

## ПРИНЦИПОВІ КОНСТРУКТИВНІ ВИРІШЕННЯ МОНОЛІТНИХ ПЛОСКИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПРОГОНОВИХ БУДОВ МОСТІВ З ПОЛЕГШУВАЛЬНИМИ ВСТАВКАМИ

© Мельник І. В., Бачкай О. С., 2015

Виконано огляд наявних конструктивно-технологічних вирішень оптимізації прольотних будов мостів з метою зменшення власної ваги: збірних, збірно-монолітних та монолітних.

Збірні прогонові будови улаштовують балковими, балково-ребристими, коробчастими, плитними суцільними і порожнистими. Монолітні залізобетонні прогонові будови мостів улаштовують балковими (з поперечними балками і без поперечних балок). Оптимізація збірно-монолітних прогонових будов за загальним (принциповим) конструктивним вирішенням є аналогічною до збірних і монолітних елементів з розчленуванням на окремі конструктивні елементи, притаманні збірним прогоновим будовам.

Для мостів малих і середніх прольотів пропонується конструкція плоскої залізобетонної прогонової будови, у якій під час виготовлення всередині перерізу залишають полегшувальні вставки з порівняно легких і дешевих матеріалів.

Крім суттєвого зменшення власної ваги (від 30 % до 45 %), плоска монолітна прогонова будова зі вставками має низку технологічних, конструктивних і експлуатаційних переваг, а саме: простота виготовлення з використанням широко розповсюдженої опалубки, цільність, значна крутна жорсткість, забезпечення просторової роботи, відсутність стиків, мала площа відкритих ділянок бетону.

**Ключові слова:** мостові залізобетонні прогонові будови, оптимізація, монолітні прогонові будови з ефективними вставками.

An overview of the existing structural and technological solutions of bridge spans constructions optimization in order to reduce their weight, precast; precast-monolithic and monolithic have been complete.

Precast span structures are arrange as beam, beam-ribbed, box-girder, solid and hollow plate girders. Monolithic concrete span structure is arranged as beam (with cross beams and cross beams less). Optimization of prefabricated monolithic spans a general (principled) structural solution is similar to the precast and monolithic element with the dismemberment into separate structural elements inherent to precast span structures.

It was proposing structural and technological solutions for small and medium spans in which during the manufacturing, the facilitating inserts had left within the section, made of relatively light and cheap materials.

In addition to a significant reduction of its own weight flat monolithic spans with inserts have a number of technological, structural and operational advantages: ease of manufacturing with the widespread use of formwork, total integrity, a significant twisting stiffness, providing of workspace, no joints, the small area of concrete exposed fields.

**Key words:** reinforced concrete bridge structures, optimization, monolithic span structure with efficient inserts.

### Вступ

Залізобетонні прогонові будови є і в осяжному часі залишатимуться основним конструктивним матеріалом мостових споруд, зокрема малих і середніх прольотів. Широке їх застосування визначається низкою важливих конструктивних і експлуатаційних показників, таких як міцність (зокрема за динамічних і багаторазових навантажень), жорсткість, довговічність.

Форма поперечного перерізу прогонових залізобетонних будов мостів є важливим фактором, від якого значною мірою залежать техніко-економічні, механічні та експлуатаційні властивості мостових споруд.

Одним з найважливіших питань з початку освоєння і масового використання залізобетону було зменшення власної ваги прогонової залізобетонної будови, що важливо як для оптимізації конструкцій мостової споруди, так і для зменшення витрати матеріалів під час її улаштування.

Оптимізація конструктивно-технологічних вирішень прогонових будов мостів стосується як збірних, так і монолітних та збірно-монолітних мостів.

Пошук оптимальних рішень залізобетонних прогонових будов триває, зокрема для монолітних мостів малих і середніх прольотів.

### Мета досліджень

Метою досліджень є огляд і аналіз оптимізації наявних збірних, монолітних і збірно-монолітних прогонових будов та пошук, обґрунтування і розроблення принципових конструктивних вирішень монолітних плоских залізобетонних прогонових будов мостів з ефективними вставками.

### Огляд наявних конструктивно-технологічних вирішень оптимізації залізобетонних пролітних будов мостів

Для зменшення власної ваги залізобетонні прогонові будови улаштовують балковими, балково-ребристими, коробчастими тощо.

