

неметалевих матеріалів для стиснутої обшивки згинаних комплексних конструкцій із сталевими тонкостінними холодногнутими елементами каркаса вимагає експериментального підтвердження.

1. Гоголь М.В., Петренко О.В. Підвищення ефективності роботи сталевих тонкостінних холодногнутих елементів у цивільному будівництві // Вісник ДУ "Львівська політехніка" "Теорія і практика будівництва". – 1998. – № 360. – С. 47–52. 2. Гоголь М.В., Петренко О.В. Експериментальні дослідження згинаних комплексних конструкцій каркасно-обшивного типу // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. Вип. 4. – Рівне: Рівненський ДТУ, 2000. – С.154–161. 3. Повышение эффективности металлических и дерево-пластмассовых конструкций / Под ред. М.М. Жербина. – К.: "Будівельник", 1978. – 144 с.

УДК 624.21

Рубаха М.В., Кваша В.Г., Салійчук Л.В.

Національний університет "Львівська політехніка",  
кафедра мостів і будівельної механіки

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РОЗРАХУНКОВИХ МОДЕЛЕЙ ПЛИТНОЇ НЕРОЗРІЗНОЇ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ КОСОЇ В ПЛАНІ ПРОЛЬОТНОЇ БУДОВИ ДО ТА ПІСЛЯ РОЗШИРЕННЯ НАКЛАДНОЮ ПЛИТОЮ

© Рубаха М.В., Кваша В.Г., Салійчук Л.В., 2011

**Подано результати аналізу розрахункових моделей для розрахунку залізобетонної збірно-монолітної косої в плані прольотної будови до та після розширення залізобетонною накладною плитою.**

**Ключові слова:** плитна залізобетонна, збірно-монолітна прольотна будова, косі в плані мости, розрахункові моделі, нормовані і випробувальні навантаження.

**The results of analysis of calculation models for the calculation of reinforced-concrete precast-monolithic slanting in a plan span structure to and after expansion the reinforced-concrete superimposed plate are presented.**

**Key words:** slabs reinforced-concrete precast-monolithic span structure; to the scythe in a plan bridges; calculation models; standard and testing loadings.

**Вступ.** Будівництво мостів з нерозрізними збірно-монолітними прямими і косими в плані прольотними будовами із збірних суцільних ненапружених плит завдовжки близько 18,0 м, об'єднаних в надпорних ділянках у багатопрольотну нерозрізну систему, належить до кінця 50-х – початку 60-х років минулого сторіччя. Через неодноразові зміни норм проектування і нормованих вимог до габаритів і навантажень ці мости не задовольняють сучасні експлуатаційні показники за вантажопідйомністю, пропускною здатністю та безпекою руху. За тривалий період експлуатації вони одержали різні дефекти, які впливають на фізичний стан, довговічність і знижують вантажопідйомність, тому їх експлуатаційний стан не можна вважати задовільним, а утримання за сучасної ваги транспортних засобів та інтенсивності руху є важливою проблемою експлуатуючих організацій.

До мостів такого типу належить плитний міст через р. Прут на км 14+913 автодороги Татарів–Кам'янець-Подільський Івано-Франківської області, можливості подальшої експлуатації якого через наявність значних експлуатаційних дефектів несучих конструкцій і недостатній габарит їздового полотна викликає обґрунтовані сумніви. Насамперед міст потребує аналізу реальної існуючої і перспективної вантажопідйомності на основі оцінки фактичного фізичного стану

нерозрізної плитної прольотної будови, а також її розширення за нормативами автодороги III технічної категорії.

Досвід ГНДЛ-88 Національного університету «Львівська політехніка» з розроблення конструктивних рішень і проектування розширення різних типів прольотних будов монолітною залізобетонною накладною плитою та їх реалізація на численних об'єктах реконструкції [3–6] переконливо свідчить про ефективність застосування цього способу для розширення і підсилення прольотних будов різних типів.

**Мета роботи** – експертно визначити технічний стан цього моста для встановлення можливості і доцільності розширення прольотної будови на основі її перерахунків і натурних випробувань до та після розширення.

**Існуючий міст, його технічний стан та конструктивне рішення реконструкції [7].** Існуючий міст має чотирипрольотну залізобетонну збірно-монолітну плитну нерозрізну, косу в плані прольотну будову за схемою 9+18+18+9 м (рис. 1,а) загальною довжиною 58,7 м і габаритом Г-9+2×1,0 м (рис. 1, в), побудований в період 1959-1961 р.р. під нормовані тимчасові навантаження Н13 і НГ-60 [7]. Кут косини моста становить 54°23'. Прольотна будова складена з одинадцяти плит суцільного поперечного перерізу розмірами 100×45 см (рис. 1, в, д). Плити армовані стрижневою ненапруженою арматурою періодичного профілю класу А-III: нижня поздовжня робоча арматура у всіх прольотах – 10Ø32, надопорна робоча арматура – 6Ø32 над крайніми і 8Ø32 – над середньою проміжними опорами (рис. 1, д).

Збірні плити усіх прольотів об'єднані між собою поздовжніми шпонковими швами, замоноліченими дрібнозернистим бетоном, а в середині двох 18-метрових прольотів додатково дискретним шпонковим з'єднанням, влаштованим у вертикальних пазах розміром 15×80 см, утворених в суміжних блоках, з верхнім і нижнім петльовими випусками Ø16 мм, нахлест яких після замонолічення пазів (деталь «А» на рис. 1, а і е), створює в межах висоти плит поперечне розподілююче ребро. Для створення нерозрізності над проміжними опорами після монтажу збірних плит влаштовують відповідно армовані монолітні надопорні ділянки завдовжки 6,0 м (рис. 1, а).

Виявлені під час обстеження дефекти є типовими для залізобетонних мостів старої побудови [2]. Насамперед це вкрай незадовільний стан мостового полотна через багаторазове нарощування шарів асфальтобетонного покриття, нерівності і вибоїни в ньому, а також фактично неробочий стан гідроізоляції, термін служби якої давно вичерпався. Загалом мостове полотно потребує заміни.

