

ISSN 2415-377X

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

ВІСНИК

***ОДЕСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ***

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

**Випуск № 69
грудень 2017**

ОДЕСА 2017

ВІСНИК ОДЕСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ
ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
ISSN 2415-377X

Випуск № 69, грудень 2017

Збірник наукових праць видається з 2000 р., періодичність – 4 рази на рік.

Засновник і видавець – Одеська державна академія будівництва та архітектури.

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 4761 від 25.12.2000 р.

Збірник наукових праць входить до переліку наукових фахових видань України, у яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт. Наказ МОН України № 374 від 13.03.2017 року.

З 2016 р. збірник наукових праць включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus.

У збірнику представлені результати наукових і експериментально-теоретичних досліджень у галузі будівництва та архітектури; будівельних конструкцій; будівельних матеріалів та технологій; гідротехнічного та транспортного будівництва; інженерних мереж та обладнання; основ та фундаментів; технологій та організації будівельного виробництва.

Призначений для наукових працівників, спеціалістів проектних установ та виробничих підприємств будівельної галузі, аспірантів та магістрів навчальних закладів.

Головний редактор – Ковров А.В. – к-т техн. наук, проф., ОДАБА;

Відповідальний редактор – Клименко Є.В. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Відповідальний секретар – Антонюк Н.Р. – к-т техн. наук, доц., ОДАБА.

Редакційна колегія:

Азізов Т.Н. – д-р техн. наук, проф., Уманський державний педагогічний університет ім. П. Тичини (за згодою);

Бліхарський З.Я. – д-р техн. наук, проф., НУ “Львівська політехніка” (за згодою);

Вировой В.М. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Грабовський П.О. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Даков Д. – д-р інж., проф., Університет з архітектури, будівництва та геодезії, Болгарія (за згодою);

Дорофєєв В.С. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Зайцева О.Ю. – к.філ.н., доц., ОДАБА, завідувача кафедрою «Іноземних мов»;

Кіосопулос Дж. – проф., Технологічний навчальний університет Афін, Греція (за згодою);

Кожина Горан – проф., університет «Північ», Хорватія (за згодою);

Кусаковська В.А. – к.філ.н., доц., ОДАБА, доцент кафедри «Іноземних мов».

Ляшенко Т.В. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Менейлюк О.І. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Мішутін А.В. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Найчук А.Я. – д-р техн. наук, проф., БілНДІБ, Білорусь (за згодою);

Немчинов Ю.І. – д-р техн. наук, проф., ДП НДІБК (за згодою);

Петраш В.Д. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Рибаков Ю.І. – д-р техн. наук, проф., Університетський центр м. Аріель, Ізраїль (за згодою);

Русу І.В. – д-р техн. наук, проф., Технічний університет Молдови (за згодою);

Сахацький М.П. – д-р екон. наук, проф., ОДАБА;

Семенюк Я.Д. – д-р техн. наук, проф., Російсько-білоруський університет, Білорусь (за згодою);

Стоянов В.В. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Сур'янінов М.Г. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Тугасенко Ю.Ф. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Швабюк В.І. – д-р техн. наук, проф., Луцький національний технічний університет (за згодою).

Рекомендовано до видання Вченою радою ОДАБА

Протокол № 4 від 28.12.2017 р.

Свідоцтво КВ № 4761 від 25.12.2000 р.

Наказ МОН України № 374 від 13.03.2017 р.

ISSN 2415-377X

© Одеська державна академія
будівництва та архітектури
(ОДАБА), 2017

ТЕМПЕРАТУРНІ ОБМЕЖЕННЯ РУХУ ВЕЛИКОВАГОВОГО ТРАНСПОРТУ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ УКРАЇНИ

Карюк А.М., к.т.н., доцент,
Юрко І.А., к.т.н., доцент,
Митрофанов П.Б., к.т.н., доцент,
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка
kariuk15@ukr.net

Анотація. За результатами статистичного аналізу метеорологічних даних встановлено зв'язок між температурою атмосферного повітря та температурою асфальтобетонного дорожнього одягу. Виявлені залежності дозволяють визначити найвищу літню та найнижчу зимову температуру повітря, при яких температура дорожнього одягу не виходить за межі температурного діапазону експлуатації асфальтобетону на основі бітуму певної марки. Вихід за межі цих температур становить небезпеку для дорожнього одягу і спонукає до обмеження руху великовагового автомобільного транспорту.

