок промерзання верхнього шару земляного полотна і нижніх шарів основи.
- Весною (березень –квітень, початок травня) відбувається відтавання земляного полотна. Ґрунт відтає в першу чергу під дорожнім одягом, особливо якщо узбіччя присипані снігом. У цей період вологість ґрунту є найбільшою і часто досягає границі текучості. Коефіцієнт ущільнення знижується до 0,85. Різко знижується міцність дорожнього одягу. У місцях зимових спучень руйнується дорожній одяг, утворюються осідання і проломи, матеріали дорожнього одягу перемішуються з ґрунтом.
- Влітку (травень – серпень) відбувається висихання земляного полотна. Ґрунт перебуває в найбільш щільному й міцному стані. Разом з тим високі температури призводять до розм'якшення асфальтобетону дорожнього одягу та утворення на дорогах колійності, напливів, зсувів та інших деформацій.

З метою збереження дорожнього одягу, нормального технічного стану доріг та безпеки дорожнього руху від початку літа на усіх автомобільних дорогах державного значення України рух автотранспорту загальною масою понад 24 тони з навантаженням 7 і більше тон на вісь за температури повітря

+28ºС і вище заборонено. Заборона діє протягом усього літнього періоду в денну пору доби з 08:00 до 23:00 (в залежності від області) [53]. Ця заборона є дуже актуальною, оскільки за даними [53], загальний обсяг збитків, що завдають недобросовісні перевізники, щорічно сягає близько 2,5…3,0 млрд. грн.

Вплив кліматичних факторів на безпеку дорожнього руху значною мірою визначається метеорологічними умовами місцевості. Серед основних кліматичних факторів впливу слід відмітити: дощ, сніг, вітер, ожеледицю, туман, температуру повітря й поверхні дороги, атмосферний тиск тощо. Вплив цих факторів проявляється в наступних наслідках:

- погіршення зчеплення шин з дорогою;
- погіршення видимості і оглядовості з кабіни водія;
- погіршення керованості автомобілем на високих швидкостях;
- бічний вітер провокує занос автомобіля;
- пропадає видимість межі дорожнього покриття;
- емоційна напруженість водія;
- виникнення температурного дискомфорту.

Особливості автомобільного руху в зимовий період проявляються в дії складних несприятливих метеорологічних факторів, до яких слід віднести:

- зниження зчіпних якостей покриття, зміна взаємодії автомобіля з дорогою, погіршення рівності покриття під впливом опадів, ожеледиці, підвищеної вологості повітря й інших факторів; збільшення опору руху через нерівності на дорозі, відкладення снігу, бруду, ожеледицю;
- зміна контурів і вигляду проїзної частини й узбіч, а також параметрів поперечного профілю через снігові відкладення й утворення накату;
- зменшення метеорологічної видимості в період туманів, опадів, засліплення сонцем;

- погіршення експлуатаційно-технічних якостей автомобіля, передусім систем, які забезпечують зручність і безпеку руху, — гальма, кермове управління, оглядовість, видимість, сигнальна система.

Найбільш відчутний вплив на умови руху створюють **снігові опади** з відкладенням снігу на дорогах. Пухкий шар снігу на дорозі ускладнює рух автотранспорту та знижує його швидкість. За шару пухкого снігу в 5 см швидкість руху автомобіля знижується на 25 км/год, а за шару снігу понад 25 см рух може стати неможливим.

Сніговий покрив утворюється поступово після окремих снігопадів, які в середньому тривають 6...8 год. За добу висота снігового покриву може досягти 10...30 см. Очищення доріг починають за товщини снігу понад 3 см. Кількість снігопадів, за яких необхідно провадити снігоочисні роботи, протягом зимового сезону становить 20...30 у рівнинних районах, 30...50 – у гірських.

Досить небезпечним природним фактором є такі види **обмерзання доріг**:

- лід, що утворився внаслідок ущільнення снігу колесами на проїзній частині дороги;
- лід, що утворився внаслідок промерзання тонкого шару води, яка випала у вигляді дощу або з’явилась у результаті поверхневого стоку;
- ожеледиця – шар льоду на поверхні покриття, що утворився після замерзання переохолодженої води атмосфери.

Найбільшу небезпеку для руху створює ожеледь, коли коефіцієнт зчеплення шин з покриттям знижується до 0,05...0,15. Ожеледь виникає в результаті замерзання атмосферної вологи. Вона може утворюватися за місяць до настання стійких морозів і через місяць після їх припинення. Ожеледь виникає за відносної вологості повітря 90...95%. Гідрофільні покриття сорбують водяну пару одночасно з конденсацією пари з повітря. Каплі переохолодженої води, потрапляючи на покриття, збільшують водяну плівку. Під час замерзання вона перетворюється на лід щільністю 500...900 кг/м^3. У середньому тривалість

наростання льоду становить від 1 до 6 год, рідше до 12 год. У районах з континентальним кліматом ожеледиця виникає частіше вночі, у прибережних районах – у вечірній час.

Особливу увагу слід приділяти **експлуатації гірських доріг**, які перебувають в більш жорстких кліматичних умовах. В українських Карпатах кількість днів з опадами досягає 234 в рік, причому більша частина випадає влітку, а інтенсивність перевищує 100 мм за добу. У гірському Криму дощі такої інтенсивності бувають від 2...4 разів на рік на узбережжі й до 15...20 разів – на вершинах гір. Повені в гірських районах майже завжди викликають стихійне лихо. Висота підняття води на гірських річках досягає 3...4 м, а в передгір'ї – 5...6 м при швидкості підняття понад 0,6 м/год. За такої швидкості практично неможливо вжити оперативних заходів щодо ліквідації пошкоджень. Унаслідок оголення схилів гір активізуються селеві потоки: грязьові, грязекам'яні і водокам'яні (найчастіше).

Значної шкоди дорожньому господарству завдають снігопади та хуртовини також, які утворюють замети й обвали. У Прикарпатті сумарна тривалість хуртовин досягає 100...150 днів на рік, у Криму – до 50 днів. Ожеледиця утворюється в горах за температури повітря від – 0,1 до + 2 ºС за швидкості вітру 2...5 м/с. Максимальна тривалість ожеледиці в Прикарпатті становить 160...170 діб. У Криму вона буває раз на 10 років.

Тумани в Карпатах спостерігаються в період з вересня до квітня і загалом у Прикарпатті тривають більше за 60 діб на рік по 3 доби підряд. У гірському Криму тумани бувають до 200 днів на рік.

На різних висотах утримується різна середньорічна температура повітря, що необхідно враховувати під час спорудження дорожнього одягу і вибору органічних матеріалів для нього. З підніманням угору зменшуються проміжки часу, протягом яких необхідно встигнути виконати деякі технологічні операції

З метою адекватного урахування погодно-кліматичних факторів, та ґрунтово-гідрологічних умов зволоження територія України поділяється на чотири дорожньо-кліматичні зони, визначені в ДБН [1].

1.3 Матеріали, конструкція та проектування дорожнього одягу

Для улаштування дорожнього одягу автомобільних доріг I і II категорій використовують бетони та асфальтобетони різних марок, вибір яких здійснюється за [2]. Найпоширенішими є асфальтобетонні суміші на основі нафтових дорожніх бітумів. При будівництві покриттів на дорогах вищих категорій, мостах та аеродромах знаходять широке застосування щебенево-мастикові асфальтобетонні суміші та асфальтобетонні суміші на основі бітумів, модифікованих полімерами.

У залежності від марки бітуму, який використовується для приготування асфальтобетонних сумішей, та температури їх укладання, асфальтобетонні суміші поділяються на класи:

- гарячі на основі в'язких нафтових дорожніх бітумів (не мають індексу);
- холодні на основі рідких нафтових дорожніх бітумів (індекс ”Х”).

За найбільшою крупністю зерен щебеню гарячі асфальтобетонні суміші та асфальтобетони поділяються на види:

- крупнозернисті - з розміром зерен до 40 мм (Кр);
- дрібнозернисті - з розміром зерен до 20 мм (Др);
- піщані - з розміром зерен до 5 мм (Пщ).

Холодні асфальтобетонні суміші та асфальтобетони за найбільшою крупністю зерен щебеню поділяються на:

- дрібнозернисті - з розміром зерен до 20 мм (Др);
- піщані - з розміром зерен до 5 мм (Пщ).

За показником залишкової пористості асфальтобетони з гарячих асфальтобетонних сумішей поділяються на групи:

- щільні - із залишковою пористістю від 2 до 5 % (Щ);
- пористі - із залишковою пористістю від 5 до 10 % (П);
- високопористі - із залишковою пористістю від 10 до 15 % (ВП).

За значеннями фізико-механічних властивостей асфальтобетони поділяються на марки (I, II) згідно з таблицею 1.3, які визначаються з урахуванням викладених вище класифікаційних ознак.

Таблиця 1.3

Марки асфальтобетонів (витяг із ДСТУ Б В.2.7-119)

Типи асфальтобетонних сумішей і асфальтобетонів	Марка
Щільні: А, Б, В, Бх, Вх, Г Гх Д, Дх	 I, II I II
Щебеневі пористі і високопористі	I, II
Піщані пористі і високопористі	I, II

За вмістом щебеню і піску асфальтобетонні суміші та асфальтобетони для верхніх шарів покриттів поділяються на два гранулометричні типи: з неперервчастим (НП) та перервчастим (ПР) складом. Більш детальна класифікація асфальтобетонів за гранулометричним складом наведена в таблиці 1.4, запозиченій з ДСТУ Б В.2.7-119 [2].

Таблиця 1.4

Типи асфальтобетонних сумішей та асфальтобетонів

Тип сумішей і асфальтобетонів за кількістю зерен більше 5 мм, % за масою		Різновид піску
Гарячі для щільного асфальтобетону	Холодні	
А, від 45 до 55	---	Щільний подрібнений і природний
Б, від 35 до 45	(Бх), від 35 до 50	Щільний подрібнений і природний
В, від 25 до 35	(Вх), від 20 до 35	Щільний подрібнений і природний
Г	Гх	Щільний природний або його суміш з подрібненим
Д	Дх	Щільний природний або його суміш з подрібненим
Примітка 1. Вміст природного неподрібненого піску в сумішах типу А, Б, Бх, В, Вх не повинен перевищувати 20% за масою. *Примітка 2. Вміст природного неподрібненого піску в сумішах типу Г, Гх не повинен перевищувати 25% за масою.* *Примітка 3. Вміст природного подрібненого піску в сумішах Д, Дх не повинен перевищувати 25% за масою.*		

Марка дорожнього бітуму обирається згідно з вимогами [1] з урахуванням дорожньо-кліматичного районування України (рис. 2.2), важливим елементом якого є температурний режим експлуатації дороги. Останнім часом почали використовуватися асфальтобетони на основі бітумів, модифікованих полімерами. За температурою укладання та маркою використаного для приготування асфальтобетонної суміші бітуму, модифікованого полімерами (БМП), вони поділяються на гарячі з в'язкими БМП та холодні з рідкими БМП.

Згідно з вимогами [2], для приготування гарячих асфальтобетонних сумішей необхідно використовувати в'язкі нафтові дорожні бітуми марок БНД 40/60; БНД 60/90; БНД 90/130 і БНД 130/200.

Для приготування холодних сумішей необхідно використовувати рідкі нафтові бітуми марок СГ 70/130, СГ 130/200, МГ 70/130, МГ 130/200, МГО 70/130, МГО 130/200 за ДСТУ 4044-2001 [3]. Для холодних сумішей, що застосовуються для асфальтобетонів I марки, необхідно використовувати бітуми класу СГ. Використання бітумів класу МГ і МГО допускається за умови попередньої активації мінеральних матеріалів. Для холодних сумішей, що застосовуються для асфальтобетонів II марки, поряд з бітумами класу СГ, допускається використання бітумів класу МГ і МГО.

Для асфальтобетонів I марки за умови технічного обґрунтування рекомендується також використання бітумів, модифікованих полімерами.

Вибір бітумного в'яжучого для асфальтобетонного дорожнього одягу здійснюється залежно від кліматичного району, який визначає температурний режим експлуатації майбутньої дороги з урахуванням географічного району. Районування території України за умовами роботи асфальтобетонного покриття автомобільних доріг виконане в ДБН В.2.3-4 [1] у вигляді карти, яка наведена на рисунку Б.1 [1], а також в розділі 2. З карти видно, що територія України розділена на сім кліматичних районів: від найхолоднішого району А-1 на північному заході до найтеплішого району А-7 на півдні.

Дорожні бітуми, технічні характеристики яких регламентовані ГОСТ 22245 [4], мають певні температурні діапазони експлуатації, залежні від марки бітуму. Ці діапазони визначаються температурами крихкості та розм'якшення, наведеними в ГОСТ [4]. Детальний аналіз температурного діапазону експлуатації дорожніх бітумів виконано в розділі 2.

Конкретна марка бітуму вибирається залежно від кліматичного району будівництва дороги. У холодних районах використовуються пластичні бітуми БНД 60/90 і БНД 90/130, які зберігають свої властивості і не стають крихкими при низьких температурах. Недоліком таких бітумів є низькі температури розм'якшення, що веде до втрати жорсткості дорожнього одягу в спекотну погоду. Тому в теплих південних районах використовують більш жорсткі бітуми БНД 40/60 та БНД 60/90, які краще експлуатуються при високих температурах, але мають свій недолік – можуть стати крихкими в морози.

1.4 Метеорологічні спостереження та імовірнісне подання температури повітря й поверхні ґрунту

Дослідження температурного режиму експлуатації будівель, споруд та автомобільних доріг виконують на базі результатів метеорологічних спостережень за температурою атмосферного повітря та ґрунту, які є одними з найдавніших видів систематичних інструментальних вимірювань параметрів клімату. Систематичні вимірювання температури повітря в Україні розпочаті в XIX столітті з метою оцінювання кліматичних умов для проживання людей та забезпечення аграрного виробництва.

Спостереження за температурою атмосферного повітря ведуться згідно з міжнародними стандартами метеорологічних вимірювань, які відображені в настанові [45]. Вимірювання температури повітря здійснюються ртутними чи толуоловими термометрами, розміщеними в психрометричній будці на висоті

два метри від поверхні землі. Будка має жалюзі, які відкривають вільний доступ повітрю, але захищають розміщені в ній термометри від дії сонячних променів, забезпечуючи вимірювання температури повітря в затінку. Як правило, в будці встановлюють термометр для вимірювань поточних значень температури, а також мінімальний та максимальний термометри, які фіксують значення найбільшої та найменшої температури повітря протягом доби.

Спостереження за температурою поверхневого шару ґрунту (на глибинах до 20 см) виконуються в теплу пору року, а за температурою поверхні ґрунту та снігового покриву – протягом усього року. Поверхня ділянки, на якій проводяться вимірювання температури ґрунту, повинна бути на одному рівні із метеорологічним майданчиком. Ділянку слід систематично прополювати, розрихляти, особливо після дощів, та вирівнювати. Не можна допускати ущільнення ґрунту та появи тріщин.

Для вимірювання температури поверхні та поверхневого шару ґрунту використовують колінчасті термометри Савінова, які встановлюються на глибинах 5, 10, 15 та 20 см в один ряд по лінії із сходу на захід в середині ділянки, очищеної від рослинності та перекопаної весною. Термометри знаходяться у постійному контакті із ґрунтом.

Окрім рідинних, для вимірювання температури повітря й ґрунту використовують біметалічні термометри, які складається з двох тонких стрічок різних металів, скручених спірально з жорстко закріпленим одним кінцем та стрілкою на іншому кінці спіралі. Електричні термометри базуються на напівпровідникових терморезисторах. Вони мають високу швидкість реакції на зміну температури, а тому застосовуються на метеорологічних супутниках, кулях-зондах і в кімнатних цифрових термометрах [45].

Вимірювання температури повітря здійснюється у певні години (строки) вісім разів на добу. Такий підхід дозволяє виявити середньодобові значення температури повітря, встановити її добовий хід та добові амплітуди. Окрім

вимірювань на стандартній висоті 2 м над поверхнею землі, окремими метеостанціями ведуться спостереження за температурою повітря в приземному шарі повітря, а також на великих висотах.

Стандартизована методика вимірювання температури ґрунту забезпечує визначення таких характеристик поверхні ґрунту та снігового покриву:

- температура поверхні ґрунту або снігового покриву в період спостереження;
- максимальна і мінімальна температура поверхні ґрунту чи снігового покриву в інтервалі 3 години між двома послідовними строками спостереження;
- стан підстилаючої поверхні.

Результати метеорологічних спостережень накопичуються в архівах системи Гідрометеослужби. Залежно від призначення та обсягу первинної інформації, використовуються різні форми подання метеорологічних показників, у тому числі результатів вимірювань температури. Окрім безпосередньої публікації результатів усіх строкових вимірювань на вибірковій мережі метеостанцій [42], найчастіше використовують середні значення, крайні значення, амплітуди, а також повторюваність за градаціями температури.

Середні значення є найбільш стійкими показниками, що характеризують температурний режим місцевості в цілому. Використовують середньодобові, середньомісячні та середньорічні значення температури повітря. Середньомісячні та середньорічні значення, обчислені за достатньо довгими рядами спостережень (понад 30 років), називають кліматичними нормами і використовують для порівняння клімату різних географічних районів.

Крайні (граничні) значення відображають природну мінливість температури повітря й використовуються для оцінки умов експлуатації різних матеріалів та конструкцій. В кліматології прийнято визначати:

- ✓ абсолютні екстремуми, як найбільші та найменші значення показника, які спостерігалися протягом досить довгого періоду;

- ✓ середні місячні екстремуми, як середні значення найбільших чи найменших показників, отриманих у певному місяці протягом усіх років спостережень;
- ✓ середні річні екстремуми, як середні значення найбільших чи найменших протягом року показників, отриманих протягом усіх років спостережень.

Амплітуда коливань температури повітря чи ґрунту є різницею між найбільшим та найменшим значенням температури протягом певного періоду вимірювань. Найчастіше використовуються середньодобові амплітуди, тобто різниці середніх добових максимумів та мінімумів температури. Узагальненою характеристикою клімату є річна амплітуда температури повітря, рівна різниці між найбільшим і найменшим середньомісячними значеннями температури.

Повторюваність значень температури вказує, як часто спостерігаються різні значення температури в даному географічному районі й тим самим відображає її статистичний закон розподілу. Диференціальні повторюваності температури повітря та ґрунту прийнято визначати для інтервалів з градацією 5 градусів, виражаючи їх числом днів або процентом від загального числа днів у місяці чи році. Інтегральні повторюваності розраховуються як суми диференціальних повторюваностей, вищих чи нижчих заданої межі.

На температуру ґрунту, а також її зміни протягом доби, місяця та року впливають такі фактори:

- ✓ пора року;
- ✓ географічна широта;
- ✓ хмарність чи дія сонячної радіації;
- ✓ теплоємність та теплопровідність ґрунту;
- ✓ колір ґрунту;
- ✓ рослинний та сніговий покрив;
- ✓ експозиція схилів.

Для статистичного аналізу температури атмосферного повітря та поверхні ґрунту можуть бути використані джерела, що містять такі дані:

- ✓ результати строкових вимірювань на конкретній метеостанції, взяті з журналів спостережень;
- ✓ довідник по клімату [43] (середньомісячна та середня річна температура повітря і ґрунту, повторюваність температури повітря, середній мінімум та середній максимум температури повітря та ґрунту за місяцями);
- ✓ метеорологічний щомісячник [43] (середня, середня максимальна та середня мінімальна температури, абсолютний максимум та абсолютний мінімум температури для кожного окремого місяця);
- ✓ довідник [38] (середньомісячні значення температури, їх стандарти, максимальні та мінімальні значення).

У використаному нами довіднику [38] наведено дані про температуру повітря й ґрунту на основі двадцятирічних спостережень 207 метеорологічних станціях України. Для кожної з метеостанцій вказані чотири характеристики кожного показника для кожного з місяців року: середнє значення, стандарт, мінімальне та максимальне значення. Наведені параметри можуть використовуватися для оцінювання робочих умов агропромислових і технічних та об’єктів, у тому числі – автомобільних доріг.

1.5 Показники температурного режиму експлуатації дорожнього одягу та методи їх імовірнісного прогнозування

Для практичного використання необхідно розробити систему показників температурного режиму, які були б простими та зрозумілими на інженерному чи навіть побутовому рівні і при цьому досить точно відображали вплив кліматичних температур на автомобільні дороги. При цьому обрані показники повинні враховувати імовірнісну природу кліматичних факторів. В роботі [37]

запропоновано в якості таких показників використовувати імовірні кількості небезпечно холодних та небезпечно спекотних днів для певного дорожнього одягу, який експлуатується в певних кліматичних умовах.

Тривалість небезпечно холодного періоду (днів днів) визначає період часу, протягом якого асфальтобетон, виготовлений на основі бітуму з відомою температурою крихкості, може піддаватися розтріскуванню під динамічним впливом транспортних засобів, що призводить до утворення вибоїн дорожнього одягу і необхідності проведення ямкового ремонту.

Тривалість небезпечно спекотного періоду відповідає перевищенню температурою поверхні дорожнього одягу температури розм'якшення бітуму. Це призводить до розм'якшення асфальтобетону та до утворення напливів, зсувів і колійності під дією навантажень від коліс великовагових автомобілів.

Тривалості небезпечно холодного та небезпечно спекотного періоду можуть визначатися за методикою [37] для кожного місяця року та сумарними за увесь рік. Ці показники дозволяють вести орієнтовне помісячне планування автомобільних перевезень з урахуванням кількості днів, протягом яких доцільно буде заборонити рух великовагового транспорту для збереження цілісності дорожнього одягу в зимові морози чи в літню спеку. При такому плануванні необхідно відповідним чином зменшувати кількість днів роботи автомобільного транспорту, інтенсифікуючи перевезення протягом безпечних днів за рахунок збільшення кількості транспортних одиниць.

Кількості небезпечно холодних і небезпечно спекотних днів повинні визначатися як тривалості періодів, протягом яких температура поверхні дорожнього одягу стає меншою від температури крихкості чи перевищує температуру розм'якшення. Тому тривалість цих періодів визначається співвідношенням температури поверхні дороги та технічних характеристик бітуму, на основі якого виготовлено асфальтобетон для дорожнього одягу.

Вихідними даними для прогнозування температурного режиму дорожнього одягу є математичні сподівання та стандарти середньомісячних значень температури поверхні ґрунту для кожного з місяців року, наведені в довіднику [38] для метеостанцій України. У статті [37] отримані робочі формули для перерахунку цих даних в математичне сподівання та стандарт поточних значень температури поверхні дорожнього одягу з урахуванням додаткового нагрівання поверхні дороги від дії сонячної радіації.

За цими статистичними характеристиками з урахуванням температури крихкості та температури розм'якшення використаного дорожнього бітуму можна визначити кількість небезпечно холодних та небезпечно спекотних днів, протягом яких у певному місяці року температура поверхні дороги буде нижчою чи вищою за температуру крихкості чи розм'якшення бітуму [3]. За обчисленими місячними значеннями визначаються також сумарні протягом року кількості небезпечно холодних і небезпечно спекотних днів.

Температури розм'якшення та крихкості дорожніх бітумів, які необхідно підставляти у формули зі статті [37], визначаються за ДСТУ на бітуми дорожні [2] відповідно до марок бітумів, які повинні використовуватися згідно з вимогами ДБН [1] чи реально використані при будівництві дороги. Тоді результати розрахунків відповідають прийнятим температурам крихкості та розм'якшення використаного бітуму і тим самим визначають тривалість періодів, небезпечних для експлуатації саме цього дорожнього одягу в районі обраної метеостанції.

Аналогічним чином за методикою [37] можна встановити тривалість перебування температури повітря в заданих межах, наприклад місячну кількість холодних днів, протягом яких у певному і-тому місяці року температура повітря нижча за задану температуру. Ці дані можна використовувати для прогнозування кількості холодних днів, протягом яких не можна буде вести дорожні роботи згідно з вимогами ДБН [1].

Числові характеристики температури поверхні дороги дозволяють також знайти кількість днів, потенційно небезпечних з точки зору утворення ожеледиці. За даними [1], ожеледиця на дорозі може утворюватися при наявності вологи (мокрий сніг, дощ, туман, висока вологість повітря) та температурі поверхні дороги в межах від –5°С до 0°С. За формулами [37] можна визначити ці тривалості для кожного місяця окремо, а також сумарну річну тривалість періоду, потенційно небезпечного з точки зору утворення ожеледиці.

1.6 Результати дослідження температурного режиму експлуатації автомобільних доріг Карпатського регіону

Результати дослідження температурного режим експлуатації автомобільних доріг Карпатського регіону опубліковані в [55]. Вихідними даними стали узагальнені результати спостережень за температурою повітря й поверхні ґрунту на 28 метеостанціях Закарпатської, Львівської, Івано-Франківської та Чернівецької областей. З них сім високогірних метеостанцій розміщені на висоті понад 500 м над рівнем моря (531…1451 м), а 21 розміщені на території Карпатського регіону, але на менших висотах (113…486 м).

Методика досліджень [37] загалом відповідає викладеному вище підходу, а остаточними результатами стали місячні та річні кількості небезпечно холодних і небезпечно спекотних днів для двох видів бітуму: нафтового дорожнього бітуму та бітуму, модифікованого полімерами. Отримані також імовірні тривалості періодів, потенційно небезпечних з точки зору утворення ожеледиці на поверхні доріг. Аналіз територіальної мінливості статистичних характеристик температури повітря й поверхні ґрунту виявив різницю між рівнинними територіями Закарпаття й Прикарпаття, а також сильні відмінності для гірських метеостанцій. Встановлено, що середні значення,

стандарти та річні амплітуди температури повітря й поверхні ґрунту загалом знижуються з ростом висоти над рівнем моря.

Кількості небезпечно холодних і небезпечно спекотних днів на метеостанціях регіону істотно відрізняються для Закарпаття й Прикарпаття, а також залежать від висоти над рівнем моря. Для бітуму, модифікованого полімером, тривалість небезпечно холодного періоду в 1,5…2 рази менша, ніж для звичайного нафтового бітуму, а тривалість небезпечно спекотного періоду може зменшуватися майже у 100 разів.

Тривалість небезпечно холодного періоду практично не залежить від висоти місцевості над рівнем моря, тривалість небезпечно спекотного періоду зменшується з ростом висоти, а тривалість періоду можливого утворення ожеледиці з ростом висоти над рівнем моря збільшується. Отримані аналітичні залежності, які дозволяють в запас надійності визначати тривалості небезпечно спекотного періоду для дорожнього одягу на основі двох марок бітуму, а також тривалість періоду можливого утворення ожеледиці залежно від висоти місцевості над рівнем моря.

Узагальнення отриманих результатів дало прості практичні рекомендації з визначення показників температурного режиму експлуатації дорожнього одягу. Визначені за рекомендаціями роботи тривалості небезпечних періодів, протягом яких необхідно забороняти рух великовагового автотранспорту унаслідок несприятливих погодних умов, рекомендується використовувати при плануванні роботи автомобільного транспорту. Річні тривалості цих періодів доцільно враховувати при визначенні необхідної кількості транспортних засобів з урахуванням можливих простоїв при несприятливих погодних умовах, а місячні – при визначенні складських запасів, необхідних на випадок виникнення несприятливих погодних умов в даному місяці.

Результати досліджень [55] можна використати для порівняння з відповідними даними для рівнинної місцевості України, які планується

отримати в нашій роботі. Необхідні для порівняння тривалості небезпечних періодів в районі окремих метеостанцій та дані, узагальнені по гірській і рівнинній зонах, наведені у відповідних таблицях розділу 5.

1.7 Висновки з розділу і завдання досліджень

Викладені вище результати огляду літературних джерел з питань проектування автомобільних доріг та урахування температурного режиму експлуатації дорожнього одягу дозволили зробити такі висновки:

1. Залежно від призначення та інтенсивності руху автомобільні дороги поділяють на п'ять категорій. При проектуванні, спорудженні та експлуатації автомобільних доріг слід враховувати кліматичні фактори, які істотно впливають на довговічність дорожніх конструкцій та безпеку автомобільного руху.
2. Дорожній одяг зазвичай виконується з гарячих асфальтобетонів на основі нафтових дорожніх бітумів та бітумів, модифікованих полімерами. Необхідна для конкретної дороги марка асфальтобетону встановлюється з урахуванням і її категорії та визначає вид в'яжучого, гранулометричний склад і залишкову пористість асфальтобетонної суміші.
3. Марка бітуму для улаштування дорожнього одягу обирається залежно від кліматичних умов експлуатації, за якими територія України поділена на сім районів. У холодних північних районах використовують пластичні бітуми, які зберігають свої властивості при низьких температурах, а в теплих районах – більш жорсткі бітуми, які краще витримують високі температури.
4. Температурний режим експлуатації дорожнього одягу може бути оцінений за результатами спостережень за температурою повітря й поверхні ґрунту, які систематично проводяться на метеостанціях України, з урахуванням додаткового нагрівання поверхні дороги від дії сонячної радіації.

5. В якості основних показників доцільно прийняти місячні й річні тривалості небезпечно холодного та небезпечно спекотного періодів для дорожнього одягу на бітумі певної марки. Протягом небезпечно холодного періоду взимку може відбуватися крихке руйнування асфальтобетону, а під час небезпечно спекотного періоду утворюються напливи, зсуви та колійність унаслідок деформування розм'якшеного асфальтобетону.
6. Опублікована методика оцінювання показників температурного режиму експлуатації дорожнього одягу базується на використанні результатів метеорологічних спостережень за температурою поверхні ґрунту та урахуванні додаткового нагрівання сонячними променями. Ця методика є досить простою і практично придатною для оцінювання показників температурного режиму експлуатації дорожнього одягу в кліматичних умовах місця розташування автомобільної дороги.
7. Статистичні характеристики температури повітря та поверхні ґрунту, необхідні для оцінювання показників температурного режиму експлуатації дорожнього одягу (тривалості небезпечно холодного та небезпечно спекотного періодів), опубліковані в спеціальній літературі і тому доступні для обробки та аналізу.

Виходячи з огляду літературних джерел та теми кваліфікаційної магістерської роботи, сформульована така **мета роботи:** проаналізувати температурний режим експлуатації автомобільних доріг в різних регіонах України, виявити й порівняти вплив різних кліматичних умов на тривалість періодів, небезпечних для дорожнього одягу та дорожнього руху.

Завдання досліджень:

1. За результатами огляду нормативної та наукової літератури встановити вимоги та способи урахування температурного режиму на технічний стан і режим експлуатації автомобільних доріг.

