



УДК 624.004.0125



**РАЧКЕВИЧ В.С.**  
Начальник філії «Мостова експлуатаційна дільниця» ДП Івано-Франківський обласдор,  
e-mail: ivfr.med@ukr.net,  
тел.: + 38 (067) 342-16-57



**КВАША В.Г.**  
Д-р технічних наук, проф., Інститут будівництва та інженерії довкілля, Національний університет «Львівська політехніка»,  
e-mail: vgkvasha@gmail.com,  
тел.: + 38 (096) 460-07-34  
ORCID: 0000-0002-5620-485X



**САЛИЙЧУК Л.В.**  
Канд. технічних наук, зав. лаб., Інститут будівництва та інженерії довкілля, Національний університет «Львівська політехніка»,  
e-mail: l.v.saliychuk@gmail.com,  
тел.: + 38 (067) 718-22-06  
ORCID: 0000-0003-2016-9818

## КОМПЛЕКСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ БАЛКОВОЇ ПРОЛЬОТНОЇ БУДОВИ МОСТА ПІД ЧАС ЇЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ

### АНОТАЦІЯ

Представлені конструктивні рішення реконструкції залізобетонної прольотної будови автодорожнього моста за типовим проектом ТП вип. 56. Реконструкція включала розширення габариту прольотної будови та забезпечення її вантажопідйомності за вимогами чинних норм проектування нових мостів. Для розширення габариту застосована розроблена Галузевій науково-дослідній лабораторії № 88 НУ «Львівська політехніка» конструкція монолітної залізобетонної накладної плити. Одночасно з влаштуванням накладної плити виконане підсилення головних балок найменш затратним способом – зміною статичної схеми з балкової вільноопертої на защемлену на опорах.

Зважаючи на новизну прийнятих конструктивних рішень реконструкції, проведені комплексні експериментальні дослідження прольотної будови під час її реконструкції: 1-й етап – в існуючому стані після видалення елементів облаштування мостового полотна, тобто при мінімальному постійному навантаженні; 2-й етап – після зміни статичної схеми з вільноопертої на защемлену на опорах; завершальний етап – після включення в роботу з існуючими балками залізобетонної накладної плити та завершення реконструкції.

Проведені комплексні дослідження підтвердили техніко-економічну доцільність прийнятих конструктивних рішень та можливість експлуатації реконструйованої споруди без обмежень нормованої вантажопідйомності з дотриманням вимог чинних норм із проектування нових мостів.

В цілому реконструйований міст придатний для подальшої експлуатації на нормовані тимчасові навантаження А15 і НК-100, а також підтверджує можливість продовження терміну експлуатації реконструйованих мостів за ТП вип. 56, співставного з новими мостами.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** залізобетонний міст, реконструкція, випробування, просторова робота

### КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО БАЛОЧНОГО ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ МОСТА ПРИ ЕГО РЕКОНСТРУКЦИИ

**РАЧКЕВИЧ В.С.** Нач. филиала «Мостовой эксплуатационный участок», ДП «Ивано-Франковский обласдор»,  
e-mail: ivfr.med@ukr.net,  
тел.: +38 (067) 342-16-57

**КВАША В.Г.** Д-р технических наук, проф., Институт строительства и инженерии окружающей среды, Национальный университет «Львовская политехника»,  
e-mail: vgkvasha@gmail.com,  
тел.: +38 (096) 460-07-34  
ORCID: 0000-0002-5620-485X

**САЛИЙЧУК Л.В.** Канд. технических наук, зав. лаб., Институт строительства и инженерии окружающей среды, Национальный университет «Львовская политехника»,



e-mail: l.v.saliychuk@gmail.com,  
тел.: + 38 (067) 718-22-06  
ORCID: 0000-0003-2016-9818

## АННОТАЦИЯ

Представлены конструктивные решения реконструкции железобетонного пролетного строения автодорожного моста по типовому проекту ТП вып. 56. Реконструкция включала уширение габарита пролетного строения и обеспечения его грузоподъемности по требованиям действующих норм проектирования новых мостов. Для уширения габарита использована разработанная в Отраслевой научно-исследовательской лаборатории 88 НУ «Львовская политехника» конструкция монолитной железобетонной накладной плиты. Одновременно с устройством накладной плиты выполнено усиление главных балок наименее затратным способом - изменением статической схемы с балочной разрезной на защемленную на опорах.

Учитывая новизну принятых конструктивных решений реконструкции, проведены комплексные экспериментальные исследования пролетного строения при его реконструкции: 1-й этап - в существующем состоянии после удаления элементов обустройства мостового полотна, то есть при минимальной постоянной нагрузке; 2-й этап - после изменения статической схемы со свободно опертой на защемленную на опорах; завершающий этап - после включения в работу с существующими балками железобетонной накладной плиты и завершения реконструкции.

Проведенные комплексные исследования подтвердили технико-экономическую целесообразность принятых конструктивных решений и возможность эксплуатации реконструированного сооружения без ограничений нормированной грузоподъемности с соблюдением требований действующих норм проектирования новых мостов.

В целом реконструированный мост пригоден для дальнейшей эксплуатации на нормированные временные нагрузки А15 и НК-100, а также подтверждает возможность продления срока эксплуатации реконструированных мостов по ТП вып.56, сопоставимого с новыми мостами.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** железобетонный мост, реконструкция, испытания, пространственная работа

## COMPLEX INVESTIGATIONS OF THE REINFORCED CONCRETE BEAM SPAN STRUCTURE OF THE BRIDGE DURING ITS RECONSTRUCTION

**RACHKEVYCH V.S.** Head of Affiliate «Bridge Exploitation Division», Subsidiary Enterprise “Ivano-Frankivsk Oblavtodor”,  
e-mail: ivfr.med@ukr.net,  
tel.: +38 (067) 342-16-57

**KVASHA V.H.** Dr., Prof., Institute of Building and Environmental Engineering, Lviv Polytechnic National University,  
e-mail: vgkvasha@gmail.com,  
tel.: + 38 (096) 460-07-34  
ORCID: 0000-0002-5620-485X

**SALIYCHUK L.V.** PhD, Head of the “Industry Research Laboratory №88”, Institute of Building and Environmental Engineering, Lviv Polytechnic National University,  
e-mail: l.v.saliychuk@gmail.com,  
tel.: + 38 (067) 718-22-06  
ORCID: 0000-0003-2016-9818

## ABSTRACT

The constructive solutions of the reconstruction of the reinforced concrete span structure of the road bridge by typical project TP-56 are presented. Reconstruction included expanding of size of the span structure and ensuring its carrying capacity in accordance with the requirements of the current standards on new bridges design. For the expansion of the dimensions, a monolithic reinforced concrete superimposed slab, developed in Research Laboratory № 88 of Lviv Polytechnic National University, was applied. Simultaneously with the installation of the superimposed slab, the strengthening of the main beams was made using the cheapest method of replacing the free supported static scheme by the static scheme restrained on the supports.