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

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ БОЛЬШЕГРУЗНОГО ТРАНСПОРТА НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ УКРАИНЫ

Карюк А.М., к.т.н., доцент,
Юрко И.А., к.т.н., доцент,
Митрофанов П.Б., к.т.н., доцент,
Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка
kariuk15@ukr.net

Аннотация. По результатам статистического анализа метеорологических данных установлена связь между температурой атмосферного воздуха и температурой асфальтобетонного дорожного покрытия. Полученные зависимости позволяют определить самую высокую летнюю и самую низкую зимнюю температуру воздуха, при которых температура дорожной одежды не выходит за пределы температурного диапазона эксплуатации асфальтобетона на основе битума определенной марки. Выход за пределы этих температур представляет опасность для дорожной одежды и вынуждает ограничить движение большегрузного автомобильного транспорта.

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

THE TEMPERATURE LIMITATIONS FOR CARGO VEHICLES ON UKRAINE'S MOTORWAYS

Kariuk A., PhD, Associate Professor,
Yurko I., PhD, Associate Professor,
Mytrofanov P., PhD, Associate Professor,
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University
kariuk15@ukr.net

Abstract. In time of summer heat the temperature of road surface chemise can exceed bitum

softening point. In this case cargo vehicles' intensive current traffic results in road's tearing away and rutting. During cold time the road surface temperature can be lower than bitumen brittleness point causing distress distortion and pothole making in bituminous concrete. The adequate regulating of cargo vehicles' traffic calls for road surface chemise temperature determination and control.

Minimal and maximal road surface chemise temperature rates have been established according to previously developed methods and meteorological data. The dependence of monthly minimal and maximum air temperatures from minimal and maximum road surface temperatures is presented as simple equations. By plugging brittleness and softening points for road bitums of different trade marks in these equations the highest summer and the lowest winter air temperature rates that allow keeping road surface chemise temperature within safe range of bituminous concrete operation have been determined. The calculations have proved that the traditional cargo vehicles' traffic limitations at air temperature of +28°C meets the standards for oil bitumens with some approximation. Cargo vehicles' intensive traffic may be allowed at +30°C for polymerized bitums of higher quality. Apart from that, there should be the traffic limitation at cold temperatures in order to avoid distress distortion in bituminous concrete road surface chemise.

Keywords: road, asphalt coatings, temperature control.

Загальне формулювання проблеми. Відомо, що інтенсивний рух великовагового транспорту може призводити до руйнування дорожнього одягу. В період літньої спеки, коли температура верхнього шару дорожнього одягу перевищує температуру розм'якшення використаного бітуму, утворюються зсуви та колійність. Під час холодного періоду, коли температура поверхні дороги стає нижчою за температуру крихкості бітуму, відбувається розтріскування асфальтобетону з утворенням вибоїн. На дорогах України рух великовагового транспорту обмежують при температурі повітря понад +28°C. Недоліки такої практики полягають у тому, що при цьому не враховується температура розм'якшення бітуму, на основі якого виконано дорожній одяг, а також не вводяться обмеження на рух при низьких температурах залежно від температури крихкості бітуму.

Аналіз останніх досліджень. Допустимий діапазон температур, при яких можна безпечно експлуатувати асфальтобетонний дорожній одяг, залежить від температур крихкості та розм'якшення дорожніх бітумів, регламентованих стандартами [1, 2]. Вказівки щодо використання бітумів різних марок в асфальтобетонах для верхнього шару дорожнього одягу в різних регіонах України наведені в нормах проектування [3]. Проблема регулювання руху великовагових автомобілів полягає у складності оперативного контролю температури дорожнього одягу. Реальним рішенням є отримання залежностей між температурою верхнього шару дорожнього одягу та температурою повітря, яку можна легко контролювати. У [4] розроблена методика визначення статистичних характеристик температури поверхні дороги за характеристиками температури поверхні ґрунту з урахуванням додаткового нагрівання сонячною радіацією, а в [5] за даними [6] сформована база метеорологічних даних, необхідних для виконання таких розрахунків.

Мета роботи полягає в отриманні залежностей між температурою атмосферного повітря та температурою верхнього шару дороги, які дозволять за відомими температурами розм'якшення та крихкості бітуму встановити відповідні температури повітря, допустимі з точки зору безпечної експлуатації асфальтобетонного дорожнього одягу.

База метеорологічних даних сформована за даними [5] для вибіркової мережі з 16 метеостанцій, яка охоплює усі кліматичні зони території України. Для кожного з 12-ти місяців року наявні середньомісячні значення та стандарти шести показників: середня температура повітря й поверхні ґрунту, абсолютний місячний мінімум та максимум температури повітря. Список метеостанцій із середньорічними значеннями температури повітря та поверхні ґрунту, які загалом характеризують температурний режим місцевості, наведено в таблиці 1.