З несучих конструкцій прольотної будови внаслідок агресивної дії багаторазового періодичного замочування-висихання, замерзання-розмерзання недопустимо пошкодженими є відкриті поверхні крайніх плит. Вони мають ніздрювату структуру бетону, його відшарування, значну корозію арматури, через що визнані неремонтопридатними і потребують заміни. Проміжні плити мають задовільний стан і можуть бути використані під час реконструкції для подальшої експлуатації.

Основним завданням реконструкції було розширення прольотної будови за нормативами дороги III технічної категорії до Г-10+2×1,0м та забезпечення її вантажопідйомності на сприйняття нормованих тимчасових навантажень А15 і НК-100. Супутні завдання – заміна конструкції мостового полотна і виконання комплексу ремонтно-відновлювальних робіт для ліквідації дефектів і забезпечення довговічності реконструйованої споруди, зіставної з нормованою довговічністю нових мостів.

Оскільки за результатами обстеження стан крайніх плит визнаний неремонтопридатним і було прийнято рішення про їх демонтаж, розширення прольотної будови до заданого габариту виконане на основі залишених дев'яти плит влаштуванням монолітної залізобетонної накладної плити з двосторонніми консолями завдовжки 220 см від зовнішніх граней плит (рис. 1, б, г), тобто замість заміни демонтованих плит новими крайні ділянки розширеної прольотної будови винесені на консолі накладної плити. Накладну плиту об'єднують для сумісної роботи з існуючими плитами за допомогою петльових клеестрижневих анкерів (рис. 1, е) розміщених по осі кожної плити з

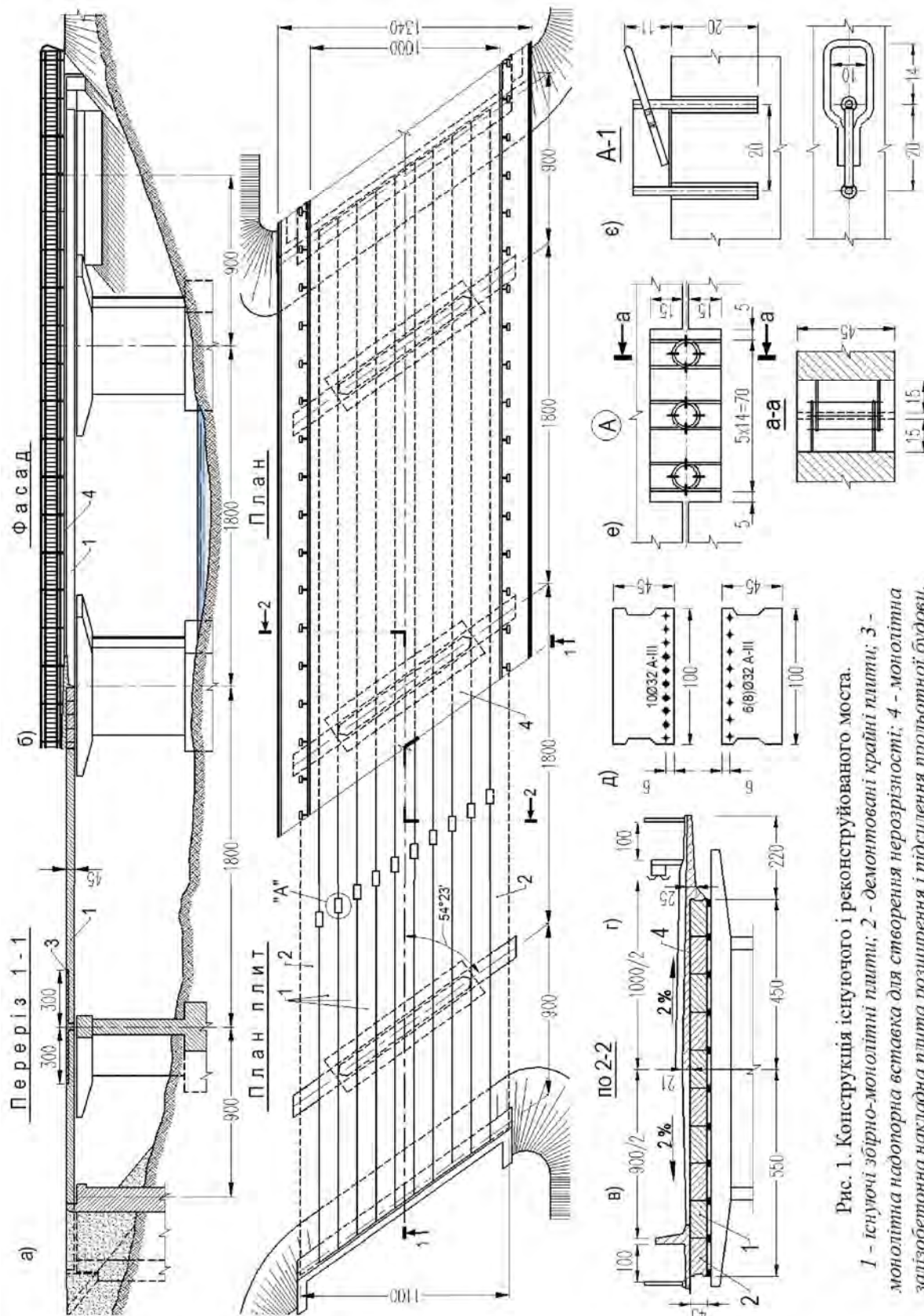


Рис. 1. Конструкція існуючого і реконструйованого моста.  
 1 - існуючі збірно-монолітні плити; 2 - демонтовані крайні плити; 3 - монолітна надоторна вставка для створення нерозривності; 4 - монолітна загізобетонна накладна плита розширення і підсилення прольотної будови.

