

**ВИКОРИСТАННЯ ЗБІРНОЇ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ НАКЛАДНОЇ ПЛИТИ  
ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ МОСТІВ СТАРОЇ ПОБУДОВИ**

**USE OF PRECAST REINFORCED PAVEMENT SLAB FOR  
RECONSTRUCTION OF OLD CONSTRUCTION BRIDGES**

**Стечишин С.М., ст. викладач, зав. лаб., Кваша В.Г., проф., д.т.н.  
(Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів)**

**Stechyshyn S.M., senior lecturer, head of the laboratory, Kvasha V.G.,  
professor, doctor of technical sciences (National University “Lviv Polytechnic”,  
Lviv)**

**Описана реконструкція двох мостів старої побудови, габарит яких був розширений збірною залізобетонною накладною плитою. Показано, що збірні залізобетонні ребристі накладні плити з консолями можна використовувати для розширення різних типів прольотних будов мостів. Реконструйовані мости за експлуатаційними показниками відповідають перспективній технічній категорії автодороги, мають нормовану вантажопідйомність, пропускну здатність і забезпечують безпеку та комфортність руху.**

**The reconstruction of two bridges of the old construction, the size of which was expanded by precast reinforced pavement slab, is described.**

**The test results of span structures before and after the reconstruction of bridges are given. The test results for the reconstruction testified to the availability of the span structure rigidity margin and the load capacity reserve and confirmed the possibility of using the existing structures during the reconstruction. Substantial reduction of deflections of load-bearing structures during post-reconstruction tests indicates the joint work of the pavement slab with the structures of span structures and a considerable margin of vertical rigidity of the compound cross-sections.**

**It is shown that precast reinforced ribbed pavement slabs with consoles can be used to extend different types of bridge span structures. The reconstructed bridges in terms of performance correspond to the promising technical category of the highway, have a standardized load capacity, capacity and provide safety and comfort of traffic.**

**Ключові слова:**

**прольотна будова, балка, накладна плита, реконструкція, випробування.  
span structure, beam, pavement slab, reconstruction, test.**

**Вступ.** На мережі автомобільних доріг України експлуатується доволі велика кількість малих та середніх мостів старої побудови. Переважна більшість з них не відповідає сучасним транспортно-експлуатаційним вимогам за габаритом мостового полотна, вантажопідйомністю, безпекою та комфортністю руху. Крім того, за неналежної експлуатації такі мости мають численні дефекти та ушкодження, що суттєво знижують їх надійність та довговічність. Через обмежені фінансові можливості водночас перебудувати їх неможливо, тому продовження терміну служби експлуатованих мостів є особливо важливим і актуальним.

В теперішній період для реконструкції автодорожніх мостів, окрім інших відомих способів, все більше використовують накладну плиту в різних варіантах її виконання (збірна, збірно-монолітна, монолітна), яку улаштовують зверху існуючих балок і об'єднують з ними для спільної роботи [4]. Цей спосіб дозволяє без розширення опор порівняно просто забезпечити необхідну ширину їздового полотна і тротуарів, розмістити елементи облаштування мостового полотна, відмовитись від дефектних деформаційних швів. Включення накладної плити в спільну роботу з існуючими балками суттєво збільшує поперечну жорсткість прольотної будови, покращує її динамічні характеристики і забезпечує необхідний ступінь підсилення існуючих балок.

Для представлення широкому загалу можливостей використання збірно-накладної плити з консолями при реконструкції мостів старої побудови нижче описана реконструкція двох мостів, для розширення яких вперше були використані збірні залізобетонні накладні плити, конструкція яких розроблена в ГНДЛ-88 Національного університету "Львівська політехніка" [1, 2, 4, 5].

