

## РОЗРАХУНОК ПЛИТИ ПРОЇЗНОЇ ЧАСТИНИ АВТОДОРОЖНЬОГО МОСТА ЗА НЕ-КЛАСИЧНОЮ МОДЕЛЛЮ

### CALCULATION OF THE PLATE OF ROAD BRIDGE CROSS SECTION ACCORDING TO THE NON-CLASSICAL MODEL



**Канін Олександр Петрович**, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри транспортного будівництва та управління майном, e-mail: kaninap@ukr.net, +380442807909, <http://orcid.org/0000-0001-6849-2505>



**Гриневицький Борис Володимирович**, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри опору матеріалів та машинознавства, e-mail: bvgryn@ukr.net, +380676415260, <http://orcid.org/0000-0002-2220-6654>



**Цибульський Віталій Миколайович**, Національний транспортний університет, кафедра опору матеріалів та машинознавства, старший викладач, e-mail: mega.sopromat@ukr.net, +380977058876, <http://orcid.org/0000-0003-3150-3965>

**Анотація.** Виконана оцінка напружено-деформованого стану та міцності плити проїзної частини автодорожнього моста за неklasичною (уточненою) моделлю розрахунку. В основі моделі знаходяться розрахункові залежності теорії згину шаруватих конструкцій (балок, плит), уточнені врахуванням поперечних нормальних напружень від обтиснення шарів; методи визначення зусиль (згинаючих моментів), що застосовуються при розрахунках конструкцій прогонових будов залізобетонних мостів; залежності теорії пружності для оцінки міцності матеріалів конструкцій та характеристики матеріалів, що входять до шаруватих конструкцій прогонових будов і дорожніх одягів.

За допомогою розрахунку доведено необхідність застосування уточнених моделей для оцінки компонентів напружено-деформованого стану шаруватих конструкцій, які враховують вплив деформацій поперечного зсуву та обтиснення.

Отримані розрахунки в дослідженні показали, що умови міцності в деяких зонах конструкції перерізу прогонової будови моста при використанні уточненої моделі не виконуються, що дозволяє прийняти рішення щодо підсилення згаданих зон додатковим армуванням. В той же час застосування класичної моделі до розрахунків не виявило подібних недоліків. Проведений порівняльний аналіз розрахунків компонентів напружено-деформованого стану показав перевищення допустимих напружень в зонах, що виражаються в нехтуванні деформацій поперечного зсуву та обтиснення за класичною моделлю.

**Ключові слова:** неklasична модель, плита, прогин, напруження, автодорожні мости.

**Вступ.** В композитних конструкціях, плитах та балках, здебільшого переважають шаруваті структури, тому реалізації їх моделей деформування дає змогу отримувати розв'язки актуальних прикладних задач у транспортному будівництві, приймати більш економічні та надійні проектні рішення.

Поряд зі створенням нових типів ефективних шаруватих конструкцій виникає необхідність раціонального використання традиційних шаруватих систем. При оцінці міцності цих систем приймають до уваги тільки основні несучі шари, а технологічні шари розглядають як конструктивні. Врахування їх сумісної роботи з несучими шарами дозволяє виявити запаси міцності всієї системи [1].

Для розрахунку плити проїзної частини автодорожнього моста зазвичай використовують класичну модель, яка заснована на гіпотезі плоских перерізів. Проте класична модель не враховує деформації поперечного зсуву та обтиснення. Тому під час проведених попередніх досліджень авторами було прийнято рішення про використання неklasичної моделі для розрахунку конструкцій дорожнього одягу на плитних прогонових будовах [2-7].

**Мета і методи.** Метою дослідження є розрахунок плити проїзної частини автодорожнього моста за розробленою неklasичною моделлю міцності композитної балочно-плитної конструкції.

**Результати і пояснення.** Розрахунок плити проїзної частини моста за неklasичною розрахунково-теоретичною моделлю, здійснено на прикладі поперечного перерізу, який включає 6 балок (рис.1).