Методика визначення статистичних характеристик температури дорожнього одягу за даними про температуру поверхні ґрунту розроблена в [4]. З урахуванням дії сонячної радіації математичне сподівання й стандарт поточних значень температури дорожнього

одягу для кожного з місяців року обчислюються за формулами:

$$M_D = M_M + 7,2; \quad S_D = \sqrt{20 \cdot S_M^2 + 4}, \quad (1)$$

де M_M і S_M – середнє значення та стандарт середньомісячної температури поверхні ґрунту в заданому місяці року.

Таблиця 1 – Середньорічні значення температури повітря та поверхні ґрунту

№ п/п	Метеостанції	t, °C		№ п/п	Метеостанції	t, °C	
		повітря	ґрунту			повітря	ґрунту
1	Вінниця	7,33	8,55	9	Полтава	7,68	8,91
2	Володимир-Волинський	7,61	8,49	10	Сімферополь	10,40	13,02
3	Житомир	7,23	8,23	11	Старобільськ	7,87	9,77
4	Запоріжжя	9,43	10,98	12	Ужгород	9,88	10,55
5	Кропивницький	8,05	9,57	13	Харків	7,45	8,42
6	Львів	7,53	7,94	14	Херсон	9,83	11,94
7	Маріуполь	9,31	11,17	15	Чернівці	8,26	8,99
8	Одеса	10,17	12,78	16	Чернігів	6,98	7,89

За формулами (1) обчислені статистичні характеристики температури дорожнього одягу в умовах 16-ти метеостанцій, перелічених в таблиці 1, для кожного з 12-ти місяців року. Отримані характеристики дозволяють описати температуру поверхні дорожнього одягу в кожному з місяців року у формі випадкової величини з нормальним законом розподілу.

Територіальна мінливість температур повітря, ґрунту й поверхні дороги, а також їх взаємних залежностей проаналізована за наявною базою даних і таблицею 1. З таблиці видно, що середньорічні значення температури повітря та ґрунту в межах території України змінюються в досить широких межах. Різниця між середньорічними температурами повітря в Одесі та в Чернігові складає 46%, а поверхні ґрунту – 62%.

На відміну від середніх значень температури повітря й поверхні ґрунту, взаємні залежності між ними близькі для усієї території України. В якості прикладу на рисунку 1 наведені графіки залежностей середньомісячних значень температури поверхні ґрунту від

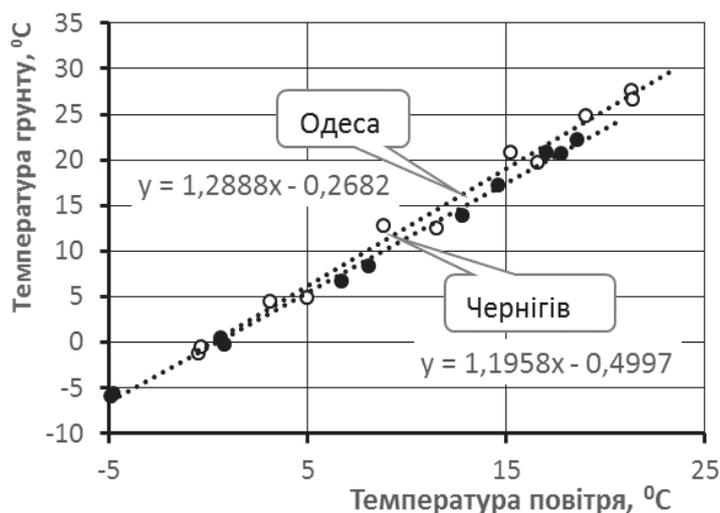


Рис. 1. Залежності між середньорічними температурами повітря й ґрунту

середньомісячних значень температури повітря на метеостанціях Одеса (світлі маркери) та Чернігів (темні маркери). Попри різні абсолютні значення (температури повітря й ґрунту в Одесі приблизно на 5°C вищі, ніж у Чернігові), збудовані залежності для двох міст з півдня та півночі України є досить близькими. На це вказують як самі графіки, так і наведені коефіцієнти лінійних рівнянь зв'язку. Близькість залежностей між температурами повітря та ґрунту дозволяє об'єднати дані усіх 16 метеостанцій та встановити узагальнені залежності для усієї території України.