In view of the novelty of the adopted design solutions for reconstruction, complex experimental research of the span structure during its reconstruction has been carried out: stage 1 - in the present state after removal elements of bridge cloth, that is, at a minimum constant load; stage 2 - after changing the static scheme from the free supported to restrained on the supports; and the final stage - after putting the reinforced concrete superimposed slab with existing concrete beams into operation and completion of the reconstruction.

The completed integrated studies confirmed the feasibility of the adopted design solutions and the possibility of the reconstructed structure operation without limiting the rated load carrying capacity, while complying with the requirements of current norms of new bridges design.

The reconstructed bridge is suitable for further operation at normalized temporary loads А15 and НК-100, and confirms the possibility of extending the life of reconstructed TP-56 bridges to be comparable with the new bridges.

**KEY WORDS:** reinforced concrete bridge, reconstruction, tests, spatial work.

## ВСТУП. ПОСТАНОВКА ПИТАННЯ І МЕТА РОБОТИ

У мережі державних і місцевих доріг експлуатується значна кількість мостів малих і середніх прольотів із збірними або монолітними прольотни-



ми будовами, що збудовані, починаючи з 50-60-х років минулого сторіччя за одним із перших типових проектів ТП вип. 56 [6, 10]. Нормований термін їх експлуатації 25-30 років на даний час вдвічі перевищений, а їх експлуатація продовжується, незважаючи на незадовільні внаслідок морального і фізичного старіння експлуатаційні і техніко-економічні показники. Через велику кількість і обмежені фінансові можливості дорожньої галузі масова перебудова мостів неможлива, тому для продовження терміну нормальної експлуатації вони потребують модернізації і реконструкції з відновленням нормованих експлуатаційних показників згідно з вимогами чинних норм проектування нових мостів [1].

Комплексно ці завдання найбільш раціонально вирішуються при розширенні габариту прольотних будов залізобетонною накладною плитою з одночасним підсиленням (при необхідності) балок найменш затратним способом – зміною статичної схеми з вільнообпертої на нерозрізну або повністю защемлену на опорах [2, 3, 5, 7, 9]. Метою даної роботи був аналіз конструктивних рішень реконструкції одного з таких мостів через р. Прутець Яблунівський на км. 218+872 автодороги державного значення Мукачеве-Львів (Івано-Франківська обл.), а також аналіз результатів комплексних експериментальних досліджень прольотної будови моста за етапами реконструкції: в існуючому стані, після зміни статичної схеми з вільнообпертої на защемлену на опорах та на завершальному етапі реконструкції – після включення в роботу залізобетонної накладної плити розширення прольотної будови. Міст збудовано орієнтовно в 1963 р. за індивідуальним проектом із конструктивним рішенням прольотної будови і армування балок за ТП вип. 56 [10]. Проектна і виконавча документація відсутні.

## КОНСТРУКЦІЯ ІСНУЮЧОГО ТА РЕКОНСТРУЙОВАНОГО МОСТА

За конструктивною схемою міст залізобетонний, балковий, однопрольотний за вільнообпертою статичною схемою, повною довжиною балок 19,5 м і габаритом  $\Gamma$  6+2×0,75 м (рис. 1, а, б). Прольот балок між осями опорних частин  $l=18,9$  м. Прольотна будова перехресно-ребриста, виконана в монолітному залізобетоні з дотриманням геометричних параметрів і способу армування до збірного варіанту ТП вип. 56 [10]. Нормовані тимчасові навантаження Н-13, НГ-60 згідно з вимогами чинних на час проектування норм.

Поперечний переріз сформований з п'яти балок таврового профілю, об'єднаних між собою в просторову систему прольотної будови монолітними поперечними діафрагмами і монолітною залізобетонною плитою мостового полотна (рис. 1, б). Армування балок аналогічне типовому проекту ТП вип. 56 – двома зварними каркасами з багаторядковим розташуванням поздовжньої робочої арматури без зазорів по висоті.

Берегові опори – масивні стояни з кам'яної клад-

ки з бетонними оголовками, шафовими стінами та зворотними відкривками. Балки опираються на підферменники опор через рухомі залізобетонні валкові і металеві тангенціальні нерухомі опорні частини, конструкція яких відповідає ТП вип. 56.

Концептуальною умовою реконструкції моста було максимальне використання існуючих конструкцій, що гарантує мінімальну її вартість. Прольотна будова розширена розробленою в Галузевій науково-дослідній лабораторії № 88 Національного університету «Львівська політехніка» конструкцією монолітної залізобетонної накладної плити (5) з виступаючими консолями, що влаштована зверху існуючих балок (1) (рис. 1, в). Її консолі довжиною 380 см забезпечують габарит розширеної прольотної будови  $\Gamma$ -10+2×1,0 м.

Накладну плиту об'єднують для спільної роботи за існуючими балками за допомогою гнучких петлевих анкерів (рис. 1, д), розташованих з кроком 135 см уздовж прольоту і приварених до оголеної верхньої поздовжньої арматури балок 2Ø32.

Защемлення балок над опорами здійснювали влаштуванням армованих опорних ребер (4), (рис. 1, г), об'єднаних із накладною плитою, яку на цих ділянках додатково армували (6) для сприйняття опорного згинального моменту. Для цього включали також в роботу верхні арматурні стрижні 2Ø32, з'єднуючи їх з арматурними коротунами 3Ø25 (7), заведеними в опорну ділянку накладної плити (рис. 1, е).