2. Обрати географічні регіони, дослідження яких дозволить виявити температурний режим експлуатації автомобільних доріг в різних кліматичних умовах; у середовищі Microsoft Excel сформувати електронну базу метеорологічних даних, необхідних для дослідження температурного режиму експлуатації автомобільних доріг в обраних регіонах; виконати статистичну обробку наявних даних і проаналізувати територіальну мінливість отриманих статистичних характеристик.
3. За нормами проектування та стандартами на матеріали виявити марки дорожніх бітумів, які використовуються при улаштуванні верхніх шарів дорожнього одягу в різних регіонах України, і встановити їх технічні характеристики, необхідні для прогнозування температурного режиму експлуатації дорожнього одягу.
4. За даними сформованої мережі метеостанцій для обраних регіонів та характеристиками бітумів у середовищі Microsoft Excel визначити параметри температурного режиму експлуатації асфальтобетонного дорожнього одягу, виконаного на основі звичайних нафтових дорожніх бітумів та бітумів, модифікованих полімерами.
5. Проаналізувати часову і територіальну мінливість отриманих параметрів температурного режиму експлуатації асфальтобетонного дорожнього одягу, виконаного на основі звичайного нафтового дорожнього бітуму та бітуму, модифікованого полімерами, в різних регіонах України.
6. Узагальнити отримані параметри температурного режиму експлуатації асфальтобетонного дорожнього одягу, виконати їх порівняльний аналіз та розробити рекомендації щодо їх урахування при плануванні автомобільних перевезень з метою збереження технічного стану автомобільних доріг у різних регіонах України.

Розділ 2

БАЗА МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ДАНИХ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ ТА ПОВЕРХНІ ҐРУНТУ

2.1 Загальна характеристика регіону, обраного для дослідження температурного режиму експлуатації автомобільних доріг на рівнинній місцевості України

Для аналізу температурного режиму експлуатації асфальтобетонних доріг у рівнинній місцевості України обрано території Київської, Полтавської та Харківської області, по яких проходить автомобільна дорога Київ – Харків. Вихідними даними для аналізу є результати метеорологічних спостережень за температурою повітря та поверхні грунту, які виконувалися на метеорологічних станціях названих областей, розміщених у зоні цієї автодороги. Такий підхід дозволить одночасно проаналізувати як умови експлуатації обраної автомобільної дороги, так і отримати загальні дані щодо температурного режиму рівнинної місцевості північно-східної України та порівняти їх з аналогічними даними для Карпатського регіону.

Автодорога М 03 Київ − Харків − Довжанський − найдовша міжнародна траса України. За інформацією [54], вона має протяжність 872,8 км з під’їздами. Дорога є частиною європейського автомобільного маршруту Е40 Кале − Брюссель − Краків − Київ − Волгоград − Ташкент − Алмати − Ріддер. Ділянка дороги на території Донецької та Луганської областей співпадає з міжнародним маршрутом Е50 Брест − Париж − Прага − Ужгород − Донецьк – Ростов-на-Дону − Махачкала. В межах України ця дорога проходить територією Київської, Полтавської, Харківської, Луганської та Донецької областей.

Дорога починається з Бориспільського шосе – однієї одна з трьох доріг, що мають статус автомагістралі. Від Борисполя дорога прокладена через Яготин, Пирятин, Лубни, Хорол, Полтаву, Харків, Чугуїв, Ізюм, Слов'янськ,

Бахмут, Дебальцеве, Красний Луч та закінчується на контрольно-пропускному пункті «Довжанський», звідки прямує до Ростова-на-Дону (Росія).

У магістерській роботі розглянуто відрізок дороги від Києва до Харкова протяжністю 478 км, який нижче називається автомобільною дорогою Київ-Харків. Схематична карта цієї дороги зображена на рисунку 2.1.

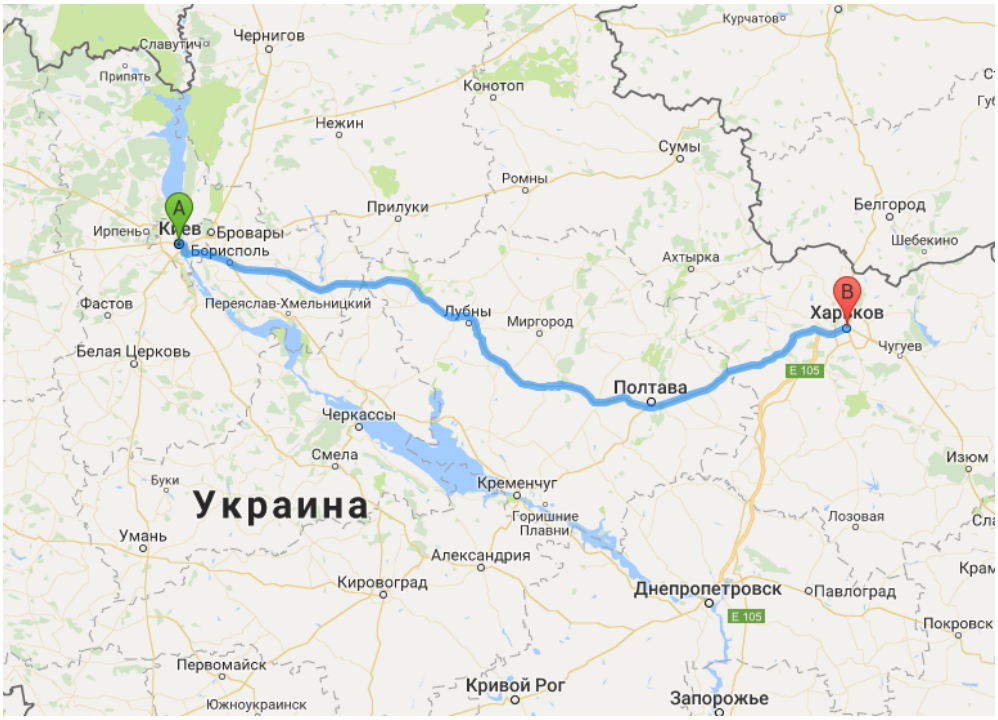

Рис 2.1 Схема автомобільної дороги М 03 Київ-Харків

У геоморфологічному відношенні місцевість, де проходить автошлях Київ−Харків слід віднести до рівнини. Рельєф місцевості місцями порізаний глибокими ярами, але в більшій частині слабопересічений та придатний до відведення поверхневих вод від траси. Загальний рельєф дороги можна уявити за висотою над рівнем моря населених пунктів, через які вона проходить:

Київ	166 м
Бориспіль	121 м
Яготин	125 м
Гребінка	116 м
Лубни	156 м
Полтава	160 м
Коломак	180 м
Харків	154 м

З наведених даних видно, що висоту розміщення дороги над рівнем моря у макромасштабі можна вважати практично незмінною. Зміни висот на окремих відрізках обумовлені наявністю ярів та переходів через річки, але ці зміни значною мірою знівельовані при улаштування дорожнього полотна шляхом спорудження насипів та виїмок, так що ухили дороги в основному не перевищують 6%.

Згідно з додатком А ДБН В.2.3-4:2015 [1] за погодно-кліматичними факторами та ґрунтово-гідрологічними умовами зволоження автодорога Київ-Харків відноситься до дорожньо-кліматичної зони ІІ. Це можна побачити з рисунка 2.2, де наведена карта з рисунка А.1 норм [1]. Належність до цього району враховується при проектуванні земляного полотна згідно з вказівками розділу 6 норм [1]

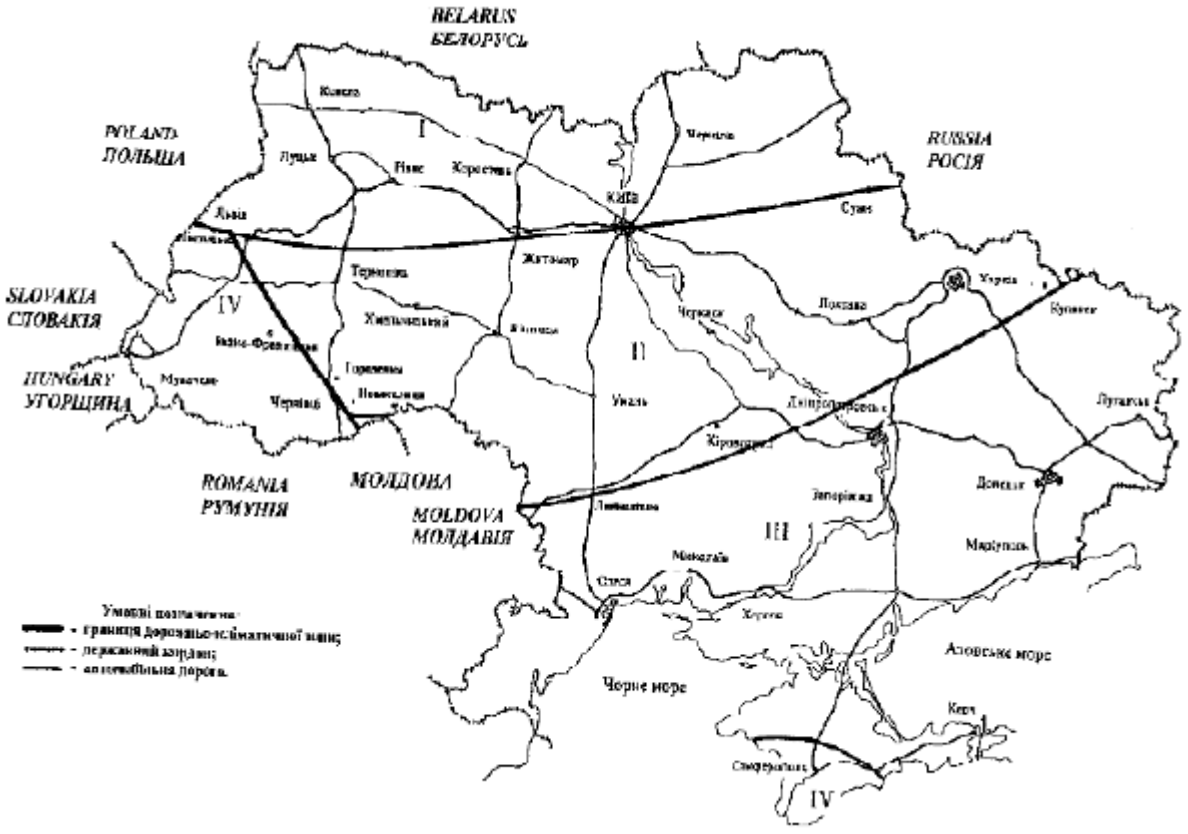

Рис. 2.2 Дорожньо-кліматичне районування України
(за рисунком А.1 ДБН В.2.3-4-2015)

Згідно ДБН В.2.3-4:2015 [1] вся територія України розділена на сім кліматичних районів: від найхолоднішого району А-1 на північному заході до найтеплішого району А-7 на півдні. На рис. 2.3 наведено карту районування території України за кліматичними умовами роботи асфальтобетонного покриття, з якої видно, що вся територія, по якій проходить автошлях Київ−Харків відноситься до кліматичного району А-3. Належність до цього району враховується при проектуванні дорожнього одягу за вказівками розділу 8 ДБН В.2.3-4:2015 [1], зокрема при виборі складу асфальтобетону та марки бітумного в'яжучого. Окрім того, район розміщення дороги впливає на вимоги до технології спорудження та правил приймання дорожнього одягу згідно з вимогами розділів 20 і 21 ДБН В.2.3-4:2015 [1].

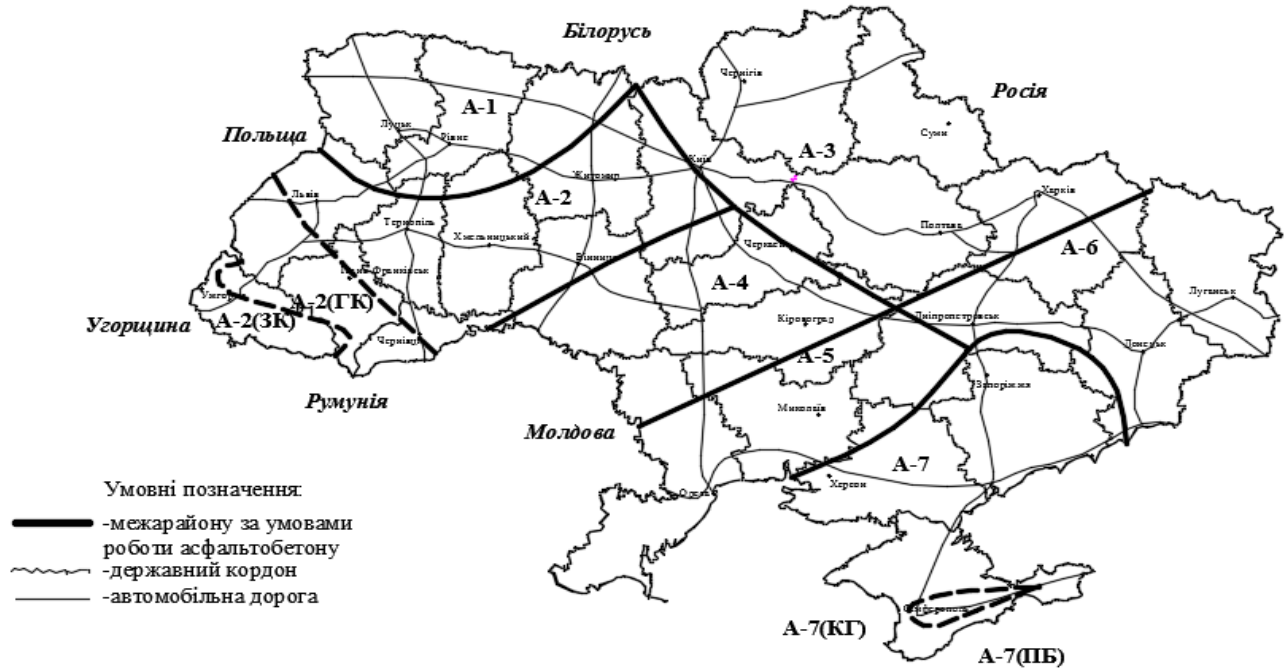

Рис. 2.3 Районування території України за кліматичними умовами роботи асфальтобетонного покриття (за рисунком Б.1 ДБН В.2.3-4-2015)

Наведена вище загальна характеристика автомобільної дороги Київ-Харків враховується при дослідженнях температурного режиму експлуатації дорожнього одягу, які виконуються в наступних розділах роботи.

2.2 Матеріали для дорожнього одягу

Для улаштування дорожнього одягу використовують бетони та асфальтобетони різних марок, вибір яких здійснюється за ДСТУ Б В.2.7-119 [2]. Найпоширенішими при будівництві покриттів автомобільних доріг є традиційні асфальтобетонні суміші, які виготовляються із використанням нафтових дорожніх бітумів. При будівництві доріг вищих категорій, а також мостів використовують асфальтобетонні суміші на основі бітумів, модифікованих полімерами, які мають кращі технічні характеристики.

Властивості дорожнього одягу визначаються гранулометричним складом асфальтобетонної суміші та марками бітумів, на основі яких вона виготовлена. Класифікація, склад та основні вимоги до асфальтобетонних сумішей регламентуються стандартом ДСТУ Б В.2.7-119-2003 "Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови" [2].

Для дослідження впливу температури на експлуатаціюдорожнього одягу важливо знати робочий температурний інтервал застосованого бітуму, який визначається його температурами крихкості та розм'якшення.

Температурою розм'якшення бітуму вважають температуру, при якій бітум переходить з твердого стану в пластичне і стає рухливим. Вона відповідає температурі, при якій зразок бітуму, залитий в кільце стандартного розміру, під вантажем у вигляді кульки при нагріванні розм'якшується настільки, що торкнеться нижньої полички етажерки стандартного приладу - «кільце і куля». Температура розм'якшення характеризує верхню температурну межу використання бітуму.

Температурою крихкості бітуму називається температура, при якій з'являється перша тріщина в тонкому шарі бітуму, нанесеному на сталеву пластинку стандартного приладу при вигині цієї пластинки. Температура крихкості характеризує нижню температурну межу застосування бітуму.

Діапазон температури між температурою крихкості і температурою розм'якшення називають робочим температурним інтервалом бітуму.

Температури розм'якшення та крихкості нафтових бітумів, які використовуються при будівництві автомобільних доріг, наведені в таблицях 2.1 і 2.2 за даними ДСТУ 4044-2001 [3] та ГОСТ 22245 [4].

Таблиця 2.1

Температури розм'якшення бітумів, які використовуються для асфальтобетонних сумішей верхнього шару дорожнього покриття

Кліматичні зони	Дороги категорій I і II		Дороги категорій III і IV	
	Марки бітумів	Температури розм'якшення	Марки бітумів	Температури розм'якшення
II, III	БНД 60/90 БНД 90/130 БНД 130/200 БН 90/130	47…53 43…49 39…45 41	БНД 60/90 БНД 90/130 БНД 130/200 БН 60/90 БН 90/130 БН 130/200 БН 200/300	47…53 43…49 39 45 45 41 38 33
IV	БНД 40/60 БНД 60/90 БН 60/90	51…57 47…53 45	БНД 40/60 БНД 60/90 БНД 90/130 БН 60/90 БН 90/130	51…57 47…53 43…49 45 41

Таблиця 2.2

Температури крихкості бітумів, які використовуються для асфальтобетонних сумішей верхнього шару дорожнього покриття

Кліматичні зони	Дороги категорій I і II		Дороги категорій III і IV	
	Марки бітумів	Температури розм'якшення	Марки бітумів	Температури розм'якшення
II, III	БНД 60/90 БНД 90/130 БН 90/130	–12 –15 –10	БНД 60/90 БНД 90/130 БНД 130/200 БН 60/90 БН 90/130 БН 130/200 БН 200/300	–12 –15 –17 –6 –10 –12 –14
IV	БНД 40/60 БНД 60/90 БН 60/90	–10 –12 –6	БНД 40/60 БНД 60/90 БНД 90/130 БН 60/90 БН 90/130	–10 –12 –15 –6 –10

Вказані в таблицях 2.1 і 2.2 марки бітумів класифікують за глибиною пенетрації (проникнення в бітум голки під дією стандартного навантаження) при температурах 0°С і +25°С. Чим більші числа в позначенні марки, тим

пластичнішим є бітум. Букви означають: БН – бітум нафтовий загальнобудівельного призначення, БНД – бітум нафтовий дорожний.

Для сучасних бітумів, модифікованих полімерами, які останнім часом використовуються при спорудженні відповідальних ділянок автомобільних доріг, температури розм'якшення і температури крихкості наведені в таблиці 2.3 за даними ДСТУ Б В.2.7-135~2007 [5].

Таблиця 2.3

Температури розм'якшення та крихкості бітумів, модифікованих полімерами

Марки бітумів	Температури розм'якшення	Температури крихкості
БМП 40/60-56	56	–12
БМП 60/90-52	52	–15
БМП 90/130-49	49	–17
БМП 130/200-47	47	–20

Згідно з вимогами ДБН [2], для приготування гарячих асфальтобетонних сумішей необхідно використовувати в'язкі нафтові дорожні бітуми марок БНД 40/60; БНД 60/90; БНД 90/130 і БНД 130/200. Для приготування холодних сумішей необхідно використовувати рідкі нафтові бітуми марок СГ 70/130, СГ 130/200, МГ 70/130, МГ 130/200, МГО 70/130, МГО 130/200 за ДСТУ 4044-2001 [3]. Для асфальтобетонів І марки за умови технічного обґрунтування рекомендується також використання бітумів, модифікованих полімерами.

Конкретна марка дорожнього бітуму для асфальтобетонного дорожнього одягу обирається за [3] залежно від категорії дороги та кліматичного району, який визначає температурний режим експлуатації дороги залежно від її географічного розташування. Районування території України за умовами роботи асфальтобетонного покриття автомобільних доріг виконане в ДБН В.2.3-4:2015 [1] у вигляді карти з рисунка Б.1, копія якої яка наведена на рисунку 2.6.

В таблицях 2.1 і 2.2 вказані марки нафтових бітумів, що відповідають різним категоріям доріг згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.7-119 [2], та наведені

температури їх розм'якшення і крихкості. Таблиці 2.4 і 2.5 відображають використання бітумів різних марок залежно в кліматичних районах з карти 2.3.

Таблиця 2.4

Температури розм'якшення бітумів для верхнього шару дорожнього одягу залежно від кліматичного району та категорії дороги

Шифр району	Дороги категорій I і II		Дороги категорій III і IV	
	Марки бітумів	Температури розм'якшення	Марки бітумів	Температури розм'якшення
А-1, А-2	БНД 60/90 БНД 90/130	47…53 43…49	БНД 60/90 БНД 90/130	47…53 43…49
А-3, А-4	БНД 60/90 БНД 90/130	47…53 43…49	БНД 60/90 БНД 90/130	47…53 43…49
А-5, А-6	БНД 40/60 БНД 60/90	51…57 47…53	БНД 40/60 БНД 60/90	51…57 47…53
А-7	БНД 40/60 БНД 60/90	51…57 47…53	БНД 40/60 БНД 60/90	51…57 47…53

Таблиця 2.5

Температури крихкості бітумів для верхнього шару дорожнього одягу залежно від кліматичного району та категорії дороги

Шифр району	Дороги категорій I і II		Дороги категорій III і IV	
	Марки бітумів	Температури крихкості	Марки бітумів	Температури крихкості
А-1, А-2	БНД 60/90 БНД 90/130	–12 –15	БНД 60/90 БНД 90/130	–12 –15
А-3, А-4	БНД 60/90 БНД 90/130	–12 –15	БНД 60/90 БНД 90/130	–12 –15
А-5, А-6	БНД 40/60 БНД 60/90	–10 –12	БНД 40/60 БНД 60/90	–10 –12
А-7	БНД 40/60 БНД 60/90	–10 –12	БНД 40/60 БНД 60/90	–10 –12

З наведених таблиць видно, що в холодних районах використовуються пластичні бітуми БНД 60/90 і БНД 90/130, які зберігають свої властивості і не стають крихкими при низьких температурах. Недоліком таких бітумів є низькі температури розм'якшення, що веде до втрати жорсткості дорожнього одягу в

спекотну погоду. Тому в теплих південних районах використовують більш жорсткі бітуми БНД 40/60 та БНД 60/90, які краще експлуатуються при високих температурах, але мають свій недолік – можуть стати крихкими в морози.

Згідно з картами з рисунків 2.1 і 2.3, автомобільна дорога Київ-Харків розміщується в кліматичному районі А-3. У цьому районі використовують нафтові дорожні бітуми БНД 60/90 та БНД 90/130. Температури розм'якшення та крихкості цих бітумів вказані в таблиці 2.6. Оскільки конкретна марка бітуму, використаного при спорудженні дороги, точно невідома, в таблиці вказані також розрахункові значення цих характеристик, тобто найнижча температура розм'якшення і найвища температура крихкості. Наведені також характеристики модифікованого полімерами бітуму БМП 60/90-52, який також можна використовувати при спорудженні та капітальному ремонті дорожнього одягу автомобільної дороги першої категорії.

Таблиця 2.6

Температурні діапазони експлуатації дорожніх бітумів, призначених для використання в кліматичному районі А-3

Тип бітуму	Марки бітумів	Температури крихкості		Температури розм'якшення	
Нафтовий дорожній (звичайний)	БНД 60/90 БНД 90/130	–12 –15	–12	47…53 43…49	43
Модифікований полімерами	БМП 60/90-52	–15		+52	

Вказані в таблиці 2.6 найнижчі для району А-3 температури розм'якшення і найвищі температури крихкості будуть використовуватися в наступних розрахунках у якості розрахункових температур розм'якшення та крихкості верхнього шару дорожнього одягу. Бітум БМП 60/90-52 має ширший температурний діапазон експлуатації (від –15°С до +52°С), ніж звичайні нафтові (–12°С … +43°С), що повинно забезпечити кращу стійкість дорожнього одягу до впливу низьких температур взимку та високих температур у літню спеку.

2.3 База кліматичних даних, її комп'ютерна реалізація та якісний аналіз

В якості вихідних даних для подальших досліджень використана інформація довідника [38], у якому узагальнені статистичні характеристики температури атмосферного повітря та поверхні ґрунту для понад 200 метеостанцій України за 20 років метеорологічних спостережень. Для кожної з метеостанцій наведені такі статистичні характеристики середньомісячних значень температури повітря й поверхні ґрунту в кожному з місяців року:

- математичне сподівання (середнє значення);
- стандарт (середнє квадратичне відхилення);
- максимальне значення протягом періоду спостережень;
- мінімальне значення протягом періоду спостережень.

Зразок вихідних даних для метеостанції Київ показано в таблиці 2.7, а повна база даних для 25 обраних метеостанцій наведена в додатку А.

Таблиця 2.7

Статистичні характеристики середньомісячних значень температури повітря й поверхні ґрунту на метеостанції Київ

Місяці	**січ**	**лют**	**бер**	**кві**	**Тра**	**чер**	**лип**	**сер**	**вер**	**жов**	**лис**	**гру**
	Середня температура повітря, (град.),											
Сер.	-3	-3,6	1,3	8,9	15,3	17,3	19,2	19,1	13,9	8,1	0	-1,9
Станд.	3,1	3,1	2,7	1,3	1,1	0,7	1,2	1	0,9	0,9	1,6	1,3
Макс.	0,1	2,5	5,2	10,7	16,7	18,5	21,2	20,7	15,4	9,6	1,7	-0,2
Мін	-9,5	-9,2	-3,3	7	13,6	16,7	17,9	17,5	12,5	6,8	-2,2	-3,5
	Середня температура поверхні ґрунту, (град.),											
Сер.	-4,5	-4,4	0,2	9,3	18,5	21	23,1	22,6	15,1	8	-0,8	-2,9
Станд.	3	2,9	3,5	1,6	1,4	1,2	1,8	1,2	1	0,8	1,8	1,1
Макс.	-1	1	5	12	20	23	26	25	17	9	1	-1
Мін	-11	-10	-5	7	16	20	21	21	14	7	-3	-4

Для дослідження температурного режиму поверхні дорожнього одягу автомобільної дороги Київ-Харків протяжністю 478 км з довідника [38] відібрано 25 метеостанцій, розміщених уздовж дороги в полосі шириною приблизно 150 км. Перелік метеостанцій наведено в таблиці 2.8, а їх розміщення

на території зображене на карті з рисунка 2.4. У таблиці 2.8 метеостанції відсортовані у порядку їх розташування уздовж дороги, що полегшує використання й аналіз наявних даних. Координати метеостанцій уздовж дороги та відстань від дороги визначені шляхом вимірювання на електронних картах Google. Знак при відстані від дороги позначає розміщення метеостанцій: знак "+" – на північ від дороги, а знак "–" – на південь від дороги (відповідно – вліво та вправо при русі від Києва до Харкова).

Таблиця 2.8

Географічні характеристики метеостанцій, дані яких використані для дослідження температурного режиму автомобільної дороги Київ−Харків

№ п/п	Метеостанція	Область	Висота над рівнем моря, м	Координата уздовж дороги, км	Відстань від дороги, км
1	Київ	Київська	166	0	13
2	Вишгород	Київська	112	0	-25
3	Бориспіль	Київська	121	20	0
4	Миронівка	Київська	151	23	-72
5	Баришівка	Київська	98	49	5
6	Канів	Черкаська	99	85	-53
7	Яготин	Київська	125	92	6
9	Золотоноша	Черкаська	94	110	-63
11	Прилуки	Чернігівська	132	140	37
10	Гребінка	Полтавська	116	157	-15
12	Лубни	Полтавська	156	183	-3
13	Лохвиця	Полтавська	128	185	39
14	Веселий Поділ	Полтавська	96	240	-17
15	Гадяч	Полтавська	154	275	79
16	Кобеляки	Полтавська	115	340	-48
17	Полтава	Полтавська	160	342	4
18	Красноград	Харківська	158	378	-44
19	Коломак	Харківська	180	390	8
8	Богодухів	Харківська	202	430	36
20	Золочів	Харківська	159	440	32
21	Приколотне	Харківська	213	470	60
22	Лозова	Харківська	175	470	-81
23	Харків	Харківська	154	478	0
24	Комсомольське	Харківська	102	478	-29
25	Купянськ	Харківська	87	478	44

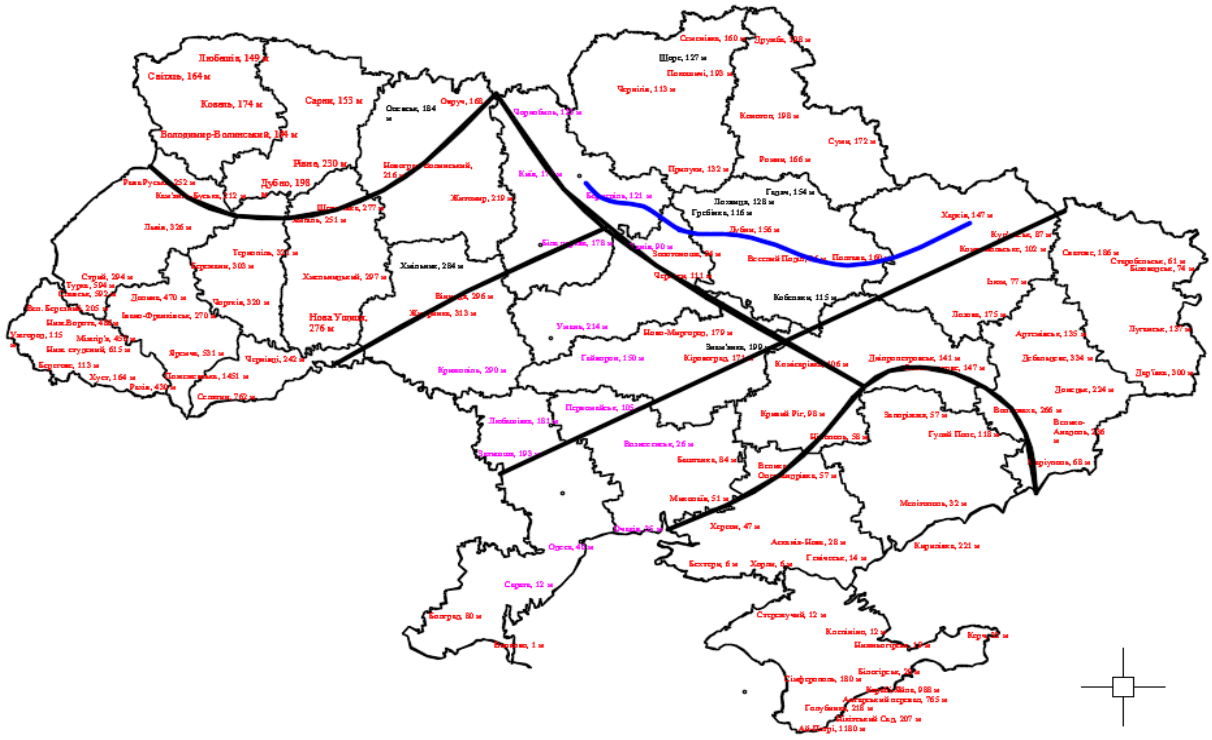

Рис 2.4 Мережа метеостанцій, використаних для дослідження температурного режиму експлуатації автомобільної дороги Київ-Харків

На рисунку 2.5 наведена схема розміщення метеостанцій уздовж дороги, а на рисунках 2.6 і 2.7 – гістограми розподілу відстаней між суміжними метеостанціями уздовж дороги та відстаней від метеостанцій до дороги.

