

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

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
до кваліфікаційної роботи магістра  
на тему

**Особливості врахування впливу кліматичних умов  
на експлуатацію європейського автомобільного маршруту E 95  
(на прикладі автомобільної дороги М-05 Київ-Одеса)**

Розробив: **Штандель Олег Сергійович**  
студент гр. 601-БА  
освітньо-професійна програма  
«Автомобільні дороги, вулиці  
та дороги населених пунктів»  
№ з.к. 10020932

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

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

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

**ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ**  
до магістерської роботи  
на тему

**Особливості врахування впливу кліматичних умов  
на експлуатацію європейського автомобільного маршруту Е 95  
(на прикладі автомобільної дороги М-05 Київ-Одеса)**

Розробив: **Штандель Олег Сергійович**  
студент гр. 601-БА  
освітньо-професійна програма  
«Автомобільні дороги, вулиці та дороги  
населених пунктів»  
№ з.к. 10020932

Консультанти:

розділ 1	<b>к.т.н., доц. Міщенко Р.А.</b>
розділ 2	<b>к.т.н., доц. Карюк А.М.</b>
розділ 3	<b>к.т.н., доц. Ткаченко І.В.</b>
розділ 4	<b>к.т.н., доц. Карюк А.М.</b>

Допустити до захисту  
Зав. кафедрою

**к.т.н., доц. Литвиненко Т.П.**

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
Навчально-науковий інститут архітектури, будівництва та землеустрою  
Кафедра автомобільних доріг, геодезії, землеустрою та сільських будівель  
Ступінь вищої освіти «магістр»  
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
Освітня програма «Автомобільні дороги, вулиці та дороги населених пунктів»

### **ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав.кафедри \_\_\_\_\_ Литвиненко Т.П.  
« \_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

### **ЗАВДАННЯ**

**на кваліфікаційну роботу магістра**

**Штандель Олег Сергійович**

1. Тема кваліфікаційної роботи

**Особливості врахування впливу кліматичних умов  
на експлуатацію європейського автомобільного маршруту Е 95  
(на прикладі автомобільної дороги М-05 Київ-Одеса)**

керівник *к.т.н., доцент Карюк Алла Миколаївна*

затверджені наказом по університету від «12» серпня 2022 р. № 544 фа  
Строк подання кваліфікаційної роботи « 12 » грудня 2022 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

- *періодичні наукові видання за темою дослідження*
- *нормативно-технічна література за темою дослідження*
- *типові проектні рішення*

4. Зміст текстового матеріалу (перелік питань, що належить розробити)

1. *Вплив кліматичних факторів на проектування та експлуатацію автомобільних доріг*
2. *Показники температурного режиму дорожнього одягу та методика їх імовірнісного прогнозування*
3. *Вихідні дані для аналізу показників температурного режиму дорожнього одягу автодороги М-05 Київ-Одеса*
4. *Прогнозування параметрів температурного режиму дорожнього одягу автомобільної дороги М-05 Київ-Одеса*

5. Перелік графічного матеріалу

- *графічне супроводження результатів дослідження за обраною темою*

## 6. Консультанти за розділами кваліфікаційної роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Мищенко Р.А.		
Розділ 2	Карюк А.М.		
Розділ 3	Ткаченко І.В.		
Розділ 4	Карюк А.М.		

## 7. Дата видачі завдання « 01» вересня 2022 р.

**Календарний план виконання кваліфікаційної роботи**

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання	Примітка
1	<i>Формування теми, структури та змісту роботи. Виписування завдання</i>	01.09-04.09.22	
2	<i>Формування мети й завдань дослідження. Аналіз вихідних даних за темою роботи.</i>	05.09-25.09.22	
3	<i>Проведення теоретичних та/або експериментальних досліджень за темою роботи.</i>	26.09-16.10.22	
4	<i>Опрацювання результатів теоретичних та/або експериментальних досліджень.</i>	17.10-06.11.22	
5	<i>Розроблення рекомендацій щодо практичного використання результатів дослідження.</i>	07.11-20.11.22	
6	<i>Формування основних висновків. Складання списку використаних джерел.</i>	21.11-27.11.22	
7	<i>Оформлення графічного матеріалу</i>	28.11-04.12.22	
8	<i>Здача роботи на кафедрі. Проходження перевірки роботи на плагіат</i>	05.12-07.12.22	
9	<i>Затвердження роботи консультантами та керівником. Отримання рецензії на роботу.</i>	08.12-11.12.22	
10	<i>Затвердження роботи завідувачем кафедрою. Отримання направлення та підготовка до захисту.</i>	12.12-18.12.22	
	<i>Захист роботи</i>	з 19.12.2022	

Студент

\_\_\_\_\_

Штандель О.С.

Керівник

\_\_\_\_\_

Карюк А.М.

**Штандель О.С. Особливості врахування впливу кліматичних умов на експлуатацію європейського автомобільного маршруту Е95 (на прикладі автомобільної дороги М-05 Київ-Одеса). – Полтава, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2022. – 98 с.**

Кваліфікаційна робота магістра зі спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» (освітня програма «Автомобільні дороги, вулиці та дороги населених пунктів») присвячена вивченню температурному режиму експлуатації покриття автомобільних доріг в Україні.

Мета кваліфікаційної роботи – проаналізувати температурний режим експлуатації покриття європейського автомобільного маршруту Е95 (на прикладі автомобільної дороги М-05 Київ-Одеса) та виявити тривалості холодних і спекотних, протягом яких створюється небезпека порушення цілісності дорожнього одягу та загроза безпеці руху.

Магістерська робота присвячена прогнозуванню температурного режиму експлуатації дорожнього одягу автомобільної дороги М-05 Київ-Одеса з метою поліпшення їх транспортно-експлуатаційного стану. Вибрані й визначені досить ефективні та практично корисні показники температурного режиму експлуатації дороги: тривалості небезпечно спекотних і небезпечно холодних періодів для дорожнього одягу певної марки, що експлуатується у певних кліматичних умовах.

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів основної частини, списку літератури. Загальний обсяг роботи становить 98 сторінок тексту та 21 слайда графічного матеріалу.

**Ключові слова:** автомобільна дорога, температурний режим, дорожній одяг, кліматичні умови, планування автомобільних перевезень.

## ЗМІСТ

<b>Вступ .....</b>	<b>5</b>
 <b>Розділ 1. Вплив кліматичних факторів на проектування та експлуатацію автомобільних доріг</b>	
1.1. Технічні вимоги до автомобільних доріг.....	8
1.2. Геометричні характеристики автомобільних доріг .....	13
1.3. Урахування кліматичних температур при проектуванні дорожнього одягу .....	15
1.4. Імовірнісне прогнозування показників температурного режиму дорожнього одягу.....	19
1.5. Висновки з розділу.....	22
 <b>Розділ 2. Показники температурного режиму дорожнього одягу та методика їх імовірнісного прогнозування</b>	
2.1. Вихідні кліматичні дані та їх попередній аналіз.....	25
2.2. Визначення статистичних характеристик поточних значень температури	31
2.3. Вибір показників температурного режиму дорожнього одягу та методика їх визначення .....	35
2.4. Висновки з розділу.....	43
 <b>Розділ 3. Вихідні дані для аналізу показників температурного режиму дорожнього одягу автодороги Київ-Одеса</b>	
3.1. Географічна характеристика зони автомобільної дороги Київ-Одеса – опис дороги з картою її розміщення на території України.....	44
3.2. Технічна характеристика об'єкта дослідження .....	49
3.3. Мережа метеостанцій та її якісний аналіз .....	53
3.4. Електронна база метеорологічних даних для прогнозування показників температурного режиму дорожнього одягу .....	59
Висновки з розділу .....	61
 <b>Розділ 4. Прогнозування параметрів температурного режиму дорожнього одягу автомобільної дороги Київ-Одеса</b>	
4.1. Статистичні характеристики температури повітря та ґрунту уздовж траси автомобільної дороги Київ-Одеса .....	72

4.2. Тривалості небезпечно спекотного періоду .....	78
4.3. Кількість днів з потенційною небезпекою утворення ожеледиці .....	85
4.4. Висновки з розділу .....	90
Загальні висновки за результатами досліджень.....	92
Література .....	93

## ВСТУП

Вигідне географічне розташування України на шляху основних транзитних потоків між Європою та Азією, розгалужена мережа автомобільних доріг створюють усі необхідні передумови для збільшення обсягів транзитних перевезень. Проте сучасна транспортна галузь держави потребує комплексного розвитку, а якість дорожніх сполучень як була, так і лишається для України надзвичайно гострою проблемою. Вона за багатьма параметрами не відповідає потребам суспільства та європейським стандартам, що перешкоджає підвищенню ефективності її функціонування, тому підлягає терміновій модернізації. Українські автошляхи у світовому рейтингу за якістю посідають 133 місце з 148-ми, що ще раз підтверджує їх незадовільний стан.

Існує низка невирішених проблем як при будівництві, так і при експлуатації автомобільних доріг в Україні. Однією з них є проблема температурного режиму експлуатації полотна автомобільної дороги, що істотно впливає на його експлуатаційні властивості. Перевищення температури розм'якшення дорожнього бітуму призводить до зменшення несучої здатності дорожнього одягу, його деформації під колесами автомобілів та утворення колійності. Значне зниження температури в зимовий період може спричинити крихкість бітуму й руйнування дорожнього покриття під дією динамічного навантаження від транспортних засобів. Тому прогнозування температурного режиму дорожнього покриття за даними про температуру поверхні ґрунту є актуальним завданням, розв'язання якого допоможе оптимізувати автомобільні перевезення з урахуванням допустимого режиму експлуатації доріг.

Виходячи з викладеного обґрунтування актуальності дослідження, сформульована така **мета кваліфікаційної магістерської роботи**: проаналізувати температурний режим експлуатації покриття європейського автомобільного маршруту E95 (на прикладі автомобільної дороги М-05 Київ-Одеса) та виявити тривалості холодних і спекотних, протягом яких створюється небезпека порушення цілісності дорожнього одягу та загроза безпеці руху.

Для досягнення поставленої мети необхідно реалізувати такі **завдання досліджень**:

1. За результатами бібліографічного огляду сформулювати основні вимоги до автомобільних доріг та проаналізувати вплив кліматичних температур на проектування, спорудження й експлуатацію автомобільних доріг.
2. Виявити марки дорожніх бітумів, які використовувалися при улаштуванні верхніх шарів дорожнього одягу автомобільної дороги Київ–Одеса, і за відповідними стандартами встановити технічні характеристики цих бітумів, необхідні для прогнозування температурного режиму дорожнього одягу.
3. В середовищі Microsoft Excel створити електронну базу метеорологічних даних для аналізу температурного режиму експлуатації автомобільної дороги Київ-Одеса, реалізувати статистичну обробку цих даних та обчислення параметрів температурного режиму експлуатації асфальтобетонного дорожнього одягу,
4. За наявними метеорологічними даними для зони дороги та технічними характеристиками бітумів визначити тривалості періодів, небезпечних для експлуатації дорожнього одягу автомобільної дороги Київ-Одеса при умові його виконання на основі звичайних нафтових дорожніх бітумів та бітумів, модифікованих полімерами.
5. Проаналізувати часову і територіальну мінливість отриманих статистичних характеристик температури повітря, ґрунту й поверхні дороги, а також параметрів температурного режиму експлуатації асфальтобетонного дорожнього одягу уздовж автодороги Київ-Одеса.
6. За результатами узагальнення зміни параметрів температурного режиму експлуатації дорожнього одягу уздовж дороги М-05 Київ – Одеса та протягом календарного року розробити рекомендації щодо урахування цих параметрів при плануванні автомобільних перевезень.

**Методи дослідження:** статистичний і просторовий аналіз метеорологічних даних з температури повітря та поверхні ґрунту в зоні дороги Київ-Одеса.

**Об'єкт дослідження:** температурний режим експлуатації асфальтобетонного покриття європейського автомобільного маршруту E95

**Предмет дослідження:** вплив кліматичних температур на режим експлуатації автомобільної дороги М-05 Київ – Одеса.

# РОЗДІЛ 1

## ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ НА ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЮ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

### 1.1 Технічні вимоги та стан автомобільних доріг України

Автомобільні шляхи України — мережа доріг на території України, що об'єднує між собою населені пункти та окремі об'єкти та призначена для руху транспортних засобів, перевезення пасажирів та вантажів. Автомобільний транспорт упевнено тримає лідерство щодо обсягів вантажних і пасажирських перевезень порівняно з водним, повітряним та залізничним видами транспорту. В умовах ринкових відносин одним з важливих напрямків загальноекономічної діяльності дорожньої галузі є розвиток внутрішньодержавних та міжнародних перевезень, що сприяє розвитку в країні виробничої сфери, культурних зв'язків і туризму.

Розвиток автотранспорту неможливий без подальшого розширення мережі доріг, відповідного поліпшення транспортно-експлуатаційних характеристик дорожніх споруд та забезпечення їх високої надійності. Переважна більшість автомобільних доріг України – це дороги загального користування державної власності, які закріплені на правах господарського відання за Державною службою автодоріг України (Укравтодор), яка проводить технічну й соціальну політику щодо їх розвитку.

Згідно Закону України «Про автомобільні дороги» зі змінами й доповненнями №4203-VI та [1] (п.4.1) автомобільні дороги загального користування поділяються на дороги *державного* (міжнародні, національні, регіональні, територіальні) та *місцевого значення* (обласні, районні).

Загальна протяжність автомобільних доріг загального користування (станом на 01.01.2010 р.) становить 169422 км, з яких: державні – 47824 км (міжнародні – 8200 км, національні – 4811 км, регіональні – 7501 км,

територіальні – 27312 км); місцеві – 121598 км (обласні – 52085 км, районні – 69513 км).

Розподіл протяжності автодоріг загального користування за типами покриття наведено у табл. 1.1, за категоріями доріг – у табл. 1.2.

Аналіз табл. 1.1 показує, що автодороги державного значення на 99,8% мають тверде покриття (лише 128 км ґрунтових доріг), а місцевого значення – на 96,9% (3712 км ґрунтових доріг). Із загальної протяжності автодоріг з твердим покриттям 79,7% складають дороги з удосконаленими типами покриття (цементобетон, асфальтобетон, чорні шосе і чорні гравійні дороги), решта – з перехідними типами покриттів (білі шосе, гравійні дороги й бруківка). При цьому на дорогах державного значення переважають асфальтобетонні покриття (61,74% від загальної протяжності доріг з твердим покриттям), а на дорогах місцевого значення – чорні шосе (47,7%).

Таблиця 1.1

Розподіл протяжності автомобільних доріг загального користування за типами покриття

Значення автомобільних доріг	Загальна протяжність, км	Всього твердого покриття, км	В тому числі по типах покриття, км				
			Цементобетонні	Асфальтобетонні	Чорні шосе	Білі щебеневі, гравійні	Бруківки
<b>Державного значення</b>	<b>47824</b>	<b>47726</b>	<b>1667</b>	<b>29465</b>	<b>15260</b>	<b>849</b>	<b>485</b>
із них:							
міжнародні	8200	8200	970	6856	366	0	8
національні	4811	4811	109	4301	401	0	0
регіональні	7501	7501	175	5241	2055	30	0
територіальні	27312	27214	413	13067	12438	819	477
<b>Місцевого значення</b>	<b>121598</b>	<b>117886</b>	<b>1038</b>	<b>28337</b>	<b>56266</b>	<b>24735</b>	<b>7510</b>
із них:							
обласні	52085	50975	358	14507	24570	7218	4322
районні	69513	66911	680	13830	31696	17517	3188
<b>Всього</b>	<b>169422</b>	<b>165612</b>	<b>2705</b>	<b>57802</b>	<b>71526</b>	<b>25584</b>	<b>7995</b>

Таблиця 1.2

Розподіл протяжності автомобільних доріг загального користування за категоріями доріг

Значення автомобільних доріг	Протяжність доріг з твердим покриттям, км	Середньо-зважена категорія	Розподіл доріг з твердим покриттям по категоріях, км				
			I	II	III	IV	V
<b>Державного значення</b>	<b>47726</b>	<b>2,91</b>	<b>2566</b>	<b>12139</b>	<b>20335</b>	<b>12276</b>	<b>410</b>
із них:							
міжнародні	8200	2,02	1768		1716	89	6
національні	4811	2,22	514	4621	1380	107	0
регіональні	7501	2,73	224	2810	3734	986	1
територіальні	27214	3,35	60	2556 2152	13505	11094	403
<b>Місцевого значення</b>	<b>117886</b>	<b>4,04</b>	<b>16</b>	<b>586</b>	<b>9034</b>	<b>93579</b>	<b>14671</b>
із них:							
обласні	50975	3,91	5	382	6704	41228	2656
районні	66911	4,14	11	204	2330	52351	12015
<b>Всього</b>	<b>165612</b>	<b>3,71</b>	<b>2582</b>	<b>12725</b>	<b>29369</b>	<b>105855</b>	<b>15081</b>

За категоріями автомобільні дороги загального користування з твердим покриттям (табл. 1.2.) поділено таким чином: I кат. – 1,56%; II – 7,68; III – 17,73; IV – 63,92; V категорія – 9,11%. Таким чином найбільшу протяжність мають дороги IV категорії з шириною проїзної частини 6,0 м та іншими параметрами елементів доріг, що обмежують руху автомобілів з високими швидкостями.

На рисунку 1.1 зображена карта поточного стану автомобільних доріг України [56], де:

- Зеленим кольором позначені ділянки на яких немає вибоїн, а середня швидкість руху більша 100 км/год.
- Жовтим- вибоїн мало, середня швидкість менша 100 км/год.
- Червоним- багато вибоїн, середня швидкість не перевищує 70 км/год.

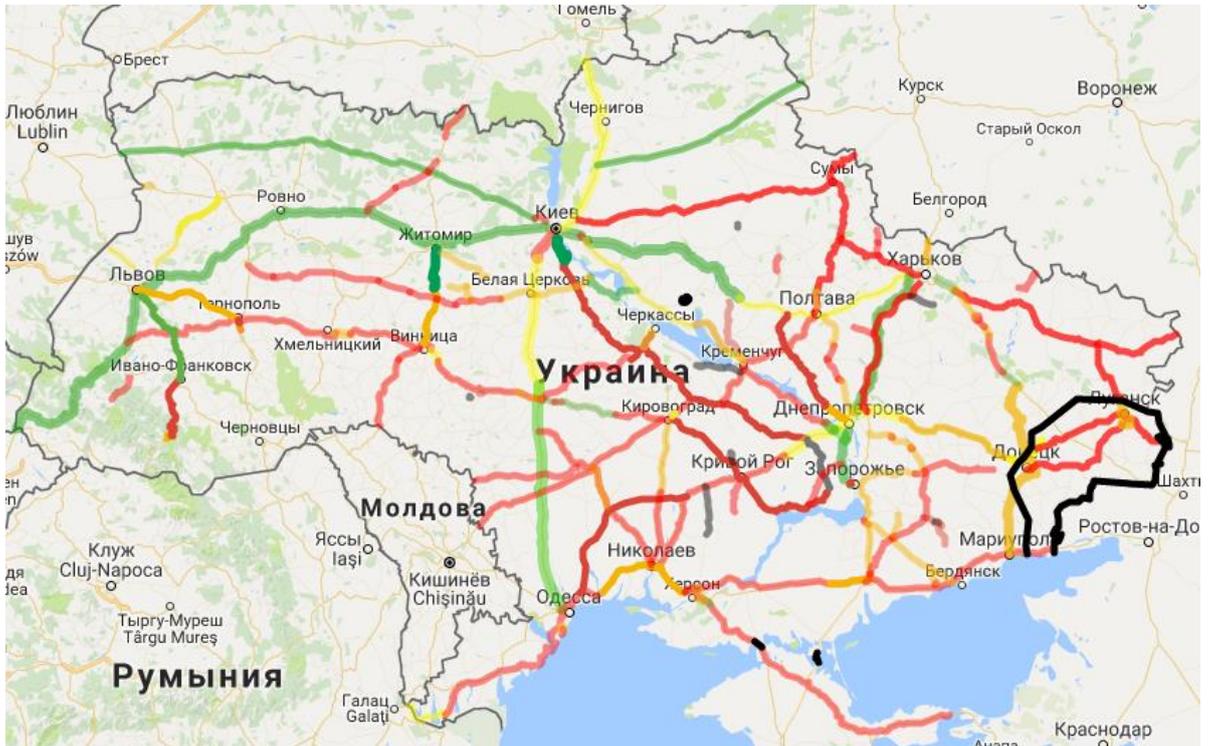


Рис. 1.1 Карта поточного стану автомобільних доріг України

Виходячи з останніх даних "Укрремдорбуду", вже здійснено ремонт 79 тис. кв. м. доріг з 96 тис. запланованих. А згідно з інформацією "Укравтодору", його зусиллями усунута "ямковість" на 98% відсотках автодоріг державного значення. Найбільш "розбитими" автомобільними дорогами в Україні вважаються: Житомир-Бердичів; Павлоград-Донецьк; Решетилівка-Дніпропетровськ; Летичів-Хмельницький; Одеса-Березівка; Тернопіль-Львів; Біла Церква-Умань; Житомир-Любар; Кременець-Біла Церква; Львів-Луцьк.

Аналіз стану доріг загального користування відображає діаграма з рисунка 1.2, запозичена з [56].

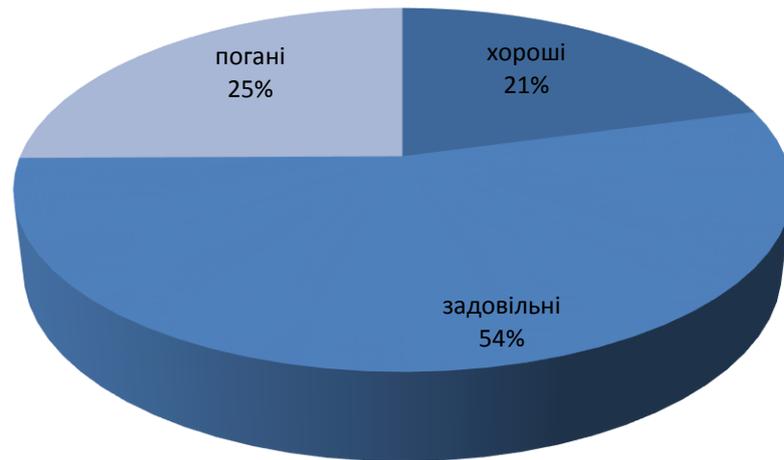


Рис. 1.2 Розподіл мережі автомобільних доріг України загального користування за станом покриття

З рисунка видно, що тільки 21% доріг знаходяться в хорошому стані, а стан 25% доріг України є незадовільним. Це вимагає проведення масштабних капітальних ремонтів з метою відновлення нормального технічного стану автодоріг.

Для підвищення транспортно-експлуатаційного стану доріг потрібно здійснювати системи заходів, спрямованих на поліпшення дорожніх умов, організації руху та правової дисципліни водіїв. Найбільш поширеними практичними заходами щодо поліпшення дорожніх умов є експлуатаційне утримання дороги та проведення ремонтних робіт. Однак для поліпшення організації дорожнього руху потрібне не лише підтримувати дороги в належному стані, але й цілеспрямовано вдосконалювати дорожньо-транспортні умови на основі комплексного підходу залежно від загального стану автомобільної дороги та стану окремих її елементів.

Як показує практика, ремонти автомобільних доріг потрібно проводити через чотири–п'ять років, тобто щорічно мають бути виконані ремонтні роботи на 20–25% доріг. Отже в Україні за рік потрібно ремонтувати 35-40 тис. км доріг.

## 1.2 Геометричні характеристики автомобільних доріг

Якість автомобільної дороги визначається її геометричними характеристиками, конструкцією дорожнього полотна та дорожнього одягу. Геометричні характеристики дороги, від яких у значній мірі залежить безпека руху, наведено в таблиці 1.3, яка запозичена з [1].

Таблиця 1.3

Параметри поперечного профілю автомобільних доріг

№	Показник	Од. вим.	Категорії доріг					
			I-а	I-б	II	III	IV	V
1	Кількість смуг руху	шт.	4; 6; 8	4; 6	2	2	2	1
2	Ширина смуги руху	м	3,75	3,75	3,75	3,5	3,0	-
3	Ширина проїзної частини	»	2·7,5; 2·11,25; 2·15,0	2·7,5; 2·11,25	7,5	7,0	6,0	4,50
4	Ширина узбіччя, в тому числі: - ширина зупинкової смуги разом з укріпленою смугою узбіччя; - ширина укріпленої смуги узбіччя	»	3,75 2,5 0,75	3,75 2,5 0,75	3,75 2,5 0,75	2,5 - 0,5	2,0 - 0,5	1,75 - *)
5	Найменша ширина розділювальної смуги	»	6,0	6,0	-	-	-	-
6	Ширина укріпленої смуги на розділювальній смузі	»	1,0	1,0	-	-	-	-
7	Найменша ширина земляного полотна	»	28,5; 36,0; 43,5	28,5 36,0	15,0	12,0	10,0	8,0
<p><b>Примітка 1.</b> При відповідному техніко-економічному обґрунтуванні параметри автомобільних доріг можна збільшувати.</p> <p><b>Примітка 2.</b> При реконструкції автомобільних доріг I-б категорії (збільшення кількості смуг руху) з шириною розділювальної смуги 5,0м ширину розділювальної смуги допускається залишати 5,0м.</p> <p><b>Примітка 3.</b> На дорогах V категорії з автобусним рухом ширину укріплених узбічч необхідно приймати по 0,75м.</p>								

Проектування плану і поздовжнього профілю автомобільної дороги слід виконувати виходячи з інтенсивності руху, умови забезпечення безпеки та комфортності руху транспортних засобів з урахуванням можливості

реконструкції дороги за межею термінів перспективного розрахункового періоду.

Для елементів плану та поздовжнього профілю основні параметри слід призначати такими:

- поздовжні похили до 30 ‰;
- відстань видимості за умови зупинки транспортного засобу перед перешкодою – не менше ніж 450 м;
- радіуси кривих у плані – понад 3000 м;
- радіуси опуклих кривих у поздовжньому профілі – понад 70000 м;
- радіуси увігнутих кривих у поздовжньому профілі – понад 8000 м;
- довжину опуклих кривих у поздовжньому профілі – понад 300 м;
- довжину увігнутих кривих у поздовжньому профілі - понад 100 м.

Таблиця 1.4

Параметри елементів плану і поздовжнього профілю, що залежать від розрахункової швидкості

Найменування елементів	Параметри залежно від розрахункової швидкості, км/год							
	150	140	120	110	100	90	80	60
Найбільший поздовжній похил, ‰	30	35	40	45	50	55	60	70
Найменший радіус кривої у плані, м	1200	1100	800	700	660	450	300	150
Найменший радіус кривої у поздовжньому профілі, м:								
– опуклої;	30000	25000	15000	12500	10000	7500	5000	2500
– увігнутої	8000	7000	5000	4000	3000	2500	2000	1500
Найменша відстань видимості, м:								
– для зупинки автомобіля;	300	300	250	225	200	175	150	85
– зустрічного автомобіля	–	–	450	400	350	300	250	170

Наведені норми поширюються на проектування нових і реконструкцію існуючих автомобільних доріг та вулиць і мають забезпечувати найкращі умови для руху автомобільного транспорту і найсприятливіші умови роботи

водія за розрахункової швидкості руху. Розрахункові швидкості визначають на основі техніко-економічних обґрунтувань. У світовій практиці проектування автомобільних доріг, насамперед швидкісних магістралей, простежується тенденція до зниження розрахункової швидкості руху.

### **1.3 Урахування кліматичних температур при проектуванні дорожнього одягу**

Спеціально для цілей будівництва виділяють поняття будівельно-кліматичного районування території, при вирішенні якого враховується вплив кліматичних показників на об'ємно-планувальні та конструктивні рішення будівель і споруд та їх раціональне розміщення.

Річний хід температури повітря для різних частин земної кулі досить різноманітний. У першу чергу, він визначається географічною широтою місцевості. У залежності від широти, виділяють чотири типи річного ходу температури: екваторіальний, тропічний, помірний та полярний.