**Конструктивне рішення реконструкції моста через р. Вишня в смт. Рудки Львівської області на автодорозі Н-13 Львів-Самбір-Рудки.** Міст через р. Вишня в смт. Рудки Львівської області на автомобільній дорозі національного значення Н-13 Львів-Самбір-Ужгород (рис. 1, а, б) побудований в 1958 році за ТП Союздорпроекту вип. 23 (1954 р.) [3]. Прольотна будова монолітна залізобетонна, однопрольотна з вільними двохсторонніми консолями, армована каркасною багаторядовою арматурою періодичного профілю. Довжина прольоту 22,2 м, консолей – по 7,87 м, габарит Г-7+2×0,75 м. Прольотна будова розрахована на тимчасові навантаження Н-13 і НГ-60.

Проект реконструкції моста, розроблений в ГНДЛ-88, передбачав розширення мостового полотна до Г-10+2×1,5 м залізобетонною ребристою накладною плитою (рис. 2, а, б) [2, 4].

Для розширення прольотної будови 1 вперше використані збірні Т-подібні залізобетонні плити 4 з одним несучим поперечним ребром і контурними ребрами меншої висоти, призначеними для об'єднання їх між собою в

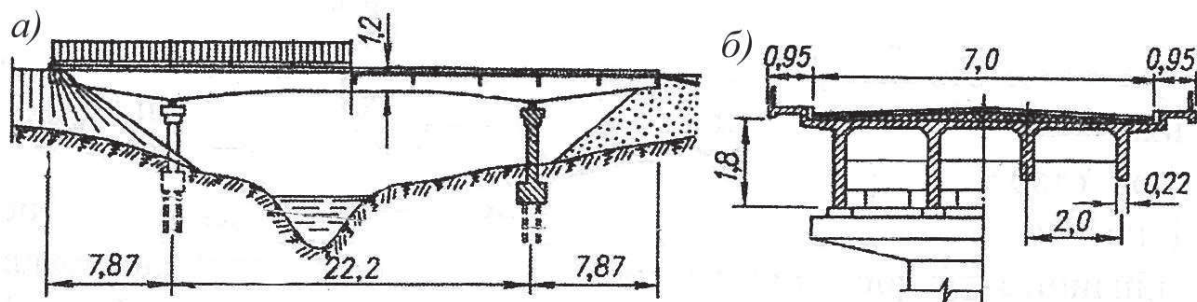


Рис. 1. Міст через р. Вишня в смт. Рудки Львівської області.

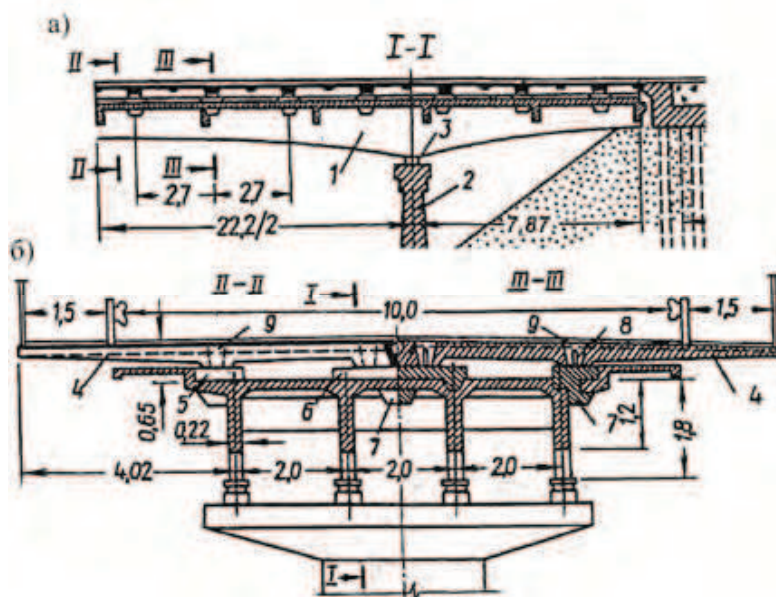


Рис. 2. Розширення збірною залізобетонною ребристою накладною плитою прольотної будови моста через р. Вишня в смт. Рудки Львівської області:  
 1 – існуюча прольотна будова; 2 - опора; 3 – опорні частини; 4 – збірні накладні плити; 5, 6 – відповідно крайні і середні опорні подушки; 7 – анкерні шпонки; 8 – жорсткі анкери-упори; 9 – вікна в накладній плиті.

