

ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ПОВЕРХНІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ НА ТЕРИТОРІЇ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Карюк А.М., к.т.н., доцент,
Литвиненко Т.П., к.т.н., доцент,
Тимошевський В.В., к.е.н., доцент,

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
kariuk@mail.ru

Анотація. За розробленою імовірнісною методикою, яка враховує результати метеорологічних спостережень за температурою поверхні ґрунту, впливом сонячної радіації, а також за температурами крихкості та розм'якшення дорожніх бітумів, встановлено, що кількість небезпечно спекотних днів є практично незмінна по території Одеської області, а кількість холодних днів систематично зростає з півдня на північ області. Тривалість потенційно небезпечних періодів істотно знижується при використанні бітумів, модифікованих полімерами. Виявлені тривалості дії температур, небезпечних для дорожнього одягу, дозволять обґрунтовано планувати вантажні перевезення з метою збереження нормального технічного стану автомобільних доріг.

Ключові слова: автомобільна дорога, температурний режим експлуатації дорожнього одягу, розм'якшення та крихке руйнування асфальтобетону.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОВЕРХНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ТЕРРИТОРИИ ОДЕССКОЙ ОБЛАСТИ

Карюк А.Н., к.т.н., доцент,
Литвиненко Т.П., к.т.н., доцент,
Тимошевский В.В., к.э.н., доцент,

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка
kariuk@mail.ru

Аннотация. По разработанной вероятностной методике, учитывающей результаты метеорологических наблюдений за температурой поверхности почвы, влиянием солнечной радиации, а также за температурами хрупкости и размягчения дорожных битумов, установлено, что количество опасно жарких дней практически неизменно по территории Одесской области, а количество холодных дней систематически растет с юга на север области. Продолжительность потенциально опасных периодов существенно снижается при использовании битумов, модифицированных полимерами. Установленные продолжительности действия температур, опасных для дорожной одежды, позволят обоснованно планировать грузовые перевозки с целью сохранения нормального технического состояния автомобильных дорог.

Ключевые слова: автомобильная дорога, температурный режим эксплуатации дорожной одежды, размягчение и хрупкое разрушение асфальтобетона.

FORECASTING TEMPERATURE REGIME OF MOTOR ROADS SURFACE ON THE TERRITORY OF ODESSA REGION

Kariuk A.M., Ph.D., Associate Professor,
Lytvynenko T.P., Ph.D., Associate Professor,

Abstract. The surface temperature of roads on the territory of Odessa region according to probabilistic method based on the results of the meteorological observations of the temperature of the soil surface, and taking into account the influence of solar radiation was analyzed. As indicators of temperature regime of roads operation the average monthly and the total annual numbers of hot days, during which deformation of bituminous concrete pavement of the road may occur, as well as the number of cold days, dangerous as to brittle fracture of the upper layer of the bituminous concrete were used. Permissible temperature range of the road operation was set according to brittle and melting points of road bitumen, which should be used for the asphalt mixtures preparation in accordance with the normative standards of motor roads design. The number of dangerously hot days is virtually the same on the territory of Odessa region, and the number of cold days systematically increase from South to North of the region. Extended temperature range of operation of bitumen, modified with polymers, significantly reduces the duration of the potentially dangerous for road pavement cold and hot periods when the destruction of bituminous concrete may occur. The defined time periods, when the temperature of the surface of the road is outside the permissible operating temperature range of the used types of bitumen, will allow to reasonably planning cargo transportation to maintain the normal condition of motor roads.

Keywords: motor road, temperature regime of road pavement operation, bituminous concrete softening and brittle fracture.

Вступ. Цілісність і довговічність асфальтобетонного покриття автомобільних доріг значною мірою залежить від температурного режиму експлуатації. При температурах, вищих за температуру розм'якшення дорожнього бітуму, відбуваються деформації дорожнього одягу внаслідок зменшення його несучої здатності, а падіння температури нижче температури крихкості бітуму може спричинити руйнування дорожнього покриття під дією динамічного навантаження від транспорту. Прогнозування температурного режиму дорожнього покриття за даними про температуру поверхні ґрунту дозволить оптимально спланувати автомобільні перевезення з урахуванням допустимого режиму експлуатації доріг в даній місцевості.

