УДК 624.21.004.69

В. Г. Кваша*, Л. В. Салійчук*, В. Т. Котенко**
*Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра будівельної механіки,
** ДерждорНДІ, м. Полтава

ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ МОСТА ІЗ ЗБІРНИМИ ЗАЛІЗОБЕТОННИМИ ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНИМИ ПРОЛЬОТНИМИ БУДОВАМИ

© Кваша В. Г, Салійчук Л. В., Котенко В. Т., 2016

Описані конструктивні рішення наявного моста та варіанти проектних рішень його реконструкції з розширенням мостового полотна монолітною або збірно-монолітною залізобетонною накладною плитою та підсиленням балок зміною їх статичної схеми з розрізної на багатопрольотну нерозрізну.

Наявна прольотна будова залізобетонна, балкова перехресно-ребриста, розрізна за схемою 10×16,8 м з габаритом Г-7+2×0,9 м збудована в 1960–1961 рр. як об'єкт експериментального будівництва з попередньо напружених балок, розроблених в Укрдортранс НДІ (тепер ДерждорНДІ).

Реконструкція прольотної будови передбачала її розширення до габариту Г-10+2×1,0 м (Г-9+2×1,0 м) та підсилення балок на сприйняття нормованих тимчасових навантажень А15 і НК-100. Розглянути два варіанти розширення габариту прольотної будови. Перший – монолітною залізобетонною накладною плитою з одночасним підсиленням балок влаштуванням з обох зовнішніх сторін добетонованих контурних ребер і зміною статичної схеми з розрізної на нерозрізну.

Другий варіант передбачав розширення прольотної будови збірно-монолітною накладною плитою з заміною крайніх, найбільш ушкоджених наявних балок новими збірними балками з односторонніми консольними звісами полиці та одночасною зміною статичної схеми залишених балок з розрізної на нерозрізну.

Ключові слова: збірна залізобетонна прольотна будова, розчленовані по довжині попередньо напружені балки, розширення, підсилення, монолітна залізобетонна накладна плита, зміна статичної схеми.

The existing bridge designs and variations of design decisions reconstruction of the bridge expansion monolithic or precast-monolithic concrete slab and enhancement bill beams change their static circuit with a split on a continuous are described.

The existing span structure reinforced concrete, ribbed beam cross-cutting scheme 10 × 16,8 m clearance Г-7 + 2 × 0,9 m was built in 1960–64 years as a pilot facility construction of prestressed beams by Ukrdortrans NDI (now DerzhdorNDI).

Reconstruction span structure included its extension to clearance Г -10 + 2 × 1,0 m (Г -9 + 2 × 1,0 m) and reinforcement bars on the perception of the normative temporal loads A15 and НК-100. Consider two options for expanding dimensions span structure monolithic concrete slab while strengthening beams, arranging on both sides external contour edges and changing from static circuit on a continuous split.

The second option involved the extension span structure prefabricated monolithic slab with extreme replacing most existing damaged beams with new sided console racks and simultaneous change of the static scheme of girders substituted on a continuous split.

Key words: precast concrete span structure, divided by the length of pre-stressed beams, extension, reinforcement, concrete monolithic slab.

Вступ. Мета роботи

Міст через р. Сула біля с. Млини Полтавської області на км. 172+548 автодороги державного значення Р-60 Кролевець–Конотоп–Ромни–Пирятин належить до збірних залізобетонних балкових мостів малих і середніх прольотів масового будівництва 1960–1970-х років за типовими проектами

різних випусків або як об'єктів експериментального будівництва за науково-технічними розробками науково-дослідних структур різного підпорядкування [1, 3, 4, 11, 12]. Через недостатній габарит мостового полотна, незабезпечену вантажопідіймальність і значні експлуатаційні дефекти несучих конструкцій виникли обґрунтовані сумніви в можливостях подальшої його експлуатації. Тому сьогодні він потребує оцінювання фактичного фізичного стану прольотних будов і опор, а також реконструкції з розширенням габариту і забезпеченням вантажопідіймальності за нормативами чинних норм проектування нових мостів.

