

В. С. Рачкевич¹, Л. Я. Семанів², В. Г. Кваша³, Л. В. Салійчук³¹ПАТ “ДАК “Автомобільні дороги України”, “ДП Івано-Франківський облавтодор”,²Служба автомобільних доріг України у Івано-Франківській області,³Національний університет “Львівська політехніка”, ГНДЛ-88

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ БАЛКОВОЇ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПРОЛЬОТНОЇ БУДОВИ МОСТА ЗА ЕТАПАМИ РЕКОНСТРУКЦІЇ

© Рачкевич В. С., Семанів Л. Я., Кваша В. Г., Салійчук Л. В., 2017

На мережі державних і місцевих доріг експлуатуються значна кількість мостів із збірними або монолітними прольотними будовами малих і середніх прольотів, збудованих за ТП вип. 56. На даний час нормований термін їх експлуатації 25–30 р. перевищений у 2–2,5 рази і вони продовжують експлуатуватись при незадовільних їх експлуатаційних і техніко-економічних показниках. Тому для подальшої нормальної експлуатації вони потребують реконструкції з відновленням нормованих експлуатаційних показників. В даній роботі описана реконструкція одного з таких мостів через р. Прутець Яблунівський на км 218+872 автодороги Мукачеве-Львів. Представлені конструктивні рішення реконструкції, а також аналіз результатів експериментальних досліджень прольотної будови за етапами реконструкції.

Ключові слова: залізобетонний міст, реконструкція, випробування, просторова робота.

V. Rachkevych¹, L. Semaniv², V. Kvasha³, L. Saliychuk³¹Public Company “State Jointed-Stock Company “ROADS OF UKRAINE”,
Subsidiary Enterprise “Ivano-Frankivsk oblavtodor”,²Ivano-Frankivsk Road Service,³Lviv Polytechnic National University, GNDL-88

THE RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCHES OF THE REINFORCED CONCRETE BEAM SPAN STRUCTURE OF THE BRIDGE BY RECONSTRUCTION STAGES

© Rachkevych V., Semaniv L., Kvasha V., Saliychuk L., 2017

On the network of state and local roads, a significant number of bridges with precast or monolithic span structures of small and medium spans are constructed according to TP-56. At present time, their normalized period of exploitation of 25–30 years is exceeded in 2–2.5 times and they continue to be exploited with unsatisfactory exploitative and technical and economic parameters. Therefore, for further normal exploitation, they need to be reconstructed with the restoration of normalized exploitative parameters. In this work, the reconstruction of one of these bridges through the Prutets Yablunivskyi River on km 218 + 872 of the Mukachevo-Lviv highway is described. The constructive reconstruction decisions, the analysis of the results of experimental researches of the span structure during the reconstruction stages are presented. The suitability of the reconstructed span structure for further exploitation at the normalized temporary loads A15 and NK-100 has been confirmed. The possibility of extending the lifespan of reconstructed span structures constructed according to TP-56, comparable to newly built bridges was proved.

Key words: reinforced concrete bridge, reconstruction, tests, spatial work.

Вступ. Постановка питання і мета роботи. Автодорожні мости із збірними або монолітними залізобетонними балковими перехресно-ребристими прольотними будовами малих і середніх прольотів, які масово будували з 50–60-х років минулого сторіччя за одним з перших

типових проектів ТП вип. 56 [8, 13], з нормованим терміном експлуатації 25–30 р., продовжують експлуатуватися, не дивлячись на його перевищення більше ніж у 2–2,5 разу. Внаслідок морального і фізичного старіння їх основні експлуатаційні показники: пропускна здатність, безпека і комфортність руху, а часто, в залежності від технічного стану балок і стиків між ними і вантажопідйомність не відповідають сучасним вимогам [1, 3, 4, 9]. При неможливості перебудови (через велику кількість) вони потребують модернізації і реконструкції з відновленням їх експлуатаційних показників до рівня вимог чинних норм проектування нових мостів [2] шляхом розширення прольотних будов, підсилення балок, а також забезпечення нормованої довговічності.

Науково-дослідні і дослідно-конструкторські розробки ГНДЛ-88 Національного університету “Львівська політехніка” з конструктивних рішень і проектування реконструкції показали, що комплексно її завдання найбільш раціонально вирішуються при розширенні прольотних будов залізобетонною накладною плитою без розширення опор з підсиленням (при необхідності) найбільше навантажених або ушкоджених балок найменш матеріалозатратним і ефективним способом – зміною статичної схеми з розрізної на нерозрізну для багато прольотних і з вільнообпертою на защемлену на опорах для однопрольотних мостів при максимальному збереженні існуючих конструкцій [4, 5, 7, 9, 10].

Це переконливо підтверджують описані в цій роботі результати реконструкції моста через р. Прутець Яблунівський на км 218+872 автодороги державного значення Мукачеве-Львів. Через значні експлуатаційні дефекти несучих конструкцій і недостатній габарит мостового полотна міст потребує збільшення вантажопідйомності і розширення прольотної будови за нормативами автомобільної дороги III-ї технічної категорії згідно з вимогами ДБН [2]. Метою роботи був аналіз основних результатів статичних випробувань прольотної будови за етапами її реконструкції: існуючої до реконструкції, існуючої після зміни її статичної схеми для встановлення ефективності підсилення балок, а також після реконструкції для встановлення ефективності її проектних рішень.

Комплекс проектних і експериментально-дослідницьких робіт з випробування прольотної будови моста на різних етапах реконструкції виконаний ГНДЛ-88 Національного університету “Львівська політехніка” за період з серпня 2012 р. по вересень 2016 р.

Існуючий міст та конструктивні рішення його реконструкції. Міст збудовано орієнтовно в 1963 р. за індивідуальним проектом з прив'язкою основних конструктивних рішень прольотних будов і способу армування головних балок до розробленою наприкінці 50-х років минулого сторіччя типового проекту ТП вип. 56 [13] під нормовані тимчасові навантаження Н-13, НГ-60 згідно з чинними на час проектування нормами. За конструктивною схемою міст залізобетонний, балковий, однопрольотний за вільнообпертою статичною схемою, повною довжиною балок 19,5 м і габаритом Г-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 [13].