Аналіз останніх джерел та публікацій. Вплив кліматичних умов на експлуатацію автомобільних доріг значною мірою залежать від використаних матеріалів [1], температурний діапазон нормальної експлуатації яких в основному визначається технічними характеристиками використаних бітумних в'язучих за нормами [2]. Необхідні марки дорожніх бітумів обираються в залежності від клімату території за нормативним документом [3]. Методика визначення параметрів температурного режиму дорожнього одягу розроблена в [4] на підставі вивчення закономірностей мінливості температури повітря та ґрунту [5, 6] та їх подання у формі випадкових процесів.

Нерозв'язана частина загальної проблеми зводиться до необхідності встановлення параметрів температурного режиму дорожнього одягу для певної автомобільної дороги чи для певної території за методикою, розробленою в роботі [4]. Отримана інформація про кількість холодних (температура поверхні дороги нижча за температуру крихкості бітуму) та спекотних днів (температура поверхні дороги вища за температуру розм'якшення бітуму) в кожному з місяців року дозволить оптимізувати планування автомобільних перевезень.

Мета роботи. Проаналізувати основні показники температурного режиму поверхні автомобільних доріг Одеської області з урахуванням технічних характеристик дорожніх бітумів та результатів метеорологічних спостережень за температурою поверхні ґрунту.

Методика і результати дослідження. Вихідними даними для прогнозування

температурного режиму дорожнього одягу є математичні сподівання M_{Γ} та стандарти S_{Γ} середньомісячних значень температури поверхні ґрунту для кожного з місяців року, наведені в довіднику [5]. В роботі [4] отримані робочі формули для перерахунку цих даних в математичне сподівання M_{Δ} та стандарт S_{Δ} поточних значень температури поверхні дорожнього одягу з урахуванням додаткового нагрівання від сонячної радіації:

$$M_{\Delta} = M_{\Gamma} + M_{\Delta} = M_M + 3,6 ; \quad (1)$$

$$S_{\Delta} = \sqrt{S_{\Gamma}^2 + S_{\Delta}^2} = \sqrt{20 \cdot S_M^2 + 4} , \quad (2)$$

де M_{Γ} і S_{Γ} – середнє значення та стандарт середньомісячної температури поверхні ґрунту в заданому місяці року з довідника [5];

M_{Δ} і S_{Δ} – середнє значення та стандарт температури додаткового нагрівання дорожнього одягу від дії сонячної радіації.

Статистичні характеристики (1), (2) дозволяють визначити кількість холодних T_X та спекотних днів T_C , протягом яких у певному місяці року температура поверхні дороги буде нижчою чи вищою за задану температуру X , за формулами, отриманими в роботі [4]:

$$T_X = 30 \times F_D(M_{\Delta}, S_{\Delta}, X) ; \quad (3)$$

$$T_C = 30 \times [1 - F_D(M_{\Delta}, S_{\Delta}, X)] , \quad (4)$$

де 30 – кількість днів у місяці;

$F_D(M_{\Delta}, S_{\Delta}, X)$ – функція нормального розподілу температури дорожнього одягу з математичним сподіванням M_{Δ} та стандартом S_{Δ} за формулами (1) і (2).

Значення (3) і (4) для кожного з місяців, а також сумарна протягом усього року кількість холодних і спекотних днів відповідає прийнятним температурам крихкості та розм'якшення використаного бітуму і тим самим визначають тривалість періодів, небезпечних для експлуатації дорожнього одягу.

Для дослідження використані результати спостережень за температурою поверхні ґрунту на метеостанціях Одеської області протягом 1975 – 1995 років, узагальнені в довіднику [5]. Після відсіювання пунктів спостереження з неповними даними сформована мережа з 10 метеостанцій, перелічених в таблиці 1 і показаних на рисунках 1, 2.

