

УДК 539.3  
UDC 539.3

## СЕЗОННИЙ ПЕРЕРОЗПОДІЛ ПОЛІВ НАПРУЖЕНЬ В КОНСТРУКЦІЯХ ШАРУВАТИХ ПОКРИТТІВ ДОРІГ ПІД ДІЄЮ ТРАНСПОРТНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

*Гуляєв В.І.*, доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, valery@gulyayev.com.ua, orcid.org/0000-0002-5388-006X

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

*Куцман О.М.*, Національний транспортний університет, Київ, Україна, kutsmans@ukr.net, orcid.org/0000-0002-4510-4570

## SEASONAL REDISTRIBUTION OF STRESS FIELDS IN LAYERED ROAD STRUCTURES UNDER TRANSPORT LOAD ACTION

*Gulyayev V.I.*, Dr. Sci., National Transport University, Kyiv, Ukraine, valery@gulyayev.com.ua, orcid.org/0000-0002-5388-006X

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

*Kutsman O.M.*, National Transport University, Kyiv, Ukraine, kutsmans@ukr.net, orcid.org/0000-0002-4510-4570

## СЕЗОННОЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЙ В КОНСТРУКЦИЯХ СЛОИСТЫХ ПОКРЫТИЙ ДОРОГ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТРАНСПОРТНЫХ НАГРУЗОК

*Гуляев В.И.*, доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, valery@gulyayev.com.ua, orcid.org/0000-0002-5388-006X

*Шевчук Л. В.*, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, ludmilashevchuk25@gmail.com, orcid.org/0000-0002-5748-9527

*Куцман А.М.*, Национальный транспортный университет, Киев, Украина, kutsmans@ukr.net, orcid.org/0000-0002-4510-4570

### Постановка проблеми.

В останні роки у транспортних потоках на автомобільних дорогах збільшилася інтенсивність руху та значно зросла доля великовантажних транспортних засобів із збільшеною кількістю осей та загальною вантажопідйомністю, а також підвищеним тиском у пневматиках. Тому особливу актуальність набули питання дослідження параметрів і характеру навантажень від сучасних транспортних засобів, що діють на конструкцію дорожнього одягу. В зв'язку з цим, виникла необхідність розробки класифікації розрахункових схем роботи конструкції дорожнього одягу, опираючись на існуючі правила конструювання та результати натурних обстежень. Тому, з метою дослідження напружено-деформованого стану потрібно створити математичні моделі та розрахункові методи, що будуть враховувати характеристики сучасного транспортного навантаження та термомеханічні властивості дорожньо-будівельних матеріалів, на основі яких передбачено розробити практичні заходи підвищення міцності конструкції дорожнього одягу.

В загальному випадку в проблемах руйнування асфальтобетонних дорожніх покриттів можна виділити наступні механізми зародження і розвитку тріщин [1, 2, 9]:

– утворення тріщин в нижніх зонах асфальтобетонних покриттів на етапі їх ущільнення при укладанні, яке викликане недотриманням будівельних технологій;

– високі термопружні напруження, які обумовлені великими градієнтами полів температури і наявністю додаткових конструктивних обмежень (в'язей), що перешкоджають вільному температурному деформуванню фрагментів дорожнього масиву;

– замерзання в зимовий час частинок води в мікротріщинах, які приводять до їх розклинюванню, розширенню і зростанню;

– виникнення в верхніх шарах покриття напружень розтягу від дії транспортних навантажень, яке пов'язане з властивістю асфальтобетонів слабо чинити опір цим напруженням;

– виникнення в верхніх шарах зсувних напружень, також пов'язане з їх слабкою опірністю і цим напруженням.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Однак в науково-технічній літературі практично не приділяється увага ще одному механічному аспекту, що дозволяє дати більш повне пояснення явища інтенсивного руйнування доріг в зимовий

час під дією транспортних навантажень. Для його інтерпретації звернемося до на перший погляд парадоксального ефекту. У 1933 р І.М. Рабинович [5] сформулював твердження, відповідно до якого, якщо в статично невизначеній фермі збільшити модуль пружності одного зі стрижнів, то при незмінному зовнішньому навантаженні, поздовжня сила (і напруження) в цьому стрижні збільшиться. Таким чином, виходить, що при цьому інші, більш піддатливі стрижні поступаються зовнішньому впливу, знімають з себе навантаження і перерозподіляють їх на більш жорсткий стрижень. Пізніше А.В. Перельмутер [4], застосовуючи метод теорії чутливості, узагальнив це твердження на статичні невизначені пружні системи більш загального виду.

