

УДК 625.7/.8:551.525

А.М. Карюк, Р.А. Міщенко, Б.В. Савенко*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка***МЕТОДИКА СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ДАНИХ З
ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ ТА ГРУНТУ**

На базі подання температури ґрунту у формі послідовностей з 12-ти випадкових величин з нормальним законом розподілу отримано робочі формули для визначення часу, протягом якого температура поверхні автомобільної дороги перебуває в заданих межах. На прикладі даних метеостанції Полтава показана методика використання отриманих формул та виявлена істотна сезонна мінливість параметрів температурного режиму дорожнього покриття. Результати дослідження можуть використовуватися при плануванні автомобільних перевезень і ремонтних робіт на автодорогах.

Ключові слова: автомобільна дорога, асфальтобетонне покриття, температурний режим, планування перевезень.

А.Н. Карюк, Р.А. Мищенко, Б.В. Савенко*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка***МЕТОДИКА СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ С
ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И ПОЧВЫ**

На базе представления температуры почвы в форме последовательностей из 12-ти случайных величин с нормальным законом распределения получено рабочие формулы для определения времени, в течение которого температура поверхности автомобильной дороги находится в заданных пределах. На примере данных метеостанции Полтава показана методика использования полученных формул и выявлена существенная сезонная изменчивость параметров температурного режима дорожнего покрытия. Результаты исследования могут использоваться при планировании автомобильных перевозок и ремонтных работ на автодорогах.

Ключевые слова: автомобильная дорога, асфальтобетонное покрытие, температурный режим, планирование перевозок.

A. Kariuk, R. Mishchenko, B.Savenko*Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University***METHODS OF STATISTICAL ANALYSIS OF METEOROLOGICAL DATA WITH AIR AND
SOIL TEMPERATURES**

On the basis of the soil temperature representation in the form of sequences of 12 random variables with normal distribution law, a working formula was received for determining the time, during which the temperature of the surface of the road varied in a specified range. On the example of data of Poltava weather station it was shown the methods of using the deduced formulae, and discovered significant seasonal variability of parameters of the thermal behavior of the road pavement. The research results can be used when planning repair work on motor roads and when planning motor transportation.

Keywords: motor road, bituminous concrete pavement, thermal behavior, motor transportation planning.

Постановка проблеми. Температурний режим полотна автомобільної дороги 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 може призвести до крихкості бітуму та руйнування дорожнього одягу 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.

Мета дослідження полягає в розробленні та апробації на конкретних прикладах розрахунку методики визначення тривалості часу, протягом якого рух великовагових автомобілів може спричинити пошкодження дорожнього покриття в кожному з місяців року.

Для дослідження температури поверхні ґрунту та покриття автомобільних доріг створена електронна база даних, у якій за результатами спостережень на метеостанціях України наведені статистичні характеристики середньомісячних значень температури повітря і ґрунту для кожного року з місяців року. У попередніх дослідженнях [6, 7] показано, що математичне сподівання M_{CM} і стандарт S_{CM} середньомісячних температур ґрунту можна перерахувати у відповідні характеристики поточних значень температури дорожнього покриття M_d і S_d за формулами

$$M_D = M_{CM}; \quad S_D = S_{CM} \sqrt{20} = 4,47 \cdot S_{CM}. \quad (1)$$

Температура дорожнього покриття визначається температурою поверхні ґрунту та впливом сонячної радіації, яка додатково нагріває асфальтобетон. Зростання температури поверхні унаслідок дії сонячної радіації можна наближено оцінити за формулою з нормативного документу [2]:

$$\theta = 0,05 \times \rho \times S_{max} \times k \times k_1, \quad (2)$$

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

$k=1$ – коефіцієнт, що приймається за таблицею норм [2];

$k_1=0,4$ – коефіцієнт, прийнятий за таблицею нормативного документу [2] для товщини дорожнього покриття 15-39 см;

ρ – коефіцієнт поглинання сонячної радіації матеріалом зовнішньої поверхні конструкції, що приймається за нормативним документом [3] залежно від фактури та кольору поверхні.