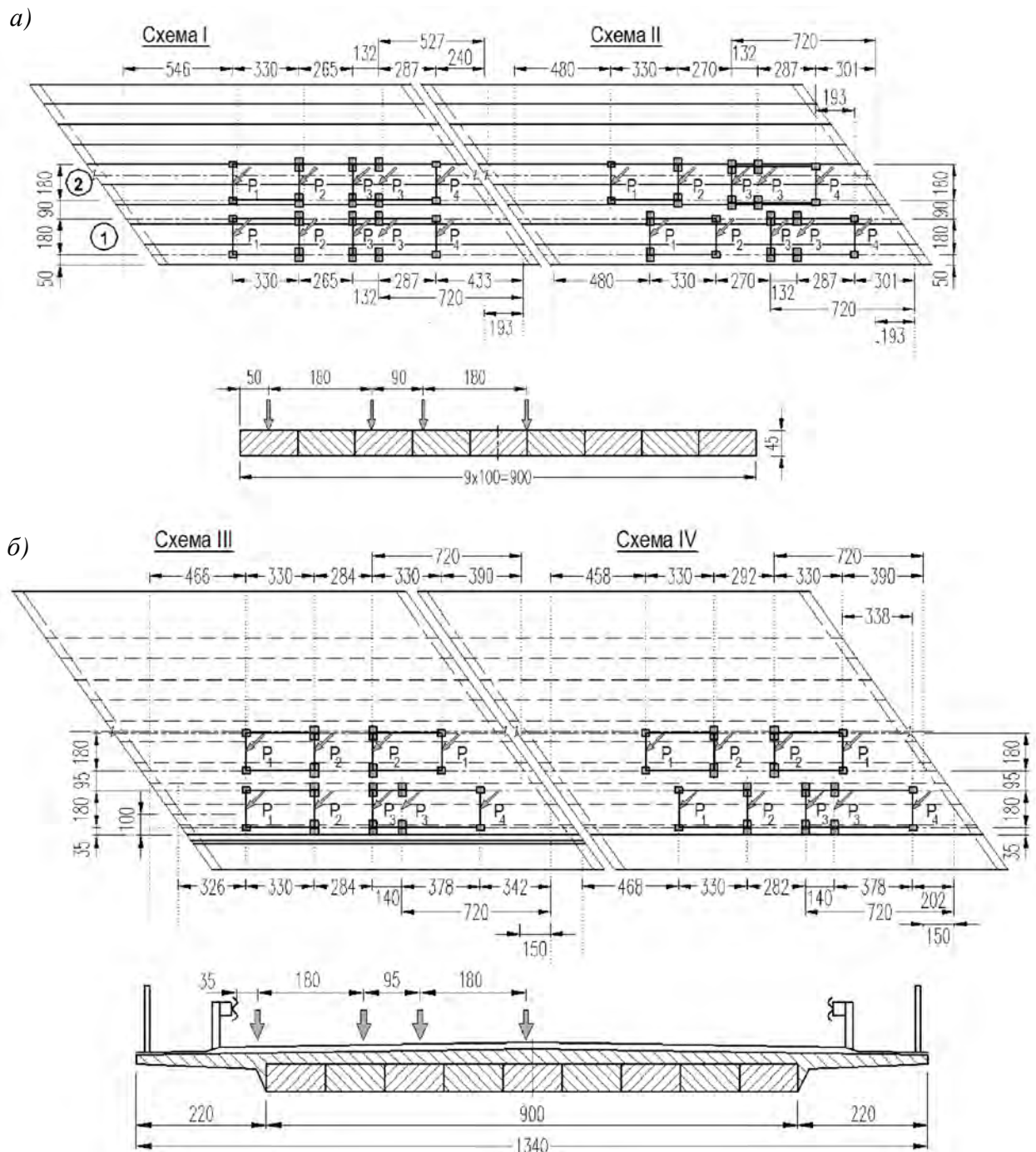


Рис. 2. Схеми розташування навантаження під час статичних випробувань існуючої (а) і розширеної (б) прольотних будов

кроком від 100 см на припорних ділянках до 120...140 см – в середній частині прольотів. Технологічно влаштування анкерів зводиться до вклеювання анкерувальних стрижнів  $\varnothing 22$  мм в заздалегідь просвердлені канали, діаметр яких залежно від застосовуваної клеєвої композиції на 2–4 мм більший від діаметра арматури анкерних стрижнів [8].

Програмою обстежувальних і проектних робіт передбачені випробування середнього прольоту завдовжки 18,0 м до та після розширення прольотної будови [7]. Для випробувального навантаження використовували дві колони навантажених великовагових автомобілів КамАЗ (тиск на передню вісь – 4,47 т, на задні осі – по 7,35 т), тривісний МАЗ (тиск на передню вісь – 8,48 т, на задні – по 6,96 т) і двовісний МАЗ (тиск на передню вісь – 6,7 т на задню – 11,5 т). Прольотну

будову до розширення випробовували після демонтажу крайніх плит. Схеми її навантаження показані на рис. 2, а. Розширену прольотну будову випробовували після завершення реконструкції за схемами навантаження, показаними на рис. 2, б. За цими схемами навантаження проводили і розрахунки прольотної будови до та після розширення.

**Результати розрахунків існуючої і розширеної прольотної будови на нормовані і випробувальні навантаження.** Перевіркові розрахунки існуючої і розширеної прольотної будови проводили за однією методикою на передбачені чинними нормами проектування мостів нормовані тимчасові навантаження А15 і НК-100 з відповідними нормованими коефіцієнтами надійності для постійних і тимчасових навантажень і коефіцієнтами динамічності, а також за прийнятими згідно з програмою випробувань схемами випробувальних навантажень (рис. 2).

Оскільки існуючу прольотну будову випробовували після демонтажу крайніх плит і видалення усіх елементів мостового полотна за мінімальних постійних навантажень тільки від власної ваги плит, розрахунок її на нормовані тимчасові навантаження А15 і НК-100 є доволі умовним і його результати використані лише для порівняння зусиль від цих навантажень з зусиллями від випробувальних навантажень, тобто для визначення ступеня навантаженості плит за різних схем розташування випробувального навантаження.

