

ТЕРМОПРУЖНІ ДЕФОРМАЦІЇ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ШАРУ НА МЕТАЛЕВІЙ ПЛИТІ МОСТА ПРИ ЗМІНІ ТОВЩИНИ АСФАЛЬТОБЕТОНУ

Шевчук Л.В., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, ludmilashevchuk25@gmail.com, orcid.org/0000-0002-5748-9527

THERMOPLASTIC DEFORMATIONS OF ASPHALT CONCRETE LAYER ON A METAL BRIDGE PLATE WHEN ASPHALT CONCRETE THICKNESS IS CHANGED

Shevchuk L.V., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine, ludmilashevchuk25@gmail.com, orcid.org/0000-0002-5748-9527

Постановка проблеми.

Важливою перевагою композиційної (багатошарової) конструкцій є їх висока міцність на одиницю маси. При цьому більшість композиційних структур переважають за своїми показниками міцності і термофізичними якостями будь-який зі своїх компонентів або значно відрізняються від них. Необхідно однак зазначити, що поряд зі своїми багатьма технічно важливими перевагами композиційні структури мають і суттєвий недолік, який пов'язаний з тим, що фізико-термо-механічні властивості таких структур найчастіше виявляються зовсім неузгодженими, а це призводить інколи до специфічних видів руйнувань (розшарування, локальні розриви, порушення адгезії тощо)[1-7, 10, 15-23]. Тому при проектуванні таких структур ці особливості породжують суттєві ускладнення при визначенні напружено-деформованого стану у залежності від геометричних параметрів елементів, виду зв'язку між ними та їх фізико-механічних властивостей. Такі задачі можуть бути вирішені методами теоретичного моделювання [13-16]. Ці особливості деформування композиційних структур в повній мірі відносяться і до багатошарових систем дорожнього одягу мостових конструкцій, математичне моделювання яких має певні особливості. Вони пов'язані з тим, що розривні функції полів напружень в них генеруються також під впливом високо-градієнтних полів температури, які викликають концентрацією як нормальних, так і дотичних (зсувних) напружень, що обумовлені відмінними значеннями термомеханічних параметрів асфальтобетону та ортотропної плити [1-7].

Виклад основного матеріалу.

Однією із причин руйнування мостів є їх розтріскування та відшарування асфальтобетонного покриття від металевого полотна мостової конструкції в зимовий і весняний часи. До числа факторів, які в найбільшій мірі впливають на їх міцність і довговічність можна віднести збільшення вантажопідйомності транспортних засобів, реологічні та термомеханічні ефекти, що проявляються в матеріалах двошарової конструкції дорожнього одягу в результаті сезонних та добових змін температури [1-7, 10].

Загальна схема конструкції мосту представлена на рис. 1. Він складається з асфальтобетонного шару товщиною 0,07 м, що покладений на полотно проїзної частини мосту, який являє собою ортотропну плиту.



Рисунок 1 – Схема перерізу конструкції моста
Figure 1 – Cross-sectional diagram of the bridge structure

Привертає до себе увагу мала база тросової системи 10,8 м при загальній ширині мосту 41,5 м та порівняно малому його моменті інерції на кручення, оскільки його переріз наближається до пластини. Це дає основу припустити, що прогонова будова проявляє підвищену деформованість при скручуванні. Товщина сталюого листа складає 0,014 м. Він підкріплений ребрами висотою 0,25 м з кроком 0,3 м. Причому, як відомо, при крученні стержневої конструкції найбільші деформації і напруження мають місце в периферійних зонах поперечного перерізу, найбільш віддалених від центра перерізу. Оскільки рух основного автомобільного транспортного потоку, в тому числі

великовантажного, здійснюється на крайових ділянках його поперечного перерізу, то при дії на них сил ваги в конструкції мостового прогону виникають великі крутні моменти через малу базу тросів і малі полярні моменти інерції перерізу. Це і приводить до суттєвих деформацій в крайових зонах моста. Цей факт може бути однією із причин підвищеного руйнування асфальтобетонного покриття в цих зонах.

