

Краснов С.М., Бережна К.В.

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет
(ул. Ярослава Мудрого, 25, Харків, 61002, Україна; e-mail: krasnov56@ukr.net;
beregna@gmail.com; orcid.org/0000-0002-2375-4273; orcid.org/000-0001-6857-5749)*

ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕКОНСТРУКЦІЇ ПРОГОНОВИХ БУДОВ АВТОДОРОЖНІХ МОСТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ НАКЛАДНОЇ ПЛИТИ

В останні роки при реконструкції мостів все частіше використовують накладну плиту з монолітного залізобетону, яка виконує функції мостового полотна та несучого елемента. Метою цієї роботи є визначення оптимальних рішень при реконструкції прогонових будов накладною плитою. Критерієм оптимальності є збільшення вантажопідйомності. Параметрами, що змінюються, є довжина прольоту, товщина накладної плити та крок між балками для збірно-монолітних прогонових будов. Для найбільш поширених типових проектів ТП №56, ТП №122-62(63) та ТП Серії 3.503-12 залізобетонних прогонових будов автодорожніх мостів визначена вантажопідйомність головних балок до та після поширення та (або) підсилення їх накладною плитою. На підставі порівняння графіків зміни вантажопідйомності без плити та з накладною плитою різної товщини визначено, що використання накладної плити доцільно для діафрагмових прогонових будов та для збірно-монолітних прольотом до 24,0 м. Крім того, для ТП Серії 3.503-12 визначено зменшення ефективності накладної плити зі збільшенням кроку між балками.

Ключові слова: типові проекти, прогонова будова, підсилення, накладна плита, вантажопідйомність, несуча здатність.

Вступ. На автомобільних дорогах України експлуатується велика кількість малих, середніх та великих мостів, які побудовані у в 50-70 роки минулого століття. Ці споруди мають недостатню вантажопідйомність, як наслідок значного збільшення навантаження від транспортних засобів та появи під час їх експлуатації дефектів. Крім того, більшість з них не відповідає експлуатаційним вимогам, які стосуються габариту проїзду автотранспорту та руху пішоходів. Така проблема характерна не тільки для нашої країни, проблемою реконструкції існуючих мостів цікавляться інженери всього світу [1-3]. Значний ефект від реконструкції можна досягнути при комплексному рішенні проблем пов'язаних з експлуатаційними характеристиками та збільшенням вантажопідйомності прогонових будов.

Конструкції прогонових будов більшої кількості мостів на дорогах загального використання побудовано зі збірних залізобетонних елементів, які виконано по типовим проектам. Найбільш розповсюджені типові проекти ТП №56, ТП №122-62 та №122-63, ВТП-16, які запроєктовані за нормами 1948 та 1953 років на

навантаження Н-10, Н-13, Н-18, нормативні навантаження на тротуарах 3,92 кН/м² та гусеничні навантаження НГ-30 і НГ-60. Починаючи з кінця 70-х років широке використання отримали конструкції збірних залізобетонних прогонових будов за типовим проектам серії 3.503-12, які запроєктовані за нормами СН 200-62 (1962 р.) на навантаження Н-30 і НК-80.

У зв'язку з цим, існує гостра проблема приведення таких штучних споруд у відповідність до сучасних вимог як з точки зору несучої здатності, так і з точки зору комфорту проїзду (відповідність габариту до категорії дороги). Основні вимоги, які ставляться до реконструкції залізобетонних прогонових будов, це:

- доступність та простота конструктивного та технологічного рішення;
- можливість безперервного руху автотранспорту під час реконструкції;
- забезпечення жорсткості та міцності конструкції на період не менш 15 років;
- збереження або поліпшення зовнішнього вигляду споруди;
- зниження витрат на експлуатацію.

В останні роки все частіше при реконструкції використовують накладну плиту

з монолітного залізобетону, яка виконує функції як мостового полотна, так і несучого елемента. Перевагою цього рішення є можливість не збільшувати опори та фундаменти. Проблема, яка виникає при використанні цього способу, є існуюча вантажопідйомність (несуча здатність) існуючих балок. Особливістю цього рішення є питання, пов'язані з забезпеченням сумісної роботи накладної плити з існуючими балками. Проблематиці посилення та поширення прогонових будов мостів та шляхопроводів за допомогою накладної залізобетонної плити присвячено значну кількість наукових праць [4-14]. Розглянуто питання: конструкції плити, зміни розрахункової схеми прогонової будови, економічного ефекту використання цього методу, методики розрахунку та моделювання подібних задач.

