

## АНАЛІЗ МЕХАНІЗМА ПІДКРІПЛЕННЯ ПЛИТОЮ КОНСТРУКЦІЇ ДОРОГИ З РОЗВАНТАЖУЮЧИМ РОЗРІЗОМ

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

## ANALYSIS OF THE MECHANISM OF REINFORCEMENT OF THE ROAD STRUCTURE WITH A UNLOADING SECTION

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

## АНАЛИЗ МЕХАНИЗМА ПОДКРЕПЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ ДОРОГИ С РАЗГРУЖАЮЩИМ РАЗРЕЗОМ

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

### **Постановка проблеми.**

В загальному масиві багатошарової дорожньої конструкції матеріал кожного шару характеризується своїми термомеханічними властивостями. Тому в загальному масиві навіть в спрощеній моделі функції модуля пружності, коефіцієнта Пуассона, коефіцієнта теплопровідності і коефіцієнта теплового лінійного розширення виявляються розривними, викликаючи тим самим розривність функції деформацій і напружень, які є суттєво неоднорідними з концентраціями напружень в най неочікуваних місцях [3,8-11]. Такі функції важко моделювати та прогнозувати простими аналітичними та числовими методами. Дана обставина ускладнює задачу раціонального проектування таких конструкцій.

Додаткову складність в розрахункову модель конструкції можуть вносити приховані (а іноді й явні) вертикальні тріщини та горизонтальні розшарування конструкції, іноді допустимі за умовами експлуатації. Такі порушення суцільності приводять також і до розривності переміщень, ще більше погіршуючи працездатність системи й ускладнюючи задачу її моделювання.

### **Виклад основного матеріалу.**

Однією із основних причин появи поперечних тріщин у верхньому шарі дорожнього покриття в зимовий час являються температурні розтягуючі напруження в поздовжньому напрямі дороги [1-3]. Вони викликані тим, що при низьких температурах верхні шари дороги намагаються зменшити свою довжину, проте через практично нескінченну довжину не можуть це здійснити і в верхньому шарі виникають поперечні неупорядковані тріщини, які внаслідок дії транспортних навантажень і сил від води, що замерзла, призводять до подальшого розшарування і руйнування [1-3, 8-11] дорожньої конструкції (рис. 1).

Для виключення цього ефекту в верхній шар покриття з визначеним кроком вводяться поперечні штучні розрізи (рис. 1), які дозволяють вільно укорочуватися і подовжуватися верхньому шару і знімати виникаючі в ньому поздовжні термонапруження. Вони заповнюються спеціальною мастикою, яка перешкоджає проникненню вологи. В той же час такі розрізи знижують загальну згинальну жорсткість конструкції, сприяючи концентрації нормальних і дотичних напружень в розглянутій зоні під дією транспортних навантажень. Для зняття цих додаткових напружень, також сприяючих подальшому руйнуванню конструкції, запропоновано безпосередньо під розрізом вводити в другий шар підкріплюючу плиту, виконану із більш жорсткого і міцного матеріалу, який здатний сприймати підвищені напруження (рис. 1). В зв'язку з тим, що ця плита розміщена в зоні концентрації напружень, ці напруження стають менше небезпечними.

Виконано скінченно-елементне дослідження перебудови напружень для випадку, коли транспортне навантаження інтенсивністю  $p$  розташоване асиметрично з однієї сторони розрізу (рис. 1). Вибрані плити різної геометрії і ширини. Розглядалися принципові сторони питання про підкріплення конструкції, тому задача розв'язувалася в постановці плоского напруженого стану. Для розрахунку виділена трьохшарова конструкція (рис. 2 а) довжиною 5 м і з товщинами верхніх шарів

$h_1 = 0,23$  м,  $h_2 = 0,22$  м,  $h_3 = 1$  м. Ширина зазору складає 0,03 м. Властивості матеріалів шарів наведені у таблиці 1.



Рисунок 1 – Поперечні і поздовжні тріщини дорожнього покриття  
Figure 1 – Transverse and longitudinal cracks of the road surface

Таблиця 1 – Властивості матеріалів шарів  
Table 1 – Properties of layer material

Номер шару	Матеріал	Товщина, (м)	$E$ , (Па)	$\nu$
1	Асфальтобетон дрібнозернистий	0,23	$3 \cdot 10^{10}$	0,25
2	Асфальтобетон крупнозернистий	0,22	$2,4 \cdot 10^9$	0,3
3	Грунт	1,0	$10^8$	0,35

Транспортне навантаження інтенсивністю  $P = 8 \cdot 10^5$  Па розподілене на ділянці шириною 0,6 м.