Науково-технічні розробки ГНДЛ-88 Національного університету "Львівська політехніка" з реконструкції різних типів прольотних будов, їх розширення і підсилення монолітною залізобетонною накладною плитою [3–9] переконливо свідчать про ефективність та широкі можливості раціонального застосування цього способу в комплексному виконанні основних завдань реконструкції: розширення мостового полотна, підсилення наявних балок до необхідної несучої здатності і жорсткості, покращення динамічних характеристик, заміну зношених елементів мостового полотна, ліквідацію деформаційних швів, досягнення необхідного рівня безпеки і комфортності руху та забезпечення довговічності і збільшення міжремонтних періодів за мінімальних витрат коштів і на реконструкцію, і на подальшу експлуатацію.

Тому метою роботи було оцінення фізичного стану та розроблення варіантів технічних рішень реконструкції цього моста з аналізом можливості використання монолітної залізобетонної накладної плити для розширення мостового полотна за нормативами дороги ІІІ-ї технічної категорії до габариту Г-10+2×1,0м (Г-9+2×1,0м) і підсилення балок прольотної будови зміною статичної схеми з розрізної на нерозрізну для збільшення вантажопідіймальності на сприйняття нормованих тимчасових навантажень А15 і НК-100 та забезпечення інших споживчих властивостей згідно з чинними нормами проектування нових мостів.

Проектні рішення реконструкції розроблені за описаною в науково-технічному звіті УкрдортрансНДІ (тепер ДерждорНДІ) за 1961 р. [11] конструкцією прольотної будови із розчленованих по довжині збірних залізобетонних попередньо напружених балок та за матеріалами обстеження моста, виконаного Полтавською філією ДерждорНДІ. Конструкція попередньо напружених балок і збудованого з їх застосуванням моста описана також у [2].

Існуюча прольотна будова та її технічний стан

У 1960–1961 рр. в УкрдортрансНДІ (тепер ДерждорНДІ) були розроблені, експериментально досліджені і впроваджені на об'єктах експериментального будівництва прольотні будови прольотами 15, 20, 30 м в світлі (довжина балок відповідно 16,76; 22,16; 32,96 м) з балок, розчленованих по довжині на 5, 7, 9 блоків і на сухих, і на мокрих стиках [2,11]. З цих блоків збирали балки відповідної довжини безпосередньо на місці будівництва моста на спеціальних стапелях або риштуваннях. Блоки об'єднували між собою натягом попередньо напруженої арматури з високоміцного дроту у вигляді пучків, які розташовували відкрито на верхній грані нижньої полиці збірних балок (рис. 1, *б, в*), натягували на упори, якими слугували крайні блоки з закритими каналами, і обетоновували по місцю. Верхній пучок аналогічної конструкції розташовували в закритому каналі. Для анкерування пучків на торцях крайніх блоків використовували конусні анкери. Кожен пучок попередньо напруженої арматури зібраний з 24Ø5 високоміцного дроту класу ВІІ. З таких балок у 1961 р. був збудований цей міст за десятипрольотною розрізною конструктивною схемою з довжиною прольотів 15 м у світлі (повна довжина балок – 16,76 м) Основні конструктивні рішення наявного моста наведені на рис. 1.

Поперечний переріз прольотної будови габаритом Г-7+2×0,90 м сформований з п'яти балок описаної вище конструкції з кроком 1,66 м (рис. 1, *а*). Поперек прольоту балки об'єднані в просторову систему прольотної будови трьома прольотними і двома опорними поперечними діафрагмами з кроком 3,7 м і 4,38 м вздовж прольоту. Півдіафрагми суміжних балок об'єднані між собою стиками на зварюванні нижніх і верхніх закладних пластин металевими об'єднувальними накладками. Балки довжиною 16,76 м і висотою 1,15 м (рис. 1, *б, в*) розчленяли на два крайні 1 і три проміжні 2 блоки, які об'єднували на сухих стиках 3 натягом арматурних пучків 4, їх обетонуванням 5 і анкеруванням конусними анкерами на торцях крайніх блоків.