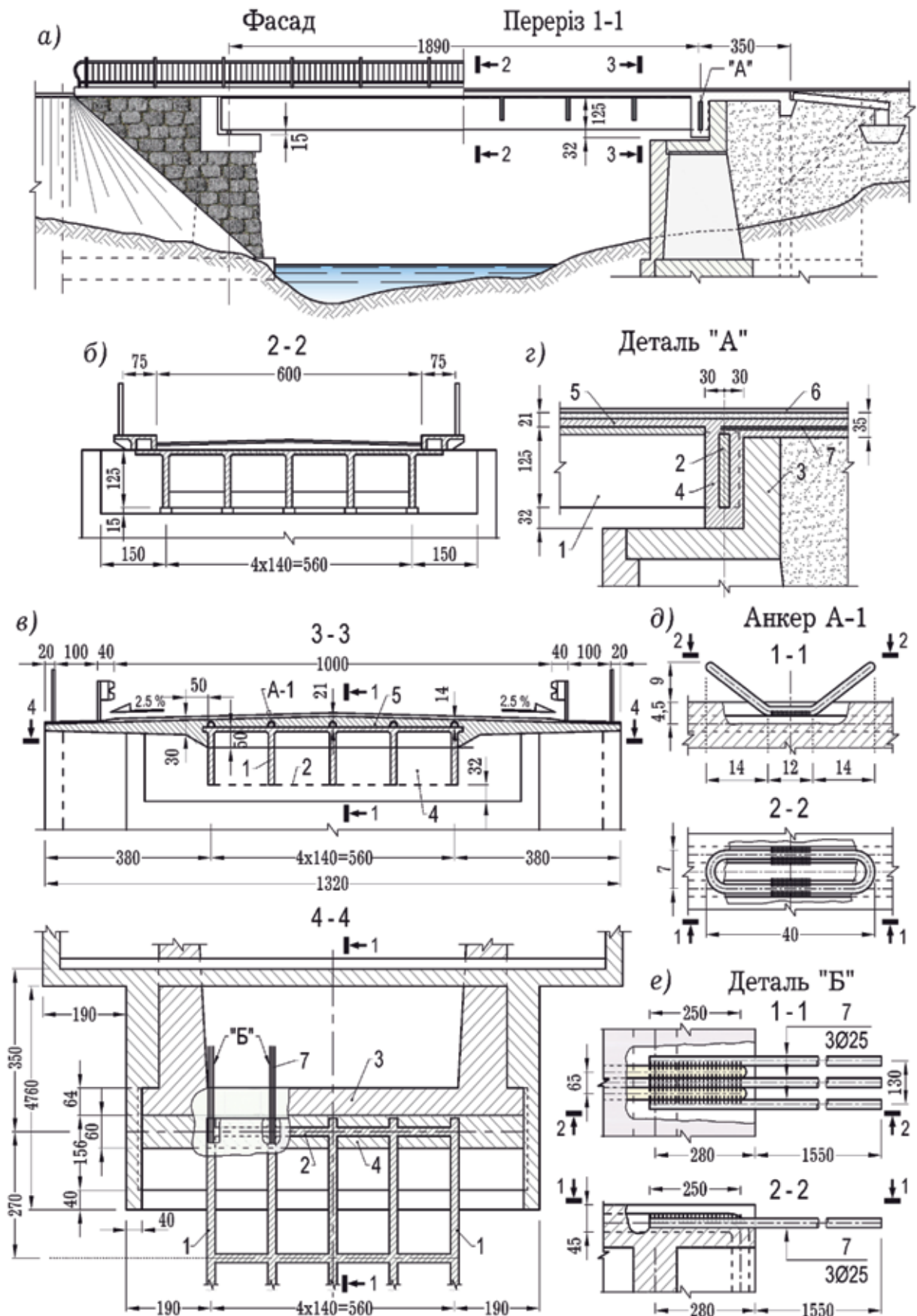
Крім підсилення балок суттєвою перевагою створеної статично невизначеної системи прольотної будови є ліквідація деформаційних швів над опорами, а забетоновані опорні ребра ліквідовують дефекти торців балок.

Конструкція облаштування мостового полотна відповідає сучасним вимогам. Тротуари влаштовані в одному рівні з проїзною частиною на консолях накладної плити і відділені від проїзної частини півжорстким металевим бар'єрним огородженням. Гідроізоляція товщиною 5 мм з рулонного матеріалу Testudo влаштована по вирівняній поверхні накладної плити. По гідроізоляції вкладене трьохшарове асфальтобетонне покриття загальною товщиною 12 см.

## МЕТА. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ВИПРОБУВАНЬ

Метою комплексних випробувань прольотної будови було виявлення дійсного характеру її просторової роботи на різних етапах реконструкції та закономірностей розподілу тимчасового навантаження між балками в існуючому стані та після включення у спільну роботу з ними нових елементів реконструкції, їх впливу на просторову роботу та зміну жорсткості і прогинів балок, а також встановлення відповідності фактичних і прийнятих при проектуванні розрахункових моделей просторової роботи прольотної будови та прогнозування можливостей її подальшої експлуатації після розширення і зміни статичної схеми балок.

Програма досліджень передбачала комплекс



**Рис. 1.** Конструкція існуючого (а, б) і реконструйованого (в, г, д, е) моста через р. Прутєць Яблунівський на км 218+872 автодороги Мукачеве-Львів: 1 – існуючі балки, 2 – опорна діафрагма, 3 – шаfoва стіна опор; 4 – опорне ребро для зацмлення балок на опорах; 5 – монолітна залізобетонна накладна плита; 6 – надопорна робоча арматура; 7 – арматурні коротуни  $\varnothing 25$  мм



випробувань статичним навантаженням за основними етапами реконструкції. Спочатку, як базову, випробовували існуючу прольотну будову після видалення всіх шарів дорожнього покриття і тротуарних конструкцій, тобто при мінімальному постійному навантаженні – лише від власної ваги балок. На другому етапі випробовували цю ж прольотну будову при мінімальному постійному навантаженні, але після влаштування опорних ребер і защемлення в них опорних ділянок балок, тобто зміни їх статичної схеми. Порівнюючи результати випробувань, встановлювали ефективність підсилення балок в прольоті їх защемленням. Третій етап передбачав випробування тієї ж прольотної будови за тією ж методикою після завершення всіх робіт із реконструкції при повному постійному навантаженні, тобто при максимальній навантаженості балок. Стадійні порівняльні випробування прольотної будови до, під час та після реконструкції при однакових схемах навантаження дали можливість прямим порівнянням прогинів балок оцінити ефективність включення в спільну роботу з існуючими балками нових елементів розширення і підсилення реконструйованої прольотної будови на міцність, деформативність і тріщиностійкість балок, тобто виявити ефект підсилення і розширення.

