

ЕКСПЛУАТАЦІЙНИЙ СТАН, РЕКОНСТРУКЦІЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАНЬ РЕКОНСТРУЙОВАНОГО АВТОДОРОЖНЬОГО ШЛЯХОПРОВОДУ

© Горбачевська А. А., Кваша В. Г., 2017

Мости малих і середніх прольотів будівництва 50–60-років минулого сторіччя з прольотними будовами із збірних залізобетонних балок за типовим проектом ТП вип. 56 зараз не відповідають сучасним експлуатаційним вимогам і потребують реконструкції з доведенням їхніх технічних показників до вимог чинних норм проектування нових мостів. У нашій статті описано конструкцію і технічний стан збудованого в 60-х роках минулого сторіччя моста з прольотними будовами за ТП вип. 56 та конструктивні рішення його реконструкції з розширенням прольотної будови розробленою в ГНДЛ-88 Нац. ун-ту “Львівська політехніка” конструкцією збірно-монолітної накладної плити з одночасним підсиленням балок зміною їх статичної схеми з вільнообпертої на защемлену на опорах. Статичні випробування прольотної будови після реконструкції підтвердили ефективність прийнятих конструктивних рішень та достатню вантажопідйомність реконструйованого моста для сприйняття нормованих тимчасових навантажень А15 і НК-100.

Ключові слова: залізобетонний міст, експлуатаційний стан, реконструкція, випробування.

A. Horbachevska, V. Kvasha
Lviv Polytechnic National University,
GNDL-88

OPERATIONAL STATE, RECONSTRUCTION AND TEST RESULTS OF RECONSTRUCTED HIGHWAY OVERPASS

© Horbachevska A., Kvasha V., 2017

The small and medium span bridges constructed in the 50-60s of the last century with span structures of prefabricated reinforced concrete beams according to the typical project of 1956 year currently do not meet modern exploitative requirements and require reconstruction with bringing of their technical characteristics in accordance to the requirements of the current design norms for new bridges. The design and technical condition of the bridge with span structures built in the 60s of the last century by the TP-56 and the constructive decisions of its reconstruction with the expansion of the span structure by using developed in GNDL-88 of Lviv Polytechnic National University the construction of the collapsible-monolithic superimposed plate with simultaneous strengthening of beams by changing their static scheme from freely adjoining to jamming on supports are described. Static tests of the span structure after the reconstruction confirmed the effectiveness of the adopted design solutions and sufficient load-carrying capacity of the reconstructed bridge to perceive normalized temporary loads A15 and NK-100.

Key words: reinforced concrete bridge, operational state, reconstruction, testing.

Вступ. Постановка питання. Мета роботи. Шляхопровід через залізницю на км. 7+222 автодороги Західний обхід м. Львова на приміській ділянці з об'єднаними міським і транзитним

потоками руху належить до побудованих у великій кількості в 50–60-х роках минулого сторіччя за першим і єдиним на той час розробленим ПІ Союздорпроект у 1954–56 роках типовим проектом мостів з перехресно-ребристими прольотними будовами із збірних залізобетонних таврових балок з багаторядовою каркасною арматурою періодичного профілю (ТП вип. 56) [2–5, 10, 11, 15].

Ділянка кільцевої автодороги Західний обхід Львова розташована між двома магістральними перевантаженими транспортом вулицями м. Львова – Городоцькою і Стрийською. Тому, зважаючи на велику інтенсивність руху і важливість цієї ділянки для розвантаження вулиць від транзитного і частково міського автотранспорту, перспективним планом розвитку транспортної інфраструктури передбачалась її реконструкція з радикальним покращенням експлуатаційних параметрів і переведенням у 1-шу технічну категорію з повною перебудовою існуючого на цій ділянці шляхопроводу, який за результатами обстежень без достатнього обґрунтування був визнаний непрацездатним і передаварійним здебільшого через вкрай незадовільний стан крайніх балок у всіх прольотах і ригелів проміжних опор. Тому передбачалось будівництво на його місці нового шляхопроводу з експлуатаційними параметрами за нормативами дороги 1-ї технічної категорії.

Реалізація цього проекту потребувала значних коштів і доволі тривалих термінів виконання робіт. Тому зараз він не реалізований, а прийняте рішення про ремонт ділянки дороги за нормативами 2-ї технічної категорії, детальне і більш кваліфіковане обстеження існуючого шляхопроводу з метою виявлення можливостей його подальшої експлуатації та реконструкції, яка за вартістю у кілька разів менша порівняно з перебудовою і може бути виконана у короткі терміни.

Повторне обстеження, виконане ГНДЛ-88 Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, показало, що висновок попередніх обстежень про аварійний стан шляхопроводу і необхідність його перебудови був помилковим. Незважаючи на наявність серйозних дефектів прольотних будов і опор, технічний стан моста визнаний придатним для реконструкції з використанням для розширення прольотної будови і підсилення балок науково-дослідних і дослідно-конструкторських розробок ГНДЛ-88 [3–5, 8, 11, 12], яка і розробила проект реконструкції моста.

Тому мету цієї роботи можна сформулювати як накопичення досвіду реконструкції мостів з прольотними будовами за ТП вип. 56 з застосуванням для розширення габариту мостового полотна й одночасного підсилення балок залізобетонної накладної плити і зміни статичної схеми, а також експериментальна перевірка прийнятих конструктивно-технологічних рішень реконструкції за результатами статичних випробувань реконструйованої прольотної будови. До реконструкції прольотну будову не випробовували через вкрай незадовільний стан крайніх балок і ригелів проміжних опор та можливості їх обвалення під випробувальним навантаженням.