Для розв'язання цієї задачі в межах кожного шару використовувалися рівняння теорії пружності [1, 4, 5]

$$\begin{aligned}
 \mu \left( \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_3^2} \right) u_1 + (\lambda + \mu) \frac{\partial}{\partial x_1} \left( \frac{\partial u_1}{\partial x_1} + \frac{\partial u_2}{\partial x_2} + \frac{\partial u_3}{\partial x_3} \right) + F_1 &= 0, \\
 \mu \left( \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_3^2} \right) u_2 + (\lambda + \mu) \frac{\partial}{\partial x_2} \left( \frac{\partial u_1}{\partial x_1} + \frac{\partial u_2}{\partial x_2} + \frac{\partial u_3}{\partial x_3} \right) + F_2 &= 0, \\
 \mu \left( \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_3^2} \right) u_3 + (\lambda + \mu) \frac{\partial}{\partial x_3} \left( \frac{\partial u_1}{\partial x_1} + \frac{\partial u_2}{\partial x_2} + \frac{\partial u_3}{\partial x_3} \right) + F_3 &= 0.
 \end{aligned} \tag{1}$$

при значеннях  $F_1 = F_2 = F_3 = 0$  з величинами  $\lambda$  і  $\mu$ , перерахованими через  $E$  і  $\nu$  із табл. 1. При цьому на верхній площині першого шару використовувалися умови вільного краю (крім ділянки прикладання нормального розподіленого навантаження  $P$ ).

$$\sigma_{22} = \sigma_{yy} = 0, \quad \tau_{21} = \tau_{yx} = 0, \quad \tau_{23} = \tau_{yz} = 0. \tag{2}$$

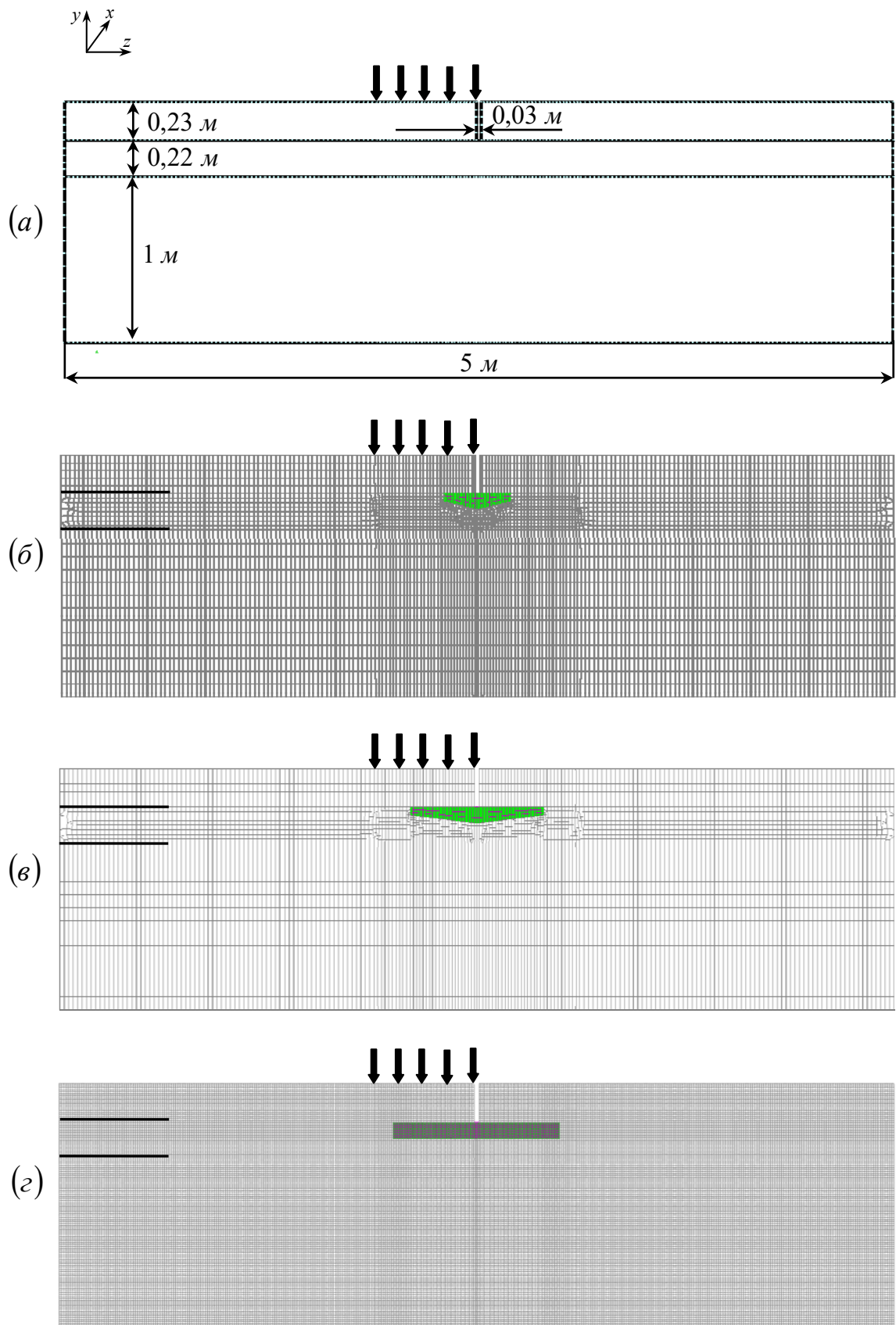


Рисунок 2 – Геометричні схеми дорожнього покриття з тріщиною, яка підкріплена плитою: а – вихідна геометрія; б – випадок 1; в– випадок 2; г– випадок 3  
 Figure 2 – Geometric schemes of road surface with a crack supported by a slab: а – source geometry; б – case 1; в– case 2; г– case 3