Для того щоб отримати уявлення про розподіл тепла по земній поверхні у середньому за цілий рік, користуються картами річних ізотерм. Межу між жарким і помірним поясами, зазвичай приводять за річною ізотермою в 20°C, яка на суші переміщується у бік полюсів, а в океані – у бік екватора від тропіків.

Основними критеріями кліматичного районування є: середньомісячна температура повітря в січні та липні, середня швидкість вітру за три зимові місяці, а також середньомісячна відносна вологість повітря у липні. У цілях будівництва територію України було розділено на дорожньо-кліматичні зони, яке відображене в таблиці 1.5 і на рисунку 1.4 згідно з нормами [1].

Таблиця 1.5

## Географічні границі дорожньо-кліматичних зон України

Дорожньо-кліматична зона		Географічна границя зони
Позначення	Назва	
I	Північна	На північ від лінії Мостицька – Львів – Житомир – Київ – Суми
II	Центральна	На південь від границі північної зони до лінії Любашівка – Кіровоград – Куп'янськ
III	Південна	На південь від границі центральної зони за винятком гірської частини Карпат
IV	Гірська	Гірський Крим, Карпати, Закарпатська область

**Примітка.** Регіони Карпат і гірського Криму поділяються на три підзони за висотою прокладання дороги:

- рівнинна (до 200 м над рівнем моря);
- передгірська (від 200 м до 400 м над рівнем моря);
- гірська (понад 400 м над рівнем моря).

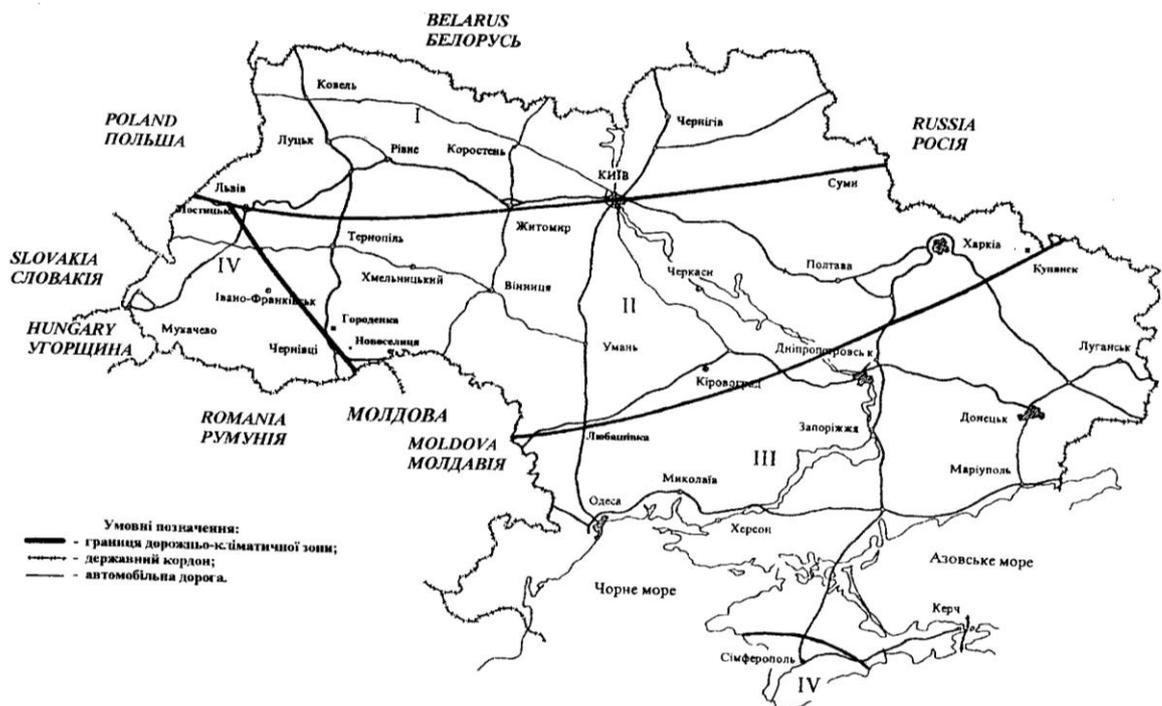


Рис. 1.3. – Дорожнє районування України

Але для будівництва автомобільних доріг більш важливим є районування території України за кліматичними умовами роботи асфальтобетонного покриття, регламентоване картою з [1], наведеною на рисунку 1.4.

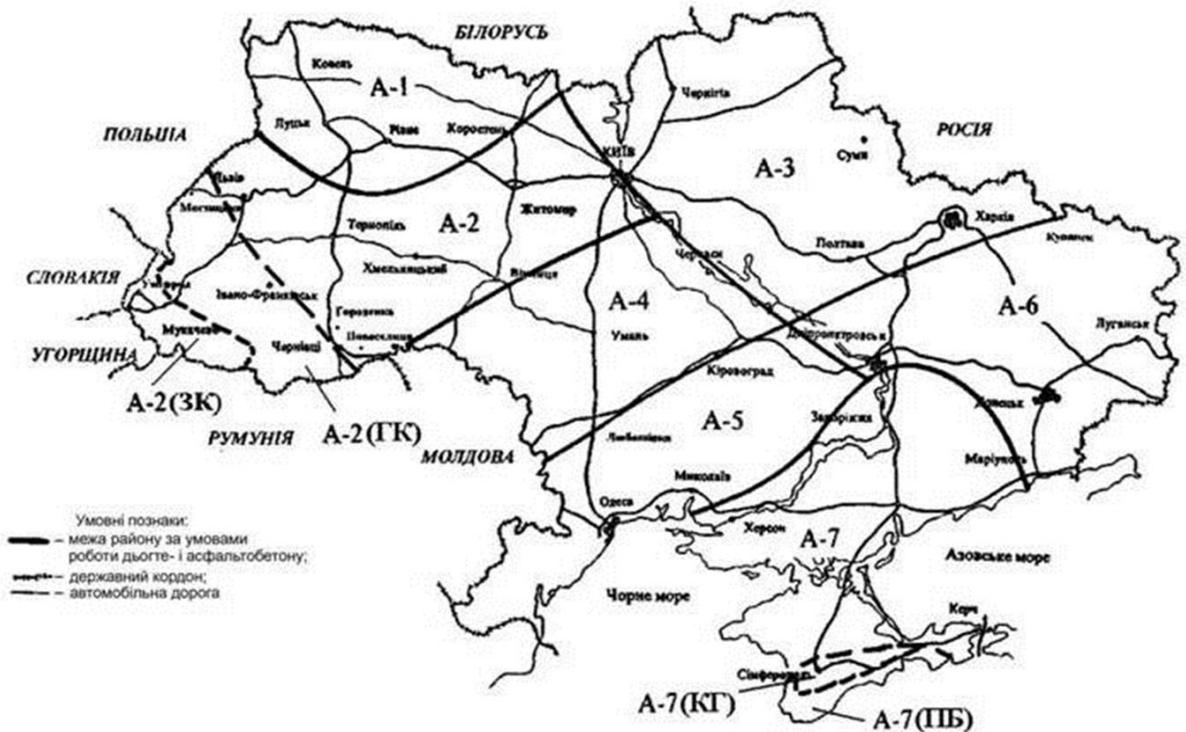


Рис.1.4 Районування території України за кліматичними умовами роботи асфальтобетонного покриття.

Карта з рисунка 1.4 є основою для вибору складу асфальтобетонних сумішей, зокрема – марки дорожнього бітуму для улаштування верхніх шарів дорожнього одягу. Із зростанням номеру району від А-1 на півночі до А-7 на півдні України обирають більш жорсткі бітуми, які мають вищу температуру розм'якшення і краще експлуатуються під час літньої спеки. Вказівки щодо вибору марки бітуму наведені нижче на підставі ДСТУ [2].

Згідно з нормами [1] 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.

Як виняток, роботи з використанням гарячих асфальтобетонних сумішей допускається проводити при температурах, які нижче нормативних, за умови дотримання наступних вимог:

- товщина шару асфальтобетону повинна бути не менше ніж 8 см;
- необхідно використовувати асфальтобетонні суміші на основі бітумів, модифікованих адгезійними добавками;
- нижній шар покриття влаштовувати з щільних асфальтобетонних сумішей;
- верхній шар покриття дорожнього одягу дозволяється влаштовувати по свіжоукладеному нижньому шару після його вистигання до температури не нижче ніж 20 С;
- верхній шар покриття дорожнього одягу допускається влаштовувати після прогріву нижнього шару гарячим піском, висівками або розігрівачами інфрачервоного випромінювання.

Укладання холодних сумішей необхідно закінчувати орієнтовно за 2 тижні до початку періоду осінніх дощів у даній місцевості.

Крім того, щебеневі, гравійні, шлакові та ґрунтово-щебеневі шари треба влаштовувати при плюсових температурах повітря. За потреби роботи при мінусових температурах можна проводити з урахуванням особливостей технології та організації:

- при температурі повітря від 0 °С до мінус 5 °С тривалість робіт із розподілу, профілювання та ущільнення матеріалу з вологістю не вище ніж 3 % не повинна перевищувати 4 години, а при температурі нижче ніж мінус 5 °С – 2 години; при вологості матеріалу понад 3 % його необхідно обробляти розчинами хлористих солей натрію або кальцію в кількості від 0,3 % до 0,5 % за масою;

- ущільнення кам'яних матеріалів при мінусовій температурі треба проводити без додаткового зволоження;

- в період відлиг, а також перед весняним відтаванням шари дорожнього одягу необхідно очищати від снігу, льоду та забезпечувати відведення води.

#### 1.4 Імовірнісне прогнозування показників температурного режиму дорожнього одягу

Систематичні спостереження за температурою атмосферного повітря на території України ведуться з 1881 року. Сучасна мережа пунктів спостережень налічує близько 500 метеорологічних станцій і постів. Вимірювання проводяться рідинними термометрами, встановленими на висоті 2 м над поверхнею землі в психрометричній будці, захищеній від дії прямих сонячних променів жалюзями. Максимальний та мінімальний термометри забезпечують точне визначення максимально та мінімальної температури протягом доби, а поточний використовується для строкових спостережень кожні три години. Результати спостережень накопичувалися й публікувалися в спеціалізованих виданнях, де представлені результати строкових вимірювань, місячні та річні середні, мінімальні й максимальні значення, добові амплітуди температури, а також її повторюваність за встановленими градаціями.

Описана методика подання змін середньодобової температури атмосферного повітря у формі квазістаціонарного випадкового процесу. Функції математичного сподівання, стандарту та коефіцієнта асиметрії середньодобової температури повітря задані послідовностями з 12-ти місячних значень або рядами Фур'є. Виявлені аналітичні залежності стандарту й коефіцієнта асиметрії від математичного сподівання, які дозволяють звести опис числових характеристик лише до функції математичного сподівання. Розподіли ординати описуються нормальним законом, або змішаним розподілом Гумбеля–Гауса який представляє собою лінійну комбінацію нормального розподілу та розподілу Гумбеля. Частотна структура процесу середньодобової температури повітря задана постійним у часі та єдиним для усієї території України значенням ефективної частоти  $\omega=0,6$  1/добу.

Описані принципи покладені в основу визначення впливу температури атмосферного повітря на несучі будівельні конструкції в [7], де він вважається змінним навантаженням з граничним, експлуатаційним та квазіпостійним розрахунковими значеннями. Відповідно до викладених принципів,

характеристичні значення змін середніх по перерізу елемента температур в теплу  $\Delta_{tw}$  і холодну  $\Delta_{tc}$  пору року визначають за формулами:  $\Delta_{tw} = t_w - t_{0c}$ ;  $\Delta_{tc} = t_c - t_{0w}$ , де  $t_{0w}$  і  $t_{0c}$  – початкові температури замикання конструкцій в теплу і холодну пору року, рівні  $t_{0w}=15^\circ\text{C}$  і  $t_{0c}=0^\circ\text{C}$  для усієї території України;  $t_w$  і  $t_c$  – характеристичні значення екстремальних температур в теплу і холодну пору року.

Характеристичні значення екстремальних температур визначаються на базі середньодобових температур зовнішнього повітря в теплу і холодну пору року, які допускається приймати рівними  $t_{ew}=+28^\circ\text{C}$  і  $t_{ec}=-20^\circ\text{C}$  для усієї території України. Окрім того, враховується добові коливання температури атмосферного повітря, розміщення конструкцій (відкриті дії сонячної радіації, в неопалюваному чи в опалюваному приміщенні), температури всередині приміщень, тип конструкцій (металеві чи залізобетонні), вплив сонячної радіації на відкриті конструкції.

Розрахункові значення температурного впливу визначаються шляхом множення характеристичних значень на коефіцієнти надійності за навантаженням, які приймаються рівними  $\gamma_{fm}=1,1$  для граничного та  $\gamma_{fe}=\gamma_{fp}=1,0$  для експлуатаційного і квазіпостійного розрахункового значення.

Температурний режим дорожнього одягу може бути описаний аналогічно показникам температурного режиму атмосферного повітря та несучих будівельних конструкцій, але при цьому доцільно базуватися на результатах вимірювання температур поверхні ґрунту, як зокрема наведені в довіднику [42].

Зручні для практичного використання показники температурного режиму дорожнього одягу, які досить точно відображають вплив кліматичних температур на автомобільні дороги, запропоновані в наших роботах [37,38,41]. Обрані показники базуються на імовірнісному урахуванні випадкової природи кліматичних факторів. В роботах [37,38,41] запропоновано в якості таких показників використовувати імовірні тривалості небезпечно холодного та

небезпечно спекотного періодів 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 та колійності під дією навантажень від коліс великовагових автомобілів.

Кількості небезпечно холодних і небезпечно спекотних днів визначаються як тривалості періодів, протягом яких температура поверхні дорожнього одягу стає меншою від температури крихкості чи перевищує температуру розм'якшення. Тривалість цих періодів залежить від співвідношення 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 [42] для метеостанцій України. Робочі формули для перерахунку цих даних в математичне сподівання та стандарт поточних значень температури поверхні дорожнього одягу з урахуванням додаткового нагрівання поверхні дороги темного кольору від дії сонячної радіації наведені в нашій статті [38].

За цими статистичними характеристиками та формулами із статті [37] з урахуванням робочого температурного діапазону використаного дорожнього бітуму визначаються кількості небезпечно холодних та небезпечно спекотних днів, протягом яких у певному місяці року температура поверхні дороги буде

нижчою за температуру крихкості чи вищою за температуру розм'якшення бітуму.

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 (мокрый сніг, дощ, туман, висока вологість повітря) та температурі поверхні дороги в межах від  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $0^{\circ}\text{C}$ . За формулами [37] можна визначити ці тривалості для кожного місяця окремо, а також сумарну річну тривалість періоду, потенційно небезпечного з точки зору утворення ожеледиці.

Тривалості небезпечно холодного та небезпечно спекотного періоду для кожного місяця року та сумарні за увесь рік 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 робочих днів, інтенсифікуючи перевезення протягом безпечних днів за рахунок збільшення кількості транспортних одиниць.

### **1.5 Висновки з розділу та завдання досліджень**

Викладені результати бібліографічного огляду літературних джерел з питань урахування температурного режиму при проектуванні, будівництві та експлуатації автомобільних доріг дозволили зробити такі висновки:

1. Значна частина автомобільних доріг України перебуває в незадовільному технічному стані, що вимагає проведення капітальних ремонтів з улаштуванням дорожнього одягу підвищеної якості, зокрема стійкості до дії кліматичних температур при його експлуатації.
2. Безпечність автомобільного руху залежить від геометричних параметрів дороги та конструкції дорожнього одягу, які обираються залежно від категорії автомобільної дороги. Дорожній одяг зазвичай виконується з гарячих асфальтобетонів на основі нафтових дорожніх бітумів та бітумів,

модифікованих полімерами. Марка бітуму для улаштування дорожнього одягу обирається залежно від кліматичних умов експлуатації, за якими територія України поділена на сім районів.

3. 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. Такі спостереження ведуться приблизно на 200 метеостанціях України за єдиною стандартизованою методикою, а їх результати накопичуються в базах даних Гідрометеослужби та в узагальненому вигляді публікуються в спеціалізованих довідкових виданнях.
4. 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.
5. Запропонована імовірнісна 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 практично придатною для оцінювання показників температурного режиму експлуатації дорожнього одягу в кліматичних умовах місця розташування автомобільної дороги, а її результати можуть використовуватися при плануванні автомобільних перевезень з урахуванням заборони руху під час періодів, небезпечних з точки зору цілісності дорожнього одягу.

Виходячи з огляду літературних джерел та теми кваліфікаційної магістерської роботи, сформульована така **мета роботи**: проаналізувати температурний режим експлуатації автомобільної дороги Київ – Одеса, виявити місячні й річні тривалості небезпечних періодів та розробити

заходи щодо оптимального планування автомобільних перевезень з метою забезпечення цілісності дорожнього одягу.

Для реалізації поставленої мети постібно реалізувати такі **завдання досліджень**:

1. Довести до рівня приктивного використання методик обчислення статистичних характеристик температури та параметрів температурного режиму експлуатації асфальтобетонного дорожнього одягу, запропоновану в наших попередніх дослідженнях, та здійснити її програмну реалізацію в середовищі табличного процесора Microsoft Excel.
2. В середовищі Microsoft Excel створити електронну базу метеорологічних даних для аналізу температурного режиму експлуатації автомобільної дороги Київ-Одеса, реалізувати статистичну обробку цих даних та обчислення параметрів температурного режиму експлуатації асфальтобетонного дорожнього одягу,
3. Виявити марки дорожніх бітумів, які використовувалися при улаштуванні верхніх шарів дорожнього одягу автомобільної дороги Київ-Одеса, і за відповідними стандартами встановити технічні характеристики цих бітумів, необхідні для прогнозування температурного режиму дорожнього одягу.
4. За наявними метеорологічними даними для зони дороги та технічними характеристиками бітумів визначити тривалості періодів, небезпечних для експлуатації дорожнього одягу автомобільної дороги Київ-Одеса при умові його виконання на основі звичайних нафтових дорожніх бітумів та бітумів, модифікованих полімерами.
5. Проаналізувати часову і територіальну мінливість отриманих статистичних характеристик температури повітря, ґрунту й поверхні дороги, а також параметрів температурного режиму експлуатації асфальтобетонного дорожнього одягу уздовж автодороги Київ-Одеса.
6. За результатами узагальнення зміни параметрів температурного режиму експлуатації дорожнього одягу уздовж дороги Київ – Одеса та протягом календарного року розробити рекомендації щодо урахування цих параметрів при плануванні автомобільних перевезень.
7. Виконати необхідні економічні розрахунки та оцінити ефект від упровадження розроблених рекомендацій з оптимізації режиму експлуатації автомобільної дороги Київ-Одеса.

## РОЗДІЛ 2

### ПОКАЗНИКИ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ ТА МЕТОДИКА ЇХ ІМОВІРНІСНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ

#### 2.1. Вихідні кліматичні дані та їх попередній аналіз

Безпосередньо на метеорологічних станціях проводять спостереження за змінами температури повітря протягом доби, місяця або року, відмічають найвищу (максимальну) і найнижчу (мінімальну) температуру. Але щоб порівняти температури різних діб, місяців чи років, визначають середню добову, місячну або річну температуру. Обчислюють їх як середньоарифметичне значення. Наприклад, *середню добову температуру* отримують від ділення суми температур (з урахуванням їх знаків) на число вимірів протягом доби.

*Середню річну температуру* знаходять як суму середніх місячних температур, розділених на число місяців року. Це роблять тому, що протягом року земна поверхня нагрівається нерівномірно. Тому змінюється і температура повітря. Річний хід температури визначають середні місячні температури повітря. За ними можна встановити, який місяць був найтеплішим і який – найхолоднішим. Спостереження за температурою повітря протягом року показують, що в Україні, як і в усіх країнах Північної півкулі, найвища середня місячна температура буває в *липні*, а найнижча – в *січні*. Влітку в полудень Сонце займає найвище положення над горизонтом. У цей період – найдовші дні, поверхня нагрівається тривалий час, тому й температури повітря найвищі. Взимку – навпаки.

Також знаходять амплітуду коливання температури повітря. Тобто різницю між найвищою і найнижчою температурами повітря називається амплітудою коливань температур (А). Розрізняють добову, місячну, річну амплітуди.

Наприклад, якщо найвища температура повітря протягом доби становила  $+17^{\circ}\text{C}$ , а найнижча –  $+8^{\circ}\text{C}$ , то амплітуда коливань дорівнюватиме  $9^{\circ}\text{C}$ . На добові амплітуди коливань температур впливає характер земної поверхні (її називають підстильною). Наприклад, над океанами амплітуда становить лише  $1\text{--}2^{\circ}\text{C}$ , над степами –  $15\text{--}20^{\circ}\text{C}$ , а в пустелях досягає  $30^{\circ}\text{C}$ . При хмарній погоді добові амплітуди зменшуються. В Україні найбільші добові коливання температури бувають навесні і влітку при ясній погоді ( $7\text{--}10^{\circ}\text{C}$ ).

Річні амплітуди коливання температури повітря залежать головним чином від широти місця: вони менші біля екватора ( $1^{\circ}\text{C}$ ), значно більші у середніх широтах ( $28^{\circ}\text{C}$  на широті Києва). На одній і тій самій широті, чим далі від океану, тим вища річна амплітуда.

В кліматичних довідниках, збірниках містяться щомісячні показники по кожному року чи місяцю залежно від призначення та об'єму. Дані, отримані з великої кількості метеостанцій, обробляються та заносяться в спеціальній табличній формі. Зазвичай існує 2 види показників: для ґрунту та для повітря. В таблицях довідника [42] наведені такі показники для кожного з місяців року:

- Середня температура (повітря чи поверхні ґрунту)
- Середня максимальна та мінімальна місячна температура
- Абсолютна місячна мінімальна чи максимальна температура
- Число днів заморозку на поверхні ґрунту
- Число днів без відлиги та число днів з морозом

Для кожного з параметрів в довіднику [42] наведені максимальні та мінімальні величини за всю вибірку років спостереження, а також стандарти та середні значення. Ці дані мають вигляд, показаний в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

## Статистичні характеристики температури на метеостанції Київ

	січ	лют	бер	кві	тра	чер	лип	сер	вер	жов	лис	гру	Рік
Сер. темп. 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	7,883
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	
Сер. темп. 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	8,767
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	

Дані для усіх проаналізованих метеостанцій наведені в додатку А. Як приклад, на рисунку 2.1 наведені графіки річних змін величин середньої місячної температури повітря для м. Київ та м. Одеса.

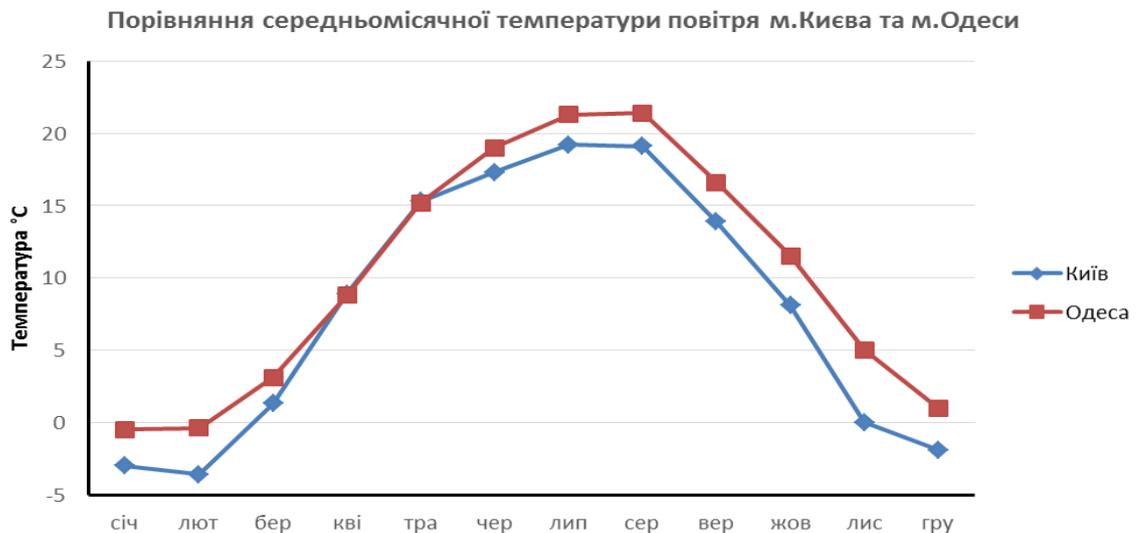


Рис. 2.1 Річні зміни середньої місячної температури повітря

Наведений графік має вказує на максимум середньомісячної температури повітря в липні й серпні та мінімум – у січні-лютому. Річний хід температури має однаковий характер для м. Києва та м. Одеси, але температури в більш південній Одесі є на 2,4°C вищими, ніж в Києві.

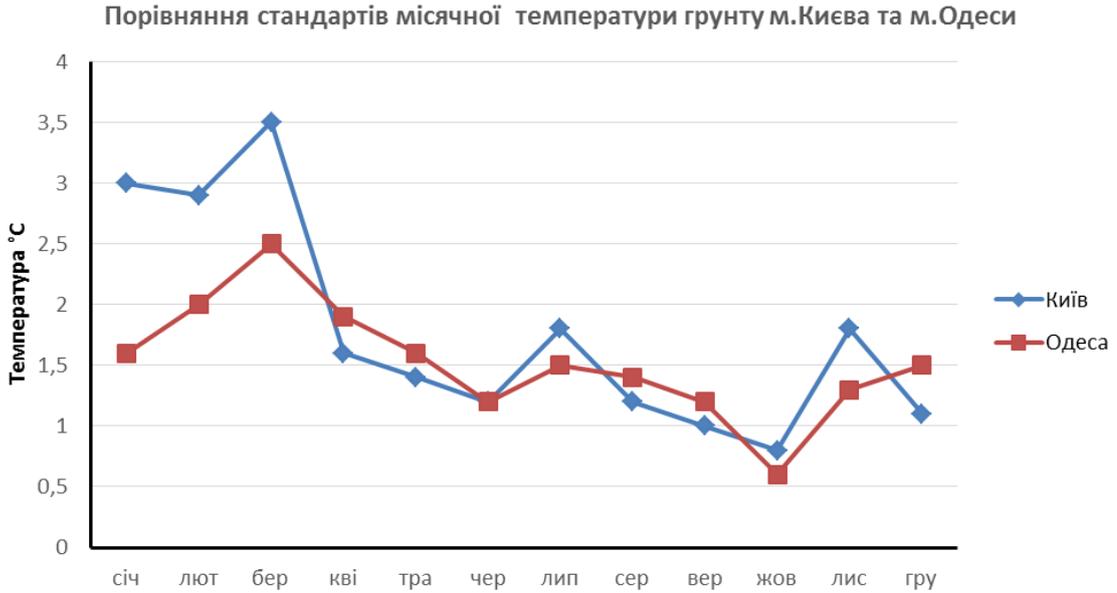


Рис. 2.2 Річні зміни стандартів місячної температури повітря

Річні зміни величин стандарту місячної температури повітря мають вигляд, зображений на рисунку 2.2. В зимово-весняні місяці стандарти температури повітря на метеостанціях Києва та Одеси досить сильно відрізняються, а в літні місяці стають значно меншими і зближуються.

Аналогічні порівняння середніх значень та стандартів температури поверхні ґрунту виконані на рисунках 2.3 і 2.4.

