

УДК 625.1

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.168.2017.101883>

ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРІБНОЇ МІЦНОСТІ ПРОКЛАДНОГО ШАРУ БЕЗБАЛАСТНОГО МОСТОВОГО ПОЛОТНА НА ЕТАПАХ МОНТАЖУ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Канд. техн. наук С. В. Мірошніченко, асп. А. С. Зверєва

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОЙ ПРОЧНОСТИ ПРОКЛАДНОГО СЛОЯ БЕЗБАЛЛАСТНОГО МОСТОВОГО ПОЛОТНА НА ЭТАПАХ МОНТАЖА И ЭКСПЛУАТАЦИИ

Канд. техн. наук С. В. Мирошниченко, асп. А. С. Зверева

DETERMINATION OF THE NECESSITY OF THE STRENGTH OF THE LAYING LAYER OF BALLASTLESS BRIDGE DECK ON THE STAGES OF INSTALLATION AND OPERATION

Phd. Tehn. S. Miroshnichenko, PhD. student A. Zvierieva

У статті виконано аналіз існуючих конструкцій мостового полотна, які подано двома типами: на залізобетонних плитах та на дерев'яних поперечинах. Також проведено аналіз пружно-деформованого стану та виконані необхідні розрахунки впливу зовнішніх сил на прокладний шар. На підставі отриманих результатів уточнені вимоги до необхідної міцності прокладного шару на момент монтажу та експлуатації.

Ключові слова: *плита безбаластного мостового полотна, навантаження, прокладний шар, міцність прокладного шару.*

В статье проведен анализ существующих конструкций мостового полотна, которые представлены двумя типами: на железобетонных плитах и на деревянных поперечинах. Также проведен анализ упруго-деформированного состояния и выполнены необходимые расчеты влияния внешних сил на прокладной слой. На основе полученных результатов уточнены требования к необходимой прочности прокладного слоя на момент монтажа и эксплуатации.

Ключевые слова: *плита безбалластного мостового полотна, нагрузка, прокладной слой, прочность прокладного слоя.*

In recent years significantly increased the volume of work associated with the bridge replacement canvas on wooden bar in. Besides ending the life of ballastless bridge deck, which have begun to use more than 40 years ago. Also bridge deck on stoves BMP has its drawbacks. So the problem laying layer and currently relevant.

To develop new laying layer with high durability, strength, adaptability is important to consider its complex elastic-deformation condition. The article analyzed elastically deformed state and performing the necessary calculations.

Given the large number of different types and sizes of stoves ballastless bridge deck and how to load different from them laying layer stoves were selected the most unfavorable transmission of load.

Based on the results specified requirements for the necessary strength of laying layer at the time of installation and operation: - rapid entry required strength of 1 MPa at 1 day; - 5 MPa at 28 days.

Keywords: *stove ballastless bridge deck, load, the laying layer, strength of the laying layer.*

Вступ. На цей час на українських залізницях експлуатується значна кількість металевих мостів. Конструкція мостового полотна на таких спорудах подана двома типами: на дерев'яних поперечинах та на залізобетонних плитах. Починаючи з 70-х років минулого століття на заміну дерев'яним поперечинам почали використовувати як верхню будову колії залізобетонні плити безбаластного мостового полотна (БМП). На теперішній час загальна протяжність мостового полотна на залізобетонних плитах складає понад 30 000 пог. м [1]. Перспективна потреба в нових плитах БМП (для заміни застарілого полотна на дерев'яних поперечинах) дорівнює більше 10 000 пог. м [1]. Крім того, потребують заміни існуючі плити БМП, термін експлуатації яких наближається до 50 років [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Необхідність заміни мостового полотна на дерев'яних поперечинах пов'язана в першу чергу з рядом недоліків:

- значні витрати природного матеріалу та робочої сили, часу на прирубці, укладанні поперечин і протиугінного бруса;

- схильність дерев'яних елементів конструкції до зміни розмірів та форми в результаті усихання, розбухання, викривлення від впливу зовнішнього середовища, появи тріщин, які значно скорочують строк експлуатації конструкції;

- деревина сприйнятлива до займистості, загнивання та пошкодження комахами.