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). Крок балок поперек прольоту 1,4 м, крок діафрагм вздовж прольоту 2,7 м, що відповідає розмірам ТП вип. 56. Армування балок також 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 кладки з бетонними оголовками, шафовими стінами та зворотними відкритками. 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 ГНДЛ-88 конструкцією монолітної залізобетонної накладної плити (5) з виступаючими консолями, влаштованої зверху існуючих балок (1) (рис. 1, в). Її консолі довжиною 380 см забезпечують габарит розширеної прольотної будови Г-10+2×1,0, (III технічна категорія). Накладну плиту

об'єднують для спільної роботи з існуючими балками за допомогою гнучких петльових анкерів (рис. 1, д), розташованих з кроком 135 см вздовж прольоту і приварених до оголеної верхньої поздовжньої арматури балок 2Ø32. Консолі мають змінну товщину від 15 см на кінці до 30 см біля примикання до крайньої балки з видаленою зовнішньою консоллю полиці.

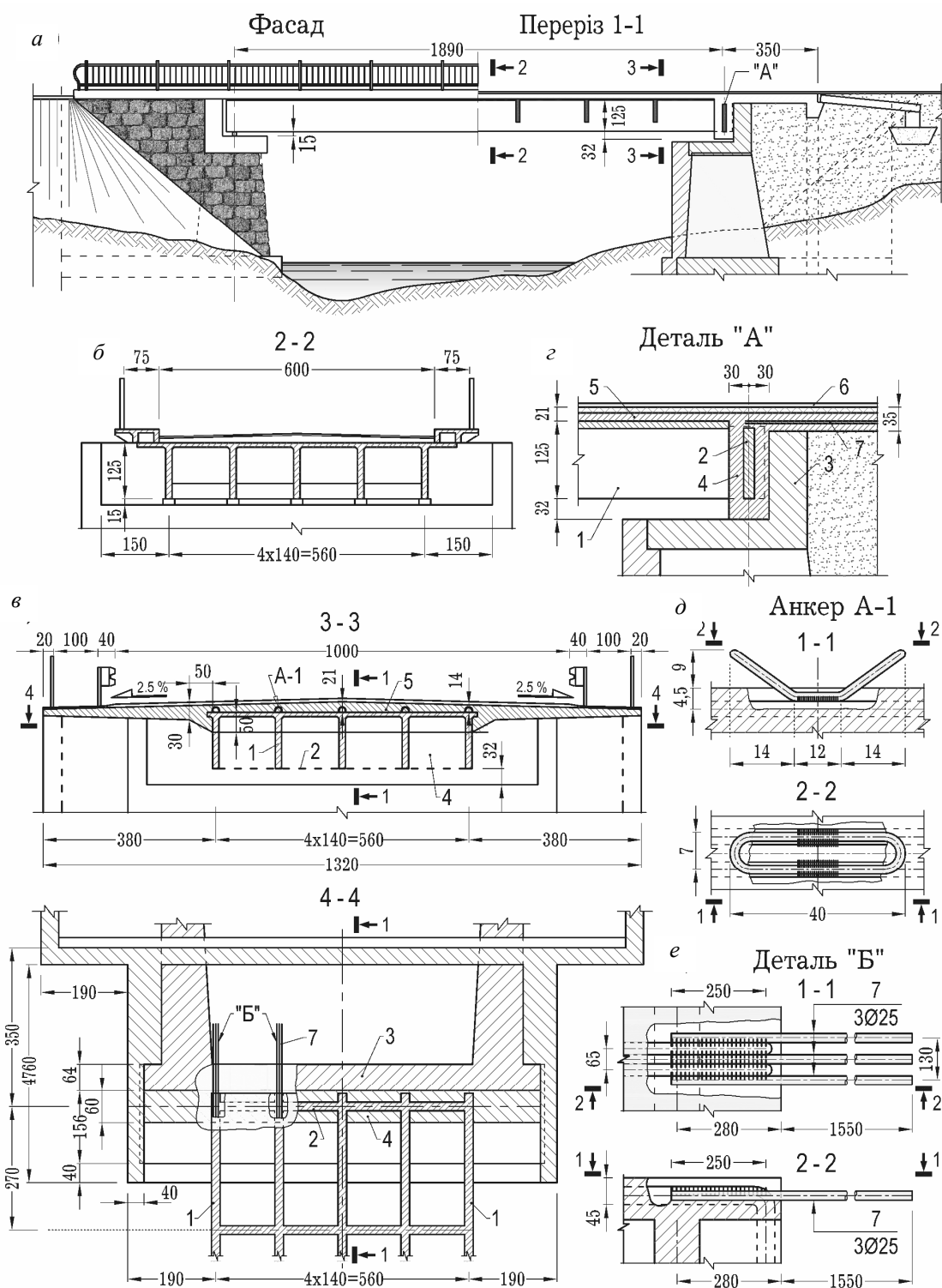


Рис. 1. Конструкція існуючого (а, б) і реконструйованого (в, г, д, е) моста через р. Прутець-Яблунівський на км 218+872 автодороги Мукачеве-Львів: 1 – існуючі балки, 2 – опорна діафрагма, 3 – шафова стіна опор; 4 – опорне ребро для заземлення балок на опорах; 5 – монолітна залізобетонна накладна плита; 6 – надопорна робоча арматура; 7 – арматурні коротуни Ø25 мм

Защемлення над опорами створювали влаштуванням у проміжках між опорними діафрагмами існуючих балок армованих опорних ребер (4), (рис. 1, г), об'єднаних над опорами з накладною плитою, яку на цих ділянках додатково армують (6) для сприйняття опорного згинального моменту. Крім того включали в роботу верхні арматурні стержні 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 ліквідують отримані в процесі тривалої експлуатації дефекти торців балок. Деформаційні шви над опорами надійно перекриті опорними ребрами і накладною плитою, накритою гідроізоляцією, що унеможливило її протікання.

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

Після влаштування накладної плити і підсилення балок проект реконструкції передбачав виконання комплексу ремонтно-відновлювальних робіт з ліквідації дефектів прольотної будови і опор, а також забезпечення нормованої довговічності, співставної з новими мостами шляхом захисту відкритих бетонних поверхонь сучасними захисними системами від агресивних впливів зовнішнього середовища та можливої корозії в процесі майбутньої експлуатації.