поперечних і поздовжніх швах на зварюванні суміщених з обох суміжних ребер закладних деталей. Плити розмірами в плані  $7,0 \times 2,68$  м і висотою ребра 0,4 м виготовляли в інвентарній металевій опалубці з відкидними бортами. Центральне ребро і бокові контурні ребра консольних звисів армували зварними просторовими каркасами, полицю плити – сітками. Для утворення вікон 9 в центральному ребрі плити встановлювали вкладиші, які кріпили до бортів опалубки.

Для встановлення плит на прольотну будову і дискретного їх обпирання в фіксованих точках в межах висоти корита бетонували крайні 5 і середні 6 опорні подушки, які об'єднували з плитою існуючої прольотної будови за допомогою залізобетонних шпонок 7, армованих жорсткою арматурою 8 з відрізків кутників. Монтаж плит здійснювали краном “на себе” і встановлювали на опорні подушки на підливку з цементного розчину таким чином, що жорсткі анкери, замонолічені в опорні подушки, попадали в вікна 9. Після об'єднання плит з анкерами та між собою зварюванням закладних деталей вікна і шви між плитами замонолічували дрібнозернистим бетоном.

Перший позитивний досвід використання збірних ребристих накладних плит при розширенні прольотної будови моста в с.м.т. Рудки став основою для повторного її застосування при реконструкції аварійного моста через р. Ворскла біля с. Білики Полтавської області [1, 3...5].

**Конструктивне вирішення та технічний стан існуючого моста через р. Ворскла біля с. Білики Полтавської області.** Існуючий автодорожній міст запроектований і побудований в 1928-1930 р.р. інженером Сидоренком Г.А. За конструктивним вирішенням і для свого часу він відноситься до унікальних пам'яток мостобудівництва України, як перший великий рамно-консольний міст з монолітного залізобетону загальною довжиною 130,0 м, який зберігся до теперішнього часу (рис. 3) [1, 3...5]. Він складається з двох крайніх симетрично розміщених двохпрольотних двохконсольних рам і середньої – однопрольотної також з двома консолями. Крайні і середня рами об'єднані в рамно-балкову систему підвісними балками шарнірно опертими на консолі рам. Характерною конструктивною особливістю моста є використання для стійок рами гнучких залізобетонних опор-стінок товщиною до 0,8 м, а також застосування вперше в практиці мостобудівництва коробчастого поперечного перерізу прольотної будови на приопорних і консольних ділянках рам (по термінології того часу – поперечний переріз з плитою тиску в надпорній зоні). Фундаменти опор на дерев'яних палях – по 18 дубових паль під кожен опору.

