УДК 624.271:620.191.46

РОБОТА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ АВТОДОРОЖНІХ МОСТІВ В УМОВАХ МАЛОЦИКЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Полюга Р.І.
ДерждорНДІ

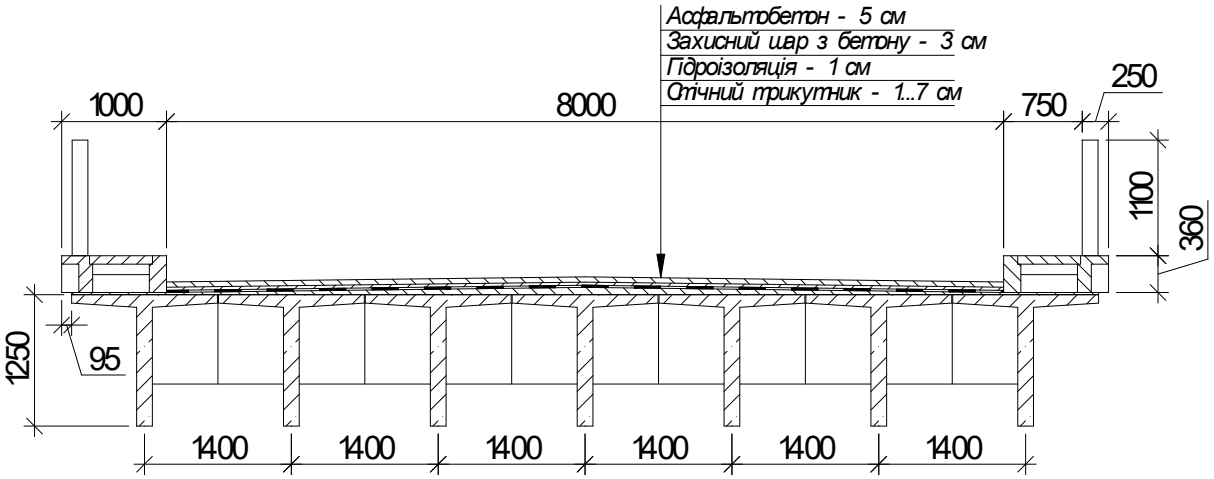
За останні роки значно збільшилась інтенсивність руху на автомобільних дорогах України. Це пов'язано з рядом факторів: зросла кількість автомобілів, збільшились обсяги як міжнародних, так і внутрішніх перевезень та ін. Проте збільшилась не тільки інтенсивність, але й величина самого навантаження за рахунок значної кількості великовагових автопоїздів з повною масою до 60 т і появою спеціальних автопоїздів для особливо важких вантажів масою до 300 т. Загальна картина вантажності перевезень виглядає наступним чином: частка навантажень масою менш, ніж 60 т, досягає 85 % від загальної кількості перевезень, від 60 до 150 т – 10,5 %, більше 150 т – 4,5 % [1].

18 січня 2001 року постановою №30 Кабінет Міністрів України затвердив "Правила проїзду великогабаритних та великовагових транспортних засобів автомобільними дорогами, вулицями та залізничними переїздами" [2]. Згідно цих Правил транспортний засіб чи автопоїзд з вантажем або без вантажу вважається великоваговим (ВВН), якщо його фактична маса становить більше 38 т та тиск на одиничну вісь є більш ніж 10 т; спарену – 18 т; потрійну – 22 т.

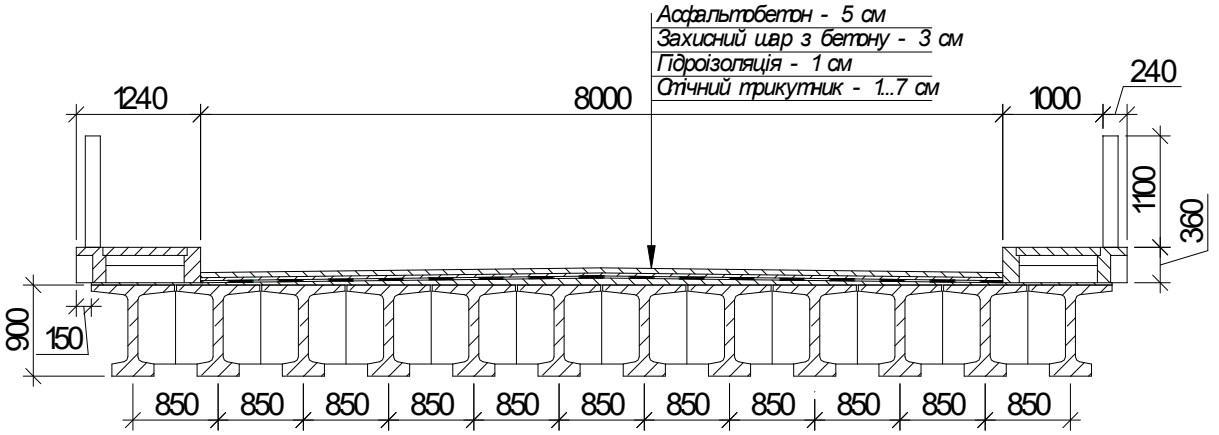
Вирішення питання про можливість пропуску таких навантажень пов'язано з виконанням комплексу робіт, але серед найбільш важливих для визначення можливості пропуску ВВН по мостах є розрахунок їх конструкцій з урахуванням існуючих дефектів [3].