**Виклад основного матеріалу.**

Безпосереднє відношення до розглянутого ефекту має розв’язання задачі про напружений стан нескінченної балки на пружній основі під дією зосередженої вертикальної сили  $P$  (рис.1). Ця система також є статично невизначеною і її розв’язання досягається за рахунок додаткового врахування сумісності переміщень балки і основи. Нехай  $E$  – модуль пружності матеріалу балки,  $I$  – момент інерції її перерізу і  $k$  – коефіцієнт постелі основи. Тоді згинальний момент в балці в перерізі, що містить силу  $P$ , дорівнює [7]

$$M = P^4 \sqrt{4EI/k} / 4. \tag{1}$$

З цієї формули випливає, що момент  $M$  і напруження в балці під силою зростають зі збільшенням її модуля пружності  $E$  при інших незмінних умовах.

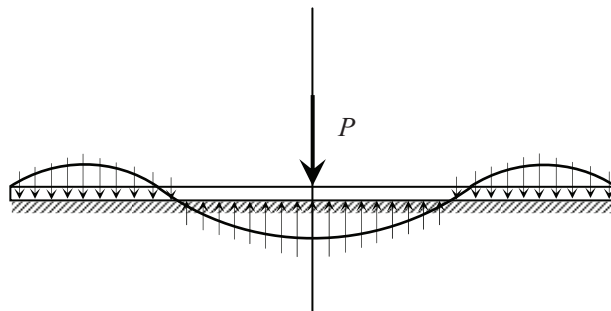


Рисунок 1 – Схеми згинання балки на пружній основі під дією зосередженої сили  
Figure 1 – Schematic of bending of a beam on elastic foundation under action of a concentrated force

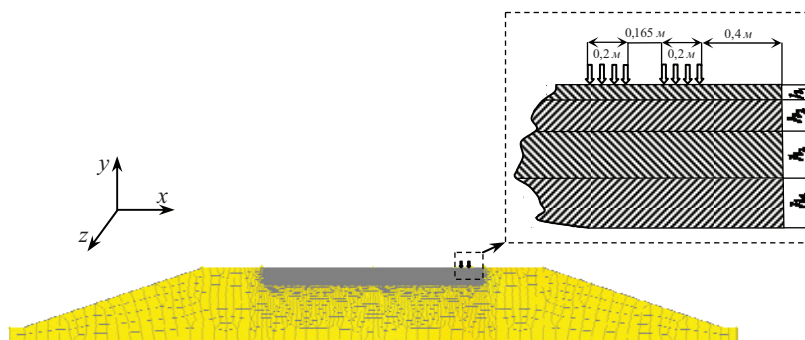


Рисунок 2 – Схема конструкції дороги  
Figure 2 – Schematic of the road structure

Деяку схожість з балкою на пружній основі має також модель деформування шаруватого дорожнього покриття під дією транспортних навантажень. Дійсно, конструкції дорожнього покриття являють собою чотиришарову структуру, яка лежить на ґрунтовому масиві. Якщо врахувати, що модулі пружності шарів покриття на два порядки вище модуля пружності ґрунту, то конструкцію покриття можна представити як шарувату плиту, яка лежить на пружній основі і припустити, що обговорювані ефекти мають місце і в цій системі.

Для підтвердження цього припущення розглянута тривимірна модель дорожнього покриття [1] шириною 7,5 м, яка містить чотири шари (рис.2). Два верхніх шари складаються з дрібнозернистого і крупнозернистого асфальтобетону товщинами  $h_1=0,05$  м і  $h_2=0,1$  м з модулями пружності  $E_1=5 \cdot 10^9$  Па і  $E_2=1,4 \cdot 10^9$  Па при температурі  $T=20^\circ\text{C}$  в літній час (випадок 1). У нижчележачих шарах, що складаються з щебеню і піску, товщинами  $h_3=h_4=0,2$  м значення цих параметрів склали  $E_3=0,4 \cdot 10^9$  Па і  $E_4=0,1 \cdot 10^9$  Па. Модуль пружності ґрунту також дорівнює  $E_5=0,1 \cdot 10^9$  Па. контакту коліс з поверхнею дороги в дорожньому масиві сформувалося поле напружень. Воно визначене методом скінчених елементів. Результати розрахунків показали, що під дією обраного навантаження два верхніх асфальтобетонних шари працюють як згинальна плита і в другому шарі сформувалася зона позитивних (що розтягуються) напружень з максимальним значенням  $\sigma_x^{\max}=813$  кПа (рис.3). На рис.4 показано також поле зсувних напружень  $\tau_{xy}^{\max}=511$  кПа. Зони найбільших напружень на цих рисунках виділені пунктирними прямокутниками.

