

РЕЗУЛЬТАТИ НАТУРНИХ ВИПРОБУВАНЬ КОСИХ В ПЛАНІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛКОВИХ ПРОЛЬОТНИХ БУДОВ АВТОДОРОЖНЬОГО МОСТА

© Горбачевський Р. Р., Рубаха М. В., Кваша В. Г., 2017

Залізобетонні мости з косим перетином перепони (косі в плані мости) з балковими перехресно-ребристими прольотними будовами мають характерні конструктивні відмінності в компоюванні балкової клітки порівняно з прямими. Зокрема, це зміщення в плані головних балок на опорах, а також коса або пряма орієнтація поперечних балок (діафрагм), які об'єднують головні балки поперек прольоту в перехресно-ребристу балкову клітку. Ці особливості значно ускладнюють теоретичне створення їхніх розрахункових моделей просторового розрахунку. Тому у більшості випадків для практичних потреб цю задачу вирішують не теоретично, а шляхом натурних випробувань косих у плані прольотних будов. У цій статті представлені результати випробувань прольотних будов з косою і прямою орієнтацією поперечних діафрагм. За їх результатами досліджений дійсний характер просторової роботи і закономірності розподілу зусиль між балками, що дало можливість виконати розрахунки прольотних будов на нормовані тимчасові навантаження.

Ключові слова: косий у плані міст, косі і прямі діафрагми, розрахункова модель, випробування, розподіл зусиль.

R. Gorbachevskiy, M. Rubakha, V. Kvasha
Lviv Polytechnic National University,
GNDL-88

THE RESULTS OF FULL-SCALE TESTS OF THE SKEW IN THE PLAN REINFORCED CONCRETE BEAM SPAN STRUCTURES OF THE HIGHWAY BRIDGE

© Gorbachevskiy R., Rubakha M., Kvasha V., 2017

Reinforced concrete bridges with skew intersection of obstacles (the skew in the plan bridges) with beam cross-ribbed span structures have characteristic constructive differences in the layout the floor beam system compared to straight systems. In particular, it is the shift in the plan of the main beams on the supports and skew or straight orientation of the transverse beams (diaphragms) that unites main beams across the span into beam cross-ribbed grillage. These features considerably complicate the theoretical creation of their calculation models of spatial calculation. Therefore, in most cases, for practical purposes this problem is solved not theoretically, but through full-scale tests of skew in the plan span structures. In this paper, the results of tests of span structures with skew and straight orientation of transverse diaphragms are presented. According to their results, the actual nature of spatial work and regularity of the distribution of forces between beams is investigated, which made possible to perform calculations of span structures on normalized temporary loads.

Key words: skew in the plan bridge, skew and straight diaphragms, calculation model, tests, efforts distribution.

Вступ. Постановка проблеми. Мета роботи. Мости з косим перетином перепони (косі в плані мости) з балковими перехресно-ребристими прольотними будовами (балковими клітками) належать до

особливої системи мостів з характерними конструктивними відмінностями від більш розповсюджених типів прямих, у яких поздовжні (головні) і поперечні (діафрагми) елементи балкової клітки з'єднують під прямим кутом. Відмінності косих мостів порівняно з прямими полягають у принципових засадах формування балкової клітки з об'єднаних між собою поздовжніх і поперечних елементів. Основні з них – це зміщення в плані відносно кута косини головних балок на опорах, а також коса (під кутом косини) або пряма (під прямим кутом) орієнтація зв'язків між балками поперек прольоту (поперечних діафрагм) відносно напрямку поздовжніх елементів (головних балок).

Просторовий розрахунок прольотних будов такого типу для визначення в їхніх елементах зусиль від зовнішніх навантажень відносять до розряду складних задач будівельної механіки, які до сьогодні не мають достатньо придатного для практичних інженерних розрахунків розв'язання. Загальновідомі приблизні методи розрахунку, які застосовують у практиці проектування прямих прольотних будов, не в повній мірі відповідають реальній роботі косих у плані прольотних будов [1, 8, 11, 13].

Передусім це стосується косих прольотних будов з прямою орієнтацією діафрагм, у яких на припорних ділянках є кутові діафрагми меншої довжини, ніж у середній частині прольоту, де їх довжина дорівнює ширині моста між крайніми балками і відповідає довжині діафрагм прямих мостів. Ці короткі кутові припорні діафрагми, за однаковою висотою з прольотними, порівняно з ними, мають більшу погонну жорсткість, а тому в косій балковій просторовій перехресно-ребристій системі створюють додаткові пружні опори для однієї-двох крайніх балок, зменшуючи їх робочий прольот і, відповідно, збільшуючи несучу здатність і жорсткість. Отже, саме наявність коротких кутових діафрагм і зумовлює основну відмінність статичної роботи косих прольотних будов з прямими діафрагмами порівняно з аналогічними прямими і косими з косими діафрагмами. Хоча можна припустити, що і в цьому типі косих мостів зміщення поздовжніх балок на опорах відносно кута косини, за однакової довжини всіх косо орієнтованих діафрагм, повинно також, хоча і меншою мірою, впливати на статичну роботу і просторовий розподіл зусиль у косій перехресно-ребристій системі.