Мета, програма і методика випробувань. Метою послідовних випробувань прольотної будови за етапами реконструкції було виявлення дійсного характеру просторової роботи її елементів 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, їхнього 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.

Як уже вище зазначено, програма передбачала комплекс 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 під час реконструкції після влаштування опорних ребер і защемлення в них опорних ділянок балок, тобто зміни їх статичної схеми. Отже, порівнюючи результати цих випробувань з результатами попередніх, встановлювали ефективність підсилення балок у прольоті їх защемленням. Третій етап передбачав випробування тієї ж прольотної будови за тією ж методикою після завершення всіх робіт з реконструкції при повному постійному навантаженні, тобто при максимальній навантаженості балок. Такі стадійні порівняльні випробування прольотної будови до, під час та після реконструкції при однакових схемах розташування випробувального навантаження дали можливість прямим порівнянням прогинів балок оцінити ефективність залучення 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 прольотних будовах вимірювали прогини балок у середині прольоту, як інтегральної характеристики напружено-деформованого стану перерізів. За характером їхнього 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.

Одержані з випробувань величини експериментальних згинальних моментів у балках при різних схемах навантаження порівнювали з теоретичними, розрахованими за інженерними методами просторового розрахунку залізобетонних балкових перехресно-ребристих прольотних будов. За ступенем збіжності експериментальних і теоретичних згинальних моментів встановлювали правомірність застосування тих чи інших методів для просторового розрахунку балкової прольотної будови до та після реконструкції і підсилення зміною статичної схеми.

Для випробувань прольотних будов використовували тимчасове рухоме навантаження з однієї або двох колон навантажених великовагових автомобілів-самоскидів марки – МАЗ 5549 (за паспортними даними тиск на передню вісь 5,38 тс, на задню вісь візка 10,0 тс.) по два автомобілі в колоні. Схеми навантаження на всіх етапах випробувань зрозумілі з рис. 2–5.

Прийнято такі умовні позначення для різних схем навантаження за етапами випробувань (рис. 2–5):

– Етап I – існуюча прольотна будова за вільнообпертою статичною схемою (випробування 18.08.2012 р.):

ВІл-а, б, в; ВІп-а, б, в: В – вільнообперта; І – схема випробувального навантаження І; л, п – максимальне наближення колон випробувального навантаження, відповідно, до лівої чи правої крайніх балок (орієнтація в бік Івано-Франківська); а, б, в – кількість автомобілів на прольотній будові: а – один, б – два, в – чотири у дві колони.

– Етап II – існуюча прольотна будова за защемленою на опорах статичною схемою (випробування 02.07.2013 р.):

ЗІл-а, б, в, ЗІп-а, б, в: З – защемлена на опорах; І – схема випробувального навантаження І; л, п – максимальне наближення колон випробувального навантаження, відповідно, до лівої чи правої крайніх балок; а, б, в – кількість автомобілів на прольотній будові:

– Етап III – розширена прольотна будова за защемленою на опорах статичною схемою (випробування 15.09.2016 р.):

1) ЗІрл-а, б, в, ЗІрп-а, б, в: З – защемлена на опорах; І – схема випробувального навантаження І; р – розширена прольотна будова; л – лівостороння; п – правостороння; а, б, в – кількість автомобілів на прольотній будові.

2) ЗІІрл-а, б, в, ЗІІрп-а, б, в: З – защемлена на опорах; II – схема випробувального навантаження II; р – розширена прольотна будова; л – лівостороння; п – правостороння; а, б, в – кількість автомобілів на прольотній будові.

Для одержання експериментальних закономірностей розвитку прогинів балок прольотну будову навантажували ступенево (а, б, в) з вимірюванням прогинів балок на кожному ступені навантаження, що дало можливість одержати графіки залежності прогинів від величини згинальних моментів $f-M$ (рис. 2–5).

Аналіз та оцінка результатів випробувань прольотної будови. Розвиток прогинів і їхніх розподіл між балками поперек прольоту залежно від величини випробувального навантаження є основною характеристикою просторової роботи прольотної будови під навантаженням.

Епюри прогинів балок існуючої вільнообпертої прольотної будови для ліво- і правосторонньої схем навантаження (VI), та аналогічні епюри середніх прогинів з обох схем близькі до лінійних, що є закономірним для вузьких залізобетонних перехресно-ребристих балкових прольотних будов із співвідношенням довжини прольоту L до ширини між крайніми балками B $L/B > 2$, і відповідає розрахунковій моделі методу позacentрового стиску.

При досягнутому рівні навантаженості, який 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 згідно з ДБН [2] пружному прогинові балки від короточасних навантажень $[f]=1/400 \cdot 18900=47,25$ мм, тобто фактичний виміряний під час випробувань прогин балки у 2,5 разу менший допустимого. Це свідчить про значний запас вертикальної жорсткості існуючих балок і можливість сприйняття ними значно більших навантажень, ніж були досягнуті при випробуваннях.