Конструкція та технічний стан існуючого шляхопроводу. За конструкцією шляхопровід залізобетонний, балковий, розрізний, чотирипрольотний з однаковими прольотами по 14,1 м загальною довжиною 56,8 м. Габарит мостового полотна Г-8,3 м з двосторонніми тротуарами підвищеного типу по 0,7 м (рис. 1, рис. 2 а, в).



Рис. 1. Загальний вид існуючого шляхопроводу

Прольотні будови перехресно-ребристі із збірних залізобетонних балок за ТП вип. 56 [2, 10, 11, 15]. В поперечному перерізі всіх прольотів розташовано по 7 балок таврового перерізу з кроком поперек прольоту 1,4 м, об'єднаних у просторову систему прольотної будови поперек прольоту тільки в площинах поперечних діафрагм, розташованих уздовж прольотів з кроком 2,7 м і об'єднаних зварюванням верхніх і нижніх закладних деталей півдіафрагм суміжних балок металевими накладками за конструктивним рішенням ТП вип. 56 [15].

Берегові опори шляхопроводу обсіпні, полегшеного типу з однорядних залізобетонних забивних паль, об'єднаних зверху монолітною залізобетонною насадкою з шафовою стіною і зворотними відкрilками. Проміжні опори одностовпчасті залізобетонні, полегшені із двоступінчастими двоконсольними ригелями (рис. 2, в). Стовп опори круглого перерізу діаметром 1,30 м, знизу жорстко защемлений і монолітно об'єднаний із залізобетонною плитою фундаменту. Ригелі опор збірно-монолітні, двоступеневі з вильотом консольних ділянок 3,76 м. Нижній ступінь ригеля монолітна, жорстко защемлена у верхньому обрізі стовпа. Верхня – збірна з двох плитних елементів, об'єднаних між собою поздовжнім замоноличеним стиком.

Комплекс існуючого мостового полотна включає проїзну частину шириною 8,3 м без смуг безпеки, двосторонні підвищені тротуари шириною по 0,7 м із збірних типових (за ТП вип. 56 [15]) накладних залізобетонних блоків рамної конструкції, металеве перильне огороження ґратчастого типу і встановлене уже в процесі експлуатації захисне напівжорстке металеве бар'єрне огороження, закріплене до нестандартних металевих стійок та перильного огороження, чим повністю перекриває рух пішоходам. Покриття їздового полотна – асфальтобетон товщиною 20–22 см, що збільшує постійне навантаження на прольотну будову порівняно з проектним. Над береговими опорами влаштовані деформаційні шви закритого типу з металевим лотком-компенсатором.

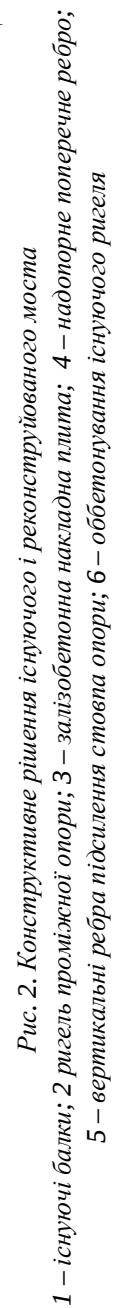
Виявлені під час обстеження дефекти і пошкодження є типовими для залізобетонних мостів старої побудови [2, 8, 11]. Насамперед це вкрай незадовільний стан облаштування мостового полотна з багаторазовим нарощенням шарів асфальтобетонного покриття з нерівностями і вибоїнами в ньому, зруйнованими деформаційними швами, а також неробочим станом гідроізоляції, термін служби якої давно вичерпався. Їздове полотно має недостатній габарит для забезпечення пропускної здатності і безпеки руху за нормативами дороги другої технічної категорії. Загалом під час реконструкції мостове полотно потребує розширення і заміни облаштування.

У прольотних будовах внаслідок активної дії багаторазового періодичного замочування-висихання, замерзання-розмерзання недопустимо пошкодженими є відкриті бокові і нижні поверхні крайніх балок. Це відшарування захисного шару бетону на значних ділянках з оголенням поздовжньої і поперечної арматури, її інтенсивна корозія з втратою площі поздовжньої арматури Ø32 мм до 20 % і поперечної арматури Ø8 мм до 70 %. Окремі стержні поперечної арматури прокородували на 100 % (розірвані). За цими ознаками крайні, найбільше навантажені балки всіх прольотів визнані непрацездатними та неремонтопридатними і під час реконструкції потребують заміни.

Проміжні балки прольотних будов мають лише частково зруйновані торцеві ділянки внаслідок періодичного замокання і замерзання через розгерметизовані деформаційні шви. Інших дефектів, які б істотно впливали на їхню несучу здатність, нема. Під час реконструкції потребують очищення поверхонь, захисту від негативного впливу факторів зовнішнього середовища.

Діафрагми між середніми балками всіх прольотів мають лише окремі пошкодження поверхонь бетону, потребують ремонту і можуть бути використані для подальшої експлуатації та під час реконструкції.