Проведений короткий аналіз впливу конструктивних особливостей залізобетонних косих балкових перехресно-ребрих прольотних будов на можливі схеми їх просторової роботи показує, що через невизначену жорсткість окремих поздовжніх і поперечних елементів та наявність пружних проміжних опор різної жорсткості теоретичне створення їх розрахункової моделі є доволі складним навіть при розв'язанні у пружній постановці. Основна складність створення моделі точного просторового розрахунку полягає у необхідності врахування фізичної і геометричної нерегулярності багатократно статично невизначеної перехресної системи балок різної погонної жорсткості і різних умов їх обпирання на основні жорсткі та додаткові проміжні пружні опори.

Якщо теоретично складно встановити дійсний характер просторової роботи і розрахункову модель (закон розподілу зусиль між балками) для окремих конкретних випадків, задачу вирішують шляхом проведення натурних випробувань, які, як правило, дають вичерпну відповідь на технічний стан та характер просторової роботи випробовуваних типів прольотних будов.

Такі випробування проведені перед розробленням робочого проекту реконструкції косих у плані прольотних будов міського шляхопроводу по вул. Городецькій у м. Львові. Випробовували існуючі прольотні будови крайнього (К) і середнього (С) прольотів, які конструктивно відрізнялись між собою косою (крайній) і прямою (середній) орієнтацією діафрагм. Метою їхнього проведення було дослідження дійсного характеру просторової роботи, розподілу зусиль між балками прольотних будов, перевірка дійсної і прийнятої в розрахунках моделі і схеми просторової роботи прольотних будов, та встановлення можливостей використання існуючих конструкцій у реконструйованій споруді, а також можливостей сприйняття існуючими прольотними будовами технологічних навантажень під час виконання робіт з реконструкції (розташування на прольотних будовах монтажних кранів, складування нових конструкцій та ін.).

Випробування проведені ГНДЛ-88 Національного університету “Львівська політехніка”. Нижче представлені основні їхні результати.

Конструктивне рішення існуючого шляхопроводу. Існуючий шляхопровід через залізничні колії напрямку Львів-Ходорів розташований на прямій ділянці міської вуличної магістралі, яка за

перспективною інтенсивністю руху згідно з вимогами [2] віднесена до магістральної вулиці загальноміського значення регульованого руху. Шляхопровід збудовано орієнтовно в 1959–60 рр. за індивідуальним проектом з прив'язкою основних конструктивних рішень прольотних будов і армування головних балок до розробленого наприкінці 50-х років минулого сторіччя типового проекту ТП вип. 56 [1, 5, 12].

За конструктивною схемою шляхопровід балковий, розрізний, трипрольотний за схемою 11,4+18,6+11,4 м, загальною довжиною 41,4 м і габаритом проїзної частини Г-10,5 м з двосторонніми тротуарами підвищеного типу шириною по 0,9 м (рис. 1, рис. 2). Перетин шляхопроводу з залізничною колією косий під кутом 70° . Профіль шляхопроводу і підходів на випуклій кривій.



Рис. 1. Загальний вид шляхопроводу

Прольотні будови перехресно-ребристі, в поперечному перерізі зібрані з 10-ти збірних залізобетонних балок таврового профілю з кроком поперек прольоту 1,4 м, що відповідає відстані між балками в типовому проекті вип. 56. Поперек прольоту балки об'єднані між собою в просторову перехресно-ребристу систему прольотної будови тільки в площинах поперечних діафрагм, розташованих уздовж прольотів з кроком 2,7 м шляхом зварювання вставних трикутних блоків діафрагм до закладних деталей у ребрах балок – у крайніх прольотах (рис. 2, в) і зварюванням півдіафрагм суміжних балок верхніми і нижніми металевими накладками в середньому (рис. 2, г).

Головні балки прольотних будов таврового перерізу індивідуального проектування довжиною в крайніх прольотах 11,36 м, що збігається з типовою, середнього – відрізняється від типової 18,56 м. Висота балок крайніх прольотів – 0,85 м, середнього – 1,15 м. Тип армування їх прийнятий за аналогією з ТП вип. 56 двома плоскими зварними каркасами із розташуванням поздовжньої робочої арматури періодичного профілю $\varnothing 32$ мм у 4–5 рядів по висоті без зазорів між ними.

Берегові опори шляхопроводу обсіпні, полегшеного типу з однорядних залізобетонних забивних паль, об'єднаних зверху масивною монолітною залізобетонною насадкою з шафовою стіною і зворотними відкритками.