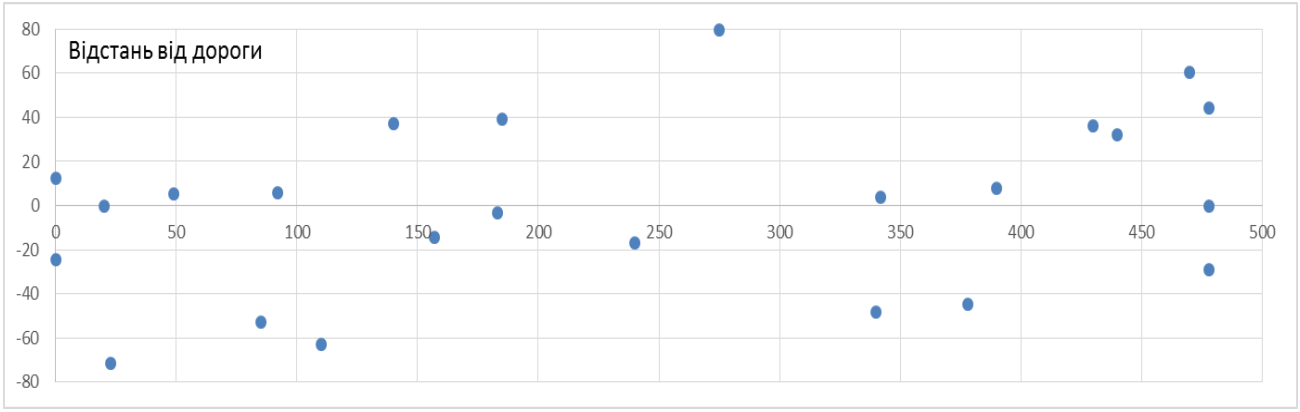

Рис. 2.5 Схема розміщення метеостанцій уздовж дороги Київ-Харків

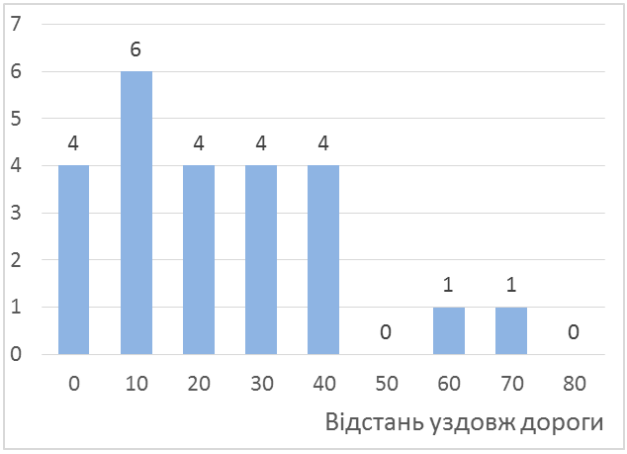

Рис. 2.6 Гістограма розподілу відстаней між метеостанціями уздовж дороги

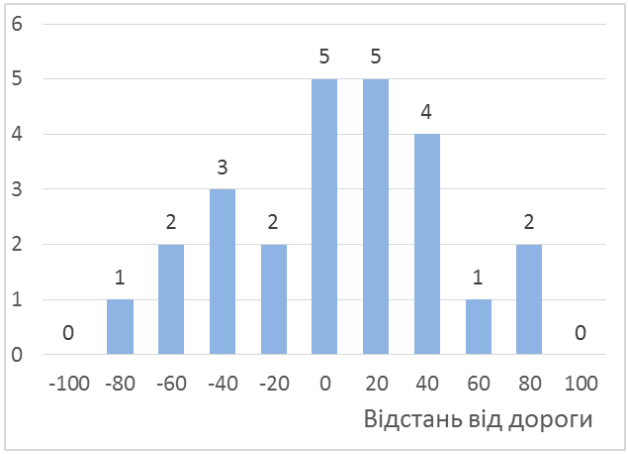

Рис. 2.7 Гістограма розподілу відстаней від метеостанцій до дороги

З карти 2.4 та рисунків 2.6 і 2.7 видно, що обрані метеостанції розташовані приблизно рівномірно уздовж дороги. Відстані між сусідніми метеостанціями в основному не перевищують 40 км і тільки у двох випадках. Більша кількість метеостанцій в районах Києва та Харкова пояснюється тим, що до бази даних включено декілька метеостанцій, розміщених поза межами дороги, але їм присвоєні координати, рівні нулю та 478 км, тобто початку й кінцю дороги. Відстань до дороги для більшості метеостанцій не перевищує 40 км (рис. 2.7), і лише для шести метеостанцій є дещо більшою (в межах 80 км).

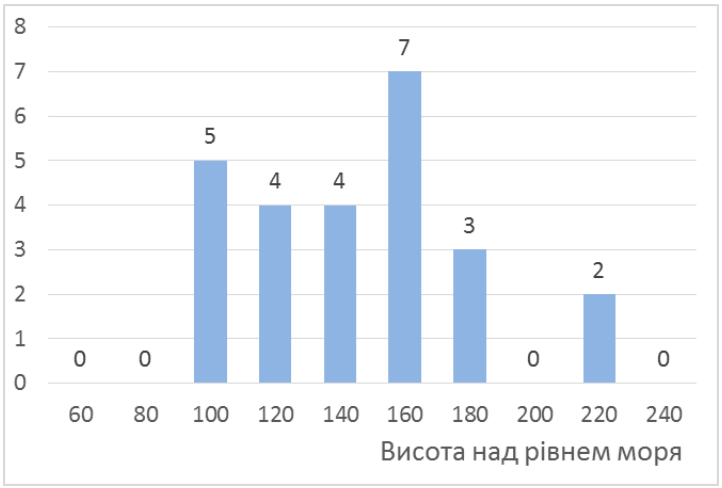

Рис. 2.8 Гістограма розподілу метеостанцій за висотою над рівнем моря

З гістограми на рисунку 2.8 видно, що усі обрані метеостанції є рівнинними і розміщені на висотах від 87 м до 213 м над рівнем моря Для більшості метеостанцій висоти над рівнем моря не перевищують 180 м. Це відповідає загальному рівнинному характеру місцевості.

База метеорологічних даних для обраних метеостанцій створена в середовищі Microsoft Excel. Для полегшення статистичної обробки та формування зведених результатів дані усіх метеостанцій введені на один робочий аркуш у формі таблиць за зразком таблиці 2.7. Уся база даних разом з результатами обробки для усіх 25 метеостанцій наведена в додатку А.

Проведений загальний аналіз підтверджує, що наявні дані забезпечать досить обґрунтоване прогнозування температурного режиму експлуатації дорожнього одягу автомобільної дороги Київ-Харків та дозволять розробити заходи з поліпшення її режиму експлуатації.

2.4 Висновки з розділу

1. Для аналізу параметрів температурного режиму експлуатації автомобільних доріг на території рівнинної місцевості України вибрана зона розміщення автомобільної дороги Київ – Харків. Такий підхід дозволяє одночасно отримати інформацію про рівнинну місцевість північного сходу України загалом та про одну з найважливіших автомобільних доріг держави.
2. Автомобільна дорога Київ-Харків має загальну протяжність 478 км, пролягає по рівнинній місцевості без виражених геоморфологічних особливостей; висота над рівнем моря для різних ділянок дороги коливається в межах від 110 м до 180 м. Рельєф місцевості місцями порізаний глибокими ярами, але в більшій частині слабопересічений.

3. За погодно-кліматичними факторами та ґрунтово-гідрологічними умовами зволоження автомобільна дорога Київ-Харків відноситься до дорожньо-кліматичної зони II, а за кліматичними умовами роботи асфальтобетонного покриття згідно з ДБН В.2.3-4:2015 – до кліматичного району А-3.
4. Для дослідження температурного режиму експлуатації дорожнього одягу в середовищі Microsoft Excel сформована база метеорологічних даних з узагальнених результатів вимірювання температури атмосферного повітря ти поверхні ґрунту на 25 метеостанціях, розміщених у полосі шириною близько 150 км уздовж дороги.
5. Обрані метеостанції розміщені приблизно рівномірно уздовж траси автомобільної дороги, в основному на відстані до 40 км від неї; за висотою над рівнем моря їх слід вважати рівнинними.
6. Наявні дані забезпечать досить обґрунтоване прогнозування температурного режиму експлуатації дорожнього одягу автомобільної дороги Київ-Харків.

Розділ 3
МЕТОДИКА ІМОВІРНІСНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

3.1 Методика визначення статистичних характеристик температури повітря, поверхні ґрунту та дорожнього одягу

Початковими даними для прогнозування температурного режиму дорожнього одягу є математичні сподівання $M_Г$ та стандарти $S_Г$ середньомісячних значень температури поверхні ґрунту, а також математичні сподівання $M_А$ та стандарти $S_А$ середньомісячних значень температури атмосферного повітря для кожного з місяців року на 25 метеостанціях України, описаних в таблиці 2.8. Ці дані запозичені з довідника [38], включені в електронну базу даних і наведені в додатку А. Проблема полягає у необхідності перерахунку статистичних характеристик середньомісячних значень у відповідні характеристики поточних значень температури повітря, ґрунту та поверхні дорожнього одягу.

Робочі формули для такого перерахунку обґрунтовані в статті [37]. Математичне сподівання й стандарт поточних значень температури повітря для кожного з місяців року можуть бути обчислені за формулами

$$M_П = M_А \ ; \qquad S_П = \sqrt{20} \times S_А \tag{3.1}$$

де $M_А$ і $S_А$ – середнє значення та стандарт середньомісячної температури атмосферного повітря в заданому місяці року з таблиць додатка А.

Математичне сподівання $M_Д$ та стандарт $S_Д$ поточних значень температури поверхні дорожнього одягу обчислюються з урахуванням додаткового нагрівання від сонячної радіації:

$$M_Д = M_Г + M_Δ = M_М + 7,2 \ ; \tag{3.2}$$

$$S_Д = \sqrt{S_Г^2 + S_Δ^2} = \sqrt{20 \cdot S_М^2 + 4} \ , \tag{3.3}$$

де $M_Г$ і $S_Г$ – середнє значення та стандарт середньомісячної температури поверхні ґрунту в заданому місяці року з таблиць додатка А;

$M_Δ$ і $S_Δ$ – середнє значення та стандарт температури додаткового нагрівання дорожнього одягу від дії сонячної радіації.

Обчислення за формулами (3.1)…(3.3) реалізовані в середовищі Microsoft Excel у формі розрахункової таблиці, зразок якої для метеостанції м. Київ наведений на рисунку 3.1.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1		**64 Київ, Київська обл., висота 166 м.**													
2															
3		**січ**	**лют**	**бер**	**кві**	**тра**	**чер**	**лип**	**сер**	**вер**	**жов**	**лис**	**гру**	**Рік**	
4		Сер. темп. повітря, (град.),													
5	Сер.	-3	-3,6	1,3	8,9	15,3	17,3	19,2	19,1	13,9	8,1	0	-1,9	7,883	
6	Стнд.	3,1	3,1	2,7	1,3	1,1	0,7	1,2	1	0,9	0,9	1,6	1,3		
7	Макс.	0,1	2,5	5,2	10,7	16,7	18,5	21,2	20,7	15,4	9,6	1,7	-0,2		
8	Мін	-9,5	-9,2	-3,3	7	13,6	16,7	17,9	17,5	12,5	6,8	-2,2	-3,5		
9		Сер. темп. поерхні грунту, (град.),													
10	Сер.	-4,5	-4,4	0,2	9,3	18,5	21	23,1	22,6	15,1	8	-0,8	-2,9	8,767	
11	Стнд.	3	2,9	3,5	1,6	1,4	1,2	1,8	1,2	1	0,8	1,8	1,1		
12	Макс.	-1	1	5	12	20	23	26	25	17	9	1	-1		
13	Мін	-11	-10	-5	7	16	20	21	21	14	7	-3	-4		
14															
15		**січ**	**лют**	**бер**	**кві**	**тра**	**чер**	**лип**	**сер**	**вер**	**жов**	**лис**	**гру**	**Рік**	**Макс**
16		**Характеристики температури поверхні дороги**													
17	**Мд=**	2,7	2,8	7,4	16,5	25,7	28,2	30,3	29,8	22,3	15,2	6,4	4,3	15,97	30,30
18	**Sд=**	13,56	13,12	15,78	7,43	6,57	5,73	8,29	5,73	4,90	4,10	8,29	5,31		15,78
19															
20	**Темпе**	**Кількість холодних днів**													
21	**-12**	4,18	3,89	3,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,03	11,78	4,18
22	**-15**	2,88	2,62	2,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	7,99	2,88
23															
24	**Темпе**	**Кількість спекотних днів**													
25	**43**	0,04	0,03	0,36	0,01	0,13	0,15	1,89	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	2,92	1,89
26	**52**	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,13
27															
28		**Кількість днів з небезпекою ожеледі**													
29		4,08	4,18	3,11	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,07	5,07	20,85	5,07
30															
31		**Характеристики температури повітря**													
32	**Мд=**	-3,00	-3,60	1,30	8,90	15,30	17,30	19,20	19,10	13,90	8,10	0,00	-1,90	7,883	19,20
33	**Sд=**	13,86	13,86	12,07	5,81	4,92	3,13	5,37	4,47	4,02	4,02	7,16	5,81		13,86

Рис. 3.1 Приклад розрахунку в середовищі Microsoft Excel

У рядках наведеного на рисунку 3.1 фрагмента робочого аркуша містяться такі вихідні дані та результати розрахунку:

1 – назва метеостанції;

3 – перелік місяців року;

5…8 – показники для середньомісячної температури повітря (середнє, стандарт, максимум, мінімум);

10…13 – показники для середньомісячної температури поверхні ґрунту (середнє, стандарт, максимум, мінімум).

15 – перелік місяців року;

17, 18 – математичне сподівання й стандарт поточних значень температури поверхні дороги за формулами (3.2), (3.3) для усіх місяців року;

32, 33 – математичне сподівання й стандарт поточних значень температури повітря за формулами (3.2).

Дані в рядках з 17 і нижче формуються в результаті автоматизованого виконання розрахунків, реалізованих шляхом запису в комірки робочого аркуша відповідних формул з обчисленнями та посиланнями на введені в рядки 5…13 вихідні дані. Дані інших рядків будуть пояснені в наступному підрозділі.

На одному робочому аркуші розміщені вихідні дані та результати виконаних розрахунків для усіх 25 метеостанцій. Наступна метеостанція займає стовпчики з Q по AE і так далі – по 16 стовпчиків на кожну метеостанцію з урахуванням пустого роздільчого стовпчика.

3.2 Показники температурного режиму дорожнього одягу та методика їх визначення

В якості показників температурного режиму експлуатації дорожнього одягу нижче використовуються кількості небезпечно холодних і небезпечно спекотних днів протягом кожного місяця та року в цілому. Методика

визначення цих показників, розроблена в [37], базується на обчисленні імовірностей виходу температури дорожнього одягу за межі температури крихкості та температури розм'якшення використаного дорожнього бітуму. Вихідними даними для цих обчислень є статистичні характеристики поточної температури поверхні дороги, які визначаються за формулами (3.2) і (3.3) через характеристики середньомісячних температур поверхні ґрунту з урахуванням дії сонячної радіації.

Кількість небезпечно холодних T_X днів, протягом яких у певному місяці року температура поверхні дороги буде нижчою за задану температуру X, згідно з формулою, отриманою в роботі [37], дорівнює:

$$T_X = 30 \times F_Д(M_Д, S_Д, X_K) \ . \tag{3.4}$$

Кількість небезпечно спекотних днів T_C, протягом яких у певному місяці року температура поверхні дороги буде вищою за задану температуру X, також обчислюється за формулою з [37]:

$$T_C = 30 \times [1 - F_Д(M_Д, S_Д, X_P)], \tag{3.5}$$

де X_K – розрахункова температура крихкості бітуму;

X_P – розрахункова температура розм'якшення бітуму;

30 – наближена кількість днів у місяці;

$F_Д(M_Д, S_Д, X)$ – функція нормального розподілу температури дорожнього одягу з математичним сподіванням $M_Д$ та стандартом $S_Д$ за формулами (3.2) і (3.3).

Сумарні протягом року кількості небезпечно холодних і небезпечно спекотних днів визначаються за місячними значеннями (3.4) і (3.5):

$$T_{XP} = \sum_{i=1}^{12} T_{Xi} \qquad T_{CP} = \sum_{i=1}^{12} T_{Ci} \tag{3.6}$$

Температури розм'якшення X_P та крихкості X_K дорожніх бітумів, які необхідно підставляти у формули (3.4) і (3.5), визначаються за таблицею 2.6 відповідно до марок використаних бітумів. Тоді значення (3.4) і (3.5) для кожного з місяців, а також сумарні протягом усього року кількості холодних і спекотних днів (3.6) визначають періоди, небезпечні для експлуатації дорожнього одягу на основі цього бітуму в районі обраної метеостанції.

Обчислена за формулами (3.4), (3.6) кількість небезпечно холодних днів визначає період часу, протягом якого асфальтобетон, виготовлений на основі бітуму з заданими в ці формули характеристиками, може піддаватися крихкому руйнуванню. Унаслідок крихкості бітуму може відбуватися розтріскування дорожнього одягу під динамічним впливом транспортних засобів, утворення вибоїн і необхідність проведення ямкового ремонту.

Небезпечно спекотні дні, кількість яких обчислюється за формулами (3.5) та (3.6), відповідають перевищенню температурою поверхні дорожнього одягу температури розм'якшення бітуму. Це призводить до втрати несучої здатності асфальтобетону та до утворення напливів, зсувів та колійності під дією значних навантажень від коліс великовагових автомобілів.

Числові характеристики температури поверхні дороги (3.2), (3.3) дають змогу знайти кількість днів, небезпечних з точки зору утворення ожеледиці. За [1], ожеледиця на дорозі може утворюватися при наявності вологи (мокрий сніг, дощ, туман, висока вологість повітря) та температурі поверхні дороги в межах від –5°С до 0°С. Місячна кількість днів з такими температурами дорівнює

$$T_O = 30 \times \left[F_Д(M_Д, S_Д, 0) - F_Д(M_Д, S_Д, -5) \right], \qquad (3.7)$$

де $F_Д(\ )$ – нормальний закон розподілу температури поверхні дороги;

$M_Д$ і $S_Д$ – числові характеристики розподілу поточних значень температури поверхні дороги (3.2) і (3.3).

Сумарна річна тривалість періоду, потенційно небезпечного з точки зору утворення ожеледиці, визначається аналогічно (3.6), як сума місячних значень (3.7). Слід звернути увагу, що утворення ожеледиці під час цього періоду можливе при зволоженні поверхні дорожнього одягу, тобто значення (3.7) дає завищену оцінку зверху для кількості днів з небезпекою утворення ожеледиці.

Оскільки практичне вимірювання температури поверхні автомобільної дороги є більш складною задачею, в практиці спорудження та експлуатації автомобільних доріг часто використовують в якості контрольного показника температуру атмосферного повітря. Місячну кількість спекотних днів $T_{Пi}$, протягом яких у певному і-тому місяці року температура повітря буде вищою за задану температуру X, можна обчислити за формулою, аналогічною до (3.5):

$$T_{Пi} = 30 \times [1 - F_{П}(M_{П}, S_{П}, X)], \tag{3.8}$$

де $F_П(\ldots)$ – функція нормального розподілу поточних значень температури повітря;

$M_П$ і $S_П$ – математичне сподівання й стандарт поточних значень температури повітря за формулами (3.1).

Як і вище, сумарна річна кількість спекотних днів з температурою повітря понад XºC дорівнює сумі 12-ти місячних значень

$$T_{П} = \sum_{i=1}^{12} T_{Пi} \ . \tag{3.9}$$

Обчислення за формулами (3.4)…(3.9) реалізовані на тому ж робочому аркуші Excel, фрагмент якого зображений на рисунку 3.1, у таких рядках:

21, 22 – місячні кількості небезпечно холодних днів для розрахункових температур крихкості бітумів, вказаних в комірках A 21 та A 22, які обчислені за формулою (3.4);

25, 26 – місячні кількості небезпечно спекотних днів для розрахункових температур розм'якшення бітумів, вказаних в комірках А 25 та А 26, які обчислені за формулою (3.5);

29 – місячні кількості днів з небезпекою утворення ожеледі, які обчислені за формулою (3.7) з умови перебування температури поверхні дороги в межах від 0°С до –5°С.

У стовпчику N обчислені середньорічні або сумарні річні значення характеристик з відповідних строчок, а стовпчик О містить найбільші протягом року місячні значення цих характеристик.

Результати виконаних обчислень копіюються на інший робочий аркуш розрахункової книги, де з них формуються таблиці, придатні для побудови графіків і перенесення в текст роботи. За отриманими даними засобами Excel збудовані узагальнюючі графіки, які ілюструють територіальну мінливість досліджених характеристик температурного режиму дорожнього одягу.

3.3 Методика приведення даних метеостанцій до траси автомобільної дороги

У розділі 2 показано, що наявні метеостанції не зовсім рівномірно розподілені уздовж траси дослідженої дороги, в деякі з них розташовані на відстані до 80 км убік від траси. На таких відстанях вже може проявлятися закономірна територіальна мінливість показників температурного режиму, тим більше що поперечні відхилення зорієнтовані у північному (знак "+" у таблицях 2.8 і 3.1) та південному напрямках (знак "–" у таблиці 3.1). За даними [38], саме у цьому напрямку змінюються температури повітря на території України.

Вказані особливості спонукають до аналізу територіальної мінливості показників температури та до розроблення методики урахування цієї мінливості при прогнозуванні температурного режиму експлуатації дорожнього одягу. Можливу методику такого коригування даних метеостанцій з їх приведенням до

траси дослідженої автомобільної дороги Київ-Харків розробимо на прикладі даних про температуру ґрунту, яка є визначальним фактором впливу на температурний режим дорожнього одягу.

Таблиця 3.1

Середньорічні температури повітря та поверхні ґрунту на метеостанціях із зони автомобільної дороги Київ- Харків

№ п/п	*Метеостанція*	*Координата уздовж дороги, км*	*Відстань від дороги, км*	*Середньорічна температура повітря*	*Середньорічна температура ґрунту*
1	Київ	0	13	7,88	8,17
2	Вишгород	0	-25	8,25	9,56
3	Бориспіль	20	0	7,54	9,03
4	Миронівка	23	-72	7,79	9,56
5	Баришівка	49	5	7,33	8,29
6	Канів	85	-53	7,91	9,48
7	Яготин	92	6	7,43	8,78
9	Золотоноша	110	-63	8,00	9,14
11	Прилуки	140	37	7,34	8,35
10	Гребінка	157	-15	7,29	8,70
12	Лубни	183	-3	7,63	9,77
13	Лохвиця	185	39	7,06	8,61
14	Веселий Поділ	240	-17	7,83	9,38
15	Гадяч	275	79	7,14	8,57
16	Кобеляки	340	-48	8,23	9,67
17	Полтава	342	4	7,68	8,91
18	Красноград	378	-44	7,74	9,42
19	Коломак	390	8	7,22	9,23
8	Богодухів	430	36	6,74	7,88
20	Золочів	440	32	6,95	8,24
21	Приколотне	470	60	6,68	8,19
22	Лозова	470	-81	7,90	9,43
23	Харків	478	0	7,45	8,42
24	Комсомольське	478	-29	7,78	9,85
25	Купянськ	478	44	7,78	9,63

У таблиці 3.1 наведені середньорічні температури повітря та поверхні ґрунту на 25 метеостанціях, обраних для дослідження в розділі 2. Там же вказані координати уздовж дороги та відстані від кожної метеостанції до траси дороги, запозичені з таблиці 2.8.

Залежності середньорічних температур повітря й поверхні ґрунту від координат розміщення метеостанцій уздовж та впоперек траси автомобільної дороги наведені на рисунках 3.2 і 3.3.

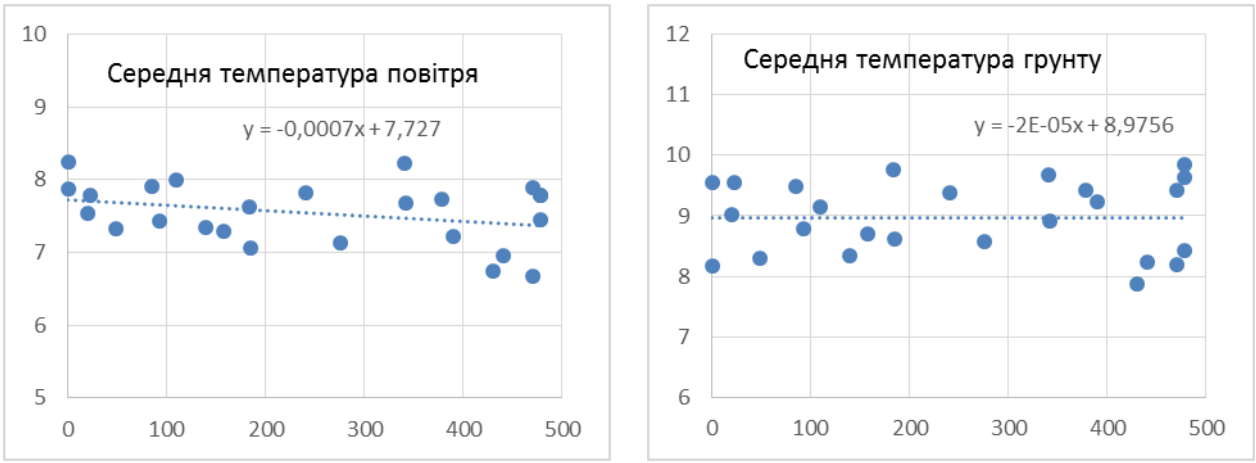

Рис. 3.2 Залежності середньорічної температури повітря й ґрунту від координати метеостанції уздовж дороги

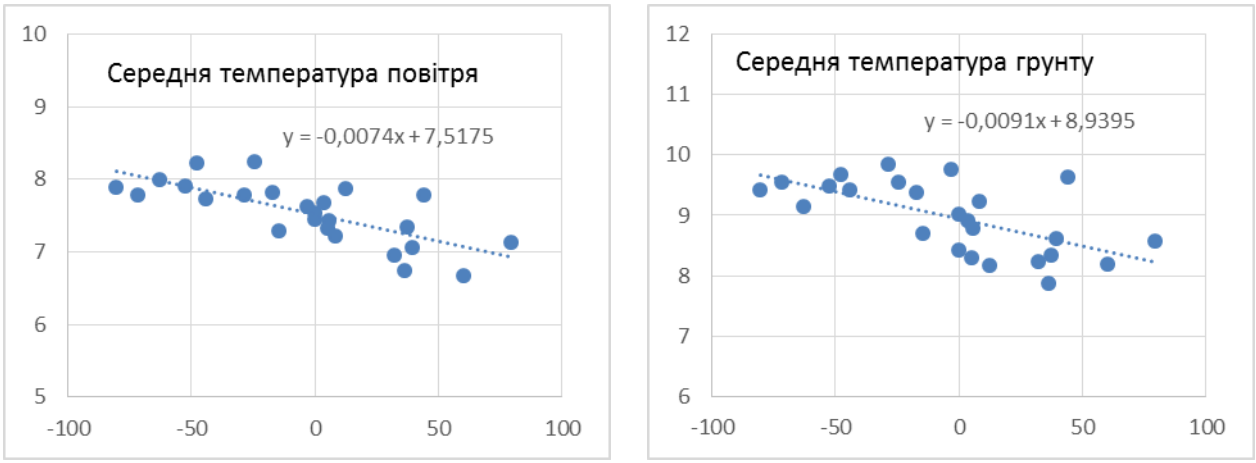

Рис. 3.3 Залежності середньорічної температури повітря й ґрунту від координати метеостанції упоперек траси дороги

З рисунка 3.2 та зображених на ньому лілій тренду видно, що температура повітря знижується від Києва до Харкова у середньому на 0,4°С, а температура поверхні ґрунту залишається практично незмінною уздовж усієї траси автомобільної дороги. Така стабільність пояснюється широтною орієнтацією дороги Київ-Харків при загальній залежності кліматичних температур від географічної широти. Це дозволяє осереднити дані усіх метеостанцій і вважати показники температурного режиму незмінними уздовж усієї траси дороги.

У випадку виявлення явних змін інших показників уздовж дороги та необхідності узагальнення зі згладжуванням випадкових коливань даних окремих метеостанцій можна скористатися прийомом локального осереднення. Для цього усю трасу автомобільної дороги слід розділити на відрізки довжиною 50 км чи 100 км і для кожного з цих відрізків обчислити середнє значення показника за даними метеостанцій, що належать відрізку. З рисунків 2.8 і 3.2 видно, до при довжині відрізка у 50 км на кожен відрізок потрапляє від 1 до 5 метеостанцій, а при довжині 100 км – від 2 до 7 метеостанцій, за якими будуть обчислюватися середні значення. Такий підхід дозволить відобразити закономірні зміни показників температурного режиму уздовж траси дороги, абстрагуючись від випадкових коливань даних окремих метеостанцій.

Напрямок поперек траси дороги збігається з меридіональним, тому температури помітно знижуються з півдня на північ. Як показано на рисунку 3.3, в межах полоси шириною 160 км, у якій розміщуються обрані метеостанції, середньорічні температури повітря й ґрунту змінюються на 1,1°С…1,5°С, що може створити досить помітний вплив на характеристики температурного режиму експлуатації дорожнього одягу. Інші показники температурного режиму, такі як кількості небезпечно холодних і небезпечно спекотних днів, можуть ще сильніше змінюватися залежно від положення метеостанції відносно дороги. Це вимагає урахування таких змін та приведення наявних даних метеостанцій до траси дослідженої автомобільної дороги.

Для коригування даних віддалених метеостанцій пропонується досить проста методика урахування змін характеристик температурного режиму в напрямку, перпендикулярному трасі автомобільної дороги. Методика заснована на використанні ліній тренду, наведених на графіках рисунка 3.3. Коригування даних метеостанцій з їх приведенням до траси дороги рекомендується виконувати в такому порядку:

1. За даними усіх наявних метеостанцій будується графік типу "точечная" залежності дослідженого параметра температурного режиму $Y_П$ від відстані до дороги X (з урахуванням знаку цієї відстані).
2. На графіку вставляється лінія тренду і визначається кут нахилі лінії тренду. Наприклад A=–0,0074 для температури повітря та A=–0,0091 для температури ґрунту за даними рисунка 3.3.
3. Скориговане значення дослідженого параметра температурного режиму для кожної з метеостанцій обчислюється за формулою

$$Y_K = Y_П - A \times X \ , \qquad (3.10)$$

де $Y_К$ – скориговане значення параметра;

$Y_П$ – початкове значення параметра;

A – параметр кута нахилу лінії тренду;

X – відстань від метеостанції до дороги з урахуванням знаку.

Відкориговані за описаною методикою середньорічні температури повітря й поверхні ґрунту наведені в таблиці 3.2. Враховуючи практичну незмінність цих температур уздовж дороги, коригування виконувалося для усієї дороги як єдиного відрізка. Параметри, що визначають кут нахилу лінії тренду визначені за рисунком 3.3:

A=–0,0074 для температури повітря;

A=–0,0091 для температури ґрунту.