Одним з найпоширеніших є балкові розрізні збірні прогонові будови залізобетонних мостів малих і середніх прольотів, які масово розпочали використовувати зі середини 50-х років XX ст. Прогонову будову, залежно від габариту, становили з відповідної кількості тонкостінних балок таврового перерізу, армованих каркасами. Балки з'єднуються лише на рівні полиці залізобетонних поздовжніх стиків між балками (рис. 1, а). Такі прогонові будови розроблені за декількома типовими проектами: вип. 56д; вип. 167; вип. 30.503.12 та ін [2]. В останньому випадку таврові балки мали потовщену нижню частину ребер для розташування попередньо напруженої арматури діаметром 5 мм класу В-II.

З'єднання між собою балок лише на рівні плит не забезпечує просторової роботи прогонової будови. Для усунення цього конструктивного недоліку розроблено діафрагмові збірні прогонові будови (вип. 56, вип 149-62, ВТП-16 та ін. [2]). Крім основних конструктивних елементів (поздовжніх балок), у них передбачені поперечні ребра (діафрагми), з'єднаних між собою в місцях стикування зварюванням закладних деталей (рис. 1, б).

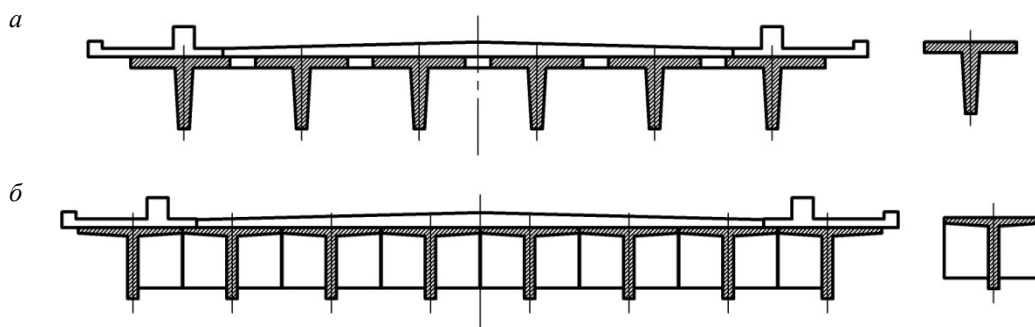


Рис. 1. Збірні залізобетонні прогонові будови з ребристими балками:  
а – без діафрагм; б – з діафрагмами

Доволі розповсюдженими є плитні прогонові будови. За незначних прольотів використовували плоскі збірні залізобетонні плити суцільного перерізу за типовими проектами вип. 31, вип. ВТП-17 та ін [2] (рис. 2, а). Збільшення прольотів потребує збільшення висоти перерізу плитної конструкції, що

призводить до суттєвого збільшення власної ваги прогонової плитної конструкції. Для її зменшення в плитних збірних залізобетонних елементах прогонових будов улаштовують порожнини: круглі за менших прольотів і овальні за більших прольотів (рис. 2, б). Зокрема, такі плити широко використовують у типових проектних рішеннях вип. ВТП-16 (рис. 2, б), вип. 384/43 [2].

Конструктивне об'єднання між собою цих окремих збірних елементів здійснюють через шпонки через замонолічування вертикальних швів між сусідніми плитами. Для цього на бокових гранях плит передбачені поздовжні пази. Варіант прогонової будови моста, зібраної з плитних елементів з овальними порожнинами, поданий на рис. 2, б.

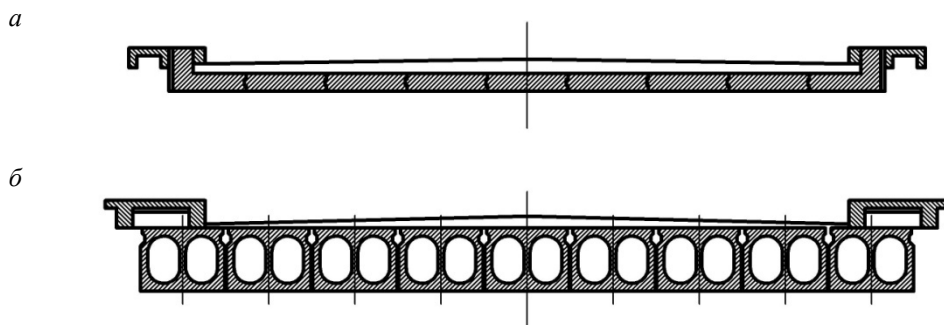


Рис. 2. Залізобетонні плитні прогонові будови:  
а – із суцільних плит; б – з порожнистих плит