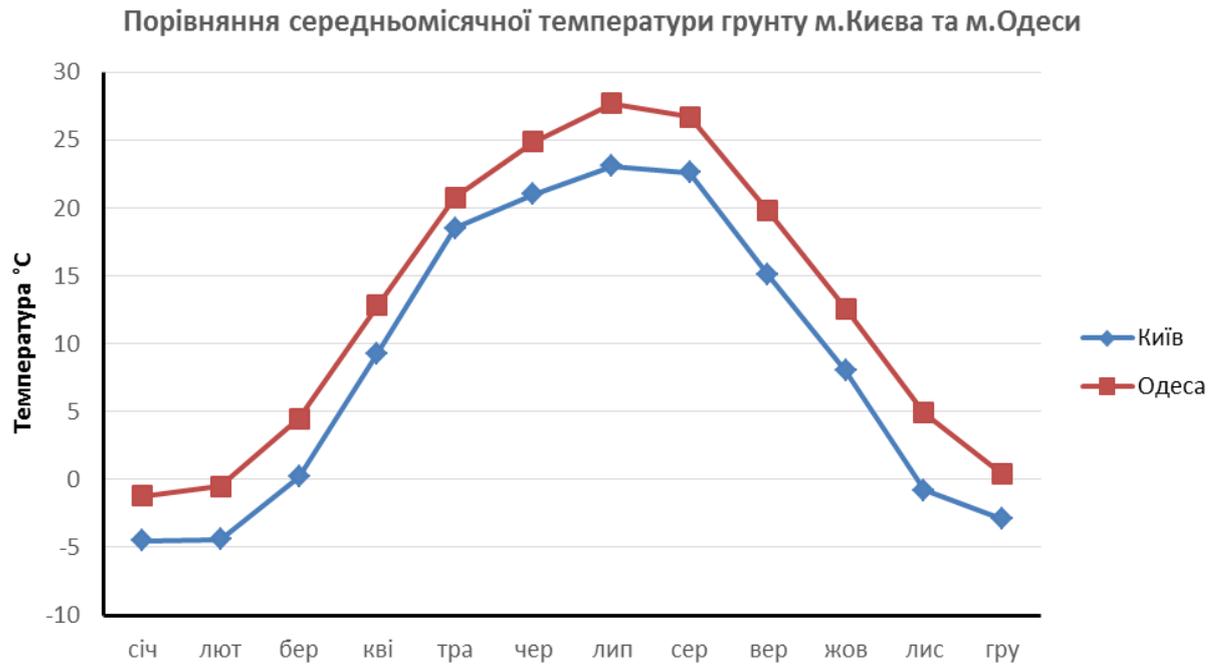


Рис. 2.3 Річні зміни середньої місячної температури ґрунту

Наведений графік має вказує на максимум середньомісячної температури ґрунту в липні й серпні та мінімум – у січні-лютому. Річний хід температури має однаковий характер для м. Києва та м. Одеси, але температури в Одесі є всередньому на  $4,6^{\circ}\text{C}$  вищими, ніж в Києві.

Річні зміни величин стандарту місячної температури ґрунту мають вигляд, зображений на рисунку 2.4. В зимово-весняні місяці стандарти температури повітря на метеостанціях Києва та Одеси досить сильно відрізняються, а в літні місяці стають меншими і зближуються.



Рис. 2.4 Річні зміни стандартів місячної температури ґрунту

З рисунків 2.1...2.4 видно, що на двох метеостанціях, розміщених на початку та в кінці автомобільної дороги Київ-Одеса, річні зміни статистичних характеристик температури повітря й поверхні ґрунту мають якісно близький характер, але їм притаманні значні кількісні відмінності. Це змушує детально дослідити територіальну мінливість характеристик температури повітря, ґрунту та поверхні автомобільної дороги Київ-Одеса.

Порівняння середньомісячних значень температури повітря й температури поверхні ґрунту на метеостанції Київ виконано на рисунку 2.5. З рисунка

видно, що температура ґрунту в літні місяці вища, ніж температура повітря, а в зимові місяці може бути нижчою за температуру повітря. Це пояснюється сонячною радіацією, яка влітку додатково нагріває поверхню ґрунту.

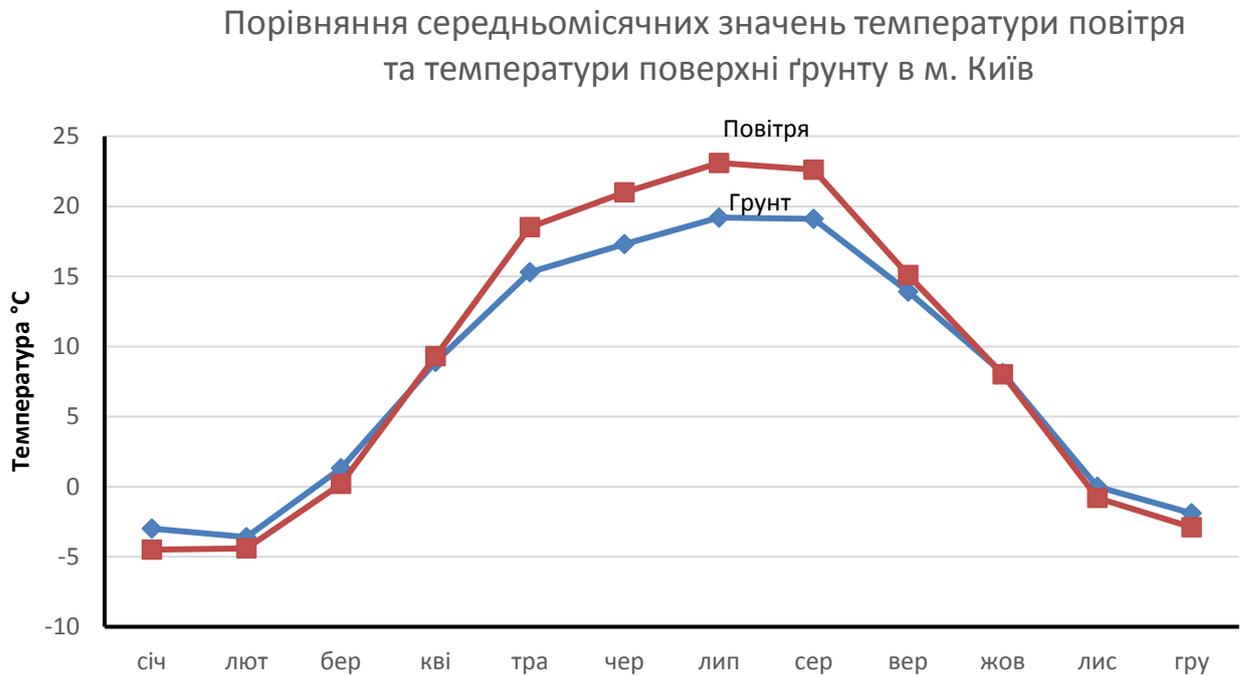


Рис. 2.5 Порівняння середньомісячних значень температури повітря та температури поверхні ґрунту

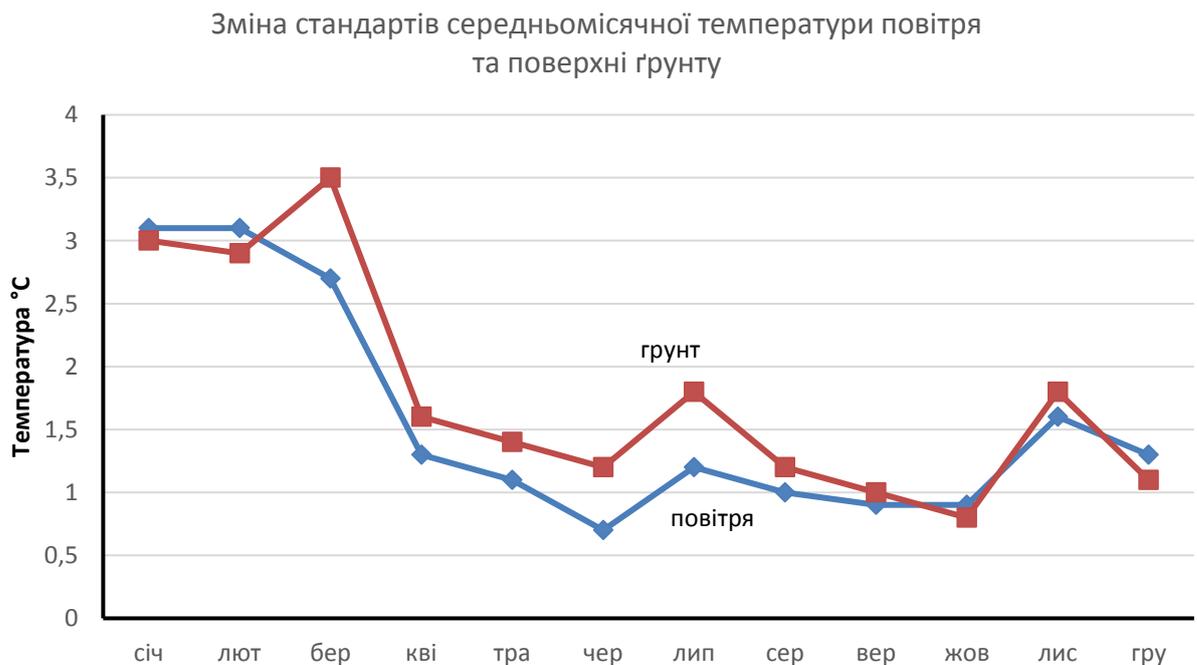


Рис. 2.6 Зміна стандартів середньомісячної температури повітря та поверхні ґрунту

Стандарти середньомісячної температури повітря й поверхні ґрунту змінюються більш хаотично (особливо стандарти температури поверхні ґрунту). Це видно з рисунка 2.6, де зображено річний хід стандартів середньомісячної температури повітря й поверхні ґрунту на метеостанції Київ. Можна відмітити, що в літні місяці стандарти менші, ніж у зимові. Більші стандарти температури поверхні ґрунту порівняно з температурою повітря в літні місяці також можна пояснити впливом сонячної радіації, яка вдень додатково нагріває ґрунт до температур, набагато вищих за температуру повітря. Уночі температури повітря й ґрунту вирівнюються, тому розмахи та стандарти температури ґрунту більші, ніж температури повітря.

## **2.2 Визначення статистичних характеристик поточних значень температури повітря, поверхні ґрунту та дорожнього одягу**

Метеорологічна інформація про температуру ґрунту отримана в результаті вимірювань за допомогою мінімальних, максимальних, біметалічних та електричних термометрів і в узагальненому вигляді подана в довіднику [42]. За результатами спостережень, проведених у період з 1975 року до 1995 року, в роботі [42] наведені статистичні характеристики середньомісячних значень температури повітря та поверхні ґрунту на 207-ми метеорологічних станціях України. База узагальнених метеорологічних показників, створена в середовищі Microsoft Excel, включає середні значення, стандарти, мінімальні та максимальні спостережені значення середньомісячних температур повітря й поверхні ґрунту.

У довіднику [42] та в базі даних з додатка А наведені середні значення та стандарти  $M_{CM}$  та  $S_{CM}$  середньомісячних значень температури повітря та

грунту, які отримані шляхом осереднення за 240 чи 244 результатами строкових вимірювань. Для детального прогнозування температурного режиму дорожнього покриття їх необхідно перерахувати в статистичні характеристики поточних результатів вимірювання температури. З теорії ймовірності відомо, що математичне сподівання середнього значення дорівнює математичному сподіванню вибірки поточних значень

$$M_C = M_{II},$$

а стандарт середнього значення вибірки з  $N_{II}$  даних дорівнює

$$S_C = \frac{S_{II}}{\sqrt{N_{II}}},$$

де  $S_{II}$  – стандарт вибірки поточних значень.

До формули (2.2) слід підставляти не просто обсяг вибірки поточних значень, а кількість  $N_{II}$  незалежних даних у цій вибірці [34]. Результати поточних вимірювань температури повітря та ґрунту, віддалені за часом на 3 год, є взаємно залежними, тобто автокорельованими. З монографії [35] відомо, що інтервал кореляції середньодобових значень температури повітря становить приблизно 3 доби. Добові зміни температури близькі до синусоїдального процесу, в якому можна вважати незв'язаними значення з інтервалом  $\frac{1}{2}$  доби (максимальні й мінімальні значення, які відображають добовий хід температури). Отже, кожна доба містить два незалежні значення температури, а кожна місячна вибірка – двадцять незалежних поточних значень температури (десять некорельованих діб по два значення). Тоді з формул (2.1) і (2.2) можна визначити статистичні характеристики вибірок поточних значень температури:

$$M_{IIM} = M_{CM}; \quad S_{IIM} = S_{CM} \sqrt{20} = 4,47 \cdot S_{CM}, \quad (2.3)$$

де  $M_{IIM}$  і  $S_{IIM}$  – математичне сподівання й стандарт поточних значень температури;

$M_{CM}$  і  $S_{CM}$  – математичне сподівання й стандарт вибірки середньомісячних значень температури.

Температура дорожнього покриття визначається температурою поверхні ґрунту та впливом сонячної радіації, яка додатково нагріває асфальтобетон. Зростання температури поверхні внаслідок дії сонячної радіації можна наближено оцінити за формулою з нормативного документа [9]:

$$\theta = 0,05 \times \rho \times S_{\max} \times k \times k_1, \quad (2.4)$$

де  $S_{\max}$  – максимальне значення сумарної (прямої і розсіяної) сонячної радіації, яке за таблицею норм [9] для горизонтальної поверхні дорівнює  $S_{\max} = 890 \text{ Вт/м}^2$ ;

$k = 1$  – коефіцієнт, що приймається за таблицею нормативного документа [7];

$k_1 = 0,4$  – коефіцієнт, прийнятий за таблицею норм [7] для товщини дорожнього полотна 15 – 39 см;

$\rho$  – коефіцієнт поглинання сонячної радіації матеріалом зовнішньої поверхні конструкції, що приймається за нормативним документом [12] залежно від фактури та кольору поверхні.

З метою переходу від температури поверхні ґрунту до температури земляного полотна оцінимо вплив сонячної радіації для трьох варіантів поверхні:

- трав'яний покрив, аналогічний штукатурці зеленого кольору з  $\rho = 0,6$ ;
- піщана або глиниста поверхня ґрунту, аналогічна до штукатурки кремового кольору з  $\rho = 0,4$ ;
- асфальтна поверхня земляного покриття з  $\rho = 0,9$ .

Розрахунки за формулою (2) дають такі результати для цих поверхонь:

$$\theta_1 = 0,05 \cdot 0,6 \cdot 890 \cdot 1 \cdot 0,4 = 10,68 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ – трав'яний покрив;}$$

$$\theta_2 = 0,05 \cdot 0,4 \cdot 890 \cdot 1 \cdot 0,4 = 7,12 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ – пісок;}$$

$$\theta_3 = 0,05 \cdot 0,9 \cdot 890 \cdot 1 \cdot 0,4 = 16,02 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ – асфальтобетон.}$$

Таким чином, температура асфальтобетонного покриття автомобільної дороги в літній період часу може бути на  $16,0-10,6=5,4^{\circ}\text{C}$  вищою за температуру поверхні ґрунту з трав'яним покривом та на  $16,0-7,1=8,9^{\circ}\text{C}$  вищою за температуру відкритої поверхні піщаного ґрунту, що дає середнє значення  $7,2^{\circ}\text{C}$ . Це середня різниця, яка відповідає усередненим характеристикам поверхонь і реалізується в сонячні безхмарні дні. За відсутності сонячної радіації різниця температур дороги й ґрунту дорівнює нулю. Закон розподілу різниці температур можна вважати близьким до рівномірного з інтервалом зміни  $7,2^{\circ}\text{C}$ . Згідно з даними роботи [34] математичне сподівання приросту температури дорівнює  $M_{\Delta} = 7,2^{\circ}\text{C}$ , а стандарт приросту температури  $S_{\Delta} = 7,2/3,46 = 2,1^{\circ}\text{C}$ . Середнє протягом доби зростання температури дороги порівняно з температурою ґрунту дорівнюватиме  $7,2^{\circ}\text{C}$ . Тоді за правилами додавання випадкових величин [34] та з урахуванням формул (1) статистичні характеристики температури асфальтобетонної поверхні дороги дорівнюють

$$M_D = M_G + M_{\Delta} = M_M + 7,2; \quad (2.5)$$

$$S_D = \sqrt{S_G^2 + S_{\Delta}^2} = \sqrt{20 \cdot S_M^2 + 2,1^2} = \sqrt{20 \cdot S_M^2 + 4}, \quad (2.6)$$

де  $M_M$  і  $S_M$  – середнє значення та стандарт середньомісячної температури поверхні ґрунту в заданому місяці року зі створеної бази даних.

Отримані статистичні характеристики дозволяють оцінити імовірності й тривалості перебування температури поверхні дорожнього одягу в заданих межах.

### 2.3 Вибір показників температурного режиму дорожнього одягу та методика їх визначення

У роботах [37, 38, 39, 40, 41] показано, що в якості показників температурного режиму експлуатації дорожнього одягу доцільно використовувати кількості небезпечно холодних і небезпечно спекотних днів протягом кожного місяця та року в цілому. Кількість небезпечно холодних днів визначає період часу, протягом якого асфальтобетон, виготовлений на основі бітуму з заданими характеристиками, стає крихким і тому може відбуватися розтріскування дорожнього одягу під динамічним впливом транспортних засобів, що призводить до утворення вибоїн і необхідності проведення ямкового ремонту. Небезпечно спекотні дні відповідають перевищенню температурою поверхні дорожнього одягу температури розм'якшення бітуму. Це призводить до розм'якшення асфальтобетону та до утворення напливів, зсувів та колійності під дією значних навантажень від коліс великовагових автомобілів. Вираження тривалості небезпечних періодів у днях на місяць ч протягом усього року є інтуїтивно зрозумілим показником, зручним для практичного використання при плануванні автомобільних перевезень.

Кількість небезпечно холодних днів, протягом яких у певному місяці року температура поверхні дороги буде нижчою за задану температуру  $X$ , можна визначити за формулою [34]

$$T_X = 30 \times F_D(M_D, S_D, X), \quad (2.7)$$

де 30 – кількість днів у місяці;

$F_D(M_D, S_D, X)$  – функція нормального розподілу температури поверхні дороги із числовими характеристиками (2.5), (2.6).

Кількість спекотних днів, протягом яких температура поверхні дороги перевищує задане значення  $X$ , визначається за формулою

$$T_C = 30 \times [1 - F_D(M_D, S_D, X)], \quad (2.8)$$

де 30 – кількість днів в місяці;

$F_d(M_d, S_d, X)$  – функція нормального розподілу температури дорожнього одягу

з математичним сподіванням  $M_d$  та стандартом  $S_d$  за формулами (2.5), (2.6).

Небезпека утворення ожеледі виникає при температурах поверхні дороги в межах від  $-5$  до  $0^\circ\text{C}$ . Кількість днів на місяць, протягом котрих реалізуються такі температури дорожнього полотна, можна розрахувати за формулою

$$T_o = 30 \times [F_d(M_d, S_d, 0) - F_d(M_d, S_d, -5)], \quad (2.9)$$

складові якої позначені вище.

Застосування запропонованої методики оцінювання температурного режиму експлуатації покриття автомобільних доріг проілюстровано прикладами розрахунку за даними метеостанції Київ, наведеними в додатку А та в таблиці 2.1. Згідно з нормами [1] територія м.Київ належить до району А-2, де для улаштування дорожнього одягу використовують бітуми марок БНД 60/90; БНД 90/130. Для них температури крихкості дорівнюють  $-12^\circ\text{C}$  і  $-15^\circ\text{C}$ , а температури розм'якшення  $-43^\circ\text{C}$  і  $-52^\circ\text{C}$ . Для бітуму марки БМП 60/90-52, модифікованому полімерами, температура крихкості дорівнює  $-15^\circ\text{C}$ , а температура розм'якшення  $+52^\circ\text{C}$ .

В таблиці 2.2 наведені кількості небезпечно холодних днів для температур крихкості  $-10^\circ\text{C}$ ,  $-12^\circ\text{C}$  та  $-15^\circ\text{C}$ , а також кількості небезпечно спекотних днів для температур розм'якшення  $+52^\circ\text{C}$ ,  $+47^\circ\text{C}$  та  $+43^\circ\text{C}$ . За даними таблиці збудовано рисунки 2.7 і 2.8, де відображено кількості небезпечно холодних та небезпечно спекотних днів у районі м. Київ для дорожнього одягу, виготовленого на основі бітумів трьох вказаних вище марок.

Таблиця 2.2

Кількості небезпечно холодних та небезпечно спекотних днів у районі м. Київ

Марка бітуму	Темп	Кількість холодних днів											
		БНД 60/90	-12	4,1 8	3,8 9	3,2 8	0	0	0	0	0	0,5 1	0,0 3
БНД 90/130	-15	2,8 8	2,6 2	2,3 4	0	0	0	0	0	0,2 0	0,0 0	8,04	2,8 8
БМП 60/90-52	-15	2,8 8	2,6 2	2,3 4	0	0	0	0	0	0,2 0	0,0 0	8,04	2,8 8
	Темп	Кількість спекотних днів											
БНД 60/90	47	0,0 2	0,0 1	0,1 8	0,0 0	0,0 2	0,0 2	0,6 6	0,0 4	0	0	0,94	0,6 6
БНД 90/130	43	0,0 4	0,0 3	0,3 6	0,0 1	0,1 3	0,1 5	1,8 9	0,3 2	0	0	2,92	1,8 9
БМП 60/90-52	52	0,0 0	0,0 0	0,0 7	0,0 0	0,0 0	0,0 0	0,1 3	0,0 0	0	0	0,21	0,1 3

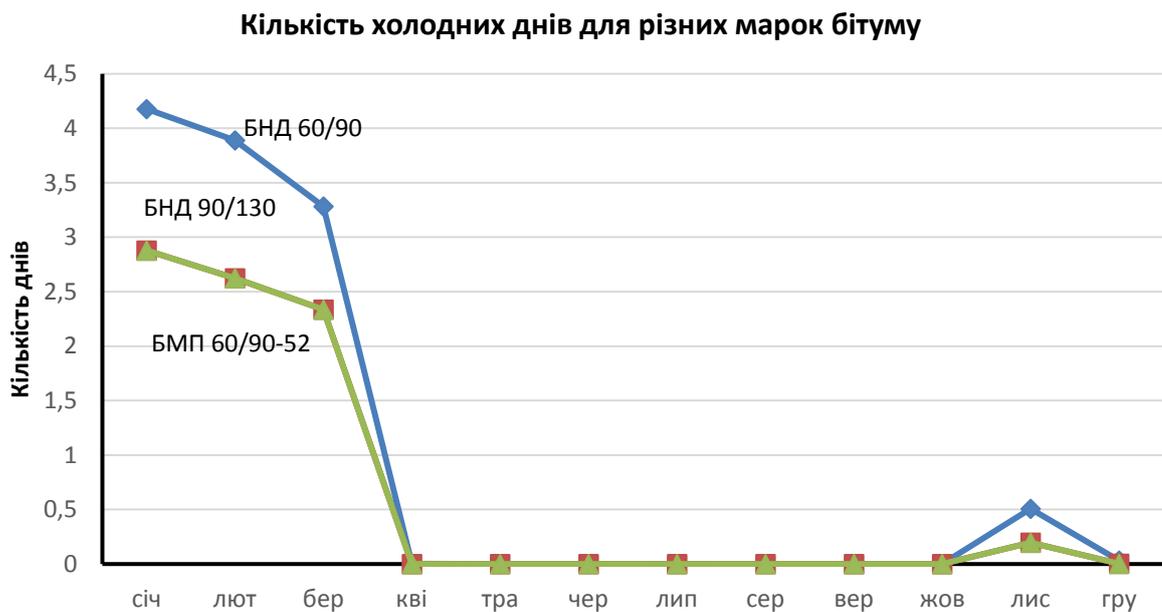


Рис. 2.7 Кількість холодних днів з температурою дороги, нижчою від температури крихкості бітумів

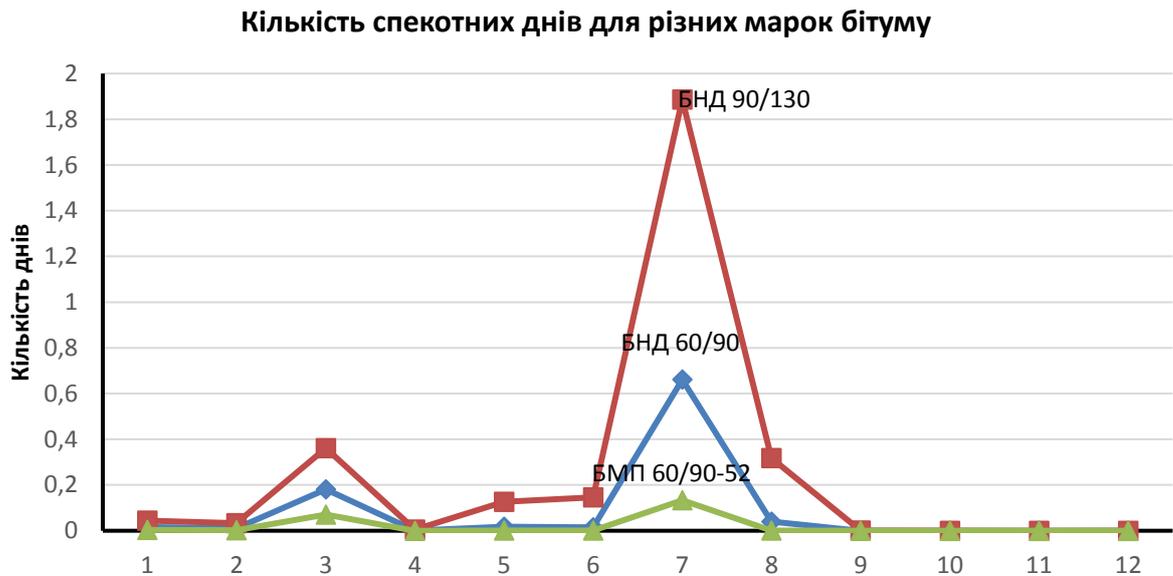


Рис. 2.8 Кількість спекотних днів з температурою дороги, вищою від температури розм'якшення бітумів

З таблиці 2.2 та рисунків 2.7 і 2.8 видно, що температурний режим дорожнього одягу має чітко виражену сезонну мінливість і сильно залежить від марки використаного бітуму. Найбільша кількість небезпечно холодних днів реалізується в січні і при використанні асфальтобетонних сумішей на основі бітуму БНД 60/90 може сягати 4,2 днів на місяць. Використання бітуму БНД 90/130 та полімерно модифікованого бітуму БМП 60/90-52 призводить до зменшення кількості небезпечно холодних днів до 2,9 дня протягом січня. Сумарна річна тривалість холодного періоду, коли може спостерігатися крихкість асфальтобетону, складає 11,9 дня для бітуму БНД 60/90 та 8,0 днів для бітумів БНД 90/130 і БМП 60/90-52.

Кількість небезпечно спекотних днів у липні, протягом яких температура поверхні дороги в районі м. Київ перевищує температуру розм'якшення бітуму БНД 90/130, сягає 1,9 дня. Використання бітуму БНД 60/90 зменшує цю кількість до 0,7 дня на місяць, а для модифікованого бітуму БМП 60/90-52 липнева кількість небезпечно холодних днів дорівнює 0,13.

Отже, використання сучасних бітумів, модифікованих полімерами, знижує тривалість періодів, потенційно небезпечних для дорожнього одягу.

## **2.4 Урахування географічного положення метеостанцій відносно траси автомобільної дороги**

У розділі 3 показано, що наявні метеостанції не зовсім рівномірно розподілені уздовж траси дослідженої дороги, а деякі з них розташовані на відстані до 100 км убік від траси. На таких відстанях вже може проявлятися закономірна територіальна мінливість показників температурного режиму. Вказані особливості спонукають до аналізу територіальної мінливості показників температури як уздовж дороги, так і в поперечному напрямку. Можливу методику такого коригування даних метеостанцій з їх приведенням до траси дослідженої автомобільної дороги Київ-Одеса розробимо на прикладі даних про середню температуру повітря та ґрунту, яка є визначальним фактором впливу на температурний режим дорожнього одягу. Середньорічні температури повітря та поверхні ґрунту на 22 метеостанціях, обраних для дослідження та описаних в розділі 3, наведені в таблиці 2.3. Там же вказані координати уздовж дороги та відстані від кожної метеостанції до траси дороги, запозичені з таблиці 3.4.