Проміжні опори скомпановані з двох окремих, розташованих в одній площині, двостійкових П-подібних рамних опор. Дві стійки кожної частини опори мають двотавровий переріз і об'єднані між собою збірним залізобетонним ригелем прямокутного перерізу 145×60 см. Між двома частинами опори по осі моста в межах висоти ригеля влаштований деформаційний шов. Внизу стійки опор жорстко защемлені у підколонниках стаканного типу, монолітно об'єднаних з суцільною залізобетонною плитою фундаменту.

За останні десятиліття експлуатації у зв'язку з погіршенням експлуатаційного стану шляхопровід неодноразово обстежували. Загальний висновок за їх результатами – за характером виявлених дефектів і пошкоджень згідно з ДБН [3, 4] експлуатаційний стан шляхопроводу визнаний як непридатний до нормальної експлуатації передусім за невідповідністю експлуатаційним вимогам за пропускною здатністю (недостатній габарит мостового полотна), вантажопідйомністю, довговічністю і надійністю, а також безпекою та комфортністю руху. Як об'єкт інфраструктури вулиці загальноміського значення для приведення його експлуатаційних показників до вимог ДБН В.2.3-22:2009 [2] необхідна його реконструкція з розширенням габариту мостового полотна, підсиленням і ремонтом пошкоджених елементів та ліквідацією дефектів.

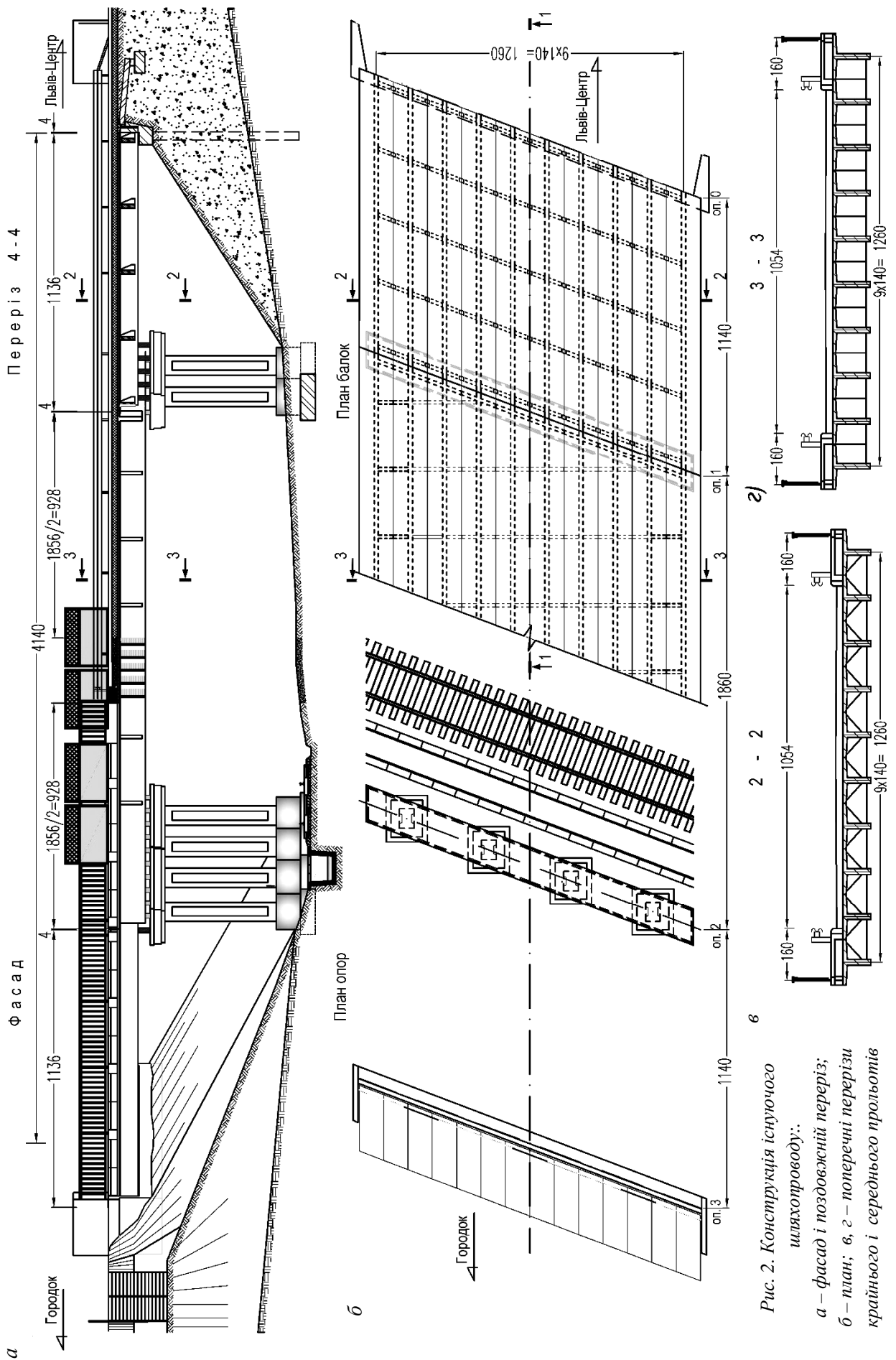


Рис. 2. Конструкція існуючого шляхопроводу:
 а – фасад і поздовжній переріз;
 б – план; в, г – поперечні перерізи крайнього і середнього прольотів