В рекомендаціях [4] було визначено відсоток розповсюдження основних типових проектів мостових споруд в Україні. Згідно з цими дослідженнями поширення прогонових будов за типовими проектами вип. 56 становить 8,1 %, вип. ВТП-15, ВТП-16 – 16,3 %. В роботі [1] подано найбільш характерні дефекти для цих типів прогонових будов мостів та зазначена кількість відсотків їх розповсюдження.

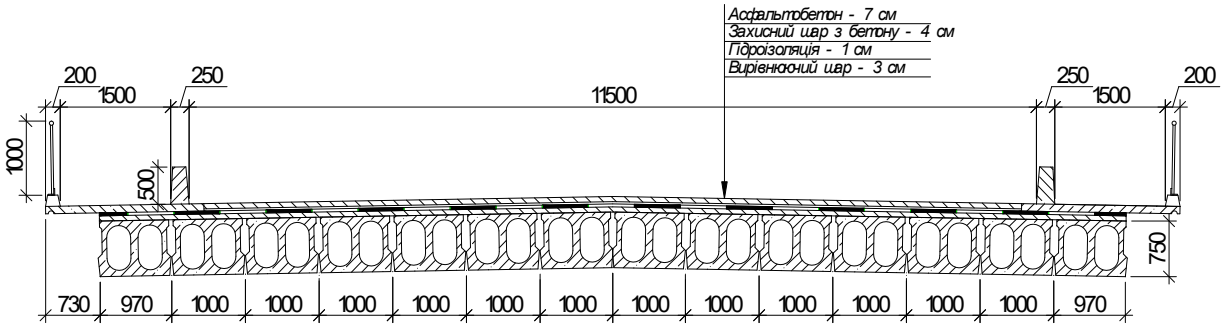
Понаднормовані навантаження вагою більше 60 т потребують особливо підвищеної уваги при проїзді через мостові споруди, тому що експлуатаційна організація приймає рішення про проведення спеціального обстеження або/і випробування мостових споруд на маршруті та у разі потреби – про укріплення їх спеціалізованими організаціями [1]. Тому було прийняте рішення перерахувати ці типи прогонів та широко розповсюджені прогонові будови з попередньо напружених двопустотних плит за типовим проектом серії 3.503-12 вип. 16 на пропуск реальних великовагових транспортних засобів з метою визначення параметрів циклів повторного навантаження в контексті вивчення роботи залізобетонних прогонових будов в умовах малоциклових навантажень. Вказані типи збірних прогонових будов, а також їх геометричні параметри, подано нижче.