Насадки берегових опор мають незначні раковини, сколи, дрібні тріщини, вивітрювання бетону, нагромадження сміття, стовпи проміжних опор – сколи, дрібні раковини, вивітрювання бетону, поздовжні тріщини в збірних кільцевих елементах. Бетон ригелів кородований, з відшаруванням захисного шару, внаслідок чого арматура на значних ділянках оголена і сильно кородована. Стан ригелів усіх проміжних опор внаслідок руйнування захисного шару, оголення і корозії арматури непрацездатний. Вони потребують відновлення і підсилення.



За результатами обстеження та характером виявлених дефектів і пошкоджень згідно з вимогами ДБН В.2.3-6 2009 [1] стан існуючого шляхопроводу був визнаний як непридатний до нормальної експлуатації, не відповідав експлуатаційним вимогам за пропускну здатністю і вантажопідйомністю як об'єкт дороги II технічної категорії.

Конструктивні рішення реконструкції шляхопроводу та підсилення балок прольотної будови. Основним завданням реконструкції було розширення прольотної будови за нормативами дороги II технічної категорії до $\Gamma-10,5+2\times 1,0$ м та забезпечення вантажопідйомності на сприйняття нормованих чинними нормами проектування нових мостів нормованих тимчасових навантажень A15 і НК-100. Супутні завдання – заміна конструкцій облаштування мостового полотна і виконання комплексу ремонтно-відновлювальних робіт для ліквідації дефектів і забезпечення довговічності реконструйованої споруди, зіставної з нормованою довговічністю нових мостів.

Розширення прольотної будови до заданого габариту після демонтажу крайніх балок виконане на основі залишених плоскою збірно-монолітною залізобетонною накладною плитою, конструкція якої принципово аналогічна до застосованої на іншому об'єкті реконструкції [8] і охоплює збірні консольні ділянки завдовжки 2,7 м, які одночасно входять до складу зовнішньої частини верхньої полиці нових збірних крайніх балок (рис. 2, б, г) і монолітну ділянку, розташовану в середній частині між новими балками над залишеними існуючими, полиці яких служили опалубкою для її бетонування. Монолітну частину накладної плити надійно об'єднували для сумісної роботи з існуючими балками гнучкими петльовими арматурними анкерами [14]. Накладна плита армована верхніми і нижніми арматурними сітками, робочі стержні яких з'єднували на зварюванні внапуск з арматурними випусками з полиці нових крайніх балок.

Прийнятий варіант збірно-монолітної накладної плити дає можливість без особливих труднощів змінити статичну схему існуючих прольотних будов з розрізної на балково- або рамно-нерозрізну і таким чином розвантажити існуючі і нові балки в прольотах шляхом зменшення прольотних згинальних моментів у них за рахунок виникнення опорних в новій нерозрізній системі. Нерозрізність у реконструйованій прольотній будові створювали влаштуванням над береговими і проміжними опорами поперечних опорних ребер, у які вмонтували торці суміжних існуючих і нових балок (рис. 2, д). Крім того, нові балки об'єднували в нерозрізну систему зварюванням внапуск відповідних випусків арматури з їх торців.

Проміжні опори підсилені обетонуванням з додатковим армуванням існуючих двоступінчастих ригелів з перетворенням їх в одноступінчасті (рис. 2, г), а також добетонуванням у площині опори з обох сторін існуючих круглих стовпів додатково армованих вертикальних ребер жорсткості, включення в роботу яких забезпечує несучу здатність опор на дію навантажень поперек прольоту.

Після виконання робіт з розширення прольотної будови виконана повна заміна елементів облаштування мостового полотна, а також ремонтні роботи з забезпечення нормованої довговічності реконструйованого моста.

Випробування прольотної будови після реконструкції. Метою випробувань було виявити дійсний характер просторової роботи прольотної будови і розподіл тимчасового навантаження між балками після заміни крайніх балок новими більшої жорсткості, влаштування збірно-монолітної накладної плити і зміни статичної схеми, а також прогнозування можливостей подальшої експлуатації. Одним із важливих завдань випробувань була експериментальна перевірка дійсної статичної схеми реконструйованої прольотної будови із двох можливих: класичної балкової нерозрізної з шарнірним опиранням балок на опорах або з повним їх защемленням (рамно-нерозрізна).

Прольотну будову крайнього (К) і середнього (С) прольотів випробовували за загально-прийнятою методикою [1, 2, 4, 6 та ін.] після завершення всіх робіт з реконструкції. Для випробувань використовували тимчасове рухоме навантаження з однієї або двох колон навантажених автомобілів-самоскидів КрАЗ, по одному або два автомобілі в колоні (тиск на передню вісь 45,5 кН, на задні осі візка по 93,0 кН).

На прольотній будові впоперек і вздовж прольоту автомобілі встановлювали в найневигідніше становище за відповідними лініями впливу для одержання максимальних згинальних моментів (максимального навантажувального ефекту) в крайній і суміжній з нею балках. Здійснені лівосторонні (л) і правосторонні (п) схеми позацентрового навантаження крайнього (К) і середнього (С) зрозумілі відповідно з рис. 3, а, б і рис. 4, а, б.

Для одержання графіків прогинів балок $M-f$ навантаження проводили ступенево (а, б, в), встановлюючи послідовно за прийнятими схемами в одну колону один (а) і два автомобілі (б), і в дві колони по два автомобілі (в) на крайньому (схеми Кл, Кп) і середньому (схеми Сл, Сп) прольотах з вимірюванням прогинів на кожному ступені навантаження. Ці схеми охопили всі можливі в режимі найневигодніших експлуатаційних навантажень.