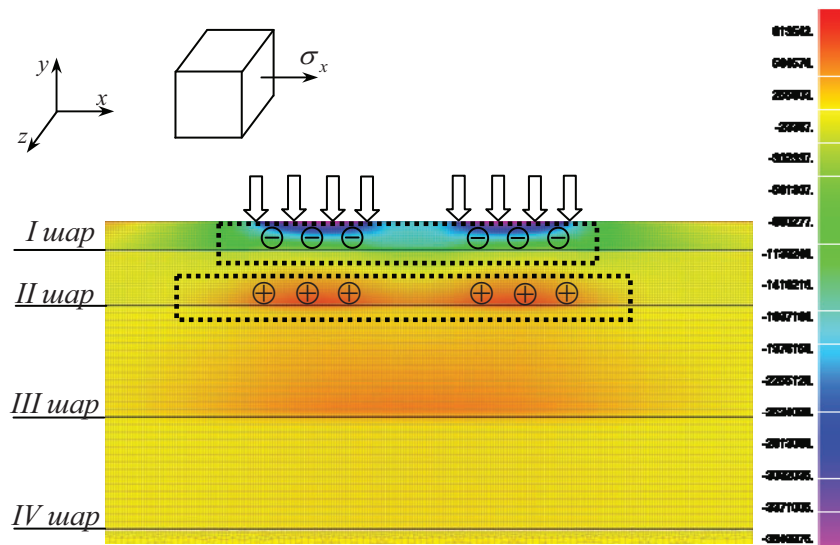


Рисунок 3 – Схема розподілу поля нормальних напружень  $\sigma_x$  (випадок 1)

Figure 3 – Schematic of distribution of the normal stress  $\sigma_x$  field (case 1)

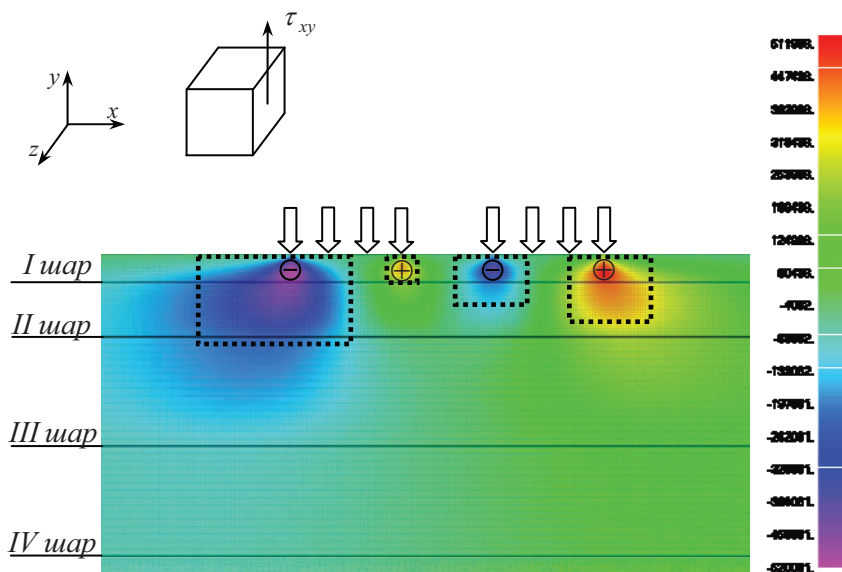


Рисунок 4 – Схема розподілу поля зсувних напружень  $\tau_{xy}$  (випадок 1)

Figure 4 – Schematic of distribution of the shear stress  $\tau_{xy}$  field (case 1)