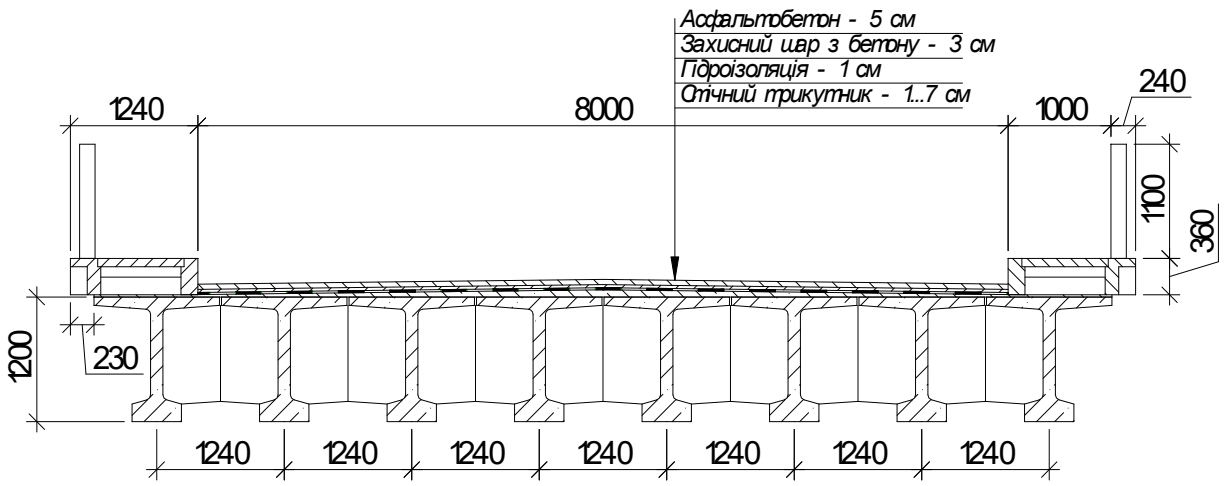
а) вип. 56, довжина прогону 22,16 м



б) ВТП-16, довжина прогону 16,76 м



в) Серія 3.503-12, вип. 16, довжина прогону 18,0 м



г) ВТП-15, довжина прогону 22,16 м

Рисунок 1 *– Геометричні характеристики типових прогонових будов*

При розрахунку несної здатності прогонових будов використовувалась програма Engineer (розробник ДерждорНДІ ім. Шульгіна). Розрахунок проводився для двох випадків розташування ВВН по ширині мосту: при розміщенні центру крайніх коліс на віддалі 0,5 м від колесовідбою та при розміщенні транспортного засібу посередині проїзної частини.

За рухоме вертикальне навантаження приймали реальні понаднормовані великовагові транспортні засоби з масою більше 60 т. В заявці, яку подає організація-перевізник у корпорацію “Укравтодор”, вказується маршрут, дата проїзду, маса вантажу, схема транспортного засобу з зазначенням кількості осей, розподіл тиску на кожну вісь, габаритні розміри. Статистичні дані по пропуску ВВН за 2004 рік були надані Державною службою автомобільних доріг України, опрацювання цих даних автором подано в роботі [5].

Після розрахунку отримані дані зведено в таблицю.

Таблиця 1 *– Параметри циклів малоциклових навантажень на прогонові будови мостів*

Тип прогонової будови	*Нижній рівень навантаження* $\eta_{low} = \frac{M_{пост}}{M_{гран}}$	*Верхній рівень навантаження* $\eta_{top} = \frac{M_{пост+тимч}}{M_{гран}}$
Вип. 56	0,57	0,77-1,04
ВТП-16	0,3	0,45-0,65
Серія 3.503-12 вип.16	0,56	0,56-0,74
ВТП-15	0,41	0,66-0,80

Аналізуючи напрямки руху взятого до уваги ВВН дорогами України, можна визначити їх часті пункти в'їзду – виїзду. Так, КПП "Ягодин" вказується в бланках погоджень 20 раз, КПП "Чоп" – 9, КПП "Гоптовка" – 9, смт. Десна – 8, м. Полтава – 4 і т.д (рис. 2). Якщо брати до уваги повний маршрут, то часто зустрічаються наступні: Ягодин – Єнакієве (6), Київ – Десна (7), Ягодин – Київ (4), Бачевськ – Київ (4), Чоп – Київ (3). Аналіз – доволі умовний і не відображає всієї картини руху понаднормованого навантаження, але можна стверджувати, що мости на під'їздах до вказаних населених пунктів та на вказаних маршрутах зазнали малоциклового повторного навантаження, а кількість циклів за 2004 рік з врахуванням накладання траєкторій руху деяких маршрутів становить близько двадцяти.

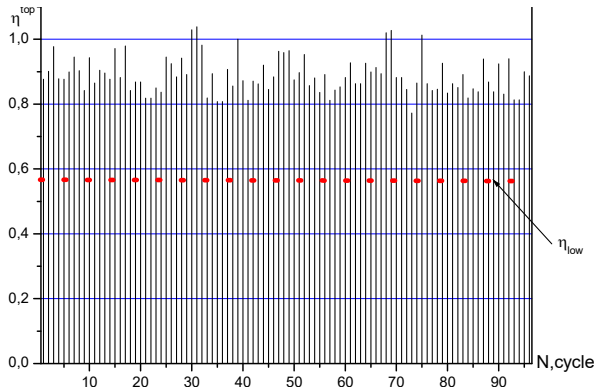
а

б

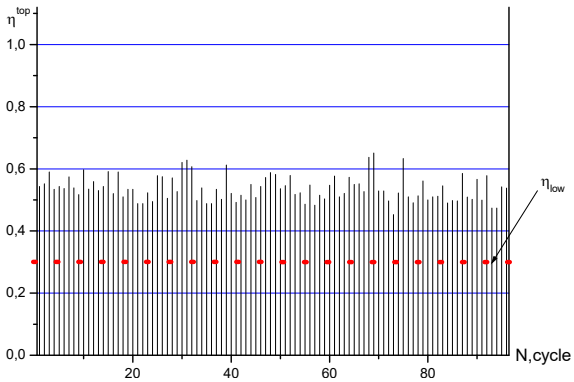
а – міст на митному переході" Ягодин" на кордоні України з Польшою;
б – міст на митному переході "Чоп" на кордоні України з Угорщиною.