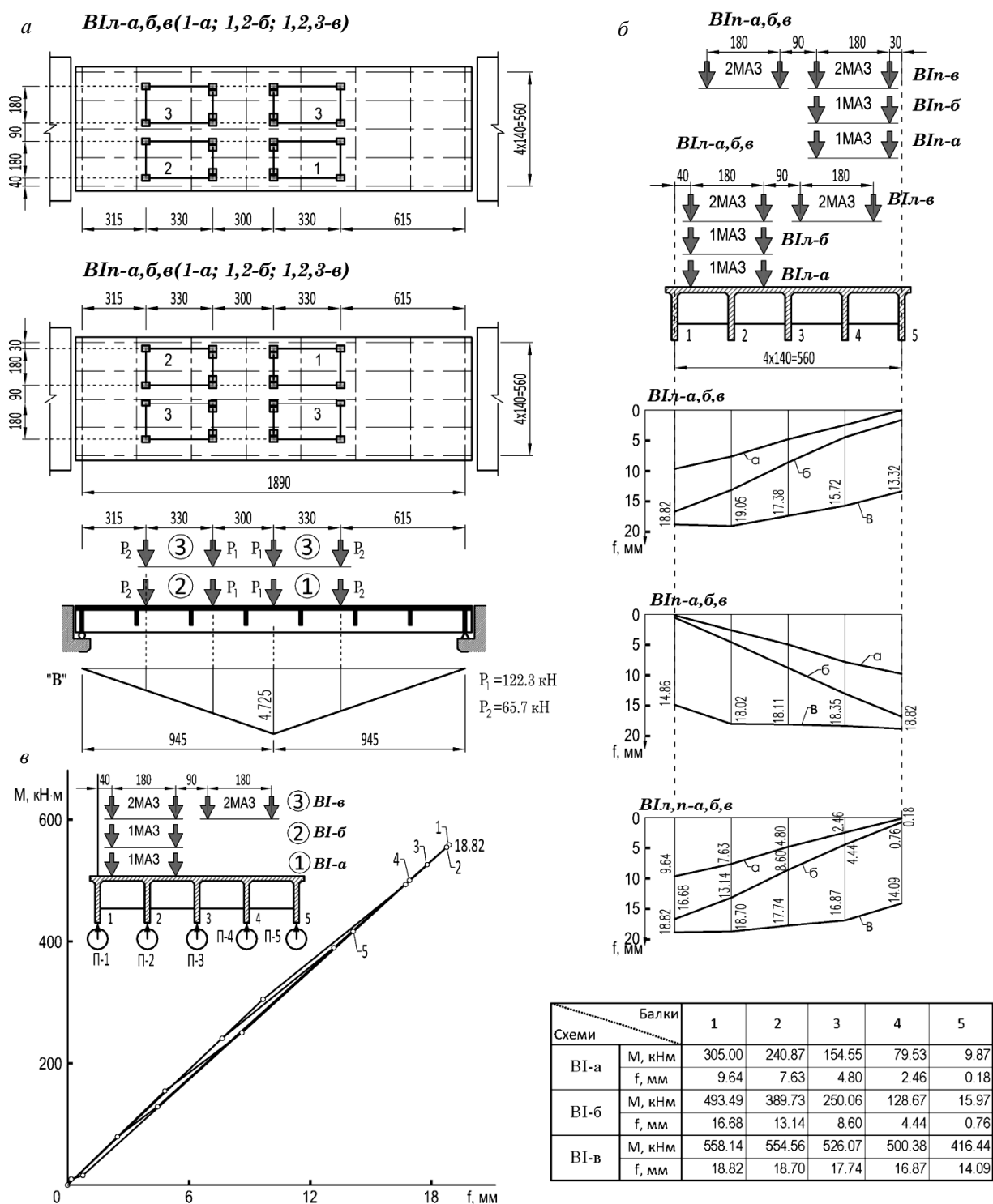


Рис. 2. Результати випробувань існуючої прольотної будови за вільнообпертою статичною схемою.

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

При защемленій 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 (рис. 3, б), тобто і при защемленій статичній схемі діє принцип позacentрового стиску. При навантаженні однією колоною автомобілів (схеми ЗІ-а, ЗІ-б) максимальний прогин, відповідно, 3,62 мм і 5,71 мм мала крайня балка, а при максимально досягнутому при випробуваннях навантаженні від двох колон автомобілів

(схема ЗІ-в) найбільший прогин 7,73 мм, мала третя балка. Порівняно з максимальним прогином у вільнообертій схемі він зменшився в 2,43 разу при однаковому навантажувальному ефекті на прольотну будову. Це і відображає ефект підсилення балок у прольоті зацмленням їх на опорах.