Випробування прольотних будов та їхні результати. Випробовували існуючі прольотні будови крайнього і середнього прольотів, оскільки їхня конструкція і способи об'єднання балок упоперек прольоту були різними. Випробування проводили під час виконання робіт з реконструкції моста після демонтажу правосторонніх крайніх балок і видалення всіх елементів мостового полотна (крім лівосторонніх тротуарних конструкцій), тобто за мінімального постійного навантаження – лише від власної ваги балок.

Беручи до уваги наявність косини і значних дефектів та пошкоджень балок, випробування проводили за розширеною програмою, а за одержаними результатами вони мали характер експериментальних досліджень. За їхніми результатами встановлювали закономірності розподілу тимчасового навантаження між балками в існуючому стані та аналізували залишкову вантажопідйомність прольотних будов і несучу здатність балок, залишених для подальшої експлуатації в складі майбутніх реконструйованих прольотних будов.

Для випробувань використовували тимчасове рухоме навантаження з однієї або двох колон навантажених великовагових автомобілів-самоскидів двох марок – два автомобілі КрАЗ (тиск на передню вісь 45,5 кН, на задні вісі візка по 92,3 кН) та два автомобілі КамАЗ (тиск на передню вісь 44,7 кН, на задні вісі візка по 73,5 кН).

Максимальну навантаженість балок одержували, встановлюючи впоперек прольоту одну або дві колони автомобілів несиметрично відносно поздовжньої осі шляхопроводу з максимальним наближенням до крайніх балок (рис. 3). Уздовж прольоту крайню задню вісь одного автомобіля встановлювали над вершиною лінії впливу згинального моменту, а другий – впритул заднім бортом до першого, зосереджуючи на ділянці лінії впливу з максимальними ординатами задні найбільше навантажені вісі. Автомобілі другої колони встановлювали впритул до двох основних першої колони, але, враховуючи наявність косини, другу колону зміщували вздовж прольоту відносно першої так, що задні осі обох автомобілів другої колони, як і першої, розташовували над вершиною зміщеної лінії впливу згинального моменту в середині прольоту.

Навантаження здійснювали ступенево, встановлюючи послідовно за прийнятими схемами в одну колону спочатку один автомобіль КрАЗ (схеми Іа, Іа), потім впритул до нього заднім бортом другий КамАЗ (схеми Іб, Іб) і на третьому ступені другу колону з двох автомобілів КрАЗ і КамАЗ впритул до першої (схеми Ів, Ів) з відповідним зміщенням внаслідок косини прольотних будов найбільше навантажених задніх осей на вершину і максимальні ординати також відповідно зміщеної лінії впливу згинального моменту. Вимірювання прогинів балок на кожному ступені навантаження дало можливість одержати графіки залежності прогинів від величини згинальних моментів $f-M$. Прогини вимірювали механічними прогиномірами 6ПАО з ціною поділки 0,01 мм.

Результатом випробувань є прогини балок у середині прольоту, а також визначена за ними згідно з рекомендаціями і обґрунтування робіт [6, 9, 10] основна характеристика навантаженості балок – коефіцієнт поперечного розподілу згинальних моментів (КПРМ), який за фізичним змістом відображає частку силової дії, що передається на кожну балку. Закономірності розподілу прогинів і КПРМ між балками поперек прольоту і характеризує просторову роботу прольотної будови під навантаженням. Вони представлені у вигляді епюр розподілу між балками поперек крайнього (рис. 4, а) і середнього (рис. 4, б) прольотів з врахуванням їх косини для схем навантаження І – а, б, в (рис. 4, а) і схем навантаження ІІ-а, б, в (рис. 4, б).

З представлених епюр видно, що закон зміни прогинів балок за всіх схем позacentрового (одностороннього) навантаження існуючих прольотних будов явно виражений нелінійний, що свідчить про просторовий характер роботи (тобто розподіл вузлових зусиль уздовж і поперек прольоту) залізобетонних перехресно-ребристих балкових прольотних будов із співвідношенням довжини прольоту L до ширини між крайніми балками B $L/B < 2$, що є характерним для крайнього прольоту з косими діафрагмами. Нелінійний розподіл прогинів між балками та набагато менший прогин крайньої балки порівняно з проміжними, в середньому прольоті, який має співвідношення L/B також менше ніж 2, окрім того, можна пояснити наявністю в косій прольотній будові прямих поперечних діафрагм, які на кутових ділянках відіграють роль пружних проміжних опор, збільшуючи погонну жорсткість крайніх балок. Проблема впливу напрямку поперечних діафрагм

(косі чи прямі) на просторову роботу і жорсткість поперечника косих прольотних будов у науковому плані вивчена недостатньо і потребує проведення спеціальних експериментальних і теоретичних досліджень.