На всіх етапах випробувань при відповідних схемах розташування випробувального навантаження на прольотній будові вимірювали прогини балок у середині прольоту, як інтегральні характеристики напружено-деформованого стану перерізів. За характером їх розподілу між балками встановлювали закономірності просторової роботи прольотної будови до та після реконструкції, а також визначали фактичний розподіл між балками зусиль від тимчасових навантажень (навантажувальний ефект), тобто відповідність фактичних і прийнятих для розрахунку моделей просторової роботи існуючої і розширеної прольотної будови. Крім того, фіксували стан прольотної будови для можливості встановлення остаточних деформацій, що могли виникнути в результаті проведених навантажень.

Для випробувань прольотних будов використовували тимчасове рухоме навантаження з однієї або двох колон навантажених великовагових автомобіль-самоскидів марки – МАЗ 5549 (за паспортними даними тиск на передню вісь 5,38 тс, на задню вісь 10,0 тс) по два автомобілі в колоні. Прольотну будову навантажували ступенево (а, б, в) з вимірюванням прогинів балок на кожному ступені навантаження, що дало можливість отримати графіки прогинів  $f$  –  $M$ .

### АНАЛІЗ ВИПРОБУВАНЬ ПРОЛЬотної БУДОВИ

На першому етапі випробувань за досягнутого рівня навантаженості, що близький до експлуатаційного, найбільший прогин 18,82 мм мала крайня балка (рис. 2, б), що відносно розрахункового прольоту балки  $L_{01}=18,9$  м становить  $f / L_{01} = 1/1004$  при допустимому за [1] пружному прогині балки від

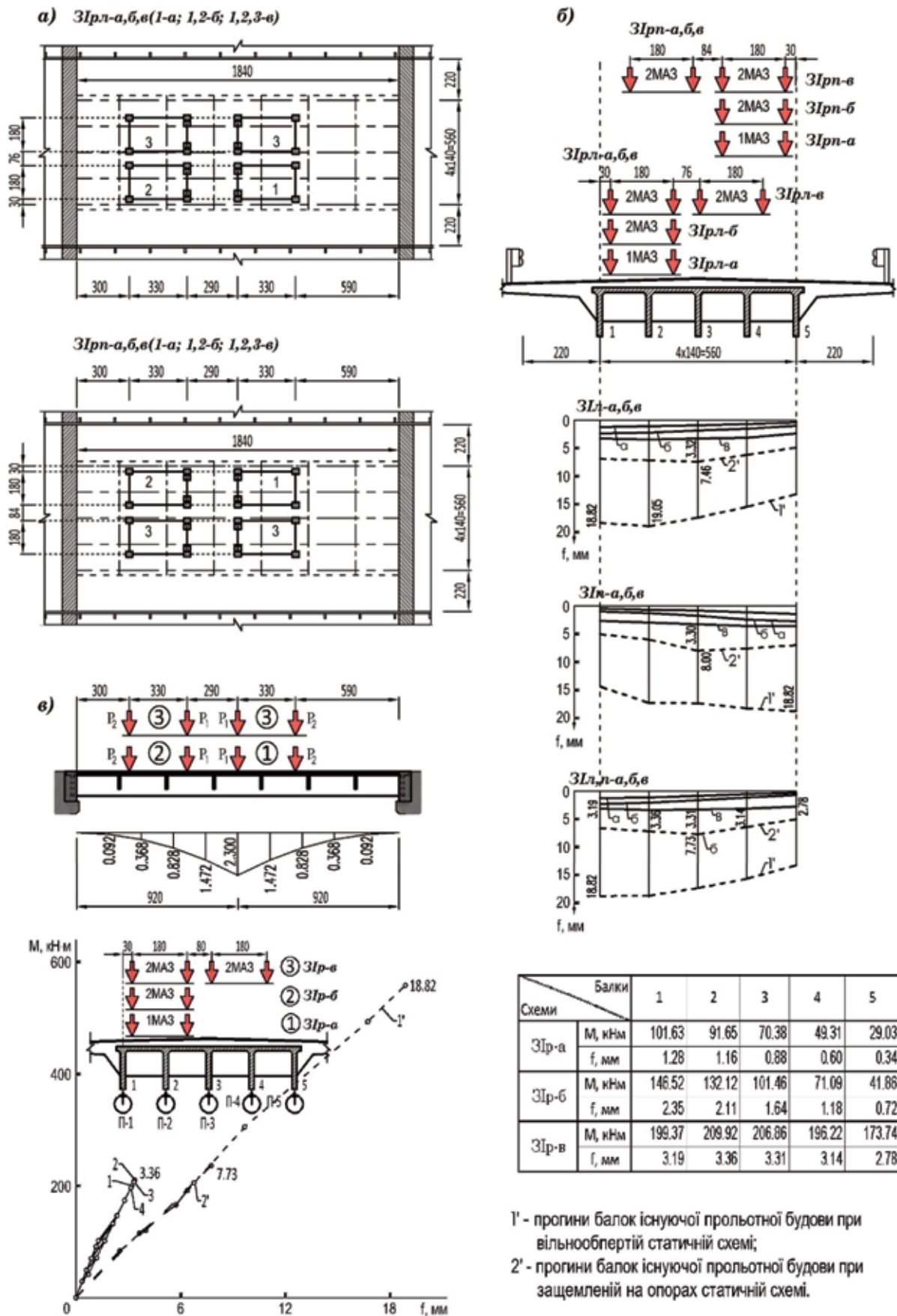
короткочасних навантажень  $[f]=1/400 \cdot 18900 = 47,25$  мм, тобто вимірний прогин балки у 2,5 рази менший допустимого. Це свідчить про значний запас вертикальної жорсткості існуючих балок і можливість сприйняття ними значно більших навантажень, ніж були досягнуті при випробуваннях.