Метою розрахунків був аналіз несучої здатності існуючої і розширеної прольотної будови за нормованих навантажень, встановлення придатності залишених плит після демонтажу крайніх для використання під час реконструкції, а також визначення ступеня навантаженості найнавантажених крайніх плит (коефіцієнтів навантаженості) порівняно з нормованими тимчасовими навантаженнями А15 і НК-100 і сумарними тимчасовими і постійними навантаженнями, тобто за максимальної навантаженості прольотної будови як нормованими, так і випробувальними навантаженнями в стані перед і після завершення усіх робіт з реконструкції.

Просторовий розрахунок косих прольотних будов для визначення в їх елементах зусиль від зовнішніх навантажень належить до розряду складних задач будівельної механіки, які не мають розв'язання, достатньо придатного для інженерної практики. Загальновідомі приблизні методи розрахунку, які застосовуються в практиці проектування прямих мостів, не повною мірою відповідають реальній роботі косої прольотної будови. Однак з деякими допущеннями для оцінки характеру просторової роботи і визначення закономірностей розподілу тимчасового навантаження між плитами поперек прольоту (тобто визначення коефіцієнтів поперечного розподілу – КПП) можна застосовувати ті самі методи, що застосовуються для розрахунку прямих в плані балкових прольотних будов [1, 9].

Для плитних прольотних будов з суцільним перерізом плит найближчою до реальної є розрахункова модель у вигляді пружної ізотропної пластини, яка під навантаженням прогинається як в поздовжньому, так і в поперечному напрямках [1]. Тому прямі і косі прольотні будови цього типу можна приблизно розрахувати за методом балкового розверка. Для цього розрахункову модель плитної прольотної будови представляють системою умовних поздовжніх балок, об'єднаних в просторову систему в найхарактерніших перерізах в прольоті і на опорах (наприклад, в перерізах з максимальними згинальними моментами). За наявності косини прольотна будова замінюється набором умовних прямих частин різної ширини (залежно від схеми навантаження поперек прольоту) зі звичайними граничними умовами на опорах [9]. При цьому приймають також допущення, що розподіл зусиль (вертикального тиску) між плитами поперек прольоту проходить тільки у тому поперечному перерізі, де прикладають зовнішнє зосереджене навантаження. Тому поперек прольоту прольотну будову також розділяють вертикальними перерізами на багато плоских систем, для кожної з яких відомими методами будують лінії впливу тиску на плити від одиничної сили, що рухається поперек прольоту. Навантажуючи одержані лінії впливу тимчасовими навантаженнями (нормованими або випробувальними), вираховують коефіцієнти поперечного розподілу (КПП), які за фізичним змістом відображають ту частину навантаження, яка передається на кожену плиту прольотної будови.

Прийняті допущення про розчленування просторової системи прольотної будови на багато поздовжніх і поперечних плоских дають можливість складний просторовий розрахунок прольотної будови замінити достатньо простим визначенням КПП у кількох поперечних перерізах і в подальшому з їх застосуванням розраховувати зусилля в характерних перерізах поздовжніх плит, для яких визначали КПП.

На основі викладених вище теоретичних засад виконано розрахунок плитної існуючої і розширеної прольотної будови для прольоту  $l=18,0$  м на нормовані тимчасові і випробувальні навантаження. Оскільки тип поперечних зв'язків між плитами достовірно не відомий, а вплив інших конструктивних особливостей прольотної будови і нерозрізності невизначений, КПП паралельно визначали за кількома відомими методами побудови ліній впливу тиску, які найімовірніше відповідали характеру просторової роботи плитної прольотної будови під навантаженням, а саме: за методом позацентрового стиску, методом пружних опор і методом Гібшмана М.Є. [1]. На усі види навантажень розраховували крайню, найбільш навантажену плиту прольоту  $l=18,0$  м в перерізі з максимальним згинальним моментом, положення якого визначали за лінією впливу згинальних моментів в другому прольоті. Результати визначення КПП трьома вказаними методами для існуючої прольотної будови з дев'яти залишених плит на нормовані тимчасові навантаження А15 і НК-100 і на випробувальні навантаження за схемами I і II показано на рис. 3, а основні результати розрахунків зведені в табл. 1, де наведено нормативні і розрахункові згинальні моменти від постійних, тимчасових нормованих і випробувальних навантажень за прийнятими схемами його розташування на прольотній будові (рис. 2, а).

За результатами розрахунку максимальний згинальний момент в прольоті  $l=18,0$  м одержаний від нормованого навантаження А15. Крім того, його величина залежить від способу визначення КПП. Найбільший згинальний момент  $770,34$ кН·м – при визначенні КПП за методом позацентрового стиску і найменший –  $550,97$  кН·м – при визначенні КПП за методом Гібшмана М.Є. Різниця між ними становить  $39,8$  %, тобто є доволі істотною, що можна пояснити принципово різним характером просторової роботи плитної прольотної будови, прийнятим у цих методах. Метод позацентрового стиску передбачає абсолютно жорсткий недеформований поперечник прольотної будови, а метод Гібшмана М.Є – гнучкий, деформований поперечник, ближчий до реального. Тому можна вважати, що визначений за методом позацентрового стиску згинальний момент є завищеним. Підтвердженням цьому може бути порівняння згинального моменту, визначеного за методом пружних опор ( $583,05$  кН·м) і методом Гібшмана М.Є ( $550,97$  кН·м). Різниця між ними становить  $5,8$  %, що знаходиться в межах точності приблизних інженерних розрахунків. Задовільна збіжність розрахованих за цими методами згинальних моментів свідчить про те, що їх теоретичні передумови найбільшою мірою відповідають дійсному характеру просторової роботи плитної збірно-монолітної прольотної будови, розрахункова модель якої є близькою до моделі пружної ізотропної пластини, яка під навантаженням прогинається як поперек, так і вздовж прольоту [1]. Такий характер деформованого стану плитної прольотної будови відповідає розрахунковим передумовам і моделям методів пружних опор і Гібшмана М.Є., яким і потрібно віддати перевагу під час перерахунку плитних прольотних будов цього типу.