Однак мостове полотно на плитах БМП також має недоліки. Основним недоліком є недовговічність використовуваного прокладного шару. Річ у тому, що самі залізобетонні плити спроможні служити 50 і більше років [2]. Тому що вони мають високу проектну міцність бетону і доволі високий відсоток армування, що обумовлює запас несучої здатності. Але існуючий прокладний шар

нівелює всі переваги конструкції за рахунок недоліків:

- низька довговічність за рахунок гниття деревини в прокладному шарі;

- неможливість опертися рівномірно плити БМП на прокладний шар [3], що призводить до виникнення пропелерності і, як наслідок, виникнення тріщин у різних зонах плити;

- низький електричний опір [4] в конструкції верхньої будови колії і за рахунок цього руйнування вузла скріплення КБ.

Усе вищезазначене обумовлює актуальність розроблення нового прокладного шару з високою довговічністю, міцністю, технологічністю. При розробленні такого прокладного шару необхідно врахувати складно напружену конструкцію безбаластного мостового полотна в цілому.

Для можливості укладання мостового полотна на прогонових спорудах різної довжини і при різних відстанях між головними або поздовжніми балками передбачаються відповідні марки плит, які відрізняються за довжиною (уздовж мосту) та за відстанню між отворами для шпильок, які кріплять плиту до поздовжніх балок (поперек осі мосту) [1]. Розрізняють плити БМП чотирьох марок: П1, П2, П3, П4 з однаковою шириною. Також ці плити мають два підтипи, які відрізняються відстанню між поздовжніми балками з різним армуванням.

Плита марки П1 має розміри $3,2 \times 1,39$ м та відстанню між шпильками, яка змінюється від 1,85 до 2,45 м з кроком 0,1 м. При цьому вага 1 м плити на дві балки дорівнює 1,2 т/пог.м. Розміри плити П2: $3,2 \times 1,49$ м, вага 1 пог. м цієї плити на дві балки складає 1,28 т/пог.м. П3 має розміри $3,2 \times 1,89$ м, вага її одного погонного метра на 2 балки становить 1,32 т/пог.м. Відповідно П4 має розміри $3,2 \times 1,99$ м та вагу – 1,32 т/пог.м. У цьому розрахунку навантаження на прокладний шар використовували вагу 1 пог. м плити марки П3, як найбільш несприятливе.

Крім залізобетонних плит, безбаластне мостове полотно складається з рейкової колії, охоронних пристроїв та прокладного шару під плити БМП [1]. Плити укладаються на верхні пояси головних або поздовжніх балок прогонової споруди через прокладний шар. Рейкова колія, рейкові підкладки та контруктунки укладаються

безпосередньо на плити. Плити БМП прикріплюються до балок високоміцними шпильками із зовнішнього боку верхніх поясів балок через 50 см по довжині мосту. На шпильки із верхнього боку встановлюються спеціальні збільшені шайби. Конструкція безбаластного мостового полотна наведена на рис. 1.