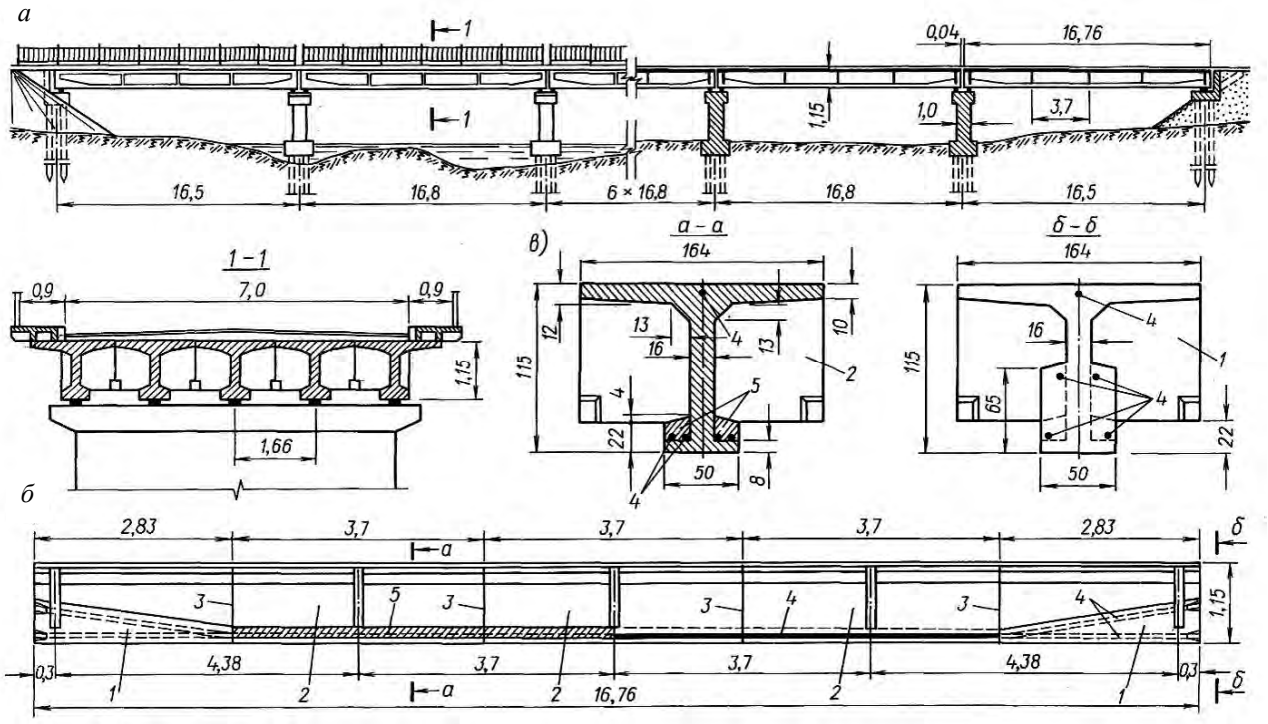

Рис. 1. Конструкція десятипрольотного моста через р. Сула біля с. Млини Полтавської області: а – загальний вигляд і поперечний переріз; б, в – конструкція балки прольотної будови; 1, 2 – крайні і середні блоки; 3 – сухі стики; 4 – пучки попередньо напруженої арматури; 5 – бетон замонолічення арматурних пучків над середніми блоками

Балки розраховані на нормовані тимчасові навантаження Н-13 і НГ-60 за чинними нормами періоду проектування моста Н106-53. За результатами випробування збудованого моста [11] ступінь навантаження крайньої, найбільше навантаженої балки під час випробувань становив 94 % від розрахункових нормованих навантажень, а її максимальний прогин (середній з випробувань 10-ти прольотів) становив 2,98 мм, що значно менше від допустимого 1/400 прольоту. Загалом результати випробувань прольотної будови цілком задовільні.

Найбільш істотним і небезпечним дефектом сьогодні є розкриття сухих стиків між блоками в окремих крайніх балках, наслідком чого є переломи їх профілю і збільшені прогини. Ймовірною причиною цього можна вважати часткову втрату попереднього напруження нижніх арматурних пучків, зусиллям в яких обтискали ці стики, внаслідок проковзування дротів арматури в конусних анкерах, або вминання самих анкерів у бетон торців крайніх блоків. Подібне явище спостерігали і на інших аналогічних об’єктах. Серед інших дефектів серйозним є також корозія бетону замонолічення нижніх пучків, розташованих на зовнішній полиці крайніх балок, що загрожує їх оголенням, подальшою корозією високоміцного дроту та його розривом. Проміжні балки практично дефектів не мають, потребують лише профілактичного ремонту і можуть бути використані під час реконструкції.