Оптимізація монолітних залізобетонних прогонових будов за принциповими конструктивними рішеннями є аналогічною до рішень збірних залізобетонних балкових (ребристих) прогонових будов. У найпростішому для виготовлення випадку монолітна прогонова будова улаштована з поздовжніх балок і верхньої плити (рис. 3, а). Для забезпечення просторової жорсткості передбачають поперечні елементи – балки, які можуть бути як проміжними опорами для плити, так і діафрагмами жорсткості (рис. 3, б). Відстань між головними балками, крок поперечних балок, геометричні розміри і конфігурація балок є важливими чинниками конструкції пролітних монолітних будов, які необхідно враховувати в техніко-економічному варіантному порівнянні. Тому під час проектування монолітних прогонових будов маємо набагато більше конструктивних вирішень порівняно із збірними елементами.

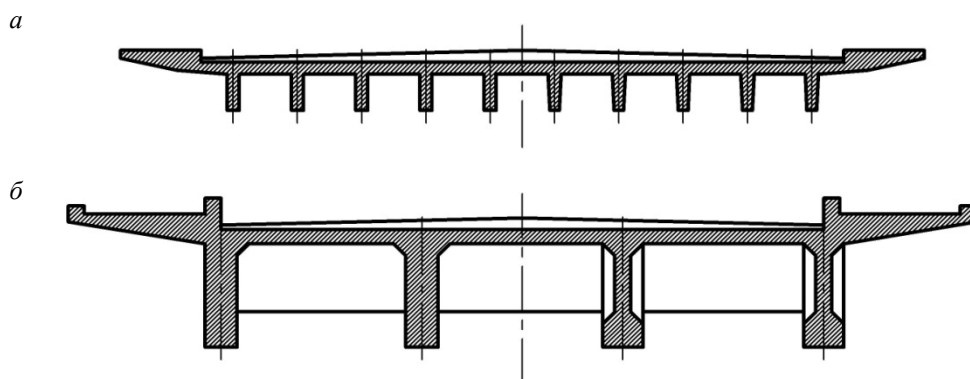


Рис. 3. Ребристі монолітні прогонові будови:  
а – без поперечних балок; б – з поперечними балками

Конструкції монолітних ребристих прогонових будов за їх доволі ефективної просторової роботи є складними у виготовленні й обмеженими у використанні за значних прольотів.

Ефективнішими у таких випадках є монолітні коробчасті конструкції, якими перекривають великі прогони (рис. 4). Проте їх улаштування потребує спеціальних технологій.

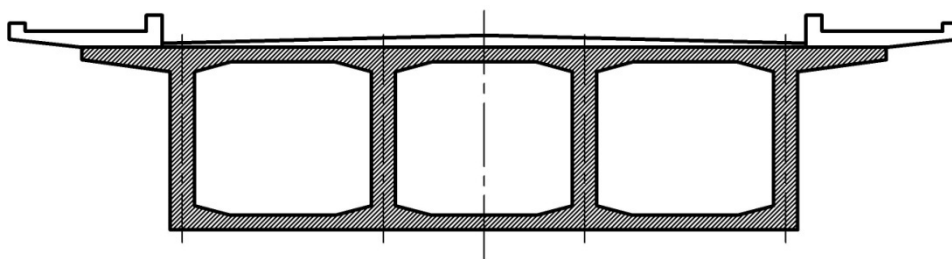


Рис. 4. Монолітна коробчаста прогонова будова

Проф. Б. Г. Гнідець розробив конструктивні вирішення збірно-монолітних залізобетонних прогонових будов мостів з використанням збірних таврових двотаврових і коробчатих балок [3]. На рис. 5. подано два поперечні перерізи з розроблених конструкцій. У першому випадку збірні залізобетонні балки об'єднуються зверху монолітною залізобетонною плитою проїзної частини (рис. 5, а). Інше конструктивне вирішення передбачає використання збірних двотаврових балок з ширшими полицями у нижній частині перерізу, які мають випуски арматури й об'єднуються замонолічуванням цих випусків. Зверху балки об'єднуються монолітною залізобетонною плитою (рис. 5, б). Запропонований автором спосіб поділу коробчастих конструкцій прогонових будов мостів на великорозмірні елементи дає змогу виготовляти їх у заводських умовах попередньо напруженими з подальшим монтажем і об'єднанням на будівельному майданчику.

