

УДК 691.161: 625.061

## ПРО ЛІНІЙНУ ЗАЛЕЖНІСТЬ КОЕФІЦІЄНТА ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОНУ ВІД ВМІСТУ ЩЕБЕНЮ Й ТЕМПЕРАТУРИ

С.А. Чугуєнко, доц., к.т.н.,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

*Анотація.* Проаналізовано існуючі дані щодо залежності коефіцієнта теплопровідності від температури. Визначено залежності коефіцієнта теплопровідності асфальтобетону від вмісту щебеню й температури випробування. Запропоновано загальну залежність у математичному вигляді.

*Ключові слова:* асфальтобетон, коефіцієнт теплопровідності, температура, щебінь.

## О ЛИНЕЙНОЙ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНА ОТ СОДЕРЖАНИЯ ЩЕБНЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ

С.А. Чугуєнко, доц., к.т.н.,

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

*Аннотация.* Проведен анализ существующих данных о зависимости коэффициента теплопроводности от температуры. Определены зависимости коэффициента теплопроводности асфальтобетона от содержания щебня и температуры испытания. Предложена обобщенная зависимость в математическом виде.

*Ключевые слова:* асфальтобетон, коэффициент теплопроводности, температура, щебень.

## ABOUT LINEAR DEPENDENCES OF THE THERMAL CONDUCTIVITY COEFFICIENT OF ASPHALT CONCRETE ON THE CONTENT OF OF RUBBLE AND TEMPERATURE

S. Chuhuenko, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.),

Kharkiv National Automobile and Highway University

*Abstract.* Analysis of the existing data concerning the dependence of thermal conductivity on the temperature is analyzed. The dependence of thermal conductivity coefficient of asphalt concrete on the content of rubble and test temperature is determined. Generalized relationship in mathematical form is proposed.

*Key words:* asphalt concrete, thermal conductivity coefficient, temperature, rubble.

### Вступ

Впродовж експлуатації автомобільних доріг на покритті виникають тріщини, причиною виникнення яких є температурні напруження в шарах дорожнього одягу [1, 2]. Такі напруження є наслідком специфіки конструкції автомобільної дороги, що має один розмір (довжина) значно більший, ніж інші (ширина та товщина). При цьому відомо, що зміна

температури призводить до зміни геометричних розмірів. Крім цього, нерівномірний розподіл температури за товщиною дорожнього одягу та його шириною також впливає на виникнення тріщин.

Актуальною науково-практичною задачею є розрахунок напружено-деформованого стану дорожнього одягу. Для розрахунку напружень, що виникають у шарах дорожнього

одягу та призводять до виникнення тріщин, необхідно обчислити розподіл температур у поперечному перерізі. Як вихідні дані для розрахунку використовують теплофізичні характеристики та граничні умови [3]. Однією з найважливіших характеристик теплопереносу є коефіцієнт теплопровідності асфальтобетону. Згідно з ДСТУ 3518-97 «Термометрія. Терміни та визначення» теплопровідність – це здатність речовини переносити теплову енергію, а також кількісна оцінка цієї здатності: фізична величина, що характеризує інтенсивність теплообміну в речовині, яка дорівнює відношенню густини теплового потоку до градієнта температури.

### Аналіз публікацій

Дослідження коефіцієнта теплопровідності й інших теплофізичних характеристик асфальтобетону та його складових відомі в науковій літературі [4]. Але основною метою цих робіт є вибір оптимальних режимів ущільнення асфальтобетонних шарів покриття. Автори вказують на існування залежності між коефіцієнтом теплопровідності асфальтобетону та температурою і щільністю. Ця залежність має вигляд

$$\lambda = K_T (0,649 \rho - 0,229), \quad (1)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м °С);  $K_T$  – температурний коефіцієнт ( $K_T = 0,895 \times e^{0,0898(t/100)}$ );  $t$  – температура випробування, °С;  $\rho$  – щільність асфальтобетону, т/м<sup>3</sup>.