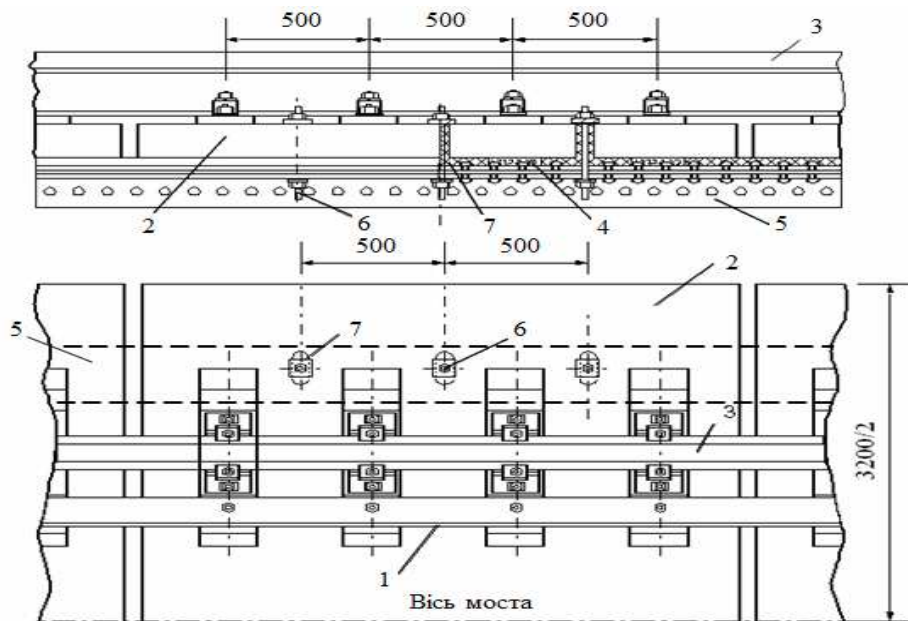


Рис. 1. Конструкція безбаластного мостового полотна на залізобетонних плитах: 1 – контруктунки; 2 – плита мостового полотна; 3 – колійна рейка; 4 – прокладний шар; 5 – головна або поздовжня балка; 6 – високоміцна шпилька; 7 – отвір для шпильки

Визначення мети та задачі дослідження. Мета досліджень – визначення міцнісних характеристик прокладного шару безбаластного мостового полотна під час монтажу та експлуатації.

Для досягнення поставленої мети вирішувались такі задачі:

- визначено основні навантаження на прокладний шар;
- визначено умови роботи прокладного шару;
- проведено конкретні розрахунки (в т.ч. з використанням програмного комплексу «Ліра».

Основна частина дослідження. Для визначення необхідних характеристик

прокладного шару проведено збір навантажень від власної ваги всіх елементів конструкції безбаластного полотна (рис. 1), включаючи навантаження від шпильок, на 1 пог. м прокладного шару у найбільш несприятливих умовах [5]. Слід зазначити, що як величиною дуже невеликою, власною вагою прокладного шару ми нехтуємо. Таким чином, величина постійного навантаження $P_{\text{пост}}$ склала на обидві балки 39,67 т/пог.м [6]. За тимчасове (поїзне) навантаження V прийнято навантаження від чотиривісної платформи універсальної [7] з урахуванням коефіцієнта динамічності $((1 + \mu) = 1,5)$ – 37,5 т/пог.м.

При цьому повне навантаження буде дорівнювати 77,17 т/пог.м.

Навантаження P на 1 м^2 прокладного шару визначаємо за формулою:

$$P = \frac{\Sigma}{2 \times b}, \quad (1)$$

де Σ – навантаження для обраної розрахункової схеми ($P_{\text{шп}}$ – тиск від шпильок на 1 пог. м; $P_{\text{пост}}$ – від суми постійних навантажень, V – від тимчасових навантажень);

2 – кількість балок з прокладним шаром;

b – ширина прокладного шару ($b = 20 \text{ см}$, найбільш поширений варіант ширини полиці поздовжньої або головної балки).

Величину $P_{\text{шп}}$ (38,095 т/пог. м) визначили з урахуванням навантаження на шпильку згідно з діючими нормативами (12 т) кількості шпильок на плиту ПЗ (6 шт) та довжини плити (1,89 м) [1].

Розрахована величина P склала:

- від дії тиску шпильок – 9,5 кг/см²;
- від повного постійного навантаження (включно тиск від шпильок) – 9,917 кг/см²;
- від тимчасового навантаження – 9,375 кг/см².

Для розрахунку спільної дії різних видів навантаження був проведений розрахунок у програмному комплексі «Ліра». Для уніфікації розрахункової схеми приведені всі види навантажень до 1 пог. м.

Навантаження для розрахункової схеми на 1 пог. м прокладного шару визначаємо за формулою

$$P_{\text{пог.м}} = P \times b \times h, \quad (2)$$

де P – отримане навантаження для обраної розрахункової схеми з формули (1) ($P_{\text{шп}}$ – тиск від шпильок на 1 м^2 прокладного шару; $P_{\text{пост}}$ – від суми постійних навантажень, V – від тимчасових навантажень);

h – довжина прокладного шару ($h = 1 \text{ м}$).

Розрахована величина $P_{\text{пог.м}}$ з формули (2) склала:

- від дії тиску шпильок – 19 000 кг/пог.м;
- від повного постійного навантаження (включно тиск від шпильок) – 19 834 кг/пог.м;
- від тимчасового навантаження – 18 750 кг/пог.м.