Аналогічні результати одержані і під час розрахунку існуючої прольотної будови на випробувальні навантаження. Так, за найневігіднішою другою схемою навантаження згинальний момент в прольоті  $l=18,0$  м, визначений трьома методами, відповідно становить  $529,23$ ,  $467,71$  кН·м і  $432,25$  кН·м, тобто різниця між ними становить  $22,4$  і  $8,2$  %, що є близьким до попередніх розрахунків на нормоване навантаження А15 і підтверджує висновок про близьку відповідність методів пружних опор і Гібшмана М.Є до реального деформованого стану плитних прольотних будов.

Без наведення числового аналізу відмітимо також, що різниця в аналогічних межах зберігається також і за порівняння сумарних згинальних моментів від нормованих, випробувальних і постійних навантажень. Слід відмітити також порівняно малий вплив постійного навантаження на загальну навантаженість існуючої прольотної будови, оскільки її випробували після розбирання і видалення усіх елементів мостового полотна, тобто за мінімального навантаження – тільки від власної ваги балок.

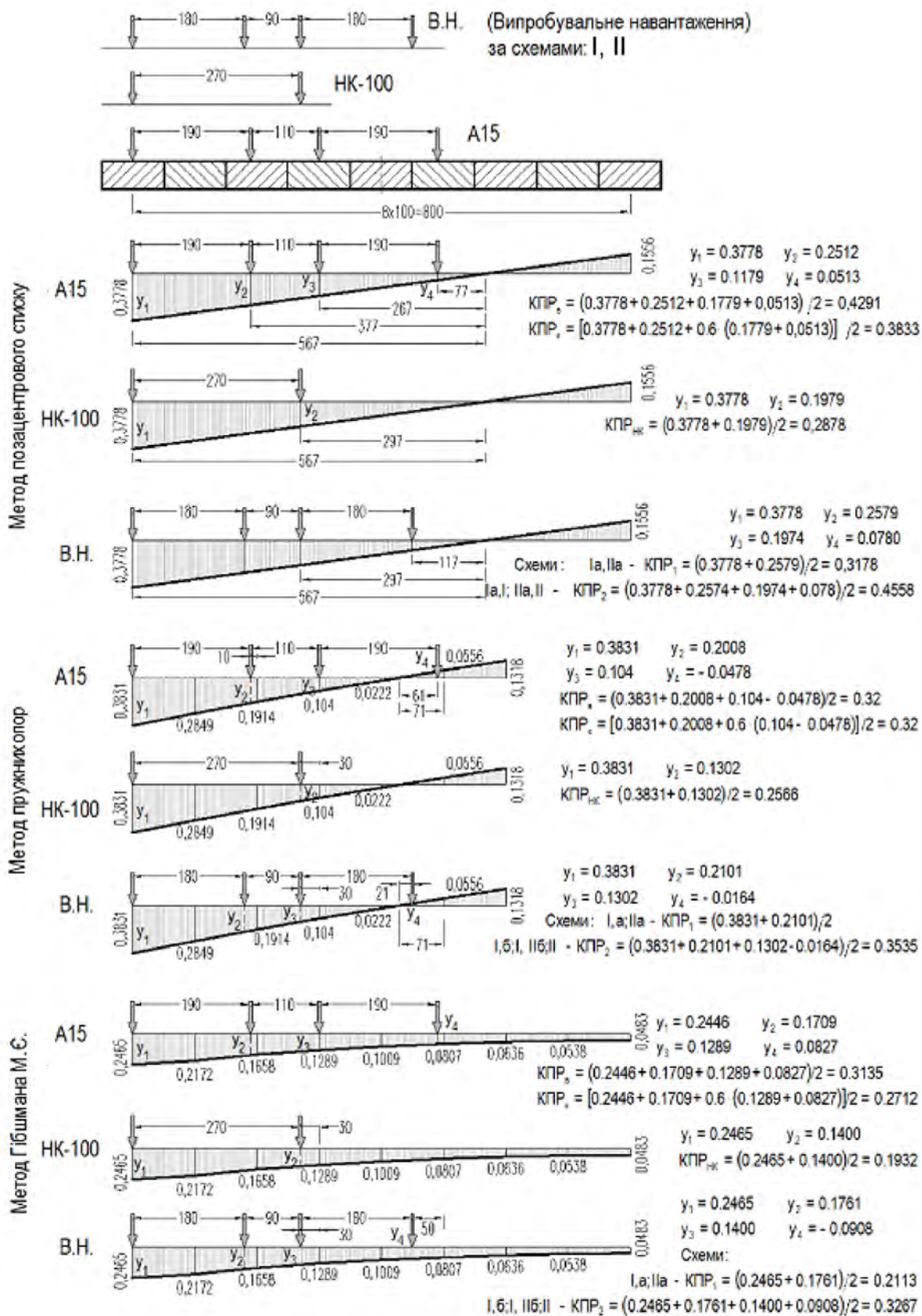


Рис. 3. Розрахунок КПР від нормованих тимчасових і випробувальних навантажень для існуючої прольотної будови

**Результати розрахунку крайньої плити прольоту  $l=18,0$  м існуючої прольотної будови на постійні, нормовані тимчасові А15 і НК-100 і випробувальні навантаження за схемами І і ІІ**