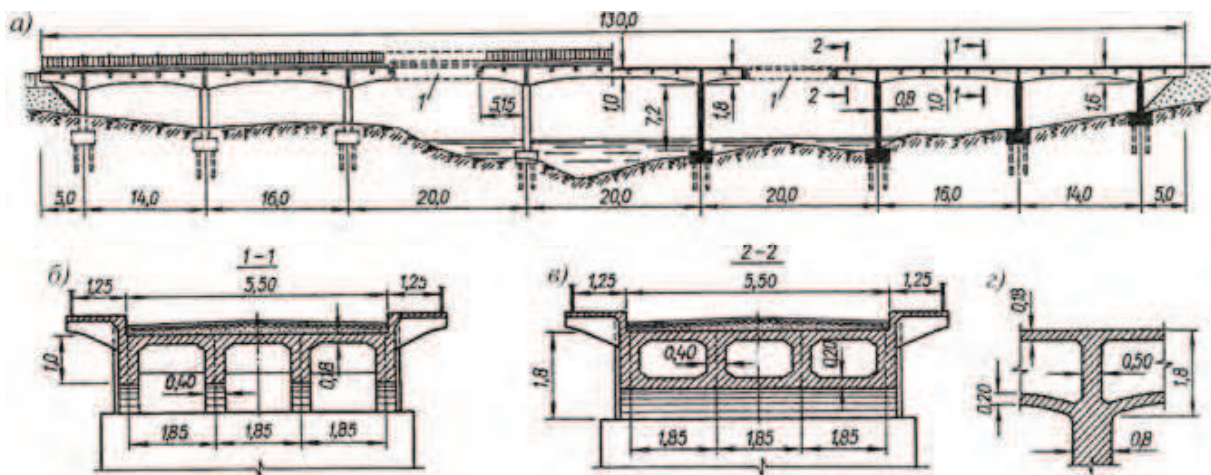


Рис. 3. Багатопрольотний монолітний залізобетонний рамно-консольний міст через р. Ворскла біля с. Білики (Полтавська область):  
1 – підвісні балки, підірвані під час війни

В поперечному перерізі прольотна будова скомпонована з чотирьох головних балок (ригелів рам), розміщених через 1,85 м (рис. 3, б). Висота їх в різних прольотах змінюється від 0,85 м до 1,00 м, а на опорах від 1,6 до 1,8 м. Ширина ребер балок 0,4 м. Балкова клітка прольотної будови утворена головними і поперечними балками, об'єднаними зверху залізобетонною плитою проїзної частини. Над всіма проміжними опорами рам крім двох крайніх в зоні дії від'ємних моментів для зменшення висоти балок в опорних

перерізах і сприйняття стискаючих напружень влаштована нижня плита (рис. 3, в, з). Таким чином, на цих ділянках нижня і верхня плита разом з ребрами створювали коробчастий переріз прольотної будови. Ширина проїзної частини існуючого моста 5,5 м, тротуарів – по 1,25 м.

Під час Другої світової війни в 1941 році підвісні балки були підірвані і з того часу міст використовували для пропуску місцевого руху при обмеженій вантажопідйомності, оскільки зруйновані підвісні прольоти були тимчасово перекриті металевим шпунтом типу “Ларсен” з влаштованим по ньому дерев’яним настилом їздового полотна [3].

Можливість використання існуючих конструкцій під час реконструкції встановлювали їх обстеженням та статичними випробуваннями прольоту 16,0 м крайньої і прольоту 20,0 м середньої рам. У всіх прольотах через недостатню товщину захисного шару кородує арматура хомутів в ребрах поздовжніх і поперечних балок і нижні сітки в плиті проїзної частини. Основна робоча арматура балок надійно захищена бетоном і не має видимих ознак корозії. При підриванні підвісних балок пошкоджена частина консолей лівобережної крайньої рами на довжину до 1,5 м. В зоні її руйнування робоча арматура оголена, zdeформована і пошкоджена силою вибуху. Інші консоли рам, на які обпиралися підвісні балки мають незначні руйнування. В основному в них також оголена і кородує арматура хомутів.

Прольоти випробуваних крайньої і середньої рам навантажували чотирма трьохосними автомобілями-самоскидами масою 225-230 кН, сформованими у дві колони впритул задніми бортами, які для одержання максимальних згинальних моментів в прольотах рам встановлювали в найбільш не вигідне положення за відповідними лініями впливу за двох схем їх розташування поперек прольотів – симетричної відносно осі моста і односторонньої максимально зміщеної до тротуару [1, 3, 5]. Найбільший прогин в середині прольотів мали ригелі рам при односторонньому навантаженні. Для випробуваного прольоту крайньої рами прогин складав 3,03 мм, середньої – 3,32 мм. Це значно менше допустимого і свідчить про наявність запасу жорсткості існуючих прольотних будов і резерву їх вантажопідйомності. Після ремонту зруйнованих частин консолей, відновлення підвісних балок і захисту арматури хомутів та сіток від корозії прольотні будови моста придатні для подальшої роботи.