Таблиця 3.2

Відкориговані середньорічні температури повітря та поверхні ґрунту на метеостанціях із зони автомобільної дороги Київ- Харків

№ п/п	*Метеостанція*	*Координата уздовж дороги, км*	*Відстань від дороги, км*	*Середньорічна температура повітря*	*Середньорічна температура ґрунту*
1	Київ	0	13	7,97	8,28
2	Вишгород	0	-25	8,07	9,34
3	Бориспіль	20	0	7,54	9,03
4	Миронівка	23	-72	7,26	8,91
5	Баришівка	49	5	7,37	8,34
6	Канів	85	-53	7,52	9,00
7	Яготин	92	6	7,47	8,83
9	Золотоноша	110	-63	7,54	8,57
11	Прилуки	140	37	7,62	8,69
10	Гребінка	157	-15	7,18	8,57
12	Лубни	183	-3	7,60	9,74
13	Лохвиця	185	39	7,35	8,97
14	Веселий Поділ	240	-17	7,70	9,22
15	Гадяч	275	79	7,73	9,29
16	Кобеляки	340	-48	7,87	9,23
17	Полтава	342	4	7,71	8,94
18	Красноград	378	-44	7,41	9,02
19	Коломак	390	8	7,28	9,30
8	Богодухів	430	36	7,01	8,21
20	Золочів	440	32	7,19	8,53
21	Приколотне	470	60	7,13	8,74
22	Лозова	470	-81	7,30	8,70
23	Харків	478	0	7,45	8,42
24	Комсомольське	478	-29	7,57	9,59
25	Купянськ	478	44	8,11	10,03

За даними таблиці 3.2 побудовані аналогічні рисунку 3.3 графіки залежності температури повітря та ґрунту від відстані метеостанцій до дороги, які зображені на рисунку 3.4.

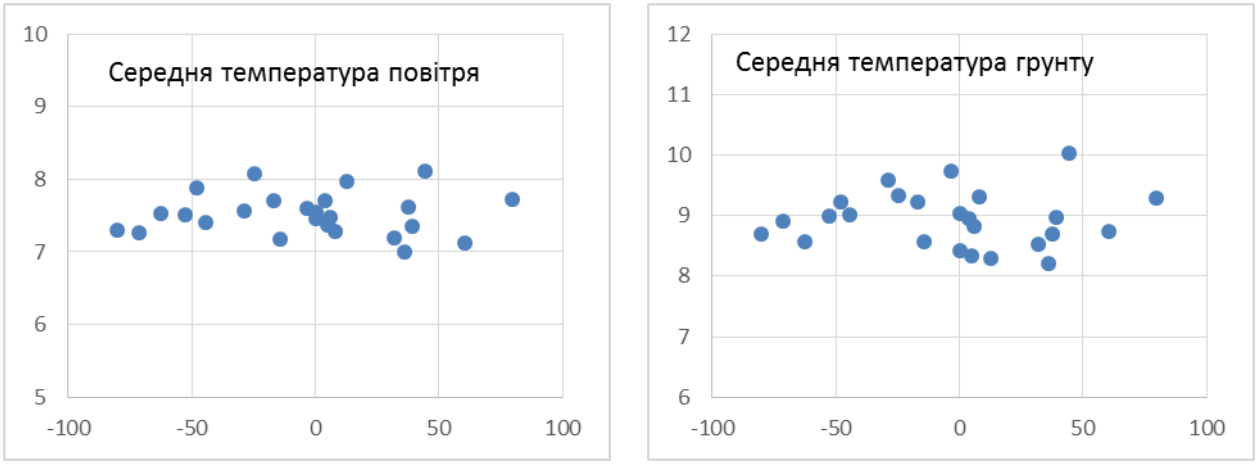

Рис. 3.4 Залежності відкоригованої середньорічної температури повітря й ґрунту від координати метеостанції упоперек траси дороги

З рисунка 3.4 видно, що відкориговані значення температури мають випадковий розкид, але не мають вираженого тренду в напрямку, перпендикулярному дорозі. Порівняння з рисунком 3.3 вказує на зменшення загального розкиду даних, що підтверджується також таблицею 3.3, у якій наведені мінімальні, максимальні та середні значення початкових і відкоригованих температур повітря й ґрунту.

Таблиця 3.3

Розмахи початкових та відкоригованих середньорічних температур повітря та поверхні ґрунту

Значення температур	*Початкові температури*		*Відкориговані температури*	
	повітря	*ґрунту*	*повітря*	*ґрунту*
Мінімальне	6,68	7,88	7,01	8,21
Максимальне	8,25	9,85	8,11	10,03
Середнє	7,54	8,97	7,52	8,94

З таблиці видно, що при практично незмінних середніх значеннях розмах відкоригованих даних є дещо меншим. Це свідчить про працездатність запропонованої методики приведення даних віддалених метеостанцій до траси автомобільної дороги.

3.4 Висновки з розділу

1. Статистичні характеристики поточних значень температури повітря та поверхні дорожнього одягу можуть бути визначені через статистичні характеристики місячних максимумів цих температур.
2. В якості практично корисних параметрів температурного режиму експлуатації дорожнього одягу доцільно використовувати місячні та сумарні річні кількості небезпечно холодних і небезпечно спекотних днів для дорожнього одягу, який виготовлено на основі певної марки бітуму та експлуатується в заданих кліматичних умовах.
3. Описані та реалізовані в середовищі Microsoft Excel методики обчислення статистичних характеристик поточних значень температури повітря та поверхні дорожнього одягу, кількості небезпечно холодних і небезпечно спекотних днів, а також кількості днів з потенційною небезпекою утворення ожеледиці на поверхні дороги.
4. Запропонована методика коригування параметрів температурного режиму, встановлених за даними окремих метеостанцій, яка забезпечує приведення цих параметрів до траси автомобільної дороги з урахуванням відстані від кожної метеостанції до дороги.
5. Узагальнення параметрів температурного режиму дорожнього одягу шляхом локального осереднення даних метеостанцій в межах визначених відрізків дороги довжиною 50…100 км дозволяє отримати загальні закономірності зміни цих параметрів уздовж дороги та абстрагуватися від випадкових коливань даних окремих метеостанцій.

Розділ 4
ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ КИЇВ-ХАРКІВ

4.1 Статистичні характеристики температури повітря та ґрунту уздовж траси автомобільної дороги Київ-Харків

У зоні автомобільної дороги Київ-Харків працюють 25 метеостанцій, які ведуть спостереження за температурою повітря й ґрунту. Схема розміщення метеостанцій наведена на рисунку 2.4. За даними довідника [38] сформована електронна база узагальнених результатів спостережень, яка описана в розділі 2. Зразок даних для однієї метеостанції показано в таблиці 2.7, а повна база даних наведена в додатку А. Загальна характеристика метеостанцій наведена в таблицях 2.8 і 3.1.

З рисунка й таблиць видно, що усі метеостанції є рівнинними і розміщені на висотах від 87 м до 213 м над рівнем моря. Середньорічна температура повітря коливається в межах від 6,7°С до 8,3°С, а поверхні ґрунту – від 7,9°С до 9,9°С. Незначна територіальна мінливість цих показників обумовлена однотипністю географічних і кліматичних умов уздовж траси дослідженої дороги: для неї характерний рівнинний рельєф та широтна орієнтація, яка не сприяє істотним змінам температурного режиму уздовж дороги.

У таблицях 4.1 і 4.2 за даними довідника [38] та сформованої бази даних наведені основні статистичні характеристики (середнє значення M_M та стандарт S_M) середньомісячної температури повітря, а в таблицях 4.3 і 4.5 – аналогічні характеристики $M_Г$ та $S_Г$ середньомісячної температури поверхні ґрунту. Нижче виконано аналіз територіальної та часової мінливості цих показників у межах території, що прилягає до автомобільної дороги Київ-Харків.

Таблиця 4.1

Математичні сподівання середньомісячних температур повітря M_M на метеостанціях в зоні автомобільної дороги Київ-Харків

Назва метеостанцій	1	2	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*Рік*
Київ	-3	-3,6	1,3	8,9	15,3	17,3	19,2	19,1	13,9	8,1	0	-1,9	7,88
Вишгород	-2,4	-2,8	1,3	8,8	15,3	17,5	19,6	19,3	14,4	8,3	1,2	-1,5	8,25
Бориспіль	-4	-3,9	1,2	8,3	14,9	17,4	19,2	18,2	13,5	7,8	0,8	-2,9	7,54
Миронівка	-4,4	-3,8	1,6	8,6	15,1	17,7	19,1	18,8	14,1	8,1	0,9	-2,3	7,79
Баришівка	-4,4	-4,2	1,2	8,2	14,6	17,8	18,6	18	13	7,6	0,2	-2,6	7,33
Канів	-3,7	-3,8	1,5	8,5	15	17,8	19,2	18,9	14	8,2	1,3	-2	7,91
Яготин	-5	-4,4	1	8,4	15	17,9	19	18,7	13,5	7,5	0,4	-2,9	7,43
Золотоноша	-4	-3,8	2,2	9,2	15,4	18,2	19,4	18,9	13,9	7,9	1	-2,3	8,00
Прилуки	-4,6	-4,6	1	8,5	15,3	17,6	18,9	18,4	13,3	7,2	0,5	-3,4	7,34
Гребінка	-6	-4,9	0,4	7,7	16,2	18,1	18,5	18,7	13,9	7,4	1,2	-3,7	7,29
Лубни	-4,3	-4,5	1,2	8,4	15,3	18,3	19,5	19	13,6	7,6	0,7	-3,3	7,63
Лохвиця	-5,7	-5,6	0,3	7,9	15,6	18,1	18,6	18,6	13,5	7	0,5	-4,1	7,06
Веселий Поділ	-4,4	-4,3	1,2	8,7	15,4	18,3	19,7	19,4	14,2	7,8	1,1	-3,1	7,83
Гадяч	-5,1	-5,1	0,8	8,4	15	17,8	18,8	18,5	13,2	6,9	0,4	-3,9	7,14
Кобеляки	-4,1	-3,9	1,4	9,1	15,7	18,6	20,3	20	14,5	8,5	1,6	-3	8,23
Полтава	-4,7	-4,5	1,1	8,5	15,4	18,2	19,6	19,4	14,2	7,7	0,7	-3,5	7,68
Красноград	-4,7	-4,5	0,6	8,8	15,5	18,5	20	19,7	14,3	7,7	0,8	-3,8	7,74
Коломак	-4,9	-5,2	0,4	8,2	15,1	17,7	19,3	18,9	13,5	7,2	0,3	-3,9	7,22
Богодухів	-5,5	-6,2	-0,2	7,9	14,7	17,4	19	18,6	13,1	6,6	0,1	-4,6	6,74
Золочів	-4,4	-5,8	-0,5	8,4	14,6	17,7	19,2	18,7	13,1	7	-0,6	-4	6,95
Приколотне	-7,3	-6,3	-0,7	8,2	15,4	18,2	19,2	18,8	13,3	6,5	-0,1	-5	6,68
Лозова	-4,7	-4,6	1,4	8,8	15,6	18,7	20,3	19,7	14,4	8	0,8	-3,6	7,90
Харків	-5	-5,1	0,4	8,8	15,2	18,6	19,9	19,4	13,8	7,3	0,4	-4,3	7,45
Комсомольське	-4,5	-4,6	0,8	8,9	15,6	18,8	20	19,3	13,9	7,7	0,9	-3,5	7,78
Купянськ	-4,7	-5,1	0,6	9,1	15,8	19	20,6	19,6	13,9	7,6	0,7	-3,8	7,78
Мінімум	-7,3	-6,3	-0,7	7,7	14,6	17,3	18,5	18,0	13,0	6,5	-0,6	-5,0	6,31
Максимум	-2,4	-2,8	2,2	9,2	16,2	19,0	20,6	20,0	14,5	8,5	1,6	-1,5	8,76
Середнє	-4,62	-4,6	0,86	8,53	15,28	18,05	19,39	18,98	13,76	7,57	0,63	-3,32	7,54

Таблиця 4.2

Стандарти середньомісячних температур повітря S_M
на метеостанціях в зоні автомобільної дороги Київ-Харків

Назва метеостанцій	1	2	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*Рік*
Київ	3,1	3,1	2,7	1,3	1,1	0,7	1,2	1	0,9	0,9	1,6	1,3	1,58
Вишгород	3,4	2,6	2,1	1,4	1,3	0,8	1,2	0,7	1,2	0,8	1,8	1,1	1,53
Бориспіль	3,4	3	2,2	1,1	1,3	1	1,3	1	1,2	0,9	2,1	1,3	1,65
Миронівка	2,8	2,9	1,9	1,4	1,4	1,3	1,3	1	1,2	0,9	1,8	2,1	1,67
Баришівка	2,9	3	2	1,3	1,5	1,3	1,2	0,9	1	0,8	1,7	2,1	1,64
Канів	3	2,9	2	1,3	1,2	1	1,3	0,9	1	0,9	1,8	2,1	1,62
Яготин	2,9	2,9	2,1	1,4	1,4	1,3	1,1	0,9	1,1	0,8	1,8	2,1	1,65
Золотоноша	3	2,8	1,3	1,2	1,4	1,3	1,3	0,9	1	0,8	1,8	2,1	1,58
Прилуки	3	2,9	2,1	1,4	1,7	1,5	1,2	0,9	1,1	0,9	2	1,7	1,70
Гребінка	2,3	1,5	1,9	1,6	1,2	1,5	1	0,9	1,1	0,7	1,5	1,9	1,43
Лубни	2,6	2,8	1,9	1,7	1,6	1,5	1,2	0,9	1,1	1,1	2	1,7	1,68
Лохвиця	2,6	2,5	1,8	1,6	1,3	1,5	1,2	0,9	1	0,6	2,2	1,9	1,59
Веселий Поділ	2,9	2,9	2,2	1,7	1,5	1,3	1,2	1	1	0,9	1,9	1,8	1,69
Гадяч	2,7	2,9	2	1,9	1,5	1,6	1,1	0,9	1,1	0,8	2,1	1,9	1,71
Кобеляки	2,6	2,7	1,8	1,7	1,4	1,4	1,3	1	1,2	0,8	1,7	1,8	1,62
Полтава	2,6	2,9	2,1	1,6	1,5	1,6	1,2	1	1,1	1	1,9	1,9	1,70
Красноград	2,4	3	1,8	1,6	1,5	1,6	1,2	1,1	1,2	1	2	1,9	1,69
Коломак	2,3	2,8	2	1,6	1,6	1,5	1,1	1	1,1	1	2	1,8	1,65
Богодухів	2,5	2,6	2	1,6	1,6	1,6	1,1	1,1	1,2	1,1	1,8	2	1,68
Золочів	2	3,5	2,3	1,4	1,4	1,4	0,7	1,1	1	0,9	1,6	1,3	1,55
Приколотне	2,5	3,3	2,1	1,9	1,7	1,5	1	1,1	1,1	0,9	1,7	2,3	1,76
Лозова	2,5	2,8	2,3	1,5	1,6	1,5	1,2	1,1	1,2	1,2	1,9	2	1,73
Харків	2,6	3	2	1,6	1,7	1,6	1,1	1,1	1,1	1	1,9	2,1	1,73
Комсомольське	2,6	3	2,2	1,6	1,5	1,4	1,1	1	0,9	1,2	2	2,3	1,73
Купянськ	2,8	3,3	2,2	1,7	1,6	1,5	1,3	1,1	0,5	1,2	2,1	2,3	1,80
Мінімум	2,00	1,50	1,30	1,10	1,10	0,70	0,70	0,70	0,50	0,60	1,50	1,10	1,43
Максимум	3,40	3,50	2,70	1,90	1,70	1,60	1,30	1,10	1,20	1,20	2,20	2,30	1,80
Середнє	2,72	2,86	2,04	1,52	1,46	1,37	1,16	0,98	1,06	0,92	1,87	1,87	1,65

Таблиця 4.3

Математичні сподівання середньомісячних температур поверхні ґрунту $M_Г$ на метеостанціях в зоні автомобільної дороги Київ-Харків

Назва метеостанцій	1	2	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*Рік*
Київ	-4,5	-4,4	0,2	9,3	18,5	21	23,1	22,6	15,1	8	-0,8	-2,9	8,77
Вишгород	-5,3	-3	1,7	10	19,1	21,6	24,2	23,1	15,8	8,5	1	-2	9,56
Бориспіль	-5,4	-4,5	0,9	9,6	18,6	22,1	24	22,4	15,1	8,1	0,6	-3,2	9,03
Миронівка	-5,3	-4,5	1,6	10,1	19,7	23,3	24,4	23	16,1	8,4	0,8	-2,7	9,58
Баришівка	-4,8	-4,9	0,9	8,6	17,4	20,9	22,3	21,1	14,2	7,2	-0,2	-3,2	8,29
Канів	-4,7	-4,1	1,6	9,8	18,7	22,4	24,1	23,1	15,9	8,6	1,1	-2,7	9,48
Яготин	-6,2	-5,9	0,2	9,2	18,9	22,7	24	23	15,3	7,7	0,0	-3,6	8,78
Золотоноша	-5,5	-4,8	1,7	9,7	18,5	22,5	23,9	22,5	15,5	7,9	0,9	-3,1	9,14
Прилуки	-5,6	-5,8	0,6	8,7	18,3	21,8	22,5	21,8	14,5	7,4	0,2	-4,2	8,35
Гребінка	-6,9	-5,3	0,5	8,7	20,1	22,9	23	22,6	14,9	7,4	0,3	-3,8	8,70
Лубни	-5,3	-5,5	0,4	8,9	18,6	22,4	23,7	21,7	14,9	7,4	0,3	-3,8	9,77
Лохвиця	-6,4	-6,5	0	8,8	19,6	23,6	23,5	22,6	15,5	7,2	0,1	-4,7	8,61
Веселий Поділ	-5,8	-4,9	1,3	10	19,5	23	24,6	23,3	16,1	8,1	1,1	-3,7	9,38
Гадяч	-5,8	-7	0,2	9,4	19,1	22,5	23,9	22,6	15,2	7,1	0,1	-4,5	8,57
Кобеляки	-5,2	-5,1	1,0	10,6	19,7	23,2	25,2	24	16,4	8,5	1,4	-3,7	9,67
Полтава	-5,4	-5,6	0,9	9,5	18,6	22,5	23,8	22,9	15,9	7,8	0,4	-4,4	8,91
Красноград	-5,3	-5,8	0,2	10,1	19,4	23,7	25,9	24,1	16,3	8,0	0,6	-4,2	9,42
Коломак	-5,1	-6	0,1	9,9	19,7	23,3	25,3	23,7	15,9	7,6	0,4	-4,1	9,23
Богодухів	-6,1	-6,6	-1	8,1	17,8	21,3	23,3	21,9	14,7	6,7	-0,4	-5,2	7,88
Золочів	-4,8	-6	-2,2	8,5	18,1	22,1	24	22,6	15	7,0	-1,0	-4,4	8,24
Приколотне	-8,1	-6,9	-1,8	9,6	19,3	23,5	24,5	23,2	14,7	6,7	-0,4	-6	8,19
Лозова	-5,3	-5,3	1,6	10,2	19,2	23,7	25,4	23,9	15,9	8,1	0,4	-4,7	9,43
Харків	-5,4	-6,1	-0,1	9	17,9	22,4	24,3	22,3	14,9	7	-0,1	-5,1	8,42
Комсомольське	-5,4	-5,8	1,0	11,4	20,4	25,1	26,5	24,7	16,6	7,9	0,5	-4,7	9,85
Купянськ	-5,2	-6,2	0,7	11,4	20,5	24,3	25,9	24,5	15,9	7,7	0,7	-4,7	9,63
Мінімум	-8,1	-7,0	-2,2	8,1	17,4	20,9	22,3	21,1	14,2	6,7	-1,0	-6,0	7,88
Максимум	-4,7	-3,0	1,7	11,4	20,5	25,1	26,5	24,7	16,6	8,6	1,4	-2,0	9,85
Середнє	-5,55	-5,50	0,50	9,58	19,03	22,78	24,26	22,94	15,47	7,67	0,37	-4,02	8,99

Таблиця 4.4

Стандарти середньомісячних температур поверхні ґрунту $S_Г$ на метеостанціях в зоні автомобільної дороги Київ-Харків

Назва метеостанцій	1	2	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*Рік*
Київ	3	2,9	3,5	1,6	1,4	1,2	1,8	1,2	1	0,8	1,8	1,1	1,78
Вишгород	3,3	2,4	2,9	1,4	1,8	1,3	1,8	0,8	1,3	0,8	2,2	0,9	1,74
Бориспіль	3,2	3	2,7	1,2	1,9	1,6	1,8	1,3	1,6	0,8	2,2	1,1	1,87
Миронівка	3	2,6	2,5	1,7	1,9	1,9	2,2	1,3	1,6	0,9	2	1,9	1,96
Баришівка	2,9	2,8	2,7	1,3	2	2,1	2	1,1	1,2	0,8	1,7	1,8	1,87
Канів	2,7	2,9	2,3	1,6	1,7	1,4	2,2	1,0	1,4	0,8	1,8	1,9	1,81
Яготин	2,8	2,7	2,9	1,5	2	1,8	2	1,0	1,2	0,7	2,1	2	1,89
Золотоноша	2,9	2,9	1,7	1,8	1,7	1,9	2	1,1	1,6	0,6	2,1	2,1	1,87
Прилуки	3	2,6	2,7	1,3	2,3	2	1,6	1,1	1,2	0,9	2,2	1,6	1,88
Гребінка	2,4	1,5	2,3	1,4	1,5	2,2	1,5	1,1	1,2	0,8	2,1	1,9	1,66
Лубни	2,9	2,3	2,5	1,9	1,6	2,2	2,1	1,2	1,2	0,8	2,1	1,9	1,89
Лохвиця	2,8	2,2	2,4	1,5	1,4	2,2	1,9	0,8	1,2	0,6	2	2,1	1,76
Веселий Поділ	2,9	3,1	2,8	2	1,6	2,1	1,8	1,2	1,7	1	2	1,6	1,98
Гадяч	3	2,6	2,9	2,1	1,9	2,2	2	1,1	1,7	1	2,2	2	2,06
Кобеляки	2,7	2,4	2,2	1,8	1,6	2,1	2,1	1,3	1,7	0,7	1,7	1,6	1,83
Полтава	2,6	2,6	2,8	2	1,9	2,3	1,5	1,1	1,7	1	2,2	1,8	1,96
Красноград	2,6	2,9	2,5	2	1,9	2,5	1,9	1,3	1,8	1	2	1,7	2,01
Коломак	2,4	2,4	2,4	2	2,1	2	1,8	1,3	1,8	0,9	2,2	1,6	1,91
Богодухів	2,8	2,9	2,5	1,2	1,8	2	2	1,3	1,4	1,2	1,9	1,6	1,88
Золочів	2	3,4	3,9	1,1	1,6	1,7	1,3	1,4	1,1	0,8	1,9	1,2	1,78
Приколотне	2,4	3,3	2,5	2,4	2,2	2,1	2	1,5	1,4	0,8	1,9	2,1	2,05
Лозова	2,7	2,9	2,4	2	1,8	1,9	2	1,5	1,8	1,3	2,2	1,7	2,02
Харків	2,9	2,8	2,4	1,6	1,8	2,4	1,9	1,4	1,7	1,1	2,2	1,7	1,99
Комсомольське	2,9	2,4	2,8	1,8	1,7	2,1	1,8	1,3	1,5	1,1	2,1	1,9	1,95
Купянськ	2,8	3	2,6	2,1	2,2	1,7	1,7	1,4	1,3	1,2	2,1	1,6	1,98
Мінімум	2,00	1,50	1,70	1,10	1,40	1,40	1,30	0,80	1,10	0,60	1,70	1,10	1,66
Максимум	3,20	3,40	3,90	2,40	2,30	2,50	2,20	1,50	1,80	1,30	2,20	2,10	2,06
Середнє	2,78	2,69	2,63	1,68	1,80	1,97	1,88	1,20	1,46	0,88	2,03	1,70	1,89

За даними таблиць 4.1…4.4 на рисунках 4.1…4.4 зображено річний хід статистичних характеристик середньомісячної температури повітря та поверхні ґрунту. На кожному рисунку показані найменші, найбільші та середні значення відповідних показників, що дозволяє відслідкувати межі їх можливої територіальної мінливості.

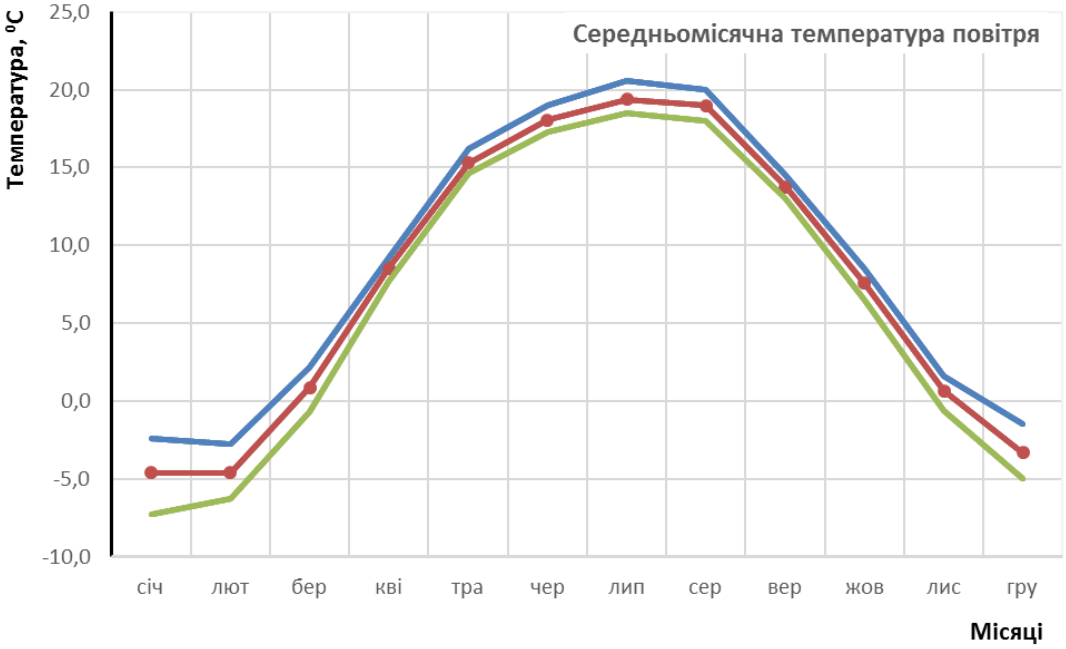

Рис. 4.1 Річний хід математичного сподівання середньомісячної температури повітря

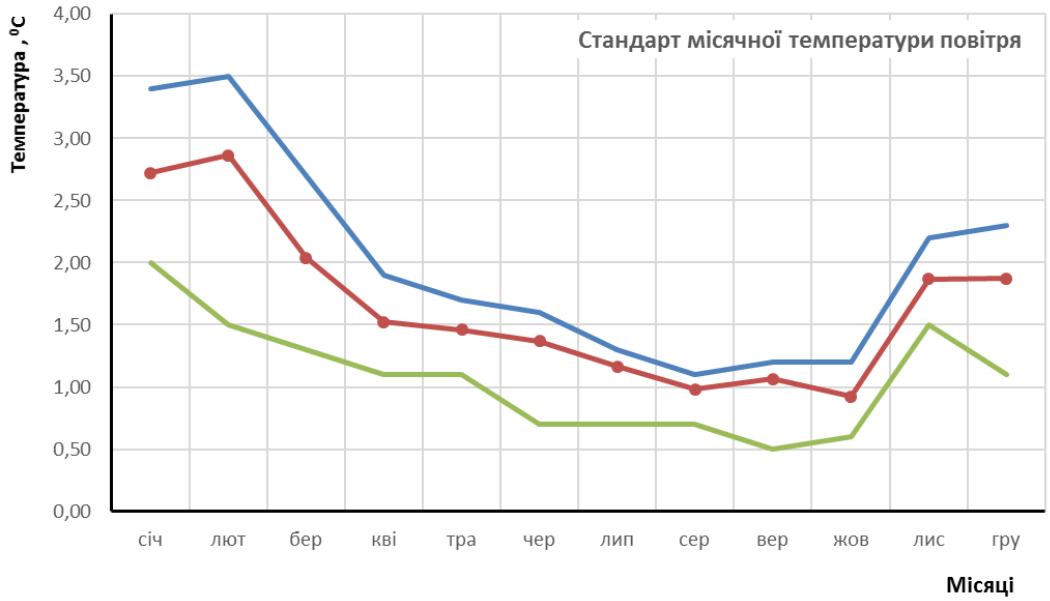

Рис. 4.2 Річний хід стандарту середньомісячної температури повітря

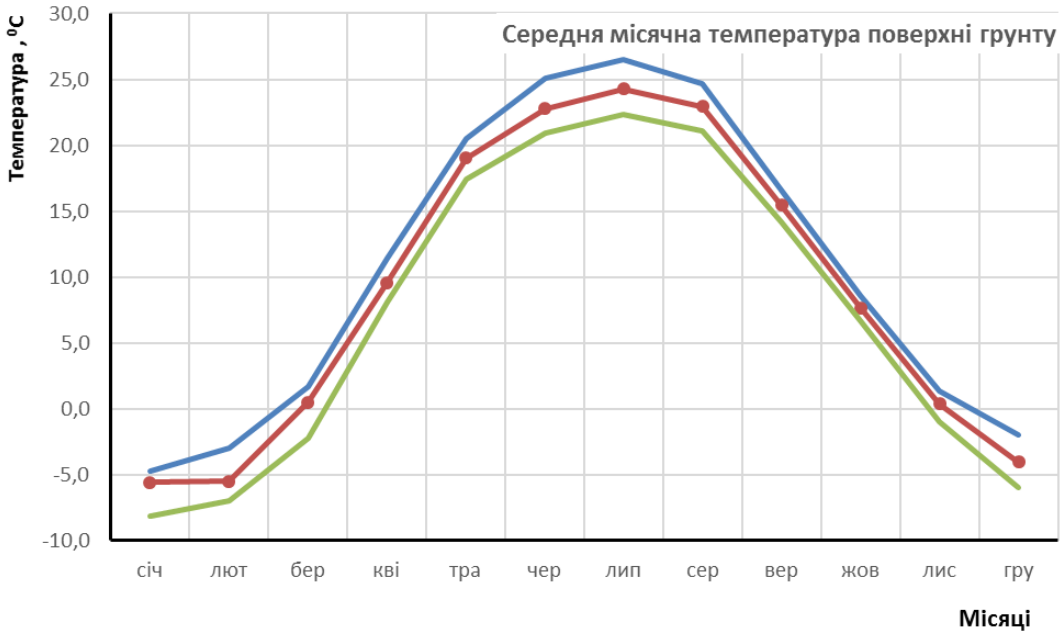

Рис. 4.3 Річний хід математичного сподівання середньомісячної температури ґрунту

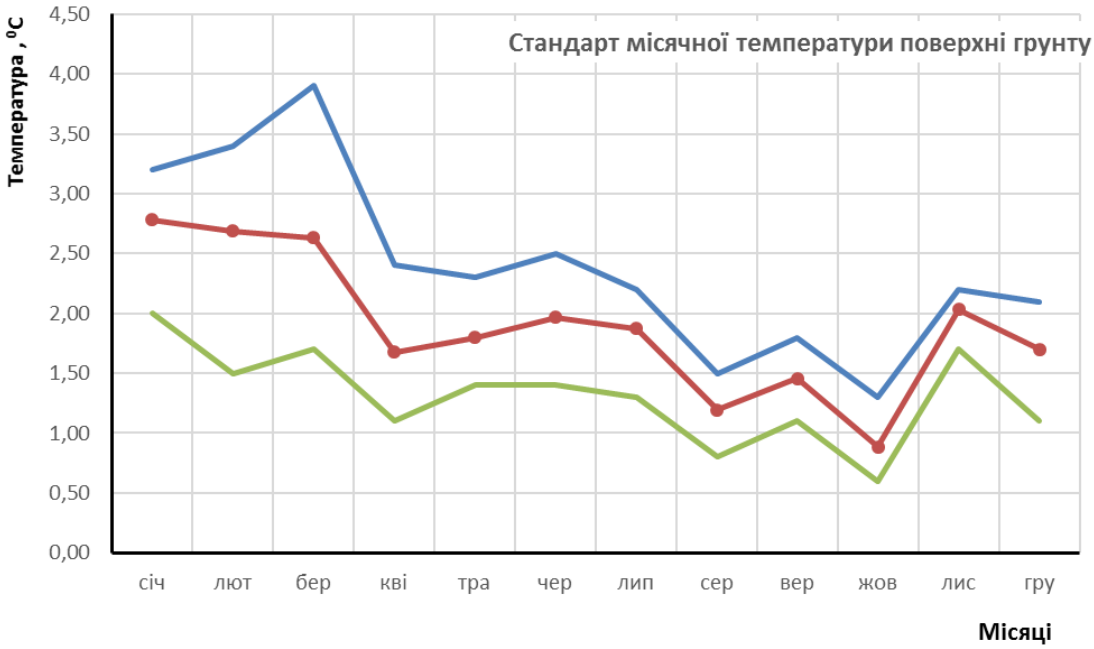

Рис. 4.4 Річний хід стандарту середньомісячної температури ґрунту

З рисунків видно, що математичні сподівання температури повітря та поверхні ґрунту на обраних метеостанціях в усі місяці року є досить близькими.