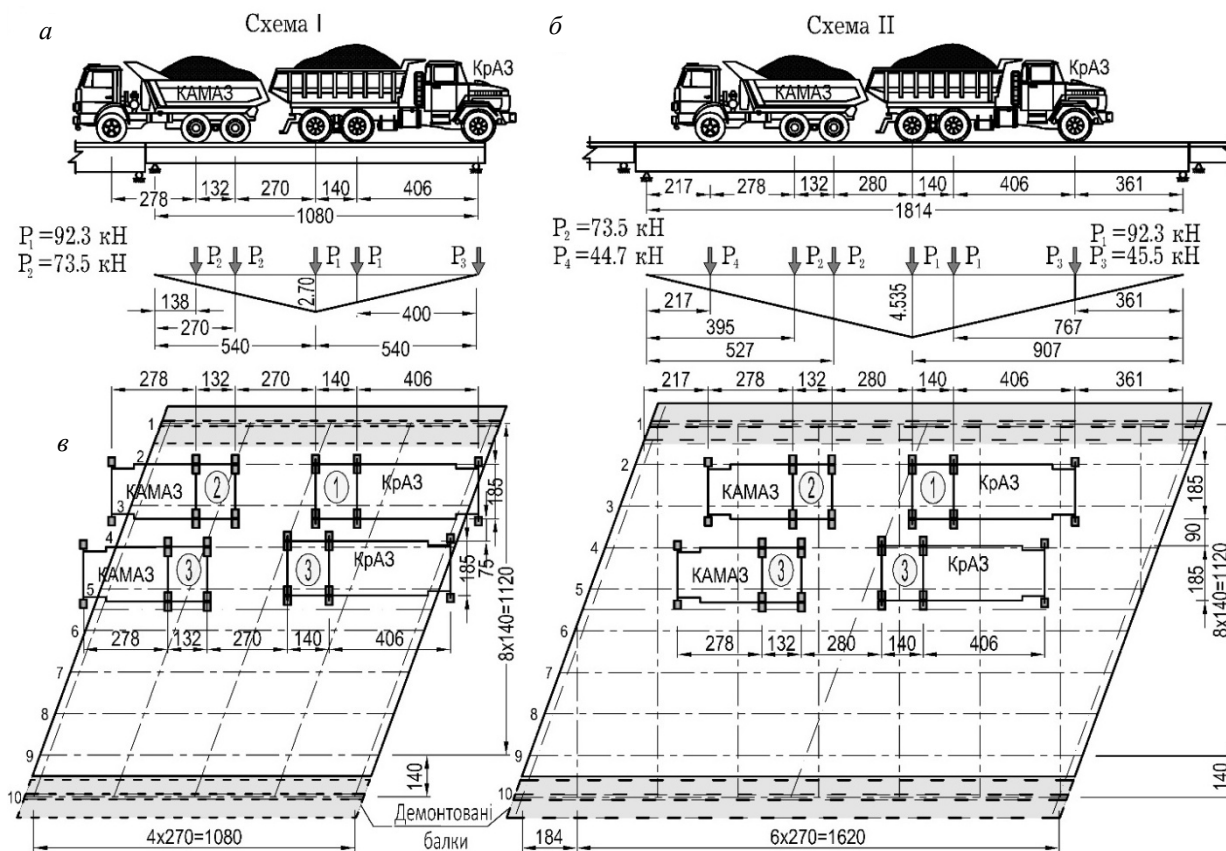


Рис. 3. Схеми навантаження прольотних будов крайнього (а) I-а, б, в і середнього (б) II-а, б, в прольотів. 1-а; 1,2-б; 1,2,3-в

При позакентровому навантаженні прольотної будови крайнього прольоту двома колонами автомобілів з максимальним їхнім зміщенням до крайньої балки за досягнутого рівня навантаженості найбільший прогин 6,48 мм мала четверта від краю балка (рис. 4, а), хоча при жорсткому поперечнику нею мала би бути перша або друга. Відносно розрахункового прольоту цієї балки $L_{01}=11,1$ м прогин найбільше навантаженої четвертої балки становить $f/L_{01}=1/1713$ при допустимому згідно з ДБН [2] пружному прогинові балки від короткочасних навантажень $1/400$ розрахункового прольоту, що в абсолютній величині становить $[f]=1/400 \cdot 1110 = 2,78$ см, тобто фактичний вимірний під час випробувань прогин цієї балки виявився у 4,3 рази меншим за допустимий. Це свідчить про значний запас вертикальної жорсткості існуючих балок і можливість сприйняття ними набагато більших навантажень, ніж досягнуті при випробуваннях.