Допустимий температурний інтервал безпечної експлуатації дорожнього одягу на основі бітумів різних марок встановлено за залежностями максимальної та мінімальної місячної температури повітря від максимальної та мінімальної місячної температури поверхні дорожнього одягу. Осереднені протягом усіх років спостереження місячні мінімуми

та максимуми температури повітря наявні в базі даних [5]. Мінімальні та максимальні протягом місяця температури дорожнього одягу обчислені, виходячи з нормального закону розподілу зі статистичними характеристиками (1) за формулами:

$$T_{Д, \min} = M_{Д} - C \times S_{Д}; \quad T_{Д, \max} = M_{Д} + C \times S_{Д}, \quad (2)$$

де $M_{Д}$ і $S_{Д}$ – математичне сподівання і стандарт температури дорожнього одягу за (1);

$C=2,24$ – аргумент функції нормованого нормального розподілу, що відповідає забезпеченості $1-9/720=0,9875$, тобто тривалості одного світлового дня чи ночі на місяць.

Отримані залежності зображені на рисунку 2, де кожна точка відповідає певному місяцю року та певній метеостанції. Суцільними лініями зображені рекомендовані для використання залежності температури повітря від температури крихкості та температури розм'якшення дорожнього одягу, які описуються лінійними рівняннями:

$$T_{П, \min} = 0,65 T_{К}; \quad T_{П, \max} = 0,75 T_{Р} - 8, \quad (3)$$

де $T_{П, \min}$ і $T_{П, \max}$ – мінімальна та максимальна температура атмосферного повітря, в межах яких гарантується безпечна експлуатація дорожнього одягу;

$T_{К}$ і $T_{Р}$ – температура крихкості й температура розм'якшення бітуму, на основі якого виготовлений асфальтобетон дорожнього одягу.

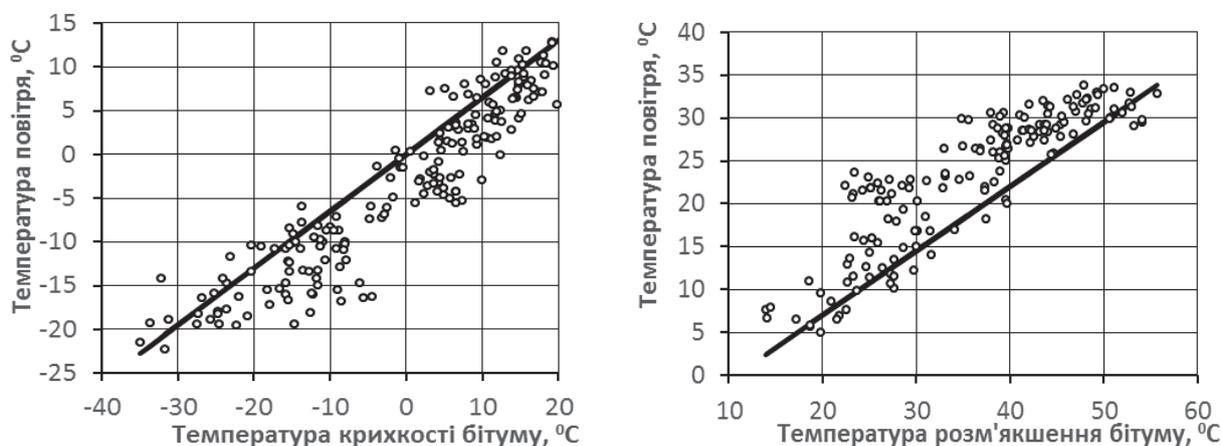


Рис. 2. Залежності температури повітря від температури дорожнього одягу

Рекомендована залежність (3) на графіку мінімальних температур проходить поблизу верхньої межі, а на графіку максимальних температур – поблизу нижньої межі дослідних точок. Це дещо звужує температурний інтервал безпечної експлуатації дорожнього одягу і таким чином створює запас надійності для 85...90% розглянутих розрахункових випадків.

Температури повітря, в межах яких можна безпечно експлуатувати дорожній одяг на основі бітуму різних марок наведені в таблиці 2. За даними [1, 2] встановлені температури розм'якшення $T_{Р}$ та крихкості $T_{К}$ для нафтових дорожніх бітумів та бітумів, модифікованих полімерами. Межі температурних інтервалів безпечної експлуатації дорожнього одягу визначені за формулами (3) з підстановкою відповідних значень $T_{Р}$ і $T_{К}$. Для температур розм'якшення нафтових бітумів, які в [1] задані інтервально, враховані їх середні значення.