Принципові схеми реконструкції прольотної будови

Основним завданням реконструкції було розширення прольотної будови за нормативами дороги ІІІ-ї технічної категорії до Г-10+2×1,0 м (Г-9+2×1,0 м), забезпечення вантажопідіймальності, безпеки і комфортності руху та нормованого терміну експлуатації за вимогами чинних норм проектування нових мостів. Техніко-економічний аналіз показав, що для виконання вказаних вимог найефективнішим варіантом розширення прольотної будови є влаштування залізобетонної накладної плити з виступаючими консолями без розширення опор. Розроблено два варіанти розширення прольотної будови накладною плитою.

Варіант 1 (рис. 2) – влаштування монолітної залізобетонної плити з консольними ділянками, довжина яких забезпечує габарит проїжджої частини 10,0 м і двосторонні тротуари шириною 1,0 м.

Мостове полотно облаштоване стандартним півжорстким металевим бар'єрним огородженням безпеки і перильним огородженням. Для гарантованого забезпечення вантажопідіймальності розширеної прольотної будови на нормовані тимчасові навантаження А15 і НК-100, а також для захисту відкритих і найбільше ушкоджених тепер зовнішніх поверхонь крайніх балок і зменшення вильоту консолі накладної плити в цьому варіанті розширення передбачене їх підсилення влаштуванням з обох зовнішніх сторін добетонованих вертикальних монолітних контурних ребер, розташованих в межах висоти наявних балок.

З метою розвантаження проміжних балок у прольоті для можливості сприйняття ними без підсилення нормованих навантажень А15 і НК-100 під час реконструкції розрізну статичну схему наявної прольотної будови перетворюють в 10-прольотну нерозрізну з ліквідацією деформаційних швів над проміжними опорами. Створена нерозрізність дає можливість зменшити прольотні згинальні моменти за рахунок виникнення опорних. У такий спосіб досягають необхідного за розрахунком підсилення наявних балок. Нерозрізність створюють до влаштування накладної плити після видалення всіх елементів мостового полотна, тобто у разі мінімального постійного навантаження – тільки від власної ваги балок.

У зв'язку зі зміною статичної схеми під час реконструкції з розрізної на нерозрізну, а, відповідно, і перерізів балок, які сприймають навантаження за стадіями роботи, статичний розрахунок прольотної будови виконували з врахуванням стадійності прикладання навантажень. На першій стадії (створення нерозрізності) – прольотна будова розрізна з розрахунковим прольотом 16,2 м і розрахунковими перерізами наявних балок (крайня балка з видаленою зовнішньою консоллю полиці) працює лише на навантаження від власної ваги балок. На другій стадії (експлуатації) – прольотна будова десятипрольотна нерозрізна з розрахунковими прольотами 16,5 м (крайні) і 16,8 м (проміжні) з балками складеного перерізу (сумісно працюючі наявні балки і накладна плита) працює на другу частину постійних і на нормовані тимчасові навантаження А15, НК-100 і натовп на тротуарах. КПР визначали за методом позацентрового стиску. Розраховували прольотні будови крайнього і другого (першого проміжного) прольотів, в яких у разі нерозрізної статичної схеми виникають найбільші згинальні моменти.

За результатами розрахунку 10-прольотної нерозрізної системи реконструйованої прольотної будови з врахуванням стадійності прикладання постійних і тимчасових навантажень крайні балки крайнього прольоту виявились перевантаженими на 22,2 %, що компенсується нескладним додатковим армуванням добетонованих контурних ребер. У всіх проміжних прольотах несуча здатність балок забезпечується за рахунок наявної арматури, тому передбачене конструктивне армування контурних ребер у запас міцності крайніх балок цих прольотів.