При защемленні на опорах статичній схемі (рис. 3, б), як і при вільнообпертій, розподіл прогинів між балками від лівих (л) і правих (п) схем навантаження і середніх близький до лінійного. За максимально досягнутого при випробуваннях навантаження від двох колон автомобілів найбільший прогин 7,73 мм мала третя балка. Порівняно з максимальним прогином у вільнообпертій схемі він зменшився в 2,43 рази при однаковому навантажувальному ефекті на прольотну будову. Це і відображає ефект підсилення балок у прольоті защемленням їх на опорах.

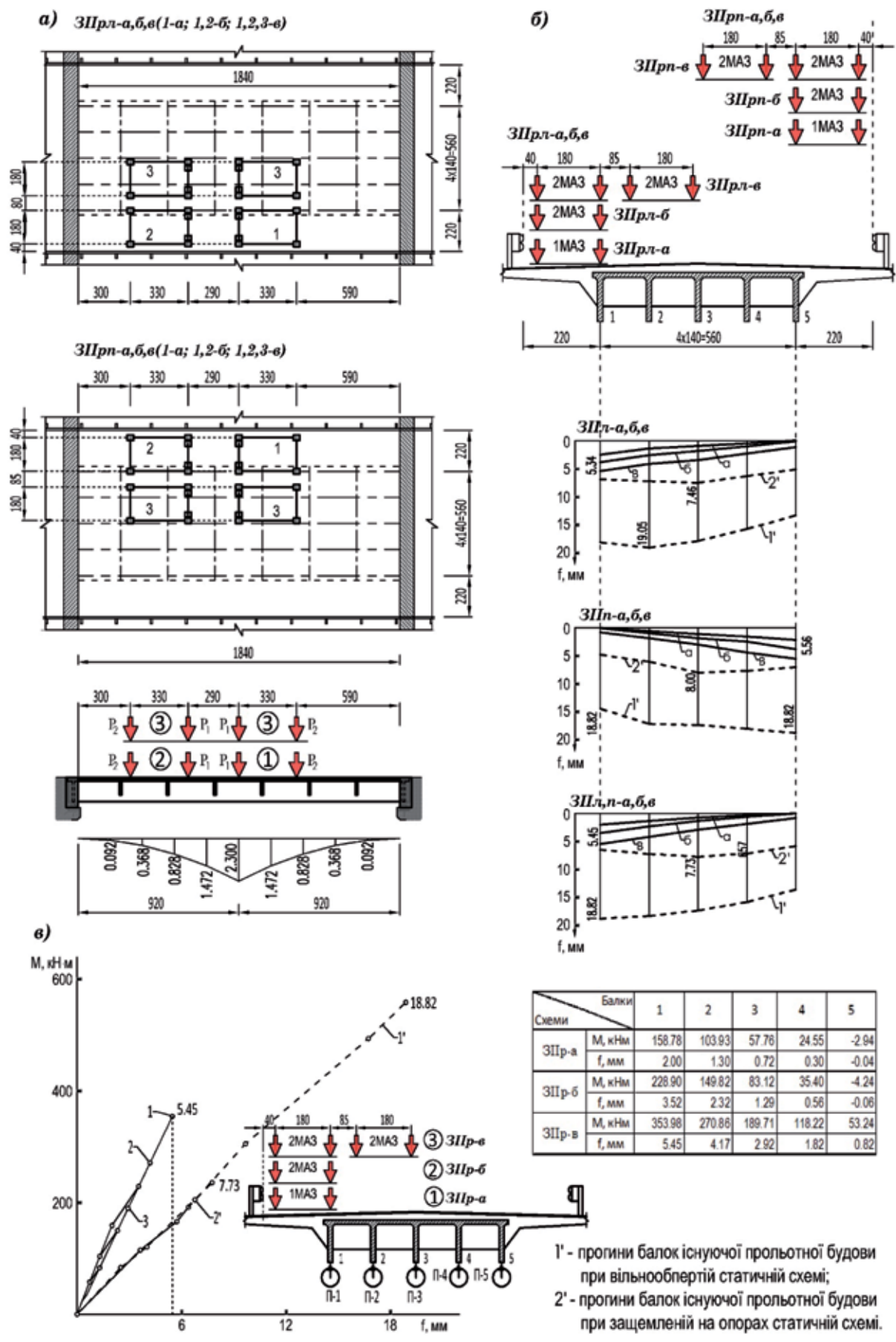
Відносно розрахункового прольоту защемленої прольотної будови  $L_{02}=18,4$  м прогин найбільш навантаженої балки становить  $f / L_{02} = 1/2380$  при допустимому від короткочасних тимчасових навантажень  $[f]=1/400 \cdot 18400 = 46,0$  мм, тобто вимірний при випробуваннях прогин при досягнутому рівні навантаженості балки був у 5,95 разів меншим від допустимого. Це свідчить про можливість сприйняття защемленими на опорах балками значно більших навантажень, ніж рівень навантаженості під час випробувань, тобто про значне їх підсилення в прольоті зміною статичної схеми.

Як приклад, на рис. 2, 3 представлено основний результат третього етапу випробувань реконструйованої прольотної будови – епюри прогинів за двома схемами навантаження: схема Ір (перша, розширена) – повторювала схеми попередніх випробувань вільнообпертої і защемленої існуючої прольотної будови (рис. 2, а), що дало можливість прямим порівнянням прогинів балок встановити ефективність включення в роботу з існуючими балками основних елементів реконструкції (защемлення балок і накладної плити); схема Ір (друга, розширена) – нова схема (рис. 3, а) з максимальним наближенням колон випробувального навантаження до бар'єру безпеки, тобто з виходом його на консольну ділянку накладної плити (рис. 3, а, б). Ця схема найбільш не вигідна для роботи прольотної будови під тимчасовим навантаженням (при повному постійному), створювала максимальну навантаженість крайніх балок і цілком характеризувала експериментальну вантажопідйомність реконструйованої прольотної будови. На цих же епюрах для порівняння пунктирними лініями нанесені епюри прогинів за результатами першого (вільнообперта – «1») і другого (защемлена - «2») етапів випробувань при схемах навантаження Ір (рис. 2, а, б).

