

5. R. Katzenbach and D. Choudhury, ISSMGE Combined Pile-Raft Foundation Guideline (Technische Universität Darmstadt, Darmstadt, 2013). ISBN 978-3-942068-06-2.
6. O. A. Abdel-Azim, K. Abdel-Rahman, and Y. M. El-Mossallamy, "Numerical investigation of optimized piled raft foundation for high-rise building in Germany," Innovative Infrastructure Solutions 5, 11 (2020).
7. A. M. J. Alhassani and A. N. Aljorany, "Experimental and numerical modeling of connected and disconnected piled raft," KSCE Journal of Civil Engineering 27, 2442-2454 (2023).
8. P. Deb, B. Debnath, R. B. Reang, and S. K. Pal, "Structural analysis of piled raft foundation in soft soil: An experimental simulation and parametric study with numerical method," Ocean Engineering 261, 112139 (2022).

**УДК 625.85**

## **ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК АСФАЛЬТОБЕТОНУ ЗА ВІД'ЄМНИХ ТЕМПЕРАТУР: ТЕМПЕРАТУРНИЙ КОЕФІЦІЄНТ ЛІНІЙНОГО РОЗШИРЕННЯ**

**Хомутенко Денис Геннадійович**, аспірант кафедри ТДБМ,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
e-mail: denis.homutenko@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1226-3601

Існує багато методів вимірювання температурного коефіцієнту лінійного розширення (ТКЛР) матеріалів, які згідно [1], поділяють на абсолютні та відносні, макроскопічні та мікроскопічні.

Питанням визначення ТКЛР асфальтобетону займалися українські вчені Аксьонов С. Ю., Дорожко Є. В., Невінгловський В. Ф., Онищенко А. М., Різніченко О. С., Ряпухін В. М., Сьоньї Г. К. [2; 3; 4] та закордонні вчені Abbas A. R., Akentuna M., Goetz W. H., Hooks C. C., Kim S. S., Nazzal M., Hou T.-C., Huang S.-J., Hsu C., Islam M. R., Tarefder R. A. [5; 6; 7; 8; 9].

Серед результатів зазначених досліджень існують протиріччя, в тому числі щодо форми залежності ТКЛР від температури, а також не всі методи враховують швидкість охолодження та дозволяють проводити виміри в інтервалі як додатніх так і від'ємних температур.

Lord J. D., Nimmo W., Cooper D. та Morrell R. [10] досліджували можливість використання тензометрії для визначення ТКЛР матеріалів.

Тому розглянуто можливість використання тензометричного методу вимірювання деформації, з температурною корекцією опору тензорезисторів, для визначення ТКЛР асфальтобетону, при охолодженні, за від'ємних температур.

Було розроблено та виконано експеримент, в результаті якого, за допомогою тензорезисторів, було виміряно деформації асфальтобетону спричинені зміною температури.

Для температурної корекції опору тензорезисторів, паралельно з вимірюванням деформації асфальтобетону було проведено вимірювання деформацій еталонного матеріалу. В якості еталонного матеріалу було використано інвар.

Вимірювання проведено в температурному інтервалі від +23 °С до –37 °С, з постійною швидкістю охолодження – 10 °С/год.

Далі, на рисунку 1, наведені показники тензорезисторів на зразку асфальтобетону та інвару, спричиненої зміною температури.

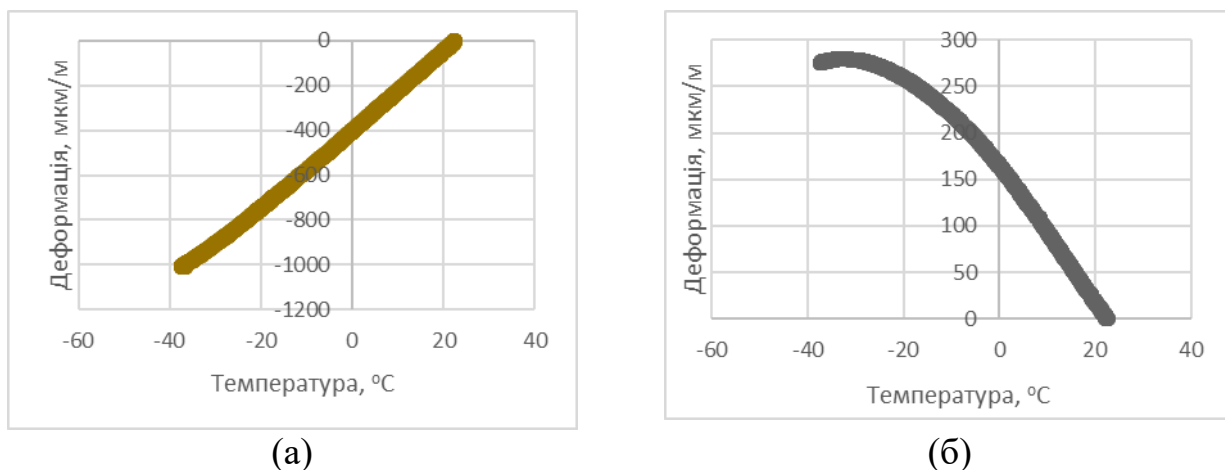


Рисунок 1 – Показники тензорезисторів: (а) на зразку асфальтобетону; (б) на еталонному матеріалі.