Можна відзначити також ще одну конструктивну особливість моста, яка пов'язана з використанням прийнятої конструкції ортотропної плити. Справа в тому, що в одному напрямі її згинальна жорсткість взагалі дорівнює жорсткості верхньої пластини, а в іншому напрямі плита має відкритий переріз у вигляді системи таврів, що слабо опираються згинанню і крученню (порівняно з двотаврами чи іншими закритими перерізами).

Ще одним фактором, що визначає явище розшарування двошарової конструкції в цій зоні, є її термонапружений стан. Для перевірки можливості впливу термічних деформацій на руйнування асфальтобетонного покриття в зимовий період авторами було виконано скінченно-елементне моделювання температурних переміщень та напружень асфальтобетонного шару, що приєднаний до металевого полотна проїзної частини моста. Результати цих досліджень наведено нижче.

Дослідження термопружного стану системи виконане з урахуванням того, що конструкція є видовженою та має порівняно малу товщину, що дозволило застосувати ряд спрощень і допущень. Оскільки конструкція вільно обдувається повітрям і в зимовий час ефектом радіаційного сонячного нагріву системи можна знехтувати, то можна вважати, що при добових змінах навколишньої температури температура верхнього (асфальтобетонного) та нижнього (металевого) шарів встигає вирівнюватись і по всій товщині пакету набувати однакової температури T .

Для перевірки наведених міркувань були виконані скінченно-елементні розрахунки термонапруженого стану фрагмента мостової конструкції, поперечний переріз якої наведений на рис. 1. При цьому товщина асфальтобетонного шару складала $h = 0,07$ м, причому на кінцях моста товщина шару – $h_1 = 0,07$ м, $h_2 = 0,035$ м, $h_3 = 0,0175$ м (рис. 2), товщина плити полотна моста – $0,014$ м. Значення термомеханічних характеристик для матеріалу асфальтобетонного покриття склали $E = 5 \cdot 10^9$ Па, $\nu = 0,2$, $\alpha_T = 2,46 \cdot 10^{-5}$ К⁻¹; для сталі $E = 2,1 \cdot 10^{11}$ Па, $\nu = 0,3$, $\alpha_T = 1,3 \cdot 10^{-5}$ К⁻¹.

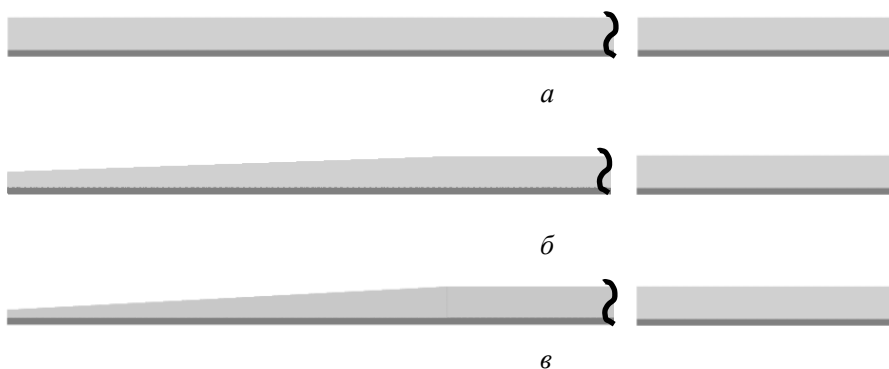


Рисунок 2 – Скінченно-елементна схема конструкції, виділеної для розрахунку:

а – $h_1=0,07$ м; б – $h_2=0,035$ м; в – $h_3=0,0175$ м

Figure 2 – Finite element diagram of a structure selected for calculation:

а – $h_1=0,07$ м; б – $h_2=0,035$ м; в – $h_3=0,0175$ м

Задача про термопружне деформування дорожнього покриття розв'язується в лінійній постановці. Це дозволяє аналізувати тільки зміни деформацій і напружень, викликані змінами температури.