Під дією транспортного тиску інтенсивністю  $q = 800$  кПа у вибраних плямах

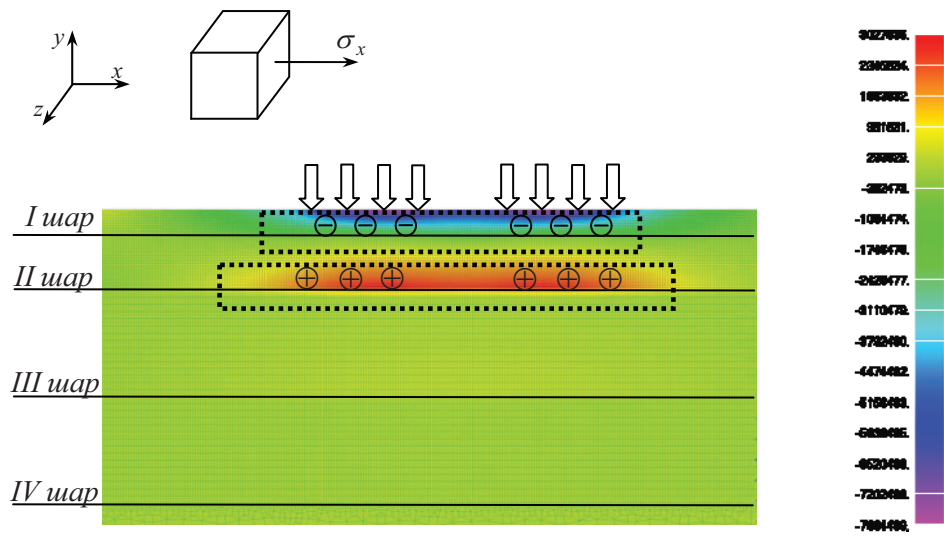


Рисунок 5 – Схема розподілу поля нормальних напружень  $\sigma_x$  (випадок 2)

Figure 5 – Schematic of distribution of the normal stress  $\sigma_x$  field (case 2)

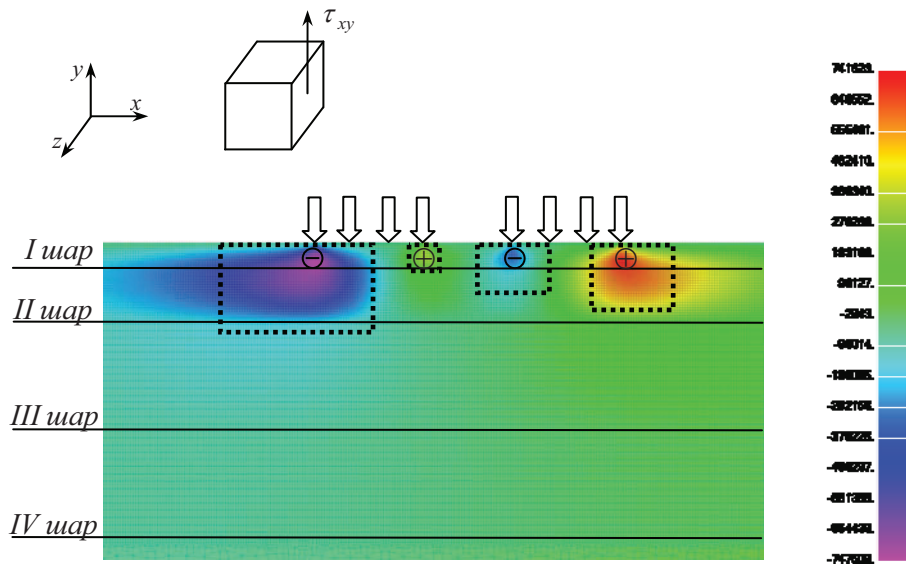


Рисунок 6 – Схема розподілу поля зсувних напружень  $\tau_{xy}$  (випадок 2)

Figure 6 – Schematic of distribution of the shear stress  $\tau_{xy}$  field (case 2)

Після цього було прийнято (випадок 2), що внаслідок сезонних змін температури в зимовий час в двох верхніх шарах відбулися термо-реологічні зміни [3, 6, 9] і їх модулі пружності досягли значень  $E_1 = 25 \cdot 10^9$  Па і  $E_2 = 8 \cdot 10^9$  Па при  $T = -20^\circ\text{C}$ , в той час як в щебеневому, піщаному і ґрунтовому фрагментах вони залишилися без зміни. Розрахунки, які виконані зі збереженням вихідних умов для всіх інших параметрів моделі, показали, що при цьому максимальне напруження розтягу збереглися в тих же зонах прикладання навантаження, але досягли суттєво більших значень  $\sigma_x^{\max} = 3027$  кПа. Однак в міру віддалення від ділянок прикладання навантаження ці напруження швидко падають і їх значення стають менше значень, що відповідають випадку 1 (рис.5,6). Проведений аналіз дозволяє обґрунтувати ще один механізм більш інтенсивного руйнування асфальтобетонних покриттів в зимовий час