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

- 1) трав'яний покрив, аналогічний штукатурці зеленого кольору з $\rho=0,6$;
- 2) піщана або глиниста поверхня ґрунту, аналогічна до штукатурки кремового кольору з $\rho=0,4$;
- 3) асфальтобетонне 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 $16,02-10,68=5,3^\circ\text{C}$ вищою за температуру поверхні ґрунту з трав'яним покривом та на $16,02-7,12=8,9^\circ\text{C}$ вищою за температуру відкритої поверхні піщаного ґрунту. З деяким запасом надійності надалі будемо вважати, що температура асфальтобетонного покриття може бути на 10°C вищою, ніж температура поверхні ґрунту, виміряна на метеостанції.

Кількість днів, протягом яких у даному місяці року температура поверхні дорожнього покриття буде нижчою за задану температуру X , можна визначити за формулою [5]

$$T_X = 30 \times F_D(M_D, S_D, X) \quad (3),$$

де 30 – кількість днів в місяці;

$F_D(M_D, S_D, X)$ – функція нормального розподілу температури поверхні ґрунту з числовими характеристиками (1).

Результати обчислень за формулою (3) для усіх місяців року і температур в межах $-20^\circ\text{C} \leq X \leq +20^\circ\text{C}$ наведені в таблиці 1 і на рисунку 1. Сумарні кількості несприятливих днів протягом усього року можна визначити як суму 12-ти місячних значень.

Таблиця 1

Кількість днів з температурою дороги, нижчою від заданної температури X

$X, ^\circ\text{C}$	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Чер.	Лип.	Сер.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
-20	3,1	3,2	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,8
-15	6,1	6,3	3,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	2,8
-10	10,4	10,6	5,8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	7,3
-5	15,4	15,6	9,6	1,6	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	8,7	14,1
0	20,4	20,6	14,1	4,3	0,4	0,4	0,0	0,0	0,5	1,2	14,5	21,2
5	24,4	24,6	18,9	9,2	1,6	1,3	0,1	0,0	2,3	8,0	20,4	26,4

10	27,2	27,3	23,0	15,7	4,7	3,4	0,6	0,1	6,6	20,7	25,1	28,9
15	28,8	28,9	26,1	21,9	10,1	7,0	2,8	1,6	13,6	28,4	27,9	29,8
20	29,6	29,6	28,1	26,4	17,0	12,1	8,6	8,3	21,2	29,9	29,3	30,0

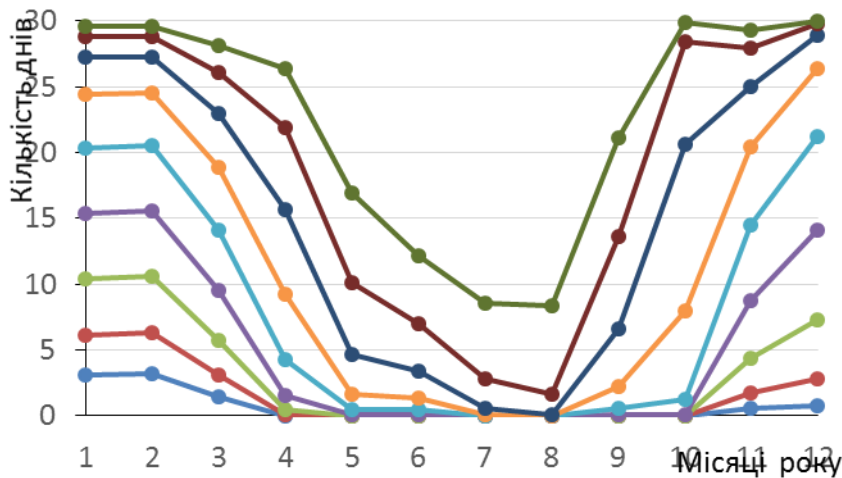


Рис.1 Кількість днів з температурою дороги, нижчою від заданної температури X

З таблиці 1 та рисунка 1 видно, що температурний режим поверхні ґрунту та дорожнього покриття має чітко виражену сезонну мінливість: кількість холодних днів у зимові місяці набагато більша, ніж у літні. Розглядаючи криву для температури X=+10°C, можна встановити тривалість часу, протягом якого згідно з вимогами норм [1] не можна укласти асфальтобетонне покриття. З жовтня по березень ця тривалість перевищує 20 днів на місяць, що практично унеможливує дорожні роботи. Укладання асфальтобетону можна планувати на період з травня по вересень коли тривалість несприятливих умов не перевищує 7 днів на місяць.