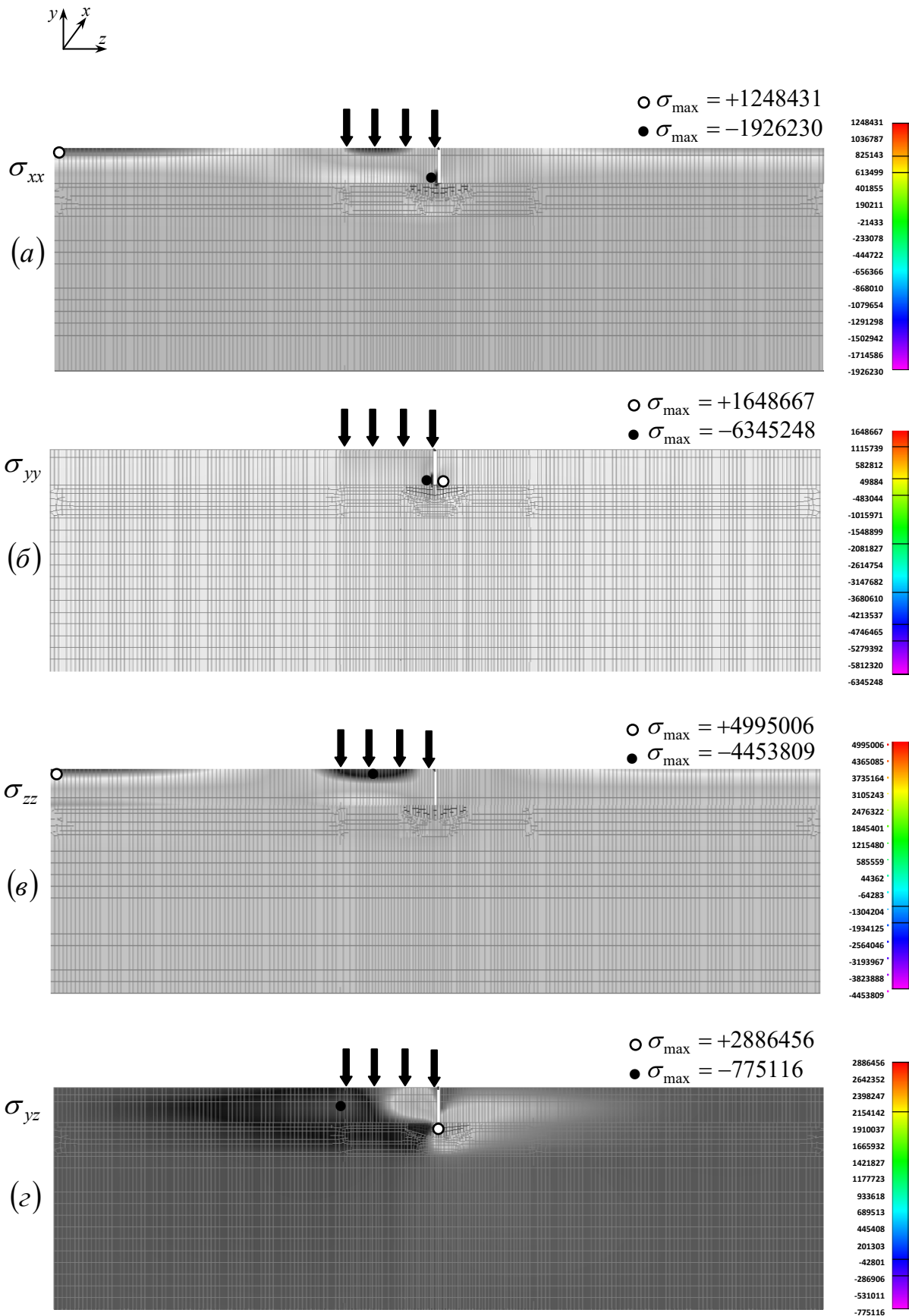


Рисунок 3 – Поля напружень  $\sigma_{xx}$  (а),  $\sigma_{yy}$  (б),  $\sigma_{zz}$  (в),  $\sigma_{yz}$  (г) в перерізі невідкріпленої дороги (випадок 1)

Figure 3 – Stress field  $\sigma_{xx}$  (a),  $\sigma_{yy}$  (б),  $\sigma_{zz}$  (в),  $\sigma_{yz}$  (г) in the section of an unsecured road (case 1)

На площині контакту першого і другого, а також другого і третього шарів були прийняті умови нерозривності переміщень

$$\begin{aligned} u_1(1) &= u_1(2), & u_2(1) &= u_2(2), & u_3(1) &= u_3(2), \\ u_1(2) &= u_1(3), & u_2(2) &= u_2(3), & u_3(2) &= u_3(3). \end{aligned} \quad (3)$$

Тут індекси в дужках (1), (2) і (3) позначають номер шару.