Тоді еволюція поля температури в зонах кожного шару визначається рівнянням нестационарної теплопровідності [8]

$$\nabla^2 T - \frac{1}{a} \frac{\partial T}{\partial t} = 0. \quad (1)$$

Тут $a = \lambda_q / c_{об}$ – коефіцієнт температуропровідності, λ_q – коефіцієнт теплопровідності, $c_{об}$ – питома об'ємна теплоємність, доданок $\nabla^2 T$ – еквівалентний виразу $\partial T / \partial x^2 + \partial T / \partial y^2 + \partial T / \partial z^2$.

Вважаємо, що при термопружному деформуванні всього масиву силами інерції можна знехтувати і процес буде квазістатичним. Тоді поле пружних переміщень $\mathbf{u}(x, y, z)$ описується векторним рівнянням [8, 11]

$$\mu \nabla^2 \mathbf{u} + (x + \mu) \text{grad div } \mathbf{u} - (3\lambda + 2\mu) \alpha_T \text{grad}(T) = 0 \quad (2)$$

де λ і μ – ізотермічні параметри Ляме.

На умовних кінцях виділеної області прийнято, що теплові потоки в напрямку нормалі відсутні, тому похідна від T за нормаллю \mathbf{n} дорівнює нулю,

$$\partial T / \partial n = 0. \quad (3)$$

При формулюванні граничних умов для функції $\mathbf{u}(x, y, z)$ вважаємо, що на всіх вільних поверхнях нормальні і дотичні напруження дорівнюють нулю, а на площині контакту асфальтобетонного шару з металевою основою були задані співвідношення сумісності переміщень.

Прийнята постановка задачі про термопружне деформування виділеного двошарового масиву дозволила використовувати алгоритм її вирішення, при якому спочатку розв'язується задача нестационарної теплопровідності для рівняння (1) на всьому діапазоні часу t , рівному 12 годин (43200 с). Потім в потрібні для нас моменти часу t_i з використанням побудованих полів температури $T(x, y, z, t_i)$, за допомогою рівнянь (2) визначалися поля переміщень, деформацій і напружень.

Розв'язання цих рівнянь здійснюється шляхом переходу до скінченно-елементних моделей [12]

$$[K_T] \{T\} - [A] \{\dot{T}\} = \{T_f(t)\}, \quad (4)$$

$$[K_u] \{u\} = [L] \{T(t_i)\}.$$

Тут $[K_T]$ – матриця коефіцієнтів скінченно-елементної моделі рівняння теплопровідності, $[A]$ – матриця коефіцієнтів моделі при похідній \dot{T} , $\{T_f(t)\}$ – вектор заданих значень температури T на поверхні покриття, $[K_u]$ – матриця жорсткості для скінченно-елементної моделі пружного масиву, $[L]$ – матриця, яка відображає вплив температури на переміщення елементів масиву.

Після підрахунку значень компонент вектора переміщень $\{u\}$ у вузлах скінченно-елементної моделі обчислювалися компоненти тензорів деформацій ε_{jk} і напружень σ_{jk} . Вони визначалися за допомогою рівностей [9]

$$\varepsilon_{jk} = \frac{1}{2} (u_{j,k} + u_{k,j}), \quad (5)$$

$$\sigma_{jk} = 2\mu \varepsilon_{jk} + [\lambda \varepsilon_{ll} - (3\lambda + 2\mu) \alpha_T \cdot T] \delta_{jk},$$

дискретизованих в кожному вузлі моделі.

У цих рівностях індекси j, k, l пробігають значення 1, 2, 3; при цьому напрямки x_1, x_2, x_3 відповідають напрямкам x, y, z ; $u_{j,k} = \partial u_j / \partial x_k$; $\varepsilon_{ll} = \varepsilon_{11} + \varepsilon_{22} + \varepsilon_{33}$; δ_{jk} – символ Кронекера, що дорівнює 0 при $j \neq k$ і рівний 1 при $j = k$.

В нашому випадку конструкція, що розглядається, має ті властивості, що вона знаходиться у вільному контакті з повітрям. Тому, наприклад, в нічний час (при відсутності теплової сонячної радіації) температура у всіх її елементах встигає вирівнятися і замість вихідного значення $T_0 = 0$ прийняти однакові значення $T = -25^\circ \text{C}$.