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

$$T_C = 30 \times [1 - F_D(M_D + 10, S_D, X)] \quad (4),$$

де 30 – кількість днів в місяці;

$F_D(M_D, S_D, X)$ - функція нормального розподілу температури дорожнього покриття з математичним сподіванням M_D та стандартом S_D за формулою (1).

Збільшення математичного сподівання на 10°C враховує проаналізований вище вплив сонячної радіації на чорну поверхню асфальтобетону. Результати обчислень за формулою (4) наведені в таблиці 2 і на рисунку 2.

Таблиця 2

Кількість днів з температурою дороги, вищою від заданної температури X

X, °C	січ	лют	бер	кві	тра	чер	лип	сер	вер	жов	лис	гру
10	9,6	9,4	15,9	25,7	29,6	29,6	30,0	30,0	29,5	28,8	15,5	8,8
15	5,6	5,4	11,1	20,8	28,4	28,7	29,9	30,0	27,7	22,0	9,6	3,6
20	2,8	2,7	7,0	14,3	25,3	26,6	29,4	29,9	23,4	9,3	4,9	1,1
25	1,2	1,1	3,9	8,1	19,9	23,0	27,2	28,4	16,4	1,6	2,1	0,2
30	0,4	0,4	1,9	3,6	13,0	17,9	21,4	21,7	8,8	0,1	0,7	0,0
35	0,1	0,1	0,8	1,2	6,8	12,1	12,9	10,0	3,5	0,0	0,2	0,0
40	0,0	0,0	0,3	0,3	2,7	7,0	5,3	2,2	1,0	0,0	0,0	0,0
45	0,0	0,0	0,1	0,1	0,8	3,4	1,4	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0
50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

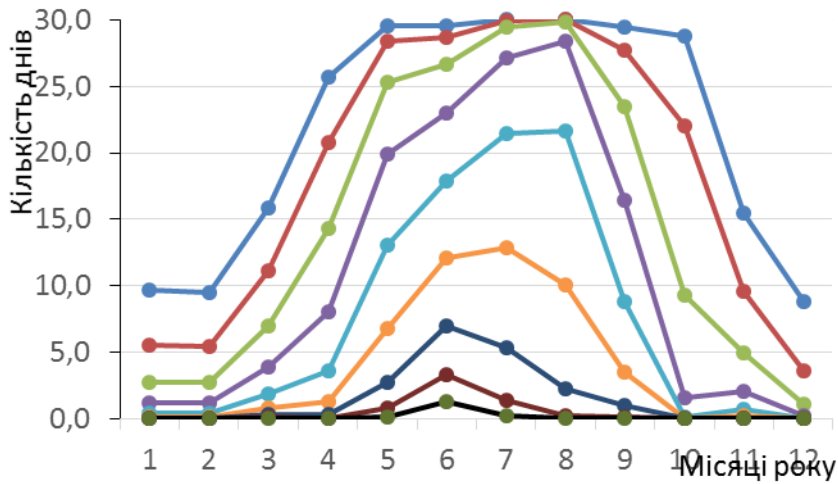


Рис.2 Кількість днів з температурою дороги, вищою від заданної температури X

Таблиця 2 та рисунок 2 також підтверджують явно виражену сезонну мінливість температурного режиму дорожнього покриття. Прийmemo в якості граничного значення температури поверхні дороги величину $X=45^{\circ}\text{C}$, при якій згідно з даними [4] починається розм'якшення асфальтобетону. З таблиці та рисунка видно, що в період з серпня по квітень ризик розм'якшення дорожнього покриття є незначним (не більше 0,2 дня на місяць). У теплі місяці року з травня по липень тривалість періоду, коли рух великогазових автомобілів слід обмежити, коливається від 1 до 3 днів на місяць.

Небезпека утворення ожеледі виникає при температурах покриття дороги в межах від -5°C до 0°C . Кількість днів на місяць, прорядом яких реалізуються такі температури дорожнього покриття, можна розрахувати за формулою

$$T_O = 30 \times [F_d(M_d, S_d, 0) - F_d(M_d, S_d, -5)]. \tag{5}$$

Обчислені за формулою (5) кількості потенціально небезпечних днів наведені в таблиці 3 і на рисунку 3. Реальна небезпека утворення ожеледі (при одночасній наявності туману чи дощу) існує в період з листопада по квітень, коли кількість потенційно небезпечних днів становить від 3 до 7 днів на місяць.