**Конструктивне вирішення реконструкції моста.** Оскільки за наявними даними міст такої системи довоєнної побудови в Україні є один і відноситься до пам’яток вітчизняного мостобудівництва, основною умовою його реконструкції за необхідності розширення прольотних будов було збереження архітектурного обрису і всіх існуючих конструкцій. Дотриманню цієї умови найбільш відповідає розширення проїзної частини з одночасним підсиленням ригелів рам залізобетонною ребристою накладною плитою. Таким способом існуюча прольотна будова розширена до габариту проїзної частини 10,0 м при двох тротуарах по 1,5 м використанням збірних

ребристих залізобетонних накладних плит Т-подібного профілю, розмірами в плані  $7,0 \times 2,68$  м і висотою 0,4 м (рис. 4, а, б, в) [1, 4, 5].

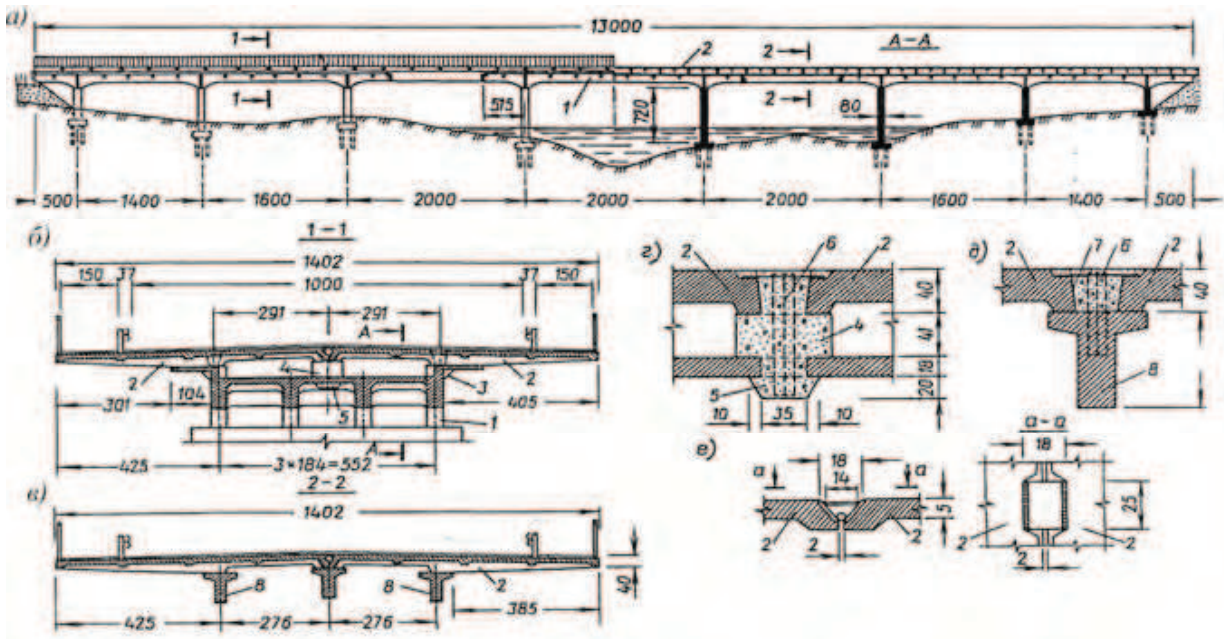


Рис. 4. Конструктивне рішення реконструкції моста через р. Ворскла біля с. Білики Полтавської області:

1 – існуючі балки; 2 – збірна залізобетонна ребриста накладна плита; 3, 4 – відповідно крайні і середні опорні подушки; 5 – анкерна шпонка; 6 – жорсткий анкер; 7 – вікно накладної плити; 8 – відновлені залізобетонні балки на місці зруйнованих підвісних.