Матеріали і методи досліджень. Метою цієї статті є визначення оптимальних варіантів реконструкції прогонових будов за допомогою накладної плити. Критерієм оптимальності є збільшення вантажопідйомності. Параметрами, що змінюються, є довжина прольоту, товщина накладної плити та крок між балками для збірно-монолітних прогонових будов. Задачі дослідження: визначити найбільш поширені типові проекти, проаналізувати конструкції обраних прогонових будов, обґрунтувати вибір товщини накладної плити, визначити вантажопідйомність посиленних прогонових будов, обрати оптимальні рішення для різних прольотів та типових проектів.

Результати дослідження. Аналіз відсоткового співвідношення типових проектів прогонових будов, які обстежено лабораторією кафедри мостів, довів, що найчастіше зустрічаються ТП №56, ТП №122-62(63) та ТП Серії 3.503-12. ТП №56 та ТП №122-62(63) – це збірні діафрагмові прогонові будови, а ТП Серії 3.503-12 – збірно-монолітні. Тобто крок балок для двох перших проектів є постійним, а для третього може змінюватись від 2,1 м до 2,5 м. Для типового проекту №56 характерним є різниця в армуванні балок не тільки відповідно довжині прольоту, а і відповідно двох варіантів навантаження Н-13 і

НГ-60 та Н-18 і НК-80. Типові проекти №122-62(63) та 3.503-12 розраховано на навантаження Н-30 та НК-80. Армування крайніх та середніх балок для типових проектів ТП №56 та ТП Серії 3.503-12 є однаковим, а для ТП №122-62(63) армування крайніх та середніх балок відрізняється. Типовий проект випуску 122-62 використовується з прольотами 11,36 м; 14,06 м; 16,76 м і 22,16 м. Типовий проект випуску 56 – прогонові будови з прольотами 8,66 м; 11,36 м; 14,06 м; 16,76 м і 22,16 м. Для типового проекту серії 3.503-12 довжина балок прогонових будов складає: 12 м, 15 м, 18 м, 21 м, 24 м, 33 м і 42 м.

При збільшенні габариту мосту та (або) тротуарів сумарно на 1,0-3,0 м, за рахунок накладної плити, реконструкція не потребує додавання балок але передбачає демонтаж усіх елементів мостового полотна (тротуарів, шарів покриття та ін.). Товщина плити у цьому варіанті від 15 до 20 см. У разі поширення від 2 до 5 метрів рекомендується використовувати накладну монолітну або ребристу збірну плиту товщиною 20-40 см. Тому розглянуто діапазон зміни товщини плити від 0 – немає плити до 40 см.

Відповідно з діючими нормами вантажопідйомність – це чисельне значення ваги рухомого навантаження, яке можна пропускати по мосту за умови, що зусилля в перерізах визначальних елементів, викликані цим навантаженням, не перевищують обчисленої їх реальної несучої здатності. Аналіз вантажопідйомності виконувався за значеннями максимального згинального моменту в середині прольоту.

Результати дослідження. Аналіз залежності вантажопідйомності та товщини накладної плити для ТП №122-62 (рис. 1) показує значне збільшення її для меншого прольоту (11,36 м) та крайніх балок наступних прольотів, у меншій мірі зростає вантажопідйомність прольотів 14,06 м, 16,76 м та 22,16 м. Для ТП №56 зростання для всіх прольотів має приблизно однаковий характер, окрім прольоту 22,16 м, для якого зростання вантажопідйомності практично не відбувається (рис. 2 та 3). Аналіз теоретичних розрахунків ТП Серії 3.503-12 свідчить про те, що збільшення

вантажопідйомності за допомогою накладної плити ефективно для прольотів до 24,0 м, при улаштуванні плити для прольоту 33,0 м вантажопідйомність знижується за рахунок значного збільшення зусиль від власної ваги балок та накладної плити (рис. 4). При відстані більш ніж 2,4 м між балками прольотами 21 та 24 м влаштування накладної плити не раціонально (рис. 5).