Оскільки, як показано вище, сезонне збільшення модуля пружності верхніх шарів покриття дороги при зниженні їх температури в зимовий час приводить до підвищення в них рівня напружень під



дією транспортних навантажень і більш інтенсивного їх руйнування, можна рекомендувати знижувати рівень транспортних навантажень протягом цього сезону за рахунок регламентованого зменшення вантажопідйомності транспортних засобів.

Формула (1) дозволяє також зробити висновок про можливість зменшення згинального моменту в балці на пружній основі (а отже і напружень в ній) за рахунок збільшення коефіцієнта постелі  $k$ . З використанням цієї аналогії була розглянута також можливість зниження цих напружень в асфальтобетоні при збільшенні згинальної жорсткості щебеневого і піщаного шарів за рахунок збільшення їх товщини до значень  $h_3 = h_4 = 0,25$  м. Це привело до помітного зниження напружень в асфальтобетонних шарах.

### Висновки

1. Методом скінчено-елементного аналізу встановлено, що сезонне термо-реологічне збільшення модуля пружності асфальтобетонних шарів в зимовий час приводить до помітного перерозподілу полів напружень в них при дії транспортних навантажень і супроводжується збільшенням нормальних напружень розтягу у нижньому асфальтобетонному шарі. Цей фактор може бути одним з основних додаткових механізмів більш інтенсивного руйнування дорожніх покриттів в зимовий час.

2. Відзначено, що зниження рівня додаткових напружень розтягу в асфальтобетонних шарах в зимовий час може бути досягнуто або за рахунок зменшення транспортних навантажень у зимовий час шляхом контрольованого зниження вантажопідйомності транспортних засобів, або шляхом збільшення товщини підстильного щебеневого і піщаного шарів.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гуляев В.І. Дослідження термонапруженого стану конструкцій дорожнього одягу / В.І. Гуляев, В.В. Гайдайчук, В.В. Мозговий, Ю.О. Заєць, Л.В. Шевчук // Промислове будівництво та інженерні споруди, 2017, №1. – С. 6-12.

2. Мозговой В.В. Повышение гидроизоляционной способности асфальтобетонного покрытия / В.В. Мозговой // Проблемы механики и строительства транспортных сооружений: Труды II Международной научно-практической конференции. - Алматы. – 2015. – С. 54-60.

3. Новацкий В. Динамические задачи термоупругости. / В. Новацкий. – М.: Мир, 1970. – 256 с.

4. Перельмутер А.В. О влиянии изменения жесткостей на перераспределение усилий в статически неопределимой системе / А.В. Перельмутер // Строительная механика и расчет сооружений. – 1974. – № 5. – С. 64-67.

5. Рабинович И.М. К теории статически неопределимых ферм. / И.М. Рабинович. – М.: Трансжелдориздат, 1933 – 120 с.

6. Страгис В. И. Зависимость параметров сдвига асфальтобетона от температуры / В.И. Страгис, С.Ю. Рокас // Санитарная техника. Дороги. Гидротехническое строительство. Инженерная геодезия. Основания и фундаменты. Материалы Республиканской XIX научно-технической конференции. – Каунас. – 1969. – С. 51-54.

7. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов: Учеб. для вузов. - 10-е издание, перераб. и доп. / В.И. Феодосьев – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1999. – 592 с.

8. Litton R.L., Tsai F.L., Lee S.I., Luo R., Hu S., Zhou F. «Models for Predicting Reflection Cracking of Hot-Mix Asphalt Overlays» Research Report 669, Texas Transportation Institute, Texas A&M University, College Station, Texas, 2010. – P.61.

9. Radovsky B. Ways to reduce low-temperature cracking of asphalt pavements / B. Radovsky, V. Mozgovoj // 4-th Eurobitum Symposium. Summaries and papers. Madrid, 4-9 Oct. 1989. – Vol. 1. – P. 571-575.