Крайові умови на вертикальних краях виділеного масиву задавалися із умови симетрії

$$\begin{aligned} u_3(1) &= 0, & \tau_{31}(1) &= 0, & \tau_{32}(1) &= 0, \\ u_3(2) &= 0, & \tau_{31}(2) &= 0, & \tau_{32}(2) &= 0, \\ u_3(3) &= 0, & \tau_{31}(3) &= 0, & \tau_{32}(3) &= 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Моделювання виділеного зазору здійснювалося шляхом прикладання умов вільного краю на його берегах. На площинах контакту шарів покриття і підкріплюючих плит записувалися умови неперервності переміщень.

Спочатку було виконано розрахунок конструкції без розрізу. Він показав, що під вибраним навантаженням найбільші розтягуючі напруження реалізуються на вільній поверхні покриття і складають  $\sigma_{zz} = 1372618$  Па, найбільші за модулем стискаючі напруження  $\sigma_{yy}$  мають місце в нижній точці розриву й дорівнюють  $\sigma_{yy} = -804151$  Па.

Дослідження проведене методом скінченних прямокутних елементів. В поздовжньому напрямі (вздовж координати  $z$ ) конструкція розбилась на 186 скінченних елементів, при цьому перший шар за товщиною розбивався на 5 скінченних елементів, другий – на 8 скінченних елементів і третій – на 13 скінченних елементів. Для такої дискретизації загальне число скінченних елементів склало 10940, вузлів – 17091, шуканих змінних – 924.

Потім на тій же скінченно-елементній сітці проаналізовано напружено-деформований стан конструкції з зазором (рис. 2 а). На рис. 3, а-г в кольоровому зображенні показані, відповідно, поля напружень  $\sigma_{xx}$  (а),  $\sigma_{yy}$  (б),  $\sigma_{zz}$  (в) і  $\sigma_{yz}$  (г). В табл. 2 подані максимальні (за модулем) значення напружень для випадку 1. Можна помітити, що тут напруження суттєво збільшилися.

Таблиця 2 – Екстремальні значення розрахункових напружень ( $E = 2,4 \cdot 10^9$  Па).

Table 2 – Extreme values of the calculated stresses ( $E = 2,4 \cdot 10^9$  Па).

П/п	Розрахункова величина	$\sigma_{екстр}$ (розт.) Па	$\sigma_{екстр}$ (стис.) Па
1	$\sigma_{xx}$	1248431	1926230
2	$\sigma_{yy}$	1648667	6345248
3	$\sigma_{zz}$	4995006	4453809
4	$\sigma_{yz}$	2886456	75116

Місця локалізації цих напружень позначені на рис. 3 кружечками. Незалиті кружечки відносяться до напружень розтягу, залиті – до напружень стиску.

Представляє інтерес прослідкувати за характером цих функцій в найбільш характерних перерізах. На рис. 4 показані графіки зміни функцій  $\sigma_{zz}(z)$  і  $\sigma_{yz}(z)$  в верхньому скінченно-елементному ряду другого шару непідкріпленої конструкції з розрізом. Їх аналіз підтверджує, що введення розрізу приводить до суттєвої концентрації напружень у його околі і доцільності введення підкріплення в цій зоні.

На рис. 5 показані графіки функцій  $\sigma_{xx}(z)$  (а),  $\sigma_{yy}(z)$  (б),  $\sigma_{zz}(z)$  (в) і  $\sigma_{yz}(z)$  (г) в скінченно-елементному ряду, що віддалений своєю нижньою стороною на 0,1 м від границі між першим і другим рядом. Відзначимо, що цей переріз проходить через нижню площину підкріплюючої плити, яка представлена на рис. 2 (г). На рис. 6 а-г представлені графіки цих же функцій в скінченно-

елементному ряду, прилягаючий до ряду, який описаний на рис. 5. Як видно, функції напружень тут мають пікові значення.

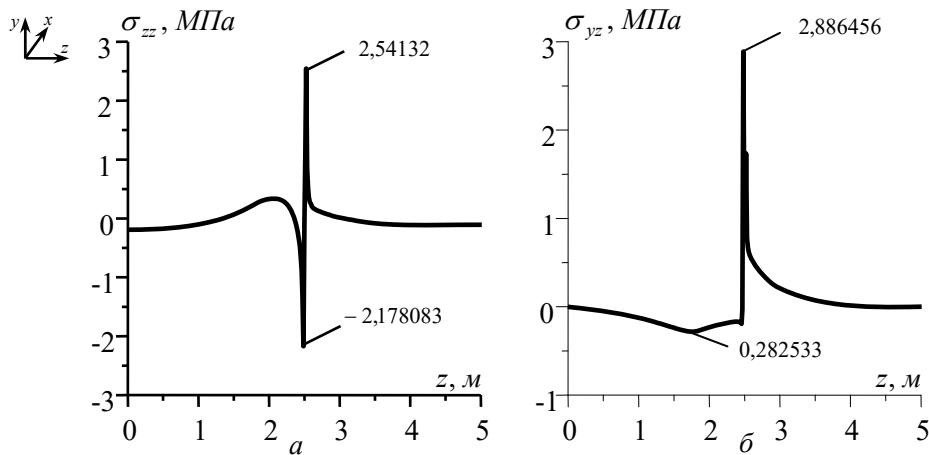


Рисунок 4 – Графіки розподілу функцій  $\sigma_{zz}(z)$  (а) і  $\sigma_{yz}(z)$  (б) в верхньому скінченно-елементному ряду другого шару непідкріпленої конструкції з розрізом  
 Figure 4 – Charts of distribution of functions  $\sigma_{zz}(z)$  (a) і  $\sigma_{yz}(z)$  (б) in the upper finite-element series of the second layer of an unsecured construction with a cut