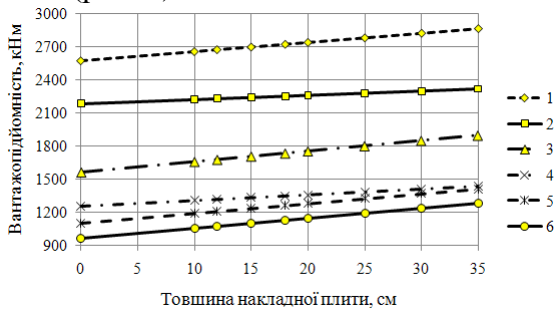


Рис. 1. Залежність вантажопідйомності балки прогонової будови від товщини накладної плити для ТП № 122-62 під навантаження Н-30 та НК-80 (графіки 1-6 побудовано відповідно довжині прольотів: 22,16 (крайня балка); 22,16 (середня балка); 16,76 (крайня балка); 16,76 (середня балка); 14,06; 11,36 м)

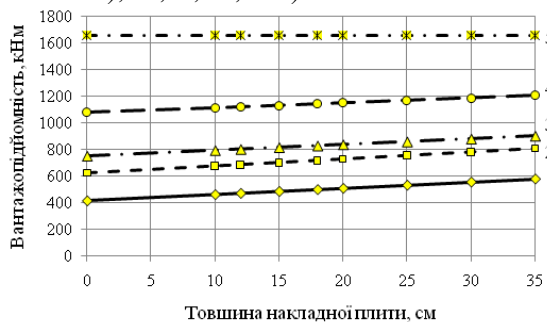


Рис. 2. Залежність вантажопідйомності балки прогонової будови від товщини накладної плити для ТП № 56 під навантаження Н-13 та НГ-60 (графіки 1-5 побудовано відповідно довжині прольотів: 8,66; 11,36; 14,06; 16,76 і 22,16 м)

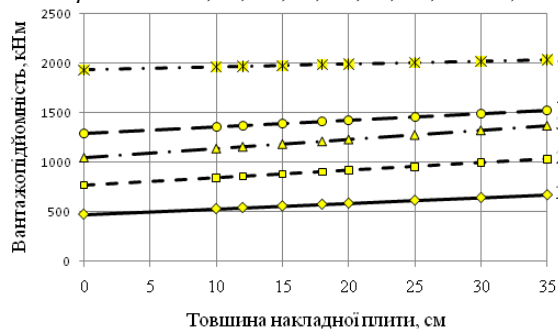


Рис. 3. Залежність вантажопідйомності балки прогонової будови від товщини накладної плити для ТП № 56 під навантаження Н-18 та НК-80. (графіки 1-5 побудовано відповідно довжині прольотів: 8,66; 11,36; 14,06; 16,76 і 22,16 м)

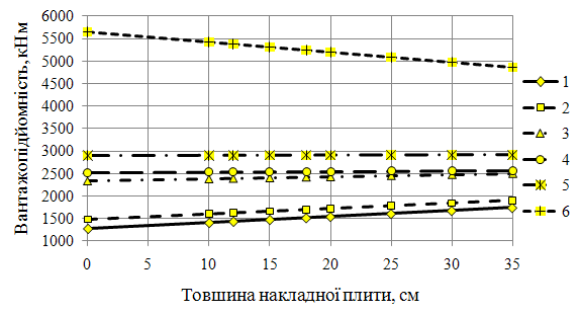


Рис. 4. Залежність вантажопідйомності балки прогонової будови від товщини накладної плити для ТП серії 3.503-12 під навантаження Н-30 і НК-80. (графіки 1-6 побудовано відповідно довжині прольотів: 12,0; 15,0; 18,0; 21,0; 24,0 і 33,0 м)

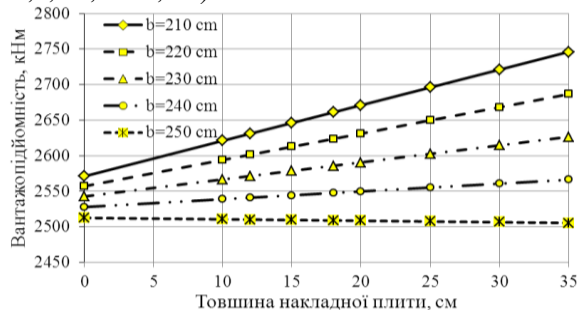


Рис. 5. Залежність вантажопідйомності балки прогонової будови довжиною 21 м від товщини накладної плити та кроку балок ТП серії 3.503-12 під навантаження Н-30 і НК-80. (графіки побудовано відповідно кроку між балками b)