За контрольовану при випробуваннях деформацію прийняті прогини (вертикальні переміщення) балок прольотної будови, які вимірювали для кожної балки в середині прольоту механічними прогиномірами 6 ПАО з ціною поділки 0,01 мм.

Аналіз та оцінка результатів випробувань. Основним результатом випробувань є прогини балок у середині прольоту, які для всіх схем навантаження (а, б, в) представлені в таблицях на рис. 3, б; 4, б, та для можливості аналізу і порівняння – у вигляді епюр їх розподілу між балками при кожній схемі випробувального навантаження (рис. 3, б; рис. 4, б). При навантаженні прольотних будов лівими і правими схемами, які були ідентичними, але “дзеркально” зміщеними до лівого або правого бар’єрів і створювали однакову максимальну навантаженість, відповідно, лівої і правої крайніх балок їх максимальні прогини були досить близькими між собою, відповідно, 3,30 мм і 3,32 мм для крайнього і 4,05 мм і 4,35 мм, для середнього прольотів. Тобто незначна різниця прогинів балок при лівих і правих схемах навантаження є додатковим свідченням достовірності їх вимірних величин.

Характер розвитку прогинів між балками для обох випробуваних прольотів практично однаковий і залежить від навантажувального ефекту, створюваного однією чи двома колонами випробувального навантаження. При одній колоні (схеми а, б), тобто максимальному ексцентриситеті прикладання навантаження відносно осі поперечника прольотної будови, епюри розподілу прогинів криволінійні, що є характерним для прольотних будов з відношенням довжини прольоту L до ширини між крайніми балками B $L/B < 2$. При двох колонах і, відповідно, меншому ексцентриситеті розподіл прогинів близький до лінійного, хоча менше виражена кривина епюр зберігається.

Максимальний прогин крайньої балки в розширеній прольотній будові при схемі навантаження Св становив 4,35 мм, що становить лише 1/3241 прольоту при допустимому короткочасному прогині 1/400. Такі незначні прогини і відображають ефект впливу на роботу прольотної будови конструктивних елементів реконструкції: зменшення навантаженості прольотної будови внаслідок зміни її статичної схеми і збільшення жорсткості поперечника, а також суттєвого збільшення жорсткості нових крайніх балок з односторонніми консолями та існуючих після включення в сумісну роботу з ними накладної плити.

За експериментальними прогинами знаходили другу важливу для аналізу характеру просторової роботи прольотної будови під навантаженням характеристику, так званий коефіцієнт поперечного розподілу тимчасового навантаження (КПР). За фізичним змістом він відображає ту частину навантаження, яка передається на кожну балку прольотної будови. Його експериментальні значення знаходять у допущенні, що прольотна будова працює у пружній стадії, а розподіл випробуваного навантаження між балками поперек прольоту пропорційний їхнім прогинам. Насправді, як показано в роботах [6, 8, 12, 13], за співвідношенням прогинів визначають не КПР навантаження, а КПР згинального моменту (КПРМ). Якщо визначені за результатами випробувань (експериментальні) $КПРМ_{\text{е}}$ мають задовільну збіжність з розрахованими (теоретичними) $КПРМ_{\text{т}}$ можна вважати, що прийнятий метод просторового розрахунку відображає дійсну розрахункову модель прольотної будови. При відомих $КПРМ$ і сумарному згинальному моменту на прольотну будову при $КПРМ=1,0$ навантажувальний ефект на кожну балку M_i знаходять їх перемноженням.