Річні функції стандартів мають значно більший розкид, але однаковий характер змін протягом року та не відрізняються принципово для різних метеостанцій.

Це свідчить про можливість узагальнення результатів прогнозування температурного режиму експлуатації дорожнього одягу.

Оскільки основою прогнозування температури дорожнього одягу є температура поверхні ґрунту, нижче проаналізовані зміни середньорічних значень математичного сподівання M та стандарту S температури ґрунту уздовж траси автомобільної дороги. Для цього виконане коригування відповідних даних за методикою підрозділу 3.3 з урахуванням віддаленості метеостанцій до дороги. Коригування математичних сподівань температури ґрунту вже було виконане в таблиці 3.2, а коригування стандартів показало, що вони залишилися практично незмінними. Отже, середні значення температури ґрунту зростають з півночі на південь, а стандарти практично не змірюються в напрямку поперек дороги. Відкориговані середньорічні значення математичних сподівань і стандартів температури поверхні ґрунту наведені в таблиці 4.5.

Відкориговані з урахуванням віддаленості від дороги середньорічні значення математичних сподівань і стандартів температури поверхні ґрунту осереднені в межах відрізків дороги довжиною 100 км кожен. Результати осереднення також наведені в таблиці 4.5. За осередненими даними збудовано графіки змін математичного сподівання та стандарту температури ґрунту уздовж траси дороги, які наведені на рисунку 4.5.

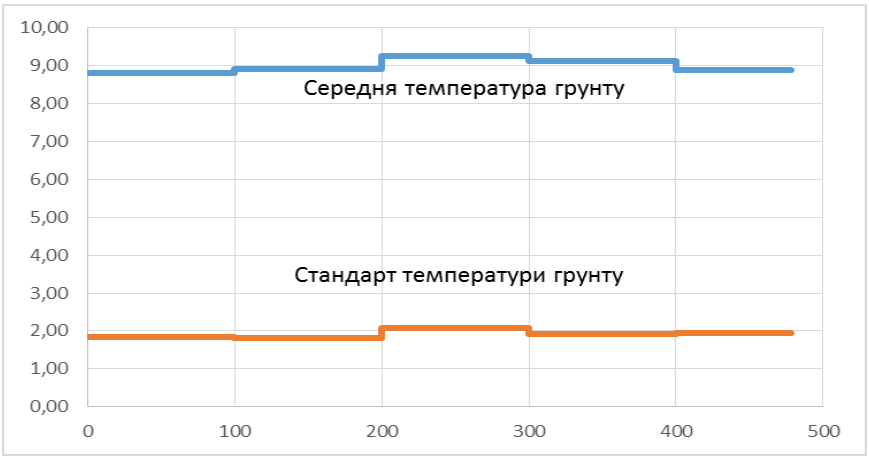

Рис. 4.5 Зміни середньорічних значень математичного сподівання й стандарту температури ґрунту уздовж траси

Таблиця 4.5

Зміни середньорічних значень математичного сподівання та стандарту температури поверхні ґрунту уздовж траси дороги

№ п/п	*Метеостанція*	*Координата уздовж дороги, км*	*Відстань від дороги, км*	*Середньорічна температура ґрунту*		*Стандарт температури ґрунту*	
1	Київ	0	13	7,97	8,82	1,78	1,84
2	Вишгород	0	-25	8,07		1,74	
3	Бориспіль	20	0	7,54		1,87	
4	Миронівка	23	-72	7,26		1,94	
5	Баришівка	49	5	7,37		1,87	
6	Канів	85	-53	7,52		1,80	
7	Яготин	92	6	7,47		1,89	
9	Золотоноша	110	-63	7,54	8,91	1,85	1,81
11	Прилуки	140	37	7,62		1,88	
10	Гребінка	157	-15	7,18		1,66	
12	Лубни	183	-3	7,60		1,89	
13	Лохвиця	185	39	7,35		1,77	
14	Веселий Поділ	240	-17	7,70	9,26	1,98	2,03
15	Гадяч	275	79	7,73		2,07	
16	Кобеляки	340	-48	7,87	9,12	1,82	1,92
17	Полтава	342	4	7,71		1,96	
18	Красноград	378	-44	7,41		2,00	
19	Коломак	390	8	7,28		1,91	
8	Богодухів	430	36	7,01	8,89	1,89	1,95
20	Золочів	440	32	7,19		1,79	
21	Приколотне	470	60	7,13		2,06	
22	Лозова	470	-81	7,30		2,00	
23	Харків	478	0	7,45		1,99	
24	Комсомольське	478	-29	7,57		1,94	
25	Купянськ	478	44	8,11		1,98	

З таблиці 4.5 і рисунка 4.5 видно, що середньорічні температури повітря мало змінюються уздовж дороги. Найвищими є середні температури та їх стандарти на території Полтавської області. Узагальнені за стокілометровими відрізками середньорічні температури ґрунту змінюються в межах 1°С, а стандарти до 0,2°С. Це дозволяє вважати температурний режим ґрунту практично незмінним уздовж усієї протяжності дороги Київ-Харків.

4.2 Тривалість небезпечно холодного періоду

Згідно з рекомендаціями [1], викладеними в розділі 1в якості показників температурного режиму поверхні дорожнього одягу використовуються місячні та річні тривалості періодів, небезпечних для використаного асфальтобетону. Тривалість небезпечно холодного періоду, протягом якого відбувається утворення ям унаслідок крихкого руйнування асфальтобетону, залежить від температури крихкості бітуму і визначається за формулами (3.4) і (3.6). за цими формулами обчислені місячні та річні тривалості небезпечно холодного періоду. Обчислення виконані в середовищі Microsoft Excel, як це показано в додатку А.

При обчисленні тривалості небезпечно холодного періоду враховувалися розрахункові температури крихкості бітумів, двох марок які можуть використовуватися кліматичному районі А-3 за ДСТУ [2]: звичайні нафтові дорожні бітуми марок БНД 60/90 і БНД 90/130, а також бітум БМП 60/90-52, модифікований полімерами. Температурний інтервал їх експлуатації згідно з ГОСТ 22245 [4] наведено в таблиці 2.6, де вказані температури розм'якшення та крихкості обох рекомендованих видів бітуму. Для звичайного нафтового бітуму врахована температура крихкості $X_К$=–12ºС, а для БМП 60/90-52 – $X_К$=–15ºС.

Узагальнені за даними додатку А результати обчислень для обох видів бітуму наведені в таблицях 4.6 і 4.7 для усіх розглянутих метеостанцій. На рисунках 4.6 і 4.7 наведені графіки річних змін найменшої, найбільшої та середньої тривалості небезпечно холодного періоду для дорожнього одягу, виготовленого на основі цих бітумів.

Таблиця 4.6

Кількості небезпечно холодних днів у зоні автомобільної дороги Київ-Харків для одягу із звичайного дорожнього бітуму

Назва метеостанцій	1	2	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*Сума*
Київ	4,18	3,89	3,28	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,40	0,03	11,78
Вишгород	5,26	2,07	1,67	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,66	0,00	9,66
Бориспіль	5,09	4,18	1,51	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,73	0,04	11,55
Миронівка	4,58	3,19	1,01	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,44	0,88	10,10
Баришівка	4,09	3,89	1,51	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,23	0,81	10,53
Канів	3,54	3,75	0,71	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,22	0,88	9,10
Яготин	4,58	4,16	2,09	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,68	1,33	12,84
Золотоноша	4,45	4,09	0,12	0,01	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,54	1,40	10,61
Прилуки	4,74	3,84	1,59	0,00	0,01	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,80	0,65	11,63
Гребінка	3,90	0,71	0,90	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,63	1,17	7,31
Лубни	4,34	2,87	1,27	0,02	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,63	1,17	10,29
Лохвиця	4,69	3,09	1,18	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,53	1,97	11,45
Веселий Поділ	4,61	4,61	1,59	0,02	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,40	0,55	11,78
Гадяч	4,85	4,52	2,09	0,04	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,82	1,63	13,95
Кобеляки	3,79	2,95	0,66	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,13	0,55	8,09
Полтава	3,63	3,74	1,69	0,03	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,76	1,12	10,97
Красноград	3,58	4,61	1,31	0,02	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,46	0,85	10,83
Коломак	2,95	3,40	1,16	0,02	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,76	0,63	8,92
Богодухів	4,52	5,05	1,64	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,47	0,89	12,58
Золочів	1,74	5,84	4,99	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,56	0,15	13,28
Приколотне	4,64	6,13	1,88	0,13	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,47	2,54	15,79
Лозова	3,84	4,34	0,85	0,02	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,76	0,98	10,80
Харків	4,39	4,52	1,20	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,86	1,09	12,08
Комсомольське	4,39	3,30	1,67	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,60	1,45	11,41
Купянськ	4,04	5,07	1,37	0,02	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,57	0,76	11,85
Мінімум	1,74	0,71	0,12	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,13	0,00	7,31
Максимум	5,26	6,13	4,99	0,13	0,01	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,86	2,54	7,31
Середнє	4,18	3,91	1,56	0,01	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,57	0,94	11,17

Таблиця 4.7

Кількості небезпечно холодних днів у зоні автомобільної дороги Київ-Харків для одягу із полімерномодифікованого бітуму

Назва метеостанцій	1	2	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*Сума*
Київ	2,88	2,62	2,34	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,15	0,00	7,99
Вишгород	3,85	1,18	1,03	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,31	0,00	6,37
Бориспіль	3,67	2,88	0,89	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,35	0,01	7,79
Миронівка	3,19	2,00	0,54	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,18	0,38	6,30
Баришівка	2,77	2,59	0,89	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,08	0,33	6,65
Канів	2,29	2,52	0,35	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,07	0,38	5,61
Яготин	3,11	2,74	1,32	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,31	0,64	8,11
Золотоноша	3,05	2,77	0,04	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,24	0,70	6,80
Прилуки	3,32	2,47	0,94	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,39	0,23	7,34
Гребінка	2,42	0,24	0,45	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,29	0,53	3,92
Лубни	2,97	1,66	0,70	0,01	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,29	0,53	6,15
Лохвиця	3,19	1,77	0,63	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,22	1,03	6,84
Веселий Поділ	3,17	3,25	0,96	0,01	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,17	0,19	7,74
Гадяч	3,40	2,96	1,32	0,01	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,40	0,80	8,89
Кобеляки	2,47	1,76	0,31	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,04	0,19	4,78
Полтава	2,32	2,39	1,03	0,01	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,37	0,48	6,59
Красноград	2,28	3,17	0,73	0,01	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,19	0,33	6,71
Коломак	1,76	2,07	0,62	0,01	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,37	0,22	5,04
Богодухів	3,06	3,52	0,93	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,19	0,33	8,03
Золочів	0,86	4,36	3,82	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,23	0,03	9,30
Приколотне	2,95	4,56	1,09	0,05	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,19	1,37	10,21
Лозова	2,51	2,97	0,44	0,01	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,37	0,39	6,68
Харків	3,01	3,06	0,64	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,42	0,44	7,58
Комсомольське	3,01	2,00	1,01	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,27	0,67	6,96
Купянськ	2,70	3,57	0,78	0,01	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,26	0,28	7,60
Мінімум	0,86	0,24	0,04	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,04	0,00	3,92
Максимум	3,85	4,56	3,82	0,05	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,42	1,37	10,21
Середнє	2,81	2,60	0,95	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,25	0,42	7,04

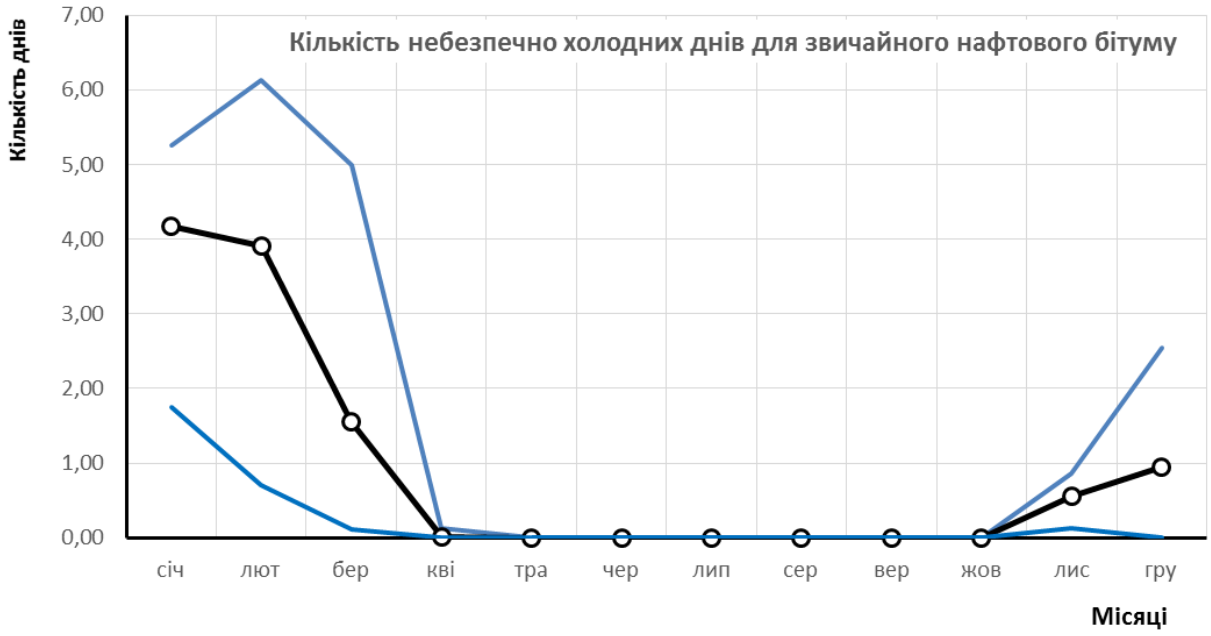

Рис. 4.6 Річний хід кількості небезпечно холодних днів у зоні автомобільної дороги Київ-Харків для одягу із звичайного дорожнього бітуму

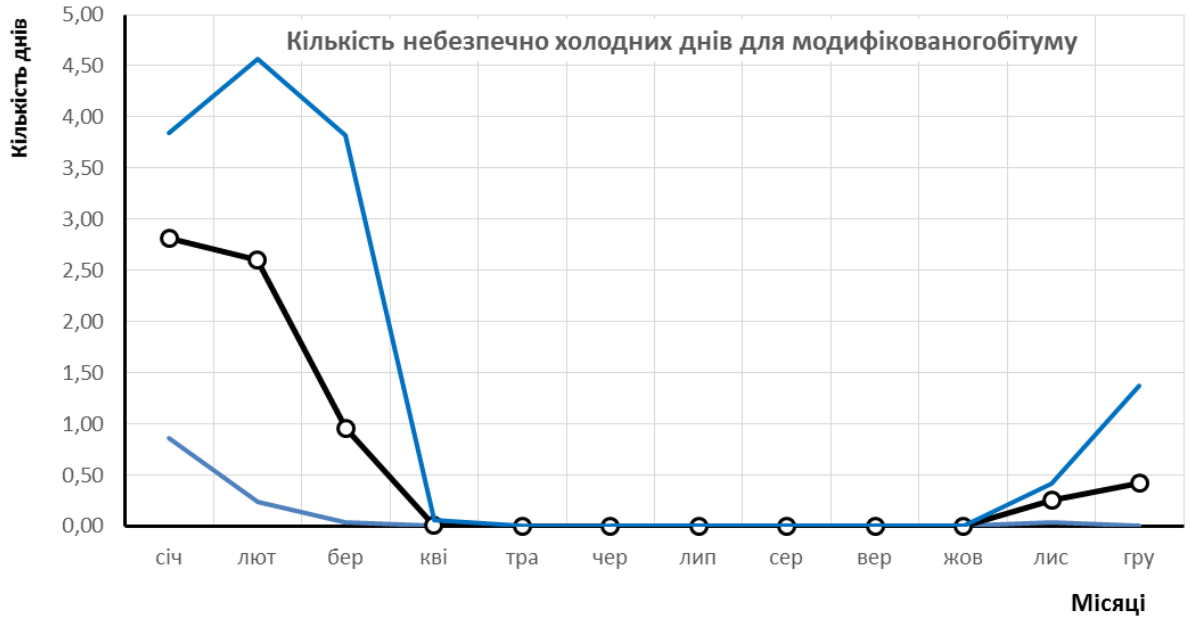

Рис. 4.7 Річний хід кількості небезпечно холодних днів у зоні автомобільної дороги Київ-Харків для одягу із полімермодифікованого бітуму

З таблиць 4.6, 4.7 та рисунків 4.6, 4.7 видно, що кількості небезпечно холодних днів на різних метеостанціях можуть відрізнятися у декілька разів. Для бітуму, модифікованого полімерами, ці кількості у 1,3…2 рази менші, ніж для звичайного нафтового бітуму. Найбільша кількість небезпечно холодних

днів спостерігається в лютому і дорівнює 6,2 дня для звичайного нафтового бітуму та 4,6 дня для модифікованого.

Значна територіальна мінливість отриманих даних спонукає до аналізу змін кількості небезпечно холодних днів уздовж траси дороги. Для цього використані сумарні річні кількості днів, які наведені в таблиці 4.8 для усіх 25 метеостанцій.

Таблиця 4.8

Зміни річної кількості небезпечно холодних днів уздовж траси дороги

№ п/п	*Метеостанція*	*Для звичайного нафтового бітуму*			*Для бітуму, модифікованого полімерами*		
1	Київ	11,78	11,43		7,99	7,74	
2	Вишгород	9,66	10,35		6,37	6,86	
3	Бориспіль	11,55	11,55		7,79	7,79	
4	Миронівка	10,10	12,11	11,30	6,30	7,73	7,34
5	Баришівка	10,53	10,39		6,65	6,55	
6	Канів	9,10	10,57		5,61	6,67	
7	Яготин	12,84	12,68		8,11	8,00	
9	Золотоноша	10,61	12,37		6,80	8,05	
11	Прилуки	11,63	10,58		7,34	6,59	
10	Гребінка	7,31	7,71	10,28	3,92	4,21	6,23
12	Лубни	10,29	10,39		6,15	6,22	
13	Лохвиця	11,45	10,36		6,84	6,06	
14	Веселий Поділ	11,78	12,26	11,99	7,74	8,09	7,70
15	Гадяч	13,95	11,73		8,89	7,31	
16	Кобеляки	8,09	9,44		4,78	5,74	
17	Полтава	10,97	10,87	10,27	6,59	6,51	6,18
18	Красноград	10,83	12,08		6,71	7,60	
19	Коломак	8,92	8,70		5,04	4,88	
8	Богодухів	12,58	11,56		8,03	7,31	
20	Золочів	13,28	12,39		9,30	8,66	
21	Приколотне	15,79	14,10		10,21	9,01	
22	Лозова	10,80	13,05	12,29	6,68	8,29	7,87
23	Харків	12,08	12,08		7,58	7,58	
24	Комсомольське	11,41	12,22		6,96	7,54	
25	Купянськ	11,85	10,61		7,60	6,71	

Для кожного виду бітуму в таблиці вказані сумарні річні кількості небезпечно холодних днів:

- обчислені за даними кожної метеостанції;
- відкориговані з урахуванням відстані від метеостанцій до дороги;
- осереднені по 100-кілометрових відрізках дороги.

Коригування даних метеостанцій з урахуванням їх віддаленості від дороги виконане за методикою підрозділу 3.3. Залежності наведених у таблиці 4.8 сумарних річних тривалостей небезпечно холодного періоду від координати відносно дороги (у поперечному напрямку) наведені на графіках рисунка 4.8.

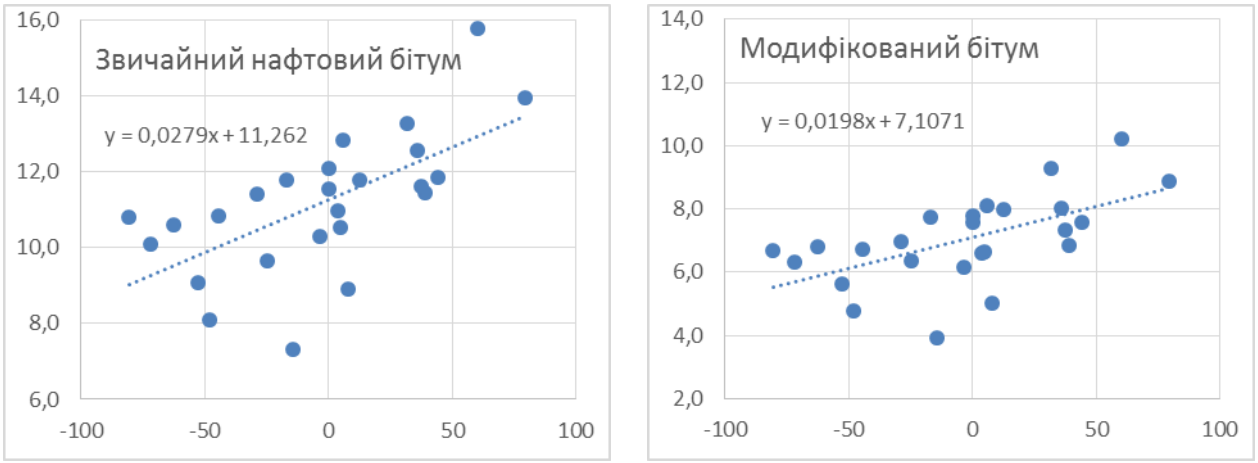

Рис. 4.8 Залежності сумарної річної тривалості небезпечно холодного періоду від координати упоперек дороги

За наведеними на рисунку рівняннями ліній тренду параметр кута нахилу лінії тренду для звичайного нафтового бітуму отриманий рівним 0,028, а для бітуму, модифікованого полімерами 0,020. Це вказує на те, що на метеостанціях, розміщених на північ від дороги Київ-Харків (додатні відстані від дороги), тривалість небезпечно холодного періоду є більшою, ніж на метеостанціях, розміщених південніше (від'ємні відстані від дороги) З урахуванням отриманих кутів нахилу за формулою (3.10) обчислені відкориговані значення тривалості небезпечно холодного періоду, які також наведені в таблиці 4.8.

За даними таблиці 4.8 збудований графік з рисунка 4.9, де показані зміни річної тривалості небезпечно холодного періоду уздовж траси дороги Київ − Харків. На графіку окремими точками зображені відкориговані (приведені до траси дороги) дані для окремих метеостанцій, а суцільною лінією – ті самі дані, осереднені для 100-кілометрових відрізків дороги. Верхній графік відображає кількість небезпечно холодних днів для дорожнього одягу, виконаного із звичайного нафтового бітуму, а нижній – для дорожнього одягу, виконаного із бітуму, модифікованого полімерами.

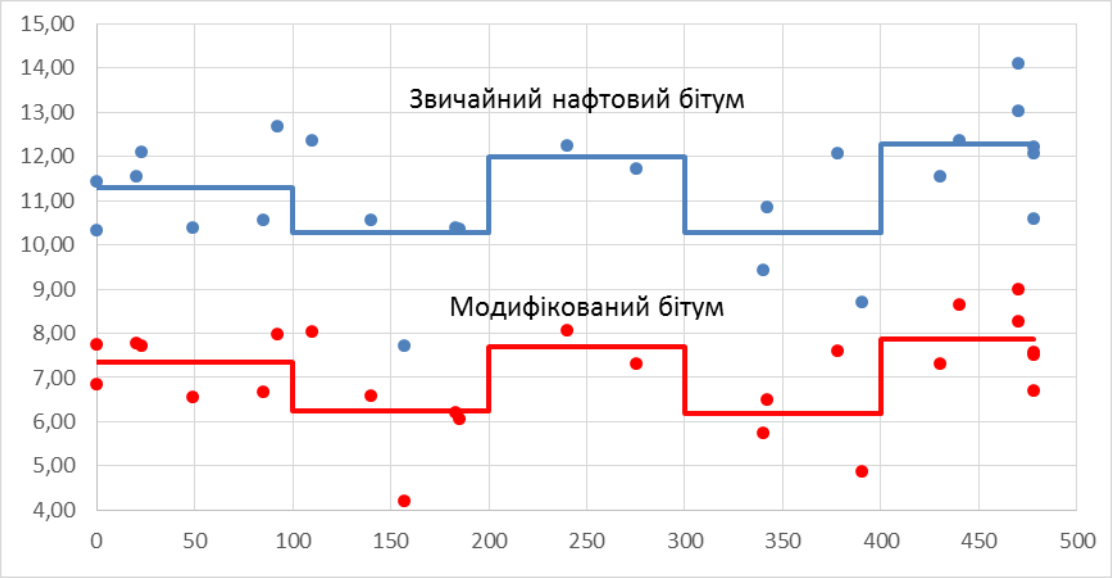

Рис. 4.9 Зміни річної тривалості небезпечно холодного періоду уздовж дороги

З наведених графіків видно, що тривалість небезпечно холодного періоду мало змінюється уздовж дороги. Не дивлячись на виконане осереднення, ці зміни носять в основному випадковий характер із зовсім незначним зростанням від Києва до Харкова. Така тенденція обумовлена висвітленим в [44] характером змін температури атмосферного повітря у вигляді зниження кліматичних температур з південного сходу на північний захід. Випадковий характер та зовсім мала інтенсивність виявлених змін дозволяє вважати тривалість небезпечно холодного періоду постійною для усієї автодороги Київ−Харків.

4.3 Тривалість небезпечно спекотного періоду

Тривалість небезпечно спекотного періоду, протягом якого утворюються напливи та колійність доріг унаслідок розм'якшення асфальтобетону, залежить від температури розм'якшення бітуму і визначається за формулами (3.5) і (3.6). При цьому для усіх метеостанцій враховані такі температури розм'якшення з таблиці 2.10: для звичайного нафтового бітуму +43°С, а для бітуму, модифікованого полімерами +52°С. Результати обчислень виконані в середовищі Microsoft Excel і усіх 25 метеостанцій наведені в додатку А та в таблицях 4.9 і 4.10.