Висновки. Використання накладної плити в якості збільшення вантажопідйомності прогонових будов доцільно для прольотів до 24 м, розрахованих під навантаження Н-18 (Н-30), НК-80 та прольотів до 18 м, розрахованих під навантаження Н-13 і НГ-60. Застосування в якості підвищення вантажопідйомності прогонових будов 24 м і більш приводить до зменшення їх вантажопідйомності. Суттєвий вплив на вантажопідйомність має відстань між головними балками, для прогонових будов з відстанню до 2,4 м влаштування накладної плити є ефективним.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Mohiuddin A. Khan. Bridge and Highway Structure Rehabilitation and Repair 2010. The McGraw-Hill Companies, Inc.: веб-сайт. URL: <https://www.accessengineering-library.com/browse/bridge-and-highway-structure-rehabilitation-and-repair>
2. Iain L Kennedy Reid. Concrete Bridge Strengthening and Repair, 2009. 111p.

3. Bridge Construction and Deck Repair Certified technician program training manual, Revised. 2014, 158 p.
4. Кваша В.Г. Розширення збірних залізобетонних прольотних будов мостів з багаторядовою каркасною арматурою залізобетонною накладною плитою. *Вісн. Рівн. держ. техн. ун-ту*. 2000. Вип.4: Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі і споруди. С. 205-212.
5. Кваша, В.Г. Ефективні системи розширення і підсилення залізобетонних балкових прольотних будов автодорожніх мостів: автореферат дис. д.т.н.: 05.23.01. К.: КНУБА, 2002. 33 с.
6. Кваша, В.Г. Застосування монолітної залізобетонної накладної плити для розширення балкових автодорожніх мостів. *Промислове будівництво та інженерні споруди*. 2008. № 4. С. 24-31.
7. Кваша В.Г., Салійчук Л.В. Розширення прольотної будови автодорожнього моста монолітною залізобетонною накладною плитою. *Зб. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. К.: НТУ, 2001. Вип. 63. С. 271-275.
8. Кожушко В.П., Кислов А.Г., Лозицкий А.С., Краснов С.Н., Синьковская Е.В. Работа пролетного строения реального сооружения. *Научный вестник будівництва*. Х.: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2016. Т.86. №4. С. 117-121.
9. Кваша В.Г. Розширення і підсилення залізобетонних прольотних будов збірно-монолітною накладною плитою // *Вісн. Львів, держ. аграрного ун-ту*. 2000, № 1: Архітектура і сільськогосподарське будівництво. — С. 119-125.
10. Кваша В.Г., Салійчук Л.В. Розширення струнбетонної прольотної будови монолітною залізо-бетонною накладною плитою з підсиленням балок і аварійних опор. *Зб. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. К.: НТУ, 2006. Вип. 73. С. 116-120.
11. Кожушко В.П., Бильченко А.В., Краснов С.Н. и др. Работа некоторых широких пролетных строений из типовых железобетонных элементов. *Научный вестник будівництва*. Х.: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2009. Вип. 65. С. 145–152.
12. Кваша В.Г., Салійчук Л.В., Мельниченко В.В., Лапініна З.Т. Реконструкція автодорожнього моста з прольотними будовами за ТП вип. 56. *Зб. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. К. НТУ, 2004. Вип. 69. С. 74-81.
13. Кваша В.Г., Салійчук Л.В., Рачкевич В.С. Розширення прольотної будови автодорожнього моста з її підсиленням зміною статичної схеми без влаштування деформаційних швів. *Зб. Дороги і мости*. К.: ДерждорНДІ, 2008. Вип. 9. С. 106-111.
14. Шестериков В.И., Дингес Э.В. Экономическая эффективность уширения мостов на автомобильных дорогах: обзорная информация. М.: ЦБНТИ, 1983. Вып. I. 64 с.
15. Тодирика В.В., Давіденко А.А., Доля А.Г., Бородай Д.И. Усиление пролетного строения моста накладной плитой. *Вісник донбаської національної академії будівництва та архітектури*. Сучасні будівельні матеріали. 2001. Вип. 87. С. 177-180.
16. Лобяк А.В., Сердюк В.В. Уточненная методика моделирования пролетных строений мостов при усилении накладной железобетонной плитой. *Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп.* Харків: УкрДАЗТ, 2013. Вип. 138. С. 244-251.
17. Лобяк О.В., Ковальов М.О., Оганесян А.В. Удосконалення методики розрахунку прогонових будов міських мостів при реконструкції з урахуванням конструктивно-технологічних факторів. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2015. Вип. 158(1). С. 146-151
18. Овчинников И.И., Блинков М.А. Анализ изменения напряженно-деформированного состояния малого мостового сооружения при усилении его накладной плитой. *Техническое регулирование в транспортном строительстве*. Изд-во: ООО «Научно-исследовательский центр технического регулирования», 2016. № 2 (16). С. 73-84.