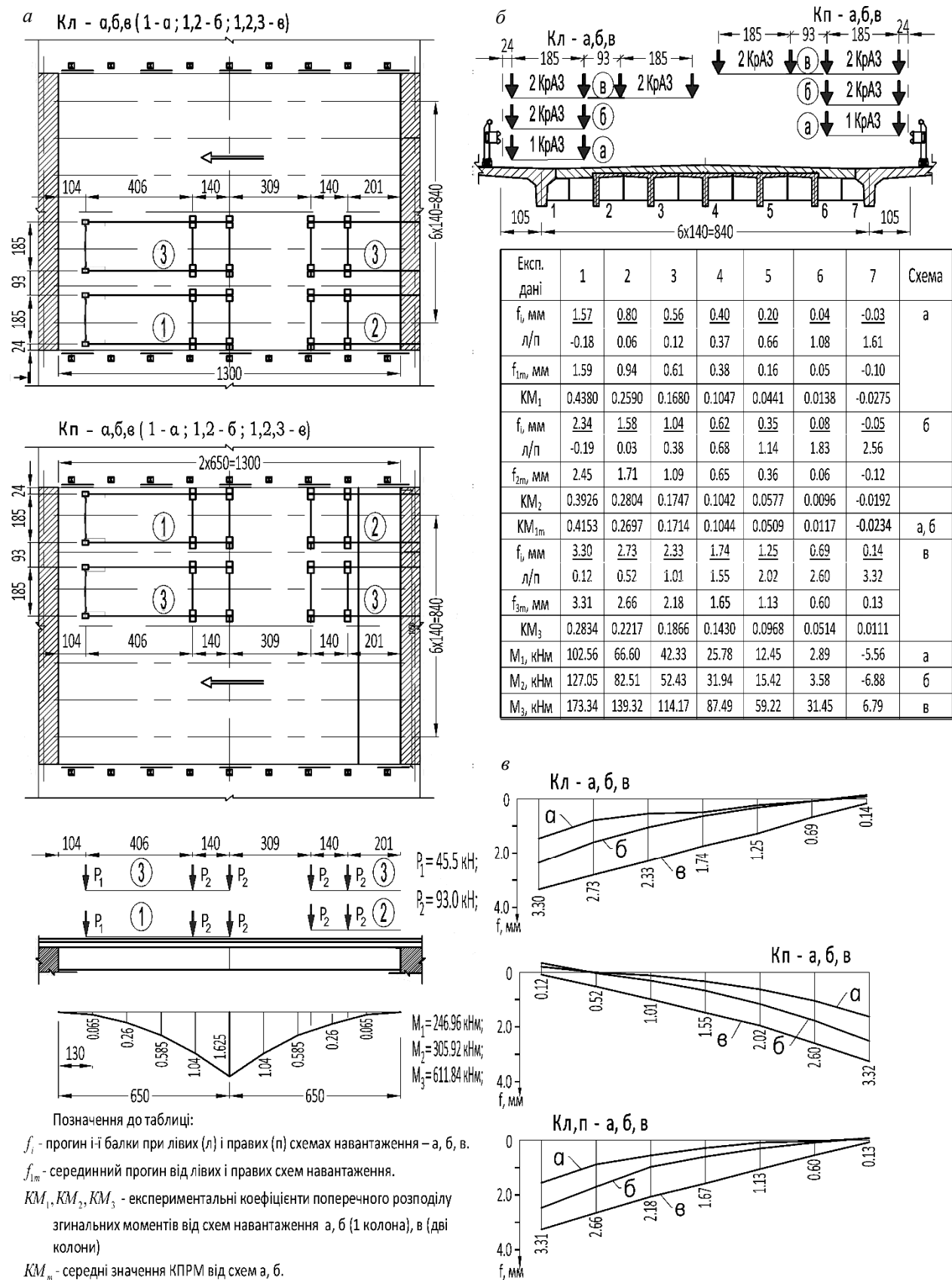


Рис. 3. Результати випробувань розширеної прольотної будови крайнього прольоту при навантаженні за схемами а, б, в; а - схеми розташування випробувального навантаження; б - таблиця результатів випробувань та епюри прогинів балок при ліво- (л) і правосторонній (п) схемах навантаження і середні з ліво- і правосторонніх схем (л, п); M_1, M_2, M_3 - сумарні згинальні моменти на прольотну будову (при КПРМ=1,0) від схем навантаження 1, 2, 3

Дійсну статичну схему (розрахункову модель) реконструйованої прольотної будови із двох найбільш ймовірних – класичної нерозрізної з шарнірним обпиранням балок на опори і повністю защемленої на проміжних і берегових опорах (рамно-нерозрізної) уточняли шляхом порівняння прогинів балок і КПРМ крайнього і середнього прольотів (рис. 4), які залежать від величини згинальних моментів.

При класичній нерозрізній системі згинальний момент від навантаження, а, відповідно, і прогини балок і КПРМ у крайньому прольоті повинні бути більшими, ніж у середньому (рис. 5, а, б). При повністю защемленій статичній схемі кожен прольот працює окремо і теоретично згинальні моменти, прогини і КПРМ в обох прольотах повинні бути однакові (рис. 5, в). Представлене на рис. 4 порівняння епюр прогинів (рис. 5, а) і епюр КПРМ (рис. 5, б) показує, що і прогини балок і КПРМ для обох прольотів майже збігаються. Їх різниця перебуває в межах природного розкиду експериментальних даних, а у середньому прольоті навпаки вони навіть є дещо більшими. Наведене порівняння переконливо свідчить, що прийняті в проекті реконструкції конструктивні рішення забезпечили роботу прольотної будови за повністю защемленою статичною схемою з найбільшим розвантажувальним ефектом балок у прольотах, що наочно видно з порівняних на рис. 6, ліній впливу згинального моменту в крайньому і середньому прольотах при класичній нерозрізній статичній схемі (рис. 6, а, б) і таких же ліній впливу при защемленій статичній схемі (рис. 6, в).