№ з/п	Розраховувані величини		При визначенні КПП за методами			
			позацентрового стиску п.с.	пружних опор п.о.	Гібшмана М.Є. Г.М.Є.	
1	Згинальний момент від постійних навантажень, (кН·м)	нормативний	144,21			
		розрахунковий	158,63			
Нормоване тимчасове навантаження А15						
2	Коефіцієнт поперечного розподілу (КПП)	для візка (КПП <sub>в</sub> )	0,429	0,320	0,3135	
		для колії (КПП <sub>к</sub> )	0,383	0,3088	0,2712	
3	Максимальний згинальний момент в прольоті $l=18,0$ м, (кН·м)	нормативний $M_{АН}$	444,94	339,24	322,40	
		розрахунковий $M_A$	770,34	583,05	550,97	
Нормоване тимчасове навантаження НК-100						
4	Коефіцієнт поперечного розподілу (КПП <sub>к</sub> )		0,2878	0,2566	0,1932	
5	Максимальний згинальний момент (нормативний і розрахунковий), $M_{НК}$ , (кН·м)		663,94	591,96	445,70	
Сумарні згинальні моменти від постійних і тимчасових нормованих навантажень						
6	Навантаження А15+постійне ( $M$ , кН·м)	нормативний	589,15	483,45	466,61	
		розрахунковий	928,97	741,68	709,6	
7	Навантаження НК-100 + постійне (кН·м)	нормативний	808,15	736,17	589,91	
		розрахунковий	822,57	750,59	604,33	
Випробувальне навантаження за схемою І						
8	КПП випробувального навантаження за схемою І		І (4 авт.)	0,400	0,3535	0,3267
9	Максимальний згинальний момент в прольоті $l=18,0$ м, за схемою навантаження І ( $M_в$ , кН·м)		І (4 авт.)	507,88	448,84	414,81
10	Сумарний згинальний момент від випробувального і постійного навантажень за схемою навантаження І (нормативний/розрахунковий): $M_в+M_{гн}/M_в+M_г$ (кН·м)		І норм./розрах.	652,09/666,51	593,05/607,47	559,02/573,44
Випробувальне навантаження за схемою ІІ						
11	Коефіцієнт поперечного розподілу випробувального навантаження за схемою ІІ		ІІ (4 авт.)	0,400	0,3535	0,3267
12	Максимальний згинальний момент в прольоті $l=18,0$ м, за схемою навантаження ІІ (кН·м)		ІІ (4 авт.)	529,23	467,71	432,25
13	Сумарний згинальний момент від випробувального і постійного навантажень за схемою навантаження ІІ (нормативний/розрахунковий): $M_в+M_{гн}/M_в+M_г$ (кН·м)		ІІ норм./розрах.	673,44/687,86	611,92/626,34	576,46/590,88

У результаті на випробувальні навантаження і порівняння їх з розрахунками на нормовані навантаження визначений ступінь навантаженості (коефіцієнти навантаженості) крайньої плити прольотної будови для навантажень за передбаченими програмою випробувань схемами І і ІІ. Коефіцієнти навантаженості визначали як співвідношення згинальних моментів від випробувальних навантажень до згинальних моментів від нормованих навантажень. Розраховані коефіцієнти навантаженості крайньої плити стосовно згинальних моментів від тимчасових нормативних і



розрахункових навантажень для існуючої прольотної будови виявились доволі високими і становили:

A15:

при розрахунку за методом пружних опор:  $K_n=1,323$ ;  $K_p=0,770$ ;

при розрахунку за методом М.Є. Гібшмана:  $K_n=1,287$ ;  $K_p=0,753$ ;

Розраховані коефіцієнти навантаженості цієї самої плити стосовно повних (постійних і тимчасових) нормативних і розрахункових навантажень становлять:

A15:

метод пружних опор:  $K_n=1,227$ ;  $K_p=0,819$ ;

метод М.Є. Гібшмана:  $K_n=K_p=0,809$ ;

НК-100:

$K_n=K_p=0,758$

$K_n=K_p=0,931$ .

НК-100:

$K_n=K_p=0,809$ ;

$K_n=K_p=0,949$ .

Загалом зусилля від випробувальних навантажень не перевищують несучої здатності плити і за ступенем навантаженості відповідають величинам, рекомендованим ДБН В. 2.3-6: 2002.

Розрахунки розширеної прольотної будови виконані за такими самими теоретичними засадами, що і існуючої, тобто за розрахунковою моделлю пружної ізотропної пластини, приведеної до балкового ростверка з дев'яти плит і з визначенням КПП за трьома методами: позацентрового стиску, пружних опор, Гібшмана М.Є. Як і для існуючої прольотної будови, на усі види навантажень розраховували крайню, найбільш навантажену плиту прольоту  $l=18,0$  м, максимальний згинальний момент в якій визначали за відповідною лінією впливу. Під час розрахунків враховували повне постійне навантаження, тобто розглядали стан прольотної будови після завершення усіх робіт з реконструкції моста.

Результати визначення КПП за трьома методами за найневигодніших схем розташування нормованих тимчасових навантажень А15 і НК-100 і випробувальних навантажень за схемами III і IV показано на рис. 4, а основні результати розрахунку подано в табл. 2, де аналогічно, як і для існуючої прольотної будови, наведені згинальні моменти від усіх прийнятих для розрахунку видів навантажень - постійних, тимчасових нормованих і випробувальних за прийнятих згідно з програмою випробувань їх схем розташування на випробуваній прольотній будові (рис. 2, б).

Максимальний згинальний момент в крайній плиті розширеної прольотної будови  $l=18,0$  м, одержаний від нормованого тимчасового навантаження А15 за його максимального наближення до бар'єру безпеки (рис. 4). Однак на відміну від результатів розрахунків існуючої прольотної будови в розширеній одержана задовільна збіжність згинальний моментів під час розрахунку КПП за методами позацентрового стиску і пружних опор. Їх розрахункові значення відповідно становлять 875,57 кН·м(п.с.) і 909,62 кН·м (п.о.). За методом пружних опор згинальний момент виявився навіть на 3,7 % більшим, ніж під час розрахунку за методом позацентрового стиску. Згинальний момент, визначений за методом М.Є. Гібшмана, становить 616,62кН·м, що на 42 % менше, ніж за методом позацентрового стиску.

Такі співвідношення розрахованих згинальних моментів від нормованого тимчасового навантаження А15 можна пояснити тим, що після влаштування накладної плити і включення її в сумісну роботу з існуючими плитами значно збільшилась поперечна жорсткість прольотної будови, що і відобразилось на лінії впливу тиску, розрахованої за методом пружних опор, а характер просторової роботи прольотної будови після розширення наблизився до роботи прольотних будов з жорстким, недеформованим контуром. Тобто після включення в сумісну роботу з існуючими плитами накладної плити розширення просторова робота прольотної будови завдяки істотному збільшенню поперечної жорсткості стала більшою мірою відповідати теоретичним засадам методу позацентрового стиску, ніж методу М.Є. Гібшмана.