Вважаємо, що плита металевої основи має товщину $h = 0,014$ м. При дослідженні впливу товщини асфальтобетонного шару на термодетформований стан системи його товщина на кінцях моста вважалася рівною $h_1 = 0,07$ м, $h_2 = 0,035$ м, $h_3 = 0,0175$ м.

Результати комп'ютерного дослідження показані на рис. 3 та рис. 4 у вигляді функцій термонапружень σ_x та τ_{xy} вздовж лівого краю на відстань 3 м.

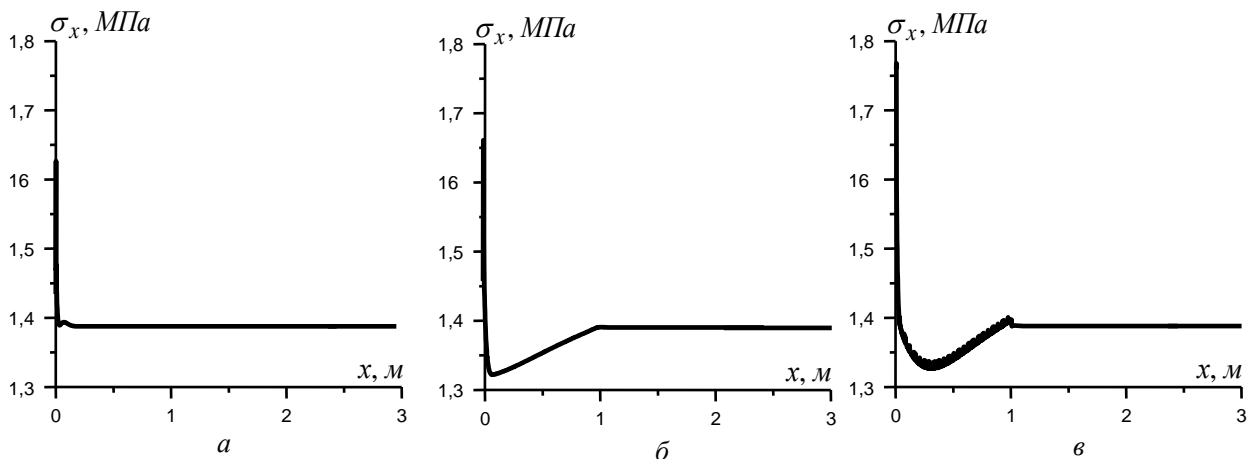


Рисунок 3 – Графіки розподілення функції σ_x за координатою x на межі контакту асфальтобетону та сталі в околі лівого краю системи:
 а – $h_1=0,07$ м; б – $h_2=0,035$ м; в – $h_3=0,0175$ м

Figure 3 – Graphs of the function σ_x distribution along the coordinate x at the contact boundary of asphalt concrete and steel in the vicinity of the left edge of the system:
 а – $h_1=0,07$ м; б – $h_2=0,035$ м; в – $h_3=0,0175$ м