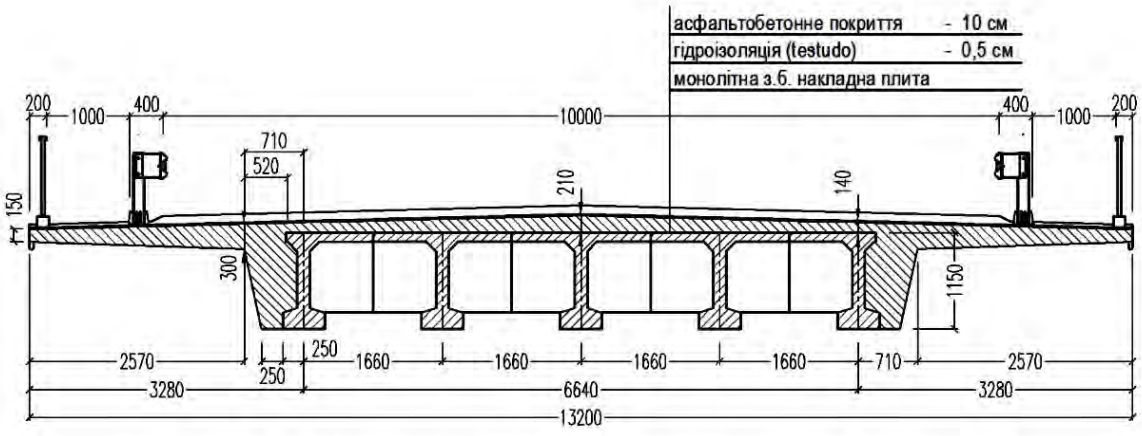

Рис. 2. Розширення прольотної будови монолітною залізобетонною накладною плитою з контурними ребрами підсилення крайніх балок (варіант 1)

Варіант 2 (рис. 3) передбачає влаштування збірно-монолітної накладної плити із заміною існуючих значно пошкоджених крайніх балок новими збірними балками з односторонніми консольними ділянками полиці, які забезпечують габарит мостового полотна Г-9+2×1,0 м. Армування нових балок попередньо напруженою арматурою прийнято згідно з розрахунком у кількості, достатній для сприйняття зусиль від нормованих навантажень А15 і НК-100. У такий спосіб збірно-монолітна накладна плита об'єднує збірні консольні ділянки, які одночасно входять у склад зовнішньої частини верхньої полиці нових крайніх балок і монолітну ділянку, розташовану в середній частині між новими крайніми балками над залишеними наявними. Такий спосіб влаштування накладної плити дає можливість уникнути влаштування опалубки для бетонування накладної плити, оскільки її консольні ділянки є збірними, а опалубкою монолітної частини слугують верхні полиці існуючих таврових балок. Монолітну частину накладної плити об'єднують з наявними балками за допомогою гнучких клеєстержневих анкерів [10].

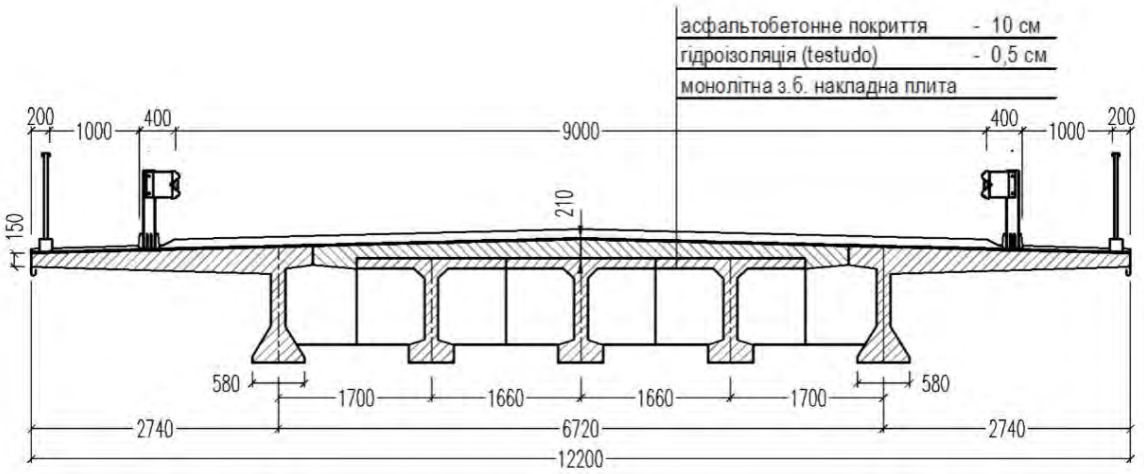

Рис. 3. Розширення прольотної будови збірно-монолітною накладною плитою з заміною крайніх балок (варіант 2)

Балки аналогічної конструкції застосовані на інших об'єктах, запроектованих в ГНДЛ-88, а їх виробництво освоєне на заводі збірних залізобетонних конструкцій "З бетони" в м. Калуш Івано-Франківської області [9]. Під час влаштування збірно-монолітної накладної плити також передбачене перетворення розрізної системи прольотної будови в нерозрізну з ліквідацією деформаційних швів над проміжними опорами[8].