Ураховуючи отримані результати розрахунків за формулами (1), (2), складаємо розрахункову схему від дії постійних навантажень (рис. 2) для визначення мінімальної міцності прокладного шару на момент монтажу, до початку експлуатації [8]. Також визначаємо розрахункову схему від сумісної дії всіх навантажень. Подібну схему отримаємо від дії тимчасових навантажень та тиску від шпильок (рис. 3). Однак ця схема не повністю відображає реальну роботу конструкції у зв'язку з податливістю прокладного шару і перерозподілом навантаження [9]. Тому зусилля в зоні шпильки заміняємо жорстким зв'язком у вертикальному напрямку (вісь z). Розрахункова схема наведена на рис. 4.

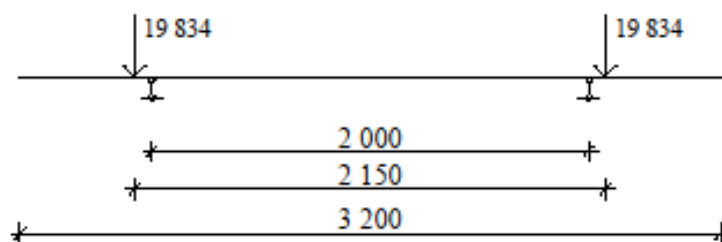


Рис. 2. Розрахункова схема від дії постійних навантажень

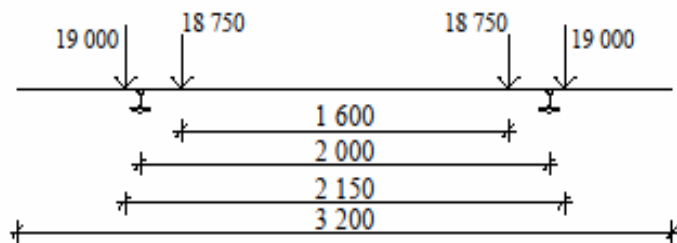


Рис. 3. Розрахункова схема від дії повного навантаження

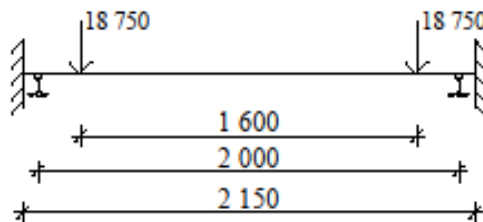


Рис. 4. Розрахункова схема для обчислення

Проводимо розрахунок схеми (рис. 4) в програмному комплексі «Ліра». Для цього задаємо жорсткість елементів, а саме балку з бетону класу В 40 (С 32/40) розмірами 1 × 0,2 м та модулем пружності $E_0 = 0,036$ МПа. З отриманих результатів у

програмному комплексі «Ліра» (таблиця) вибираємо зусилля у вузлах 2 та 5 (які відповідають прокладному шару на поздовжніх балках), яке дорівнює $18\,750 + 60\,606 = 79\,356$ кг.

Таблиця

Зусилля, які виникають у стержнях M_y, Q_z

Елемент	Переріз	Зусилля	
		$M_y, \text{кгс}\cdot\text{см}$	$Q_z, \text{кгс}$
1	1	151515.2	-60606.1
1	2	-303030.3	-60606.1
2	1	-303030.3	18750.0
2	2	71969.7	18750.0
3	1	35984.9	0.0
3	2	35984.9	0.0
5	1	71969.7	-18750.0
5	2	-303030.3	-18750.0
6	1	-303030.3	60606.1
6	2	151515.2	60606.1

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Таким чином, додаткова

міцність прокладного шару R_{st} при дії тимчасових навантажень повинна бути не менше

$$R_{st} = \frac{P_{un}}{100 \times b} = \frac{79356}{100 \times 20} = 39,678 \text{ кг/см}^2 = 3,978 \text{ МПа}, \quad (3)$$

а міцність прокладного шару на момент монтажу, до початку експлуатації, необхідна через приблизно 2 год, ураховуючи технологію укладання плит БМП, дорівнює з формули (1) $9,917 \text{ кг/см}^2 = 0,9917 \text{ МПа}$.