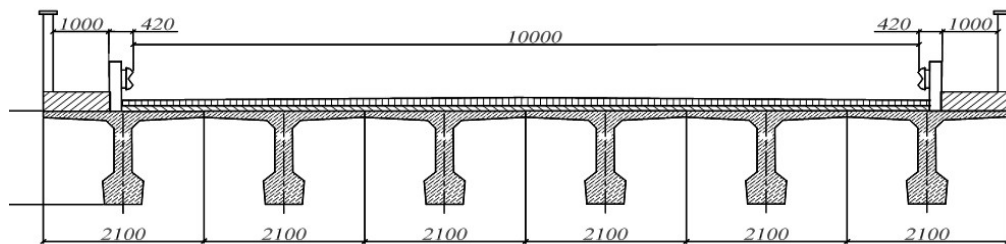


Рисунок 1 – Поперечний переріз автодорожнього моста  
 Figure 1 – Cross section of a road bridge

Розрахункова схема конструкції розглядається як нерозрізна 5-ти прольотна шарувата балочна плита, яка спирається на таврові балки. Для розрахунку прийнята плита, яка складається з 10 шарів. Розрахунок виконано спільно з шарами типового дорожнього одягу, на відміну від традиційного розрахунку, де шарами дорожнього одягу знехтувано. При цьому функції прогину за довжиною балки приймає наступний вигляд за уточненою моделлю [2]:

$$w(x) = w_0 \sin\left(\frac{\pi x}{l}\right), \quad (1)$$

$$w_0 = \left[ \sum_{i=0}^n q_{z0}^{(i)} c_z^{(i)} \right] \frac{l^4}{\pi^4} \left[ \frac{\frac{1}{D_{11}} + \left(\frac{D_{12}}{D_{11}}\right)^2}{D_{22} + \frac{l^2}{\pi^2} \bar{D} - \frac{(D_{12})^2}{(D_{11})}} \right], \quad (2)$$

де  $D_{11}, D_{12}, D_{22}$  – характеристики жорсткості;

$q_{z0}$  - амплітуда навантажень;

$w$  - прогин;

$l$  - довжина балочно-плитної системи.

За результатами розрахунку за класичною та розробленою моделями побудовано епюри прогинів (рис.2).

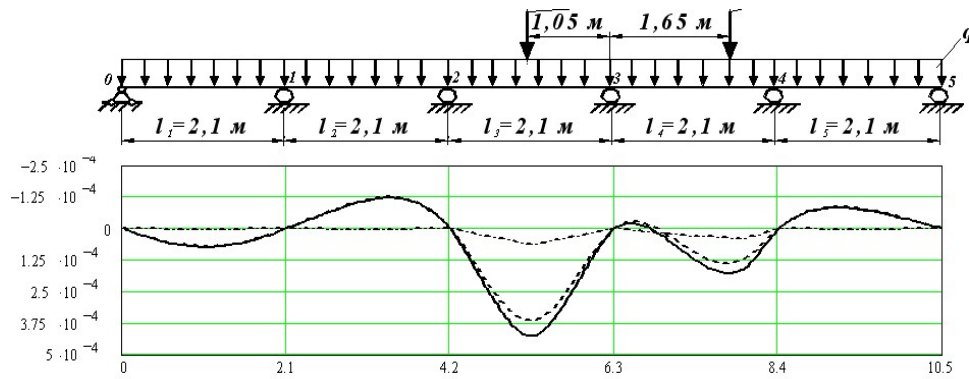
При дослідженні напружено-деформованого стану була виконана перевірка міцності перерізів на опорі 2 і посередині прольоту 3 з використанням критерію Кулона-Мора [8] (рис.3):

$$\sigma_{екв} = \sigma_{\max} - (R_p / R_{CT}) \sigma_{\min} \leq R_p, \quad (3)$$

де  $\sigma_{екв}$  - еквівалентні нормальні напруження;

$\sigma_{\max}, \sigma_{\min}$  - максимальні та мінімальні нормальні напруження;

$R_p, R_{CT}$  - розрахункові опори.