Таблиця 2.3

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

№ п/п	Метеостанція	Координата уздовж дороги, км	Відстань від дороги, км	Середньорічна температура повітря	Середньорічна температура ґрунту
1	Київ	0	0	7,78	8,16
2	Тетерів	0	94	7,46	8,86
3	Вишгород	0	27	8,25	9,55
4	Бориспіль	4,1	-29	7,54	9,02
5	Баришівка	4,1	-66	7,33	8,29
6	Фастів	47,1	30	7,51	8,78
7	Біла Церква	86,7	-1	7,66	8,97
9	Миронівка	93,9	-66	7,79	9,58
11	Жашків	148	-1	7,44	8,08
10	Липовець	148	89	6,97	8,68
12	Озерна	158	-75	7,66	9,10
13	Умань	212	4	7,65	8,75
14	Гайсин	212	66	7,82	7,41
15	Гайворон	247	32	7,88	9,00
16	Помошна	270	-98	8,07	10,30
17	Первомайськ	320	-72	8,92	10,50
18	Затиштя	363	42	9,01	10,91
19	Любашівка	409	42	8,54	10,76
8	Роздільна	431	32	9,43	11,09
20	Березанка	464	-86	9,99	11,46
21	Одеса	475	0	10,16	12,78
22	Одеса Обсерват	475	0	10,16	12,76

Залежності середньорічних температур повітря й поверхні ґрунту від координат розміщення метеостанцій уздовж та впоперек траси автомобільної дороги наведені на рисунках 2.9 і 2.10.

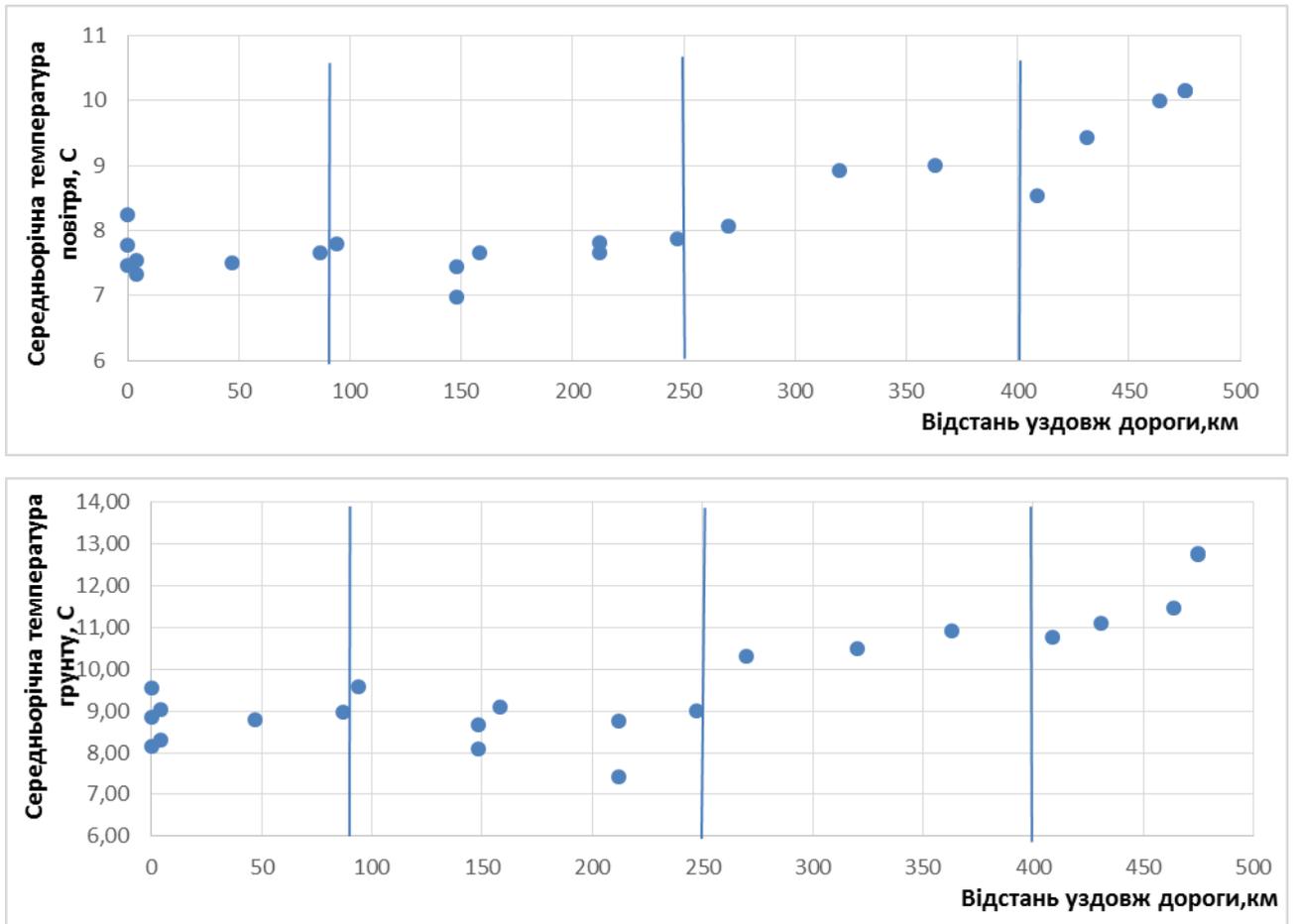


Рис. 2.9 Залежності середньорічної температури повітря й ґрунту від координати метеостанції уздовж дороги

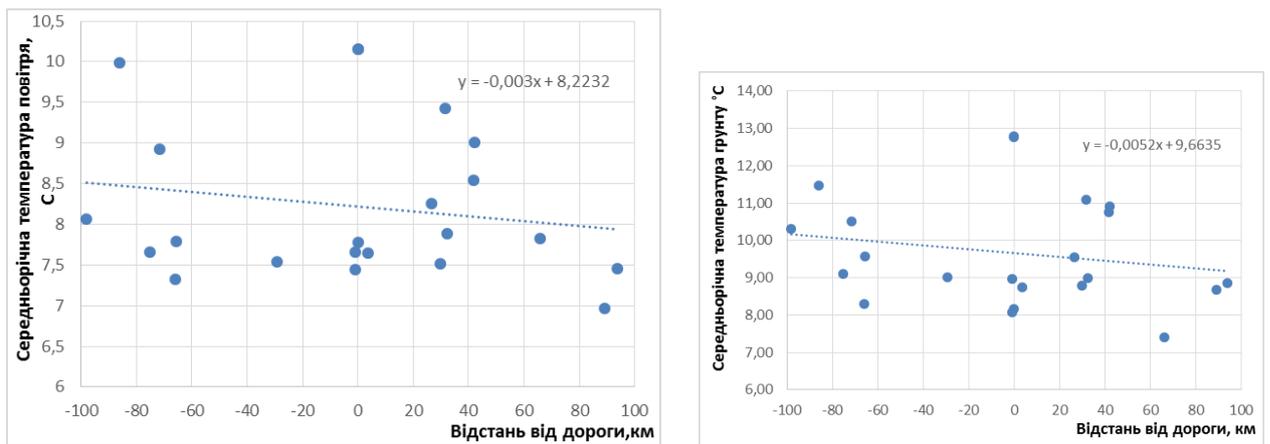


Рис. 2.10 Залежності середньорічної температури повітря й ґрунту від координати метеостанції уперек траси дороги

З рисунка 2.9 видно, що температура повітря та поверхні ґрунту зростає від Києва до Одеси на  $3...5^{\circ}\text{C}$ . Це цілком значимі зміни, які істотно впливають на температурний режим експлуатації дорожнього одягу і повинні враховуватися в подальших дослідженнях. Випадкові коливання даних окремих метеостанцій спонукають до узагальнення параметрів температурного режиму шляхом локального осереднення. Для цього вся траса автомобільної дороги розділена на відрізки довжиною близько  $100...150$  км, межі яких узгоджені з межами кліматичних районів за картою [1]. Межі цих ділянок відмічені на графіках з рисунка 2.9:

- 0...90 км (Київ – Біла Церква, 7 метеостанцій) – район А-2;
- 90...250 км (Миронівка – Гайворон, 7 метеостанцій) – район А-4;
- 250...400 км (Помошна – Затиштя, 3 метеостанції) – район А-4;
- 450...475 км (Любашівка – Одеса, 5 метеостанцій) – район А-5.

Для кожного з цих відрізків слід обчислити середнє значення дослідженого показника за даними метеостанцій, що належать до цього відрізка. Такий підхід дозволить відобразити закономірні зміни показників температурного режиму уздовж траси дороги, абстрагуючись від випадкових коливань даних окремих метеостанцій.

Зміни середньорічних температур уперек траси дороги зображені на графіках з рисунка 2.10. З показаних на рисунку ліній тренду видно, що в межах полоси шириною  $200$  км, у якій розміщуються обрані метеостанції, середньорічні температури повітря змінюються на  $0,5^{\circ}\text{C}$ , а ґрунту на  $0,9^{\circ}\text{C}$ . Незначні зміни, відображені на графіках, можна пояснити однаковою широтою метеостанцій, розміщених на одній відстані від початку дороги, абе по різні сторони від неї, тоді як кліматичні температури змінюються з півночі на південь. Виявлені закономірності дозволяють не враховувати територіальну мінливість параметрів температурного режиму в напрямку, перпендикулярному трасі автомобільної дороги Київ-Одеса, і не коригувати дані окремих метеостанцій з урахуванням їх віддаленості від дороги.

## 2.5 Висновки з розділу

1. Статистичні характеристики поточних значень температури повітря, поверхні ґрунту та дорожнього одягу можна визначити через статистичні характеристики середньомісячних значень цих температур.
2. В якості основних 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 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 реалізовані в середовищі Microsoft Excel у вигляді робочого аркуша з введеними вихідними даними та розрахунковими формулами.
4. Параметри температурного режиму, встановлені за даними окремих метеостанцій, неістотно змінюються в напрямку поперек дороги і не вимагають коригування з урахуванням відстані від кожної метеостанції до дороги.
5. Загальні закономірності зміни параметрів температурного режиму дорожнього одягу уздовж дороги слід виявляти шляхом локального осереднення даних метеостанцій для чотирьох відрізків дороги, межі яких співпадають з межами температурних районів за ДБН В.2.3-4:2015 "Споруди транспорту. Автомобільні дороги".

### РОЗДІЛ 3

## ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ АНАЛІЗУ ПОКАЗНИКІВ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ АВТОДОРОГИ КИЇВ-ОДЕСА

### 3.1 Географічна характеристика зони автомобільної дороги Київ-Одеса

Автомобільна дорога державного значення М-05 Київ-Одеса має загальну протяжність 479,4 км, включаючи обхід м.Одеси - 24,6 км і є частиною дев'ятого МТК і транспортного коридору Балтійське море - Чорне море. Загальна схема дороги наведена на рисунку 3.1.

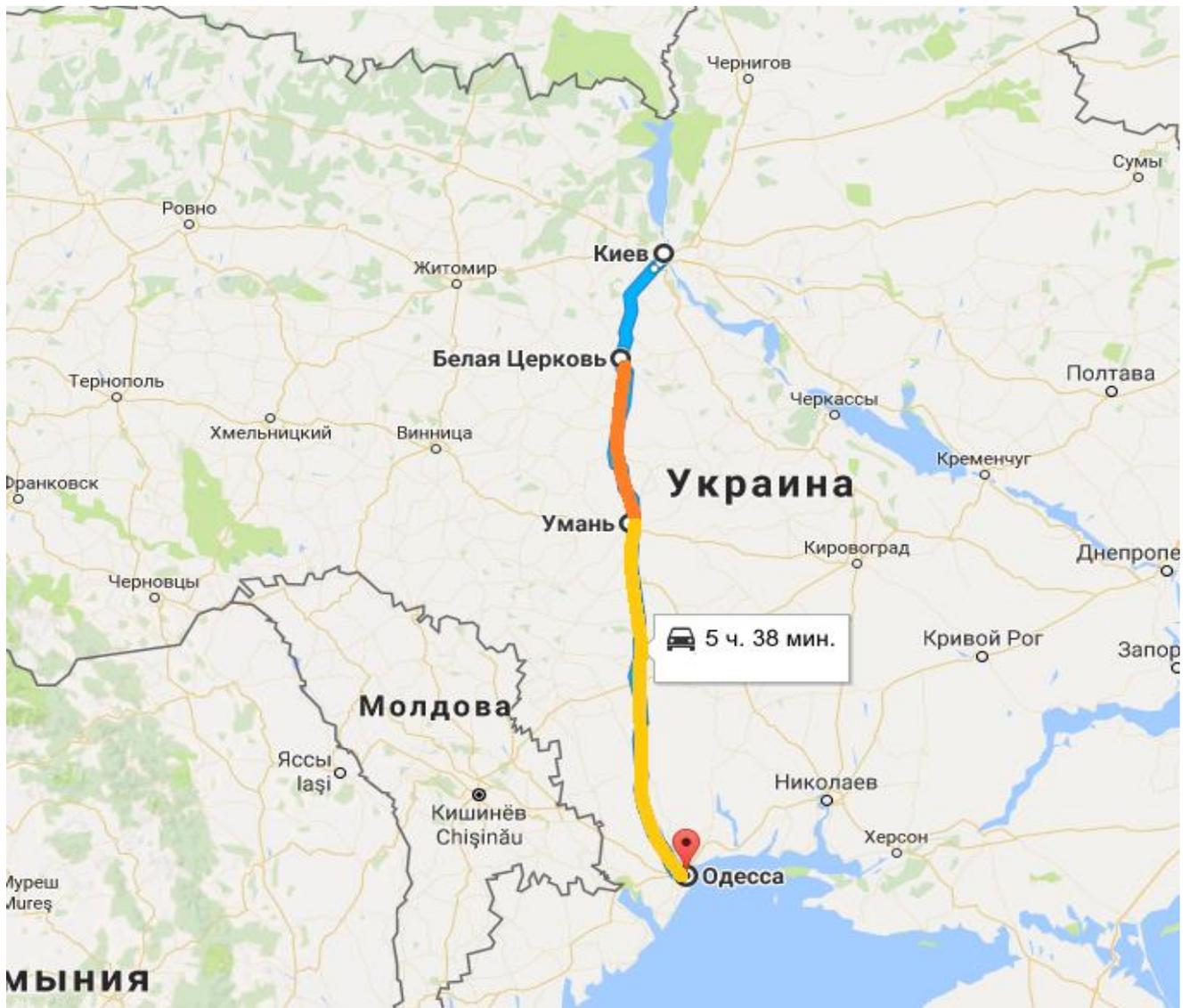


Рис. 3.1 Схема автомобільної дороги Київ-Одеса

Основна ділянка магістралі - від Жашкова до Червонознам'янки - була побудована в 50-60-х роках ХХ століття і своїми характеристиками (ширина 7,5 м, дві смуги руху, старе асфальтове покриття) давно не відповідає вимогам сьогодення. Передбачалося провести якнайшвидшу реконструкцію саме цього 236-кілометрової ділянки другої технічної категорії. Тим більше, що ділянки дороги від Києва до Жашкова і від Одеси до Червонознам'янки були раніше доведені дорожниками до першої технічної категорії.

Автомобільна дорога Київ-Одеса проходить по території Кивської (142 км), Черкаської (95,4 км), Кіровоградської (49,1 км), Миколаївській (23,6 км) та Одеській (165,8 км) областей. Рельєф місцевості, по якій прокладено дорогу, дуже різноманітний. Уздовж траси з двох сторін розміщені комунікації: водовід Дніпро-Рось-Умань, кабелі зв'язку, лінії електропередач. На багатьох ділянках існуюча автомагістраль проходить вулицями населених пунктів (Бузівка, Соколівка, Умань, Ульянівка, Старі Маяки, Новогригорівка) і не має огорожень, тротуарів, освітлення. Це в значній мірі впливає на умови руху автотранспорту.

З метою розвитку міжнародного транспортного коридору № 9 Верховною Радою України в 2003 році було прийнято Закон України «Про реконструкцію та експлуатацію на платній основі автомобільної дороги Київ-Одеса. Це будівництво відоме багатьом українцям під назвою «Будівництво автобану Київ-Одеса». Протяжність ділянки, яка підлягала реконструкції, становила 219 км, загальна вартість робіт - 3,9 млрд грн. Реконструкція почалася на 118 ділянках автодороги в Черкаській, Кіровоградській, Миколаївській і Одеській областях. До робіт було залучено 63 дорожньо-будівельні і спеціалізовані мостобудівні організацій, з українських дорожньо-будівельних та мостобудівних підприємств, будівельні підрозділи Укрзалізниці, залізничні війська, будівельні фірми з Туреччини, Білорусі, Фінляндії, Німеччини та Македонії, а також автотранспортні механізми підрозділів ВАТ ДАК «Автомобільні дороги України» з усієї України, понад 1780 одиниць техніки. На реконструкцію автомобільної дороги

Київ-Одеса здійснювалися запозичення на зовнішньому фінансовому ринку. У 2004 році було отримано кредит «Deutsche Bank AG» в розмірі \$480 млн.

Збудовано 11 мостів, 29 шляхопроводів, 29 транспортних вузлів-розв'язок. Ширина проїжджої частини -2 смуги по 7,5 м кожна, ширина розділюваної смуги - 6 метрів, ширина земляного полотна 28,5 метра. Розрахункові навантаження - 11,5 тонн на вісь. Розрахункова швидкість автомобільного транспорту - 140 км/год.

Автомобільну дорогу Київ-Одеса доцільно розділити на декілька ділянок, показаних на карті з рисунка 3.1. Найважливіші дорожні споруди, характерні для цієї дороги, описані нижче.

#### *Ділянка Київ-Біла Церква.*

Ділянка Київ-Біла Церква має 4-6 смуг руху (по 2-3 в кожен бік). Проходить територією м. Київ, а також Києво-Святошинського, Васильківського та Білоцер-ківського районів Київської області.

**Київ.** На виїзді з Києва автошлях М05 починається на проспекті Академіка Глушкова (рисунок 3.2), який є продовженням автошляху Е95. Біля житлового масиву Теремки в районі населених пунктів Чабани (15 км) та Віта-Поштова (19 км, 20 км) автошлях має надземні пішохідні мости.

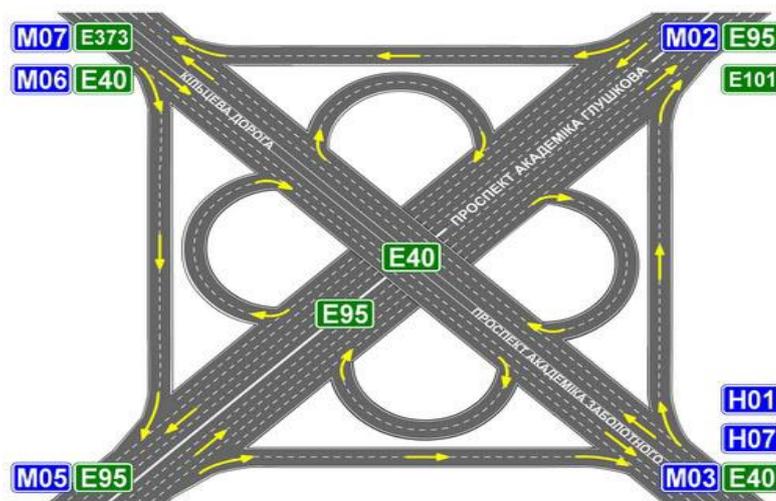


Рис. 3.2 Дорожня розв'язка на автошлях М05 в межах міста Києва

**Васильків.** Автошлях М 05 оминає Васильків через Глеваху. У 2006 році на 26 км автошляху збудовано транспортний вузол загальною вартістю 29,66 млн гривень, який включає в себе міст, що є продовженням дороги «Київ-Васильків». Це дозволило розмежувати транспортні потоки «Київ-Одеса» (інтенсивність руху 13 550 авто на добу) та «Київ-Васильків» (інтенсивність руху 6 940 авто на добу). В районі населеного пункту Глеваха автошлях має надземний пішохідний міст (27 м) та безпосередньо межує із залізничною станцією Глеваха (28 км).

**Митниця.** Транспортний вузол (44 км) - перетин з автошляхом Р19 (Фастів - Митниця - Обухів - Ржищів - Канів).

**Біла Церква.** Автошлях М05 оминає Білу Церкву зі східної частини міста. На даній ділянці дороги розташовані кілька транспортних вузлів.

· Транспортний вузол (78 км) - перетин з в'їзною дорогою в Білу Церкву. На початку транспортної розв'язки розташований пункт ДАІ.

· Транспортний вузол (86 км) - перетин з Автошляхом Р32 (Кременець - Біла Церква - Ржищів - Канів).

· Залізничний міст (87 км).

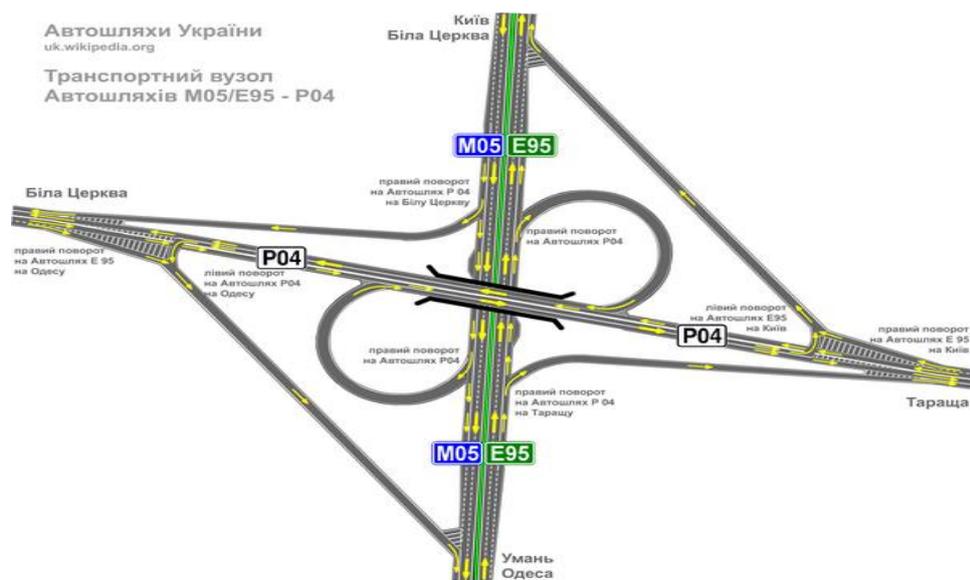


Рис.3.3 Схема транспортного вузла на 94 км Автошляху М05 біля Білої Церкви

Транспортний вузол (94 км) - перетин з Автошляхом Р04 (Київ - Фастів - Біла Церква -Звенигородка) зображений на рисунку 3.3.

#### ***Ділянка Біла Церква-Умань.***

Ділянка Біла Церква-Умань має 4-6 смуг руху. Проходить територією Білоцерківського, Ставищанського районів Київської області та Жашківського, Уманського районів Черкаської області. Проходить поблизу населених пунктів Жашків та Умань та має два транспортних вузли:

- Транспортний вузол - перетин з Автошляхом Н16 (Золотоноша - Черкаси - Сміла - Умань)

- Транспортний вузол - перетин з Автошляхом М12.

#### ***Ділянка Умань – Одеса.***

На даній ділянці проходить через населений пункт Благовіщенське там має поблизу Транспортний вузол - перетин з Автошляхом Р06 (Благовіщенське - Миколаїв).

Дорога також проходить через населений пункт Любашівка (308 км). Любашівка - селище міського типу, районний центр Одеської області, де знаходиться транспортний вузол - перетин із залізничною лінією Подільськ - Первомайськ та Автошляхом М13.

### **3.2.Технічна характеристика об'єкта дослідження**

До складу автомобільної дороги Київ-Одеса входять 12 мостів та 29 шляхопроводів, 133 водопропускні труби, 29 транспортних розв'язок в різних рівнях. Проектно-кошторисною документацією передбачено перевлаштування значної кількості комунікацій, які попадають в зону будівництва, в тому числі 2 газопроводи високого тиску, виконані роботи по відведенню земель і оцінці будівель, що підлягали знесенню. Об'єми земляних робіт на дорозі склали близько 22 млн. м<sup>3</sup>. Виконані досить складні роботи по проектуванню конструкції земляного полотна насипів і виїмок на ділянках із

складними інженерно – геологічними і гідрологічними умовами, укріплення укосів земляного полотна і мережі дренажів.

Конструкція дорожнього одягу на автомобільній дорозі Київ-Одеса запроектована з використанням набутого досвіду вітчизняного дорожнього будівництва та з урахуванням кращих світових зразків. Створення міцної конструкції та необхідної рівності покриття стало можливим за рахунок принципово нових підходів до конструювання, з використанням в шарах дорожнього одягу сучасних матеріалів, які у поєднанні із застосуванням новітніх технологій при будівництві гарантують високу якість покриття.

В місцях перетину річок, залізниць і автодоріг з високою інтенсивністю руху запроектовано 2 мости та 29 шляхопроводів.

Мости і шляхопроводи, які розташовані на основній дорозі, в перше в Україні розраховані на пропуск рухомого навантаження класу А-15. Основні статичні схеми штучних споруд температурно-нерозрізні, окремі нерозрізні та рамні. Прольотні будови виконані із залізобетону, збірного залізобетону та сталі-залізобетонні. Опори споруд монолітні та збірно-монолітні. Основи фундаментів виконані із застосуванням забивних і буро набивних паль. Гідроізоляція плити прольотної будови виконана наплавленою.

Для забезпечення високої якості і довговічності штучних споруд на автодорозі Київ-Одеса в проектах широко застосовані сучасні матеріали, конструкції та технології.

Одним із вразливих і слабких місць при експлуатації штучних споруд, побудованими за діючими типовими проектами і традиційними рішеннями, є мостове полотно, куди входять в першу чергу гідроізоляція, деформаційні шви, система водовідводу, конструкція покриття, захисних шарів, відсутність антикорозійного захисту бетону, недостатній антикорозійний захист металевих конструкцій.

Деформаційні шви прольотних будов передбачені герметичні, переважно щебенево-мастичні, на основі бітумно-полімерних матеріалів, які

влаштовуються за спеціальною технологією, та, для більших переміщень, металево-резинові, типу „Maurer”.

Для захисту несучих конструкцій прольотної будови застосована сучасна гідроізоляція, що наплавляється, типу "Споліміст", "Флекстер-Тестудо", "Мостопласт" та інші. Для забезпечення надійного і довговічного приклеювання до основи бетону вирішено застосовувати не вирівнюючі шари, а отримувати якісну бетонну поверхню при бетонуванні монолітної залізобетонної плити проїзної частини.

Для збільшення міжремонтних термінів і можливості ремонтувати покриття без порушення цілісності гідроізоляції, конструкцію покриття на штучних спорудах прийнято товщиною 12 см (проти 7 см за типовими рішеннями), з одним захисним шаром товщиною 4 см та двома верхніми шарами із щільного дрібнозернистого модифікованого асфальтобетону товщиною по 4 см.

Застосоване сучасне покриття на тротуарах і службових проходах із поліуретанових композицій товщиною від 3 до 7 мм не тільки зменшує навантаження на споруду порівняно з традиційним асфальтобетонним покриттям, а й надійно захищає плити тротуару від водно-солевих розчинів.

Водовідвід з проїзної частини і тротуарів передбачений за рахунок поздовжнього і поперечного ухилів, причому останній направлений до водовідвідних трубок як і водовідвідної частини, так і з поверхні тротуарів. В водовідвідних пристроях широко застосовані пластикові труби. На шляхопроводах через основний проїзд передбачено улаштування колекторів та ув'язка їх з основною мережею водовідводу дороги.

На штучних спорудах автомобільної дороги для металевих конструкцій застосовані фарби з захисними функціями по довговічності не менше 10 років (в більшості 12...15 років), на основі акрилових і поліуретанових композицій. Передбачено, що бар'єрна огорожа і перила будуть оброблятися гарячим або холодним оцинкуванням, а потім деякі елементи, наприклад, перила і стійки, фарбуватись.

Для забезпечення безаварійного руху автотранспортних засобів проектною документацією передбачено:

- влаштування додаткових смуг на підйом в місцях з поздовжнім похилом більше 35‰;
- укріплення узбіччя асфальтобетоном;
- влаштування площадок для стоянки автомобілів;
- будівництво транспортних розв'язок в різних рівнях у місцях перетину значних потоків автотранспорту;
- влаштування металевих бар'єрного огороження на узбіччях і розділювальній смузі;
- організація штучного освітлення дороги на ділянках, що проходять в межах населених пунктів;
- встановлення знаків з плівкою, що має високі світлоповертальні характеристики;
- влаштування дорожньої розмітки із фарб і матеріалів, що мають високі зносостійкі та світлоповертальні характеристики.