Залежність має лінійний характер. Автори при цьому не розглянули залежності коефіцієнта від вмісту щебеню в асфальтобетоні.

Існують літературні дані щодо залежності коефіцієнта теплопровідності від температури для складових асфальтобетону [5, 6].

Так, автори [5] наводять залежність коефіцієнта теплопровідності бітуму від температури, яка має вигляд

$$\lambda = 0,208 \cdot T^{-0,1064}, \quad (2)$$

де  $T$  – температура визначення коефіцієнта теплопровідності, °С.

Відповідно до цієї залежності побудовано графік, наведений на рис. 1. Згідно з ним зби-

льшення температури призводить до зниження коефіцієнта теплопровідності, що не співпадає з раніше наведеними даними про асфальтобетон.

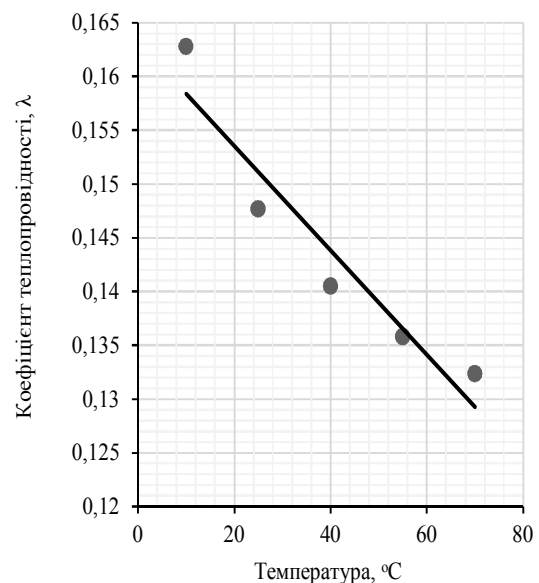


Рис. 1. Залежність коефіцієнта теплопровідності від температури

У більшості випадків як мінеральні матеріали в асфальтобетоні використовують гранітні щебінь та відсів. Дослідження коефіцієнта теплопровідності граніту [6] показує його зменшення за підвищення температури.

Найвним є протиріччя між літературними даними досліджень коефіцієнта теплопровідності для асфальтобетону та його складових.

### Мета і постановка завдання

Метою роботи є експериментальне дослідження коефіцієнта теплопровідності для асфальтобетонів. Визначення коефіцієнта теплопровідності виконували за допомогою приладу МИТ-1 [7].

Для експериментального визначення коефіцієнта теплопровідності обрано асфальтобетони гранулометричних типів А, Б та В, згідно з ДСТУ Б В.2.7-119:2011 «Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови» із вмістом щебеню 49, 40 та 28 % відповідно.

Покриття автомобільних доріг на території України працюють в інтервалі температур від мінус 35 °С до 70 °С. Зауважимо, що асфальтобетонні покриття влітку прогріва-

ються значно більше за температуру повітря. Відповідно цей температурний інтервал обрано для визначення коефіцієнта теплопровідності асфальтобетону із шагом температури 15 °С.

### Дослідження коефіцієнта теплопровідності асфальтобетону

Для асфальтобетону із гранулометричним складом типу А залежність коефіцієнта теплопровідності від температури наведено на рис. 2.

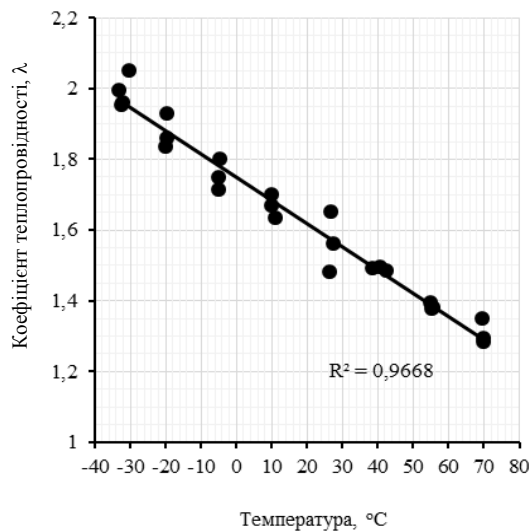


Рис. 2. Залежність коефіцієнта теплопровідності асфальтобетону гранулометричного типу А від температури

Як видно, значення коефіцієнта теплопровідності знижується за збільшення температури за залежністю, яку можна вважати лінійною (коефіцієнт кореляції становить 0,983). Зокрема ми бачимо, що для асфальтобетонів в інтервалі розглянутих температур зі збільшенням температури необхідно прикласти менше енергії, щоб його температура змінилася на один градус.