Таблиця 1 – Показники температурного режиму експлуатації дорожнього одягу

Метеостанції Одеської області	Район за ДБН В.2.3-4	Розрахункові температури		Кількість спекотних днів		Кількість холодних днів	
		розм'якш.	крихкості	річна	місячна	річна	місячна
1 Любашівка	А-IV	43	-12	14,88	5,26	16,01	4,80
2 Затишшя	А-V	47	-10	7,39	2,33	19,45	6,26
3 Сербка	А-V	47	-10	6,94	2,98	15,14	4,45
4 Роздільна	А-V	47	-10	7,57	2,77	17,79	4,96
5 Одеса	А-V	47	-10	8,20	2,85	11,83	3,38
6 Сарата	А-V	47	-10	6,15	1,66	13,38	4,51
7 Болград	А-V	47	-10	8,37	2,71	13,20	4,55
8 Рені	А-V	47	-10	5,46	2,49	8,70	4,21
9 Ізмаїл	А-V	47	-10	5,20	1,51	12,32	3,45
10 Вилково	А-V	47	-10	8,48	2,98	7,31	2,24



Рис. 1. Річна кількість спекотних днів на метеостанціях Одеської області

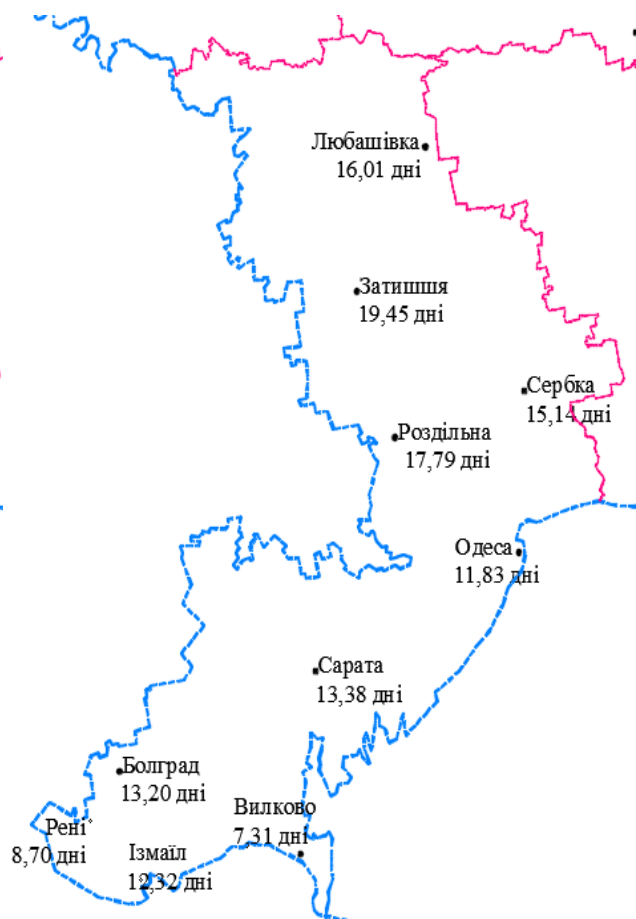


Рис. 2. Річна кількість холодних днів на метеостанціях Одеської області

З таблиці 1 видно, що більшість території Одеської області відноситься до кліматичної зони А-V за нормами [3]. Північна частина області, де розміщена метеостанція Любашівка, відноситься до зони А-IV. Марки дорожніх бітумів, які згідно з вказівками державних стандартів [7] повинні використовуватися для спорудження автомобільних доріг усіх категорій, та відповідні їм температури розм'якшення й температури крихкості за даними нормами [2] наведені в таблиці 2. Там же вказані найнижчі для району температури розм'якшення і найвищі температури крихкості, які для кожної метеостанції наведені в таблиці 1 використовуються нижче в якості розрахункових температур розм'якшення та крихкості дорожнього одягу.