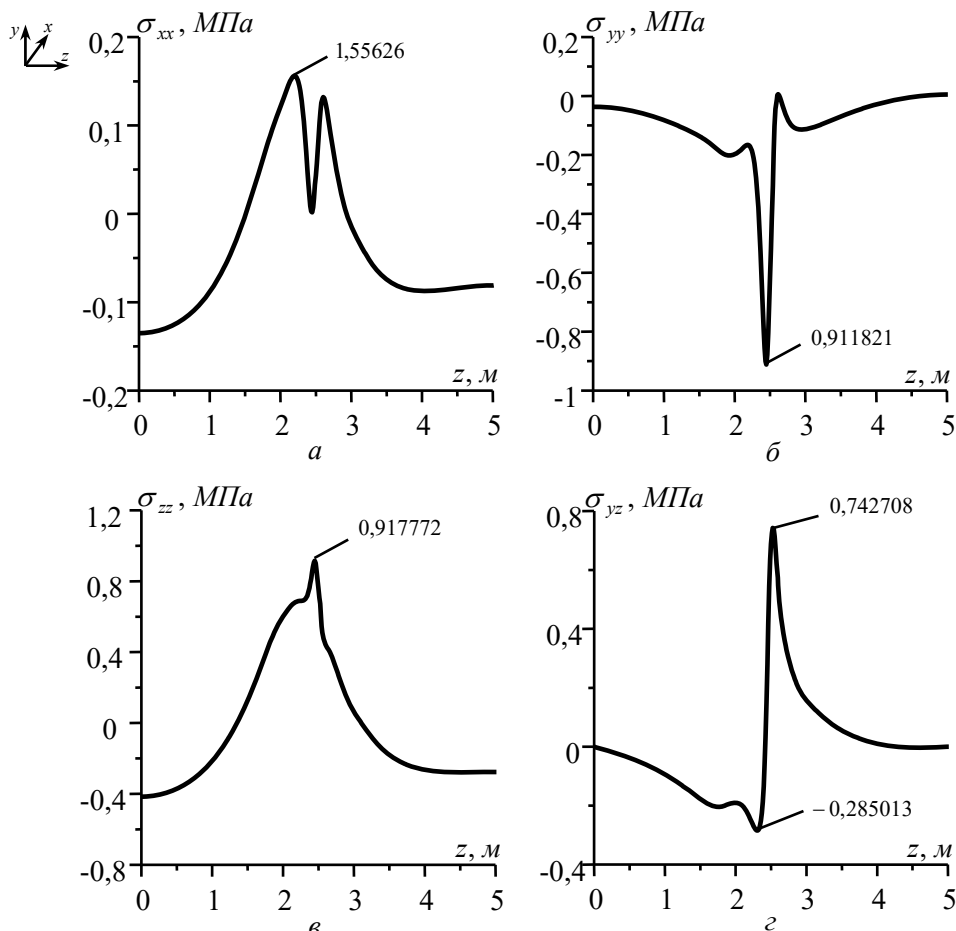


Рисунок 5 – Графіки функцій  $\sigma_{xx}(z)$  (а),  $\sigma_{yy}(z)$  (б),  $\sigma_{zz}(z)$  (в) і  $\sigma_{yz}(z)$  (г) в скінченно-елементному ряду другого шару, що віддалений своєю нижньою стороною на 0,1 м від границі розділу між першим і другим шарами непідкріпленої конструкції з розрізом  
 Figure 5 – Charts of functions  $\sigma_{xx}(z)$  (a),  $\sigma_{yy}(z)$  (б),  $\sigma_{zz}(z)$  (в) і  $\sigma_{yz}(z)$  (г) in the finite-element series of the second layer, which is distanced by its lower side by 0.1 m from the boundary between the first and second layers of an unsecured construction with a cut