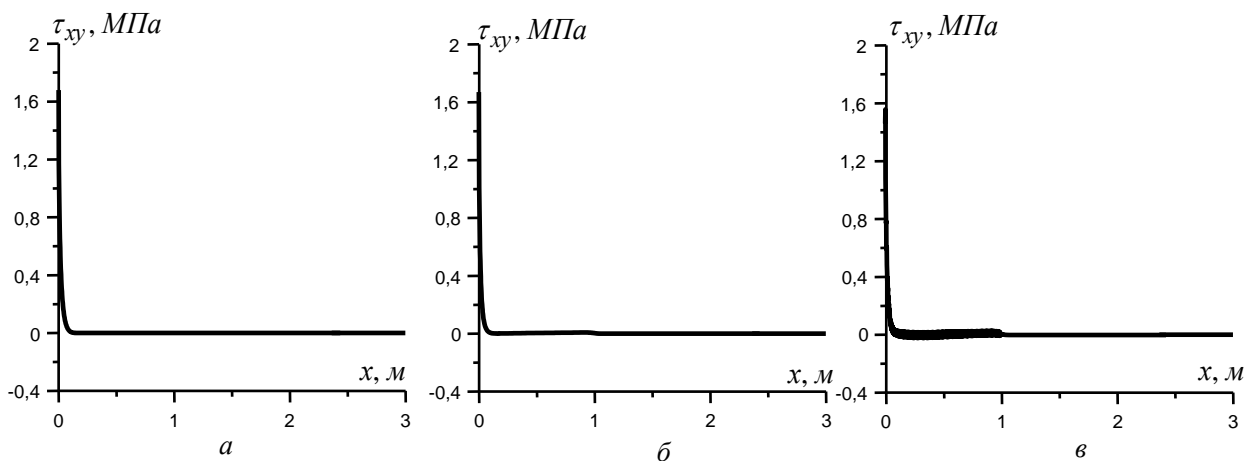


Рисунок 4 – Графіки розподілення функції τ_{xy} за координатою x на межі контакту асфальтобетону та сталі в околі лівого краю системи:
 а – $h_1=0,07$ м; б – $h_2=0,035$ м; в – $h_3=0,0175$ м

Figure 4 – Graphs of the function τ_{xy} distribution along the coordinate x at the contact boundary of asphalt concrete and steel in the vicinity of the left edge of the system:
 а – $h_1=0,07$ м; б – $h_2=0,035$ м; в – $h_3=0,0175$ м

Розрахунки показали, що ділянки найбільш неоднорідних полів деформацій і напружень виникають на краях конструкції. Заслуговує уваги графік розподілення функції τ_{xy} (рис. 4) на поверхні контакту верхнього та нижнього шарів в околі лівого краю системи. Як видно, концентрація цієї функції має місце на краях конструкції, а потім вона швидко падає до нуля при наближенні до центральної частини.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гайдайчук В.В., Мозговий В.В., Густелєв О.О., Шевчук Л.В. Аналіз деформування дорожнього покриття на металевій плиті південного моста / Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2019. - №1. – С. 31 – 39.