### REFERENCES

1. Gulyayev, V. I., Gaydaychuk, V.V., Mozgoviy, V.V., Zaets, Yu. A., Shevchuk, L.V. (2017) Doslidzhennia termonapruzhenooho stanu konstruktsii dorozhnoho odiahu [Analysis of thermo-stressed state of the road coating structures]. Promyslove budivnytstvo ta inzhenerni sporudy – [Industrial building and engineering structures], 1, 6-12 [in Ukrainian].

2. Mozhovoy, V.V. (2015) Povyshenie gidroizolyatsionnoi sposobnosti asfaltobetonnoho pokrytiia [Povyshenie gidroizolyatsionnoy sposobnosti asfaltobetonnoho pokryitiya]. Problemy mekhaniki i stroitelstva transportnykh sooruzhenii: Trudy II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii.

Almaty – [Problemyi mehaniki i stroitelstva transportnyih sooruzheniy: Trudyi II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Almatyi], 54-60 [in Ukrainian].

3. Novatskiy, V. (1970) Dinamicheskie zadachi termouprugosti [Dinamicheskie zadachi termouprugosti]. Moskva: Mir [in Russian].

4. Perelmuter, A.V. (1975) O vliianii izmeneniia zhestokostei na pereraspredelenie usilii v staticheski neopredelimoj sisteme [About influence of stiffness change on redistribution of stresses in a statically indeterminate system]. Stroitelnaia mekhanika i raschet sooruzhenii – [Mechanics of structures and analysis of buildings], 5,64-67 [in Russian].

5. Rabinovich, I.M. (1933) K teorii staticheski neopredelimykh ferm [On the theory of statically indeterminate trusses]. – Moskva: Transzheldorizdat [in Russian].

6. Strahys, V. Y. (1969) Zavisimost parametrov asfaltobetona ot temperatury [Dependence of asphalt-concrete displacement parameters on temperature]. Sanitarnaia tekhnika. Dorohi. Hidrotekhnicheskoe stroitelstvo. Inzhenernaia heodeziia. Osnovaniia i fundamenti. Materialy Respublikanskoi XIX nauchno-tekhnicheskoi konferentsii. – Kaunas – [Sanitary engineering. Roads. Hydrotechnical construction. The engineering geodesy. Bases and foundations. Materials of the Republican XIX scientific and technical conference. Kaunas], 51-54 [in Russian].

7. Feodosiev V.I. (1999) Soprotivlenie materialov: Ucheb. dlia vuzov [Strength of materials]. – Moskva: Izd-vo MHTU im. N.Ye. Baumana [in Russian].

8. Litton R.L., Tsai F.L., Lee S.I., Luo R., Hu S., Zhou F. «Models for Predicting Reflection Cracking of Hot-Mix Asphalt Overlays» Research Report 669, Texas Transportation Institute, Texas A&M University, College Station, Texas, 2010. – P.61.

9. Radovsky B. Ways to reduce low-temperature cracking of asphalt pavements / B. Radovsky, V. Mozgovoj // 4-th Eurobitum Symposium. Summaries and papers. Madrid, 4-9 Oct. 1989. – Vol. 1. – P. 571-575.

#### РЕФЕРАТ

Гуляев В. І. Сезонний перерозподіл полів напружень в конструкціях шаруватих покриттів доріг під дією транспортних навантажень / В.І. Гуляев, Л.В. Шевчук, О.М. Куцман // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2018. – Вип. 1 (40).

Досліджено ефект сезонного перерозподілу полів напружень в конструкції шаруватого дорожнього покриття під дією транспортних навантажень. На основі аналогії про локальне збільшення згинальних напружень в балці на пружній основі при збільшенні модуля пружності її матеріалу сформульовано припущення про можливе зростання в зимовий час згинальних напружень в верхніх асфальтобетонних шарах дорожнього покриття під дією транспортних навантажень в результаті реологічного збільшення їх модулів пружності. Методами скінченно-елементного моделювання сформульованого ефекту підтверджена його достовірність. Показано, що рівень цих напружень може бути знижений за рахунок збільшення жорсткості щелевеного і піщаного шарів, що підстиляють нижче, які відіграють роль пружної основи.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АВТОМОБІЛЬНА ДОРОГА, АСФАЛЬТОБЕТОННЕ ПОКРИТТЯ, ТРАНСПОРТНІ НАВАНТАЖЕННЯ, СЕЗОННИЙ ПЕРЕРОЗПОДІЛ НАПРУЖЕНЬ, НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН.