Таблиця 4.9

Кількості небезпечно спекотних днів у зоні автомобільної дороги Київ-Харків для одягу із звичайного дорожнього бітуму

Назва метеостанцій	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	*Сума*
Київ	0,04	0,03	0,36	0,01	0,13	0,15	1,89	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	2,92
Вишгород	0,09	0,01	0,14	0,00	0,66	0,31	2,43	0,03	0,02	0,00	0,01	0,00	3,69
Бориспіль	0,07	0,04	0,07	0,00	0,73	0,98	2,32	0,44	0,08	0,00	0,01	0,00	4,73
Миронівка	0,04	0,01	0,04	0,02	0,98	2,28	3,84	0,56	0,12	0,00	0,00	0,00	7,89
Баришівка	0,03	0,02	0,07	0,00	0,67	1,81	2,11	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	4,79
Канів	0,01	0,04	0,02	0,01	0,44	0,62	3,66	0,14	0,04	0,00	0,00	0,00	4,98
Яготин	0,01	0,01	0,10	0,00	0,98	1,71	2,97	0,13	0,01	0,00	0,00	0,00	5,93
Золотоноша	0,02	0,03	0,00	0,02	0,42	1,91	2,91	0,18	0,09	0,00	0,00	0,00	5,61
Прилуки	0,03	0,01	0,06	0,00	1,42	1,90	1,10	0,13	0,00	0,00	0,01	0,00	4,66
Гребінка	0,00	0,00	0,01	0,00	0,37	2,98	1,01	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	4,58
Лубни	0,03	0,00	0,03	0,03	0,31	2,73	3,11	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	6,45
Лохвиця	0,01	0,00	0,02	0,00	0,21	3,36	2,38	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	6,01
Веселий Поділ	0,02	0,05	0,10	0,07	0,42	2,74	2,65	0,44	0,18	0,00	0,00	0,00	6,69
Гадяч	0,03	0,00	0,10	0,09	0,84	2,78	2,91	0,19	0,13	0,00	0,01	0,00	7,09
Кобеляки	0,01	0,00	0,01	0,04	0,45	2,84	4,04	0,82	0,20	0,00	0,00	0,00	8,43
Полтава	0,01	0,01	0,09	0,06	0,73	3,07	1,30	0,23	0,17	0,00	0,01	0,00	5,66
Красноград	0,01	0,02	0,03	0,08	0,90	4,30	3,85	0,86	0,28	0,00	0,00	0,00	10,3
Коломак	0,00	0,00	0,02	0,07	1,40	2,59	3,08	0,74	0,25	0,00	0,01	0,00	8,16
Богодухів	0,01	0,02	0,02	0,00	0,45	1,70	2,59	0,36	0,02	0,00	0,00	0,00	5,17
Золочів	0,00	0,10	0,46	0,00	0,26	1,22	0,82	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	3,53
Приколотне	0,00	0,06	0,01	0,25	1,50	3,00	3,26	1,08	0,02	0,00	0,00	0,00	9,19
Лозова	0,01	0,03	0,03	0,08	0,68	2,49	3,85	1,34	0,25	0,00	0,01	0,00	8,75
Харків	0,03	0,01	0,02	0,00	0,46	3,30	2,82	0,60	0,12	0,00	0,01	0,00	7,36
Комсомольське	0,03	0,00	0,09	0,05	0,75	3,98	3,93	1,07	0,09	0,00	0,00	0,00	9,99
Купянськ	0,02	0,03	0,04	0,17	1,91	2,15	3,12	1,28	0,02	0,00	0,00	0,00	8,75
Мінімум	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,15	0,82	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	2,92
Максимум	0,09	0,10	0,46	0,25	1,91	4,30	4,04	1,34	0,28	0,00	0,01	0,00	10,3
Середнє	0,02	0,02	0,08	0,04	0,72	2,28	2,72	0,48	0,08	0,00	0,00	0,00	6,45

Таблиця 4.10

Кількості небезпечно спекотних днів у зоні автомобільної дороги Київ-Харків для одягу із бітуму, модифікованого полімерами

Назва метеостанцій	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Сума
Київ	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21
Вишгород	0,01	0,00	0,02	0,00	0,03	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25
Бориспіль	0,01	0,00	0,01	0,00	0,04	0,03	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28
Миронівка	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,21	0,63	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,91
Баришівка	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	0,19	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45
Канів	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62
Яготин	0,00	0,00	0,01	0,00	0,07	0,12	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55
Золотоноша	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,16	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52
Прилуки	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,18	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40
Гребінка	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,44	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47
Лубни	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,39	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82
Лохвиця	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74
Веселий Поділ	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,35	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,61
Гадяч	0,00	0,00	0,01	0,00	0,05	0,40	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80
Кобеляки	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,37	0,62	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1,01
Полтава	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	0,50	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60
Красноград	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,95	0,46	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	1,48
Коломак	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,28	0,28	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,72
Богодухів	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,16	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46
Золочів	0,00	0,01	0,11	0,00	0,00	0,06	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21
Приколотне	0,00	0,01	0,00	0,02	0,17	0,40	0,40	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	1,02
Лозова	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,23	0,51	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,84
Харків	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,60	0,28	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92
Комсомольське	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,60	0,41	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	1,07
Купянськ	0,00	0,00	0,00	0,01	0,23	0,14	0,24	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66
Мінімум	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,14	0,24	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21
Максимум	0,00	0,00	0,01	0,01	0,23	0,60	0,41	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	1,48
Середнє	0,00	0,00	0,01	0,00	0,13	0,37	0,33	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67

На побудованих за даними таблиць 4.9 і 4.10 рисунках 4.10 і 4.11 наведені графіки річних змін найменшої, найбільшої та середньої тривалості небезпечно холодного періоду для дорожнього одягу, виготовленого на основі цих бітумів.

З таблиць 4.9, 4.10 та рисунків 4.10, 4.11 видно, що кількості небезпечно спекотних днів на різних метеостанціях можуть відрізнятися у 2…5 разів. Для модифікованого бітуму ці кількості можуть бути в 5…8 разів меншими, ніж для звичайного нафтового бітуму, що істотно поліпшує експлуатаційні можливості дороги в літній період. Найбільша кількість небезпечно спекотних днів

спостерігається в червні або в липні й дорівнює 4,3 дня для звичайного нафтового бітуму та 0,6 дня для модифікованого полімерами.

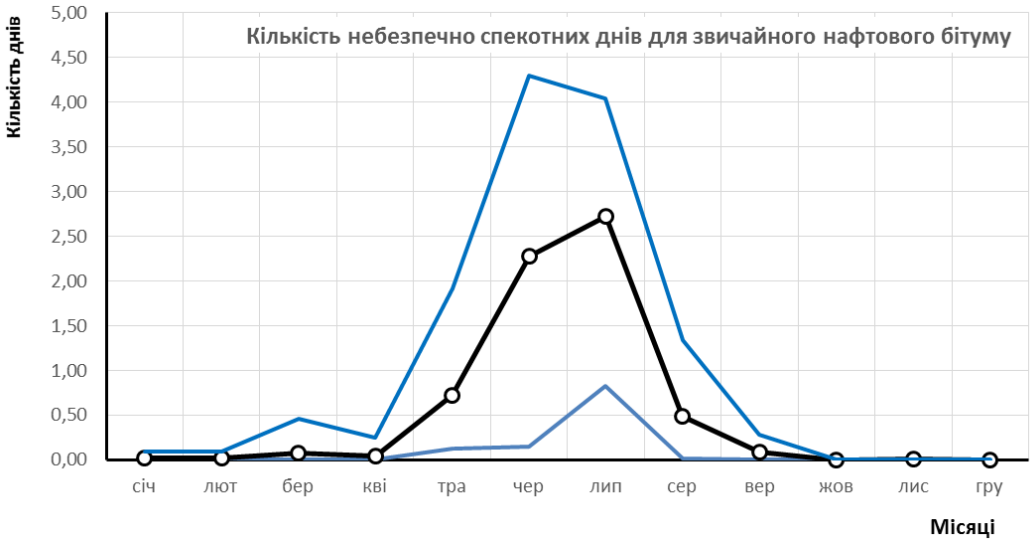

Рис. 4.10 Річний хід кількості небезпечно спекотних днів у зоні автомобільної дороги Київ-Харків для одягу із звичайного дорожнього бітуму

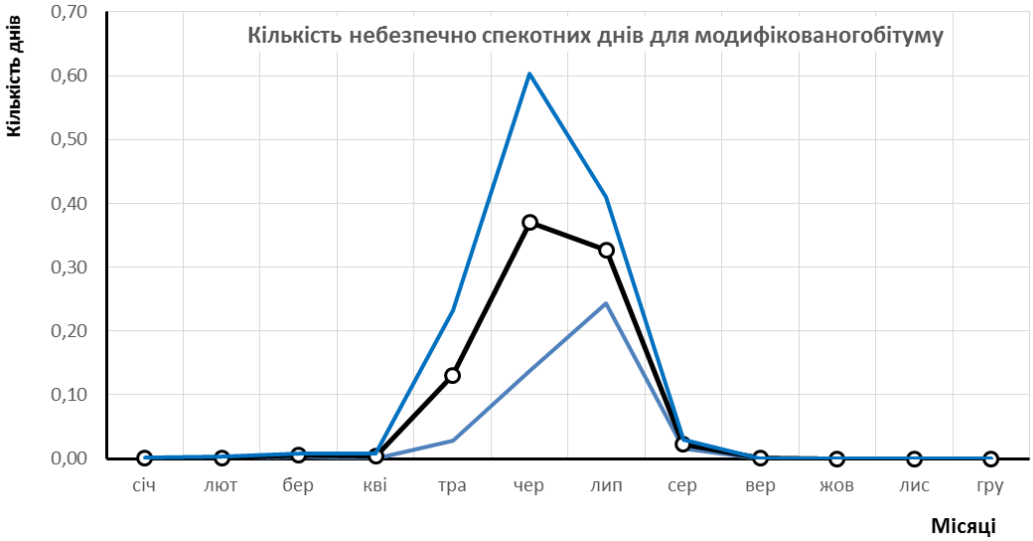

Рис. 4.11 Річний хід кількості небезпечно спекотних днів у зоні автомобільної дороги Київ-Харків для одягу із модифікованого бітуму

Як і для кількості небезпечно холодних днів, спостерігається значна територіальна мінливість отриманих даних, що вимагає проаналізувати зміни кількості небезпечно спекотних днів уздовж траси дороги. Для цього використані сумарні річні кількості днів, які наведені в таблиці 4.11 для усіх 25 метеостанцій.

Таблиця 4.11

Зміни річної кількості небезпечно спекотних днів уздовж траси дороги

№ п/п	*Метеостанція*	*Для звичайного нафтового бітуму*			*Для бітуму, модифікованого полімерами*		
1	Київ	2,92	3,04		0,21	0,24	
2	Вишгород	3,69	3,46		0,25	0,21	
3	Бориспіль	4,73	4,73		0,28	0,28	
4	Миронівка	7,89	7,22	4,82	0,91	0,78	0,44
5	Баришівка	4,79	4,84		0,45	0,46	
6	Канів	4,98	4,49		0,62	0,52	
7	Яготин	5,93	5,98		0,55	0,56	
9	Золотоноша	5,61	5,02		0,52	0,40	
11	Прилуки	4,66	5,01		0,40	0,47	
10	Гребінка	4,58	4,45	5,45	0,47	0,45	0,59
12	Лубни	6,45	6,42		0,82	0,81	
13	Лохвиця	6,01	6,37		0,74	0,81	
14	Веселий Поділ	6,69	6,53	7,17	0,61	0,58	0,76
15	Гадяч	7,09	7,82		0,80	0,95	
16	Кобеляки	8,43	7,98		1,01	0,93	
17	Полтава	5,66	5,70	7,96	0,60	0,60	0,92
18	Красноград	10,33	9,91		1,48	1,40	
19	Коломак	8,16	8,23		0,72	0,73	
8	Богодухів	5,17	5,51		0,46	0,53	
20	Золочів	3,53	3,82		0,21	0,27	
21	Приколотне	9,19	9,75		1,02	1,13	
22	Лозова	8,75	8,00	7,62	0,84	0,69	0,76
23	Харків	7,36	7,36		0,92	0,92	
24	Комсомольське	9,99	9,72		1,07	1,02	
25	Купянськ	8,75	9,16		0,66	0,74	

Для кожного виду бітуму в таблиці вказані сумарні річні кількості небезпечно спекотних днів:

- обчислені за даними кожної метеостанції;
- відкориговані з урахуванням відстані від метеостанцій до дороги;
- осереднені по 100-кілометрових відрізках дороги.

Коригування даних метеостанцій з урахуванням їх віддаленості від дороги виконане за методикою підрозділу 3.3. Залежності сумарних річних тривалостей небезпечно холодного періоду від координати відносно дороги (у поперечному напрямку) наведені на графіках рисунка 4.12.

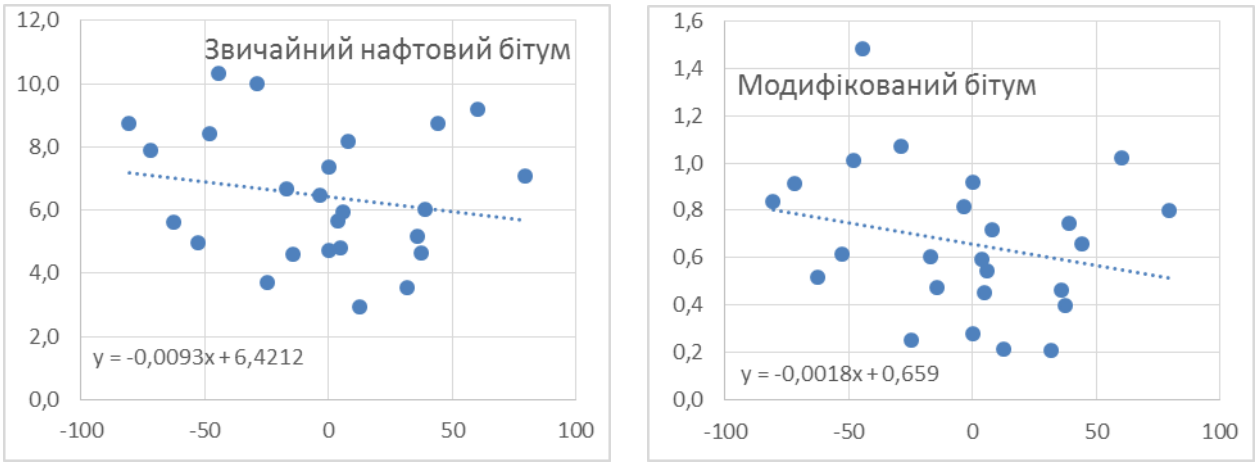

Рис. 4.12 Залежності сумарної річної тривалості небезпечно спекотного періоду від координати впоперек дороги

За наведеними на рисунку рівняннями ліній тренду параметр кута нахилу лінії тренду для звичайного нафтового бітуму отриманий рівним –0,0093, а для бітуму, модифікованого полімерами –0,0018. Це вказує на те, що на метеостанціях, розміщених на північ від дороги Київ-Харків (додатні відстані від дороги), тривалість небезпечно спекотного періоду є меншою, ніж на метеостанціях, розміщених південніше (від'ємні відстані від дороги). З урахуванням отриманих кутів нахилу за формулою (3.10) обчислені відкориговані значення тривалості небезпечно холодного періоду, які також наведені в таблиці 4.11.

За даними таблиці 4.11 побудовані графіки на рисунках 4.13 і 4.14, де показані зміни річної тривалості небезпечно спекотного періоду уздовж траси дороги Київ–Харків.

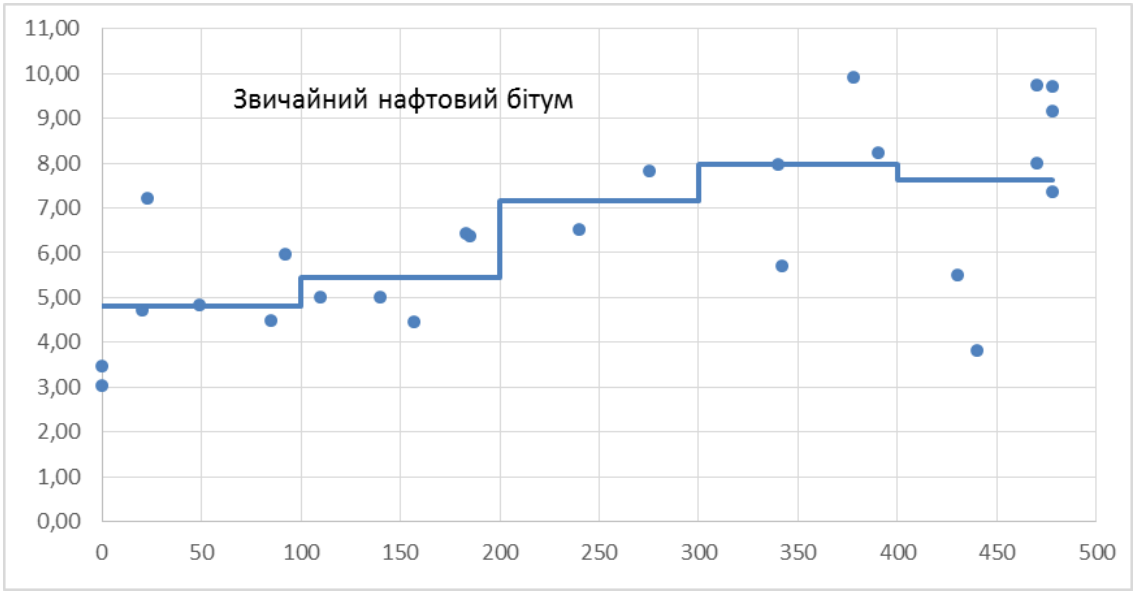

Рис. 4.13 Зміни уздовж дороги річної тривалості небезпечно спекотного періоду для звичайного нафтового бітуму

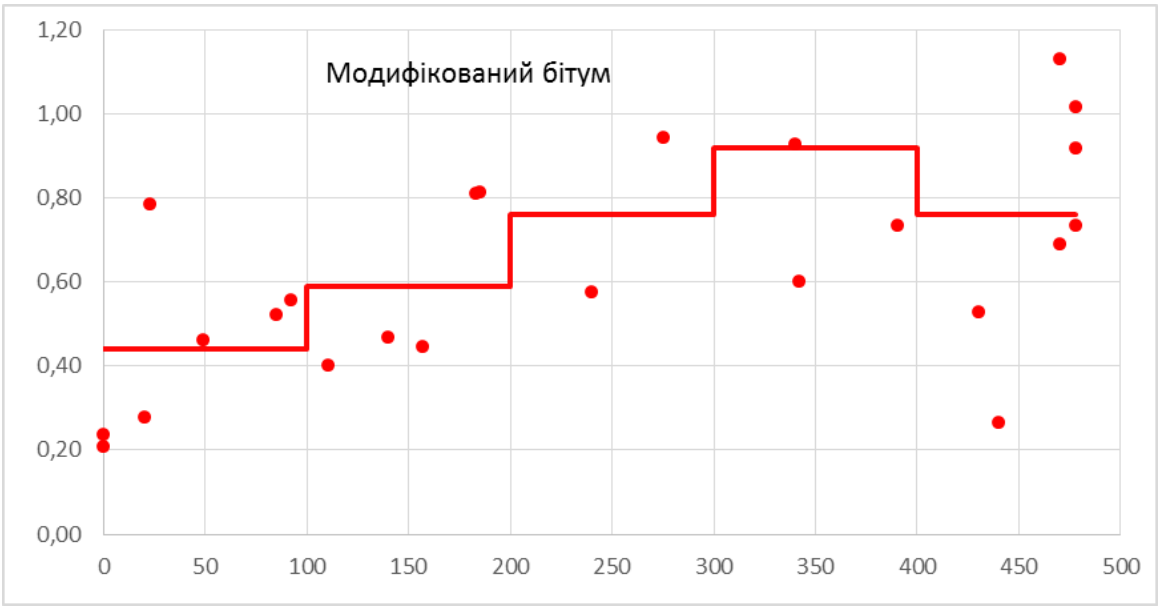

Рис. 4.14 Зміни уздовж дороги річної тривалості небезпечно спекотного періоду для бітуму, модифікованого полімерами

На графіках окремими точками зображені відкориговані (приведені до траси дороги) дані для окремих метеостанцій, а суцільною лінією – ті самі дані, осереднені для 100-кілометрових відрізків дороги. Рисунок 4.13 відображає кількість небезпечно спекотних днів для дорожнього одягу, виконаного із

звичайного нафтового бітуму, а рисунок 4.14 – для дорожнього одягу, виконаного із бітуму, модифікованого полімерами.

На рисунках 4.13 і 4.14 явно прослідковується зростання тривалості небезпечно спекотного періоду у напрямку від Києва до Харкова. Зміни для окремих метеостанцій (точки на графіках) носять в основному випадковий характер з помітним зростанням від Києва до Харкова. Тривалість небезпечно спекотного періоду, осереднена для 100-кілометрових відрізків дороги, досить систематично зростає у напрямку від Києва до Полтави, після чого дещо зменшується в районі Харкова. Різниця між найбільшим та найменшим осередненими значеннями складає 65% для дорожнього одягу із звичайного нафтового бітуму та 110% для бітуму, модифікованого полімерами.

Виявлена закономірність не дозволяє вважати тривалість небезпечно спекотного періоду постійною для усієї дороги і вимагає враховувати зміни кількості небезпечно спекотних днів при плануванні автомобільних перевезень на різних ділянках автомобільної дороги Київ-Харків.

4.4 Кількості днів з потенційною небезпекою утворення ожеледиці

Як було показано в розділі 1, ожеледиця на дорогах може утворюватися у результаті співпадіння двох основних факторів: наявності зволоження дороги атмосферними опадами у вигляді мокрого снігу, дощу, мряки чи туману та близької до нуля температури поверхні дороги (зазвичай в межах від –5°C до 0°C). При вищих температурах волога не замерзає на поверхні дороги, а при нижчих утворюється сніговий покрив, а не ожеледиця. Тому тривалість періоду, потенційно небезпечного з точки зору можливості утворення ожеледиці, визначається лише температурою поверхні дорожнього одягу і не залежить від марки використаного бітуму.

Кількість днів з потенційною небезпекою утворення ожеледиці в кожному з місяців року обчислена за формулою (3.7) з урахуванням статистичних характеристик температури поверхні дороги (3.2) і (3.3) для усіх 25

метеостанцій із зони автомобільної дороги Київ-Харків. Сумарна річна тривалість періодів з небезпекою утворення ожеледі визначена згідно з формулою (3.6). Результати обчислень для кожної метеостанції наведені в додатку А та зведені в таблиці 4.12 і на рисунку 4.15.

Таблиця 4.12

Кількості днів з потенційною небезпекою утворення ожеледиці на автомобільній дорозі Київ-Харків

Назва метеостанцій	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	*Сума*
Київ	4,08	4,18	3,11	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,07	5,07	20,85
Вишгород	3,83	4,52	3,12	0,12	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,38	3,36	18,36
Бориспіль	3,94	4,08	3,35	0,05	0,04	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	3,52	5,42	20,45
Миронівка	4,16	4,57	3,21	0,35	0,03	0,01	0,02	0,00	0,02	0,01	3,40	4,95	20,73
Баришівка	4,23	4,37	3,35	0,14	0,09	0,04	0,02	0,00	0,00	0,01	3,70	5,28	21,23
Канів	4,47	4,14	3,20	0,29	0,01	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	3,12	4,95	20,21
Яготин	4,52	4,63	3,42	0,25	0,06	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	3,74	5,20	21,83
Золотоноша	4,31	4,23	2,71	0,50	0,01	0,01	0,01	0,00	0,03	0,00	3,40	4,89	20,10
Прилуки	4,19	4,77	3,42	0,14	0,17	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	3,66	6,07	22,47
Гребінка	5,26	6,93	3,55	0,21	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	3,63	5,42	25,04
Лубни	4,29	5,23	3,54	0,74	0,01	0,04	0,02	0,00	0,00	0,01	3,63	5,42	22,91
Лохвиця	4,53	5,61	3,69	0,29	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	3,69	5,40	23,25
Веселий Поділ	4,34	4,01	3,23	0,68	0,00	0,02	0,00	0,00	0,04	0,03	3,28	5,77	21,41
Гадяч	4,21	4,91	3,42	0,89	0,03	0,04	0,01	0,00	0,06	0,05	3,70	5,51	22,83
Кобеляки	4,54	4,98	3,38	0,39	0,00	0,02	0,01	0,00	0,04	0,00	2,86	5,77	21,99
Полтава	4,72	4,74	3,32	0,76	0,04	0,05	0,00	0,00	0,04	0,03	3,59	5,83	23,13
Красноград	4,70	4,34	3,60	0,66	0,03	0,07	0,00	0,00	0,06	0,03	3,48	5,91	22,88
Коломак	4,98	5,14	3,66	0,69	0,06	0,01	0,00	0,00	0,07	0,01	3,59	6,01	24,23
Богодухів	4,51	4,41	3,92	0,11	0,03	0,02	0,01	0,00	0,01	0,21	3,89	6,63	23,75
Золочів	5,61	3,77	3,10	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	4,17	6,78	23,50
Приколотне	5,38	3,93	4,12	1,17	0,10	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	3,89	5,73	24,37
Лозова	4,56	4,29	3,21	0,65	0,02	0,01	0,01	0,00	0,07	0,18	3,59	6,16	22,73
Харків	4,30	4,51	3,72	0,37	0,03	0,08	0,00	0,00	0,07	0,11	3,77	6,34	23,30
Комсомольське	4,30	5,10	3,30	0,31	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,06	3,55	5,77	22,41
Купянськ	4,41	4,24	3,43	0,58	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	3,47	6,36	22,70
Мінімум	3,83	3,77	2,71	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,86	3,36	18,36
Максимум	5,61	6,93	4,12	1,17	0,17	0,08	0,02	0,00	0,07	0,21	4,17	6,78	25,04
Середнє	4,49	4,63	3,40	0,43	0,04	0,02	0,01	0,00	0,02	0,04	3,59	5,60	22,27

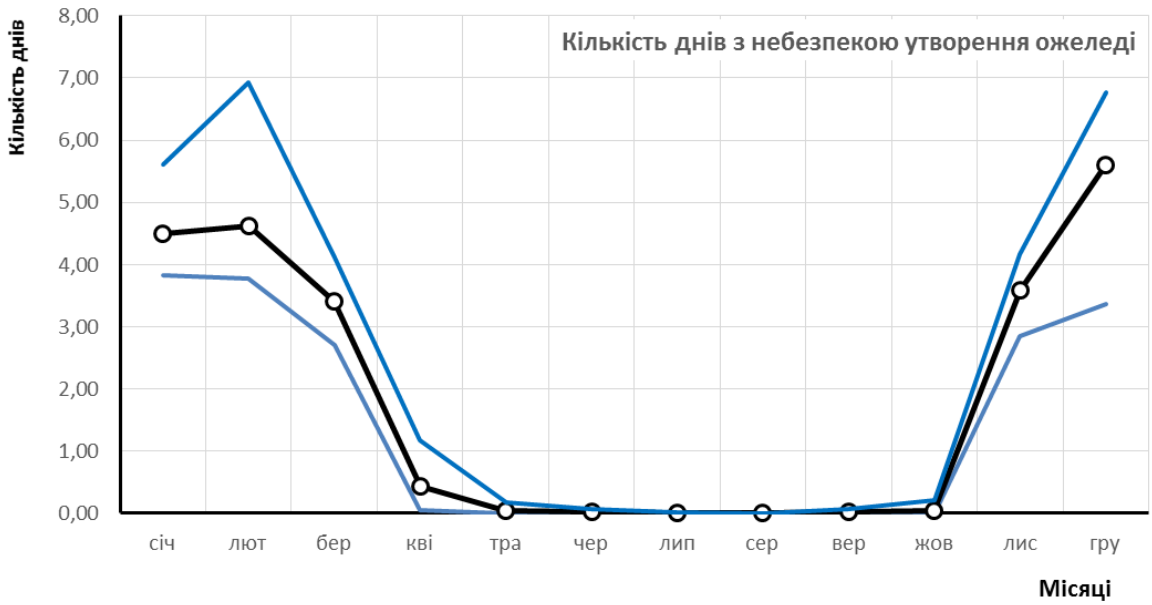

Рис. 4.15 Річний хід кількості днів з потенційною небезпекою утворення ожеледиці на автомобільній дорозі Київ-Харків

Враховуючи значну територіальну мінливість отриманих даних, виконане їх приведення до траси дороги та аналіз змін кількості уздовж дороги. Для цього використані сумарні річні кількості днів, які наведені в таблиці 4.12 для усіх 25 метеостанцій. В таблиці 4.13 вказані сумарні річні кількості днів з небезпекою утворення ожеледиці:

- обчислені за даними кожної метеостанції;
- відкориговані з урахуванням відстані від метеостанцій до дороги;
- осереднені по 100-кілометрових відрізках дороги.

Як і в попередніх підрозділах, коригування даних метеостанцій з урахуванням їх віддаленості від дороги виконане за методикою підрозділу 3.3. Залежності наведених у таблиці 4.13 сумарних річних тривалостей потенційно небезпечного періоду від координати відносно дороги у поперечному напрямку наведені на графіку з рисунка 4.16.

Таблиця 4.13

Зміни річної кількості днів з потенційною небезпекою утворення ожеледиці уздовж траси дороги

№ п/п	*Метеостанція*	*Початкова за даними метеостанцій*	*Відкоригована на відстань від дороги*	*Осереднена*
1	Київ	20,9	20,6	20,83
2	Вишгород	18,4	18,8	
3	Бориспіль	20,5	20,5	
4	Миронівка	20,7	21,9	
5	Баришівка	21,2	21,1	
6	Канів	20,2	21,1	
7	Яготин	21,8	21,7	
9	Золотоноша	20,1	21,2	22,77
11	Прилуки	22,5	21,8	
10	Гребінка	25,0	25,3	
12	Лубни	22,9	23,0	
13	Лохвиця	23,3	22,6	
14	Веселий Поділ	21,4	21,7	21,59
15	Гадяч	22,8	21,5	
16	Кобеляки	22,0	22,8	23,40
17	Полтава	23,1	23,1	
18	Красноград	22,9	23,6	
19	Коломак	24,2	24,1	
8	Богодухів	23,8	23,1	23,10
20	Золочів	23,5	23,0	
21	Приколотне	24,4	23,3	
22	Лозова	22,7	24,1	
23	Харків	23,3	23,3	
24	Комсомольське	22,4	22,9	
25	Купянськ	22,7	21,9	

За наведеним на рисунку рівнянням параметр кута нахилу лінії тренду д отриманий рівним –0,0093, а для бітуму, модифікованого полімерами 0,017. Це вказує на те, що на метеостанціях, розміщених на північ від дороги Київ − Харків (додатні відстані від дороги), тривалість періоду, небезпечно з

точки зору утворення ожеледиці більшою, ніж на метеостанціях, розміщених південніше (від'ємні відстані від дороги). З урахуванням отриманих кутів нахилу за формулою (3.10) обчислені відкориговані значення тривалості небезпечного періоду, які також наведені в таблиці 4.13 і відображені на рисунку 4.17.

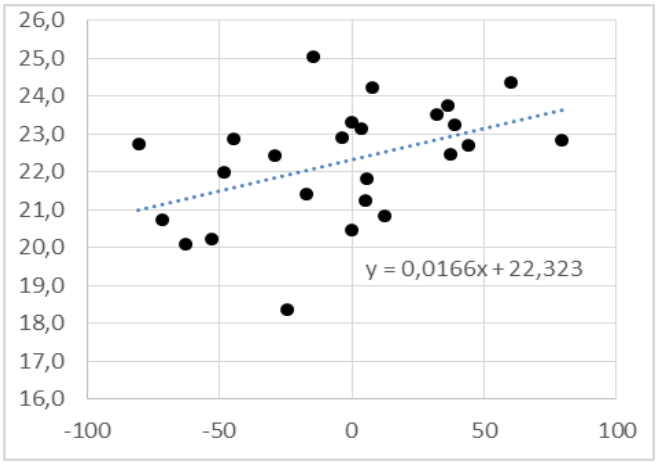

Рис. 4.16 Залежності кількості днів з потенційною небезпекою утворення ожеледиці від координати впоперек дороги

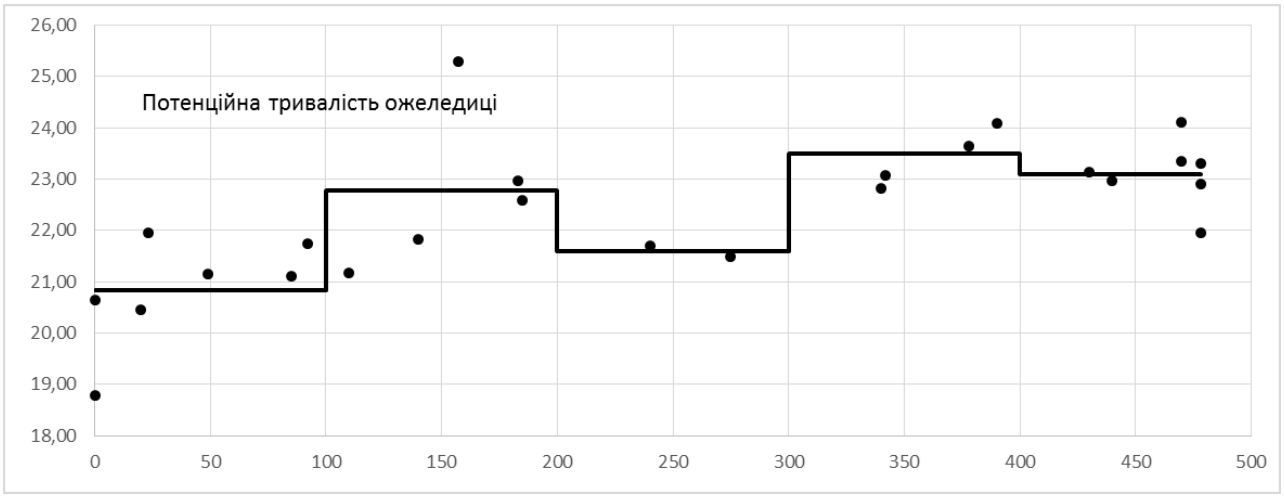

Рис. 4.17 Кількості днів з потенційною небезпекою утворення ожеледиці на дорозі Київ-Харків

На рисунку 4.17 прослідковується зростання тривалості періоду, небезпечного з точки зору утворення ожеледиці, у напрямку від Києва до

Харкова. Зміни для окремих метеостанцій (точки на графіках) носять дещо випадковий характер, але з помітним зростанням від Києва до Харкова. Тривалість небезпечного періоду, осереднена для 100-кілометрових відрізків дороги, систематично зростає у напрямку від Києва до, після чого стабілізується в районі Полтави та Харкова. Різниця між найбільшим та найменшим осередненими значеннями складає 12,5%, що дозволяє наближено вважати тривалість періоду, небезпечного з точки зору утворення ожеледиці, постійною для усієї дороги Київ − Харків.