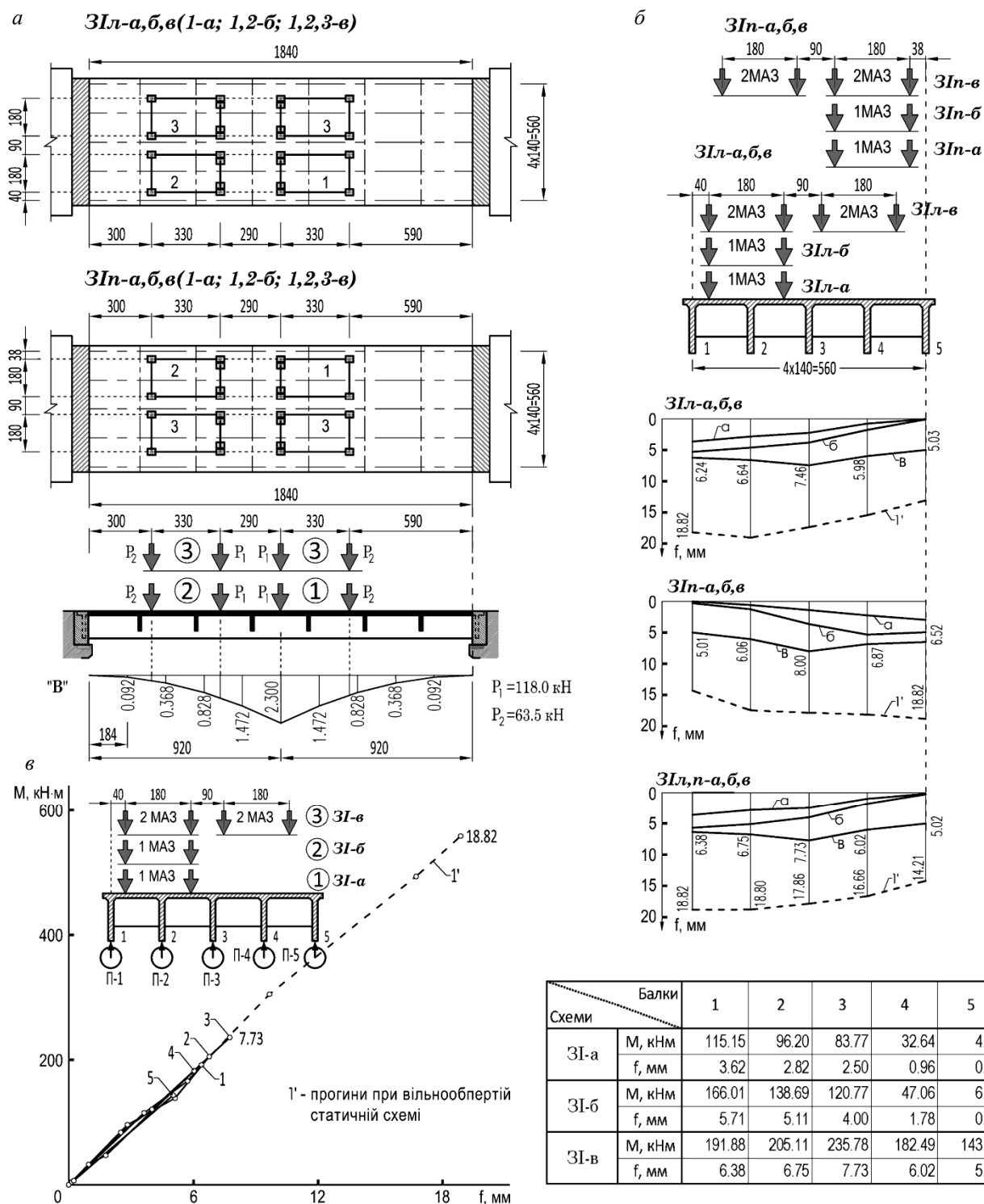


Рис. 3. Результати випробувань існуючої прольотної будови за зацмленою на опорах статичною схемою: а – схеми розташування випробувального навантаження; б – епюри прогинів балок при ліво (л) і правосторонній (п) схемах навантаження і середні з ліво- і правосторонніх схем; в – графіки прогинів балок залежно від величини згинального моменту

Відносно розрахункового прольоту защемленої прольотної будови $L_{02}=18,4\text{м}$ прогин найбільше навантаженої балки становить $f/L_{02}=1/2380$ при допустимому від короточасних тимчасових навантажень $[f]=1/400\cdot 18400=46,0$ мм, тобто вимірний при випробуваннях прогин при досягнутому рівні навантаженості балки був у 5,95 разу 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.

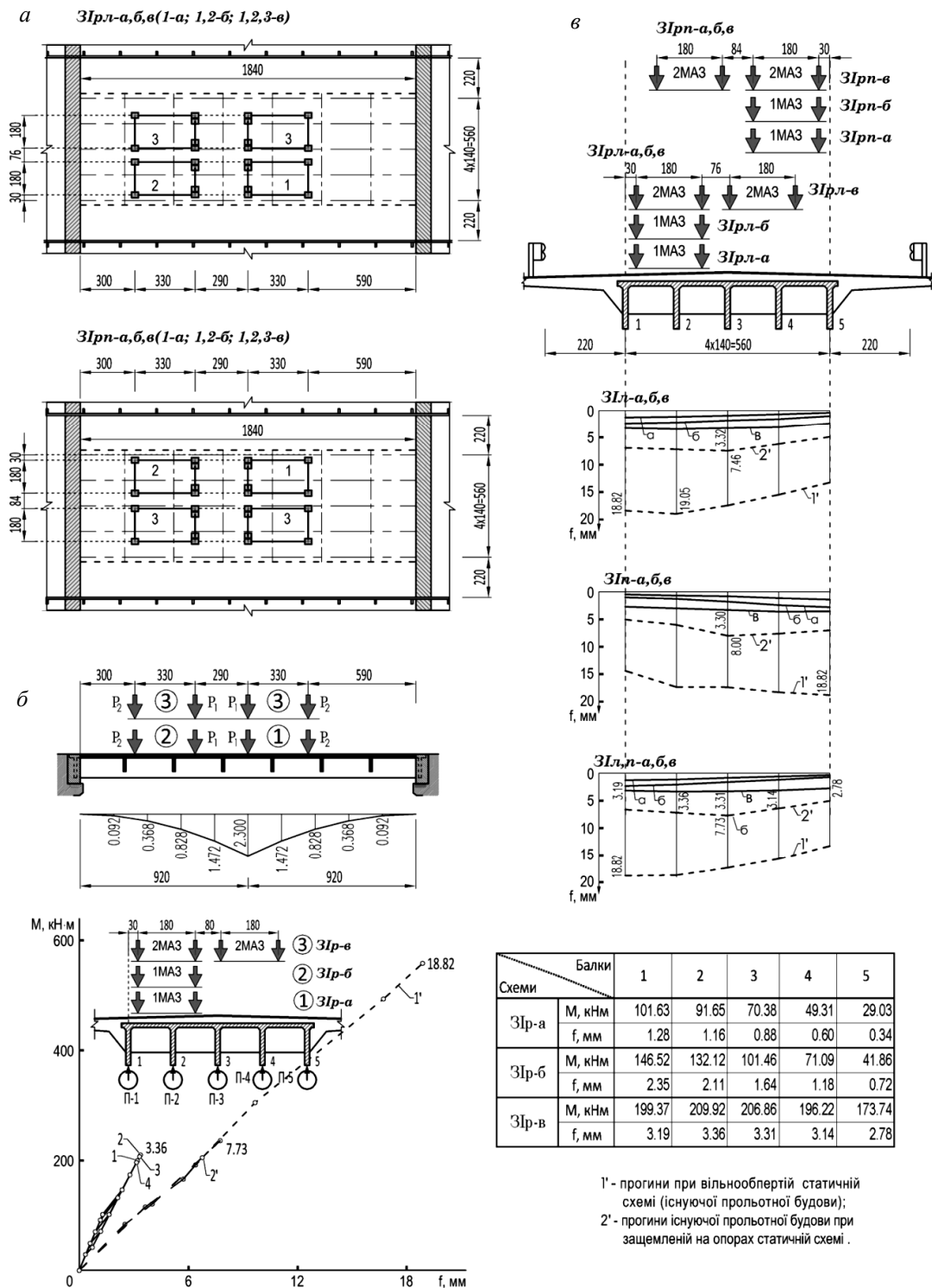
Розширену прольотну будову після реконструкції випробовували за двома схемами її навантаження, а саме: схема Ір – повторювала схеми попередніх випробувань вільнообпертої (рис. 2, а) і защемленої (рис. 3, а) існуючої прольотної будови, (рис. 4,а), що дало можливість прямим порівнянням прогинів балок встановити ефективність включення в роботу з існуючими балками основних елементів реконструкції (защемлення балок і накладної плити); схема Пр – нова схема (рис. 5, а) з максимальним наближенням колон випробувального навантаження до бар'єру безпеки, тобто з виходом його на консольну ділянку накладної плити (рис. 5, а, б). Ця схема була найневигіднішою для роботи прольотної будови під тимчасовим навантаженням (при повному постійному), створювала максимальну навантаженість крайніх балок і загалом характеризувала експериментальну вантажопідйомність реконструйованої прольотної будови з розширенням її монолітною залізобетонною накладною плитою і підсиленням балок зміною їхньої статичної схеми.