Широко застосовуються геосинтетичні матеріали, які використовувались при будівництві земляного полотна в основі насипу на слабких ґрунтах, для розділення різних видів ґрунтів, для укріплення укосів та для формування укосів насипу з більшою крутизною на ділянках "вузьких" місць. Крім того синтетичні сітки застосовані для армування асфальтного покриття з метою попередження виникнення тріщин в місцях перекриття цементобетонного покриття.

В умовах прискореного будівництва дороги знайшли своє застосування і штучні споруди із металевих гофрованих конструкцій: труби, скотопрогони, підземні переходи.

Проектною документацією передбачено влаштування асфальтобетонної суміші, що виготовлена із застосуванням модифікованих бітумів. Для забезпечення необхідної рівності і міцності покриття шарів асфальтобетону вкладаються на основу із щебеневої суміші, оброблену цементом широкозахватними асфальтоуклада-льниками із направляючими пристроями.

Серед елементів безпеки руху, що використані при будівництві, передбачено металеве бар'єрне огородження з антикорозійним захистом, дорожні знаки з підвищеною світлоповертальною здатністю, полімерні напрямні стовпчики, світлоповертаючі елементи (катафоти) нового покоління високої якості, що встановлюються на огороженні і направляючих стовпчиках.

Одним із найважливіших завдань, що ставилося перед проектувальниками, було створення проекту, що за своїми рішеннями і характеристиками передбачав зниження екологічного навантаження на довкілля як при будівництві, так і при утриманні дороги. Цього вдалося досягти за рахунок створення проектної документації і реалізації при будівництві комплексу рішень і конструктивів.

Уже саме будівництво автомобільної дороги з чотирма смугами руху, яка в повздовжньому профілі має похили не більше 35% (проти існуючих 60%) дозволить автомобілям рухатись без частих змін режиму руху, що в свою чергу суттєво зменшить загазованість і викиди в атмосферу шкідливих речовин-відходів палива.

В процесі реконструкції підлягає вирубці значна частина природних посадок. При цьому слід відмітити, що на сьогодні дерева мають значний вік і втратили свою архітектурну, декоративну і функціональну привабливість. Проектом передбачені кошти на посадку дерев взамін тих, що вирубаються.

Застосування в нижніх шарах дорожнього одягу відвального шлаку сприяло зменшенню шлакових відвалів в багатьох місцях України. Для розширення дороги максимально використовувалась існуюча смуга відводу дороги. І тільки на основі детальних техніко-економічних порівнянь дорога проектувалась по новому напрямку, при цьому відношення до довкілля було на рівні кращих світових зразків. Передбачені скотопрогони, відстійники для очистки води, протишумові екрани, протиерозійні заходи, тощо. На ділянках, де дорога проходить в межах населених пунктів, проектами передбачено влаштування протишумових екранів.

Згідно [1], додаток Г, прямуючи з півночі на південь, траса автомобільної дороги перетинає Центральну та Південну дорожньо-кліматичні зони (II, III). Згідно [1], додаток Д, траса автомобільної дороги перетинає 3 кліматичних райони за умовами роботи асфальтобетонного покриття (А-2, А-4, А-5).

В геоморфологічному відношенні ділянка автомобільної дороги перетинає геоморфологічну область Придніпровської височини в районі Київської лесової рівнини з інтенсивним придолинним розчленуванням та область Середньодніпровської терасової рівнини в районі Придніпровської алювіальної низовини.

Основу земляного полотна складають четвертинні воднольодовикові, алювіальні та елювіальні й еолово-делювіальні відклади, на окремих ділянках дороги зустрічаються озерно-болотні утворення. Літологічно вищеназвані відклади представлені: супісками пилюватими твердої та пластичної консистенції; супісками лесовидними, твердими; суглинками легкими та важкими, пилюватими і піщанистими; пісками пилюватими, дрібними та середньої крупності, різного ступеню водонасичення, щільними та середньої щільності; глинами легкими та важкими; торфом.

### **3.3 Мережа метеостанцій та її якісний аналіз**

Для аналізу температурного режиму дорожнього одягу автомобільної дороги Київ-Одеса з довідника [42] відібрано 22 метеостанції, які розташовані в полосі шириною близько 200 км уздовж дороги. Дані, що характеризують географічне положення метеостанцій, їх висоту над поверхнею моря, райони за умовами роботи асфальтобетонного покриття за [1], середньорічні значення температури повітря та ґрунту та зони відповідно діючих нормативних документів наведені в таблиці 3.4, а розміщення метеостанцій зображене на карті з рисунка 3.5.



Таблиця 3.4

## Мережа метеостанцій уздовж дороги Київ-Одеса

Прелік станцій	Висота, м	Відстань уздовж дороги, км	Відстань від дороги, км	Середньорічна температура повітря, °С	Середньорічна температура ґрунту, °С	Зона за СНиП 2.05.02-85*	Зона за ДБН В.2.3-4:2015
Київ	166	0	0	7,78	8,16	II	A-2
Тетерів	132	0	94	7,46	8,86	II	A-2
Вишгород	112	0	27	8,25	9,55	II	A-3
Бориспіль	121	4,1	-29	7,54	9,02	II	A-3
Баришівка	98	4,1	-66	7,33	8,29	II	A-3
Фастів	208	47,1	30	7,51	8,78	II	A-2
Біла Церква	179	86,7	-1	7,66	8,97	II	A-2
Миронівка	151	93,9	-66	7,79	9,58	II	A-4
Жашків	235	148	-1	7,44	8,08	III	A-4
Липовець	298	148	89	6,97	8,68	III	A-4
Озерна	214	158	-75	7,66	9,10	III	A-4
Умань	214	212	4	7,65	8,75	III	A-4
Гайсин	210	212	66	7,82	7,41	III	A-4
Гайворон	150	247	32	7,88	9,00	III	A-4
Помошна	214	270	-98	8,07	10,30	III	A-4
Первомайськ	105	320	-72	8,92	10,50	IV	A-4
Затиштя	193	363	42	9,01	10,91	IV	A-4
Любашівка	181	409	42	8,54	10,76	IV	A-5
Роздільна	146	431	32	9,43	11,09	IV	A-5
Березанка	45	464	-86	9,99	11,46	IV	A-5
Одеса	42	475	0	10,16	12,78	IV	A-5
Одеса Обсерват	42	475	0	10,16	12,76	IV	A-5

Таблиця 3.4 разом з картою 3.5 дають змогу відслідкувати зміни основних географічних та кліматичних параметрів обраних метеостанцій залежно від їх положення відносно дороги.

Розподіл метеостанцій за кліматичними районами ДБН [1] наочно показаний на рисунку 3.6. Майже половина (45%) метеостанцій знаходиться в районі А-4, а 23% – в районі А-5. Тобто більша частина дороги знаходиться в центральній та південній частині України, де показники температури повітря та ґрунту є вищими порівняно з північними районами. Це може викликати

небезпеку розм'якшення асфальтобетону в літній період. Дані метеостанцій з району А-3 доцільно об'єднати з метеостанціями з району А-2, тому що сама дорога реально проходить по території кліматичного району А-2, що видно з карти на рисунку 3.4.

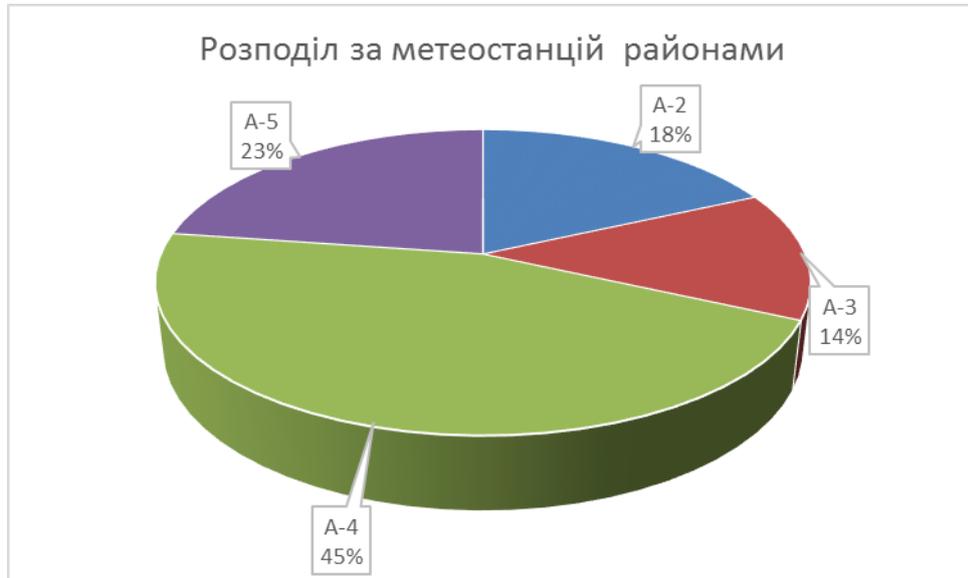


Рис.3.6 Розподіл метеостанцій за кліматичними районами

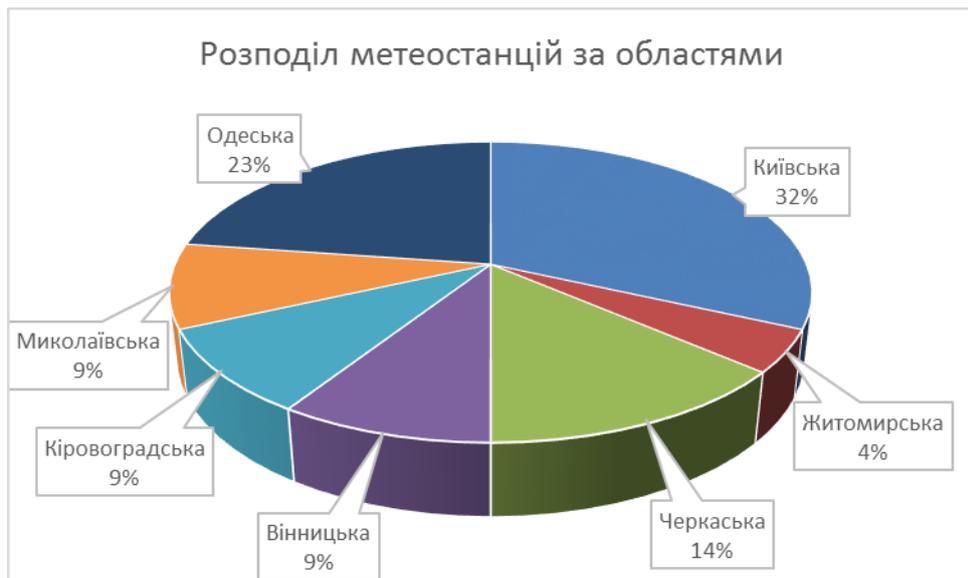


Рис. 3.7 Розподіл мережі метеостанцій за областями України

З рисунка 3.7 видно, що більшість метеостанцій занходяться в межах Київської, Одеської та Черкаської області (32%, 23% та 14% відповідно), по території яких в основному й проходить досліджена дорога. Кількість метеостанцій з інших областей є набагато меншою, тому що до них відносяться незначні ділянки автомобільної дороги Київ-Одеса, або вона взагалі не проходить по території Вінницької та Житомирської області.

Розподіл метеостанцій за висотою над рівнем моря відображено на рисунку 3.8. З рисунка видно, що усі метеостанції знаходяться на висоті не вище 300 м над рівнем моря, з чого можна зробити висновок про загалом рельєф місцевості. Найвищі позначки знаходяться на проміжку від 100-го до 250-го кілометра в Черкаській області, а найменші поблизу м. Одеси, де воги наближаються до нуля, тобто місцевість практично виходить на рівень моря.

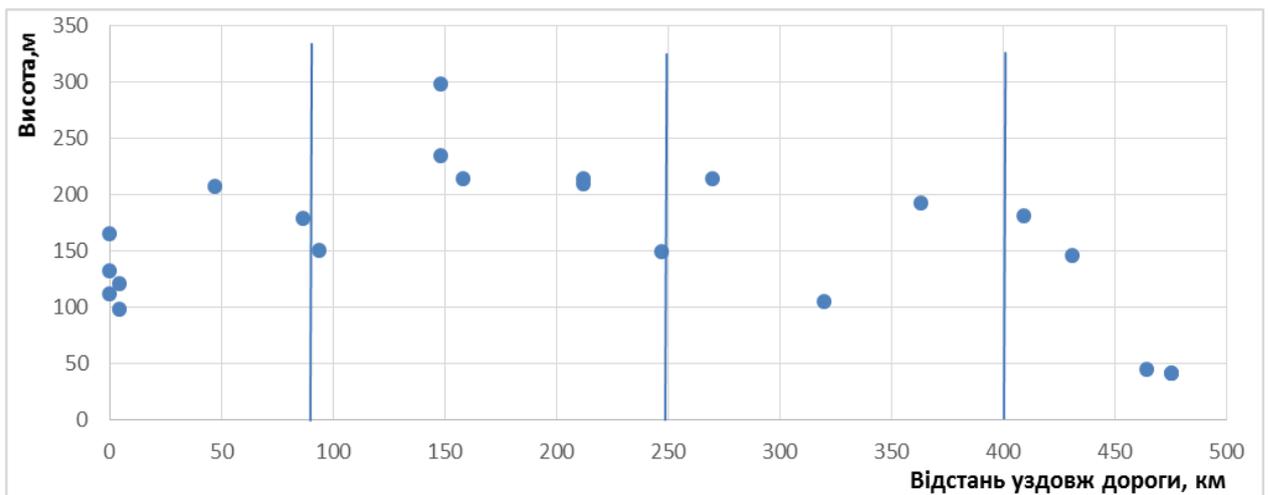


Рис. 3.8 Розподіл метеостанцій за висотою над рівнем моря

Схема розміщення метеостанцій відносно траси дороги зображена на рисунках 3.5 і 3.9. Основна частина метеостанцій знаходяться в 50-ти кілометровій зоні по обидві сторони дороги. Більш віддаленими є 9 метеостанцій, а по 5 з 22 населених пунктів дорога Київ-Одеса проходить безпосередньо. Розташування метеостанцій уздовж дороги досить рівномірне, що дозволяє відобразити зміни показників температурного режиму уздовж траси.

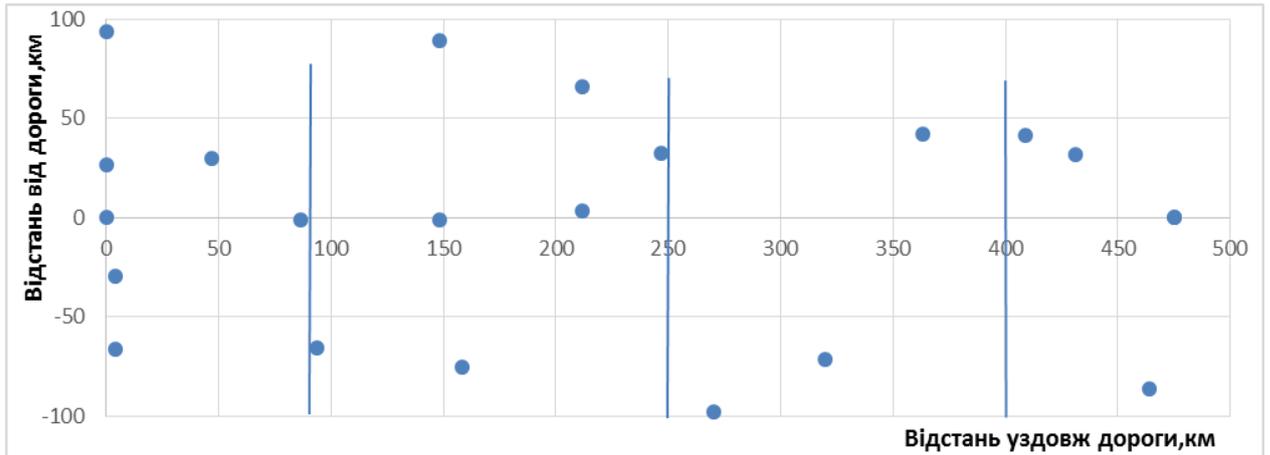


Рис. 3.9 Схема розміщення метеостанцій відносно траси дороги

Виконаний аналіз показав, що сформована мережа метеостанцій є достатньо повною, адекватно представляє температурний режим експлуатації автомобільної дороги Київ-Одеса і може успішно використовуватися в подальших дослідженнях.

### **3.4 Електронна база метеорологічних даних для прогнозування показників температурного режиму дорожнього одягу**

Вітчизняна електронна база даних метеорологічних даних була створена і постійно підтримується під керівництвом Центральної геофізичної обсерваторії. Цей відділ забезпечує розробку нормативних документів та дотримання єдиних методик у проведенні спостережень на метеостанціях та постах на території України, надання допомоги в освоєнні нових приладів, технологій та методик спостережень, контроль та узагальнення метеорологічних та даних. До метеорологічних щомісячників і щорічників включаються режимні дані всіх метеостанцій і постів.

Усі станції провадять восьмистрокові спостереження за основними метеорологічними елементами: температурою і вологістю повітря, температурою ґрунту, напрямом і швидкістю вітру, атмосферним тиском,

опадами, хмарністю, сніговим покривом. Цілодобово проводяться спостереження за стихійними атмосферними і гідрометеорологічними явищами.

Передачу синоптичних та штормових телеграм здійснюють через мережу Інтернет. Пріоритетну кліматичну мережу складають реперні станції, які мають довгий ряд спостережень, найбільш кваліфіковані кадри і розширену програму спостережень і робіт.

Інформація про погоду з 61 станції використовується для регіонального міжнародного обміну. Телеграми з індексом "Клімат" з осередненими за місяць даними подають 30 метеостанцій для обміну за програмою Всесвітньої метеорологічної організації. Сектор аерології працює у складі відділу метеорології і здійснює методичне керівництво мережею аерологічних станцій гідрометслужби України, у т.ч. контролює дотримання методик проведення аерологічних спостережень, якість даних. Аерологічні спостереження або температурно-вітрове зондування атмосфери здійснюється за допомогою радіозондів, результатом цього процесу є визначення температури, вологості, тиску, напряму та швидкості вітру на різних висотах. Дані аерологічних спостережень використовуються прогностичними органами гідрометслужби для складання прогнозів погоди, у т.ч. для обслуговування авіації, а також науковцями.

Відділ кліматології існує з 1925 р. і готує кліматологічну інформацію. Найповніше, і в зручній для споживача формі, кліматологічна інформація представлена у Довідниках, кліматичних атласах, монографіях та інших спеціалізованих виданнях [42, 45, 46]. У 2005 р. відділ кліматології завершив роботи над фундаментальною працею – "Кліматичний кадастр України". Підготовлений Кадастр відрізняється від раніше виданих Довідників як за формою, так і за змістом і відображає сучасний стан клімату України, але в електронному вигляді. "Кліматичний кадастр України" складається з 6 частин: "Сонячна радіація та сонячне сяйво", "Атмосферний тиск і вітер", "Температура повітря та ґрунту", "Вологість повітря, атмосферні опади та

сніговий покрив”, ”Хмарність”, ”Атмосферні явища та ожеледно-паморозеві утворення”. У Кадастрі приведено багаторічні показники метеорологічних величин за окремі години, добу, місяць, а також за рік. На основі кліматичної інформації, яка узагальнювалась для складання ”Кліматичного кадастру України”, у 2003 р. було видано колективну монографію ”Клімат України”, підготовлену фахівцями гідрометслужби. У вільному онлайн-доступі є дані по 10 метеостанціях в таких містах: Київ, Миронівка, Баришівка, Біла Церква, Бориспіль, Вишгород, Тетерів, Фастів, Яготин, Чорнобиль.

За результатами спостережень розроблюються узагальнені карти України, що відображають територіальні мінливість окремих показників клімату в певні періоди часу. Приклад такої карти розподілу середньомісячної температури повітря наведено на рисунку 3.10.

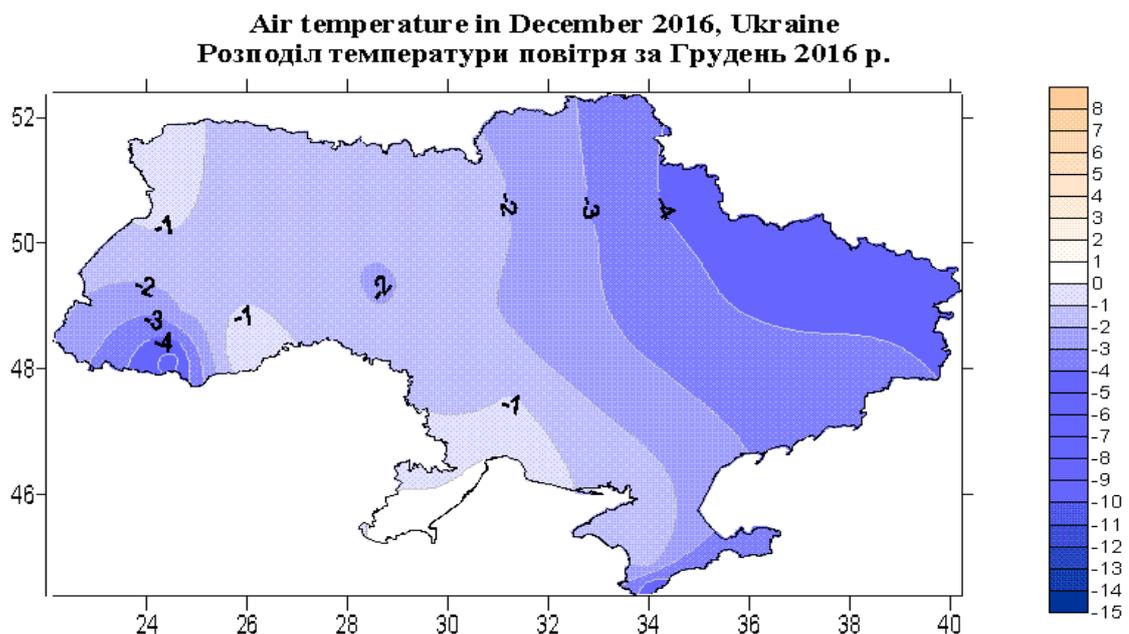


Рис. 3.10 Розподіл температури повітря за грудень 2016 року

В світі налічується більше сотні масштабних електронних баз даних створених метеорологами. Найвідоміші: Daily Global Historical Climatology Network; Global Surface Summary of the Day; European Climate Assessment & Dataset (ECA&D); Електронна база ВНИИГМИ-МЦД.

З метою дослідження температурного режиму експлуатації покриття автомобільної дороги Київ-Одеса в середовищі MS Excel створена база

метеорологічних даних з температури повітря й поверхні ґрунту. До неї включені дані 22 метеостанцій, розміщених у полосі шириною близько 200 км уздовж траси дороги. Список метеостанцій з їх загальними географічними та кліматологічними характеристиками наведено в таблицях 2.3 і 3.4, а розміщення метеостанцій на карті вказане на рисунку 3.5.

Основою для створення цієї бази послугувати дані довідника [42], у якому наведена узагальнена інформація для 207 метеостанцій України. До створеної бази даних включені такі показники для кожної з 22 метеостанцій:

- Середня температура повітря та ґрунту
- Стандарт температури повітря та ґрунту
- Мінімальна температура повітря та ґрунту
- Максимальна температура повітря та ґрунту

Повна база даних для 22 вибраних метеостанцій наведена в додатку А. Зміни середньорічних температур повітря та ґрунту на цих метеостанціях показані на рисунках 2.9 і 2.10. З таблиці 3.4 і цих рисунків видно, що попри випадкові флуктуації даних окремих метеостанцій, температура повітря та ґрунту досить систематично збільшується у напрямку від Києва до Одеси, що відповідає загальній тенденції зростання кліматичних температур з півночі на південь України.

### **3.6 Висновки з розділу**

1. Автомобільна дорога Київ-Одеса має загальну протяжність 475 км, пролягає по рівнинній місцевості без виражених геоморфологічних особливостей; висота над рівнем моря для різних ділянок дороги коливається в межах від 50 м до 300 м. Рельєф місцевості місцями порізаний глибокими ярами, але в більшій частині слабопересічений.

2. За кліматичними умовами роботи асфальтобетонного покриття згідно з ДБН В.2.3-4:2015 автомобільна дорога Київ-Одеса проходить через кліматичні райони А-2, А-4 та А-5, що обумовлює використання різних марок нафтових дорожніх бітумів з різними температурами крихкості та розм'якшення.
3. За даними метеорологічного довідника для дослідження температурного режиму експлуатації дорожнього полотна в середовищі Microsoft Excel сформована база метеорологічних даних з узагальнених результатів вимірювання температури атмосферного повітря та поверхні ґрунту на 22 метеостанціях, розміщених у полосі шириною близько 200 км уздовж дороги. За висотою над рівнем моря усі метеостанції слід вважати рівнинними.
4. Попередній паналіз показав, що середні температури повітря й ґрунту практично не залежать від віддаленості метеостанцій від траси дороги, але істотно змінюються уздовж дороги. З метою узагальнення результатів дослідження уся дорога розділена на чотири відрізки, межі яких співпадають з межами кліматичних районів за умовами роботи асфальтобетонного покриття.
5. Створена база даних дозволяє обґрунтовано спрогнозувати температурний режим експлуатації дорожнього одягу автомобільної дороги Київ-Одеса.

## РОЗДІЛ 4

### ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ КИЇВ-ОДЕСА

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

У зоні автомобільної дороги Київ-Одеса працюють 22 метеостанції, які ведуть спостереження за температурою повітря й ґрунту. Схема розміщення метеостанцій наведена на рисунку 3.5. За даними довідника [42] сформована електронна база узагальнених результатів спостережень, яка описана в розділі 3. Зразок даних для однієї метеостанції показано в таблиці 2.1, а повна база даних наведена в додатку А. Загальна характеристика метеостанцій наведена в таблицях 2.3 і 3.4.

З рисунка й таблиць видно, що усі метеостанції розміщені на висотах від 42 м до 298 м над рівнем моря й можуть бути віднесені до рівнинних. Середньорічна температура повітря коливається в межах від 6,9°C до 10,7°C, а поверхні ґрунту – від 7,4°C до 12,7°C. Істотна територіальна мінливість цих показників обумовлена меридіональною орієнтацією траси дороги Київ–Одеса та природним зростанням кліматичних температур з півночі на південь України.

У таблицях 4.1 і 4.2 за даними довідника [42] 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  $M_G$  та  $S_G$  середньомісячної температури поверхні ґрунту. Нижче виконано аналіз територіальної та часової мінливості цих показників у межах території, що прилягає до автомобільної дороги Київ-Одеса.