2. Гайдайчук В.В., Мозговий В.В., Заєць Ю.О., Шевчук Л.В. Моделювання напружено-деформованого стану конструкції дорожнього одягу під дією транспортних навантажень // Опір матеріалів і теорія споруд. – 2017. – Вип. 99 – С. 45-57.
3. Гайдайчук В.В., Мозговий В.В., Заєць Ю.О., Шевчук Л.В. Чисельне моделювання термонапруженого стану шаруватого покриття автомобільної дороги // Опір матеріалів і теорія споруд. – 2017. – Вип. 98 – С. 56-71.
4. Гуляєв В.І., Гайдачук В.В., Мозговий В.В., Заєць Ю.О., Шевчук Л.В., Шлюнь Н.В. Термопружний стан багатшарових дорожніх покриттів // Монографія – К. : НТУ, 2018. – 272 с.
5. Гуляєв В.І., Гайдайчук В.В., Мозговий В.В., Густелев О.О., Заєць Ю.О., Шевчук Л.В. Дослідження термонапруженого стану конструкцій дорожнього одягу // Промислове будівництво та інженерні споруди, 2017, №1. – С. 6-12.
6. Гуляєв В. І., Шевчук Л.В., Куцман О.М. Сезонний перерозподіл полів напружень в конструкціях шаруватих покриттів доріг під дією транспортних навантажень // Вісник НТУ – К.:НТУ – 2018. – Вип. 40. –С. 98 – 105.
7. Ковалев Я. Н. Автомобильные дороги. Минск: Арт Дизайн, 2006, 352 с.
8. Коваленко А.Д. Основы термоупругости. К: Наукова Думка, 1970, 239 с.
9. Мозговий В.В., Онищенко А.М., Різніченко О.С. Методика проектування асфальтобетонних шарів зносу для міських умов // Вісник, 2010. – Част. 1. – С. 46-50.
10. Мозговой В.В. Повышение гидроизоляционной способности асфальтобетонного покрытия // Проблемы механики и строительства транспортных сооружений: Труды II Международной научно-практической конференции. -Алматы. – 2015. – 54-60 с.
11. Новацкий В. Динамические задачи термоупругости. М.: Мир, 1970, 256 с.
12. Перельмутер А. В., Сливнер В.И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. М.: ДМК Пресс, 2007, 600 с.
13. Радовский Б.С. Проблемы механики дорожно-строительных материалов и дорожных одежд. К: ПолиграфКонсалтинг, 2003, 252 с.
14. Сендецки Дж. Механика композитных материалов. Т.2.М.: Мир, 1978, 566 с.
15. Телтаев Б.Б. Деформации и напряжения в нежестких конструкциях дорожных одежд. Алмата: Казахская академия транспорта и коммуникаций им М.Тынышбаева, 1999, 217 с.
16. Чанг Н., Хауэс Ф. Нелинейные сингулярно возмущенные краевые задачи. М.: Мир, 1988, 247 с.
17. Bahia H.U., Zeng M., Nam K. Consideration of strain at failure and strength in prediction of pavement thermal cracking // J AAPT. – 2000. – 69. – P. 497–535.
18. Bouldin M.G., Dongré R., Rowe G.M., Sharrock M.J., Anderson D.A. Predicting thermal cracking of pavements from binder properties // AAPT. – 2000. – 69. – P. 455–496.
19. Chen EY, Pan GE, Norfolk TS, Wang O (2011) Surface loading of a multilayered viscoelastic pavement. RoadMatPavDes 12:849–874
20. Herve D. B., Louis F. Mechanical tests for bituminous materials. Recent improvements and future prospects // – Proceedings of the Fifth international RILEM Symposium MTBM LYON 97/France/14-16 MAI 1997. – P. 353-355.
21. Molenaar A.A., Li N. Prediction of compressive and tensile strength of asphalt concrete // Int J Pav Res Tech. – 2014. – 7. – P. 324–331.
22. Radovskiy B., Mozgovoy V. Waystore ducelow temperature cracking in Asphalt Pavements. In: 4th Eurobitume Symposium, Madrid. – 1989.
23. Yoder E.J. Principles of pavement design. – New York. John Wiley & sons, INC. London. Chapman & Hall, Ltd. 1991.

REFERENCES

1. Haidaichuk V.V., Mozghovyi V.V., Hustieliev O.O., Shevchuk L.V. Analiz deformuvannia dorozhnohopokryttianametaleviiplytipivdennohomosta / Promyslovebudivnytstvotainzhenernisporudy. – 2019. - №1. – S. 31 – 39.
2. Haidaichuk V.V., Mozghovyi V.V., Zaiets Yu.O., Shevchuk L.V. Modeliuvannia napruzhenodeformovanoho stanukonstruksiidorozhnohoodiahupiddiieittransportnykhnavantazhen // Opirmaterialiv i teoriiasporud. – 2017. – Vyp. 99 – S. 45-57.