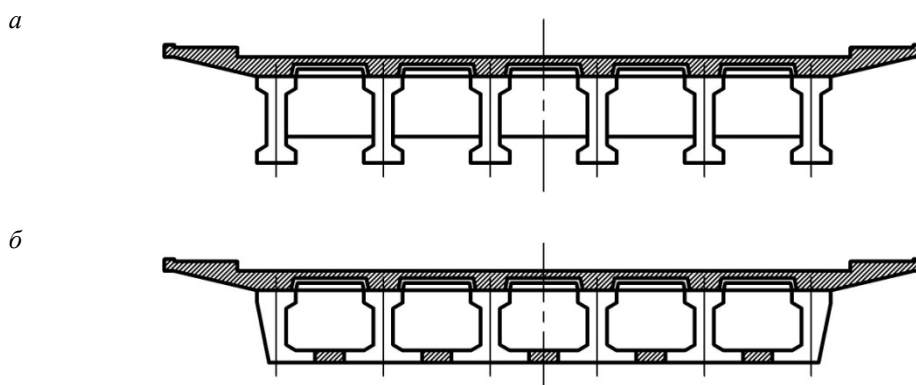


Рис. 5. Збірно-монолітні конструкції прогонових будов:  
а – ребриста балкова конструкція зі збірними двотавровими балками;  
б – багатокоробчата балкова конструкція зі збірними двотавровими балками

Докладніше огляд конструктивних рішень збірних, монолітних і збірно-монолітних мостів подано в публікації [4].

### Виклад основного матеріалу

Для мостів малих і середніх прольотів пропонують конструктивно-технологічне рішення, подане на рис. 6. У принципі за конструкцією це плоска зверху і знизу залізобетонна прогонова будова, у якій під час виготовлення всередині перерізу залишають полегшувальні вставки з порівняно легких і дешевих матеріалів. Порівняно з доволішнім бетоном матеріал вставок має на порядок меншу міцність, жорсткість і щільність; тому умовно слід вважати, що простір, який вони займають, у конструктивному відношенні є порожниною. Доцільним є також виготовлення пустотілими самих вставок.

Принципове конструктивно-технологічне рішення плитних залізобетонних елементів з порожниноутворювальними ефективними вставками захищено патентом на винахід [1].

Використання вставок дозволяє зменшувати власну вагу прольотної будови від 30 % до 45 %. Поперечні перерізи вставок можуть бути різними: круглими, квадратними, прямокутними,

овальними тощо. Зважаючи на динамічність навантажень на мостову споруду, під час виготовлення квадратних, прямокутних чи інших вставок у місцях прямого примикання контурів вставок доцільно улаштовувати вути.

Одним з найпростіших у виготовленні є трубчасті порожнисті вставки, насамперед пластмасові (рис. 6, а). Більшу порожнистість дають вставки незначної ширини: квадратного або прямокутного перерізу (рис. 6, б). Ще більшу порожнистість і, відповідно, зменшення власної ваги, забезпечують вставки розвинутих по ширині форм (рис. 6, в), проте вони потребують армування полиці над ними. Складнішими у виготовленні, проте ефективними за армуванням верхньої полиці, є монолітні прогонові будови з верхньою склепінчастою конфігурацією вставок (рис. 6, г).