Таблиця 4.1

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

Назва метеостанції	січ	лют	бер	кві	тра	чер	лип	сер	вер	жов	лис	гру	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
Тетерів	-3,7	-3,9	1,5	8,3	14,6	17,2	18,5	18	13,2	7,3	0,9	-2,4	7,46
Біла Церква	-4,6	-3,8	1,8	8,4	14,9	17,5	18,7	18,5	13,7	7,9	1,1	-2,2	7,66
Фастів	-4	-3,3	1,3	8,1	14,8	17,3	18,4	18,1	13,4	7,7	0,7	-2,4	7,51
Липовець	-5,3	-4,3	0,5	7,4	14,6	17,1	17,6	17,8	13,2	7,4	0,6	-3	6,97
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
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
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
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
Умань	-3,6	-3,4	1,7	8,4	14,6	17,4	18,6	18,1	13,6	7,8	0,9	-2,3	7,65
Озирна	-5,1	-3	1,5	8,4	15	17,8	18,6	18,8	14,1	8	1	-3,1	7,67
Гайсин	-3,6	-3,1	1,9	8,3	14,9	17,3	18,7	18,3	13,9	8	1,1	-1,9	7,82
Гайворонь	-3	-3,6	1,3	8,9	15,3	17,3	19,2	19,1	13,9	8,1	0	-1,9	7,88
Помошна	-3,9	-3,4	1,6	8,5	15,3	18	19,5	19,3	14,4	8,4	1,4	-2,3	8,07
Первомайськ	-3	-2,7	2,6	9,3	15,8	18,9	20,5	20,2	15,4	9,3	2,6	-1,8	8,93
Затиштя	-3,1	-2,1	2,6	9,2	15,7	18,7	20,3	20,2	15,7	9,5	2,8	-1,4	9,01
Жашків	-4,5	-3,9	1,2	8,1	14,8	17,4	18,5	18,2	13,6	7,7	0,7	-2,5	7,44
Любашівка	-3,5	-2,7	2,1	8,9	15,3	18,3	19,9	19,6	15,3	9	1,8	-1,5	8,54
Березанка	-1,2	-2,1	3,4	7,7	14,9	19,3	21,1	20,9	16,8	9,1	9,1	0,9	9,99
Одеса	-0,5	-0,4	3,1	8,8	15,2	19	21,3	21,4	16,6	11,5	5	1	10,17
Одеса обсерват	-0,5	-0,4	3,1	8,8	15,2	19	21,3	21,4	16,6	11,5	5	1	10,17
Роздільна	-2,1	-1,4	3	9,3	16	19,1	20,9	20,8	16,1	9,9	2,7	-1,1	9,43
<b>Мінімум</b>	-5,30	-4,30	0,50	7,40	14,60	17,10	17,60	17,80	13,0	7,30	0,00	-3,1	6,97
<b>Максимум</b>	-0,50	-0,40	3,40	9,30	16,00	19,30	21,30	21,40	16,8	11,5	9,10	1,00	10,17
<b>Середнє</b>	-3,34	-2,99	1,85	8,53	15,10	17,92	19,42	19,19	14,4	8,55	1,84	-1,7	8,23

Таблиця 4.2

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

Назва метеостанції	січ	лют	бер	кві	тра	чер	лип	сер	вер	жов	лис	гру	Рік
Київ	3,10	3,10	2,70	1,30	1,10	0,70	1,20	1,00	0,90	0,90	1,60	1,30	1,58
Тетерів	3,20	2,90	1,60	1,40	1,30	1,30	1,40	0,90	1,40	0,70	2,00	1,50	1,63
Біла Церква	2,70	2,80	1,90	1,50	1,40	1,20	1,20	1,10	1,30	0,80	2,00	2,00	1,66
Фастів	3,00	2,40	1,90	1,30	1,40	1,20	1,40	0,90	1,30	0,80	1,80	2,00	1,62
Липовець	2,50	2,00	1,70	1,40	1,30	1,20	1,10	0,80	1,10	0,90	1,20	2,00	1,43
Бориспіль	3,40	3,00	2,20	1,10	1,30	1,00	1,30	1,00	1,20	0,90	2,10	1,30	1,65
Баришівка	2,90	3,00	2,00	1,30	1,50	1,30	1,20	0,90	1,00	0,80	1,70	2,10	1,64
Вишгород	3,40	2,60	2,10	1,40	1,30	0,80	1,20	0,70	1,20	0,80	1,80	1,10	1,53
Миронівка	2,80	2,90	1,90	1,40	1,40	1,30	1,30	1,00	1,20	0,90	1,80	2,10	1,67
Умань	2,70	2,60	2,00	1,50	1,10	1,00	1,40	1,00	0,90	0,80	1,80	2,00	1,57
Озирна	2,40	2,50	2,10	1,50	1,30	1,20	1,50	1,10	1,10	0,80	1,50	1,50	1,54
Гайсин	2,80	2,60	2,00	1,40	1,20	0,90	1,20	1,00	1,30	0,80	1,80	1,90	1,58
Гайворонь	3,10	3,10	2,70	1,30	1,10	0,70	1,20	1,00	0,90	0,90	1,60	1,30	1,58
Помошна	2,30	2,50	2,00	1,30	1,10	1,30	1,50	1,20	1,20	0,80	1,90	2,00	1,59
Первомайськ	2,40	1,90	2,00	1,70	1,20	1,30	1,50	1,20	1,00	0,80	1,50	1,60	1,51
Затиштя	2,40	2,50	2,10	1,40	1,00	0,90	1,40	1,10	1,30	0,90	1,60	1,60	1,52
Жашків	2,70	2,80	1,90	1,50	1,20	1,20	1,30	1,00	1,20	0,80	1,80	2,00	1,62
Любашівка	2,70	2,50	2,10	1,40	1,10	1,00	1,40	1,20	1,10	1,00	1,90	1,90	1,61
Березанка	1,60	2,10	2,10	1,00	0,90	0,90	1,10	0,90	0,90	0,90	2,00	2,40	1,40
Одеса	1,70	1,80	2,00	1,00	0,90	0,70	1,30	0,90	0,80	0,90	1,70	1,50	1,27
Одеса обсерваторія	1,70	1,80	2,00	1,00	0,90	0,70	1,30	0,90	0,80	0,90	1,70	1,50	1,27
Роздільна	2,10	2,40	2,10	1,30	1,20	1,00	1,40	1,00	1,30	1,00	1,70	1,50	1,50
<b>Мінімум</b>	1,60	1,80	1,60	1,00	0,90	0,70	1,10	0,70	0,80	0,70	1,20	1,10	1,27
<b>Максимум</b>	3,40	3,10	2,70	1,70	1,50	1,30	1,50	1,20	1,40	1,00	2,10	2,40	1,67
<b>Середнє</b>	2,62	2,54	2,05	1,34	1,19	1,04	1,31	0,99	1,11	0,85	1,75	1,73	1,54

Таблиця 4.3  
 Математичні сподівання середньомісячних температур поверхні ґрунту  $M_T$   
 на метеостанціях в зоні автомобільної дороги Київ-Одеса

Назва метеостанції	січ	лют	бер	кві	тра	чер	лип	сер	вер	жов	лис	гру	Рік
Київ	-4,5	-4,4	0,2	9,3	18,5	21,0	23,1	22,6	15,1	8,0	-0,8	-2,9	8,8
Тетерів	-5,3	-5,4	0,6	10,1	19,1	22,1	23,9	22,1	15,1	7,2	0,4	-3,6	8,9
Біла Церква	-6,0	-4,5	1,5	9,3	18,4	22,2	23,5	22,4	15,5	7,8	0,3	-2,8	9,0
Фастів	-4,9	-4,2	1,1	9,4	18,3	21,3	22,3	21,7	14,9	7,8	0,7	-3,0	8,8
Липовець	-6,1	-4,8	0,2	8,9	18,7	22,1	22,5	22,0	15,5	7,7	0,7	-3,3	8,7
Бориспіль	-5,4	-4,5	0,9	9,6	18,6	22,1	24,0	22,4	15,1	8,1	0,6	-3,2	9,0
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	8,3
Вишгород	-5,3	-3,0	1,7	10,0	19,1	21,6	24,2	23,1	15,8	8,5	1,0	-2,0	9,6
Миронівка	-5,3	-4,5	1,6	10,1	19,7	23,3	24,4	23,0	16,1	8,4	0,8	-2,7	9,6
Умань	-5,2	-5,2	1,0	9,8	18,5	22,0	23,5	21,9	14,9	6,7	1,0	-3,9	8,8
Озирна	-5,6	-3,6	1,8	9,2	18,3	21,8	23,0	22,4	15,6	7,9	1,7	-3,2	9,1
Гайсин	-4,9	-4,2	2,1	9,4	18,2	22,9	22,9	22,0	15,3	7,5	0,4	-2,7	9,1
Гайворонь	-4,5	-4,4	0,2	9,3	18,5	21,0	23,1	22,6	15,1	8,0	2,0	-2,9	9,0
Помошна	-4,5	-3,3	2,1	10,8	19,9	23,4	25,2	24,2	17,0	9,3	1,8	-2,7	10,3
Первомайськ	-4,1	-3,1	2,6	11,1	19,9	23,6	25,3	24,3	17,6	9,1	2,6	-2,8	10,5
Загишня	-4,3	-2,2	3,1	12,1	19,8	23,7	25,7	25,1	18,3	9,5	2,6	-2,5	10,9
Жашків	-5,4	-4,3	1,2	9,3	18,2	21,6	22,8	21,7	15,3	7,7	0,6	-3,0	8,8
Любашівка	-3,8	-2,7	2,7	11,3	20,1	24,1	26,0	24,6	17,9	9,3	1,9	-2,2	10,8
Березанка	-2,0	-2,0	4,0	9,0	19,8	24,0	25,7	25,3	20,0	10,0	3,3	0,5	11,5
Одеса	-1,2	-0,5	4,5	12,8	20,8	24,9	27,7	26,7	19,8	12,6	4,9	0,4	12,8
Одеса обсерваторія	-1,2	-0,5	4,5	12,6	20,8	24,9	27,7	26,7	19,8	12,6	4,9	0,4	12,8
Роздільна	-2,8	-1,4	3,8	11,0	19,6	23,5	25,5	25,0	18,3	10,2	2,3	-1,9	11,1
<b>Мінімум</b>	-6,1	-5,4	0,2	8,6	17,4	20,9	22,3	21,1	14,2	6,7	-0,8	-3,9	8,3
<b>Максимум</b>	-1,2	-0,5	4,5	12,8	20,8	24,9	27,7	26,7	20,0	12,6	4,9	0,5	12,8
<b>Середнє</b>	-4,4	-3,5	1,9	10,1	19,1	22,6	24,3	23,3	16,5	8,7	1,5	-2,4	9,8

Таблиця 4.4  
Стандарти середньомісячних температур поверхні ґрунту  $S_T$   
на метеостанціях в зоні автомобільної дороги Київ-Одеса

Назва метеостанції	січ	лют	бер	кві	тра	чер	лип	сер	вер	жов	лис	гру	Рік
Київ	3	2,9	3,2	1,6	1,4	1,2	1,8	1,2	1	0,8	1,8	1,1	1,75
Тетерів	3,4	3,1	2,4	1,5	1,8	1,6	2,2	1	1,8	0,8	2,2	1,3	1,93
Біла Церква	2,6	2,8	2,3	1,7	1,9	1,7	2	1,2	1,7	0,9	2,2	1,6	1,88
Фастів	3,1	2,4	2,3	2,7	1,8	1,5	1,9	0,8	1,4	0,8	1,9	1,8	1,87
Липовець	2,5	1,7	2,2	1,7	2	1,9	1,7	1,1	1,3	0,6	2,2	1,8	1,73
Бориспіль	3,2	3	2,7	1,5	1,9	1,6	1,8	1,3	1,6	0,8	2,2	1,1	1,89
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
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
Миронівка	3	2,6	2,6	1,7	1,9	1,9	2,2	1,3	1,6	0,9	2	1,9	1,97
Умань	2,7	2,1	2,6	1,7	1,6	1,2	2,1	1,5	1,2	0,9	2,3	1,4	1,78
Озирна	2,8	2,3	2,4	1,5	1,6	1,5	2	1,1	1,2	0,7	1,6	1,2	1,66
Гайсин	2,8	2,3	2,4	2	1,6	1,2	1,8	1,1	1,5	1	2,1	1,6	1,78
Гайворонь	3	2,9	2,5	1,6	1,4	1,2	1,8	1,2	1	0,8	1,8	1,1	1,69
Помошна	2,1	2,4	2,5	1,9	1,6	1,9	2,1	1,5	1,4	0,7	1,8	1,8	1,81
Первомайськ	2,7	1,7	2,3	2,1	1,5	1,9	2,3	1,5	1,3	0,6	1,4	1	1,69
Затиштя	2,4	2,3	2,7	2,4	1,6	1,5	1,7	1,4	1,7	1,1	1,6	1,1	1,79
Жашків	2,8	2,8	2,4	1,7	1,6	1,7	2	1,3	1,6	0,8	2,2	1,9	1,90
Любашівка	2,4	2,2	2,7	2,1	1,4	1,4	2,1	1,5	1,7	0,9	1,8	1,8	1,83
Березанка	2,4	2,1	2	2	1,4	1,4	1,6	1,4	1,2	0,6	1,3	1,5	1,58
Одеса	1,6	2	2,5	1,9	1,6	1,2	1,5	1,4	1,2	0,6	1,3	1,5	1,53
Одеса обсерваторія	1,6	2	2,5	1,9	1,6	1,2	1,5	1,5	1,2	0,6	1,3	1,5	1,53
Роздільна	2	2,6	2,5	2,2	1,3	1,6	2	1,4	1,7	1,3	1,7	1,4	1,81
<b>Мінімум</b>	1,6	1,7	2,0	1,3	1,3	1,2	1,5	0,8	1,0	0,6	1,3	0,9	1,5
<b>Максимум</b>	3,4	3,1	3,2	2,7	2,0	2,1	2,3	1,5	1,8	1,3	2,3	1,9	2,0
<b>Середнє</b>	2,65	2,43	2,51	1,82	1,65	1,53	1,90	1,25	1,40	0,81	1,85	1,4	1,77

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.

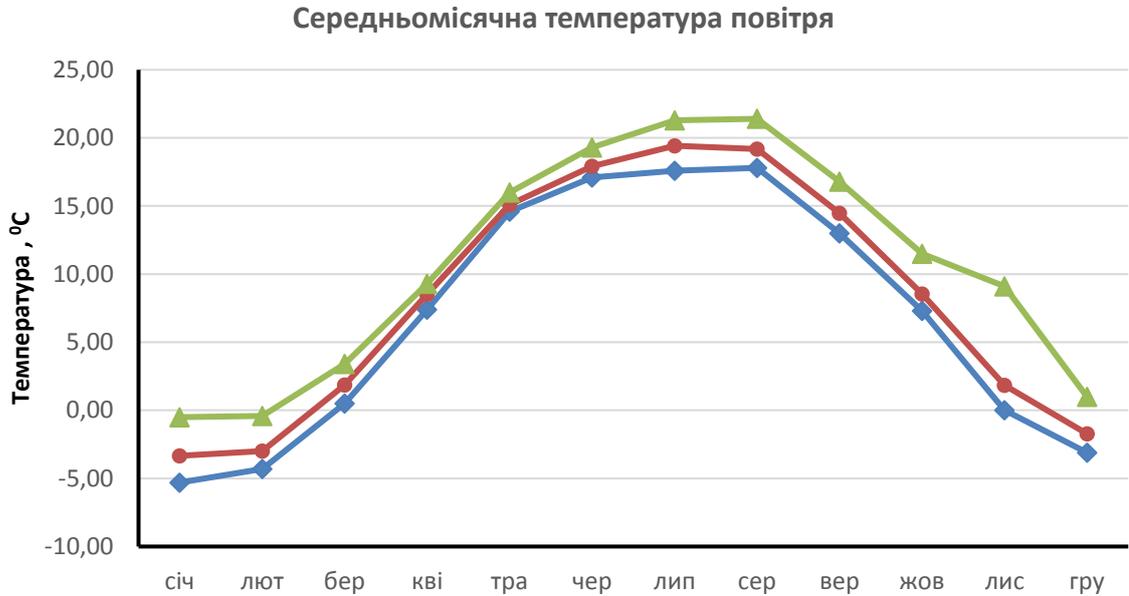


Рис. 4.1 Річний хід математичного сподівання середньомісячної температури повітря

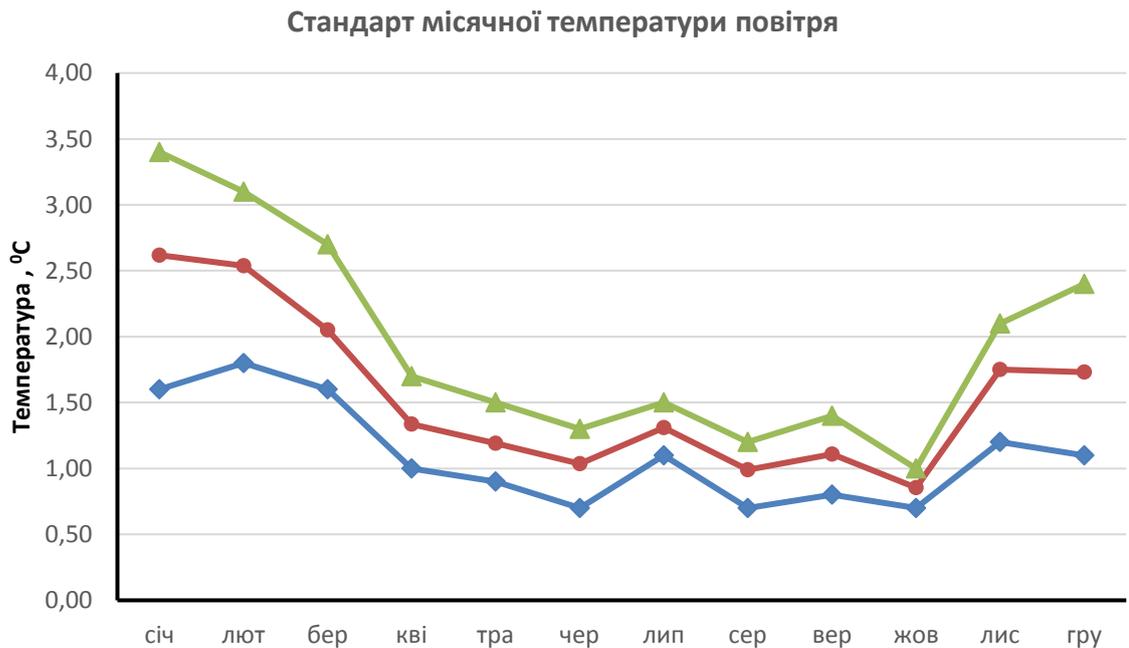


Рис. 4.2 Річний хід стандарту середньомісячної температури повітря

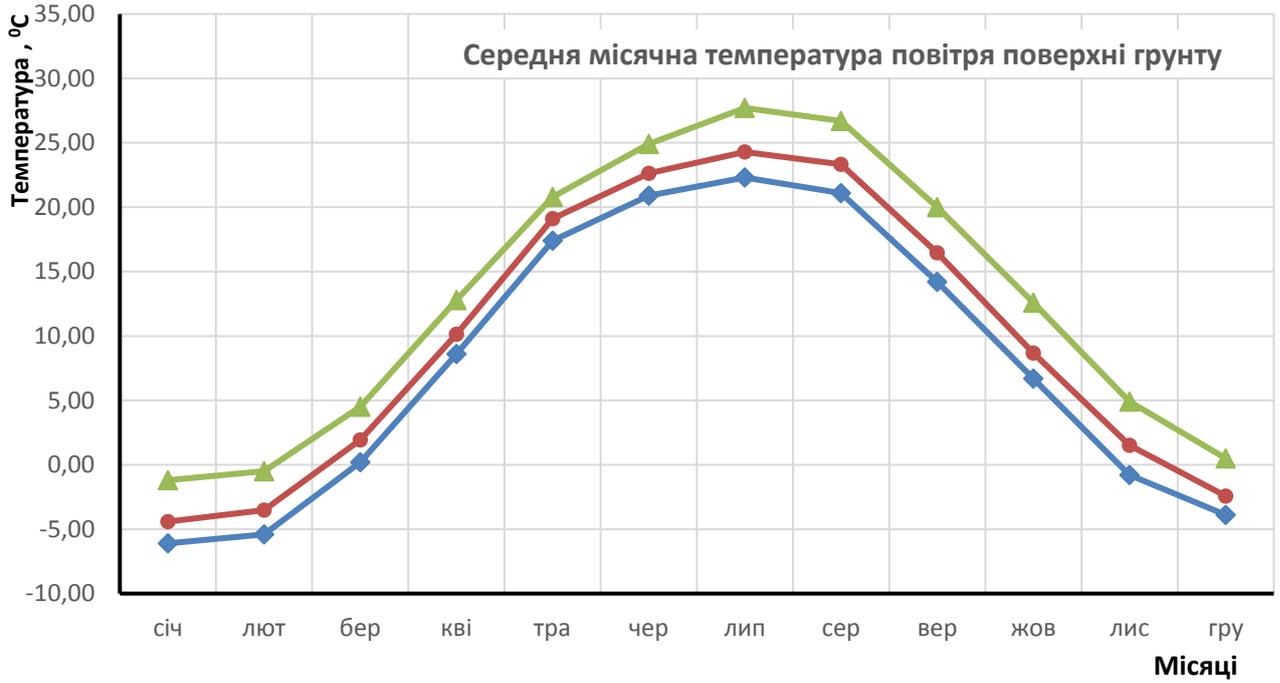


Рис. 4.3 Річний хід математичного сподівання середньомісячної температури ґрунту

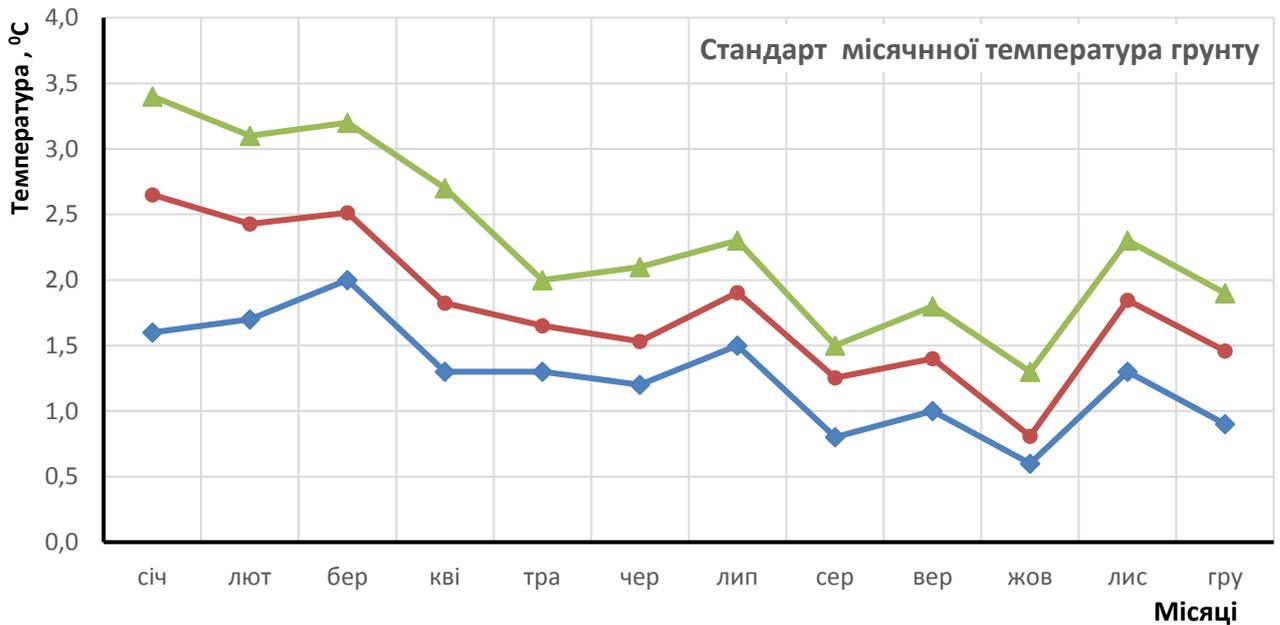


Рис. 4.4 Річний хід стандарту середньомісячної температури ґрунту

З рисунків видно, що математичні сподівання температури повітря та поверхні ґрунту на обраних метеостанціях змінюються протягом року за близькими законами, але мають помітні чисельні відмінності. Річні функції стандартів мають значно більший розкид, але якісний характер змін протягом року є близьким для різних метеостанцій. Це свідчить про принципову

можливість узагальнення результатів прогнозування температурного режиму експлуатації дорожнього одягу.

Оскільки основою прогнозування температури дорожнього одягу є температура поверхні ґрунту, в таблиці 4.5 і на рисунку 4.5 проаналізовані зміни середньорічних значень математичного сподівання  $M_T$  та стандарту  $S_T$  температури ґрунту уздовж траси автомобільної дороги.

Таблиця 4.5

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

№ п/п	Прелік станцій	Відстань уздовж дороги, км	Відстань від дороги, км	Середньорічна температура ґрунту, °С	Стандарт температури ґрунту
1	Київ	0	0	8,16	1,78
2	Тетерів	0	93,7	8,86	1,84
3	Вишгород	0	26,5	9,55	1,88
4	Бориспіль	4,1	-29,4	9,02	1,87
5	Баришівка	4,1	-66,1	8,29	1,67
6	Фастів	47,1	29,9	8,78	1,86
7	Біла Церква	86,7	-1	8,97	1,86
8	Миронівка	93,9	-65,6	9,58	1,74
9	Жашків	148	-1	8,08	1,97
10	Липовець	148	89,1	8,68	1,78
11	Озерна	158	-75,1	9,1	1,66
12	Умань	212	3,5	8,75	1,78
13	Гайсин	212	66	7,41	1,69
14	Гайворон	247	32,3	9	1,81
15	Помошна	270	-98	10,3	1,69
16	Первомайськ	320	-71,6	10,5	1,8
17	Затиштя	363	42,2	10,91	1,9
18	Любашівка	409	41,7	10,76	1,83
19	Роздільна	431	31,7	11,09	1,32
20	Березанка	464	-86	11,46	1,52
21	Одеса	475	0	12,78	1,53
22	Одеса Обсерват	475	0	12,76	1,83

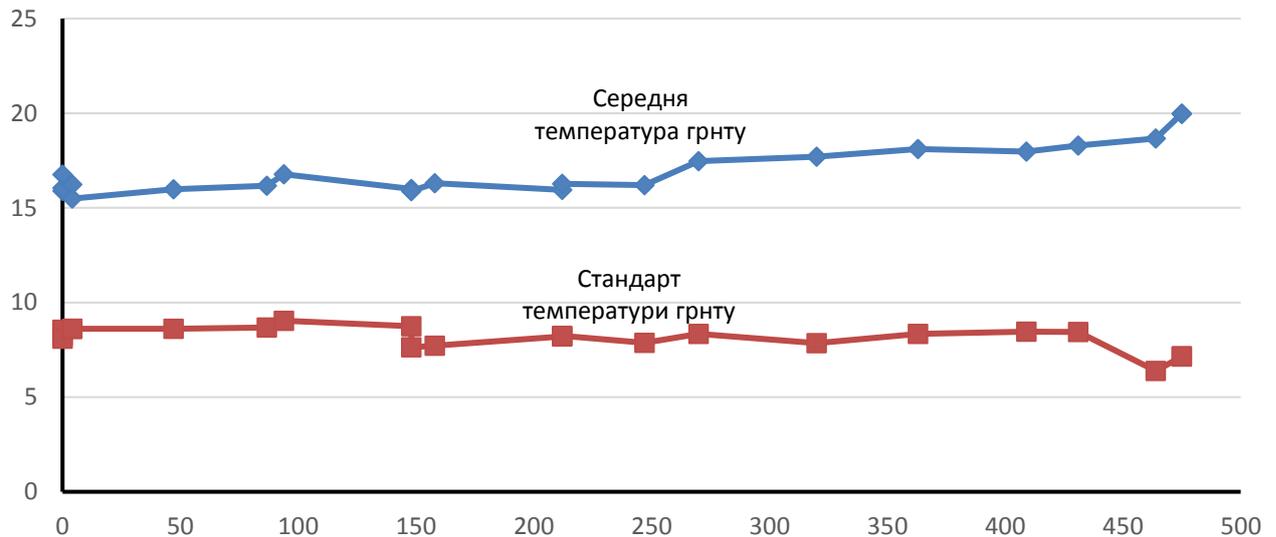


Рис. 4.5 Зміни середньорічних значень математичного сподівання й стандарту температури ґрунту уздовж траси

З рисунка 4.5 видно, що середньорічні значення температури ґрунту досить систематично зростають з півночі на південь, а стандарти мало змінюються в напрямку уздовж дороги. Окрім даних окремих метеостанцій, в таблиці 4.5 наведені також значення математичних сподівань і стандартів температури поверхні ґрунту, осереднені в межах чотирьох ділянок дороги, виділених у розділі 2. Ці дані певною мірою очищені від випадкових змін характеристик на окремих метеостанціях і тому дозволяють виявити загальні тенденції зміни досліджених показників.

З таблиці 4.5 видно, що осереднені статистичні характеристики температури повітря помітно змінюються уздовж дороги і тим самим виражають узагальнені тенденції цих змін. Найвищими є середні температури ґрунту на території Одеської області, а до території Київщини вони зменшуються на  $3^{\circ}\text{C}$ . Узагальнені за виділеними відрізками дороги стандарти менш змінюються систематично в межах  $0,2^{\circ}\text{C}$ . Виявлений характер територіальної мінливості температури ґрунту є змінним уздовж дороги Київ-Одеса, що спонукає до більш глибоко вивчення показників температурного режиму поверхні дорожнього одягу.