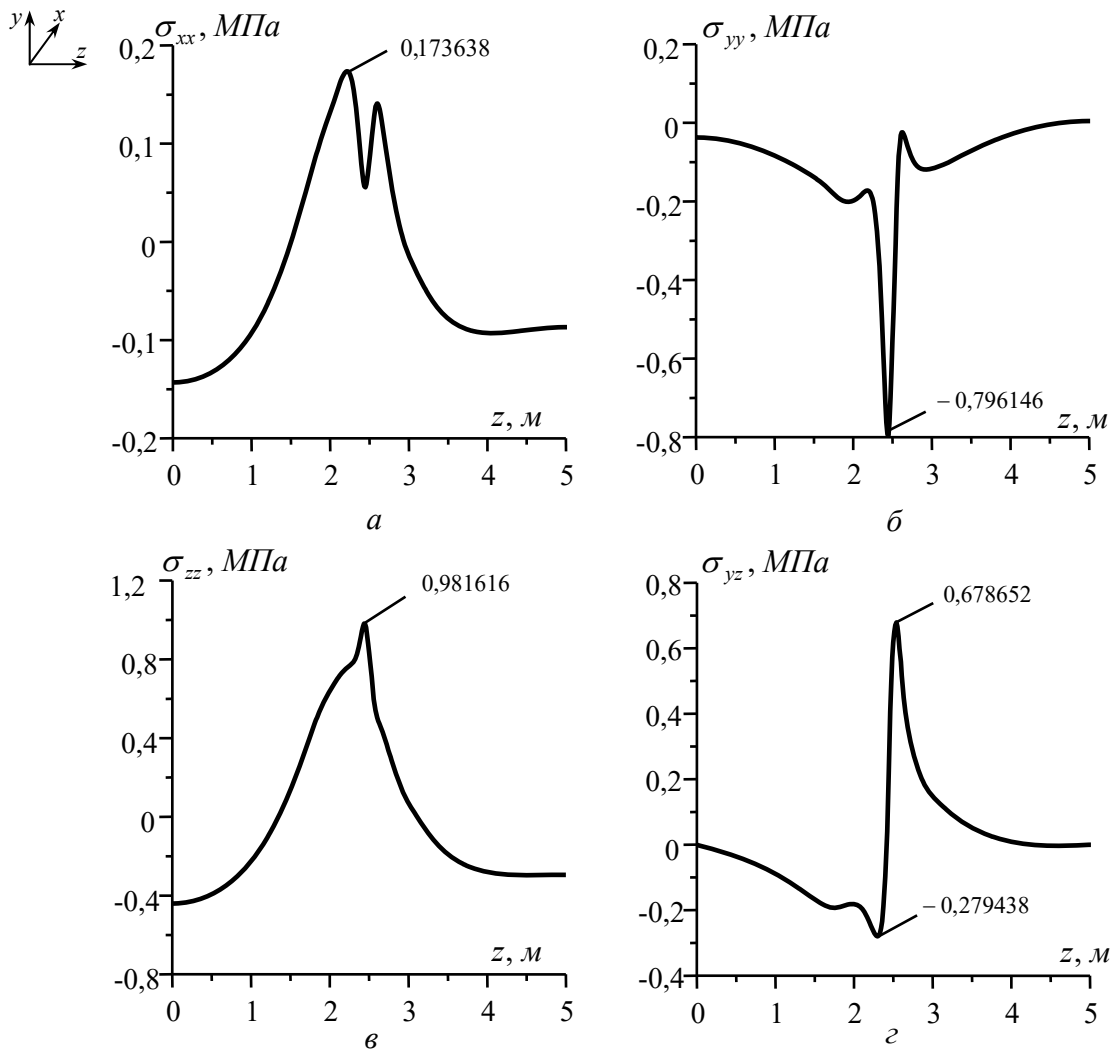


Рисунок 6 – Графіки функцій  $\sigma_{xx}(z)$  (а),  $\sigma_{yy}(z)$  (б),  $\sigma_{zz}(z)$  (в) і  $\sigma_{yz}(z)$  (г) в скінченно-елементному ряду другого шару, що віддалений своєю верхньою стороною на 0,1 м від границі розділу між першим і другим шарами непідкріпленої конструкції з розрізом

Figure 6 – Charts of functions  $\sigma_{xx}(z)$  (а),  $\sigma_{yy}(z)$  (б),  $\sigma_{zz}(z)$  (в) і  $\sigma_{yz}(z)$  (г) in the finite-element series of the second layer, which is distanced by its lower side by 0.1 m from the boundary between the first and second layers of an unsecured construction with a cut

Таблиця 3 – Екстремальні значення розрахункових напружень ( $E = 10^{10}$  Па).

Table 3 – Extreme values of the calculated stresses ( $E = 10^{10}$  Pa).

П/п	Розрахункова величина	$\sigma_{екстр}$ (розт.), Па	$\sigma_{екстр}$ (стис.), Па
1	$\sigma_{xx}$	1468380	2935145
2	$\sigma_{yy}$	1417332	8668858
3	$\sigma_{zz}$	6446429	6361808
4	$\sigma_{yz}$	3432234	2098660

Для зменшення рівня напружень в зоні найбільших напружень (безпосередньо під розрізом) вводяться підкріплюючі плити шириною 0,4 м, 0,8 м і 1 м (рис. 2 б, в, г) з підвищеними значеннями модуля пружності  $E = 10^{10}$  Па і  $3 \cdot 10^{10}$  Па.

В табл. 3 і 4 подані максимальні (за модулем) значення напружень для випадків 1 і 2, відповідно, представлених табл. 2, при  $E = 10^{10}$  Па. Із них випливає, що максимальні значення напружень збільшилися, проте вони сформулювалися в тілі підкріплюючої плити. В масиві шаруватого асфальтобетонного покриття вони зменшилися.

Таблиця 4 – Екстремальні значення розрахункових напружень ( $E = 3 \cdot 10^{10}$  Па).

Table 4 – Extreme values of the calculated stresses ( $E = 3 \cdot 10^{10}$  Па).