Аналогічні залежності спостерігаються для асфальтобетонів гранулометричних типів Б та В (рис. 3 та 4).

Для цих гранулометричних типів асфальтобетонів також побудовані графіки залежності від температури, які можна вважати лінійними; при цьому коефіцієнт кореляції склав 0,977 та 0,957 відповідно для типів Б та В. Розглянемо також, як залежить значення коефіцієнта теплопровідності від гранулометричного складу асфальтобетону (рис. 5).

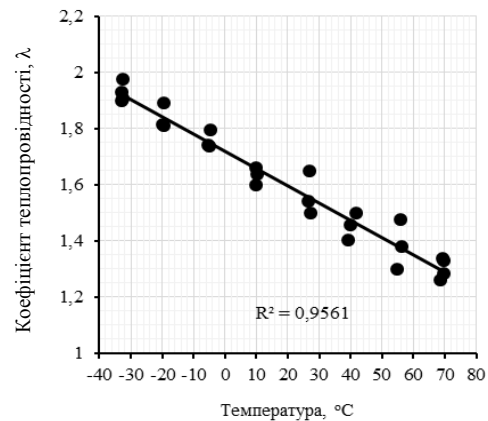


Рис. 3. Залежність коефіцієнта теплопровідності асфальтобетону гранулометричного типу Б від температури

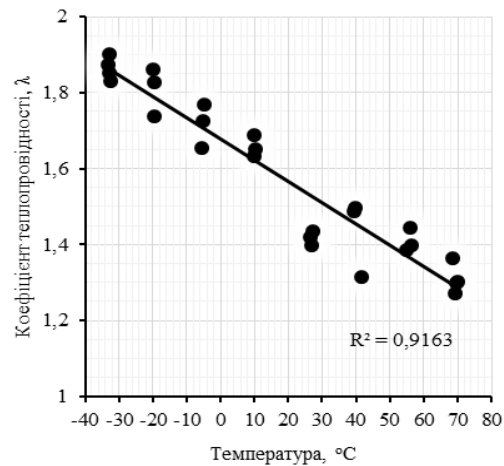


Рис. 4. Залежність коефіцієнта теплопровідності асфальтобетону гранулометричного типу В від температури

Аналіз показує, що цю залежність необхідно розглядати в комплексі з фактором температури випробування. Так, за температур 55 та 70 °С коефіцієнт теплопровідності має майже однакові значення для асфальтобетонів усіх типів.

Поступове зниження температури призводить до збільшення різниці у значеннях цього показника. За температури мінус 35 °С ця різниця становить 0,1. З наведеного вище можна зробити висновок, що за температур вище температури розм'якшення в'язучого значення коефіцієнта теплопровідності майже не залежить від типу гранулометрії асфальтобетону.

А з переходом в'язучого до в'язкопружного, а потім і до крихкого стану різниця між коефіцієнтами теплопровідності для різних типів асфальтобетону збільшується.