## 4.2 Тривалість небезпечно холодного періоду

Згідно з рекомендаціями, викладеними в розділі 1, та результатами розроблення власної методики в розділі 2, в 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 формулою (2.7). Обчислені за цими формулами в середовищі Microsoft Excel місячні та річні тривалості небезпечно холодного періоду для усіх метеостанцій та місяців року наведені в додатку А.

При обчисленні тривалості небезпечно холодного періоду враховувалися розрахункові температури крихкості звичайних нафтових дорожніх бітумів, які згідно з ДБН [1] можуть використовуватися кліматичних районах А-2, А-4 та А-5. Окрім того, виконані розрахунки для бітуму БМП 60/90-52, модифікованого полімерами. Температурний інтервал їх експлуатації згідно з ГОСТ 22245 [4] наведено в таблиці 3.3, де вказані температури розм'якшення та крихкості усіх рекомендованих марок бітуму. Для звичайного нафтового бітуму в районах А-2 та А-4 (перші три ділянки дороги) врахована температура крихкості, в районі А-5 (четверта ділянка дороги) прийнято  $X_K = -10^\circ\text{C}$  а для бітуму БМП 60/90-52 –  $X_K = -15^\circ\text{C}$  на усіх ділянках дороги.

Узагальнені за даними додатку А результати обчислень для усіх розглянутих метеостанцій та обох видів бітуму (звичайний нафтовий і модифікований полімерами) наведені в таблицях 4.6 і 4.7. На рисунках 4.6 і 4.7 наведені графіки річних змін найменшої, найбільшої та середньої з усіх 22 розглянутих метеостанцій тривалості небезпечно холодного періоду для дорожнього одягу, виготовленого на основі цих бітумів.

Таблиця 4.6

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

Назва метеостанції	січ	лют	бер	кві	тра	чер	лип	сер	вер	жов	лис	гру	Рік
Київ	4,2	3,9	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	11,9
Тетерів	5,5	4,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	12,1
Біла Церква	3,9	3,7	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,4	9,6
Фастів	4,6	2,5	0,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,8	9,3
Липовець	3,7	1,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	6,4
Бориспіль	5,1	4,2	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	11,5
Баришівка	4,1	3,9	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,8	10,5
Вишгород	5,3	2,1	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	9,7
Миронівка	4,6	3,2	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,9	10,3
Умань	3,8	2,2	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,3	8,4
Озирна	4,3	2,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	7,3
Гайсин	3,9	2,3	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,4	8,5
Гайворонь	4,2	3,9	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	9,6
Помошна	1,9	2,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,7	5,9
Первомайськ	3,3	0,6	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5
Затиштя	2,6	1,6	1,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	5,3
Жашків	4,1	3,6	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	1,0	10,4
Любашівка	3,3	2,2	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,1	8,5
Березанка	0,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	2,6
Одеса	0,5	1,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,5
Одеса обсерват	0,5	1,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,5
Роздільна	1,7	2,7	1,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	6,0
<b>Мінімум</b>	0,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5
<b>Максимум</b>	5,5	4,9	3,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	1,8	12,1
<b>Середнє</b>	3,4	2,5	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	7,9

Таблиця 4.7

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

Назва метеостанції	січ	лю т	бер	кві	тра	чер	лип	сер	вер	жо в	лис	гру	Рік
Київ	2,88	2,62	2,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	8,04
Тетерів	4,06	3,46	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,00	8,43
Біла Церква	2,55	2,44	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,14	5,85
Фастів	3,25	1,49	0,39	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,31	5,72
Липовець	2,34	0,40	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	3,48
Бориспіль	3,67	2,88	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,01	7,79
Баришівка	2,77	2,59	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,33	6,65
Вишгород	3,85	1,18	1,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00	6,37
Миронівка	3,19	2,00	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,38	6,41
Умань	2,47	1,15	0,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,08	4,84
Озирна	2,86	1,14	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	4,45
Гайсин	2,59	1,29	0,39	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	0,13	4,98
Гайворонь	2,88	2,62	0,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	6,29
Помошна	0,98	1,25	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,28	3,06
Первомайськ	2,09	0,23	0,27	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,60
Затиштя	1,52	0,84	0,58	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	2,98
Жашків	2,78	2,37	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,42	6,40
Любашівка	1,38	0,78	0,63	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,24	3,09
Березанка	0,03	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68	0,78
Одеса	0,07	0,27	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,64
Одеса обсерват	0,07	0,27	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,64
Роздільна	0,51	1,17	0,33	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	2,09
<b>Мінімум</b>	0,03	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64
<b>Максимум</b>	4,06	3,46	2,34	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	0,68	8,43
<b>Середнє</b>	2,22	1,48	0,60	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,16	4,62

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 полімерномодифікованого бітуму ці кількості у 1,3...2 рази менші, ніж для звичайного нафтового бітуму. Найбільша кількість небезпечно холодних днів спостерігається в січні і дорівнює 5,5 дня для звичайного нафтового бітуму та 4,1 дня для полімерномодифікованого.

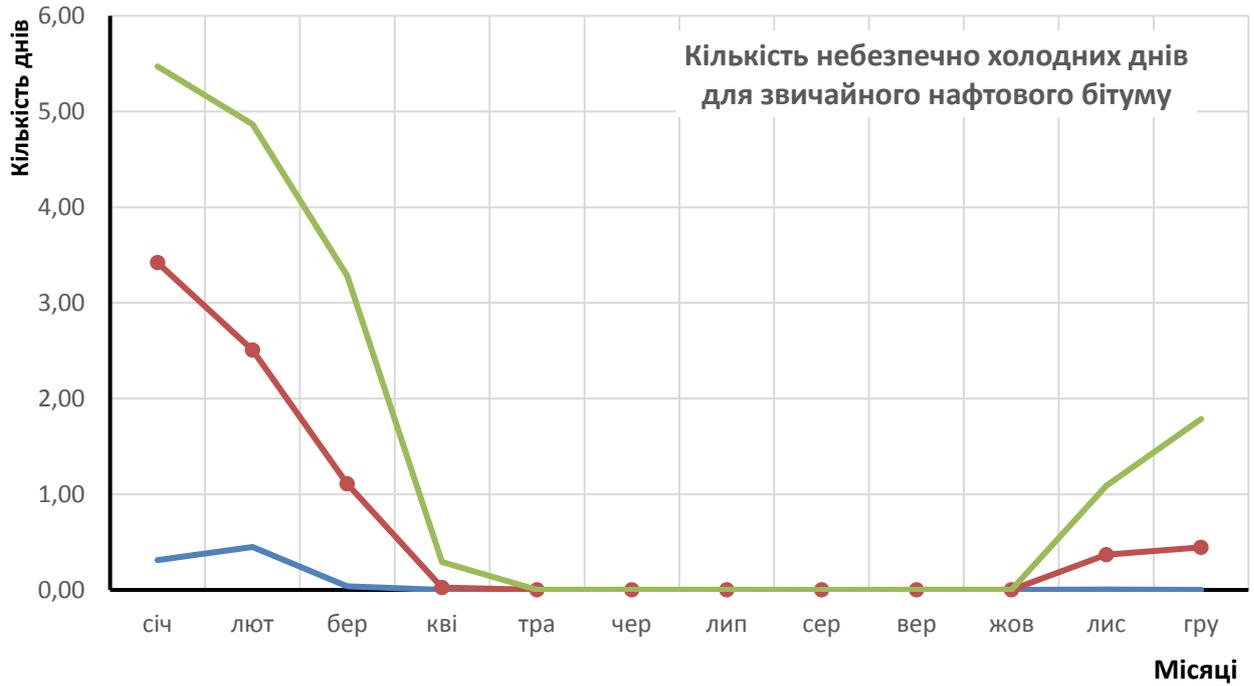


Рис. 4.6 Річний хід кількості небезпечно холодних днів у зоні автомобільної дороги Київ-Одеса для одягу із звичайного дорожнього бітуму

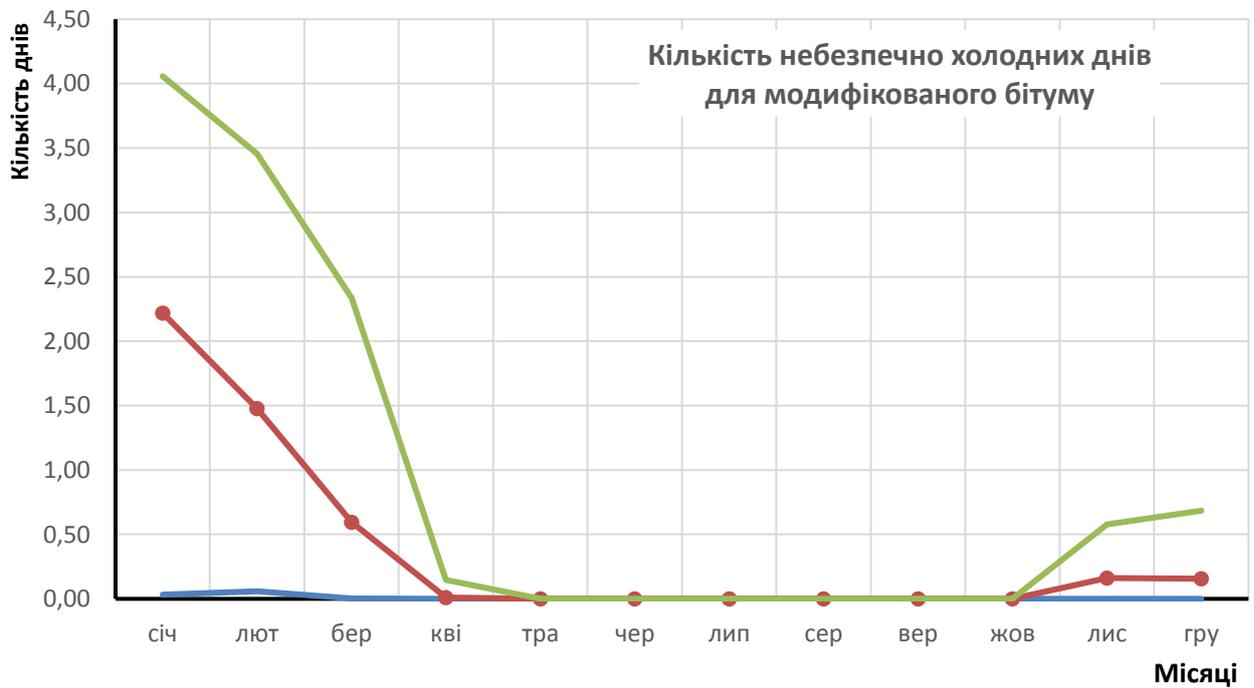


Рис. 4.7 Річний хід кількості небезпечно холодних днів у зоні автомобільної дороги Київ-Одеса для одягу із полімермодифікованого бітуму

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 22 метеостанцій.

Таблиця 4.8

Зміни річної кількості небезпечно холодних днів уздовж траси дороги

№ п/п	Прелік станцій	Для звичайного нафтового бітуму	Для бітуму модифікованого полімерами
1	Київ	11,89	8,04
2	Тетерів	12,15	8,43
3	Вишгород	9,66	6,37
4	Бориспіль	11,55	7,79
5	Баришівка	10,53	6,55
6	Фастів	9,34	5,72
7	Біла Церква	9,56	5,85
8	Миронівка	10,26	6,41
9	Жашків	10,36	6,4
10	Липовець	6,38	3,48
11	Озерна	7,27	4,45
12	Умань	8,38	4,84
13	Гайсин	8,45	4,98
14	Гайворон	9,58	6,29
15	Помошна	5,86	3,06
16	Первомайськ	4,48	2,6
17	Затиштя	5,32	2,98
18	Любашівка	8,51	3,09
19	Роздільна	5,99	2,09
20	Березанка	2,59	0,78
21	Одеса	2,53	0,64
22	Одеса Обсерват	2,53	0,64

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

- обчислені за даними кожної метеостанції;
- осереднені по чотирьох відрізках дороги, визначених у розділі 2.

За даними таблиці 4.8 збудовані графіки з рисунка 4.9, де показані зміни річної тривалості небезпечно холодного періоду уздовж траси дороги

Київ – Одеса. На графіках окремими точками зображені дані для окремих метеостанцій, а суцільною лінією – ті самі дані, осереднені для чотирьох обраних відрізків дороги. Верхній графік відображає кількість небезпечно холодних днів для дорожнього одягу, виконаного із звичайного нафтового бітуму, а нижній – для дорожнього одягу, виконаного із полімерномодифікованого бітуму.

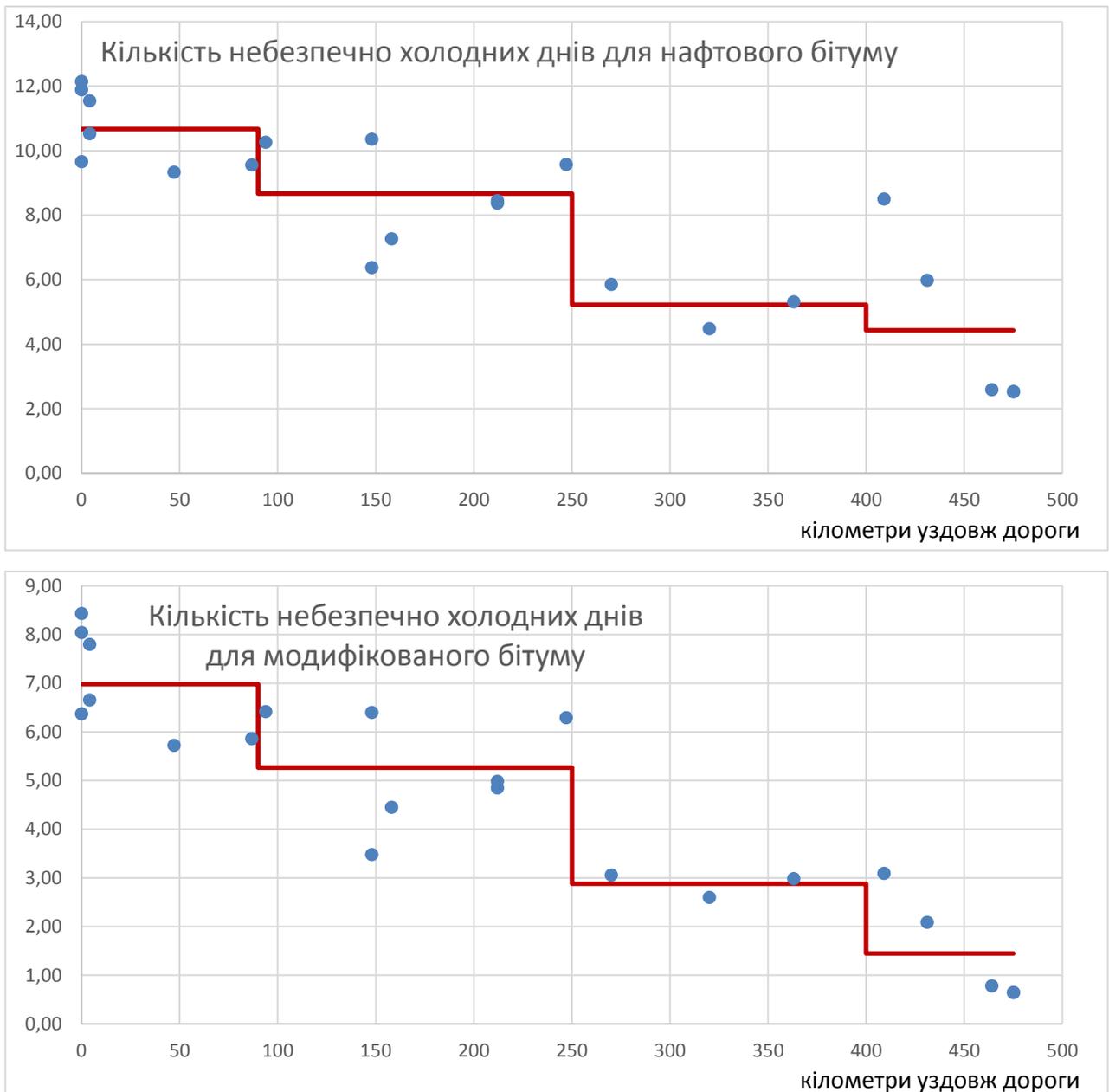


Рис. 4.9 Зміни річної тривалості небезпечно холодного періоду уздовж дороги

З наведених графіків видно, що тривалість небезпечно холодного періоду сильно змінюється вздовж дороги. Попри значний випадковий розкид даних

окремих метеостанцій, ці зміни носять явно виражений характер із значним зростанням від Одеси до Києва. Така тенденція обумовлена висвітленим в [35] характером змін температури атмосферного повітря у вигляді зниження кліматичних температур з півдня на північ. Істотні зміни тривалості небезпечно холодного періоду уздовж дороги змушують вважати тривалість небезпечно холодного періоду змінною величиною та врахувати ці зміни при розробленні рекомендацій щодо оптимального режиму експлуатації автодороги Київ–Одеса.

Окрім того, звертає на себе увагу помітний ефект від використання бітуму, модифікованого полімером. Якщо при використанні звичайних нафтових бітумів на різних ділянках дороги може реалізуватися від 4,4 до 10,7 небезпечно холодних днів протягом року, то використання бітуму БМП 60/90-52 зменшує цю кількість до 1,4...7,0 днів на рік.

### **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 формулою (2.8). При цьому для усіх метеостанцій враховані такі температури розм'якшення з таблиці 3.3: +43°C для звичайного нафтового бітуму в районах А-2 та А-4 (пенша, друга й третя ділянки дороги); +47°C для звичайного нафтового бітуму в районі А-5 (четверта ділянка дороги); +52°C для бітуму, модифікованого полімерами, на усіх ділянках дороги. Результати обчислень виконані в середовищі Microsoft Excel і наведені в додатку А для усіх 22 метеостанцій.

Узагальнені за даними додатку А кількості небезпечно спекотних днів для обох видів бітуму наведені в таблицях 4.9 і 4.10 для усіх розглянутих метеостанцій та усіх місяців року. На 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.

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

Назва метеостанції	січ	лют	бер	кві	тра	чер	лип	сер	вер	жов	лис	гру	Рік
Київ	0,0	0,0	0,4	0,0	0,1	0,1	1,9	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9
Тетерів	0,1	0,0	0,0	0,0	0,7	1,0	3,5	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	5,6
Біла Церква	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	1,3	2,7	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	5,1
Фастів	0,1	0,0	0,0	0,5	0,5	0,6	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5
Липовець	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	1,7	1,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2
Бориспіль	0,1	0,0	0,1	0,0	0,7	1,0	2,3	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	4,7
Баришівка	0,0	0,0	0,1	0,0	0,7	1,8	2,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8
Вишгород	0,1	0,0	0,1	0,0	0,7	0,3	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7
Миронівка	0,0	0,0	0,1	0,0	1,0	2,3	3,8	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	7,9
Умань	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,2	3,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3
Озирна	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,7	2,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6
Гайсин	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0	1,8	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	2,4
Гайворонь	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	1,9	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6
Помошна	0,0	0,0	0,0	0,1	0,5	2,3	4,0	1,5	0,1	0,0	0,0	0,0	8,5
Первомайськ	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	2,4	4,7	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	9,3
Затиштя	0,0	0,0	0,1	0,4	0,5	1,3	3,0	1,6	0,7	0,0	0,0	0,0	7,5
Жашків	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,1	2,3	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	4,2
Любашівка	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	2,3	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	3,2
Березанка	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4
Одеса	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	1,3	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3
Одеса обсерват	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	1,3	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5
Роздільна	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,4	1,8	0,4	0,3	0,0	0,0	0,0	3,0
<b>Мінімум</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4
<b>Максимум</b>	0,1	0,0	0,4	0,5	1,0	2,4	4,7	1,6	0,7	0,0	0,0	0,0	9,3
<b>Середнє</b>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,4	0,9	2,4	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	4,4

Таблиця 4.10

Кількості небезпечно спекотних днів у зоні автомобільної дороги Київ-Одеса  
для одягу із полімермодифікованого бітуму

Назва метеостанції	січ	лют	бер	кві	тра	чер	лип	сер	вер	жов	лис	гру	Рік
Київ	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
Тетерів	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
Біла Церква	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
Фастів	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
Липовець	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Бориспіль	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Баришівка	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
Вишгород	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Миронівка	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
Умань	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
Озирна	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Гайсин	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Гайворонь	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Помошна	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
Первомайськ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2
Затиштя	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
Жашків	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Любашівка	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9
Березанка	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
Одеса	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Одеса обсерват	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
Роздільна	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,5	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,7
<b>Мінімум</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
<b>Максимум</b>	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,9	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	1,2
<b>Середнє</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5

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 полімерномодифікованого 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 липні й дорівнює 4,7 дня для звичайного нафтового бітуму та 0,95 дня для модифікованого полімерами.

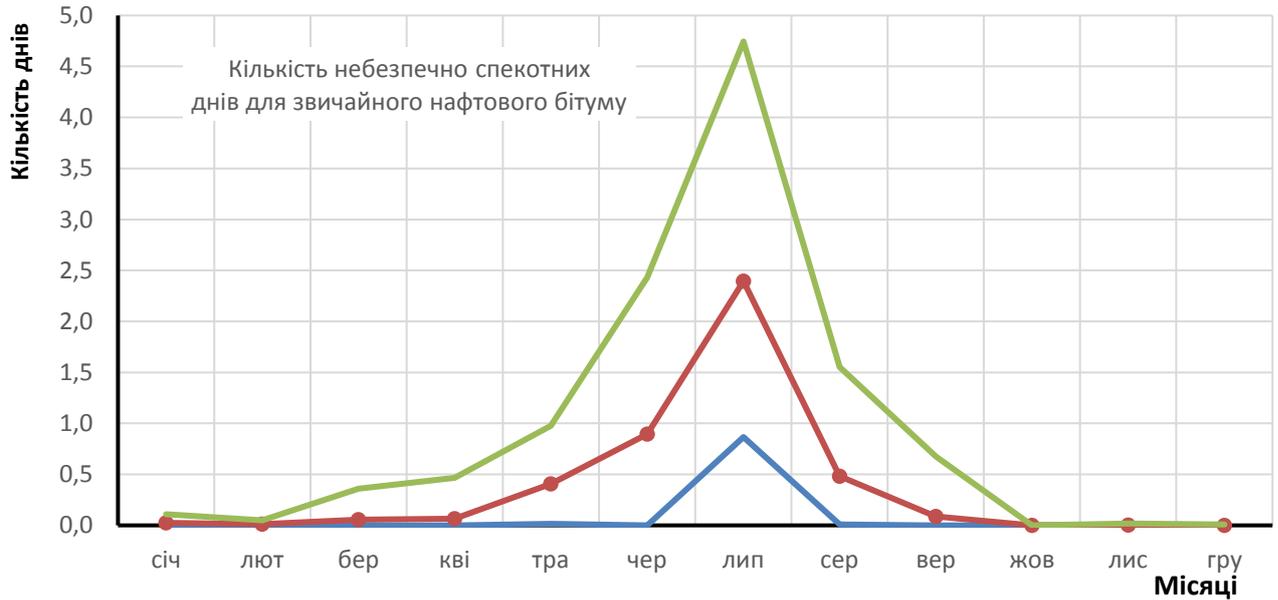


Рис. 4.10 Річний хід кількості небезпечно спекотних днів у зоні автомобільної дороги Київ-Одеса для одягу із звичайного дорожнього бітуму

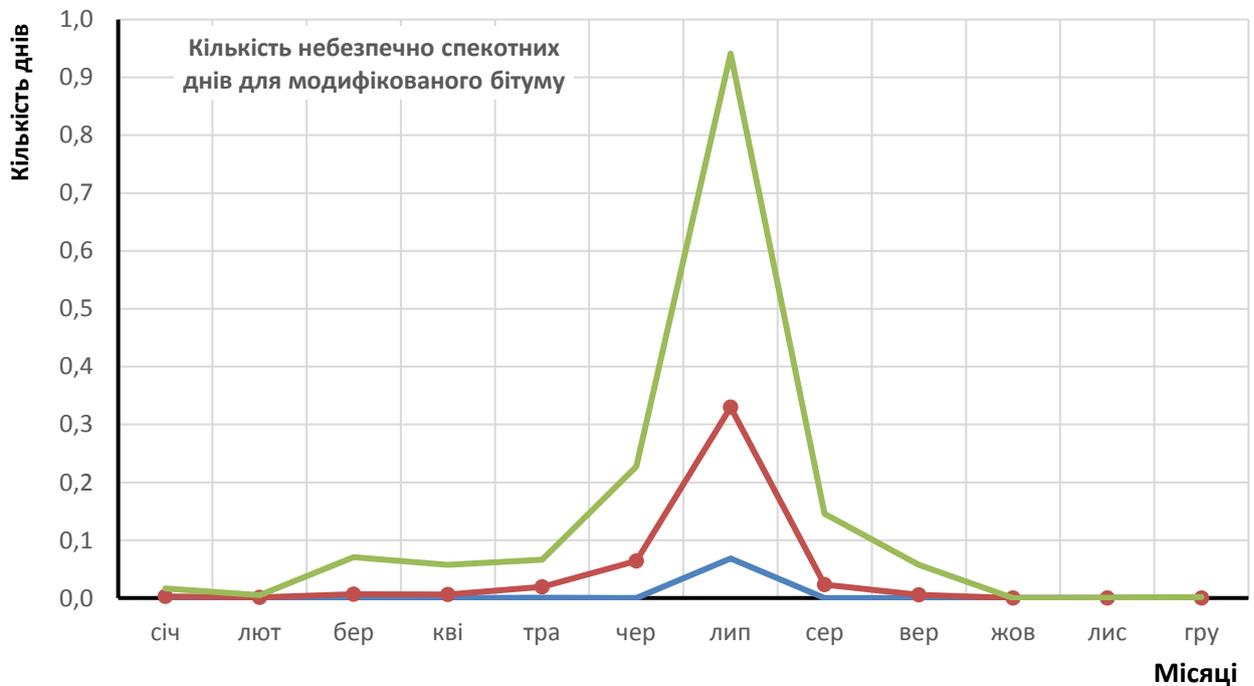


Рис. 4.11 Річний хід кількості небезпечно спекотних днів у зоні автомобільної дороги Київ-Одеса для одягу із полімермодифікованого бітуму

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 22 метеостанцій.

Таблиця 4.11

Зміни річної кількості небезпечно спекотних днів уздовж траси дороги

№ п/п	Прелік станцій	Для звичайного нафтового бітуму	Для бітуму модифікованого полімерами
1	Київ	2,90	0,21
2	Тетерів	5,60	0,65
3	Вишгород	3,70	0,25
4	Бориспіль	4,70	0,28
5	Баришівка	4,80	0,45
6	Фастів	2,50	0,25
7	Біла Церква	5,10	0,41
8	Миронівка	7,90	0,91
9	Жашків	4,17	0,31
10	Липовець	4,20	0,27
11	Озерна	3,60	0,28
12	Умань	4,30	0,43
13	Гайсин	4,30	0,14
14	Гайворон	2,59	0,14
15	Помошна	8,50	0,9
16	Первомайськ	9,27	1,23
17	Затиштя	7,51	0,4
18	Любашівка	3,17	0,86
19	Роздільна	2,96	0,7
20	Березанка	1,43	0,23
21	Одеса	2,31	0,34
22	Одеса Обсерват	2,54	0,4

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

- обчислені за даними кожної метеостанції;
- осереднені по чотирьох виділених відрізках дороги.

За даними таблиці 4.11 на рисунках 4.13 і 4.14 збудовані графіки, де показані зміни річної тривалості небезпечно спекотного періоду уздовж траси дороги Київ–Одеса для дорожнього одягу, виконаного на основі звичайного нафтового бітуму та бітуму, модифікованого полімерами.