П/п	Розрахункова величина	$\sigma_{екстр}$ (розт.), Па	$\sigma_{екстр}$ (стис.), Па
1	$\sigma_{xx}$	2461164	5635113
2	$\sigma_{yy}$	1884344	12135260
3	$\sigma_{zz}$	10130830	14521351
4	$\sigma_{yz}$	5985094	2665839

Максимальні напруження, які перемістилися у внутрішню зону тіла плити, є небезпечними, так як матеріал плити є більш міцним порівняно з матеріалами шарів. Тут також підтверджується встановлена М.А. Рабіновичем [7] і А.В. Перельмутером [6] властивість статично невизначених систем збільшення рівня напружень в зонах конструкції, в яких матеріал замінений на більш жорсткий (з збільшенням модулем пружності  $E$ ).

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гайдайчук В.В. Термопружне деформування шаруватого покриття на вгнутій ділянці дороги / В.В. Гайдайчук, А.В. Радкевич, О.О. Густелєв, Л.В. Шевчук. // Опір матеріалів і теорія споруд, 2019. – Вип. 102. – С. 180-190.
2. Гуляєв В.І. Сезонний перерозподіл полів напружень в конструкціях шаруватих покриттів доріг під дією транспортних навантажень / В.І. Гуляєв, Л.В. Шевчук, О.М. Куцман // Вісник Національного транспортного університету. — 2018. — Вип. 40. — С. 98 – 105.
3. Гуляєв В.І. Термопружний стан багатошарових дорожніх покриттів / Гуляєв В.І., В.В. Гайдайчук, В.В. Мозговий, О.О. Густелєв, Л.В. Шевчук. – К. : НТУ, 2018. – 272 с.
4. Коваленко А.Д. Основы термоупругости. / А.Д. Коваленко – Киев: Наукова Думка, 1970. – 239 с.
5. Новацкий В. Динамические задачи термоупругости. / В. Новацкий. – М.: Мир, 1970. – 256 с.
6. 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.
7. Рабинович И.М. К теории статически неопределимых ферм. / И.М. Рабинович. – М.: Трансжелдориздат, 1933 – 120 с.
8. Шевчук Л.В. Скінченно-елементний моніторинг напружено-деформованого стану дорожнього покриття з розшаруванням / Л.В. Шевчук, О.В. Ващільна, І.В. Лебедева, С.А. Баран // Вісник КНУ ім. Т.Г. Шевченка. – 2018. – Вип. 2. – С. 57 – 63.
9. 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.
10. Radovskiy B., Teltayev B. Viscoelastic Properties of Asphalts Based on Penetration and Softening Point. Monograph. - Springer Nature, Switzerland, 2017. – 107 p.
11. Yoder E.J. Principles of pavement design. – New York. John Wiley & sons, INC. London. Chapman & Hall, Ltd.

#### REFERENCES

1. Gaydaychuk, V.V., Radkevych, A.V., Hustieliev, O. O., Shevchuk, L.V. (2019) Termopruzne deformuvannia sharovatoho pokryttia na vhnutii diliantsi dorohy [Thermoelastic deformation of the layered coating on the concave section of the road]. Opir materialiv i teoriia sporud – [Strength of Materials and Theory of structures], 102, 180-190 [in Ukrainian].



2. Gulyayev, V. I., Shevchuk, L.V., Kutsman O. M. (2018) Sezonnii pererozpodil poliv napruzhen v konstruktsiakh sharuvatykh pokryttiv dorih pid diieiu transportnykh navantazhen [Seasonal redistribution of stress fields in layered road structures under transport load action]. *Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu* – [Herald of National Transport University], 40, 98-105.
3. Gulyayev, V. I., Gaydaychuk, V.V., Mozgoviy, V.V., Hustieliev, O. O., Shevchuk, L.V. (2018) Termoprzhnyi stan bahatosharovykh dorozhnykh pokryttiv [Thermoelastic state of multilayer pavements] Kyiv: NTU [in Ukrainian].
4. Kovalenko, A.D. (1970). *Osnovy termoprzhnosti* [Thermoelasticity fundamentals]. Kyiv: Naukova Dumka [in Russian].
5. Novatskiy, V. (1970) *Dinamicheskie zadachi termouprugosti* [Dinamicheskie zadachi termouprugosti]. Moskva: Mir [in Russian].
6. Perelmuter, A.V. (1974) O vliianii izmeneniia zhestokosti 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].
7. Rabinovich, I.M. (1933) *K teorii staticheski neopredelimykh ferm* [On the theory of statically indeterminate trusses]. – Moskva: Transzheldorizdat [in Russian].
8. Shevchuk, L.V., Vashchilina, O.V., Lebedieva, I.V, Baran S.A. (2018) *Skinchenno-elementnyi monitoryng napruzhenno-deformovanoho stanu dorozhnoho pokryttia z rozsharuvanniam* [Finite-element monitoring of the stress-strain state of the road surface with stratification]. *Visnyk KNU im. T.H. Shevchenka* – [Visnyk KNU im. T.H. Shevchenka], 2, 57-63 [in Ukrainian].
9. Krishnan J.M., Rajagopal K.R. Review of the uses and modeling of bitumen from ancient to modern times. *American society of mechanical engineers. // Appl Mech Rev.* – 2003. - 56(2). – P. 149–214.
10. 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.
11. Radovskiy B., Teltayev B. *Viscoelastic Properties of Asphalts Based on Penetration and Softening Point*. Monograph. - Springer Nature, Switzerland, 2017. – 107 p.
12. Yoder E.J. *Principles of pavement design*. – New York. John Wiley & sons, INC. London. Chapman & Hall, Ltd.