4.5 Висновки з розділу

1. Для прогнозування параметрів температурного режиму дорожнього одягу на рівнинній місцевості використана база метеорологічних даних про середньомісячні температури повітря й поверхні ґрунту на двадцяти п’яти метеостанціях, розміщених уздовж автошляху Київ – Харків, яка створена в середовищі Microsoft Excel, описана в розділі 2 та наведена в додатку А.
2. За методикою розділу 3 та даними 25 метеостанцій, розміщених уздовж автошляху Київ – Харків, визначені математичні сподівання та стандарти температури поверхні дороги та показники температурного режиму експлуатації дорожнього одягу у вигляді місячних і сумарних річних значень тривалості небезпечно холодного та небезпечно спекотного періодів для двох видів асфальтобетону: на основі звичайного нафтового дорожнього бітуму, марка якого відповідає кліматичному району розміщення дороги, та на основі бітуму, модифікованого полімерами.

3. Місячні тривалості небезпечно холодних і небезпечно спекотних періодів на усіх досліджених метеостанціях змінюються протягом року за подібними закономірностями, але мають істотні чисельні відмінності. Річні кількості небезпечно холодних днів мало змінюються уздовж дороги, а кількості небезпечно спекотних днів систематично зростають від Києва до Полтави.
4. Для дорожнього одягу на основі бітуму, модифікованого полімерами, кількості небезпечно холодних днів менші, ніж для одягу на основі звичайного нафтового бітуму, в 1,3…2 рази, а кількості небезпечно спекотних днів – у 5…8 разів. Отже, використання модифікованого бітуму істотно підвищує надійність і довговічність дорожнього одягу.
5. Обчислені за даними тих же 25 метеостанцій тривалості періодів, потенційно небезпечних з точки зору утворення ожеледиці, можуть сягати 25 днів на рік, а їх тривалість зростає у напрямку від Києва до Харкова приблизно на 12%.
6. Для практичного використання при плануванні автомобільних перевезень з урахуванням заборони руху великовагового транспорту під час небезпечно холодних і небезпечно спекотних періодів необхідно узагальнити отримані результати з урахуванням випадкової мінливості по території та систематичних змін уздовж траси автомобільної дороги.

Розділ 5
ВИКОРИСТАННЯ ПОКАЗНИКІВ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

5.1 Узагальнення й нормування показників температурного режиму експлуатації дорожнього одягу автодороги Київ-Харків

У попередньому розділі за даними 25 найближчих метеостанцій отримані основні показники температурного режиму експлуатації дорожнього одягу автомобільної дороги Київ-Харків для усіх місяців та для року в цілому:

- тривалість небезпечно холодного періоду для дорожнього одягу із звичайного нафтового бітуму та з бітуму, модифікованого полімерами;
- тривалість небезпечно спекотного періоду для дорожнього одягу із звичайного нафтового бітуму та з бітуму, модифікованого полімерами;
- тривалість періоду, потенційно небезпечного для утворення ожеледиці.

Аналіз зміни цих показників уздовж дороги та протягом року показав, що при наявності значних числових відмінностей характер річних їх змін є досить близьким для усіх проаналізованих метеостанцій, а сумарні річні значення є більш стабільними, ніж місячні значення. З метою узагальнення показників температурного режиму за даними кожної метеостанції обчислені річні функції відносних показників як результат ділення місячних значень на сумарне річне значення відповідного показника за формулою:

$$t_{oi} = T_{oi} / T_{op} \qquad (5.1)$$

де T_{oi} – тривалість небезпечного періоду для і-того місяці року;

T_{op} – сумарна річна тривалість небезпечного періоду.

В якості прикладу в таблиці 5.1 наведені відносні значення тривалості періоду з небезпекою утворення ожеледиці, обчислені за (5.1) для усіх врахованих метеостанцій.

Таблиця 5.1

Відносні значення тривалості періоду з небезпекою утворення ожеледиці на метеостанціях в зоні автомобільної дороги Київ-Харків

Назва метеостанцій	1	2	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*
Київ	0,196	0,201	0,149	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,195	0,243
Вишгород	0,209	0,246	0,170	0,007	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,184	0,183
Бориспіль	0,193	0,199	0,164	0,002	0,002	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,172	0,265
Миронівка	0,201	0,221	0,155	0,017	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,164	0,239
Баришівка	0,199	0,206	0,158	0,007	0,004	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,174	0,249
Канів	0,221	0,205	0,158	0,014	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,154	0,245
Яготин	0,207	0,212	0,157	0,012	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,171	0,238
Золотоноша	0,214	0,211	0,135	0,025	0,001	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,169	0,243
Прилуки	0,187	0,212	0,152	0,006	0,008	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,163	0,270
Гребінка	0,210	0,277	0,142	0,008	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,145	0,216
Лубни	0,187	0,228	0,155	0,032	0,000	0,002	0,001	0,000	0,000	0,000	0,158	0,236
Лохвиця	0,195	0,241	0,159	0,013	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,159	0,232
Веселий Поділ	0,203	0,187	0,151	0,032	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,001	0,153	0,270
Гадяч	0,184	0,215	0,150	0,039	0,001	0,002	0,000	0,000	0,003	0,002	0,162	0,241
Кобеляки	0,207	0,226	0,154	0,018	0,000	0,001	0,000	0,000	0,002	0,000	0,130	0,263
Полтава	0,204	0,205	0,144	0,033	0,002	0,002	0,000	0,000	0,002	0,001	0,155	0,252
Красноград	0,205	0,190	0,157	0,029	0,001	0,003	0,000	0,000	0,003	0,001	0,152	0,258
Коломак	0,205	0,212	0,151	0,029	0,003	0,000	0,000	0,000	0,003	0,001	0,148	0,248
Богодухів	0,190	0,186	0,165	0,005	0,001	0,001	0,000	0,000	0,001	0,009	0,164	0,279
Золочів	0,239	0,161	0,132	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,177	0,288
Приколотне	0,221	0,161	0,169	0,048	0,004	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,160	0,235
Лозова	0,200	0,189	0,141	0,028	0,001	0,000	0,000	0,000	0,003	0,008	0,158	0,271
Харків	0,185	0,193	0,160	0,016	0,001	0,003	0,000	0,000	0,003	0,005	0,162	0,272
Комсомольське	0,192	0,228	0,147	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,158	0,257
Купянськ	0,194	0,187	0,151	0,026	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,153	0,280
Мінімум	0,184	0,161	0,132	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,130	0,183
Максимум	0,239	0,277	0,170	0,048	0,008	0,003	0,001	0,000	0,003	0,009	0,195	0,288
Середнє	0,202	0,208	0,153	0,019	0,002	0,001	0,000	0,000	0,001	0,002	0,162	0,251

На побудованому за даними таблиці 5.1 рисунку 5.1 зображені річні зміни мінімального, максимального та середнього значення відносної тривалості періоду з небезпекою утворення ожеледиці. Порівняно невеликий розкид графіків дозволяє представити усі функції з таблиці 5.1 функцією середнього значення, наведеною в останньому рядку таблиці.

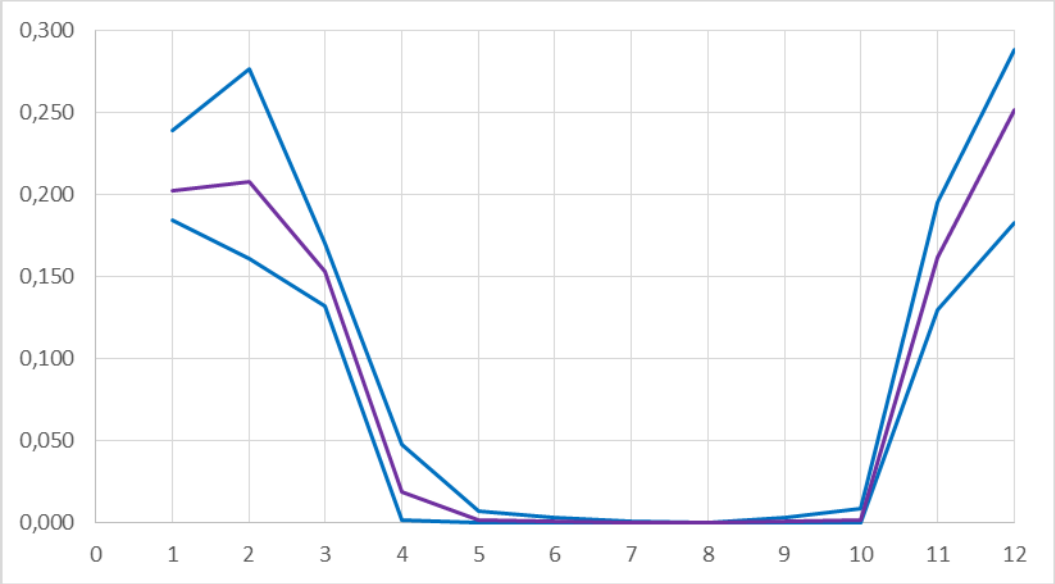

Рис. 5.1 Межі зміни річних функцій відносної тривалості періоду з небезпекою утворення ожеледиці

Аналогічним чином обчислені відносні тривалості небезпечно холодних та небезпечно спекотних днів для дорожнього одягу на основі обох видів бітуму. За результатами обчислень для усіх метеостанцій встановлені середні значення для кожного виду бітуму. Аналіз показав, що відносні значення відповідних характеристик температурного режиму для обох видів бітуму є дуже близькими, що дозволило в якості остаточного результату прийняти середні значення річних функцій показників температурного режиму, наведені в таблиці 5.2 і на рисунку 5.2.

Таблиця 5.2

Осереднені відносні значення тривалості небезпечних періодів
у зоні автомобільної дороги Київ-Харків

Показники	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Відносна тривалість холодного періоду	0,397	0,353	0,132	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,044	0,072
Відносна тривалість спекотного періоду	0,005	0,005	0,030	0,004	0,098	0,370	0,441	0,041	0,007	0,000	0,000	0,000
Відносна тривалість спекотного періоду	0,202	0,208	0,153	0,019	0,002	0,001	0,000	0,000	0,001	0,002	0,162	0,251

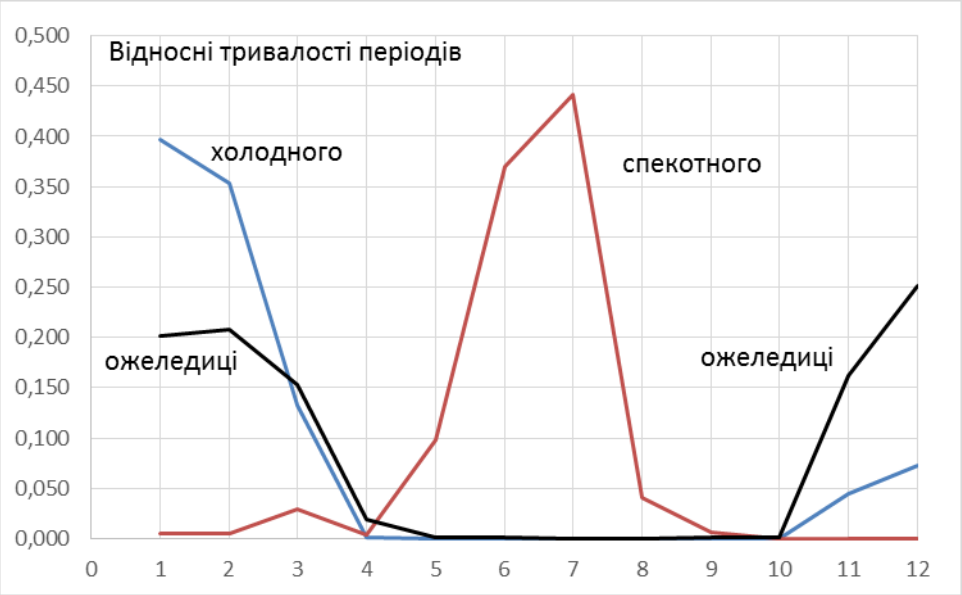

Рис. 5.2 Річні функції відносної тривалості небезпечних періодів

Як видно з таблиці й рисунка, найбільша тривалість небезпечно холодного періоду реалізується в січні-лютому, небезпечно спекотного періоду в червні-липні, а періоду з небезпекою ожеледі – в грудні-лютому. Саме протягом цих місяців виникає небезпека руйнування дорожнього одягу чи підвищеної аварійності та необхідність обмеження дорожнього руху.

Зміни показників температурного режиму дорожнього одягу уздовж траси досліджені та описані у розділі 4, результати якого зведені в таблицю 5.3. Графічне зображення даних таблиці 5.3 у вигляді ступінчатих функцій наведене на рисунках 4.9, 4.13, 4.14 і 4.17.

Таблиця 5.3

Зміни показників температурного режиму дорожнього одягу уздовж траси автомобільної дороги Київ-Харків

Показники температурного режиму (днів на рік)	Ділянки дороги (в кілометрах від Києва				
	0 –100	100 – 200	200 – 300	300 – 400	400 –478
Тривалість небезпечно холодного періоду для звичайного нафтового бітуму	11,30	10,28	11,99	10,27	12,29
Тривалість небезпечно спекотного періоду для звичайного нафтового бітуму	4,82	5,45	7,17	7,96	7,62
Тривалість небезпечно холодного періоду для модифікованого бітуму	7,34	6,23	7,70	6,18	7,87
Тривалість небезпечно спекотного періоду для модифікованого бітуму	0,44	0,59	0,76	0,92	0,76
Тривалість періоду з небезпекою утворення ожеледі	20,83	22,77	21,59	23,50	23,10

Порядок використання узагальнених даних проілюструємо прикладом прогнозування таких параметрів температурного режиму:

- кількість небезпечно холодних днів у січні для одягу із звичайного нафтового бітуму;
- кількість небезпечно спекотних днів у липні для одягу із звичайного нафтового бітуму;
- кількість днів з небезпекою утворення ожеледі в січні.

Прогнозні значення кожного з цих параметрів обчислені шляхом множення сумарного річного показника для відповідної ділянки дороги з таблиці 5.3 на його відносну тривалість для обраного місяця року з таблиці 5.2. Так наприклад, тривалість небезпечно холодного періоду у січні для одягу із звичайного нафтового бітуму в районі м. Полтава (342 км дороги) дорівнює 10,27×0,397 = 4,1 дня, тривалість небезпечно спекотного періоду в липні дорівнює 7,96×0,441 = 3,5 дня, тривалість періоду з небезпекою утворення ожеледі в січні – 23,50×0,202 = 4,7 дня. Встановлені таким же чином тривалості перелічених вище небезпечних періодів на усій протяжності дороги наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4

Тривалості небезпечних періодів для автомобільної дороги Київ-Харків

Показники температурного режиму (днів на рік)	Ділянки дороги (в кілометрах від Києва				
	0 –100	100 – 200	200 – 300	300 – 400	400 –478
Тривалість небезпечно холодного періоду для звичайного нафтового бітуму в січні	4,49	4,08	4,76	4,08	4,88
Тривалість небезпечно спекотного періоду для звичайного нафтового бітуму в липні	2,13	2,40	3,16	3,51	3,36
Тривалість періоду з небезпекою утворення ожеледі в січні	4,21	4,60	4,36	4,75	4,67

На рисунках 5.3, 5.4 і 5.5 наведені прогнозні значення показників температурного режиму з таблиці 5.4 у порівнянні з фактичними значеннями з таблиць 4.6, 4.9 і 4.12 для усіх 25 метеостанцій, розміщених у зоні автомобільної дороги Київ-Харків. Прогнозні значення тривалості небезпечних періодів зображені суцільними лініями, а фактичні значення для усіх метеостанцій – точками, відкладеними у тому ж масштабі по довжині дороги та по кількості небезпечних днів.

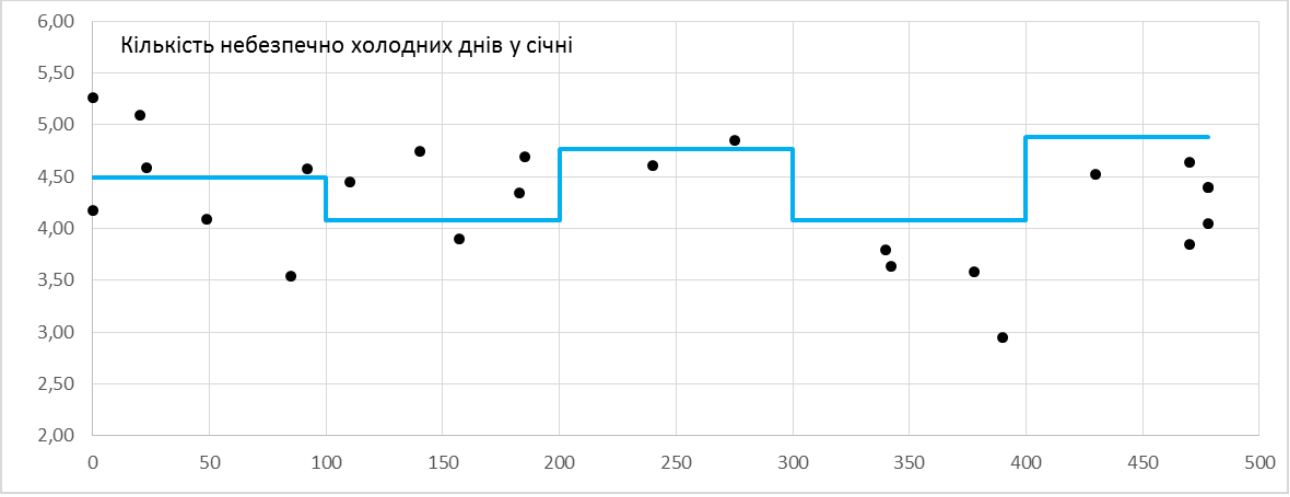

Рис. 5.3 Прогноз кількості небезпечно холодних днів у січні на дорозі Київ-Харків для одягу із звичайного нафтового бітуму

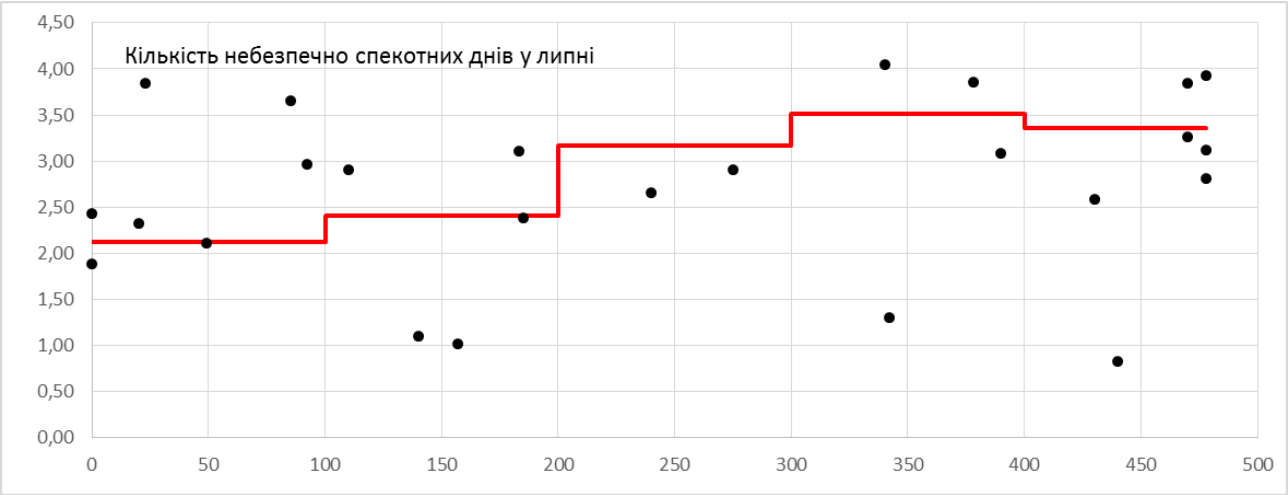

Рис. 5.4 Прогноз кількості небезпечно спекотних днів у липні на дорозі Київ-Харків для одягу із звичайного нафтового бітуму

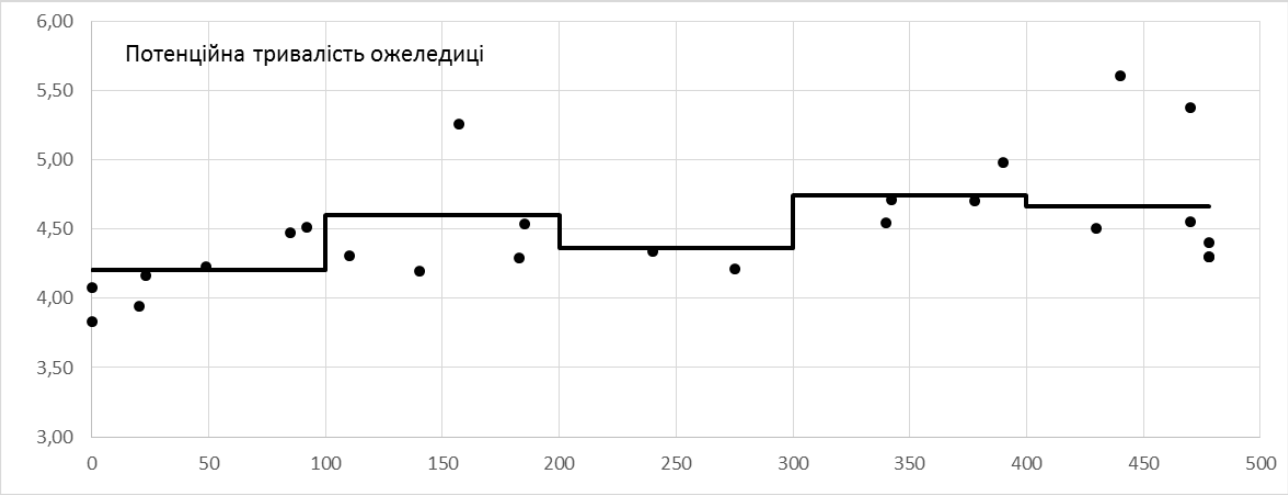

Рис. 5.5 Прогноз кількості днів з потенційною небезпекою утворення ожеледі в січні на дорозі Київ-Харків

З наведених графіків видно, що дані окремих метеостанцій мають значний розкид, обумовлений як природною географічною мінливістю досліджених показників, так і випадковими похибками метеорологічних спостережень. Прогнозні лінії в цілому правильно відображають зміни проаналізованих показників (тривалості небезпечних періодів) уздовж дороги в середньому.

5.2 Рекомендації щодо урахування температурного режиму експлуатації автомобільної дороги Київ-Харків

Розроблена в попередньому підрозділі методика дає змогу прогнозувати тривалості небезпечних для дорожнього одягу періодів у заданому місяці року на певному відрізку дороги Київ-Харків. Для цього сумарні річні значення тривалості небезпечного періоду для відповідної ділянки дороги з таблиці 5.3 слід перемножити на відносну тривалість небезпечного періоду в обраному місяці року з таблиці 5.2. З метою спрощення практичного використання отриманих результатів обчислені й наведені в таблицях 5.5…5.9 місячні тривалості таких небезпечних періодів:

- кількість небезпечно холодних днів для дорожнього одягу на основі звичайного нафтового бітуму – таблиця 5.5;
- кількість небезпечно спекотних днів для дорожнього одягу на основі звичайного нафтового бітуму – таблиця 5.6;
- кількість небезпечно холодних днів для дорожнього одягу на основі бітуму, модифікованого полімерами – таблиця 5.7;
- кількість небезпечно спекотних днів для дорожнього одягу на основі бітуму, модифікованого полімерами – таблиця 5.8;
- кількість днів з небезпекою утворення ожеледиці – таблиця 5.9.

В таблицях 5.5…5.9 не наведені результати розрахунків для тих місяців, протягом яких спостерігається незначна тривалість небезпечних періодів. Сумарна тривалість небезпечних періодів протягом відкинутих місяців не перевищує 5% річної тривалості, яка також вказана в таблицях 5.5…5.9. Такий підхід істотно спрощує користування таблицями результатів за рахунок їх компактності, але не впливає на планування автомобільних перевезень з урахуванням обмеження руку транспорту під час небезпечних періодів. Тривалість цих періодів протягом місяців, не вказаних у таблицях 5.5…5.9, слід вважати рівною нулю.

Таблиця 5.5

Прогнозні тривалості небезпечно холодного періоду для автомобільної дороги Київ-Харків при використанні звичайного нафтового бітуму

Місяці року	Ділянки дороги (в кілометрах від Києва				
	0 –100	100 – 200	200 – 300	300 – 400	400 –478
Січень	4,48	4,08	4,76	4,07	4,88
Лютий	3,99	3,63	4,24	3,63	4,34
Березень	1,50	1,36	1,59	1,36	1,63
Грудень	0,82	0,74	0,87	0,74	0,89
Усього протягом року	10,79	9,82	11,45	9,81	11,74

Таблиця 5.6

Прогнозні тривалості небезпечно спекотного періоду для автомобільної дороги Київ-Харків при використанні звичайного нафтового бітуму

Місяці року	Ділянки дороги (в кілометрах від Києва				
	0 –100	100 – 200	200 – 300	300 – 400	400 –478
Травень	0,47	0,53	0,70	0,78	0,75
Червень	1,78	2,01	2,65	2,94	2,82
Липень	2,13	2,41	3,16	3,51	3,36
Серпень	0,20	0,22	0,29	0,32	0,31
Усього протягом року	4,82	5,45	7,17	7,96	7,62

Таблиця 5.7

Прогнозні тривалості небезпечно холодного періоду для автомобільної дороги Київ-Харків при використанні бітуму, модифікованого полімерами

Місяці року	Ділянки дороги (в кілометрах від Києва				
	0 –100	100 – 200	200 – 300	300 – 400	400 –478
Січень	2,91	2,47	3,06	2,45	3,12
Лютий	2,59	2,20	2,72	2,18	2,78
Березень	0,97	0,83	1,02	0,82	1,04
Грудень	0,53	0,45	0,56	0,45	0,57
Усього протягом року	7,34	6,23	7,70	6,18	7,87

Таблиця 5.8

Прогнозні тривалості небезпечно спекотного періоду для автомобільної дороги Київ-Харків при використанні бітуму, модифікованого полімерами

Місяці року	Ділянки дороги (в кілометрах від Києва				
	0 –100	100 – 200	200 – 300	300 – 400	400 –478
Травень	0,04	0,06	0,07	0,09	0,07
Червень	0,16	0,22	0,28	0,34	0,28
Липень	0,19	0,26	0,34	0,41	0,34
Серпень	0,02	0,02	0,03	0,04	0,03
Усього протягом року	0,42	0,56	0,72	0,87	0,72

Таблиця 5.9

Прогнозні тривалості періоду з потенційною небезпечно утворення ожеледиці для автомобільної дороги Київ-Харків

Місяці року	Ділянки дороги (в кілометрах від Києва				
	0 –100	100 – 200	200 – 300	300 – 400	400 –478
Січень	4,21	4,60	4,36	4,74	4,66
Лютий	4,33	4,73	4,49	4,89	4,80
Березень	3,19	3,48	3,30	3,60	3,53
Листопад	3,37	3,68	3,49	3,80	3,74
Грудень	5,23	5,71	5,42	5,90	5,80
Усього протягом року	20,32	22,21	21,06	22,92	22,53

Наведені таблиці дозволяють легко визначити тривалості небезпечних періодів для будь-якого місяця року та будь-якого відрізка автомобільної дороги Київ-Харків. Так наприклад, визначені за таблицями 3.5, 3.6 і 3.9 тривалість небезпечно холодного періоду у січні для одягу із звичайного нафтового бітуму в районі м. Полтава (342 кілометр дороги), тривалість небезпечно спекотного періоду в липні та тривалість періоду з небезпекою утворення ожеледі в січні співпадають з обчисленими в підрозділі 5.1.

При помісячному плануванні автомобільних перевезень дорогою Київ-Харків з урахуванням можливої заборони руху внаслідок несприятливих кліматичних умов місячні кількості робочих днів слід зменшувати на значення,

вказані в таблицях 5.5…5.9. В якості кількості несприятливих днів слід обирати за таблицями найбільші значення уздовж запланованого маршруту перевезень.

5.3 Порівняння температурного режиму експлуатації автомобільних доріг на рівнинній та гірській місцевості

У результаті проведених досліджень отримані статистичні характеристики температури дорожнього одягу та кількості небезпечних днів за даними 25 метеостанцій, розміщених на рівнинній місцевості в зоні автомобільної дороги Київ-Харків та 28 метеостанцій, розміщених в Карпатському регіоні. Оскільки практично корисними підсумковими параметрами температурного режиму експлуатації дорожнього одягу є кількості небезпечних днів, за результатами досліджень сформовані таблиці 5.10, 5.11 і 5.12, кожна з яких містить такі дані:

- назва метеостанції;
- висота над рівнем моря H в метрах;

$T_{ХРН}$ – річна кількість небезпечно холодних днів для дорожнього одягу на основі звичайного нафтового бітуму;

$T_{ХРМ}$ – річна кількість небезпечно холодних днів для дорожнього одягу на основі бітуму, модифікованого полімерами;

$T_{СРН}$ – річна кількість небезпечно спекотних днів для дорожнього одягу на основі звичайного нафтового бітуму;

$T_{СРМ}$ – річна кількість небезпечно спекотних днів для дорожнього одягу на основі бітуму, модифікованого полімерами;

$T_{ОР}$ – річна кількість днів з небезпекою утворення ожеледиці.