На існуючу прольотну будову 1 (рис. 4, а, б) накладні плити 2 встановлювали на добетовані в межах висоти корита крайні 3 і середні 4 опорні подушки, об'єднані з плитою мостового полотна анкерними шпонковими з'єднаннями 5 (рис. 4, г). Накладні плити об'єднували з опорними подушками забетонованими в них жорсткими металевими анкерами 6, розміщеними у вікнах накладних плит 7 і замоноліченими в них. Між собою накладні плити в поперечних і поздовжніх швах об'єднували жорсткими стиками на зварюванні закладних деталей, розміщеними дискретно уздовж контурних ребер накладних плит (рис. 4, е) і замонолічуванням швів дрібнозернистим бетоном.

Замість зруйнованих підвісних балок в обох прольотах на існуючі відремонтовані консолі рам встановлювали по три збірні залізобетонні балки 8 індивідуального виготовлення (рис. 4, а, в), один кінець яких вмонітовували в консолі одночасно з їхнім ремонтом, а другий мав підрізку і обпирався на опорні столики консолей через рухомий шарнір. На балки монтували збірні накладні плити 2 і об'єднували з ними для спільної роботи жорсткими металевими анкерами 6, вбетонованими в верхню полицю при виготовленні балок (рис. 4, д).

В результаті реконструкції експлуатаційні параметри існуючого моста приведені в відповідність з технічною категорією дороги і вимогами діючих норм до проектування нових мостів.

**Результати випробувань мосту після реконструкції.** Після реконструкції повторно випробовували другий прольот крайньої рами довжиною 16,0 м і обидва прольоти з відновленими підвісними балками. Випробовували також консольні звиси накладної плити на всіх прольотах і з обох сторін прольотної будови.

Випробувальне навантаження з двох колон автомобілів-самоскидів масою 230 кН і 200 кН встановлювали у найбільш не вигідне положення за відповідними лініями впливу для одержання максимальних згинальних моментів у випробовуваних прольотах (рис. 5, б, в) і поперечної сили на опорах підвісних балок (рис. 5, г). Поперек прольоту навантаження встановлювали за трьома схемами (рис. 5, а): одностороннє (позацентрове) з максимальним наближенням крайньої колони до колесовідбою (I) для одержання максимальних зусиль в крайній балці, симетричне відносно поздовжньої осі моста (II) для максимального навантаження середніх балок і одностороннє з максимальним наближенням одного автомобіля до колесовідбою (III) для максимального навантаження консолі накладної плити [1, 5].

Зусилля від випробувальних і нормованих навантажень А11, НК-80 розраховували за програмою LIRA на основі МКЕ. КПП визначали за методом позацентрового стиску в прольотах і важеля на опорах. Згинальний момент в крайньому ригелі довжиною 16,0 м від випробувального навантаження був 503,2 кНм, а згинальний момент в крайній підвісній балці – 710,3 кНм. Згинальні моменти від нормованих навантажень А-11 і НК-80 були відповідно для ригеля рами прольотом 16,0 м – 596,8 кНм, 627,4 кНм, а для підвісної балки відповідно – 1031,0 кНм від А-11 і 1088,5 кНм від НК-80. Таким чином, досягнута ступінь завантаженості другого прольоту крайньої рами випробувальним навантаженням відносно нормованого становить: 84% від А-11 і 80% від НК-80; для підвісної балки відповідно від А-11 – 69%, від НК-80 – 65%.

Результат випробувань – епюри прогинів балок при кожному встановленні випробувальних навантажень (рис. 5, д, е). За характером розподілу вони близькі до лінійних, що свідчить про жорсткий тип поперечника прольотної будови, в якому тимчасові навантаження розподіляються між балками спільною роботою поперечних діафрагм, плити мостового полотна і включеною в роботу з ними накладною плитою.