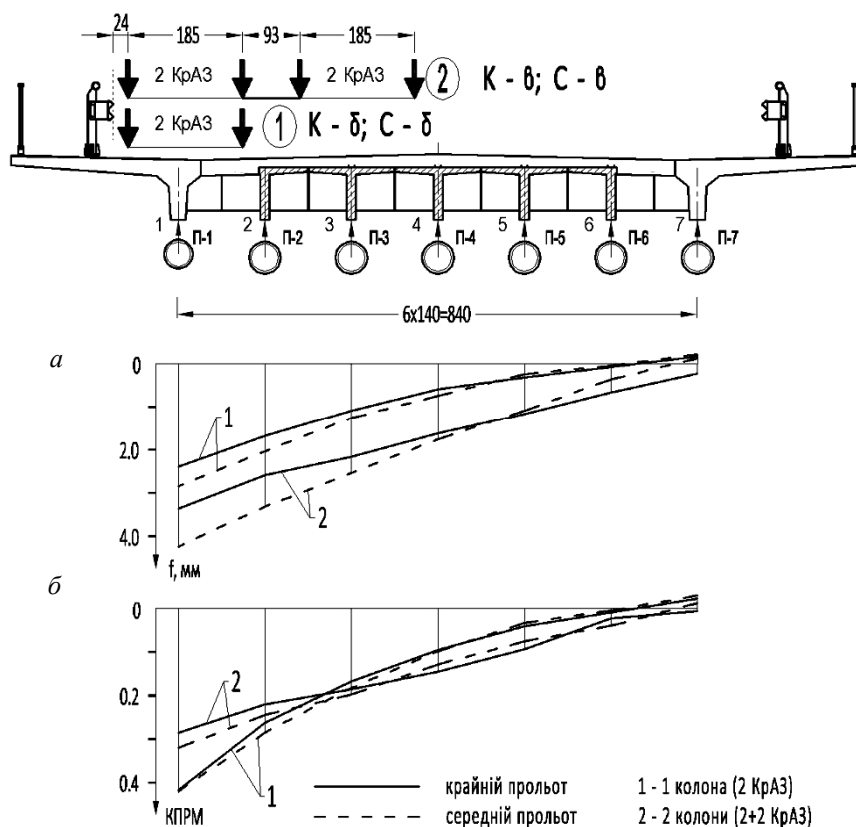


Рис. 5. Порівняння прогинів (а) і КПРМ (б) балок крайнього і середнього прольотів за схемами навантаження б(1) і в(2)

Це підтверджує і порівняння розрахованої за цими лініями впливу навантаженості прольотних будов згинальним моментом у середині прольоту від двох колон випробувального навантаження при КПРМ=1,0. Зокрема, при шарнірно обертій нерозрізній статичній схемі навантаженість крайнього прольоту є найбільшою і становить 1272,4 кН·м, середнього є меншою – 1122,3 кН·м, і є найменшою для обох прольотів при защемленій – 611,8 кН·м, тобто зменшення навантаженості порівняно з нерозрізною становить 2,08 рази, що свідчить про істотний вплив статичної схеми на характер просторової роботи і навантаженість прольотної будови. Тому цілком

закономірно можна вважати, що така прольотна будова після реконструкції завдяки защемленню балок у потужні надопорні поперечні ребра працює не за класичною нерозрізною статичною схемою, а близькою до защемленої, тобто має значний запас вантажопідйомності на сприйняття без обмежень нормованих тимчасових навантажень А15 і НК-100.

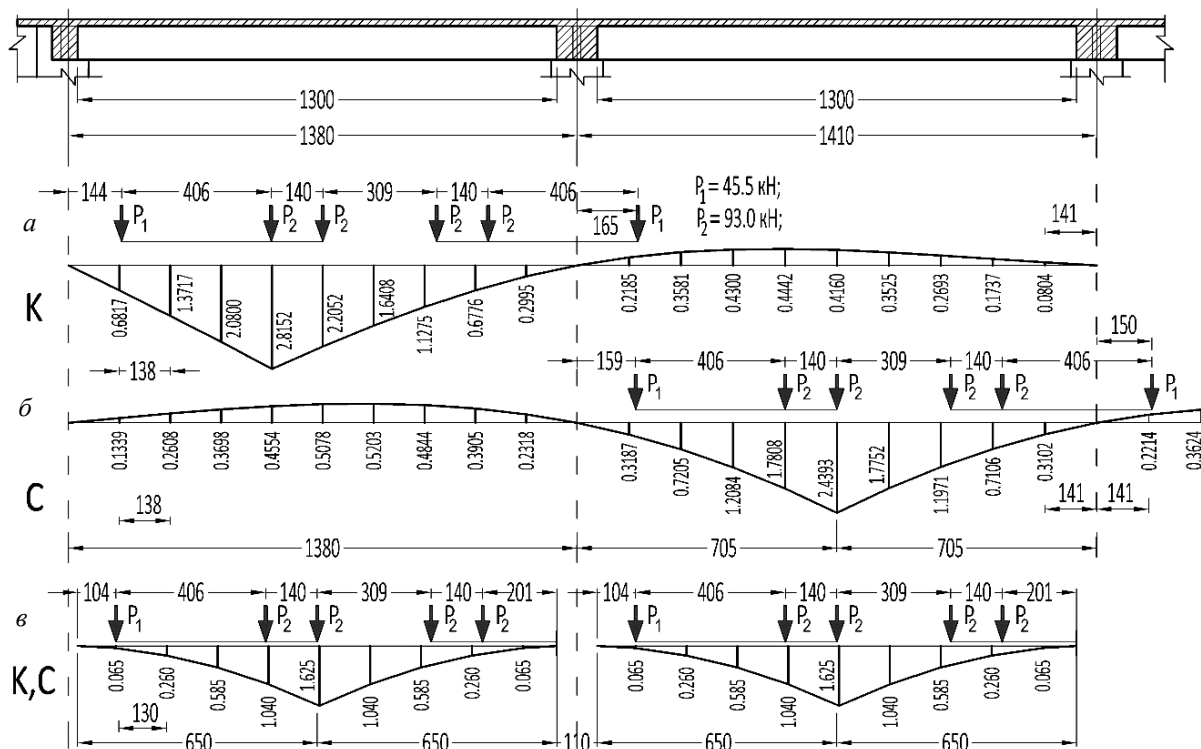


Рис. 6. Розрахункові моделі крайнього (а, в) і середнього (б, в) прольотів при нерозрізній (а, б) і защемленій (в) статичних схемах

Висновки. 1. Проведена реконструкція залізобетонної прольотної будови за ТП вип. 56 після тривалого періоду експлуатації показала її доцільність і ефективність, технологічність і надійність прийнятих конструктивних рішень, а випробування після розширення залізобетонною накладною плитою і підсилення балок зміною статичної схеми підтвердили забезпечення основних експлуатаційних показників: вантажопідйомності, пропускної здатності, безпеки і комфортності руху.