При навантаженні балок середнього прольоту за схемами II-а і II-б (однією колоною автомобілів) максимальний прогин, відповідно, 3,88 мм і 6,4 мм мала третя балка, а при максимально досягнутому при випробуваннях навантаженні (схема II-в – дві колони автомобілів) найбільший прогин – 12,33 мм як і для крайнього прольоту, мала четверта балка (рис. 4, б). Загалом криволінійний розподіл прогинів між балками, максимальне деформування, а, відповідно, і максимальна навантаженість проміжних, а не крайніх балок цієї прольотної будови свідчить про вплив коротких кутових прямих діафрагм у складі косої в плані прольотної будови на збільшення погонної жорсткості крайніх балок, для яких ці діафрагми є додатковими пружними опорами. Можливо, на зменшення загальної жорсткості поперечника прольотної будови впливає також податливість стикових з'єднань півдіафрагм зварюванням закладних деталей металевими накладками (типовий стик півдіафрагм в ТП, вип. 56).

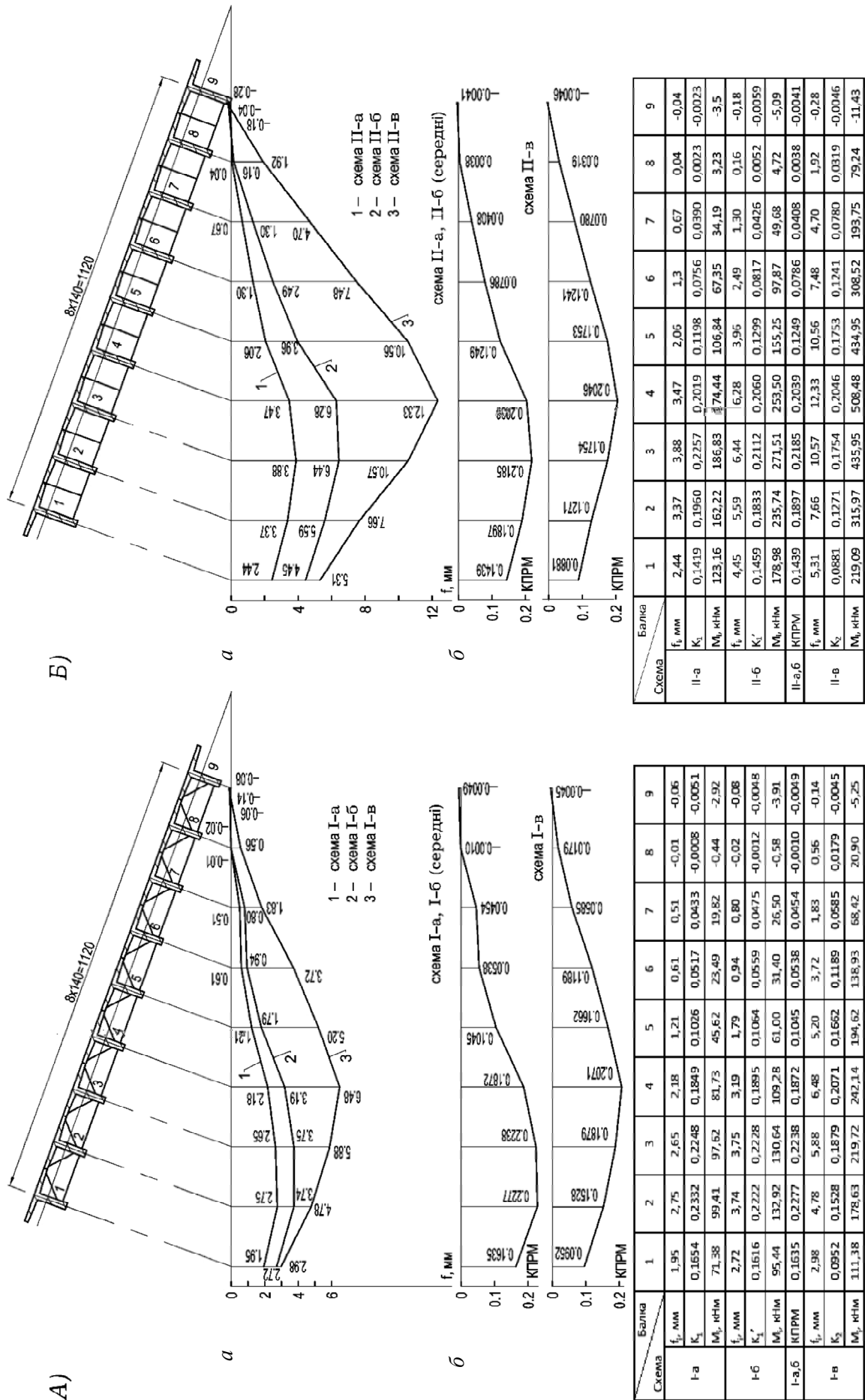


Рис. 4. Результати виробувань прольотних будов крайнього (А) і середнього (Б) прольоту. а – прогини балок; б – етори КІРМ. K_1 ; K_1' – КІРМ за схемами навантаження I-а і I-б; II-а і II-б; K_2 – КІРМ за схемою навантаження I-в і II-в. $f, \text{мм}$ – прогини і-ї балки; $M_1, \text{кНм}$ – згинальний момент в і-ї балці за відповідних схем навантаження