***Рисунок 2** – Мости на митних переходах*

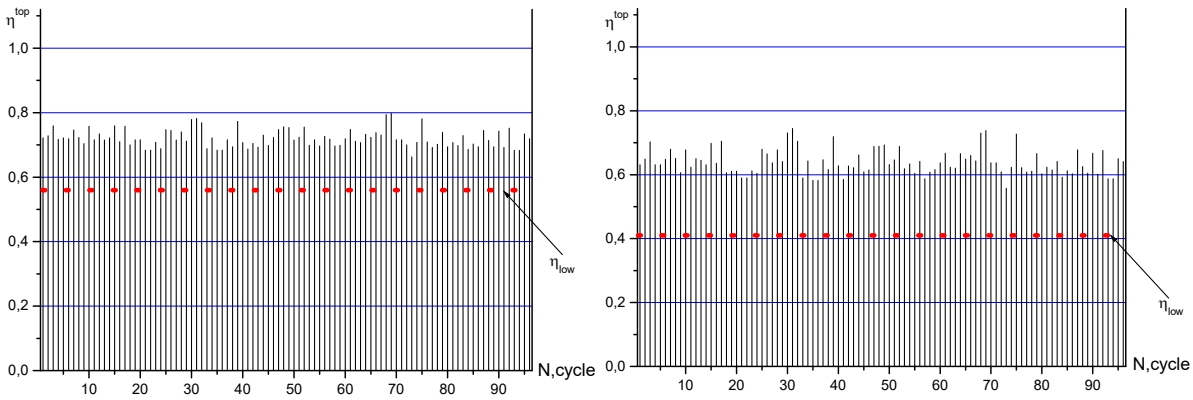
На рис. 3 представлено умовні рівні навантажень на прогонові будови при ймовірному пропуску по них реальних ВВН масою більше 60 т, що були зареєстровані в Укравтодорі протягом 2004 року. Пунктирною лінією позначено нижній рівень навантаження на прогонові будови, що відповідає зусиллям, які виникають від постійного навантаження та власної ваги конструкцій.



а)



б)



в) *г)*

а – для прогонової будови вип. 56, б – ВТП-16, в – серія 3.503-12 вип.16, г – ВТП-15.

Рисунок 3 *– Значення параметрів циклів повторних навантажень при ймовірному проїзді ВВН*

З рис. 3 видно, що найвищі рівні навантаження сприймають прогонові будови з каркасною арматурою вип. 56, кілька раз спостерігається незначне перевантаження (до 4%). Значні зусилля можна пояснити великими моментами від постійного та рухомого вертикального навантаження внаслідок великої віддалі між балками по ширині прогонової будови. В найлегших умовах працюють балки ВТП-16 через значну кількість балок в поперечному перерізі прогону. Дві інші типи прогонових будов займають проміжне положення, і в них присутні запаси несної здатності (табл. 3).

Аналогічним впливом можна характеризувати навантаження при випробуваннях мостів (рис. 4), хоча трапляються вони не так часто. Причому асиметрія циклу напружень (відносно максимального моменту, створеного тимчасовим вертикальним навантаженням), що виникає при випробуванні мостів, становить не менше 0,65 і може сягати 0,95 [6].

а *б*

а – міст через р. Стара Ріка у Закарпатській області;
б – шляхопровід на а/д Київ – Одеса, км 202

Рисунок 4 *– Випробування мостових споруд*

Також є характерним випадок, коли малоциклові навантаження виникають в мостах з обмеженою вантажопідйомністю (рис. 5), при чому це може трапитись навіть при проїзді транспортних засобів, що не є понаднормованими.

а *б*

Рисунок 5 *– Малоциклові навантаження, що виникають при експлуатації мостових споруд з обмеженою вантажопідйомністю*

Отже, малоциклові навантаження мають місце не тільки при експлуатації мостових споруд, а й під час виконання ремонтних робіт і натурних досліджень мостів.