#### ABSTRACT

Gulyayev V.I., Shevchuk L. V., Kutsman O. M. Seasonal redistribution of stress fields in layered road structures under transport load action. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2018. – Issue 1 (40).

The effect of seasonal redistribution of the stress fields in layered road structures under action of transport loads is considered. On the basis of analogy on local enlargement of bending stresses in a beam on an elastic foundation with enlargement of its elasticity module, an assumption is made about possible increase of bending stresses in the upper asphalt concrete layers of a road structure under action of transport loads in winter season, as a result of rheological accretion of their elasticity modules. Through the use of finite elements simulation of the stated effects, their validity is verified. It is shown that these stresses level can be lowered by the thickness growth of the underlying breakstone and sand layers, playing the role of elastic foundation.

KEYWORDS: AUTOMOBILE ROAD, ASPHALT-CONCRETE COATING, TRANSPORT LOADS, SEASON STRESS REDISTRIBUTION, STRESS-STRAIN STATE.

## РЕФЕРАТ

Гуляев В. И. Сезонное перераспределение полей напряжений в конструкциях слоистых покрытий дорог под действием транспортных нагрузок / В.И. Гуляев, Л.В. Шевчук, А.М. Куцман // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2018. – Вып. 1 (40).

Исследован эффект сезонного перераспределения полей напряжений в конструкции слоистого дорожного покрытия под действием транспортных нагрузок. На основе аналогии о локальном увеличении изгибных напряжений в балке на упругом основании при увеличении модуля упругости её материала сформулировано предположение о возможном возрастании в зимнее время изгибных напряжений в верхних асфальтобетонных слоях дорожного покрытия под действием транспортных нагрузок в результате реологического увеличения их модулей упругости. Методами конечно-элементного моделирования сформулированного эффекта подтверждена его достоверность. Показано, что уровень этих напряжений может быть снижен за счет увеличения жесткости подстилающих щебеночного и песчаного слоев, играющих роль упругого основания.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** АВТОМОБИЛЬНАЯ ДОРОГА, АСФАЛЬТОБЕТОННОЕ ПОКРЫТИЕ, ТРАНСПОРТНЫЕ НАГРУЗКИ, СЕЗОННОЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ, НАПРЯЖЕНО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ.

### АВТОРИ:

Гуляев Валерій Іванович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри вищої математики, e-mail: valery@gulyayev.com.ua, тел. +380965974556, Україна, 01010, м. Київ, вул. Бойчука 42, к. 511, orcid.org/0000-0002-5388-006X.

Шевчук Людмила Володимирівна, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, асистент 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.

Куцман Олександр Михайлович, Національний транспортний університет, старший викладач кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, kutsmans@ukr.net, тел. +380442859528, Україна, 01010, м. Київ, вул. вул. Бойчука 42, к. 326, orcid.org/0000-0002-4510-4570

### AUTHOR:

Gulyayev Valery I., Dr. Sci., National Transport University, professor department of mathematics, e-mail: valery@gulyayev.com.ua, tel. +380965974556, Ukraine, 01010, Kyiv, Boychuka str.42, of.511, orcid.org/0000-0002-5388-006X

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

Kutsman Oleksandr M., National Transport University, senior lecturer of road building materials and chemistry department, kutsmans@ukr.net, tel. +380442859528, Ukraine, 01010, Kyiv, Boychuka str.42, of.317, orcid.org/0000-0002-4510-4570

### АВТОРЫ:

Гуляев Валерий Иванович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор кафедры высшей математики, e-mail: valery@gulyayev.com.ua, тел. +380965974556, Украина, 01010, г. Киев, ул. Бойчука 42, к. 511, orcid.org/0000-0002-5388-006X.

Шевчук Людмила Владимировна, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, ассистент кафедры высшей математики, e-mail: ludmilashevchuk25@gmail.com, тел. +380667153633, Украина, 01010, г. Киев, ул. Бойчука 42, к. 511, orcid.org/0000-0002-5748-9527.

Куцман Александр Михайлович, Национальный транспортный университет, старший преподаватель кафедры дорожно-строительных материалов и химии, kutsmans@ukr.net, тел. +380442859528, Украина, 01010, г. Киев, ул. Бойчука 42, к. 326, orcid.org/0000-0002-4510-4570

### 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.

### REVIEWERS:

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.