Аналогічні результати маємо і при порівнянні результатів розрахунків на нормовані тимчасові навантаження НК-100, а також на випробувальні навантаження за новими найневигоднішими для розширеної прольотної будови схемами навантаження III і IV. Так, за схемою випробувального навантаження IV під час розрахунку КПП за прийнятими методами згинальні моменти відповідно становлять 695,72 кН·м (п.с.); 753,54 кН·м (п.о.) і 475,10 кН·м (Г.М.Є.) за різниці між ними порівняно з методом позацентрового стиску – 7,7 і 46,3 %. Тобто за результатами цих розрахунків також підтвердився висновок про якісну зміну характеру просторової роботи прольотної будови після розширення і включення в сумісну роботу з існуючими плитами накладної плити.

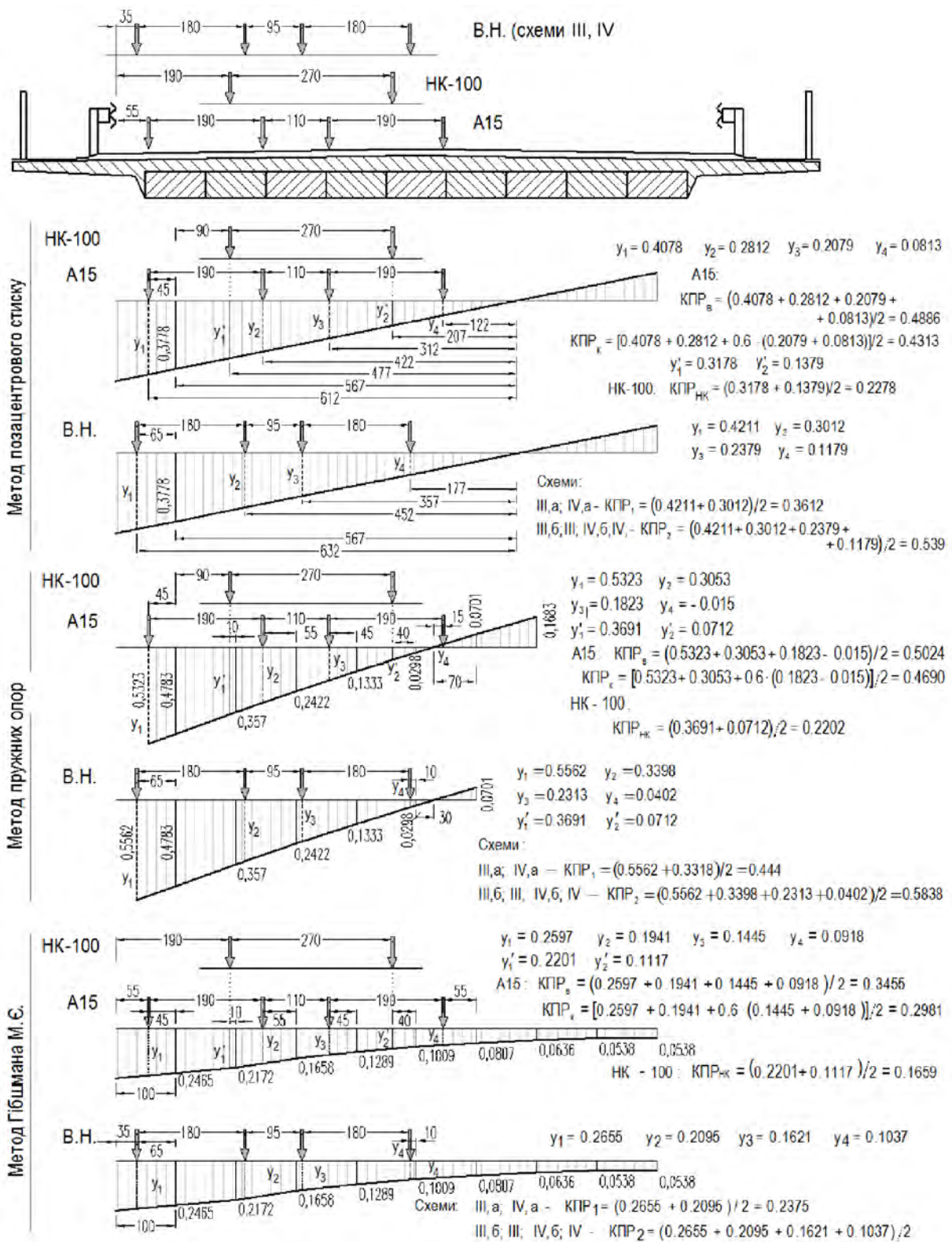


Рис. 4. Розрахунок КПП від нормованих тимчасових і випробувальних навантажень для розширеної прольотної будови

**Результати розрахунку крайньої плити прольоту  $l=18,0$  м розширеної прольотної будови на постійні, нормовані тимчасові А15 і НК-100 і випробувальні навантаження за схемами III і IV**