Примітка:  $w$  - прогин за класичною моделлю- штрих пунктирна лінія, уточненої моделі з урахуванням зсуву - пунктирна, зсуву і обтиску - суцільна лінія.

Рисунок 2 – Схема навантаження нерозрізний плити і епюри прогинів  
 Figure 2 – The scheme of an inseparable plate and the diagram of deflections loading

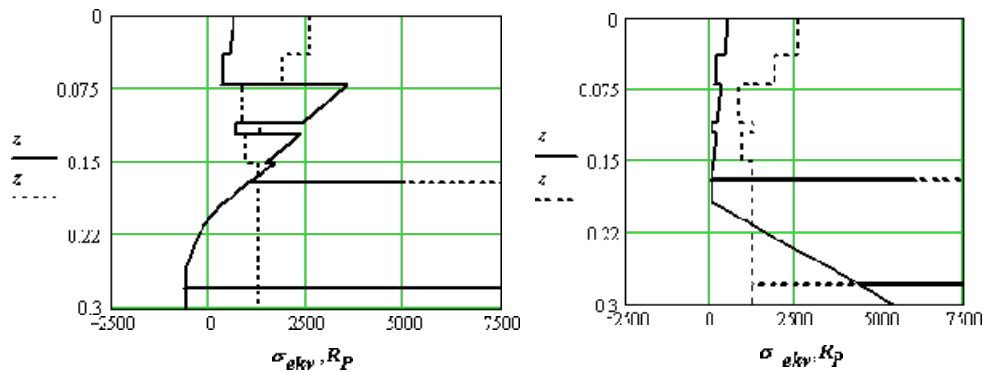


Рисунок 3 – Епюри еквівалентних напружень перерізу на опорі та посередині прольоту  
 Figure 3 – Plots of equivalent cross-sectional stresses on the support and in the middle of the span

**Висновки та рекомендації.** Аналіз еквівалентних напружень в опорному перерізі показує, що вони перевищують розрахунковий опір у верхній розтягнутій зоні (захисний шар бетону), а в перерізі посередині прольоту – у нижній зоні плити. Порівнюючи отримані дані можна зробити висновок, що умови міцності в цих зонах при використанні уточненої моделі не виконуються, що потребує підсилення розглянутих зон додатковим армуванням. При цьому розрахунок за класичною моделлю показує, що розрахункові напруження менші за допустимі. Наведеним розрахунком за уточненою моделлю підтверджено необхідність врахування впливу поперечного зсуву на деформований стан конструкцій даного типу.

#### Перелік посилань

1. Піскунов В.Г. Розрахунок шаруватих конструкцій дорожнього одягу мостів армованого композитними матеріалами / В.Г. Піскунов, В.М. Цибульський – Вісник НТУ, 2012.
2. Канін О.П., Гриневицький Б.В., Цибульський В.М. Побудова неklasичної розрахункової моделі міцності композитної балочно-плитної конструкції автодорожніх мостів / О.П. Канін, Б.В. Гриневицький, В.М. Цибульський / Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво». Київ: НТУ. – 2018. - № 104, С. 62-68.
3. Пискунов В.Г., А.О. Рассказов. Развитие теории слоистых пластин и оболочек // Прикл. механика. – 2002. – 38, № 2. – С. 22-57.
4. Пискунов В.Г., Вериженко В.Е. Линейные и нелинейные задачи расчета слоистых конструкций. – К.: Будівельник, 1986 – 176 с.
5. Michigan Department of Transportation. (2016). Bridge Structural Elements Diagram [Online]. Available: [https://www.michigan.gov/mdot/0,4616,7-151-9618\\_47418-173584--,00.html](https://www.michigan.gov/mdot/0,4616,7-151-9618_47418-173584--,00.html)
6. American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO LRFD (2014) Bridge Design Specifications, 6th ed. Washington, DC: AASHTO, 2014.
7. American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO LRFD (2012) Bridge Design Specifications, 6th ed. Washington, DC: AASHTO, 2012, 1661 pages.

8. Опір матеріалів. Підручник / Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С. Уманський. За ред. Г.С. Писаренка – К.: Вища школа, 1993. – 655 с.