Таблиця 2 – Необхідні марки та температурний діапазон експлуатації дорожніх бітумів

Кліматичні зони за нормами [3]	Марки бітумів за нормами [7]	Температури розм'якшення за нормами [2]		Температури крихкості за нормами [2]	
		Температура розм'якшення	Температура крихкості	Температура розм'якшення	Температура крихкості
А-IV	БНД 60/90	47...53	43	-12	-12
	БНД 90/130	43...49		-15	
А-V	БНД 40/60	51...57	47	-10	-10
	БНД 60/90	47...53		-12	

За формулами (1) – (4) з використанням наявних метеорологічних даних визначена кількість спекотних і холодних днів для кожного з місяців року. Сезонні зміни цих показників для м. Одеса відображені на рисунку 3. З рисунка видно, що найбільша кількість 2,85 небезпечно спекотних днів спостерігається в липні, а найбільша кількість 3,38

небезпечно холодних днів – у лютому. У таблиці 1 наведена найбільша місячна та сумарна річна кількість небезпечно спекотних та холодних днів для кожної з десяти метеостанцій області. Територіальна мінливість сумарних річних кількостей небезпечно спекотних та небезпечно холодних днів відображена на картах з рисунків 1 і 2.

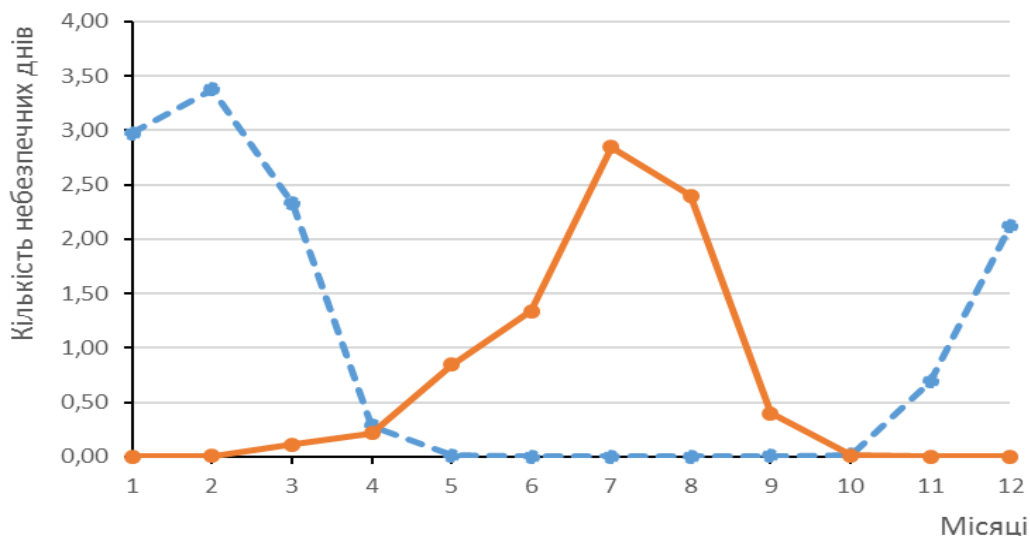


Рис. 3. Сезонні зміни місячних кількостей спекотних та холодних днів в Одесі:
— кількість спекотних днів; ---- кількість холодних днів.

З таблиці 1 та рисунків 1, 2 видно, що річна кількість небезпечно холодних днів зростає з півдня на північ області, змінюючись від 7,3 для Вилково до 19,5 дня для Затишшя. Переважна більшість холодних днів спостерігається в період з грудня по березень. Кількість небезпечно спекотних днів в межах області в основному приймає значення від 5,2 для Ізмаїла до 8,5 для Вилково, мало змінюючись по території. Велике значення 14,9 спекотного дня на рік на метеостанції Любашівка обумовлене її належністю до зони А-IV, де використовуються бітуми з нижчою температурою розм'якшення.

Вплив якості бітумного в'язучого на допустимий режим експлуатації дороги відображено в таблиці 3, де виконане порівняння річних кількостей небезпечно холодних і спекотних днів для дорожнього одягу, виконаного на дорожніх бітумах згідно з державним стандартом [7], та на модифікованому полімером бітумі БМП 60/90-52 за нормами [8]. Останній має температуру розм'якшення +52°C і температуру крихкості –15°C.