№ з/п	Розраховувані величини		При визначенні КПП за методами			
			позацентрового стиску п.с.	пружних опор п.о.	Гібшмана М.Є. Г.М.Є.	
1	Згинальний момент від постійних навантажень, (кН·м)	нормативний	287,51			
		розрахунковий	334,50			
Нормоване тимчасове навантаження А15						
2	Коефіцієнт поперечного розподілу (КПП)	для візка (КПП <sub>в</sub> )	0,4886	0,5024	0,3455	
		для колії (КПП <sub>к</sub> )	0,4313	0,4690	0,2981	
3	Максимальний згинальний момент в прольоті $l=18,0$ м, (кН·м)	нормативний	505,29	527,57	355,05	
		розрахунковий	875,57	909,62	616,62	
Нормоване тимчасове навантаження НК-100						
4	Коефіцієнт поперечного розподілу (КПП <sub>НК</sub> )		0,2278	0,2202	0,1659	
5	Максимальний згинальний момент (нормативний і розрахунковий), (кН·м)		525,52	507,99	382,72	
Сумарні згинальні моменти від постійних і тимчасових нормованих навантажень						
6	Навантаження А15+постійне (кН·м)	нормативний	792,80	815,08	642,56	
		розрахунковий	1210,07	1244,12	951,12	
7	Навантаження НК-100 + постійне (кН·м)	нормативний	813,03	795,50	670,23	
		розрахунковий	860,02	842,49	717,22	
Випробувальне навантаження за схемою III						
8	КПП за схемою III		III (4 авт.)	0,5390	0,5838	0,3704
9	Максимальний згинальний момент в прольоті $l=18,0$ м, за схемою навантаження III ( $M_0$ , кН·м)		III (4 авт.)	683,40	740,20	469,63
10	Сумарний згинальний момент від випробувального і постійного навантажень за схемою навантаження III (нормативний/розрахунковий): $M_0+M_{gn}/M_0+M_g$ (кН·м)		III норм./розрах.	970,91/1017,9	1027,7/1074,7	757,14/804,13
Випробувальне навантаження за схемою IV						
11	КПП за схемою IV		IV,р (4 авт.)	0,539	0,5838	0,3704
12	Максимальний згинальний момент в прольоті $l=18,0$ м, за схемою навантаження IV (кН·м)		IV (4 авт.)	695,72	753,54	748,10
13	Сумарний згинальний момент від випробувального і постійного навантажень за за схемою навантаження IV (нормативний/розрахунковий): $M_0+M_{gn}/M_0+M_g$ (кН·м)		IV норм./розрах.	983,23/1030,22	1041,05/1088,0	765,61/812,60

Аналогічна різниця між згинальними моментами зберігається під час порівняння сумарних згинальних моментів від постійних і тимчасових нормованих і випробувальних навантажень. Наприклад, від сумарного постійного і тимчасового нормованого навантаження згинальні моменти

становлять 1210,07кН·м (п.с.); 1244,12 кН·м (п.о.) і 951,12 кН·м (Г.М.Є.) за різниці між ними 2,7 і 27,2 %. Від сумарного постійного і випробувального навантаження за схемою IVр згинальні моменти становлять 1030,22, 1088,04, 812,6 кН·м за різниці між ними – 5,3 і 26,8 %.

Наведені порівняння переконливо свідчать, що після влаштування накладної плити і значного збільшення поперечної жорсткості характер просторової роботи прольотної будови радикально змінюється і її розрахункова модель наближається до теоретичних засад методу позацентрового стиску.

За результатами розрахунку на випробувальні навантаження за схемами III і IV і порівняння їх з розрахунками на нормовані навантаження визначені коефіцієнти навантаженості під час випробувань розширеної прольотної будови. Розраховані максимальні коефіцієнти навантаженості крайньої плити стосовно тимчасових нормативних і розрахункових навантажень А15 і НК-100 одержані за найневигоднішої схеми IVр випробувань і становлять:

	A15	НК-100:
метод позацентрового стиску:	$K_n=1,377; K_p=0,795;$	$K_n=K_p=1,324;$
метод пружних опор:	$K_n=1,482; K_p=0,826;$	$K_n=K_p=1,483.$

З наведених даних зрозуміло, що загалом коефіцієнти навантаженості під час випробувань розширеної прольотної будови за найневигоднішими схемами навантаження III і IV перевищують значення, рекомендовані нормами ДБН В. 2.3-6-2002. Але високий ступінь навантаженості дає можливість перевірити ефективність прийнятого способу розширення і включення в роботу з існуючими плитами залізобетонної накладної плити.

#### **Висновки:**

1. Плитні залізобетонні мости посідають високе місце в мостобудівництві України. Серед них мости старої побудови з суцільних плоских плит не відповідають експлуатаційним потребам сучасного транспорту, мають численні дефекти і потребують реконструкції з розширенням габариту мостового полотна.

2. Ефективним способом розширення плитних прольотних будов є влаштування залізобетонної накладної плити з виступаючими консолями.

3. Для перерахунку плитних існуючих і розширених накладною плитою прольотних будов на нормовані і випробувальні навантаження можна рекомендувати методи Гібшмана М.Є., або в окремих випадках – пружних опор, як такі, що відповідають характеру їх просторової роботи.

1. Гибшман М.Є., Попов В.И. Проектирование транспортных сооружений. – М.: Транспорт, 1988. – 447 с. 2. Кваша В. Г. Обстеження та випробування автодорожніх мостів. – 2002. – 102 с. 3. Кваша В.Г. Досвід ремонту та реконструкції мостів України. // Вісник НУ “Львівська політехніка” «Теорія і практика будівництва». – 2006. – №562. – С.38–49. 4. Кваша В.Г. Застосування монолітної залізобетонної плити для розширення балкових автодорожніх мостів. // Промислове будівництво та інженерні споруди. – К.: УкрНДІ проектстальконструкція, 2008. – №4. 5. Кваша В.Г., Салійчук Л.В. Розширення прольотної будови автодорожнього моста монолітною залізобетонною накладною плитою // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – К.: НТУ, 2001. – Вип. 63. – С. 271–275. 6. Кваша В.Г. Салійчук Л.В., Рачкевич В.С. Розширення прольотної будови автодорожнього моста з її підсиленням зміною статичної схеми без влаштування деформаційних швів: зб. “Дороги і мости”. – К.: ДерждорНДІ, 2008. – Вип. 9. – С. 106–111. 7. Рачкевич В.С., Кваша В.Г., Салійчук Л.В. Розширення плитної нерозрізної збірно-монолітної залізобетонної прольотної будови косою в плані автодорожнього моста // Вісник НУ “Львівська політехніка” “Теорія і практика будівництва” – 2010. – №664. – С. 156–163. 8. Салійчук Л.В., Кваша В.Г. Застосування клеєстержневих анкерів при реконструкції мостів: зб. “Дороги і мости”. – К.: ДерждорНДІ, 2008. – Вип. 9. – С.220–227. 9. Улицкий Б.Е., Потанкин А.А., Руденко В.И. и др. Пространственные расчеты мостов. – М.: «Транспорт», 1967. – 404 с.