На основі отриманих показників тензорезисторів було розраховано деформацію асфальтобетону та його ТКЛР, результати наведені на графіках (рис. 2).

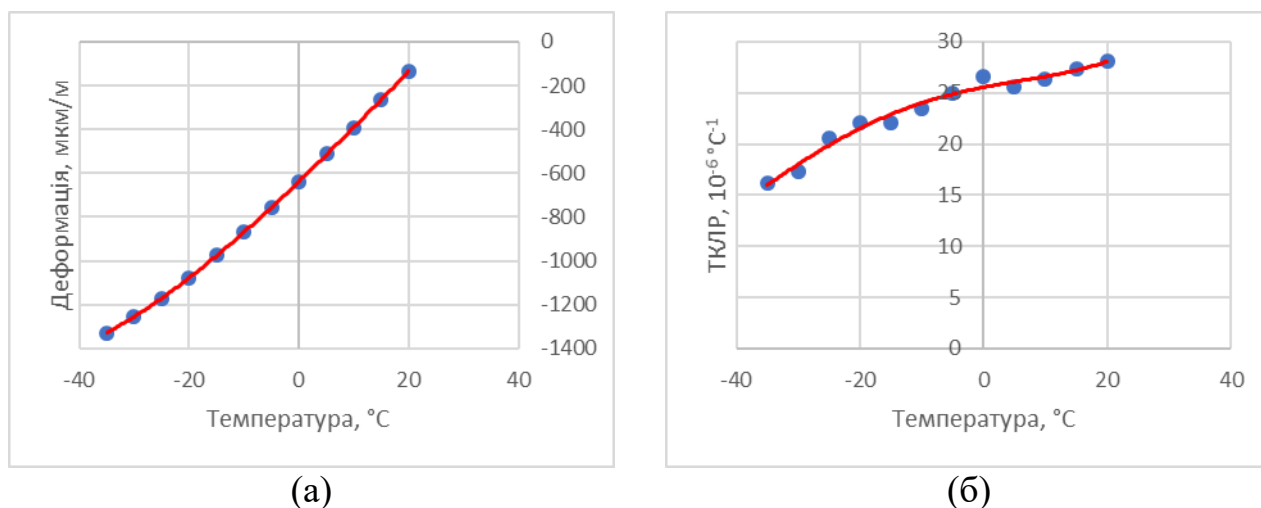


Рисунок 2 – Результати розрахунків: (а) деформація асфальтобетону спричинена зміною температури; (б) ТКЛР асфальтобетону.

Отримані дані (див. рис. 2) надають можливість оцінити залежність ТКЛР від температури в процесі охолодження. Отримана форма залежності відповідає відомим дослідженням [6; 7; 8; 9].

### Висновки

Визначення температурного коефіцієнта лінійного розширення асфальтобетону, при охолодженні за низьких температур, можливо здійснити за допомогою тензометричного методу з температурною корекцією опору тензорезисторів.

### Література

1. Новікова С. І. Теплове розширення твердих тіл. Наука, 1974. 294 с.
2. Ряпухін В. М., Дорожко Є. В. Експериментальне визначення чисельного значення температурного коефіцієнта лінійного розширення асфальтобетону. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 2013. № 89. С. 61–71.
3. Сюньї Г. К. До питання про визначення коефіцієнта лінійного розширення асфальтобетону. Праці Харківського автомобільно-дорожнього інституту, 1941. Зб. 7. С. 95–105.
4. Методика та результати визначення коефіцієнта лінійного температурного деформування асфальтобетону / А. Онищенко та ін. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 2014. № 92. С. 56–63.
5. Perra R. Development of a new test method for the determination of the coefficient of thermal expansion and contraction of asphalt concrete : Master of Science thesis. Politecnico di Torino, 2019. URL: <https://webthesis.biblio.polito.it/11864/1/tesi.pdf>
6. Akentuna M., Kim S. S., Nazzal M., Abbas A. R. Asphalt mixture CTE measurement and the determination of factors affecting CTE. Journal of Materials in Civil Engineering. 2017. Vol. 29, No. 6. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0001840](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001840)
7. Hooks C. C., Goetz W. H. Laboratory thermal expansion measuring techniques applied to bituminous concrete : Informational Report FHWA/IN/JHRP-64/20. Lafayette, IN, 1964. DOI: <https://doi.org/10.5703/1288284313659>
8. Hou T.-C., Huang S.-J., Hsu C. A new approach for determination of the coefficient of thermal expansion of asphalt concrete. Measurement. 2016. Vol. 85. P. 222–231. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2016.02.035>
9. Islam M. R., Tarefder R. A. Coefficients of thermal contraction and expansion of asphalt concrete in the laboratory. Journal of Materials in Civil Engineering. 2015. Vol. 27, No. 11. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0001277](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001277)
10. Lord J. D., Nimmo W., Cooper D., Morrell R. Strain gauge techniques for measuring thermal expansion. CMMT(A)68. Teddington : National Physical Laboratory, 1997. URL: <https://eprintspublications.npl.co.uk/754/1/CMMT68.pdf>