Дані метеостанцій Карпатського регіону розділені на дві таблиці. Таблиця 5.10 містить дані семи високогірних метеостанцій, розміщених на висоті понад 500 м над рівнем моря (531…1451 м, середнє значення – 839 м). Таблиця 5.11 містить дані метеостанцій, розміщених на території Карпатського регіону, але на менших висотах (113…486 м, середнє значення – 279 м).

У таблиці 5.12 наведена інформація для метеостанцій, розташованих на рівнинній території східної частини України уздовж автомобільної дороги Київ-Харків. Вони розміщені на висотах 87…213 м при середньому значенні 138 м.

Таблиця 5.10

Тривалості небезпечних періодів в гірській місцевості Карпатського регіону

Метеостанція	Н, м	$T_{ХРН}$	$T_{ХРМ}$	$T_{СРН}$	$T_{СРМ}$	$T_{ОР}$
Нижній студений	615	6,973	3,996	0,063	0,000	24,822
Плай	1330	4,044	1,816	0,169	0,007	34,152
Пожежевська	1451	6,894	3,406	0,010	0,000	36,389
Яремча	531	7,400	4,493	0,611	0,017	21,158
Славськ	592	7,571	4,506	0,196	0,003	26,624
Турка	594	7,496	4,485	0,406	0,011	22,878
Селятин	762	7,631	4,051	0,025	0,001	29,884
Мінімум	531	4,044	1,816	0,010	0,000	21,158
Максимум	1451	7,631	4,506	0,611	0,017	36,389
Середнє	839	6,858	3,822	0,211	0,006	27,987

Таблиця 5.11

Тривалості небезпечних періодів в рівнинній місцевості Карпатського регіону

Метеостанція	Н, м	$T_{ХРН}$	$T_{ХРМ}$	$T_{СРН}$	$T_{СРМ}$	$T_{ОР}$
Берегове	113	3,329	1,852	4,845	0,521	13,560
Великий Березний	205	5,356	3,234	1,209	0,037	15,443
Міжгіря	456	5,193	2,880	0,199	0,002	20,075
Нижні ворота	486	3,166	1,614	1,399	0,130	22,004
Рахів	430	4,128	2,361	1,976	0,095	18,456
Ужгород	115	4,896	2,928	4,175	0,230	14,213
Хуст	164	3,538	1,856	2,197	0,072	16,549
Долина	470	6,295	3,510	0,648	0,019	18,672
Івано-Франківськ	275	3,054	1,428	0,548	0,006	21,534
Коломия	295	6,543	4,012	0,579	0,010	21,045
Камянка-Буська	212	6,334	3,941	2,091	0,155	17,902
Броди	227	7,405	4,820	1,473	0,046	18,153
Яворів	254	5,410	3,237	2,056	0,111	17,994
Рава Руська	252	8,758	5,935	2,597	0,224	18,455
Стрий	297	5,642	3,520	2,267	0,109	17,128
Мостиська	232	6,363	4,043	1,058	0,033	17,539
Львів	319	4,060	2,295	0,943	0,037	20,043
Самбір	296	5,745	3,492	0,921	0,015	16,006
Дрогобич	275	6,611	4,027	1,618	0,078	18,359
Чернівці	242	6,885	4,176	0,975	0,013	19,878
Новодністровськ	242	7,425	4,905	2,344	0,079	16,906
Мінімум	113	3,054	1,428	0,199	0,002	13,560
Максимум	486	8,758	5,935	4,845	0,521	22,004
Середнє	279	5,530	3,336	1,720	0,096	18,091

Таблиця 5.12

Тривалості небезпечних періодів на рівнинній території сходу України

Метеостанція	H, м	$T_{ХРН}$	$T_{ХРМ}$	$T_{СРН}$	$T_{СРМ}$	$T_{ОР}$
Київ	166	11,784	7,992	2,922	0,214	20,853
Вишгород	112	9,662	6,368	3,693	0,254	18,360
Бориспіль	121	11,547	7,793	4,734	0,278	20,450
Миронівка	151	10,101	6,302	7,886	0,913	20,730
Баришівка	98	10,530	6,654	4,795	0,454	21,226
Канів	99	9,096	5,613	4,978	0,616	20,211
Яготин	125	12,842	8,115	5,930	0,547	21,830
Золотоноша	94	10,609	6,800	5,605	0,517	20,100
Прилуки	132	11,625	7,339	4,660	0,401	22,470
Гребінка	116	7,307	3,920	4,583	0,472	25,037
Лубни	156	10,294	6,149	6,453	0,816	22,913
Лохвиця	128	11,455	6,840	6,010	0,744	23,253
Веселий Поділ	96	11,784	7,744	6,685	0,606	21,406
Гадяч	154	13,948	8,894	7,085	0,802	22,832
Кобеляки	115	8,093	4,778	8,426	1,013	21,993
Полтава	160	10,969	6,588	5,662	0,595	23,134
Красноград	158	10,834	6,711	10,326	1,484	22,885
Коломак	180	8,924	5,039	8,157	0,719	24,232
Богодухів	202	12,576	8,030	5,171	0,463	23,753
Золочів	159	13,279	9,301	3,527	0,210	23,499
Приколотне	213	15,790	10,215	9,193	1,024	24,367
Лозова	175	10,796	6,678	8,745	0,835	22,728
Харків	154	12,076	7,575	7,357	0,919	23,296
Комсомольське	102	11,414	6,959	9,989	1,070	22,415
Купянськ	87	11,848	7,598	8,747	0,657	22,700
Мінімум	87	7,307	3,920	2,922	0,210	18,360
Максимум	213	15,790	10,215	10,326	1,484	25,037
Середнє	138	11,167	7,040	6,453	0,665	22,267

Три останні рядки таблиць 5.10…5.12 містять мінімальні, максимальні та середні значення усіх наведених параметрів температурного режиму експлуатації дорожнього одягу. Для полегшення порівняльного аналізу в 5.13 наведена вибірка цих параметрів.

Таблиця 5.13

Узагальнені параметри температурного режиму експлуатації дорожнього одягу

Параметри температурного режиму	Висота	ХолН	ХолП	СпекН	СпекП	Ожел
	Гірські зони Карпатського регіону					
Мінімум	531	4,044	1,816	0,010	0,000	21,158
Максимум	1451	7,631	4,506	0,611	0,017	36,389
Середнє	839	6,858	3,822	0,211	0,006	27,987
	Рівнинні зони Карпатського регіону					
Мінімум	113	3,054	1,428	0,199	0,002	13,560
Максимум	486	8,758	5,935	4,845	0,521	22,004
Середнє	279	5,530	3,336	1,720	0,096	18,091
	Рівнинна територія сходу України					
Мінімум	87	7,307	3,920	2,922	0,210	18,360
Максимум	213	15,790	10,215	10,326	1,484	25,037
Середнє	138	11,167	7,040	6,453	0,665	22,267

За даними таблиці 5.13 на рисунках 5.6…5.10 побудовані діаграми, які дозволяють проаналізувати зміни параметрів температурного режиму експлуатації дорожнього одягу залежно від характеру території розміщення автомобільних доріг. На кожному з рисунків відображені середні по трьох виділених зонах тривалості небезпечних періодів.

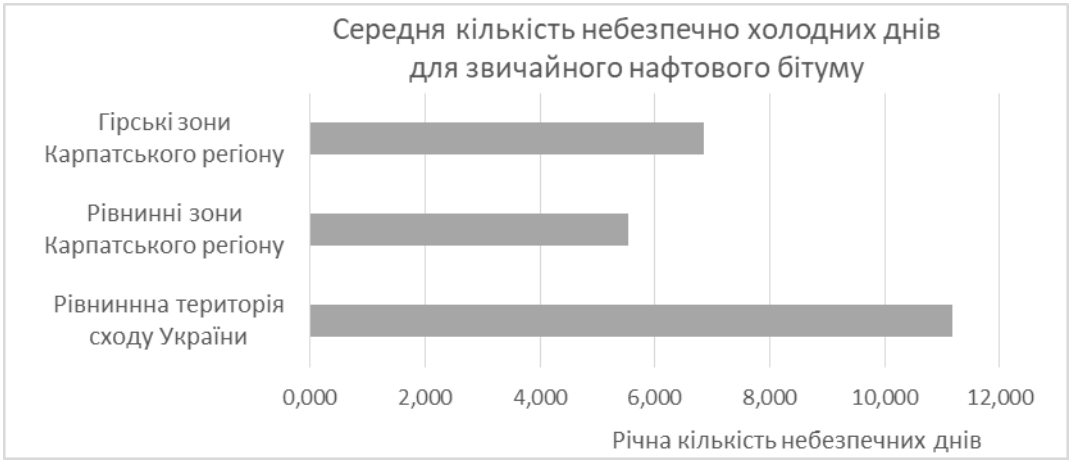

Рис. 5.6 Тривалість небезпечно холодного періоду для дорожнього одягу на основі звичайного нафтового бітуму

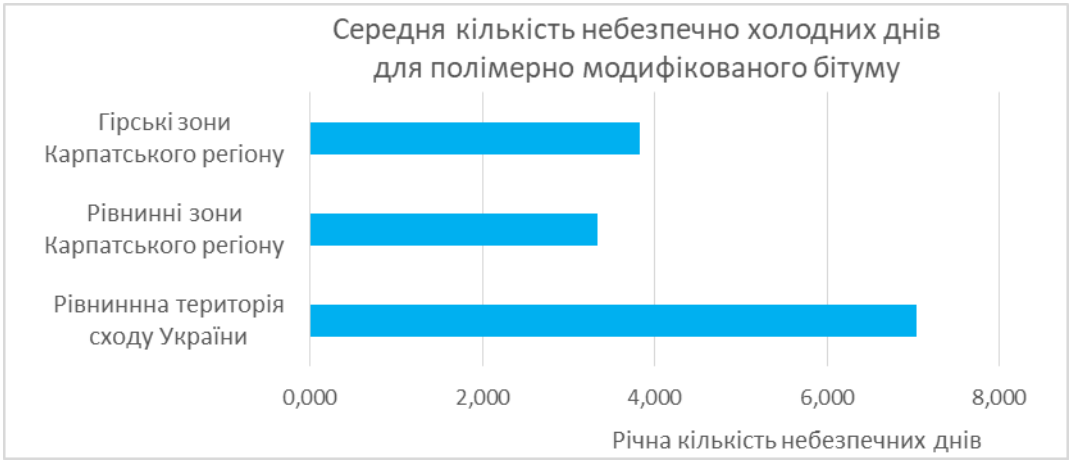

Рис. 5.7 Тривалість небезпечно холодного періоду для дорожнього одягу на основі бітуму, модифікованого полімерами

На рисунках 5.6 і 5.7 зображені річні тривалості (кількості днів на рік) небезпечно холодного періоду для дорожнього одягу на основі звичайного нафтового бітуму та на основі бітуму, модифікованого полімерами. З рисунків видно, що використання модифікованого бітуму майже удвічі зменшує тривалість небезпечно холодного періоду. Для трьох виділених територіальних зон ці тривалості пропорційно змінюються таким чином. Найбільшою є тривалість небезпечно холодного періоду для доріг, які розміщені на рівнинній території сходу України. Для Карпатського регіону попри нижчі температури повітря й ґрунту в горах ця тривалість є помітно меншою, що можна пояснити використанням більш жорстких бітумів з нижчими температурами крихкості. Тривалість небезпечно холодного періоду для гірських доріг, розміщених вище 500 м над рівнем моря, є дещо більшою, ніж для рівнинних територій в районі Карпат. Це пояснюється нижчими температурами в горах при використанні тих же самих бітумів для улаштування доріг.

На рисунках 5.8 і 5.9 зображені річні тривалості (кількості днів на рік) небезпечно спекотного періоду для дорожнього одягу на основі бітумів двох видів. З рисунків видно, що використання модифікованого бітуму приблизно у 10 разів зменшує тривалість небезпечно спекотного періоду за рахунок вищої температури розм'якшення модифікованого бітуму. Для трьох розглянутих територіальних зон ці тривалості пропорційно змінюються таким чином. Найбільшою є тривалість небезпечно спекотного періоду для доріг, які розміщені на рівнинній території сходу України. Для Карпатського регіону унаслідок нижчих температур повітря й ґрунту ця тривалість є у декілька разів меншою. Особливо низькою є тривалість небезпечно спекотного періоду для доріг, які розміщені в гірській місцевості на висоті понад 500 м над рівнем моря. Це пояснюється істотно нижчими температурами в горах при використанні для тих же самих бітумів, що й на рівнинній місцевості Карпатського регіону.

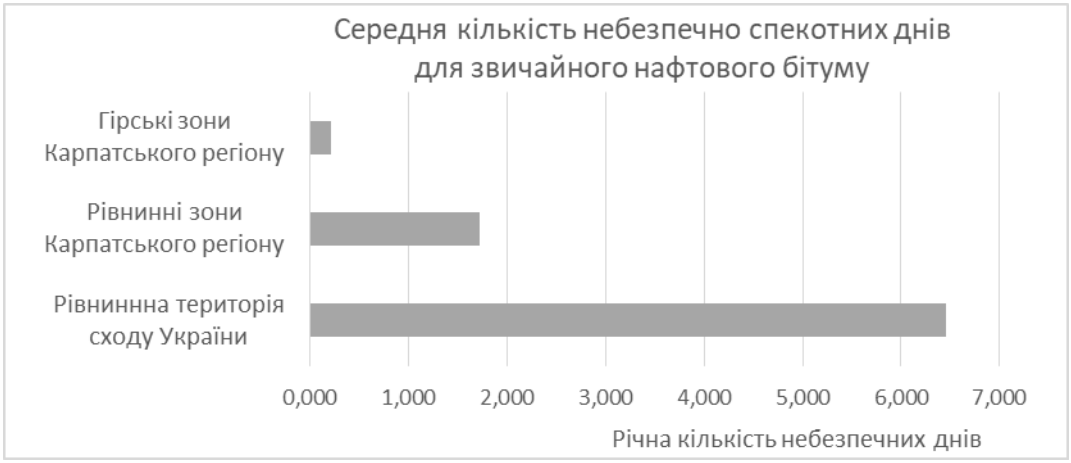

Рис. 5.8 Тривалість небезпечно спекотного періоду для дорожнього одягу на основі звичайного нафтового бітуму

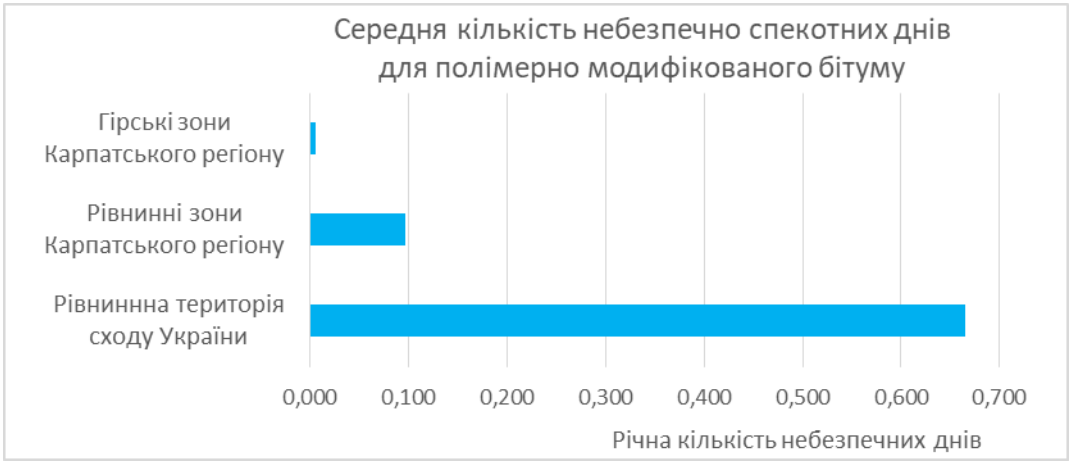

Рис. 5.9 Тривалість небезпечно спекотного періоду для дорожнього одягу на основі бітуму, модифікованого полімерами

Середні по кожній з трьох розглянутих територіальних зон тривалості періоду з потенційною небезпекою утворення ожеледиці на поверхні автомобільних доріг відображені на рисунку 5.10. Судячи з рисунка й таблиці 5.13, ці тривалості змінюються від 18 до 25 днів. Найбільш небезпечною зоною є гірські місцевості Карпатського регіону, а в інших двох зонах кількість днів з потенційною небезпекою утворення ожеледиці є дещо меншою.

Рис. 5.10 Тривалість періоду з небезпекою утворення ожеледиці

Загалом виконаний порівняльний аналіз дозволяє стверджувати, що при правильному виборі марки бітуму для асфальтобетону тривалість небезпечно холодного періоду для автомобільних доріг Карпатського регіону є на 40…50%

меншою, ніж для доріг, розташованих на рівнинній місцевості східної частини України. Імовірна тривалість небезпечно спекотного періоду для автомобільних доріг Карпатського регіону прогнозується у 4…100 разів меншою, ніж для доріг з рівнинної території сходу України. Тривалості періодів з потенційною небезпекою утворення ожеледиці на поверхні дороги відрізняються не принципово, але в гірських районах Карпат отримані помітно більшими, ніж в рівнинних регіонах.

5.4 Висновки з розділу

1. Місячні кількості небезпечно холодних і небезпечно спекотних днів на усіх метеостанціях змінюються протягом року за подібними закономірностями, що дозволяє виконати їх узагальнення для зони автодороги Київ-Харків.
2. За даними 25 метеостанцій отримані узагальнені річні функції відносних значень місячної тривалості небезпечно холодного та небезпечно спекотного періодів для асфальтобетону на основі двох видів бітуму, а також тривалості періодів з небезпекою утворення ожеледиці.
3. Прогнозні значення параметрів температурного режиму експлуатації дорожнього одягу (кількості несприятливих за метеорологічними умовами днів) можна визначати шляхом множення сумарного річного показника для відповідної ділянки дороги з таблиці 5.3 на його відносну тривалість для обраного місяця року з таблиці 5.2. Більш простим способом є використання таблиць 5.5…5.9, у яких наведені готові кількості небезпечних днів.
4. Порівняно з використанням звичайного нафтового дорожнього бітуму, при використанні бітуму, модифікованого полімерами, небезпека пошкодження дороги у небезпечно холодні дні зменшується у 1,5…2 рази, а під час небезпечно спекотних днів – у 5…8 разів.
5. При помісячному плануванні автомобільних перевезень дорогою Київ-Харків з урахуванням можливої заборони руху внаслідок несприятливих кліматичних умов місячні кількості робочих днів слід зменшувати на кількості несприятливих (небезпечно спекотних, небезпечно холодних чи ожеледних) днів. Кількості несприятливих днів рекомендується обирати за таблицями 5.5…5.9, враховуючи найбільші значення уздовж запланованого маршруту перевезень.

6. Порівняння отриманих даних з результатами аналогічного дослідження для автомобільних доріг Карпатського регіону показало, що при правильному виборі марки бітуму для асфальтобетону тривалість небезпечно холодного періоду для автомобільних доріг Карпатського регіону є на 40…50% меншою, ніж для доріг, розташованих на рівнинній місцевості східної частини України. Імовірна тривалість небезпечно спекотного періоду для автомобільних доріг Карпат прогнозується у 4…100 разів меншою, ніж для доріг з рівнинної території України. Тривалості періодів з потенційною небезпекою утворення ожеледиці на поверхні дороги в гірських районах Карпат отримані помітно більшими, ніж в рівнинних регіонах.

ВИСНОВКИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Проведені дослідження впливу кліматичних температур на режим експлуатації асфальтобетонних автомобільних доріг в різних регіонах України дозволяють зробити такі висновки:

1. Температурний режим експлуатації істотно впливає на довговічність дорожніх конструкцій та безпеку автомобільного руху. Під час зимових морозів може відбуватися крихке руйнування асфальтобетону, а під час літньої спеки можуть утворюватися напливи, зсуви та колійність унаслідок деформування розм'якшеного асфальтобетону.
2. За технічними умовами встановлені температури крихкості та температури розм'якшення нафтових дорожніх бітумів та бітумів, модифікованих полімерами, які визначають стійкість дорожнього одягу до низьких та високих температур.
3. В якості показників температурного режиму прийнято місячні й річні тривалості небезпечно холодного та небезпечно спекотного періодів для дорожнього одягу на бітумі певної марки. Ці показники оцінені за результатами спостережень за температурою повітря й поверхні ґрунту, які систематично проводяться на метеостанціях України.
4. Для дослідження температурного режиму експлуатації дорожнього одягу в умовах рівнинної території України в середовищі Microsoft Excel сформована база метеорологічних даних з узагальнених результатів вимірювання температури атмосферного повітря та поверхні ґрунту на 25 метеостанціях, розміщених в зоні автодороги Київ–Харків.
5. За відомою методикою визначені математичні сподівання та стандарти температури поверхні дороги, а також показники температурного режиму експлуатації дорожнього одягу у вигляді місячних і сумарних річних тривалостей небезпечно холодного та небезпечно спекотного періодів для двох видів асфальтобетону.

6. Місячні тривалості небезпечних періодів на усіх 25 метеостанціях змінюються протягом року за подібними закономірностями, що дозволило отримати узагальнені річні функції відносних значень місячної тривалості небезпечно холодного та небезпечно спекотного періодів, а також тривалості періодів з небезпекою утворення ожеледиці. Закономірності зміни показників температурного режиму уздовж дороги Київ-Харків встановлені шляхом осереднення даних для 100-кілометрових ділянок.
7. Для дорожнього одягу на основі бітуму, модифікованого полімерами, кількості небезпечно холодних днів у 1,3…2 рази менші, ніж для одягу на основі звичайного нафтового бітуму, а кількості небезпечно спекотних днів менші у 5…8 разів. Тривалості періодів, потенційно небезпечних з точки зору утворення ожеледиці, можуть сягати 25 днів на рік.
8. При помісячному плануванні автомобільних перевезень дорогою Київ-Харків з урахуванням можливої заборони руху внаслідок несприятливих кліматичних умов місячні кількості робочих днів слід зменшувати на кількості несприятливих (небезпечно спекотних, небезпечно холодних чи ожеледних) днів, визначені за розробленими таблицями.
9. Порівняння отриманих даних з результатами аналогічного дослідження для автомобільних доріг Карпатського регіону показало, що при правильному виборі марки бітуму для асфальтобетону тривалість небезпечно холодного періоду для автомобільних доріг Карпатського регіону є на 40…50% меншою, ніж для доріг, розташованих на рівнинній місцевості східної частини України. Імовірна тривалість небезпечно спекотного періоду для автомобільних доріг Карпат прогнозується у 4…100 разів меншою, ніж для доріг з рівнинної території України. Тривалості періодів з потенційною небезпекою утворення ожеледиці на поверхні дороги в гірських районах Карпат отримані помітно більшими, ніж в рівнинних регіонах.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.3-4:2015. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. – К.: Мінрегіонбуд України, 2015. − 101 с.
2. ДСТУ Б В.2.7-119. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови. − К.: Мінрегіон України, 2012. − 39 с.
3. ДСТУ 4044-2011. Бітуми нафтові дорожні в’язкі. Технічні умови. – К. : Держстандарт України, 2001. − 6 с.
4. ДСТУ 8825:2019. Бітум та бітумні в’яжучі. Метод визначення розтяжності
5. ДСТУ Б В.2.7-135:2007. Бітуми дорожні, модифіковані полімерами. Технічні умови. – К. : Мінрегіонбуд України, 2007. − 23 с.
6. ВБН В.2.3-218-547:2010. Споруди транспорту. Влаштування асфальтобетонних шарів дорожнього одягу при низьких температурах. – К.: Державна служба автомобільних доріг України, 2010.
7. ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва. – К.: Мінрегіон, 2016. − 56 с.
8. ДБН А.2.2-1:2021. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) . −К., 2021.
9. ДБН В.2.1-10:2018 Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2018. − 61 с.
10. СОУ 45.2-00018112-054:2010. Норми часу та типові кошториси на розроблення тендерної документації за умовами контракту FIDIC на будівництво, реконструкцію і капітальний ремонт автомобільних доріг та мостів / Мінрегіонбуд України. – К., 2010.
11. ДСТУ Б В.2.3-33:2016 Автомобільні дороги. Визначення меж смуг відведення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2016. − 25 с.
12. ДБН А.3.2.2-2:2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. − 64 с.
13. ВБН В.2.3-218-539:2007. Споруди транспорту. Влаштування шарів дорожнього одягу автомобільних доріг загального користування із холодних сумішей, що містять фрезерований асфальтобетон. – К.: Держбуд України, 2007.
14. ДСТУ 8978:2020. Настанова з улаштування шарів дорожнього одягу за технологією холодного ресайклінгу. – К.: Держбуд України, 2020.
15. ДСТУ 8992:2020. Автомобільні дороги. Настанова з обгрунтування

рівнів обслуговування під час експлуатаційного утримання − К.: ДП «УкрНДНЦ», 2020.
16. ДСТУ 8805:2018. Мости та труби. Опорні частини автодорожніх мостів. Вимоги щодо вибору та влаштування. – К.: 2018. – 76 с.
17. ДСТУ 9186:2022. Настанова з проектування земляного полотна автомобільних доріг. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2022.
18. ДСТУ 8954:2019. Автомобільні дороги. Оцінювання рівня дефектності дорожнього одягу. – К.: ДП «УкрНДНЦ»,, 2019.
19. ДСТУ 8993:2020. Автомобільні дороги, Рівні обслуговування під час експлуатаційного утримання. – К., 2020.
20. ДСТУ Б Д.2.2-27:2016 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Автомобільні дороги (Збірник 27)– К.: Держбуд України, 2016.
21. ДСТУ 8853:2019. Матеріали протиожеледні для автомобільних доріг. Технічні умови.. − К: Укравтодор, 2019.
22. ДСТУ ЕИ 180 14006:2021. Система екологічного управління. Настанови щодо запроваджування екологічного проектування. – К.: Держбуд України, 2012.
23. ДСТУ 9076:2021. Автомобільні дороги. Оцінка впливу на довкілля. – К.: ДП «УкрНДНЦ»,, 2021.
24. СОУ 42.1-37641918-081:2017 Автомобільні дороги. Норми часу на контроль якості матеріалів та робіт. Зміна № 2
25. СОУ 45.2-00018112-042:2009 Автомобільні дороги. Визначення транспортно-експлуатаційних показників дорожнього одягу. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2009.
26. ДСТУ 8894:2019 Безпека дорожнього руху. Лінійний аналіз аварійності та оцінювання умов безпеки руху на автомобільних дорогах. – К.: ДП «УкрНДНЦ»,, 2019.
27. Білятинський О.А., Старовойда В.П. Проектування капітального ремонту і реконструкції доріг. – К.: Вища освіта, 2013. – 343 с.
28. Бойчук В.С. Довідник дорожника. – К., Урожай, 2002. – 560 с.
29. Бойчук В.С., Кірічек Ю.О., Сергеєв О.С. Штучні споруди на дорогах. – Дн-к, ПДАБА, 2004. – 364 с.
30. Альтман В.В., Гайдукевич В.А. Основи експлуатації автомобільних доріг. − Р.: Рівне, 2012. − 229с.
31. Жданюк В.К., Сибільський Д. Рециклювання дорожніх одягів ч.I // Автошляховик України. – 2016. - №4. – С. 32-35.
32. Жданюк В.К., Сибільський Д. Рециклювання дорожніх одягів ч.II // Автошляховик України. – 2016. - №5. – С. 27-30.
33. Жданюк В.К., Сибільський Д. Рециклювання дорожніх одягів ч.III // Автошляховик України. – 2016. - №6. – С. 23-25.

34. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці: Підручник .- Львів: Афіша. – 2012. 320 с.
35. Зелена книга: Будівництво та ремонт автомобільних доріг/ [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.slideshare.net/BRDO/ss-204059248
36. Температурні впливи на огороджувальні конструкції будівель: монографія / В.А. Пашинський, Н.В. Пушкар, А.М. Карюк. – Одеса, 2012. – 180 с.
37. Карюк А.М. Методика оцінювання температурного режиму покриття автомобільних доріг / А.М. Карюк, Б.В. Савенко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Вип. 1(46). – Полтава: ПолтНТУ, 2016. – С. 246 – 254.
38. Кінаш Р.І. Температурний режим повітря і ґрунту в Україні / Р. І. Кінаш, О. М. Бурнаєв. – Львів, 2001.
39. Кліматичні характеристики: Довідковий матеріал до курсового й дипломного проектування для студентів спеціальності «Автомобільні дороги та аеродроми» всіх форм навчання / Укладачі: Д.О. Павлюк, В.В. Ільченко. – Полтава: ПолтНТУ, 2006. – 60 с.
40. ДБН В.1.2-15:2009. Споруди транспорту. Навантаження та впливи. Мости та труби
41. Карюк А.М. Мінливість показників температурного режиму експлуатації дорожнього одягу на території України // 1st International Scientific and Practical Conference «Experimental and Theoretical Research in Modern Science» (November16-18, 2020). Kishinev, Moldova: Giperion Editura, 2020. P.648-650.
42. Метеорологічний щомісячник. Частина І. Випуск 10. – Л.: Гідрометеоіздат. – 1961-1991.
43. Метеорологічний щомісячник. Частина ІІ, Випуск 10. – Л.: Гідрометеоіздат, 1961-1991.
44. Книш С.В., Карюк А.М. Результати аналізу температурного режиму поверхні автомобільних доріг України // Збірник тез 72-ої наукової конференції Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». Т. 1. (21.04-15.05.2020) – Полтава: Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2020. – С. 37-38
45. РД 52.04.107-86 Настанова гідрометеорологічним станціям та постам. Випуск 1. Наземна підсистема отримання даних про стан природного довкілля. Основні положення та нормативні документи. – Л. : Гірометеоіздат, 1987. – 308 с.
46. Солодкий С. Й., Сідун Ю. В. Інноваційні матеріали та технології в дорожньому будівництві. Частина 1. Матеріали та технології на основі органічних в’яжучих. –Л.: Львівська політехніка, 2021. –232 с.

47. Солодкий С. Й. Дорожні одяги. –Л.: Львівська політехніка, 2020. –220 с.

48. Ю. М. Собко, Ю. В. Сідун, Л. О. Карасьова. Проектування автомобільних доріг. –Л.: Львівська політехніка, 2019. –228 с.
49. Гетун Г.В. Архітектура будівель та споруд. Книга 1. Основи проектування. –К.: Кондор, 2012. − 380 с.

50. Заборона руху вантажівок на трасах України / [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.ukravtodor.gov.ua
51. Uk: Автомобільні шляхи України / [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Uk:%D0%90%D0%
52. Оніщенко В.О., Карюк А.М., База кліматичних даних для дослідження температури повітря й ґрунту в гірській місцевості Карпат // Перспективи інституціонального розвитку земельних відносин в Україні: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (15-16.03.2018). – Полтава: ПолтНТУ, 2018 – С. 95-97
53. Nikolaides A. Highway Engineering: Pavements, Materials and Control of Quality / A. Nikolaides. − CRC Press, 2015. − 868 p.

54. Основи експлуатації автомобільних доріг і аеродромів : навч. посіб. / В. С. Степура, А. О. Бєлятинський, Н. В. Кужель. — К. : НАУ, 2013. — 204 с.