Відповідно сумарна необхідна міцність прокладного шару складе $3,978 + 0,9917 = 4,9697 \text{ МПа}$ [8].

Виходячи з розрахунку навантажень на прокладний шар, маємо змогу уточнити вимоги до необхідної міцності прокладного шару на момент монтажу та експлуатації:

- швидке набрання необхідної міцності 1 МПа на 1 доб;
- 5 МПа на 28 доб.

Список використаних джерел

1. ЦП-0137. Інструкція з укладання та експлуатації безбаластного мостового полотна (БМП) на залізобетонних плитах [Текст]: затв. наказом Укрзалізниці № 682-ЦЗ від 07.12.2005 р. – К., 2006. – 100 с.
2. Зверева, А. С. Полімеркомпозиційний прокладний шар для плит безбаластного мостового полотна: проблеми та перспективи [Текст] / А. С. Зверева, С. В. Мірошніченко // Композиційні будівельні матеріали і виробы – шляхи підвищення надійності, довговічності, корозієстійкості: зб. мат. Всеукраїнської інтернет-конференції молодих учених і студентів. – Полтава: ПолтНТУ, 2015. – С. 50-52.
3. Плугин, А. Н. К вопросу исследования трещиностойкости железобетонных плит безбалластного мостового полотна [Текст] / А. Н. Плугин, А. А. Плугин, И. Г. Корниенко, С. В. Мирошніченко // Сучасні технології бетону: зб. наук. праць. – К.: НДІБК, 2010. – С. 457-464.
4. Мірошніченко, С. В. Дослідження напруг і деформацій у плитах безбаластного мостового полотна [Текст] / С. В. Мірошніченко // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – Вип. 109. – С. 113-119.
5. Chikhladze, E.D. Stress-strained state of steel-concrete structures under force and temperature effect [Text] / Chikhladze E.D., Vatulya G.L. // Proceedings of the 5th International Conference on Dynamics of Civil Engineering and Transport Structures and Wind Engineering - Zilina, 2011 - P. 181-184.
6. Vatulia, G. Carrying capacity definition of steel-concrete beams with external reinforcement under the fire impact [Text] / G. Vatulia, E. Orel, M. Kovalov // Applied Mechanics and Materials – Vol. 617 (2014) – P.167-170. DOI:10.4028/www.scientific.net/AMM.617.167
7. ЦП-0093. Інструкція з визначенням умов пропуску рухомого складу по металевих та залізобетонних залізничних мостах [Текст]: затв. наказом Укрзалізниці №354-Ц від 10.06.2002 р. – К., 2002. – 301 с.
8. Plugin A., Miroshnichenko S., Zabiya A., Linnik G. Increase of crack-stability of plates of without-ballast bridge bed of railway bridges [Text] / A. Plugin, S. Miroshnichenko, A. Zabiya, G Linnik // 7th International Conference on Bridges across the Danube 2010 - Sofia, Bulgaria: 2010. – P. 307-310.

9. Плугін, А. А. Аналіз напружено-деформованого стану плит безбаластного мостового полотна і прокладного шару під ними [Текст] / А.А. Плугін, С.В. Мірошніченко, О.В. Лобяк [та ін.] // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2014. – Вип. 148. – С. 104-110.

Мірошніченко Сергій Валерійович, канд. техн. наук, доцент кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. (057) 730-10-64.
E-mail Miroshnichenko@kart.edu.ua.

Зверєва Аліна Сергіївна, аспірант кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд Українського державного університету залізничного транспорту. Тел. (057) 730-10-25. E-mail zveirievaAS@kart.edu.ua.

Miroshnichenko Sergsii, PhD.Tech.S, associate professor department of construction materials, constructions and structures Ukrainian State University of Railway Transport. Tel. (057) 730-10-64. E-mail Miroshnichenko@kart.edu.ua
Zvierieva Alina, PhD. student, department of construction materials, constructions and structures Ukrainian State University of Railway Transport. Tel: (057) 730-10-25. E-mail zveirievaAS@kart.edu.ua.

Стаття прийнята 27.03.2017 р.