У реконструйованій прольотній будові, випробуваній за схемою Ір (рис. 4), розподіл прогинів між балками поперек прольоту при лівих і правих схемах навантажень, а також середніх (рис. 4, б) близький до лінійного, що свідчить про жорсткий контур поперечника прольотної будови за рахунок існуючих поперечних діафрагм і включення в сумісну роботу з ними накладної плити. За навантаження двома колонами автомобілів внаслідок розподільного впливу накладної плити та великої поперечної жорсткості всі балки мали майже однакові прогини (різниця в межах розкиду експериментальних величин), тобто мали практично однаковий ступінь навантаженості.

Порівняння максимальних прогинів балок випробуваної прольотної будови на різних етапах реконструкції при навантаженні за однією схемою дало можливість встановити ефективність прийнятих конструктивних рішень реконструкції. Зокрема, максимальний прогин балки вільнообпертої прольотної будови становив 18,82 мм, після створення її защемлення він зменшився до 7,73 мм тобто в 2,43 разу. Це зменшення прогину характеризує ефект підсилення балок у прольоті найменш затратним способом – зміною статичної схеми. Після влаштування накладної плити від тієї ж схеми випробувального навантаження прогин ще зменшився до 3,36 мм, тобто порівняно з початковим для вільнообпертої прольотної будови у 5,6 разу, а відносно існуючої защемленої у 2,3 разу. Ці величини зменшення прогину характеризують 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 з виходом навантаження на консольну ділянку накладної плити (рис. 5, а, б), як і в попередніх випробуваннях, розподіл прогинів між балками поперек прольоту лінійний за явно вираженим принципом позацентрового стиску (рис. 5, 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 разу. Це зменшення прогину при більш невідгідному навантаженні реконструйованої прольотної будови порівняно з існуючою вільнообпертою і характеризує ефективність включення в роботу елементів реконструкції та ступінь збільшення їхньої вантажопідйомності порівняно з існуючою.

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. 2–5). Графіки прогинів різних балок за різного ступеня їхньої навантаженості практично збігаються, тобто однаковим згинальним моментом у різних балках відповідають однакові прогини (перебувають у межах розкиду 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 врахування реологічних явищ, характерних для залізобетону (усадка і повзучість), які завершилися за тривалий період експлуатації балок до випробувань.



(КПРМ). Для порівняння теоретичні КПРМ від випробувального навантаження розраховували за доволі розповсюдженим при проектуванні мостів методом позacentрового 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. 6, а, б). За найбільш не вигідного навантаження розширеної прольотної будови як однією, так і двома колонами автомобілів з виходом їх на консольну ділянку накладної плити розраховані КПРМ є значно більшими від експериментальних (рис. 6, в, г), хоча розподіл експериментальних КПРМ між балками є лінійним, тобто, не дивлячись на велику різницю принцип позacentрового стиску зберігається і для розрахованих, і для експериментальних КПРМ. Це питання потребує додаткового вивчення і аналізу, а методика розрахунку – коригування.