3. Haidaichuk V.V., Mozghovyi V.V., ZaietsYu.O., Shevchuk L.V. Chyselnemodeliuvanniatermonapruzhenohostanusharuvatohopokryttiaavtomobilnoidorohy // Opirmaterialiv i teoriiasporud. – 2017. – Vyp. 98 – S. 56-71.
4. Huliaiev V.I., Haidachuk V.V., Mozghovyi V.V., ZaietsYu.O., Shevchuk L.V., Shliun N.V. Termopruznyistanbahatosharovykhdorozhnikhpokryttiv // Monohrafiia – K. : NTU, 2018. – 272 s.
5. Huliaiev V.I., Haidaichuk V.V., Mozghovyi V.V., Hustieliev O.O., ZaietsYu.O., Shevchuk L.V. Doslidzhenniatermonapruzhenohostanukonstruktsiidorozhnohoodiahu // Promyslovebudivnytstvotainzhenernisporudy, 2017, №1. – S. 6-12.
6. Huliaiev V. I., Shevchuk L.V., Kutsman O.M. Sezonnypereerozpodilpolivnapruzhen v konstruktsiiaksharuvatypokryttivdorihpidiieitransportnykhnavantazhen // Visnyk NTU – K.:NTU – 2018. – Vyp. 40. – S. 98 – 105.
7. KovalevYa. N. Avtomobil'nyedorogi. Minsk: ArtDizajn, 2006, 352 s.
8. Kovalenko A.D. Osnovytermoupruhosty. K: NaukovaDumka, 1970, 239 s.
9. Mozghovyi V.V., Onyshchenko A.M., Riznichenko O.S. Metodykaproektuvanniaasfaltobetonykhsharivznosudliamiskykhmov // Visnyk, 2010. – Chast. 1. – S. 46-50.
10. Mozgovoy V.V. Povysheniegidroizolyacionnojsposobnostiasfal'tobetonnogopokrytiya // Problemymekhaniki i stroitel'stvatransportnyhsooruzhenij: Trudy II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Almaty. – 2015. – 54-60 s. Novatskiy V. Dinamicheskyyezadachytermoupruhosty. M.: Myr, 1970, 256 s.
11. Novackij V. Dinamicheskyyezadachytermouprugosti. M.: Mir, 1970, 256 s.
12. Perel'muter A. V., Slivner V.I. Raschetnyemedelisooruzhenij i vozmozhnost'ihanaliza. M.: DMK Press, 2007, 600 s.
13. Radovskij B.S. Problemymekhanikidorozhno-stroitel'nyhmaterialov i dorozhnyhodezhd. K: PoligrafKonsalting, 2003, 252 s.
14. SendeciDzh. Mekhanikakompozitnyhmaterialov. T.2. M.: Mir, 1978, 566 s.
15. Teltaev B.B. Deformacii i napryazheniya v nezhestkihkonstruktciyahdorozhnyhodezhd. Almata: Kazahskayaakademyatransporta i kommunikacijM.Tynysbaeva, 1999, 217 s.
16. CHang N., Haues F. Nelinejnyesingulyarnovozmushchennyekraevyvezadachi. M.: Mir, 1988, 247 s.
17. Bahia H.U., Zeng M., Nam K. Consideration of strain at failure and strength in prediction of pavement thermal cracking // J AAPT. – 2000. – 69. – P. 497–535.
18. Bouldin M.G., Dongré R., Rowe G.M., Sharrock M.J., Anderson D.A. Predicting thermal cracking of pavements from binder properties // AAPT. – 2000. – 69. – P. 455–496.
19. Chen EY, Pan GE, Norfolk TS, Wang O (2011) Surface loading of a multilayered viscoelastic pavement. RoadMatPavDes 12:849–874
20. Herve D. B., Louis F. Mechanical tests for bituminous materials. Recent improvements and future prospects // – Proceedings of the Fifth international RILEM Symposium MTBM LYON 97/France/14-16 MAI 1997. – P. 353-355.
21. Molenaar A.A., Li N. Prediction of compressive and tensile strength of asphalt concrete // Int J Pav Res Tech. – 2014. – 7. – P. 324–331.
22. Radovskiy B., Mozgovoy V. Waystore ducelow temperature crackingin Asphalt Pavements. In: 4th Eurobitume Symposium, Madrid. – 1989.
23. Yoder E.J. Principles of pavement design. – NewYork. JohnWiley&sons, INC. London. Chapman&Hall, Ltd. 1991.

РЕФЕРАТ

Шевчук Л.В. Термопружні деформації асфальтобетонного шару на металевій плиті моста при зміні товщини асфальтобетону / Л.В. Шевчук // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науковий журнал. – К. : НТУ, 2022. – Вип. 1 (51).

На базі теорії термопружності розглянуто задачу про термонапружений стан двошарового фрагмента мостової конструкції, що складається з металевішої основи і асфальтобетонного верхнього шару, в умовах зміни температури навколишнього середовища при різних значеннях товщини асфальтобетону. Вважається, що матеріали шарів характеризуються різними термомеханічними параметрами, які зумовлюють неоднорідність полів напружень і деформацій.