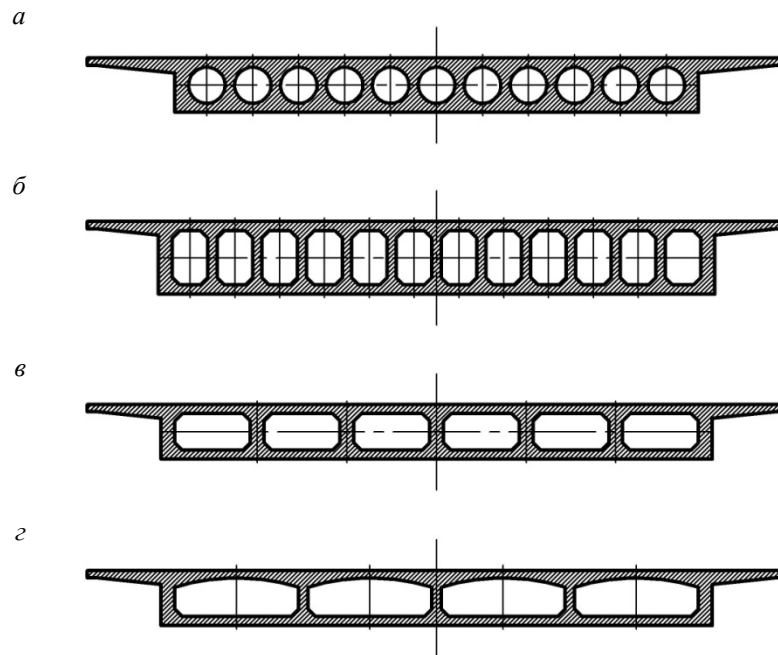


Рис. 6. Поперечні перерізи принципових конструктивних рішень прогонових будов з ефективними вставками

У конструктивно-технологічних вирішеннях монолітної порожнистої плоскої залізобетонної прогонової будови з вставками відсутні недоліки, притаманні відомим збірним, монолітним і збірно-монолітним конструкціями, найсуттєвішими з яких є:

- малий захисний шар і часте недоуцільнення бетону в місцях значної концентрації пакета арматури в тонкостінних ребрах збірних таврових балок (типовий проект вип. 56 та ін.);
- втомне руйнування стержнів пакета поздовжньої робочої арматури в місцях їх з'єднання між собою (ТП вип. 56 та ін.) [5];
- зміщення діафрагм у плані внаслідок відхилення від проектного положення, що зумовлює ненадійне стикування і з'єднання діафрагм між собою (ТП вип. 56 та ін.);
- корозія закладних деталей і з'єднувальних пластин та їх втомне руйнування (ТП вип. 56 та ін.);
- відсутність або пошкодження шпонових стиків між порожнистими плитами прогонових будов (вип. ВТП-16 та ін.);
- сколи та інші механічні пошкодження поздовжніх і поперечних балок та ребер;
- значна загальна площа відкритої поверхні залізобетонних конструкцій балкових мостів, що зазнають тривалого атмосферного впливу під час експлуатації (зволоження, заморожування, розморожування тощо).

Крім цього, монолітна плоска залізобетонна прогонова будова зі вставками має низку інших переваг та позитивних сторін.

Так, перериваючи вставки по довжині, отримуємо поперечні балки, тобто внутрішні ребра – діафрагми жорсткості, які, як відомо, є важливими конструктивними елементами для забезпечення просторової роботи прогонової будови (рис. 7).