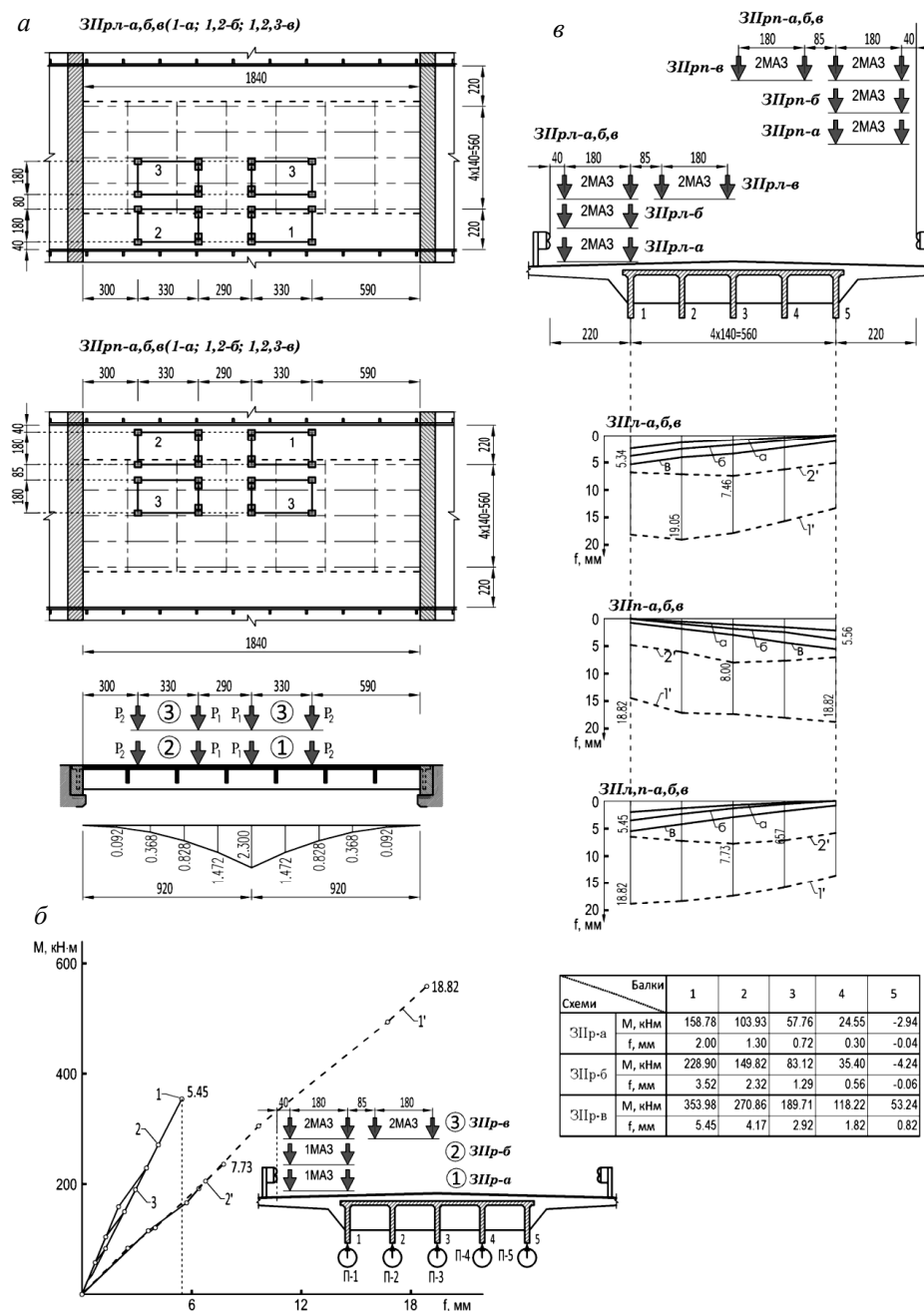


Рис. 5. Результати випробувань розширеної прольотної будови за зацмленою статичною схемою і її навантаженні за схемами Ір-а,б,в: а – схеми розташування випробувального навантаження; б – еюра прогинів балок при ліво- (л) і правосторонній (п) схемах навантаження і середні з ліво і правосторонніх схем; в – графіки прогинів балок залежно від величини згинального моменту

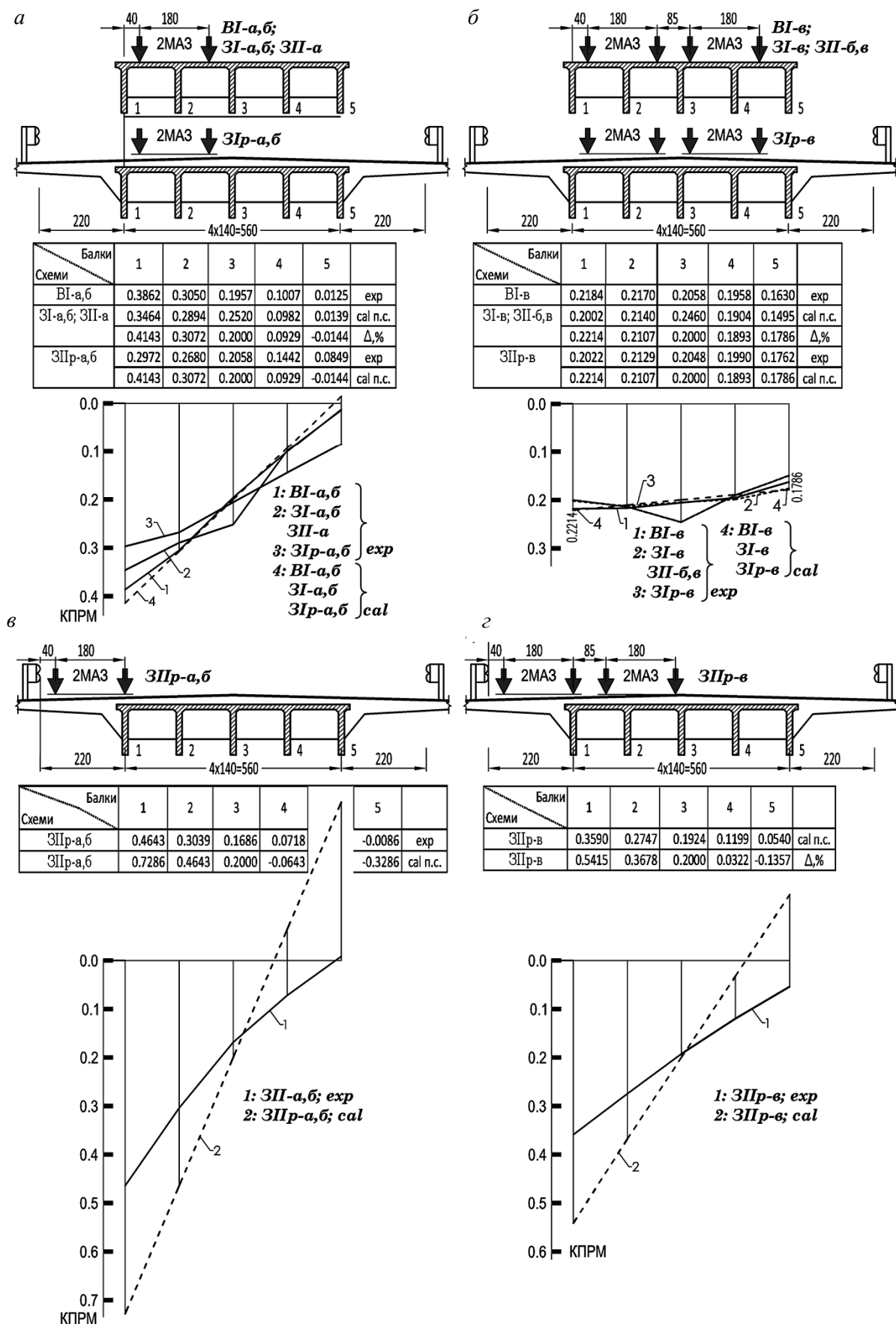


Рис. 6. Порівняння експериментальних (exp) і розрахованих (cal) КПРМ для існуючої і розширеної прольотної будови при навантаженні їх однією (а, б) і двома (в, г) колонами автомобілів

Висновки

1. Проведена реконструкція і стадійні випробування прольотної будови за ТП вип. 56 після тривалого періоду експлуатації підтвердили ефективність, технологічність і надійність прийнятих конструктивних рішень реконструкції.

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

3. Лінійний розподіл прогинів між балками як існуючої, так і реконструйованої прольотної будови свідчить, що фактична просторова робота прольотної будови відповідає теоретичним передумовам методу позacentрового стиску, прийнятому для її перевірочних розрахунків на тимчасові нормовані і випробувальні навантаження. Це підтверджує також порівняння теоретичних і експериментальних, визначених за вимірними прогинами балок, коефіцієнтів поперечного розподілу згинальних моментів, які для схем навантаження в межах ширини прольотної будови практично збігаються. При розташуванні навантаження на консольній ділянці накладної плити розбіжність експериментальних і розрахункових КІПРМ 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, зіставного з новозбудованими мостами.