Таблиця 3

Кількість днів з температурою дороги в межах від -5 до 0°C

Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Чер.	Лип.	Сер.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд.
4,96	4,93	4,58	2,75	0,35	0,32	0,010,	0,00	0,46	1,5	5,77	7,12

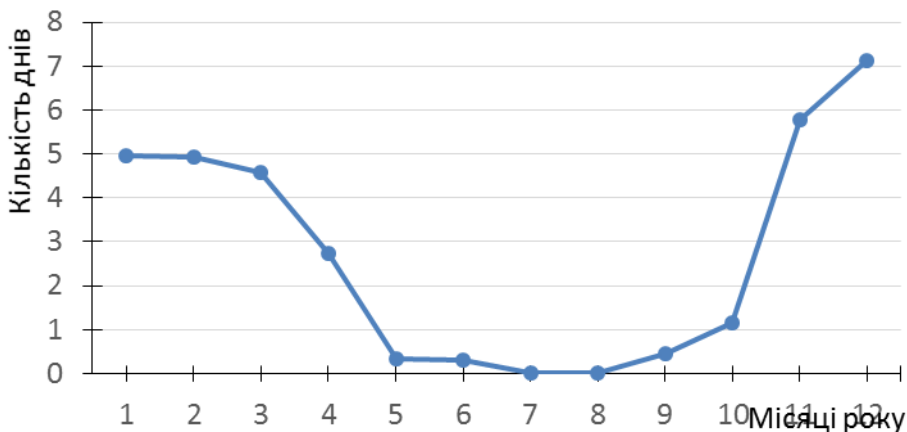


Рис. 3 Кількість днів з температурою покриття дороги в межах від -5 до 0°C

Виконані розрахунки дозволяють планувати перевезення та роботи на автомобільних дорогах. Протягом днів, у які температура буде нижчою від +10°C не можна класти асфальтобетонне покриття, що слід урахувати при плануванні обсягів будівельних та ремонтних робіт у відповідні місяці року. При температурі покриття автомобільної дороги понад +45°C може пошкоджуватися дорожнє покриття внаслідок розм'якшення асфальту. У ці дні слід заборонити рух великогабового вантажного транспорту, врахувавши тривалість таких періодів при плануванні перевезень. Так само слід зменшити планову тривалість автомобільних перевезень на кількість днів, потенційно небезпечних з точки зору утворення ожеледі.

Висновки:

1. Статистичні характеристики поточних значень температури ґрунту визначаються через наявні в базі даних характеристики середньомісячних значень, а температура асфальтобетонного покриття автомобільної дороги в літній період часу може бути на 10°C вищою за температуру поверхні ґрунту.

2. На базі подання температури ґрунту у формі послідовностей з 12-ти випадкових величин з нормальним законом розподілу отримані робочі формули для визначення часу, протягом якого температура поверхні автомобільної дороги перебуває в заданих межах. На прикладі даних метеостанції Полтава показана істотна сезонна мінливість температурного режиму дорожнього покриття.

3. Визначення середніх тривалостей перебування температури повітря, ґрунту чи поверхні автомобільної дороги в заданих межах дозволить обґрунтовано планувати вантажні перевезення, роботи зі спорудження й ремонту автомобільних доріг.

Література

1. ВБН В.2.3-218-547:2010. Споруди транспорту. Влаштування асфальтобетонних шарів дорожнього одягу при низьких температурах. – К.: Державна служба автомобільних доріг України, 2010.

2. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. – К.: [Мінбуд України, 2006.–75 с.](#)

3. [ДБН В.2.6-31:2006. Теплова ізоляція будівель. – К.: Мінбуд України, 2006.–71 с.](#)

4. ДСТУ 4044-2001. Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Технічні умови. – К.: [Держстандарт України, 2001. –6 с.](#)

5. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Физматгиз, 1962. – 564 с.

6. Температурні впливи на огорожувальні конструкції будівель: монографія / В.А. Пашинський, Н.В. Пушкар, А.М. Карюк. – Одеса, 2012. –180 с.

7. 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.

Стаття надійшла до редакції 16.04.2016