## CALCULATION OF THE PLATE OF ROAD BRIDGE CROSS SECTION ACCORDING TO THE NON-CLASSICAL MODEL

**Kanin Alexander Petrovich**, PhD (Candidate of Technical Science), Associate Professor, National Transport University, Professor of Department of Transport Construction and Property Management, e-mail: kaninap@ukr.net, tel. +380442807909, <https://orcid.org/0000-0001-6849-2505>

**Hrynevtskyi Borys Volodymyrovych**, PhD (Candidate of Technical Science), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Materials Resistance and Mechanical Engineering, e-mail: bvgryn@ukr.net, +380676415260, <http://orcid.org/0000-0002-2220-6654>

**Tsybulskiy Vitalii Mykolaiovych**, National Transport University, Senior Lecturer of Materials Resistance and Mechanical Engineering, e-mail: mega.sopromat@ukr.net, +380977058876, <http://orcid.org/0000-0003-3150-3965>

**Abstract.** The stress-strain condition and strength of the roadway slab are estimated according to the non-classical (refined) calculation model. The model is based on the calculated dependences of the theory of bending of layered structures (beams, slabs), specified by taking into account the transverse normal stresses from the compression of the layers; methods for determining the forces (bending moments) used in the calculation of structures of girder structures of reinforced concrete bridges; the dependence of the theory of elasticity to assess the strength of structural materials and the characteristics of materials included in the layered structures of girder structures and pavements.

The calculation proves the need to use refined models to estimate the components of the stress-strain state of layered structures, which take into account the influence of deformations of transverse shear and compression.

The calculations obtained in the study showed that the strength conditions in some areas of the cross-section of the girder structure of the bridge when using the refined model are not performed, which allows to decide on the strengthening of these areas by additional reinforcement. At the same time, the application of the classical model to the calculations did not reveal such shortcomings. The comparative analysis of the calculations of the components of the stress-strain state showed the excess of the allowable stresses in the zones, which are expressed in the neglect of the deformations of the transverse shear and compression according to the classical model.

**Keywords:** nonclassical model, slab, deflection, stress, road bridges.

### References

1. Piskunov V.H. Rozrakhunok sharuvatykh konstrukttsii dorozhnoho odiahu mostiv armovanoho kompozytnymy materialamy / V.H. Piskunov, V.M. Tsybulskiy – Visnyk NTU, 2012.
2. Kanin O.P., Hrynevtskyi B.V., Tsybulskiy V.M. Pobudova neklasychnoi rozrakhunkovoi modeli mitsnosti kompozytnoi balochno-plytnoi konstrukttsii avtodorozhnikh mostiv / O.P. Kanin, B.V. Hrynevtskyi, V.M. Tsybulskiy / Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk «Avtomobilni dorohy i dorozhnie budivnytstvo». Kyiv: NTU. – 2018. - № 104, S. 62-68.
3. Pyskunov V.H., A.O. Rasskazov. Razvytye teoryy sloystykh plastyn y obolochek // Prykl. mekhanyka. – 2002. – 38, № 2. – S. 22-57.
4. Pyskunov V.H., Veryzhenko V.E. Lyneinyye y nelyneinyye zadachy rascheta sloystykh konstrukttsiy. – K.: Budivelnik, 1986 – 176 s.
5. Michigan Department of Transportation. (2016). Bridge Structural Elements Diagram [Online]. Available: [https://www.michigan.gov/mdot/0,4616,7-151-9618\\_47418-173584--,00.html](https://www.michigan.gov/mdot/0,4616,7-151-9618_47418-173584--,00.html)
6. American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO LRFD (2014) Bridge Design Specifications, 6th ed. Washington, DC: AASHTO, 2014.
7. American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO LRFD (2012) Bridge Design Specifications, 6th ed. Washington, DC: AASHTO, 2012, 1661 pages.
8. Opir materialiv. Pidruchnyk / H.S. Pysarenko, O.L. Kvitka, E.S. Umanskyi. Za red. H.S. Pysarenka – K.: Vyshcha shkola, 1993. – 655 s.