1. Виноградский Д. Ю. Эксплуатация и долговечность мостов / Д. Ю. Виноградский, Ю. Д. Руденко, А. А. Шкуратовский. – К.: Будівельник, 1985. – 105 с. 2. ДБН В.2.3-22:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 73 с. 3. Кваша В. Г. Обстеження та випробування автодорожніх мостів. / В. Г. Кваша. – Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2002. – 102 с. 4. Кваша В. Г. Досвід розширення балкових залізобетонних прольотних будов монолітною залізобетонною накладною плитою / В. Г. Кваша, Т. П. Ковальчик, Л. В. Салійчук // Вісник теорія і практика будівництва. – Львів: Нац. ун-т “Львівська політехніка”, 2007. – С. 80–94. 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. // 36. 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: Нац. ун-т “Львівська політехніка”, 2008. – № 627. – С. 122–128. 7. Кваша В. Г. Реконструкція мостів під час капітального реконструкції автодороги Львів-Краківець за програмою підготовки до Євро-2012 / В. Г. Кваша, Т. П. Ковальчик, В. М. Полець, Л. В. Салійчук Л. В. // Вісник Теорія і практика будівництва. – Львів: Нац. ун-т “Львівська політехніка”, 2012. – № 737. – С. 143–152. 8. Матаров И. А. Сборные железобетонные мосты с многорядной сварной арматурой / И. А. Матаров, Л. С. Смирнова, А. Л. Шилина. – М.: Автотрансиздат, 1959. – 186 с. 9. Рачкевич В. С. Експлуатаційний стан та ефективні системи відновлення збірних залізобетонних прольотних будов з багаторядовою каркасною арматурою / В. С. Рачкевич, В. Г. Кваша // 36. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне: НУВГП, 2009. – Вип. 18. – С. 521–533. 10. Рачкевич В. С. Реконструкція автодорожнього моста з залізобетонними балковими бездіафрагмовими прольотними будовами. / В. С. Рачкевич, Л. Я. Семанів, В. Г. Кваша, Л. В. Салійчук // 36. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне: НУВГП, 2012. – Вип. 23. – С. 510–22. 11. Рачкевич В. С. 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 // Вісник Одеської державної академії будівництва і архітектури. – Одеса: ОДАБА, 2013. – Вип. №49. Ч. 2. – С. 211–217. 12. Рачкевич В. С. Дослідження просторової роботи залізобетонної перехресно-ребристої балкової прольотної будови до та після розширення і підсилення накладною плитою / В. С. Рачкевич // Теорія і

практика будівництва. – Львів: Ви-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2015. – № 823. – С. 270–280. 13. Типовые проекты сооружений на автомобильных дорогах. Вып. 56. Пролётные строения железобетонные, сборные с каркасной арматурой периодического профиля. – М.: Стройиздат, 1958. – 56 с.

References

1. Vinogradskii D. Yu., Rudenko Yu.D., Shkuratovskii A. A. Ekspluatatsiya i dolgovechnost' mostov [Operation and durability of bridges], Kiev, Budivel'nik Publ., 1985, 105 p. [In Russ.].
2. 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.
3. Kvasha V. G. Obstezhennja ta vyprovuvannja avtodorozhnih mostiv [Inspection and testing of road bridges]. Lviv, National University “Lviv Polytechnic”. 2002. 102 p.
4. Kvasha V. H., Koval'chyk T. P., Saliychuk L. V. Dosvid rozshyrennja balkovykh zalizobetonnykh prol'otnykh budov monolitnoyu zalizobetonnoyu nakladnoyu plytoyu [The experience of expanding the beam reinforced concrete span structures with a monolithic reinforced concrete slab]. Visnyk Teoriya i praktyka budivnytstva. Lviv, National University “Lviv Polytechnic”. 2007, pp. 80–94. (In Ukrainian).
5. Kvasha V. H., Saliychuk L. V., Rachkevych V. S., Semaniv L. Ya. Vidnovlennja 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 navantazhennja mizh balkamy prol'otnoyi budovy za rezul'tatamy naturnykh vyprovuvan' [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'chyk T. P., Polets' V.M., Saliychuk L. V. Rekonstruktsiya mostiv pid chas kapital'noho rekonstruktsiyi avtodorohy L'viv-Krakovets' za prohramoyu pidhotovky do Yevro-2012 [Reconstruction of bridges during major reconstruction of the Lviv-Krakovets highway on the preparation for Euro-2012]. Visnyk Teoriya i praktyka budivnytstva. Lviv, National University “Lviv Polytechnic”. 2012, vol. 737, pp. 143–152. (In Ukrainian).
8. 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, Avtostroiizdat Publ. 1959. 186p.
9. Rachkevych V. S., Kvasha V. H. Ekspluatatsiynyy stan ta efektyvni systemy vidnovlennja 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. 521–533. (In Ukrainian).
10. Rachkevych V. S., Semaniv L. Ya., Kvasha V. H., Saliychuk L. V. Rekonstruktsiya avtodorozhn'oho mosta z zalizobetonnyimi balkovymi bezdiaframovymi prol'otnymi budovamy [Reconstruction of a road bridge with reinforced concrete beam diaphragmless span structures]. Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy. Rivne. 2012, vol. 23, pp. 510–522 (In Ukrainian).
11. Rachkevych V. S., Kvasha V. H., Saliychuk L. V., Tuzyak A. A. Rozpodil tymchasovoho navantazhennja mizh balkamy bezdiaframovoyi prol'otnoyi budovy mosta za rezul'tatamy naturnykh vyprovuvan' [Distribution of the temporary load between the beams of the diaphragmless span structure of the bridge by the results of full-scale tests]. Visnyk Odes'koyi derzhavnoyi akademiyi budivnytstva i arkhitektury. Odesa, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. 2013, vol. 49, pp. 211–217. (In Ukrainian).
12. Rachkevych V. S. Doslidzhennja prostorovoyi roboty zalizobetonnoyi perekhresno-rebrystoyi balkovoyi prol'otnoyi budovy do ta pislya rozshyrennja i pidsylennja 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).
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.