Краснов С.Н., Бережная Е.В. ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ ПРИ ПОМОЩИ НАКЛАДНОЙ ПЛИТЫ. В последнее время при реконструкции мостов все чаще используют монолитную железобетонную накладную плиту, которая выполняет функции мостового полотна и несущего элемента. Цель этой работы – определение оптимальных решений для реконструкции пролетных строений при помощи накладной плиты. Критерием оптимальности является увеличение грузоподъемности. Варьирующие параметры: длина пролета, толщина накладной плиты и шаг между балками для сборно-монолитных пролетных строений. Для наиболее распространенных типовых

проектов ТП №56, ТП №122-62(63) и ТП Серии 3.503-12 железобетонных пролетных строений автодорожных мостов определена грузоподъемность главных балок до и после уширения и (или) усиления их накладной плитой. На основе сравнения графиков изменения грузоподъемности без плиты и с накладной плитой разной толщины определено, что использование накладной плиты целесообразно для диафрагменных пролетных строений и для сборно-монолитных пролетом до 24,0 м. Кроме того для ТП Серии 3.503-12 отмечено уменьшение эффективности накладной плиты при увеличении шага между балками.

Ключевые слова: типовые проекты, пролетные строения, реконструкция, усиление, уширение, накладная плита, грузоподъемность, несущая способность.

Krasnov S.N., Berezhna K.V. EFFICIENT RECONSTRUCTION OF ROAD BRIDGE SPANS WITH REMOVABLE SLAB. Recently, a monolithic reinforced concrete removable slab has been increasingly used in reconstruction of bridges. It serves as a bridge deck and a

supporting element. The purpose of this work is to determine the optimal solutions to reconstruct the spans with the help of a removable slab. The optimality criterion is to increase the load capacity. Varying parameters are the length of the span, the thickness of the removable slab and the step between the beams for prefabricated monolithic spans. For the most common standard projects TP No. 56, TP No. 122-62 (63) and TP Series 3.503-12 of reinforced concrete spans of road bridges, the load capacity of the main beams is determined before and after widening and (or) reinforcing them with a removable slab. On the basis of comparing the graphs of changes in load capacity without a slab and with a removable slab of different thickness, it was determined that the use of the removable slab is advisable for diaphragm spans and for assembled monolithic spans up to 24.0 m. Besides, for TP Series 3.503-12 the reduction of the removable slab efficiency was noticed when he step between the beams increased.

Key words: typical projects, spans, reconstruction, strengthening, broadening, removable slab, load capacity, carrying capacity.

DOI: 10.29295/2311-7257-2019-96-2-240-246
УДК 656.017

Малявин А.Н.

*Украинский государственный университет железнодорожного транспорта
(площадь Фейербаха 7, 61050, Харьков, Украина, e-mail: anmalajvin@gmail.com
orcid.org/0000-0001-7567-100X)*

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБОБЩЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОТРЕБНОСТИ В МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСАХ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ

Работа посвящена выработке рациональных решений по расчету потребности в ресурсах при строительстве инженерных сетей различного назначения. Проведен поэлементный анализ работ при прокладке инженерных коммуникаций. В результате анализа технологии выполнения работ, способов и конструкций прокладки инженерных сетей были установлены классификационные признаки и соответствующие им поэлементные группы, для которых были получены зависимости удельных показателей в ресурсах.

Ключевые слова: инженерные сети, организация строительства, удельные показатели, потребность в ресурсах, информационное обеспечение, банк данных.

Введение. Среди инженерных сооружений на вновь строящихся железнодорожных станциях, особое место занимает водоснабжение, канализация и теплоснабжение, которые можно разделить на две группы. К первой относятся здания с сосредоточенными объемами:

насосные станции, очистные сооружения, котельные и т.д. Таких объектов на участковых станциях более десятка с общим строительным объемом свыше 40 тыс. М³. Вторая группа - линейные сети водопровода, канализации и теплофикации, общая протяженность которых на участковых