В існуючій і реконструйованій прольотній будові, випробуваній за схемою Ір (рис. 2), розподіл прогинів між балками поперек прольоту при лівих і правих схемах навантажень, а також середніх (рис. 2, б) близький до лінійного, що свідчить про



**Рис. 2.** Результати випробувань розширеної прольотної будови за защемленою на опорах статичною схемою і її навантаженні за схемами ЗІр-а, б, в: а – схеми розташування випробувального навантаження; б – епюри прогинів балок при ліво- (л) і правосторонній (п) схемах навантаження і середні з ліво- і правосторонніх схем; в – графіки прогинів балок залежно від величини згинального моменту



**Рис. 3.** Результати випробувань розширеної прольотної будови за защемленою статичною схемою і її навантаженні за схемами Пр-а, б, в; а – схеми розташування випробувального навантаження; б – епюри прогинів балок при ліво- (л) і правосторонній (п) схемах навантаження і середні з ліво- і правосторонніх схем; в – графіки прогинів балок залежно від величини згинального моменту



жорсткий контур поперечника прольотної будови за рахунок існуючих поперечних діафрагм і включення в сумісну роботу з ними накладної плити. При навантаженні двома колонами автомобілів внаслідок розподіляючого впливу накладної плити та великої поперечної жорсткості всі балки мали майже однакові прогини, тобто мали практично однаковий ступінь навантаженості.

Ефективність конструктивних рішень реконструкції встановлювали порівнянням максимальних прогинів балок випробуваної прольотної будови на різних етапах реконструкції при навантаженні за однією схемою. Так максимальний прогин балки вільнообпертої прольотної будови становив 18,82 мм, після створення її защемлення він зменшився до 7,73 мм, тобто в 2,43 рази, що і характеризує ефект підсилення балок в прольоті найменш затратним способом – зміною статичної схеми. Після влаштування накладної плити від тієї ж схеми випробувального навантаження прогин зменшився до 3,36 мм, тобто порівняно з початковим для вільнообпертої прольотної будови у 5,6 разів, а відносно існуючої защемленої у 2,3 рази. Це характеризує ефективність включення у спільну роботу з існуючими елементами прольотної будови монолітної залізобетонної накладної плити, тобто кінцевий ефект підсилення балок у прольоті.

На всіх ступенях навантаження прольотної будови за схемою Пр із виходом навантаження на консольну ділянку накладної плити (рис. 3, а, б), як і в попередніх випробуваннях, розподіл прогинів між балками поперек прольоту лінійний за явно вираженим принципом позакцентрового стиску (рис. 3, б). Максимальний прогин 5,45 мм мала крайня балка, тобто порівняно з прогином цієї ж балки у вільнообпертій статичній схемі він зменшився у 3,45 рази. Таке зменшення прогину при більш невідганному навантаженні реконструйованої прольотної будови порівняно з існуючою вільнообпертою і характеризує ефективність включення в роботу елементів реконструкції та ступінь збільшення її вантажопідйомності.

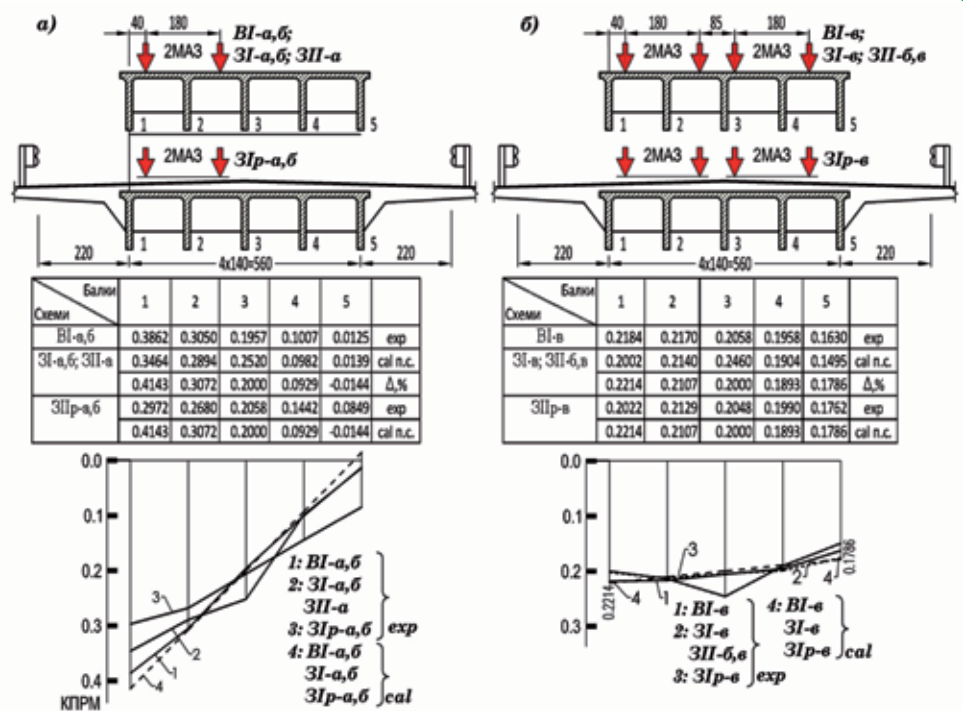
На всіх етапах випробувань одержана лінійна залежність між прогинами і згинальними моментами для різних балок існуючої і реконструйованої прольотної будови за досягнутого рівня її ступеневої навантаженості (рис. 2, 3). Графіки прогинів різних балок при різному ступені їх навантаженості практично збігаються, тобто однаковим згинальним моментом у різних балках відповідають однакові прогини (знаходяться у межах розки-

ду експериментальних даних). Лінійна залежність  $f - M$  свідчить також про можливість виконання перерахунків існуючих прольотних будов моста без великої похибки за пружною стадією їх роботи без урахування реологічних явищ, характерних для залізобетону (усадка і повзучість), що завершилися за тривалий період експлуатації балок до випробувань.

Характер просторової роботи прольотної будови під навантаженням, а, відповідно, і можливі методи її просторового розрахунку встановлювали за коефіцієнтами поперечного розподілу силової дії (КПР), що експериментально визначали з умови їх пропорційності до виміряних пружних прогинів балок. За силову дію згідно з роботами [4, 8, 9] приймали згинальний момент, тобто за розподілом прогинів визначали коефіцієнт поперечного розподілу згинальних моментів (КПРМ) між балками від прийнятих схем випробувального навантаження. Для порівняння теоретичні КПРМ від випробувального навантаження розраховували за доволі розповсюдженим при проектуванні мостів методом позакцентрового стиску.