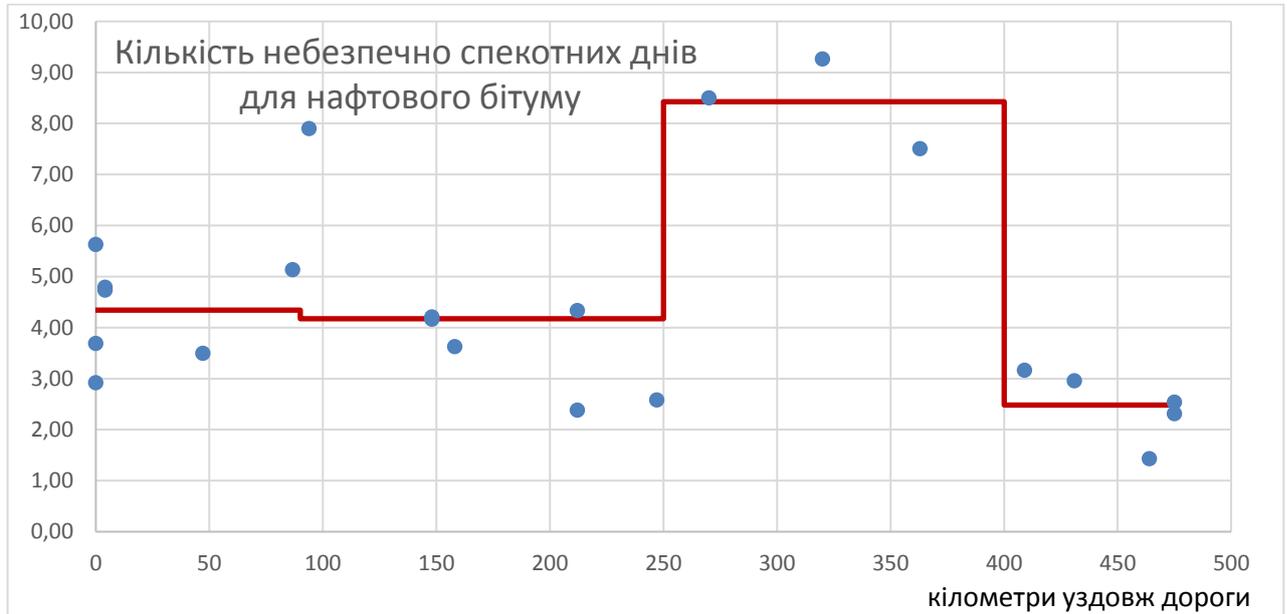


Рис. 4.13 Зміни уздовж дороги річної тривалості небезпечно спекотного періоду для звичайного нафтового бітуму



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

Як і раніше, на графіках окремими точками зображені дані для окремих метеостанцій, а суцільною лінією – ті самі дані, осереднені для чотирьох виділених 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 полімерномодифікованого бітуму.

Відображені на рисунках 4.13 і 4.14 тривалості небезпечно спекотного періоду мають досить неординарний характер змін уздовж траси дороги Київ–Одеса. На перших двох ділянках кількість небезпечно спекотних днів є практично незмінною. Це обумовлено приблизно однаковими температурами повітря та ґрунту на територіях Київської та Черкаської області, що добре видно з рисунка 2.9. На третій ділянці дороги кількість небезпечно спекотних днів сильно зростає у зв'язку зі збільшенням кліматичних температур на території Одеської області.

Зменшення кількості небезпечно спекотних днів на четвертому відрізку дороги (75 км від моря) можна пояснити двома причинами. Для дорожнього одягу на основі бітуму, модифікованого полімерами, це зменшення може бути обумовлене помітним зменшенням стандарту (тобто меж розкиду) температури ґрунту, що видно з таблиці 4.5 та з рисунка 4.5. Таке пом'якшення клімату є характерним для приморських районів унаслідок теплоакумуючого впливу величезних мас морської води, яка значною мірою "згладжує" коливання температур за рахунок поглинання тепла в жаркі дні та його віддачі уночі чи в прохолодну погоду. Подібний ефект був виявлений та описаний в роботі [стаття Карюк - приморські райони].

Для дорожнього одягу на основі звичайного нафтового бітуму більш різке зменшення кількості небезпечно спекотних днів на четвертому відрізку дороги обумовлюється як зменшенням стандарту температури ґрунту, так і переходом на більш теплостійкі марки бітумів (розрахункова температура розм'якшення збільшилася з +43°C на попередніх ділянках до +47°C на ділянці № 4 поблизу

моря). Отриманий ефект наочно демонструє необхідність вибору марки бітуму відповідно до кліматичного району за ДБН [1].

Загалом найбільше та найменше осереднені значення кількості небезпечно спекотних днів уздовж дороги відрізняються у 3,4 рази для дорожнього одягу із звичайного нафтового бітуму та в 2,4 для бітуму, модифікованого полімерами.

Виявлені закономірності вимагають детального аналізу та урахування зміни кількості небезпечно спекотних днів при плануванні автомобільних перевезень на різних ділянках автомобільної дороги Київ-Одеса.

#### **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  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $0^{\circ}\text{C}$ ). 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 (2.9) з урахуванням статистичних характеристик температури поверхні дороги (2.5) і (2.6) для усіх 22 метеостанцій із зони автомобільної дороги Київ-Одеса. Результати обчислень для кожної метеостанції наведені в додатку А, зведені в таблиці 4.12 і наочно відображені на рисунку 4.15. Як і в попередніх підрозділах, на рисунку зображені три функції річних змін кількості ожеледно-небезпечних днів: найбільші, найменші та середні для усіх метеостанцій із зони автомобільної дороги Київ-Одеса.

Таблиця 4.12

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

Назва метеостанції	січ	лют	бер	кві	тра	чер	лип	сер	вер	жов	лис	гру	Рік
Київ	4,1	4,2	3,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	5,1	21,3
Тетерів	3,7	4,1	3,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	3,6	2,0	17,2
Біла Церква	4,8	4,3	3,2	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	3,6	5,2	21,8
Фастів	4,0	4,8	3,4	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	5,2	22,2
Липовець	5,0	6,2	3,7	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	5,3	22,9
Бориспіль	3,9	4,1	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	5,4	20,5
Барішівка	4,2	4,4	3,4	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7	5,3	21,2
Вишгород	3,8	4,5	3,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	3,4	18,4
Миронівка	4,2	4,6	3,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	4,9	20,7
Умань	4,5	5,5	3,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	6,1	23,4
Озирна	4,5	4,8	3,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	5,5	20,7
Гайсин	4,4	4,9	3,1	0,8	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	5,2	22,3
Гайворонь	4,1	4,2	3,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	5,1	20,0
Помошна	5,3	4,6	3,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	5,0	21,3
Первомайськ	4,4	5,3	2,9	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	4,7	19,6
Затиштя	4,8	4,4	2,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	4,6	19,6
Жашків	4,4	4,3	3,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	5,1	21,2
Любашівка	4,7	4,6	2,9	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	4,8	20,4
Березанка	4,6	4,7	1,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	3,5	15,2
Одеса	4,2	3,9	2,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	3,1	14,6
Одеса обсерват	4,2	3,9	2,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	3,1	14,6
Роздільна	4,9	3,9	2,6	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	2,4	4,5	19,3
<b>Мінімум</b>	3,7	3,9	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	2,0	14,6
<b>Макимум</b>	5,3	6,2	3,7	1,5	0,1	0,4	0,0	0,0	0,1	0,1	4,5	6,1	23,4
<b>Середнє</b>	4,40	4,56	3,04	0,44	0,02	0,02	0,01	0,00	0,02	0,01	2,77	4,6	19,93

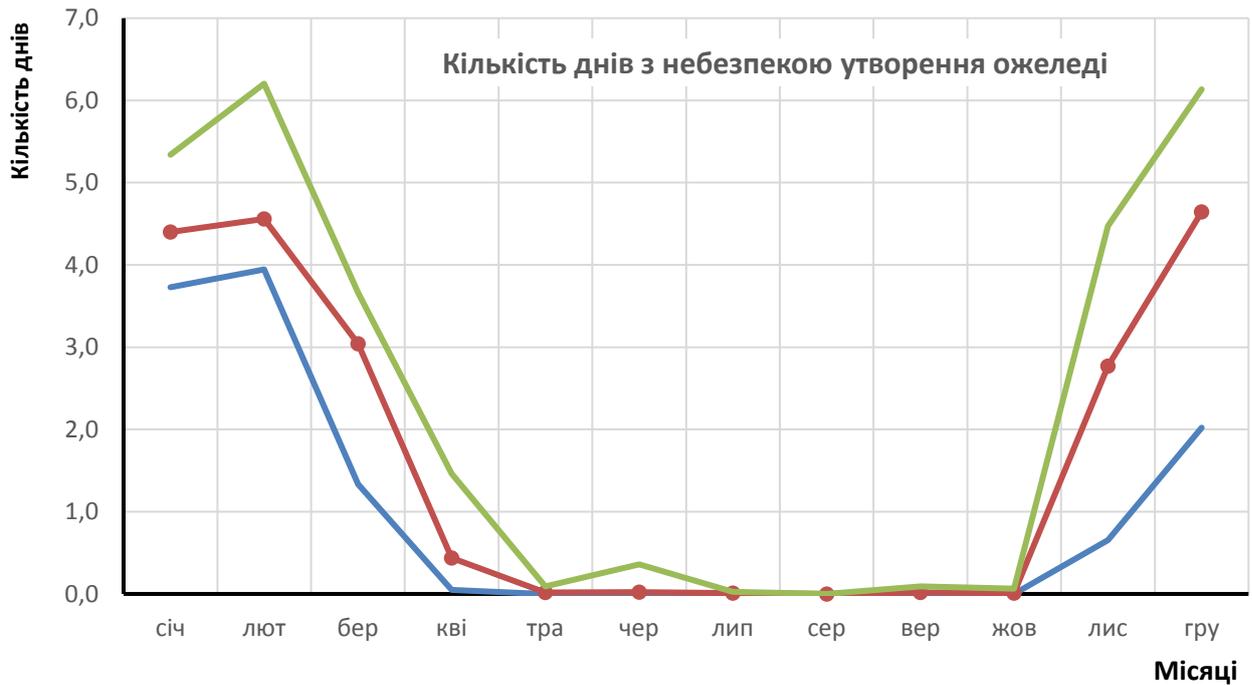


Рис. 4.15 Річний хід кількості днів з потенційною небезпекою утворення ожеледиці на автомобільній дорозі Київ-Одеса

З таблиці 4.12 та рисунка 4.15 видно, що реально небезпечними з точки зору утворення ожеледі є місяці з листопада по березень. Найбільші кількості потенційно небезпечних днів можуть сягати 6 днів на місяць.

Враховуючи значну мінливість даних таблиці 4.12, виконано аналіз їх змін уздовж траси дороги. Для цього використані сумарні річні кількості днів, які наведені в таблиці 4.12 для усіх 22 метеостанцій. Як і в попередніх випадках, в таблиці 4.13 вказані сумарні річні кількості днів з небезпекою утворення ожеледиці:

- обчислені за даними кожної метеостанції;
- осереднені по чотирьох виділених відрізках дороги.

З таблиці 4.13 та збудованого за її даними рисунка 4.16 видно, що кількості днів з потенційною небезпекою утворення ожеледиці змінюються уздовж траси дороги Київ–Одеса. Як і в попередніх випадках, значення для окремих метеостанцій (точки на графіках) носять значною мірою випадковий характер, але осереднені в межах окремих ділянок дороги тривалості небезпечного періоду змінюються досить закономірно.

В межах перших трьох ділянок дороги (Київська, Черкаська та північ Одеської області – від 0 км до 400 км) середні по цих відрізках кількості небезпечних днів змінюються від 20,2 до 21,6 дня на рік, тобто на 7%. На четвертій, приморській ділянці дороги небезпека утворення ожеледиці є набагато меншою (16,8 дня на рік). Очевидно, що таке положення пояснюється підвищенням кліматичних температур у південній частині дороги поблизу моря.

Таблиця 4.13

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

№ п/п	Прелік станцій	Кількість днів ожеледі	
1	Київ	21,30	20,37
2	Тетерів	17,20	
3	Вишгород	18,40	
4	Бориспіль	20,50	
5	Баришівка	21,20	
6	Фастів	22,20	
7	Біла Церква	21,80	
8	Миронівка	20,70	21,60
9	Жашків	21,20	
10	Липовець	22,90	
11	Озерна	20,70	
12	Умань	23,40	
13	Гайсин	22,30	
14	Гайворон	20,00	20,17
15	Помошна	21,30	
16	Первомайськ	19,60	
17	Затиштя	19,60	16,82
18	Любашівка	20,40	
19	Роздільна	19,30	
20	Березанка	15,20	
21	Одеса	14,60	
22	Одеса Обсерваторія	14,60	

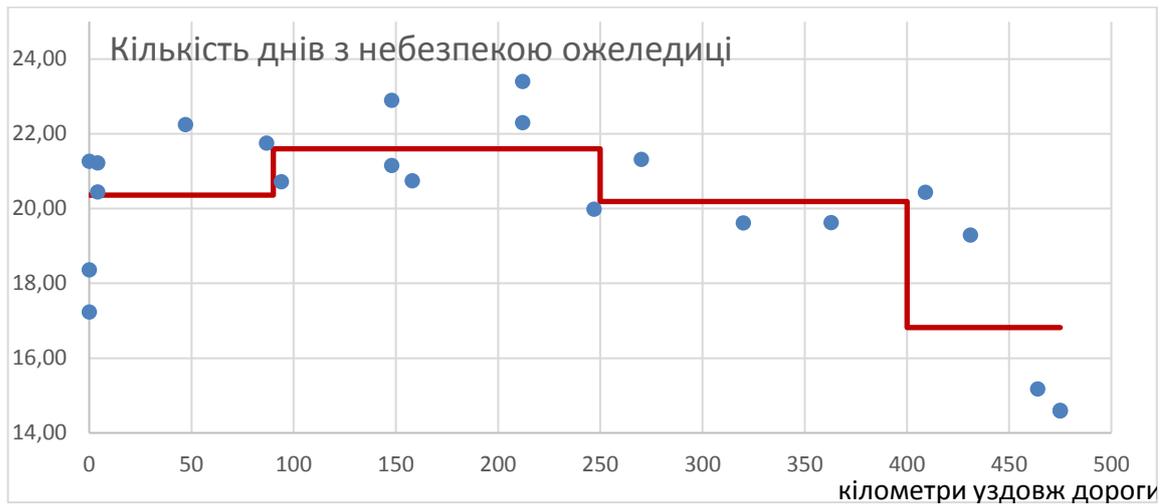


Рис. 4.16 Кількості днів з потенційною небезпекою утворення ожеледиці на дорозі Київ-Одеса

Виявлені кількості днів, небезпечних з точки зору утворення ожеледиці, є досить завищеною верхньою оцінкою реальної тривалості ожеледиці на дорозі Київ-Одеса. Адже ці дані відображають лише кількість днів, протягом яких температура поверхні дороги сприяє утворенню ожеледиці. Для реального прояву цього явища необхідно співпадіння цих днів з наявністю вологи, яка може замерзнути на поверхні дороги. Не дивлячись на орієнтовний, завищений характер, отримані дані разом із закономірностями їх зміни протягом року та по уздовж дороги можуть використовуватися для наближеного прогнозування тривалості ожеледних періодів на автомобільній дорозі Київ-Одеса.

#### 4.5 Висновки з розділу

1. Прогнозування параметрів температурного режиму дорожнього одягу виконане в середовищі Microsoft Excel за даними про середньомісячні температури повітря й поверхні ґрунту на 22 метеостанціях, розміщених уздовж автошляху Київ – Одеса, .
2. З використанням даних метеостанцій, розміщених уздовж автошляху Київ – Одеса, та методики розділу 2 визначені математичні сподівання та стандарти температури поверхні дороги, а також показники температурного режиму експлуатації дорожнього одягу: місячні та сумарні річні тривалості небезпечно холодного та небезпечно спекотного періодів.
3. У розрахунках враховувалися температури крихкості та розм'якшення двох видів асфальтобетону: на основі звичайного нафтового дорожнього бітуму, марка якого відповідає кліматичному району розміщення дороги, та на основі бітуму, модифікованого полімерами.
4. Якісний вигляд річних функцій зміни місячних тривалостей небезпечно холодних і небезпечно спекотних періодів однаковий для усіх досліджених метеостанцій, але їх числові значення можуть відрізнятися у декілька разів. Річні кількості небезпечно холодних та небезпечно спекотних днів істотно змінюються уздовж дороги, що необхідно враховувати при планування автомобільних перевезень,
5. Використання бітуму, модифікованого полімерами, повинно істотно підвищити надійність і довговічність дорожнього одягу порівняно з використанням звичайного нафтового бітуму внаслідок зменшення кількості небезпечно холодних днів у 1,5...3 рази та кількості небезпечно спекотних днів у 5...12 разів.
6. На різних ділянках дороги тривалості періодів, небезпечних з точки зору утворення ожеледиці, можуть сягати 17...22 днів на рік, що є завищеною верхньою оцінкою потенційної небезпеки, яка може реалізуватися тільки при одночасному зволоженні поверхні дороги.

**7.** Узагальнення отриманих результатів з урахуванням змін тривалості небезпечно холодних і небезпечно спекотних періодів уздовж траси автомобільної дороги та протягом року відкриє можливість практичного

### **Загальні висновки за результатами досліджень**

1. Доведена до рівня практичного використання методика обчислення статистичних характеристик температури та параметрів температурного режиму експлуатації асфальтобетонного дорожнього одягу, запропоновану в наших попередніх дослідженнях, та здійснена її програмна реалізація в середовищі табличного процесора Microsoft Excel.
2. В середовищі Microsoft Excel створена електронну база метеорологічних даних для аналізу температурного режиму експлуатації автомобільної дороги Київ-Одеса, реалізувана статистична обробка цих даних та обчислення параметрів температурного режиму експлуатації асфальтобетонного дорожнього одягу.
3. Виявлені марки дорожніх бітумів, які використовувалися при улаштуванні верхніх шарів дорожнього одягу автомобільної дороги Київ–Одеса, і за відповідними стандартами встановлені технічні характеристики цих бітумів, необхідні для прогнозування температурного режиму дорожнього одягу.
4. За наявними метеорологічними даними для зони дороги та технічними характеристиками бітумів визначені тривалості періодів, небезпечних для експлуатації дорожнього одягу автомобільної дороги Київ-Одеса при умові його виконання на основі звичайних нафтових дорожніх бітумів та бітумів, модифікованих полімерами.
5. Проаналізовані часові і територіальні мінливості отриманих статистичних характеристик температури повітря, ґрунту й поверхні дороги, а також параметри температурного режиму експлуатації асфальтобетонного дорожнього одягу уздовж автодороги Київ-Одеса.
6. За результатами узагальнення зміни параметрів температурного режиму експлуатації дорожнього одягу уздовж дороги Київ – Одеса та протягом календарного року розроблені рекомендації щодо урахування цих параметрів при плануванні автомобільних перевезень.

## ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.3-4:2015. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. – К.: МінрегіонбудУкраїни, 2015. – 101 с.
2. ДСТУ Б В.2.7-119. Сумішасфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічніумови. – К.: МінрегіонУкраїни, 2012. – 39 с.
3. ДСТУ 4044-2001. Бітуминафтовідорожнів'язкі. Технічніумови. – К.: ДержстандартУкраїни, 2001. – 6 с.
4. ГОСТ 22245-90. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия
5. ДСТУ Б В.2.7-135:2007. Бітумидорожні, модифіковані полімерами. Технічніумови. – К.: МінрегіонбудУкраїни, 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 В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. – К.: МінбудУкраїни, 2006. – 75
8. ДБН А. 2.2-1-95. Склад і зміст оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будівель і споруд. Основні положення проектування. -К., 1996.
9. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаментиспоруд. – К.: МінрегіонбудУкраїни, 2009. – 161 с.
10. ДБН Д.1.7-2000. Правила визначення вартості проектно-вишукувальних робіт для будівництв, щоздійснюються на територіїУкраїни / ДержбудУкраїни. – К., 2001.
11. ДБН В.2.3-16:2007 Норми відведення земельних ділянок для будівництва автомобільних доріг. – К.: МінрегіонбудУкраїни, 2007. – 25 с.
12. ДБН В.2.6-31:2006. Теплова ізоляція будівель. – К.: МінбудУкраїни, 2006. – 71 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.: ДержбудУкраїни, 2007.

14. ВБН В.2.3-218-545:2009. Споруди транспорту. Укріплення та стабілізація шарів дорожнього одягу за методом холодного ресайклінгу. – К.: ДержбудУкраїни, 2009.

15. ГБН В.2.3-218-551:2011. Споруди транспорту. Автомобільні дороги загального користування. Капітальний ремонт. Вимоги проектування. – К.: ДержбудУкраїни, 2011.

16. ВБН В.3.1-218-174-2002. Оцінка технічного стану автодорожніх мостів, що експлуатуються. – К.: 2002. – 76 с.

17. ВБН В.3.2-218-171-2002. Споруди транспорту. Спорудження земляного полотна автомобільних доріг. – К.: ДержбудУкраїни, 2003.

18. ВБН В.3.2-218-186-2004. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу. – К.: ДержбудУкраїни, 2004.

19. ВБН Г.1-218-530:2006. Класифікація робіт з експлуатаційного утримання автомобільних доріг загального користування. – К., 2006.

20. ВБН Д.1.1-218-001-2001. Порядок визначення вартості будівництва, реконструкції, капітального та поточного ремонту в автомобільних доріг загального користування. – К.: ДержбудУкраїни, 2001.

21. ВБН Д.2.2-218-045-2001. Відомчі ресурсні елементні кошторисні норми. Ремонт автомобільних доріг та мостів. – К: Укравтодор, 2009.

22. ГБН В.2.3-218-007:2012. Споруди транспорту. Екологічні вимоги до автомобільних доріг. Проектування. – К.: ДержбудУкраїни, 2012.

23. ГБН В.2.3-218-540:2012. Споруди транспорту. Охорона довкілля при будівництві, ремонті та експлуатаційному утриманні автомобільних доріг. – К.: ДержбудУкраїни, 2012.

24. ГБН Г.1-218-182:2011. Ремонт автомобільних доріг загального користування. Видиробіт та перелікробіт. – К., 2011.

25. ГСТУ 218-02070915-102-2003. Автомобільні дороги. Визначення транспортно-експлуатаційних показників дорожніх покриттів. Методи та засоби. – К.: ДержбудУкраїни, 2003.
26. ГСТУ 218-03449261-099-2002. Безпека дорожнього руху. Порядок проведення лінійного аналізу аварійності та оцінки умов безпеки руху на автомобільних дорогах. – К.: ДержбудУкраїни, 2003.
27. Білятинський О.А., Старовойда В.П. Проектування капітального ремонту і реконструкції доріг. – К.: Вищаосвіта, 2003. – 343 с.
28. Бойчук В.С. Довідник дорожника. □ К., Урожай, 2002. □ 560 с.
29. Бойчук В.С., Кірічек Ю.О., Сергєєв О.С. Штучні споруди на дорогах. □ Дн-к, ПДАБА, 2004. □ 364 с.
30. Білятинський О.А., Старовойда В.П. Проектування капітального ремонту і реконструкції доріг. – К.: Вища освіта, 2003. – 343 с.
31. Жданюк В.К., Сибільський Д. Рециклювання дорожніх одягів ч.І // АвтошляховикУкраїни. – 2006. - №4. – С. 32-35.
32. Жданюк В.К., Сибільський Д. Рециклювання дорожніх одягів ч.ІІ // АвтошляховикУкраїни. – 2006. - №5. – С. 27-30.
33. Жданюк В.К., Сибільський Д. Рециклювання дорожніх одягів ч.ІІІ // Автошляховик України. – 2006. - №6. – С. 23-25.
34. Огірко О.І., Галайко Н.В. Теорія ймовірностей та математична статистика: навчальний посібник /О.І.Огірко, Н.В.Галайко. – Львів: ЛьвДУВС, 2017. – 292с.
35. Температурні впливи на огорожувальні конструкції будівель: монографія / В. А. Пашинський, Н. В. Пушкар, А. М. Карюк. – Одеса, 2012. –180 с.
36. Ільченко В.В. Відновлення дорожніх одягів із застосуванням технології холодного ресайклінгу // Збірник наукових праць ПолтНТУ. Вип. 5 (27). – Полтава: ПолтНТУ, 2009. – С. 161-165.

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. Карюк А.М. Аналіз температурного режиму поверхні ґрунту для проектування автомобільних доріг / А.М. Карюк, Б.В. Савенко // Збірник тез 68-ї наукової конференції ПолтНТУ. Том 1. – Полтава: ПолтНТУ, 2016. – С. 65-67.

39. Карюк А.М. Метеорологічні дані та розрахункові параметри температури поверхні ґрунту / А.М. Карюк, Б.В. Савенко // Матеріали Всеукраїнської Інтернет-конференції «Інформаційні технології та землеустрій в управлінні територіальним розвитком». – Полтава, ПолтНТУ, 2016. – С. 310–312.

40. Карюк А.М. Метеорологічні дані для прогнозування температурного режиму експлуатації автомобільних доріг на території України/ А.М. Карюк, Б.В. Савенко // Матеріали III Всеукраїнської Інтернет-конференції «Проблеми сучасного будівництва». – Полтава, ПолтНТУ, 2016. – С. 216-218.

41. Карюк А.М. Методика статистичного аналізу метеорологічних даних з температури повітря та ґрунту / А.М. Карюк, Б.В. Савенко // Науковий журнал «Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті». – Луцьк: , 2016. – Вип.55. – С. 191-195.

42. Кінаш Р.І. Температурний режим повітря і ґрунту в Україні / Р. І. Кінаш, О. М. Бурнаєв. – Львів, 2001.

43. 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.

44. Методические рекомендации по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог способами холодной регенерации. – М.: ГП «Информавтодор», 2002. – 56 с.

45. Метеорологический ежемесячник. Часть I. Выпуск 10. – Л.: Гидрометеиздат. – 1961-1991.

46. Метеорологический ежемесячник. Часть II, Выпуск 10. – Л.: Гидрометеиздат, 1961-1991.

47. Методичні вказівки до оцінювання транспортно-експлуатаційного стану автомобільної дороги при виконанні курсових і дипломних проектів для студентів спеціальності "Автомобільні дороги та аеродроми" всіх форм навчання / Укладачі:Павлюк Д.О., Ільченко В.В. – Полтава: ПолтНТУ, 2007. – 31 с.

48. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 3, часть 1. Метеорологические наблюдения на станциях. – Л. :Гидрометеиздат, 1963. – 308 с.

49. Собко Ю.М., Сідун Ю.В., Карасьова Л.О. Проектування автомобільних доріг. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019. – 228с.

50. Солодкий С.Й. Дорожні одяги. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. - 164 с

51. Солодкий С.Й. Інноваційні матеріали і технології для будівництва та ремонту дорожніх одягів автомобільних доріг. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. –140 с

52. Савенко В.Я., Славінська О.С., Лисенко О.П. Основи технології будівництва доріг (для самостійної роботи з вивчення дисципліни): Навчально-методичний посібник. □ К.: НТУ, 2006. - 247 с

54. Uk: Автомобільні шляхи України / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Uk:%D0%90%D0%>

55. Про затвердження Державної цільової економічної програми розвитку автомобільних доріг загального користування державного значення на 2018-2022 роки/ [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/382-2018-%D0%BF#Text>

56. Карти Гугл / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.google.com.ua/maps/place/>

57. Технологія будівництва автомобільних доріг в прикладах (для курсового та дипломного проектування) / В.Я. Савенко, О.С. Славінська, Г.М. Фещенко, В.І. Каськів. – К.: НТУ, 2003. – 377 с.

58. Заборона руху вантажів на трасах України / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.ukravtodor.gov.ua>
59. Поточний стан автомобільних доріг / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://autostrada.info/ua>
60. Автомобільна дорога Київ-Одеса / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://routes.in.ua>
61. Магістраль М-05 / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org>
62. Дороги київської області / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.cgo.kiev.ua>
63. Будівництво автомобільної дороги Київ-Одеса / [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.diprodor.com>
64. Бітумні в'язучі. Класифікація/ [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://bibliograph.com.ua>
64. Nikolaides A. Highway Engineering: Pavements, Materials and Control of Quality / A. Nikolaides. – CRC Press, 2015. – 868 p.