Відносно розрахункового прольоту $L_{02}=18,14$ м прогин найбільше навантаженої балки становить $f/L_{02}=1/1471$ при допустимому від короточасних тимчасових навантажень $[f]=1/400 \times 1814=4,54$ см, тобто вимірний при випробуваннях прогин при досягнутому рівні навантаженості балки був у 3,68 разів меншим від допустимого. Це свідчить про можливість сприйняття балками середнього прольоту значно більших навантажень, ніж рівень навантаженості під час випробувань.

Аналіз характеру просторової роботи прольотних будов під навантаженням та встановлення можливих методик для перевірочних розрахунків прольотних будов цього типу проводили також за коефіцієнтами поперечного розподілу згинальних моментів (КПРМ), які експериментально визначали за вимірними прогинами балок у припущенні їх пружної роботи, допускаючи, що розподіл згинальних моментів між балками пропорційний їхнім прогинам (рис. 4).

Знайдені за цією методикою КПРМ і згинальні моменти M_i в балках прольотних будов крайнього і середнього прольотів представлені в таблицях на рис. 4, а також у вигляді епюр розподілу між балками поперек прольоту для крайнього і для середнього прольотів (рис. 4, б). Причому, КПРМ визначали окремо для однієї (схеми I-а,б; II-а,б) і для двох колон випробувального навантаження (схеми I-в; II-в). Оскільки ці величини визначали за співвідношенням прогинів балок, то і закономірності їхнього розподілу між балками аналогічні закономірностям розподілу прогинів, що наочно видно з представлених на рис. 4 епюр їх розподілу впоперек прольоту.

За одержаними з випробувань розподілом і величинами згинальних моментів в обох випробуваних прольотних будовах при навантаженні їх двома колонами випробувального навантаження (схема I-в і II-в) найбільший навантажувальний ефект мали балки № 4. Максимальний згинальний момент у балці № 4 крайнього прольоту становив $M_4=242,14$ кН·м, з врахуванням згинального моменту від власної ваги балки $M_{g,4}=123,21$ кН·м максимально досягнута під час випробувань навантаженість цієї балки становила $M_4^{max}=242,14+123,21=365,35$ кН·м. Розрахункова несуча здатність балки – $M_{u,4}=889,0$ кН·м. Отже, ступінь навантаженості балки відносно її несучої здатності становить 41,1 %, що менше рекомендованої ДБН [3] навантаженості – 65 %.

У балці № 4 середнього прольоту максимально досягнутий згинальний момент від двох колон випробувального навантаження становив $M_4=508,48$ кН·м, від власної ваги балки $M_{g,4}=438,06$ кН·м, тобто загальна навантаженість цієї балки становила $M_4^{max}=508,48+438,06=946,54$ кН·м при розрахунковій несучій здатності її перерізу в середині прольоту – $M_{u,4}=2346$ кН·м. Таким чином ступінь навантаженості цієї балки від випробувального навантаження відносно її несучої здатності становив 40,4 %, тобто, як і для балки № 4 крайнього прольоту, був меншим від рекомендованого ДБН [3] – 65 %.

Висновки

1. Одержані з випробувань нелінійні закономірності розподілу прогинів між балками свідчать про явно виражений просторовий характер роботи косих у плані широких прольотних будов при співвідношенні їхньої довжини L до ширини між осями крайніх балок B $L/B < 2$, тобто про розподіл зусиль від тимчасових навантажень між балками як упоперек, так і вздовж прольоту.

2. Малі прогини найбільше навантажених балок прольотних будов крайнього і середнього прольотів свідчать про значний запас вертикальної жорсткості балок і можливість сприйняття ними значно більших навантажень (а відповідно і зусиль) ніж досягнуті при випробуваннях. Загальний навантажувальний ефект найбільше навантажених балок від сумарних тимчасових і постійних навантажень становив 40–45 % від їх несучої здатності, що менше від рекомендованого ДБН [3] – більше 65 %.

3. Проведені випробування показали, що існуючі прольотні будови крайнього і середнього прольотів з демонтованими неремонтопридатними крайніми балками можуть бути використані при реконструкції моста за умови їх підсилення зміною статичної схеми, ліквідації наявних дефектів і пошкоджень та повної заміни комплексу іздового полотна і тротуарів. Існуючі прольотні будови

мають також достатню несучу здатність для сприйняття технологічних навантажень під час виконання робіт з реконструкції шляхопроводу.