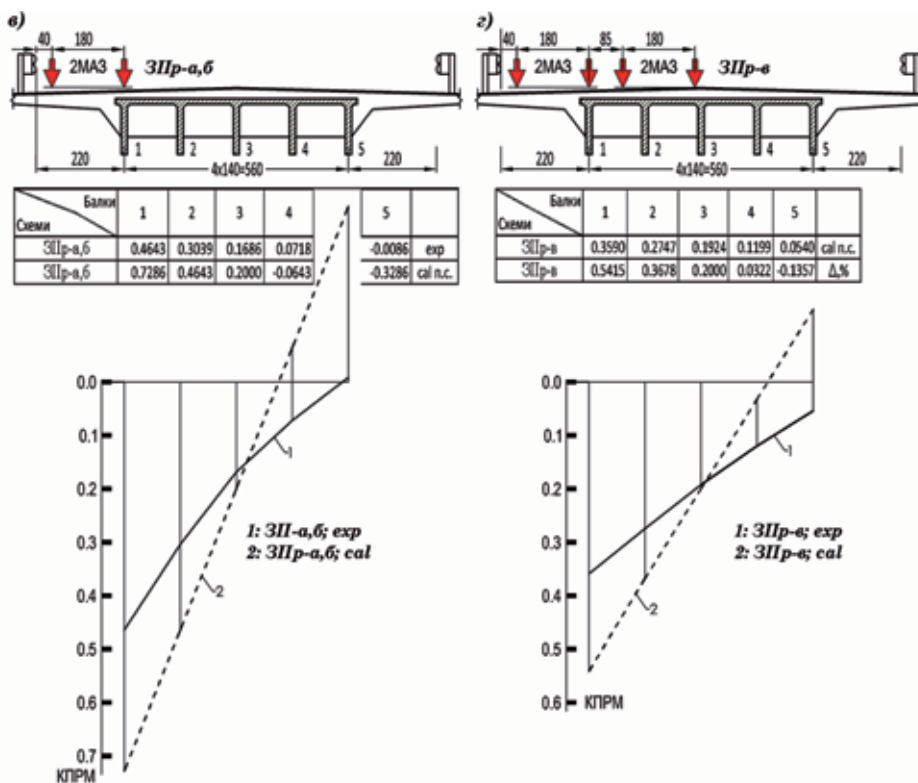
При розташуванні однієї або двох колон випробувального навантаження в межах прольотної будови експериментальні КПРМ є близькими між собою як для існуючої, так і для розширеної прольотної будови, а також мають задовільну збіжність експериментальних і розрахованих значень (рис. 4, а, б).

При найбільш невідганному навантаженні розширеної прольотної будови як однією, так і двома колонами автомобілів із виходом їх на консольну ділянку накладної плити розраховані КПРМ є значно більшими від експериментальних (рис. 5, а, б),



**Рис. 4.** Порівняння експериментальних (exp) і розрахованих (cal) КПРМ для існуючої і розширеної прольотної будови при навантаженні їх однією (а) і двома (б) колонами автомобілів в межах прольотної будови. З – защемлена на опорах прольотна будова





**Рис. 5.** Порівняння експериментальних (exp) і розрахованих (cal) КПРМ для існуючої і розширеної прольотної будови при навантаженні їх однією (а) і двома (б) колонами автомобілів з виходом їх на консольну ділянку накладної плити. 3 – защемлена на опорах прольотна будова

хоча розподіл експериментальних КПРМ між балками є лінійним, тобто, не дивлячись на велику різницю принцип позакентрового стиску зберігається як для розрахованих, так і для експериментальних КПРМ. Це питання потребує додаткового вивчення і аналізу, а методика розрахунку – коригування.

### ВИСНОВКИ

1. Реконструкція і стадійні випробування прольотної будови за ТП вип. 56 після тривалого періоду експлуатації підтвердили ефективність, технологічність і надійність прийнятих її конструктивних рішень.
2. Значне зменшення виміряних при випробуваннях прогинів балок в реконструйованій прольотній будові свідчить про надійне включення в сумісну роботу з ними монолітної залізобетонної накладної плити та зміни статичної схеми і, внаслідок цього, збільшення як жорсткості балок, так і поперечної жорсткості прольотної будови в цілому.
3. Лінійний розподіл прогинів між балками як існуючої, так і реконструйованої прольотної будови свідчить, що фактична просторова робота прольотної будови відповідає теоретичним передумовам методу позакентрового стиску, прийнятому для її перевірочних розрахунків на тимчасові нормовані і випробувальні навантаження. Це підтверджує також порівняння теоретичних і експериментальних, визначених за виміряними прогинами балок, коефіцієнтів поперечного розподілу згинальних

моментів, що для схем навантаження в межах ширини прольотної будови практично збігаються. При розташуванні навантаження на консольній ділянці накладної плити розбіжність експериментальних і розрахованих КПРМ є значною, тому методика розрахунку потребує коригування.

4. За величиною зменшення прогинів балок реконструйованої прольотної будови порівняно з існуючою можна стверджувати, що внаслідок включення в роботу елементів реконструкції вона має значний запас вантажопідйомності і придатна для подальшої експлуатації на нормовані тимчасові навантаження А15 і НК-100, а також доводить можливість продовження терміну експлуатації реконструйованих прольотних будов за ТП вип. 56, співставного з новозбудованими мостами.

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Мости та труби. Основні вимоги проектування: ДБН В.2.3-22:2009. – [Чинні від 2010-03-01]. – Київ : ДП «Укрархбудінформ», 2009. -73 с. – (Буд. норми України).
2. Кваша В.Г. Досвід розширення балкових залізобетонних прольотних будов монолітною залізобетонною накладною плитою / В.Г. Кваша, Т.П. Ковальчик, Л.В. Салійчук // Вісн. Нац. ун-ту «Львівська політехніка», сер. «Теорія і практика буд-ва». – Львів: НУЛП, 2007. – С. 80-94.
3. Відновлення автодорожнього моста після наслідків повені з розширенням і підсиленням прольотної будови / [В.Г. Кваша, Л.В. Салійчук, В.С. Рачкевич, Л.Я. Семанів] // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наукових пр. – Рівне: НУВГП, 2008. –Вип. 16., ч.1 - С. 342-350.
4. Кваша В.Г. Аналіз розподілу тимчасового навантаження між балками прольотної будови за результатами натурних випробувань / В.Г. Кваша, В.С. Рачкевич // Вісн. Нац. ун-ту «Львівська політехніка», сер. «Теорія і практика буд-ва». – Львів: НУЛП, 2008. – № 627. – С. 122 – 128.
5. Реконструкція мостів під час капітальної реконструкції автодороги Львів-Краківець за програмою підготовки до Євро-2012 / [В.Г. Кваша, Т.П. Ковальчик, В.М. Полець, Л.В. Салійчук] // Вісн. Нац. ун-ту «Львівська