Таблиця 2 – Температурні інтервали безпечної експлуатації дорожнього одягу при використанні бітумів різних марок

Марка нафтового бітуму	Температури			Марка бітуму, модифікованого полімером	Температури		
	$T_{К}$	$T_{Р}$	$T_{П}$		$T_{К}$	$T_{Р}$	$T_{П}$
БНД 40/60	-10	51...57	-7...+33	БМП 40/60-56	-12	56	-8...+34
БНД 60/90	-12	47...53	-8...+30	БМП 60/90-52	-15	52	-10...+31
БНД 90/130	-15	43...49	-10...+27	БМП 90/130-49	-17	49	-11...+29
БНД 130/200	-17	39...45	-11...+24	БМП 130/200-47	-20	47	-13...+27

З таблиці 2 видно, що для дорожнього одягу з асфальтобетону на основі бітумів БНД 90/130 та БМП 130/200-47 небезпечними є температури понад $+27^{\circ}\text{C}$, що приблизно відповідає чинному обмеженню $+28^{\circ}\text{C}$. Дещо нижче обмеження $+24^{\circ}\text{C}$ слід встановити для бітуму БНД 130/200, який згідно з нормами [3] можна використовувати для доріг III і IV категорій. Дорожній одяг на основі нафтових бітумів БНД 40/60 БНД та 60/90, а також на основі модифікованих полімерами бітумів БМП 40/60-56 та БМП 60/90-52 може працювати при дещо вищих температурах, що дозволяє вводити обмеження руху великовагового транспорту при температурах повітря понад $+30^{\circ}\text{C}$.

Дані таблиці 2 вказують також на необхідність обмеження руху великовагових автомобілів при низьких температурах. Залежно від марки використаного бітуму, небезпека розтріскування дорожнього одягу та утворення вибоїн може виникати при температурах повітря, нижчих за $-7...-13^{\circ}\text{C}$. Побіжний аналіз даних [6, 7] показує, що такі температури атмосферного повітря реалізуються досить часто. Для запобігання руйнуванню дорожнього одягу в зимовий період слід ввести обмеження руху великовагових автомобілів не лише при високих літніх, але й при низьких зимових температурах повітря.

Висновки та перспективи подальших досліджень. За результатами статистичного аналізу метеорологічних даних отримані залежності, що дозволяють встановити температури атмосферного повітря, при яких температура асфальтобетонного дорожнього одягу буде рівною температурі крихкості та температурі розм'якшення використаного бітуму.

Температурний інтервал безпечної експлуатації дорожнього одягу, у межах якого не відбувається розм'якшення чи розтріскування асфальтобетону, мало змінюється по території, але істотно залежить від марки використаного бітуму. При використанні більш жорстких бітумів, у тому числі модифікованих полімерами, рух великовагового транспорту доцільно обмежувати при перевищенні температурою повітря $+30^{\circ}\text{C}$ замість чинного значення $+28^{\circ}\text{C}$.

Отримані результати вказують на доцільність обмеження руху великовагових автомобілів при низьких температурах повітря з метою недопущення розтріскування асфальтобетону з утворенням вибоїн в зимовий період.

Подальші дослідження доцільно зорієнтувати на детальний аналіз температурного режиму поверхні дорожнього одягу на території України, а також на проведення натурних спостережень за температурним режимом експлуатації та процесами накопичення експлуатаційних пошкоджень асфальтобетонного дорожнього одягу, виконаного на основі дорожніх бітумів різних марок, у близьких умовах експлуатації.

Література

1. ДСТУ 4044-2001. Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Технічні умови. – К. : Держстандарт України, 2001. – 6 с.
2. ДСТУ Б В.2.7-135:2007. Бітуми дорожні, модифіковані полімерами. Технічні умови. – К.: Мінрегіон України, 2007. – 23 с.
3. ДСТУ Б В.2.7-119-2003. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови. – К.: Мінрегіон України, 2012. – 39 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. Карюк А.М. Метеорологічні дані для прогнозування температурного режиму експлуатації автомобільних доріг на території України / А.М. Карюк, Б.В. Савенко // Матеріали Всеукраїнської Інтернет-конференції «Інформаційні технології та землеустрій в управлінні територіальним розвитком». – Полтава, ПолтНТУ, 2016. – С. 310–312.
6. Температурні впливи на огорожувальні конструкції будівель: монографія / В.А. Пашинський, Н.В. Пушкар, А.М. Карюк. – Одеса, 2012. – 180 с.
7. Справочник по климату СССР. Часть II. Температура воздуха и почвы. Выпуск 10. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 608 с.

Стаття надійшла 9.11.2017