При односторонньому навантаженні двома колонами автомобілів (схема I) в прольоті довжиною 16,0 м прогин крайнього ригеля був 1,53 мм, що значно менше допустимого. Таким чином, при досягнутому ступені завантаженості він має суттєвий запас вертикальної жорсткості. Для підвісної балки першого прольоту – прогин у межах від 3,05 мм до 3,94 мм, для другої підвісної балки – від 3,05 мм до 4,39 мм, що також значно менше допустимого. Після включення накладної плити в спільну роботу з ригелем рами його прогин зменшився майже в два рази, що свідчить про забезпечення

спільної роботи накладної плити з існуючими конструкціями прольотних будов.

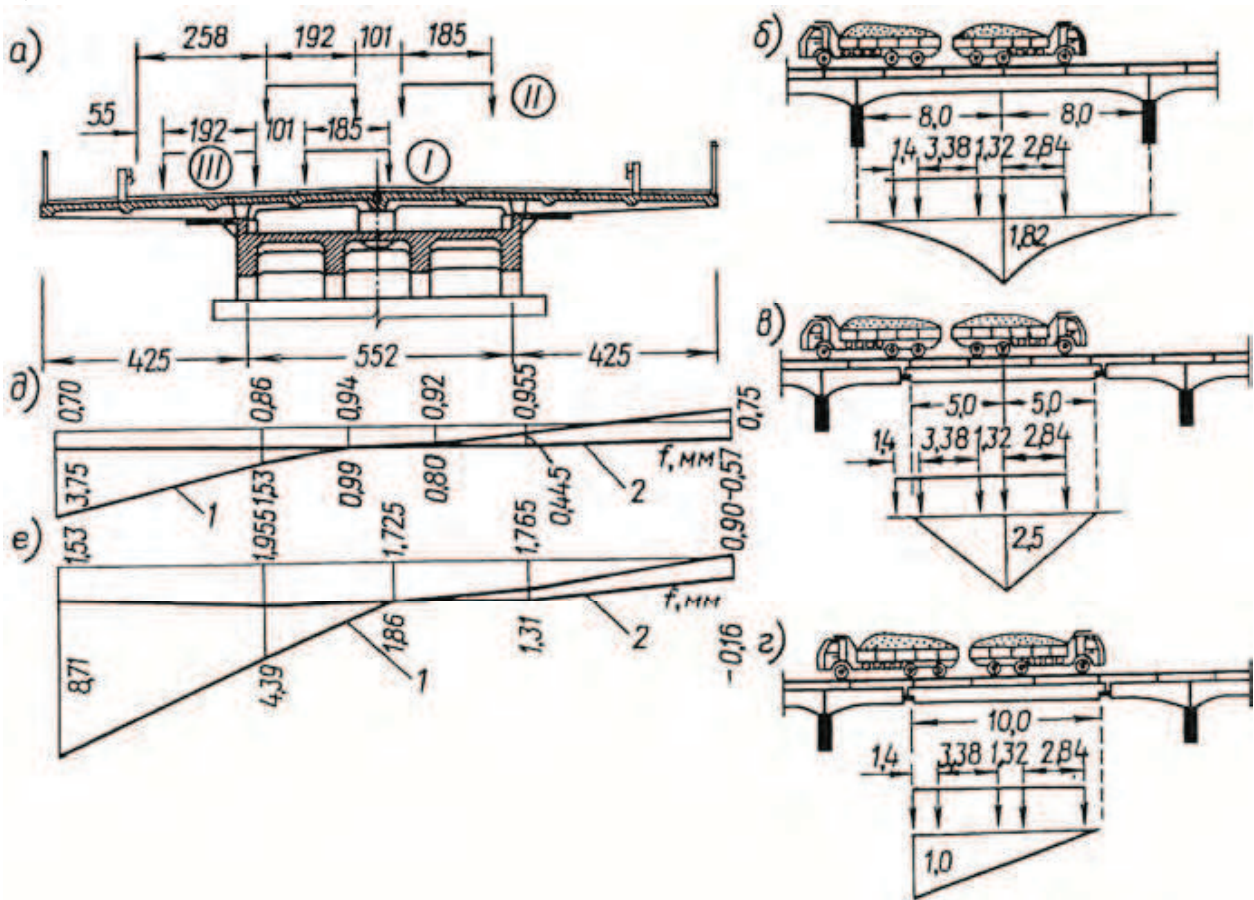


Рис. 5. Схеми навантаження прольотних будов моста упоперек (а) і уздовж (б, в, г) прольотів. Епюри прогинів балок (д, е) при різних схемах навантаження

**Висновок. 1.** Реконструкція мостів старої побудови показала, що збірні Т-подібні залізобетонні ребристі накладні плити з консолями за техніко-економічного обґрунтування можна ефективно використовувати для розширення різних типів мостів. В порівнянні з традиційним способом розширення приставними балками досягається економія коштів і матеріалів за одночасного підвищення техніко-економічних показників, зменшення термінів будівництва і забезпечення архітектурно-естетичних вимог до реконструйованої споруди.

**2.** Реконструйовані мости за експлуатаційними показниками повністю відповідають перспективній технічній категорії автодороги, мають достатню несучу здатність і габарит проїзду та забезпечену нормовану вантажопідйомність і інтенсивність руху автомобільного транспорту за чинними нормами проектування нових мостів.

1. Кваша В.Г. Реконструкція автодорожнього залізобетонного моста через р. Ворскла біля с. Білики Полтавської області / В.Г. Кваша, В.Т. Котенко, Ю.М. Собко, С.М. Стечишин // Зб. наук. статей "Проблеми теорії і практики залізобетону".- Полтава: ПДТУ, 1997.- С. 194-197.