Методом комп'ютерного моделювання встановлено, що ці фактори призводять до концентрації напружень та деформацій і зміни напружено-деформованого стану мостової конструкції їздового полотна, яка не враховується в сучасній практиці проектування і експлуатації мостів, і є однією з причин передчасних руйнувань асфальтобетонного покриття автодорожнього мосту. Для виключення цих недоліків на базі алгоритмів скінченних елементів виконано теоретичний аналіз термонапруженого стану металевої ортотропної плити з асфальтобетонним покриттям при різних відношеннях їх товщин. Показано, що зменшення товщини верхнього шару може приводити до зростання ініційованих в ньому дотичних і нормальних розтягуючи напружень. Тому при проектуванні конструкцій мостів ці особливості повинні бути враховані додатково.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МОСТОВА КОНСТРУКЦІЯ, АСФАЛЬТОБЕТОННЕ ПОКРИТТЯ, ОРТОТРОПНА ПЛИТА, ПОПЕРЕЧНІ ТРИЩИНИ, ТРАНСПОРТНІ НАВАНТАЖЕННЯ, ПОЛЕ НАПРУЖЕНЬ, ТЕРМОНАПРУЖЕНИЙ СТАН.

ABSTRACT

Shevchuk L.V. Thermoelastic deformations of an asphalt concrete layer on a metal bridge slab with a change in asphalt concrete thickness. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific journal. – Kyiv: National Transport University, 2022. – Issue 1 (51).

Based on the theory of thermoelasticity, the problem of the thermally stressed state of a two-layer fragment of a bridge structure, consisting of a metal base and an asphalt concrete upper layer, is considered under conditions of changing ambient temperature at different values of the asphalt concrete thickness. It is believed that the materials of the layers are characterized by different thermomechanical parameters, which determine the inhomogeneity of the stress and strain fields.

It has been established by computer modeling that these factors lead to the concentration of stresses and strains and a change in the stress-strain state of the bridge structure of the driving deck, which is not taken into account in modern practice of designing and operating bridges, and is one of the causes of premature destruction of the asphalt concrete pavement of the road bridge. To eliminate these shortcomings, on the basis of finite element algorithms, a theoretical analysis of the thermally stressed state of a metal orthotropic slab with an asphalt concrete pavement was performed at different ratios of their thicknesses. It is shown that a decrease in the thickness of the upper layer can lead to an increase in the contact and normal tensile stresses initiated in it. Therefore, when designing bridge structures, these features should be taken into account additionally.

KEYWORDS: BRIDGE STRUCTURE, ASPHALT-CONCRETE COATING, ORTHOTROPIC PLATE, TRACKED TRACKS, TRANSPORT LOADS, STRESS FIELD, THERMO ELASTIC STATE.

АВТОР:

Шевчук Людмила Володимирівна, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри вищої математики, e-mail: ludmilashevchuk25@gmail.com, тел. +380667153633, Україна, 01010, м. Київ, вул. Бойчука 42, к. 511, orcid.org/0000-0002-5748-9527.

AUTHOR:

Shevchuk L. V., Ph.D., National Transport University, assistant professor department of mathematics, e-mail: ludmilashevchuk25@gmail.com, tel. +380667153633, Ukraine, 01010, Kyiv, Boychuka str.42, of.511, orcid.org/0000-0002-5748-9527

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Гайдайчук В.В., доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури, завідувач кафедри теоретичної механіки, Київ, Україна.

Лоза І.А., доктор фізико-математичних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри теоретичної механіки, Київ, Україна.

REVIEWER:

Gaidaichuk V.V., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, Kyiv National University of Structures and Architecture, Head of Department of Theoretical Mechanics, Kyiv, Ukraine.

Loza I.A., Ph.D., Physics and Mathematics (Dr), professor, National Transport University, Head of Department of Theoretical Mechanics, Kyiv, Ukraine.