2. Малі значення виміряних при випробуваннях прогинів балок у реконструйованій прольотній будові свідчить про надійне включення в сумісну роботу з ними залізобетонної накладної плити та зміни статичної схеми і, внаслідок цього, збільшення і жорсткості балок, і поперечної жорсткості прольотної будови загалом.

3. Аналіз можливих статичних схем реконструйованої прольотної будови за результатами статичних випробувань показав, що найбільший ефект у розвантаженні балок у прольоті, тобто найбільший ступінь їх підсилення на дію згинального моменту одержують при зміні статичної схеми з розрізної на защемлену на опорах.

4. Результати статичних випробувань прольотної будови середнього і крайнього прольотів підтвердили, що за несучою здатністю, тріщиностійкістю і деформативністю реконструйована прольотна будова відповідає експлуатаційним вимогам чинних норм проектування нових мостів ДБН В.2.3-14:2006 та ДБН В.1.2-15:2009 і придатна для подальшої експлуатації на нормовані тимчасові навантаження А15 і НК-100, а також можливість подальшого використання прольотних будов за ТП вип. 56 і продовження терміну їх експлуатації, зіставного з новозбудованими мостами.

1. ДБН В.2.3-6:2009. Мости та труби. Обстеження та випробування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 31 с. 2. Кваша В. Г. Обстеження та випробування автодорожніх мостів / В. Г. Кваша. – Львів: Нац. ун-т "Львівська політехніка", 2002. – 102 с. 3. Кваша В. Г. Розширення збірних залізобетонних прольотних будов з багаторядковою каркасною арматурою залізобетон-

ною накладною плитою / В. Г. Кваша // 3б. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Вип. 4 – Рівне: УДУВГП, 2000. – С. 205–213. 4. Кваша В. Г. Реконструкція автодорожнього моста з прольотними будовами за ТП вип. 56 / Кваша В. Г., Салійчук Л. В., Мельниченко В. В., Лапініна З. Т. // 3б. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – К.: НТУ, 2004. – Вип. 69. – С. 74–81. 5. Кваша В. Г. Відновлення автодорожнього моста після наслідків повені з розширенням і підсиленням прольотної будови / В. Г. Кваша, Л. В. Салійчук, В. С. Рачкевич, Л. Я. Семанів // 3б. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне: НУВГП, 2008. – Вип. 16, ч. 1 – С. 342–350. 6. Кваша В. Г. Аналіз розподілу тимчасового навантаження між балками прольотної будови за результатами натурних випробувань / В. Г. Кваша, В. С. Рачкевич // Вісник Теорія і практика будівництва. – Львів: НУЛП, 2008. – № 627. – С. 122–128. 7. Кваша В. Г. Застосування монолітної залізобетонної плити для розширення балкових автодорожніх мостів // Промислове будівництво та інженерні споруди. – К.: УкрНДІ проектстальконструкція, 2008. – № 4. 8. 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: НУЛП, 2010. – № 662. – С. 208–216. 9. 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 // 3б. Ресурсоекономні матеріали конструкції, будівлі та споруди. – Рівне: НУВГП, 2011. – Вип. 21. – С. 582–589. 10. Матаров И. А. Сборные железобетонные мосты с многорядной сварной арматурой / И. А. Матаров, Л. С. Смирнова, А. Л. Шилина. – М.: Автотрансиздат, 1959. – 186 с. 11. Рачкевич В. С. Експлуатаційний стан та ефективні системи відновлення збірних залізобетонних прольотних будов з багаторядовою каркасною арматурою / В. С. Рачкевич, В. Г. Кваша // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне: НУВГП, 2009. – Вип. 18. – С. 521–523. 12. Рачкевич В. С. Розширення і підсилення бездіафрагмових прольотних будов зі збірних залізобетонних балок з багаторядовою арматурою за ТП. – Вип. 56д / В. С. Рачкевич, В. Г. Кваша, Л. В. Салійчук, А. А. Тузяк // Вестник Харьковського автомобільно-дорожного университета. – Харьков: НАДУ, 2012. – Вип. 58. – С. 24–31. 13. Рачкевич В. С. Дослідження просторової роботи залізобетонної перехресно-ребристої балкової прольотної будови до та після розширення і підсилення накладною плитою / В. С. Рачкевич // Вісник Теорія і практика будівництва. – Львів: НУЛП, 2015. – № 823. – С. 270–280. 14. Салійчук Л. В. Застосування клеє-стержневих анкерів при реконструкції мостів. / Л. В. Салійчук, В. Г. Кваша // Дороги і мости. – К.: ДерждорНДІ, 2009. – Вип. 9. – С. 220–227. 15. Типовые проекты сооружений на автомобильных дорогах. Вип. 56. Пролётные строения железобетонные, сборные с каркасной арматурой периодического профил. – М.: Стройиздат, 1958. – 56 с.