#### **РЕФЕРАТ**

Шевчук Л.В. Аналіз механізму підкріплення плитою конструкції дороги з розвантажуючим розрізом / Л.В. Шевчук // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2021. – Вип. 1 (48).

Поставлена задача про механізм підкріплення конструкції дороги плитою з розвантажуючим розрізом. Досліджено причин появи поперечних тріщин у верхньому шарі дорожнього покриття в зимовий час. Сформульовані розв'язні рівняння, побудовані їх скінченно-елементні аналоги. Розглянуто випадки навантажень при різних значеннях модулів пружності та розмірів плити.

При низьких температурах верхні шари дороги намагаються зменшити свою довжину, проте через практично нескінченну довжину не можуть це здійснити і в верхньому шарі виникають поперечні неупорядковані тріщини, які внаслідок дії транспортних навантажень і сил від води, що замерзла, призводять до подальшого розшарування і руйнування дорожньої конструкції. Тому введення у другий шар підкріплюючої плити з більш жорсткого і міцного матеріалу, який здатний сприймати підвищені напруження дозволяє вільно укорочуватися і подовжуватися верхньому шару і знімає виникаючі поздовжні термонапруження. В зв'язку з тим, що ця плита розміщена в зоні концентрації напружень, ці напруження стають менше небезпечними.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** АВТОМОБІЛЬНА ДОРОГА, АСФАЛЬТОБЕТОННЕ ПОКРИТТЯ, РОЗВАНТАЖУЮЧИЙ РОЗРІЗ, ПОПЕРЕЧНІ ТРІЩИНИ, ТРАНСПОРТНІ НАВАНТАЖЕННЯ, ПОЛЕ НАПРУЖЕНЬ, ТЕРМОНАПРУЖЕНИЙ СТАН.

#### **ABSTRACT**

Shevchuk L.V. Analysis of the mechanism of reinforcement of the road structure with a unloading section. *Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences».* Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2021. – Issue 1 (48).

The problem posed is about the mechanism for reinforcing the road structure with a slab with an unloading cut. The reasons for the appearance of transverse cracks in the upper layer of the road surface in

winter have been investigated. Solvable equations are formulated, their finite element analogs are constructed. Cases of loads at different values of elastic module and plate sizes are considered.

At low temperatures, the upper layers of the road try to reduce their length, however, due to their almost infinite length, they cannot do this and transverse disordered cracks appear in the upper layer, which, due to the action of transport loads and the forces of frozen water, lead to further delamination and destruction of the road structure. Therefore, the introduction into another layer of a reinforced slab made of a stiffer and more durable material that is capable of absorbing increased stresses allows the upper layer to shorten and lengthen freely and removes the arising longitudinal thermal stress. Due to the fact that this plate is located in the zone of stress concentration, these stresses become less dangerous.

**KEYWORDS:** AUTOMOBILE ROAD, ASPHALT-CONCRETE COATING, LOADING RISK, TRACKED TRACKS, TRANSPORT LOADS, STRESS FIELD, THERMO ELASTIC STATE.

#### **РЕФЕРАТ**

Шевчук Л.В. Анализ механизма подкрепления конструкции дороги с разгружающим разрезом / Л.В. Шевчук // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2021. – Вып. 1 (48).

Поставленная задача о механизме подкрепления конструкции дороги плитой с разгружающим разрезом. Исследовано причины появления поперечных трещин в верхнем слое дорожного покрытия в зимнее время. Сформулированы разрешающиеся уравнения, построенные их конечно-элементные аналоги. Рассмотрены случаи нагрузок при различных значениях модулей упругости и размеров плиты.

При низких температурах верхние слои дороги пытаются уменьшить свою длину, однако из-за практически бесконечной длины не могут это осуществить и в верхнем слое возникают поперечные неупорядоченные трещины, вследствие действия транспортных нагрузок и сил замерзлой воды приводят к дальнейшему расслоению и разрушению дорожной конструкции. Поэтому введение в другой слой подкрепленной плиты из более жесткого и прочного материала, который способен воспринимать повышенные напряжения позволяет свободно укорачиваться и удлиняться верхнему слою и снимает возникающие продольные термонапряжения. В связи с тем, что эта плита размещена в зоне концентрации напряжений, эти напряжения становятся меньше опасными.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** АВТОМОБИЛЬНАЯ ДОРОГА, АСФАЛЬТОБЕТОННОЕ ПОКРЫТИЕ, РАЗГРУЖАЮЩИЙ РАЗРЕЗ, ПОПЕРЕЧНЫЕ ТРЕЩИНЫ, ТРАНСПОРТНЫЕ НАГРУЗКИ, ПОЛЕ НАПРЯЖЕНИЙ, ТЕРМОНАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ.

#### **АВТОР:**

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.

#### **AUTHOR:**

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

#### **АВТОР:**

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.

#### **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.