Згідно досліджень [7, 8, 9, 10] вплив малоциклових навантажень на конструкції суттєво залежить від максимальних та мінімальних рівнів навантажень в циклі, їх відношенню (коефіцієнту асиметрії), пружно-пластичних властивостей матеріалу конструкції та ін. Дія нечасто повторюваних навантажень проявляється для залізобетонних попередньо напружених конструкціях у збільшенні їх прогинів у порівнянні з одноразовим її завантаженням, зменшенні висоти стиснутої зони, наростанні пластичних деформацій бетону, втраті попереднього напруження арматури, збільшення розкриття тріщин при максимальній амплітуді циклу та зменшення моменту їх розкриття, і, зрештою, втраті зчеплення арматури з бетоном. Все це може призвести до малоциклової втоми конструкції, а отже і до руйнування.

Висновки

1. Результати виконаних досліджень свідчать про наявність малоциклових навантажень при експлуатації автодорожніх мостів, що не враховують чинні норми з розрахунку та проектування мостів.
2. Згідно досліджень ці рівні становлять $\eta_{top} = M_{експл} / M_{гран} = 0{,}45 \div 1{,}00$ і в основному залежать від конструкцій прогонових будов мостів та їх технічного стану.
3. Як показали подальші дослідження [11,12], враховувати малоциклові навантаження в роботі залізобетонних конструкцій необхідно при розрахунку за другою групою граничних станів. У вказаних роботах внесено пропозиції до розрахунку тріщиностійкості залізобетонних конструкцій мостів при дії малоциклових навантажень.
4. Доцільно випробувальне навантаження на мости обмежити рівнем 60% від несної здатності. Як показали подальші дослідження, при збільшенні рівня малоциклових навантажень

вище $0,6\ P_{cr}$ відбувається різке збільшення ширини розкриття тріщин. Тому, щоб свідомо не погіршувати технічних стан транспортної споруди під час її натурних досліджень, можна знизити рівень випробувального навантаження за умови використання методу АЕ [11,12].

Література

1. Експлуатація і реконструкція мостів/Страхова Н.Є., Голубєв В.О., Ковальов П.М., Тодоріка В.В. – 2-е вид., випр. – К., 2002. – 408 с.
2. Правила проїзду великогабаритних та великовагових транспортних засобів автомобільними дорогами, вулицями та залізничними переїздами: Постанова Кабінету Міністрів України № 30 від 18.01.01. – Київ, 2001. – 5 с.
3. Инструкция по определению грузоподъемности железобетонных балочных пролетных строений эксплуатируемых автодорожных мостов: ВСН 32-89/Минавтодор РСФСР. – М.: Транспорт, 1991.
4. Рекомендації по перевезенню великовагових вантажів транспортними засобами по мостах. – Київ: Укравтодор, 1995. – 62 с.
5. Коваль П.М., Полюга Р.І., Парубець М.Г. Пропуск великовагових транспортних засобів по автодорожніх мостах України / Дороги і мости. // ДерждорНДІ ім. М.П. Шульгіна. Збірник наукових праць. Вип. 6. Київ. – 2006. – С. 199-209.
6. ДБН В.2.3-6-2002. Мости та труби. Обстеження та випробування. Державний комітет України з будівництва та архітектури. – Київ, 2002. – 26 с.
7. Шевченко Б.Н., Тарик К.Ю., Хусанов Э., Шевченко С.Б. Работа пустотних панелей перекрытия при одноразових и повторних нагружениях // Бетон и железобетон. – 1989. – № 6. – С. 8-10.
8. Коцебчук П.П., Бабич Є.М. Тріщиностійкість попередньо напружених залізобетонних балок при малоцикловому навантаженні // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво. – Рівне: УДАВГ, 1997. – Вип. 21. – С. 99-103.
9. Бабич Є.М., Панчук Ю.М. Дослідження роботи балок із змішаним армуванням при дії малоциклових навантажень високих рівнів // Актуальні проблеми водного господарства: Зб. наук. статей Ювіл. Всеукр. наук.-техн. конф. (21-23 жовтня 1997р.). – Рівне, 1997. – С. 42-44.
10. Валовой А.И. Работа преднапряженных плит при малоцикловом нагружении// Бетон и железобетон. – 1989. – № 6. – С. 10-11.
11. Коваль П.М., Полюга Р.І. Тріщиностійкість автодорожніх мостів в умовах малоциклових навантажень // Вестник Харьковского національного автомобильно-дорожного университета, 2006. – Вып. 34-35. – С. 110-37.
12. Коваль П.М., Полюга Р.І., Сташук П.М., Фаль А.Є. Дослідження конструкцій автодорожнього моста в умовах малоциклових навантажень // Наукові праці семінару “Сучасні проблеми проектування, будівництва та експлуатації споруд на шляхах сполучення”. – К.: НТУ – 2006. – С.152-159.