Kvasha V.H. Rekonstruktsiia avtodorozhnoho zalizobetonnoho mosta cherez r. Vorskla bilia s. Bilyky Poltavskoi oblasti / V.H. Kvasha, V.T. Kotenko, Yu.M. Sobko, S.M. Stechyshyn // Zb. nauk. statei "Problemy teorii i praktyky zalizobetonu".- Poltava: PDTU, 1997.- S. 194-197.

**2.** Кваша В.Г. Реконструкція аварійних мостів з підсиленням опор / В.Г. Кваша // Зб. "Будівельні конструкції".- К.: НДІБК, 1999.- Вип. 51.- С.434-439.

Kvasha V.H. Rekonstruktsiia avariinykh mostiv z pidsyleniam opor / V.H. Kvasha // Zb. "Budivelni konstruktsii".- K.: NDIBK, 1999.- Vyp. 51.- S.434-439.

**3.** Кваша В.Г. Обстеження та випробування автодорожніх мостів / В.Г. Кваша // Львів: НУ ЛП, 2002.- 104 с.

Kvasha V.H. Obstezhennia ta vyprobuvannia avtodorozhnykh mostiv / V.H. Kvasha // Lviv: NU LP, 2002.- 104 s.

**4.** Кваша В.Г. Мости та шляхопроводи, реконструйовані за проектами Галузевої науково-дослідної лабораторії №88 (ГНДЛ-88) Національного університету "Львівська політехніка" / В.Г. Кваша // Львів: НУ ЛП, 2017.- 53 с.

Kvasha V.H. Mosty ta shliakhoprovody, rekonstruiovani za proektamy Haluzevoi naukovo-doslidnoi laboratorii №88 (HNDL-88) Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika" / V.H. Kvasha // Lviv: NU LP, 2017.- 53 s.

**5.** Kvasha V., Sobko J., Stechyshyn S. Reconstruction of highway concrete bridge with widening of the span structure / V. Kvasha, J. Sobko, S. Stechyshyn // III Ogólnopolska konf. mostowców "Konstrukcja i wyposazenie mostów".- Wisla: ZMRP, 1997.- S. 209-212.