- політехніка», сер. «Теорія і практика буд-ва». – Львів: НУЛП, 2012. - № 737. – С. 143-152.
6. Матаров И.А. Сборные железобетонные мосты с многорядной сварной арматурой / И.А. Матаров, Л.С. Смирнова, А.Л. Шилина. - М. : Автотрансиздат, 1959. – 186 с.
  7. 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: зб. наукових пр. – Рівне: НУВГП, 2009. – Вип. 18. – С. 521-533.
  8. Розподіл тимчасового навантаження між балками бездіафрагмової прольотної будови моста за результатами натурних випробувань / [В.С. Рачкевич, В.Г. Кваша, Л.В. Салійчук, А.А. Тузяк] // Вісн. Одеської держ. акад. буд-ва і архітектури. – Одеса: ОДАБА, 2013. - Вип. № 49, ч. 2. – С. 211-217.
  9. Рачкевич В.С. Дослідження просторової роботи залізобетонної перехресно-ребристої балкової пролітної будови до та після розширення і підсилення накладною плитою / В.С. Рачкевич // Вісн. Нац. ун-ту «Львівська політехніка», сер. «Теорія і практика буд-ва». – Львів: НУЛП, 2015. - № 823. – С. 270-280.
  10. Типовые проекты сооружений на автомобильных дорогах. Вып. 56. Пролётные строения железобетонные, сборные с каркасной арматурой периодического профиля. - М. : Стройиздат, 1958. - 56 с.
- ## REFERENCES
1. Mosty та truby. Osnovni vymogy proektuvannia [Bridges and pipes. Basic design requirements]. (2009). DBN V.2.3-22:2009 from 01<sup>st</sup> March 2010. - К. : DP "Ukrarhbudinform", 73 p. [in Ukrainian].
  2. Kvasha, V.H., Kovalchuk, T.P. & Saliychuk, L.V. Dosvid rozshyrennia balkovykh zalizobetonnykh prolotnykh budov monolitnoiu zalizobetonnoiu nakladnoiu plytoiu [The experience of expanding the beam reinforced concrete span structures with a monolithic reinforced concrete slab]. Visn. Lviv Nat. Univ. «Lviv Polytechnic» «Teoriia i praktyka bud-va». 2007, pp. 80 – 94 [in Ukrainian].
  3. Kvasha V.H., Saliychuk L.V., Rachkevych V.S. & Semaniv L.Ya. Vidnovlennia avtodorozhnoho mosta pislia naslidkiv poveni z rozshyrenniam i pidsylenням prolotnoi 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, p. 1, pp. 342–350 [in Ukrainian].
  4. Kvasha, V.H. & Rachkevych, V.S. Analiz rozpodilu tymchasovoho navantazhennia mizh balkamy prolotnoyi budovy za rezultatamy 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]. Visn. Lviv Nat. Univ. «Lviv Polytechnic» «Teoriia i praktyka bud-va». – Lviv, 2008, vol. 627, pp. 122–128 [in Ukrainian].
  5. Kvasha V.H., Kovalchuk T.P., Polets V.M., Saliychuk L.V. Rekonstruktsiia mostiv pid chas kapitalnoi rekonstruktsii avtodorohy Lviv-Krakovets za prohramoiu pidhotovky do Yevro-2012 [Reconstruction of bridges during major reconstruction of the Lviv-Krakovets highway according to the Euro-2012 preparation program]. Visn. Lviv Nat. Univ. «Lviv Polytechnic» «Teoriia i praktyka bud-va». – Lviv, 2012, vol. 737, pp. 143–152 [in Ukrainian].
  6. 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]. M., Avtotransizdat, 1959. 186 p.
  7. Rachkevych V.S., Kvasha V.H. Ekspluatatsiynyi stan ta efektyvni systemy vidnovlennia zbirnykh zalizobetonnykh prolotnykh budov z bahatoriadovoiu karkasnoiu armaturoiu [Operating condition and effective systems of rebuilding precast reinforced concrete span structures with multi-row frame reinforcement]. Resursoekonomni materialy, konstruktsii, budivli ta sporudy. - Rivne. 2009, vol. 18, pp. 521–533 [in Ukrainian].
  8. Rachkevych V.S., Kvasha V.H., Saliychuk L.V., Tuzyak A.A. Rozpodil tymchasovoho navantazhennia mizh balkamy bezdiafragmovoii prolotnoi budovy mosta za rezultatamy naturnykh vyprobuvan [Distribution of the temporary load between the beams of the diaphragmless span structure of the bridge by the results of full-scale tests]. Visn. Odeskoyi derzh. akad. bud-va i arkhitektury - Odessa State Acad. of Civil Engineering and Architecture. Odesa, 2013, vol. 49, pp. 211–217 [in Ukrainian].
  9. Rachkevych V.S. Doslidzhennia prostоровoi roboty zalizobetonnoi perekhresno-rebrystoi balkovoi prolotnoi budovy do ta pislia rozshyrennia i pidsylenنيا nakladnoiu plytoiu [Investigation of the spatial work of reinforced concrete cross-ribbed beam span structure before and after extension and strengthening by the superimposed slab]. Visn. Lviv Nat. Univ. «Lviv Polytechnic» «Teoriia i praktyka bud-va», 2015, vol. 823, pp. 270–280 [in Ukrainian].
  10. Proletnye stroeniia zhelezobetonnye, sbornye s karkasnoi armaturoi periodicheskogo profilii [Reinforced concrete span structures, precast with periodic profile frame reinforcement]. Tipovye proekty sooruzhenii na avtomobilnykh dorogakh [Typical projects of structures on highways]. Vol. 56. - M.: Stroizdat, 1958. - 56 p.
- Стаття надійшла до редакції 08.09.2017 р.