Таблиця 3 – Показники температурного режиму експлуатації дорожнього одягу, виконаного на звичайних дорожніх бітумах та бітумах, модифікованих полімерами

Метеостанції Одеської області		Річна кількість спекотних днів при використанні бітумів		Річна кількість холодних днів при використанні бітумів	
		звичайних	модифікованих	звичайних	модифікованих
1	Любашівка	14,88	2,94	16,01	10,49
2	Затишшя	7,39	2,65	19,45	9,63
3	Сербка	6,94	2,54	15,14	6,90
4	Роздільна	7,57	2,86	17,79	8,46
5	Одеса	8,20	2,93	11,83	4,99
6	Сарата	6,15	1,92	13,38	5,94
7	Болград	8,37	2,96	13,20	5,98
8	Рені	5,46	1,72	8,70	3,56
9	Ізмаїл	5,20	1,48	12,32	5,42
10	Вилково	8,48	3,05	7,31	2,54

З таблиці 3 видно, що використання сучасних бітумів, модифікованих полімерами, знижує тривалість потенційно небезпечного холодного періоду в 1,5...2,9 рази, а кількість небезпечних для дорожнього одягу спекотних днів – у 2,6...5,1 разу. Отже, розширений температурний діапазон експлуатації більш якісного бітуму обумовлює істотне зменшення імовірності пошкодження дорожнього одягу в зимовий та в літній період.

У подальших дослідженнях планується експериментальна перевірка отриманих результатів з метою підвищення їх достовірності. Наявні дані дозволяють виявити тенденції зміни температурного режиму експлуатації автомобільних доріг залежно від клімату території та використаних дорожніх матеріалів, а також більш обґрунтовано планувати вантажні перевезення з метою забезпечення дорожнього одягу від утворення колійності в спекотні дні та від крихкого руйнування в зимовий період.

Висновки:

1. Розроблена методика дозволила за результатами метеорологічних спостережень за температурою поверхні ґрунту встановити помісячну та сумарну річну кількість спекотних днів, у які може відбуватися деформування асфальтобетонного дорожнього одягу, а також кількість холодних днів, небезпечних з точки зору крихкого руйнування верхнього шару асфальтобетону.

2. Кількість небезпечно спекотних днів є практично незмінна по території Одеської області, а кількість холодних днів систематично зростає з півдня на північ області.

3. Розширений температурний діапазон експлуатації бітумів, модифікованих полімерами, істотно знижує тривалість потенційно небезпечних для дорожнього одягу холодного та спекотного періодів, коли може відбуватися руйнування асфальтобетону.

4. Визначені тривалості перебування температури поверхні автомобільної дороги поза межами допустимого температурного інтервалу експлуатації використаних бітумів дозволять обґрунтовано планувати вантажні перевезення для збереження нормального технічного стану автомобільних доріг.

Література

1. Nikolaides A. Highway Engineering: Pavements, Materials and Control of Quality / A. Nikolaides. – CRC Press, 2015. – 868 p.
2. ДСТУ 4044-2001. Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Технічні умови. – К.: Держстандарт України, 2001. – 6 с.
3. ДБН В.2.3-4:2015. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. – К.: Мінрегіонбуд України, 2016. – 101 с.
4. 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.
5. Кінаш Р.І. Температурний режим повітря і ґрунту в Україні / Р.І. Кінаш, О.М. Бурнаєв. – Львів, 2001. – 800 с.
6. Температурні впливи на огорожувальні конструкції будівель: монографія / В.А. Пашинський, Н.В. Пушкар, А.М. Карюк. – Одеса, 2012. – 180 с.
7. ДСТУ Б В.2.7-119. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови. – К.: Мінрегіон України, 2012. – 39 с.
8. ДСТУ Б В.2.7-135:2007. Бітуми дорожні, модифіковані полімерами. Технічні умови. – К.: Мінрегіон України, 2007. – 23 с.

Стаття надійшла 3.08.2016