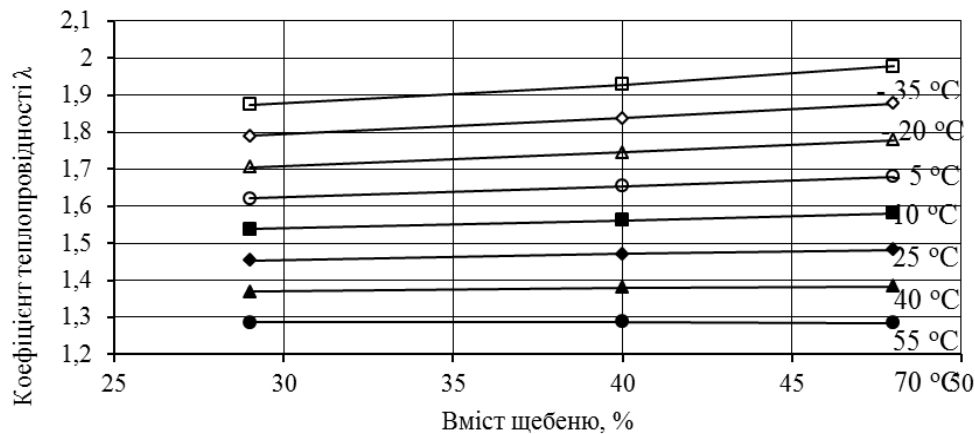


Рис. 5. Залежність коефіцієнта теплопровідності від вмісту щебеню й температури

Для використання отриманих даних у розрахунках температурних полів необхідно навести у математичному вигляді залежність теплопровідності від температури та вмісту щебеню. У загальному вигляді для використаних асфальтобетонів ця залежність є такою:

$$\lambda_i = a_i t + b_i,$$

де  $\lambda_i$  – коефіцієнт теплопровідності асфальтобетону;  $i$  – тип гранулометричного складу асфальтобетону (А, Б та В);  $t$  – температура визначення коефіцієнта теплопровідності;  $a_i$  – коефіцієнт ( $a_A = -0,0066$ ;  $a_B = -0,0061$ ;  $a_V = -0,0056$ );  $b_i$  – коефіцієнт ( $b_A = 1,7508$ ;  $b_B = 1,7186$ ;  $b_V = 1,6787$ ).

### Висновки

У результаті експериментального визначення коефіцієнта теплопровідності асфальтобетону встановлено його залежність від температури визначення й типу гранулометричного складу. Значення коефіцієнта теплопровідності збільшується зі зниженням температури визначення. За температур, що перевищують температуру розм'якшення в'язучого, значення коефіцієнта теплопровідності асфальтобетону майже не залежить від типу гранулометричного складу асфальтобетону. Зменшення температури призводить як до зростання значень коефіцієнта теплопровідності, так і до збільшення різниці між ними для різних типів асфальтобетону. У результаті запропоновано залежність коефіцієнта теплопровідності від температури й типу асфальтобетону.

### Література

1. Мозговой В.В. Научные основы обеспечения температурной трещиностойкости асфальтобетонных покрытий: автореф. дисс. на соискание ученой степени д-ра техн. наук: 05.22.11 / В.В. Мозговой. – К.: 1996. – 41 с.
2. Николенко М.А. Повышение длительной трещиностойкости асфальтобетона дорожных покрытий / М.А. Николенко, Б.В. Бессчетнов, <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/856>.
3. Лыков А.В. Теория теплопроводности / А.В. Лыков. – М.: Высшая школа. – 600 с.
4. Зубков А.Ф. Технология строительства асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог / А.Ф. Зубков, В.Г. Однолько. – М.: Машиностроение, 2009. – 224 с.
5. Коваленко П.В. Численное моделирование охлаждения расплава битума в полимерной упаковке / П.В. Коваленко, А.А. Маханёк. [http://www.psu.by/images/stories/tf/personal/kovalenko/kovalenko\\_10.pdf](http://www.psu.by/images/stories/tf/personal/kovalenko/kovalenko_10.pdf).
6. Эмиров С.Н. Тепловые свойства твердых тел в условиях высоких давлений и температур / С.Н. Эмиров, А.Э. Рамазанова. [http://thermophysics.ru/pdf\\_doc/Emirov.pdf](http://thermophysics.ru/pdf_doc/Emirov.pdf).
7. <http://www.interpribor.ru/mit10.php>.

Рецензент: Ю.В. Батигін, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 25 травня 2015 р.