В обох варіантах реконструкції прольотної будови нормована вантажопідіймальність забезпечується за рахунок:

- підсилення наявних крайніх балок, або заміни їх новими зі збільшеною несучою здатністю для сприйняття зусиль від нормованих тимчасових навантажень А15 і НК-100;
- влаштування залізобетонної накладної плити з долученням її у сумісну роботу з наявними балками;
- зміни статичної схеми з розрізної в нерозрізну.

Після виконання основних робіт з реконструкції проводять повну заміну елементів мостового полотна, а також виконують комплекс ремонтно-відновлювальних робіт з захисту відкритих поверхонь від агресивного впливу зовнішнього середовища для забезпечення нормованої довговічності реконструйованого моста.

Висновки

Розроблені конструктивні рішення реконструкції моста з прольотними будовами індивідуального проектування початку 1960-х років з розширенням монолітною залізобетонною

накладною плитою та підсиленням балок зміною статичної схеми з розрізної на нерозрізну підтвердили її доцільність і ефективність та забезпечення споживчих властивостей – вантажопідіймальності, пропускної здатності, комфортності і безпеки руху, довговічності і надійності за вимогами чинних норм проектування нових мостів.

1. Инструкция по уширению автодорожных мостов и путепроводов ВСН 51-88. – М.: Транспорт, 1990. –128 с. 2.Кваша В. Г. Обстеження та випробування автодорожніх мостів / В. Г. Кваша. – Львів: Нац. ун-т "Львівська політехніка", 2002.–103 с. 3. Кваша В. Г. Ефективні системи розширення і підсилення залізобетонних балкових прольотних будов автодорожніх мостів / В. Г. Кваша // Автореф. дис…. д-ра техн. наук. – К.: КНУБА, 2002. –33 с. 4. Кваша В. Г. Досвід ремонту та реконструкції мостів України / В. Г. Кваша // Вісник "Теорія і практика будівництва" – Львів: Нац. ун-т "Львівська політехніка", 2006. – № 562. – С. 38–49. 5. Кваша В. Г. Застосування монолітної залізобетонної накладної плити для розширення балкових автодорожніх мостів / В. Г. Кваша // Промислове будівництво та інженерні споруди. – К.: УкрНДІпроектстальконструкція, 2008. –№ 4. – С.24–31. 6. Кваша В. Г. Розширення струнобетонної прольотної будови монолітною залізобетонною накладною плитою з підсиленням балок і аварійних опор / В. Г. Кваша, Л. В. Салійчук. // Зб. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – К.: НТУ, 2006. – Вип. 73. – С. 116–120. 7. Кваша В. Г. Реконструкція автодорожнього моста з прольотними будовами за ТП вип. 56. / В. Г. Кваша, Л. В. Салійчук, В. В. Мельниченко, З. Т. Лапініна // Зб. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – К. :НТУ, 2004. – Вип. 69. – С. 74–81. 8. Кваша В. Г. Розширення прольотної будови автодорожнього моста з її підсиленням зміною статичної схеми без влаштування деформаційних швів / В. Г. Кваша, Л. В. Салійчук, В. С. Рачкевич // Зб. Дороги і мости. – К.: ДерждорНДІ, 2008. – Вип. 9. – С. 106–111. 9. Кваша В. Г. Реконструкція міського шляхопроводу з розширенням прольотної будови збірно-монолітною накладною плитою / В. Г. Кваша, Т. П. Ковальчик, А. Я. Мурин, В. М. Полець, Л. В. Салійчук // Вісник "Теорія і практика будівництва". – Львів: Нац. ун-т "Львівська політехніка", 2010. – № 662. – С. 208–216. 10. Салійчук Л. В. Застосування клеєстержневих анкерів при реконструкції мостів / Л. В. Салійчук, В. Г. Кваша // Зб. Дороги і мости. –К.: ДерждорНДІ, 2008. – Вип. 9. – С. 220–227. 11. Предварительно напряженные пролетные строения пролетом 10–30 м / Научно-технический отчет по теме № 06–61 за 1961 год. – К.: УкрдортрансНИИ, 1961. – 384 с. 12. Шестериков В. И. Экономическая эффективность уширения мостов на автомобильных дорогах / В. И. Шестериков, Э. В. Дингес // Обзорная информация. – М.: ЦБНТИ, 1983. – Вып. I. –64 с.