References

1. Sporudy transportu. Mosty ta truby. Osnovni vymogy proektuvannja [Transport buildings. Bridges and pipes. Basic design requirements]. (2009). DBN V.2.3-22:2009. Kyiv: Minregionbud Ukrai'ny [in Ukrainian]. 73 p.
2. Sporudy transportu. Mosty ta truby. Obstezhennja i vyprobuvannja [Transport buildings. Bridges and pipes. Inspection and testing.]. (2009). DBN V.2.3-6:2009. Kyiv: Minregionbud Ukrai'ny [in Ukrainian]. 31 p.
3. Kvasha V. G. Obstezhennja ta vyprobuvannja avtodorozhnih mostiv [Inspection and testing of road bridges]. – Lviv, National University “Lviv Polytechnic”, 2002. 102 p.
4. Kvasha V. H. Rozshyrennya zbirnykh zalizobetonnykh prol'otnykh budov z bahatoryadkovoyu karkasnoyu armaturoyu zalizobetonnoyu nakladnoyu plytoyu [Expansion of precast reinforced concrete span structures with multi-row frame reinforcement by reinforced concrete slab]. Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy. Rivne. 2000, vol. 4, pp. 205–213. (In Ukrainian).
5. Kvasha V. H., Saliychuk L. V., Rachkevych V. S., Semaniv L. Ya. Vidnovlennya avtodorozhn'oho mosta pislya naslidkiv poveni z rozshyrennyam i pidsylennyam prol'otnoyi budovy [Restoration of the road bridge after the effects of flood with the expansion and strengthening of the spatial structure]. Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy. Rivne. 2008, vol. 16, pp. 342–350. (In Ukrainian).
6. Kvasha V. H., Rachkevych V. S. Analiz rozpodilu tymchasovoho navantazhennya mizh

balkamy prol'otnoyi budovy za rezul'tatamy naturnykh vyprobuvan' [Analysis of the distribution of the temporary load between the beams of the span structure according to the results of full-scale tests]. *Visnyk Teoriya i praktyka budivnytstva*. Lviv, National University "Lviv Polytechnic". 2008, vol. 627, pp. 122–128. (In Ukrainian). 7. Kvasha V. H., Koval'chuk T. P., Muryn A. Ya., Polets' V.M., Saliychuk L. V. *Rekonstruktsiya mis'koho shlyakhoprovodu z rozshyrennyam prol'otnoyi budovy zbirno-monolitnoyu nakladnoyu plytoyu* [Reconstruction of the city overpass with the expansion of the span structure with a monolithic superimposed slab]. *Visnyk Teoriya i praktyka budivnytstva*. Lviv, National University "Lviv Polytechnic", 2010, vol. 662, pp. 208–216. (In Ukrainian). 8. Kvasha V. H., Saliychuk L. V., Rachkevych V. S. *Rozshyrennya prol'otnoyi budovy avtodorozhn'oho mosta z yiyi pidsylennyam zminoyu statychnoyi skhemy bez vlashtuvannya deformatsiynykh shviv* [Extension of the span structure of the road bridge with its strengthening by changing the static scheme without the arrangement of deformation seams]. *Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy*. Rivne. 2011, vol. 21, pp. 582–589. (In Ukrainian). 9. Matarov I. A., Smirnova L. S., Shilina A. L. *Sbornye zhelezobetonnye mosty s mnogoryadnoi svarnoi armaturoi* [Precast reinforced concrete bridges with multi-row frame reinforcement]. Moscow, Avtostroizdat Publ. 1959. 186 p. 10. Rachkevych V. S., Kvasha V. H. *Ekspluatatsiynyy stan ta efektyvni systemy vidnovlennya zbirnykh zalizobetonnykh prol'otnykh budov z bahatoryadovoyu karkasnoyu armaturoyu* [Exploitative condition and effective systems of rebuilding precast reinforced concrete span structures with multi-row frame reinforcement]. *Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy*. Rivne. 2009, vol. 18, pp. 521–523. (In Ukrainian). 11. Rachkevych V. S. *Doslidzhennya prostorovoyi roboty zalizobetonnoyi perekhresno-rebrystoyi balkovoyi prol'otnoyi budovy do ta pislya rozshyrennya i pidsylennya nakladnoyu plytoyu* [Investigation of the spatial work of reinforced concrete cross-ribbed beam span structure before and after extension and strengthening by the superimposed slab]. *Visnyk Teoriya i praktyka budivnytstva*. Lviv, National University "Lviv Polytechnic". 2015, vol. 823, pp. 270–280. (In Ukrainian). 12. Saliychuk L. V., Kvasha V. H. *Zastosuvannya kleyesterzhnevnykh ankeriv pry rekonstruktsiyi mostiv* [Application of adhesive anchors during bridges' reconstruction]. *Dorohy i mosty*. Kyiv. 2009, vol. 9, pp. 220–227. (In Ukrainian). 13. *Proletnye stroeniya zhelezobetonnye, sbornye s karkasnoi armaturoi periodicheskogo profilya* [Reinforced concrete span structures, precast with periodic profile frame reinforcement]. *Tipovye proekty sooruzhenii na avtomobil'nykh dorogakh* [Typical projects of structures on highways.]. Vol. 56. Moscow, Stroizdat Publ. 1958. 56 p.