1. Гибишман М. Б. Проектирование транспортных сооружений / М. Е. Гибишман, В. И. Попов. – М.: Транспорт, 1958. – 447 с. 2. ДБН В.2.3-22:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 73 с. 3. ДБН В.2.3-6:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження і випробування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 44 с. 4. ДСТУ Н Б В.2.3-23:2009. Споруди транспорту. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 54 с. 5. Кваша В. Г. Обстеження та випробування автодорожніх мостів / В. Г. Кваша. – Львів: Нац. ун-т “Львівська політехніка”, 2002. – 102 с. 6. Кваша В. Г. Аналіз розподілу тимчасового навантаження між балками прольотної будови за результатами натурних випробувань / В. Г. Кваша, В. С. Рачкевич // Теорія і практика будівництва. – Львів: Нац. ун-т “Львівська політехніка”, 2008. – № 627. – С. 122–128. 7. Матаров И. А. Сборные железобетонные мосты с многорядной сварной арматурой / И. А. Матаров, Л. С. Смирнова, А. Л. Шилина. – М.: Автостройиздат, 1959. – 186 с. 8. Рачкевич В. С. Розширення плитної нерозрізної збірно-монолітної залізобетонної прольотної будови косою в плані автодорожнього моста / В. С. Рачкевич, В. Г. Кваша, Л. В. Салійчук // Вісник Теорія і практика будівництва. – Львів: НУЛП, 2010. – № 664. – С. 156–163. 9. 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. 10. 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: Вид-во Львівської політехніки, 2015. – №823. – С. 270–280. 11. Рубаха М. В. Порівняльний аналіз розрахункових моделей плитної нерозрізної залізобетонної косої в плані прольотної будови до та після розширення накладною плитою. / М. В. Рубаха, В. Г. Кваша, Л. В. Салійчук // Вісник Теорія і практика будівництва. – 2011. – № 697. – С. 199–210. 12. Типовые проекты сооружений на автомобильных дорогах. Вып. 56. Пролётные строения железобетонные, сборные с каркасной арматурой периодического профиля. – М.: Стройиздат, 1958. – 56 с. 13. Улицкий Б. Е. Пространственные расчеты мостов / Б. Е. Улицкий, А. А. Потапкин, В. И. Руденко и др. – М.: Транспорт, 1967. – 404 с.

References

1. Gibshman M. B., Popov V. I. Proektirovanie transportnykh sooruzhenii [Design of transport buildings]. Moscow, Transport Publ. 1958. 447 p. 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 Ukrainy [in Ukrainian]. 73 p. 3. 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 Ukrainy [in Ukrainian]. 44p. 4. Sporudy transportu. Nastanova z ocinjuvannja i prognozuvannja tehničnogo stanu avtodorozhnih mostiv. [Transport buildings. Guidelines for estimating and forecasting the technical condition of road bridges] (2009). DSTU N B V.2.3-23:2009. Kyiv: Minregionbud Ukrainy [in Ukrainian]. 54p. 5. Kvasha V. G. Obstezhennja ta vyprobuvannja avtodorozhnih mostiv [Inspection and testing of road bridges]. Lviv, National University “Lviv Polytechnic”. 2002. 102 p. 6. Kvasha V. H., Rachkevych V. S. Analiz rozpodilu tymchasovoho navantazhennja 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. 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. 186p. 8. Rachkevych V. S.,

Kvasha V. H., Saliychuk L. V. Rozshyrennya plytynoi nerozriznoyi zbirno-monolitnoyi zalizobetonnoyi prol'otnoyi budovy kosoho v plani avtodorozhn'oho mosta [Expansion of the slab continuous precast-monolithic reinforced concrete span structure of the skew in the plan road bridge]. *Visnyk Teoriya i praktyka budivnytstva*. Lviv, National University "Lviv Polytechnic". 2010, vol. 664, pp. 156–163. (In Ukrainian).

9. Rachkevych V. S., Kvasha V. H., Saliychuk L. V., Tuzyak A. A. Rozpodil tymchasovoho navantazhennya mizh balkamy bezdiaframovoyi prol'otnoyi budovy mosta za rezul'tatamy 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]. *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).

10. 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).

11. Rubakha M. V., Kvasha V. H., Saliychuk L. V. Porivnyal'nyy analiz rozrakhunkovykh modeley plytynoi nerozriznoyi zalizobetonnoyi kosoyi v plani prol'otnoyi budovy do ta pislya rozshyrennya nakladnoyu plytoyu [Comparative analysis of calculation models of the slab continuous reinforced concrete skew in the plan span structure before and after extension by the superimposed slab]. *Visnyk Teoriya i praktyka budivnytstva*. Lviv, National University "Lviv Polytechnic". 2011, vol. 697, pp. 199–210. (In Ukrainian).

12. 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.

13. Ulitskii B. E., Potapkin A. A., Rudenko V. I. Prostranstvennye raschety mostov [Spatial calculations of bridges]. Moscow, Transport Publ. 1967. 404 p.