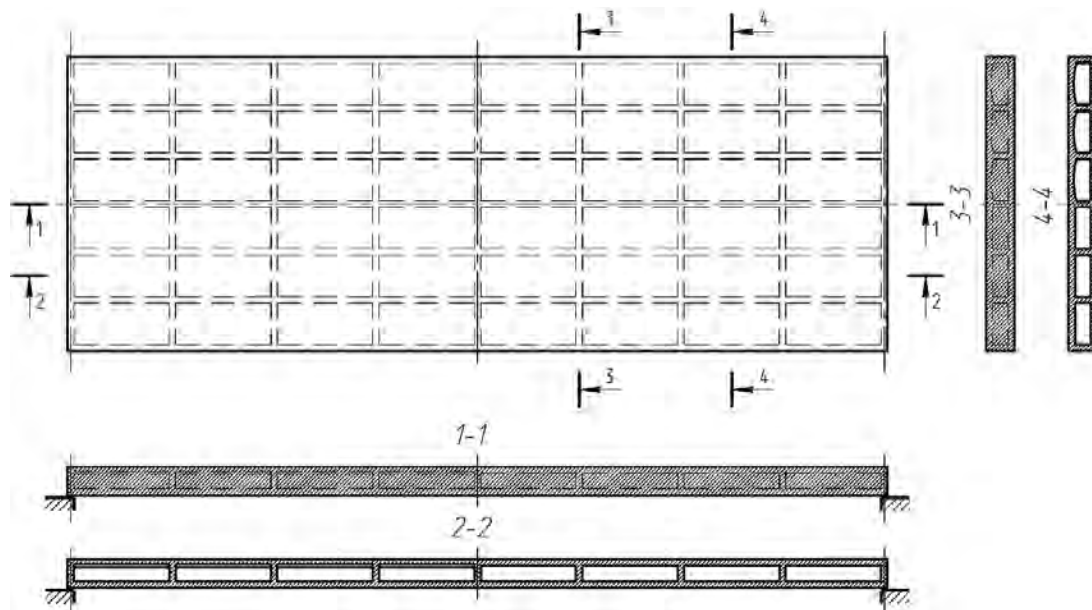


Рис. 7. Монолітна залізобетонна плоска прогонова будова з внутрішніми поздовжніми та поперечними балками

Через те, що крайні балки прогонової будови більш завантажені відповідно до коефіцієнта поперечного розподілу, їх можна улаштовувати більш “потужними” по ширині перерізу з додатковими арматурними каркасами з більшою кількістю поздовжньої робочої арматури, не змінюючи ширину перерізу самих вставок (рис. 8, а).

В іншому варіанті проміжні балки-ребра улаштовують з частішим кроком порівняно з балками в середній частині перерізу, використовуючи вставки різної ширини перерізу (рис. 8, б).

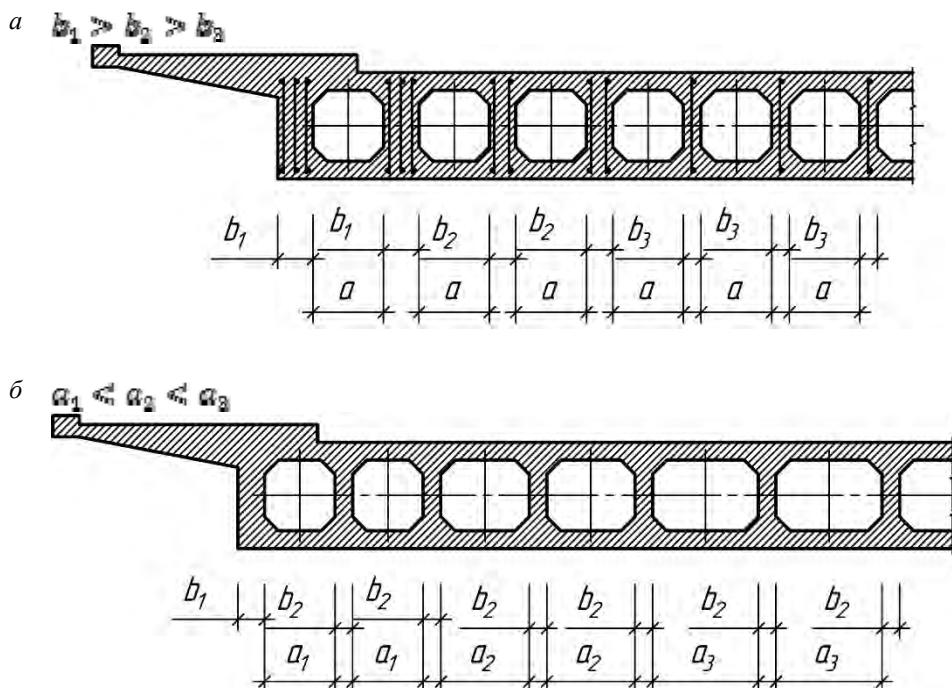


Рис. 8. Поперечні перерізи з різною товщиною поздовжніх балок (а) або шириною вставок (б)

Важливим є також можливість і доцільність використання пропонованих конструкцій у нерозрізних мостах внаслідок симетричності перерізу основної конструкції прогонової будови зі вставками.

### Висновки

Конструкція, форма, спосіб улаштування є важливими чинниками, від яких значною мірою залежать техніко-економічні, механічні та експлуатаційні властивості залізобетонних прогонових мостових споруд.

Запропоновано принципові конструктивні вирішення монолітних залізобетонних прогонів плоскої конструкції з порожниноутворювальними вставками. Використання вставок дасть змогу зменшити витрату бетону і, відповідно, власну вагу прогонової будови до 30–45 %.

Крім суттєвого зменшення ваги, плоска монолітна прогонова будова зі вставками має низку технологічних, конструктивних і експлуатаційних переваг, а саме: простота виготовлення з використанням широко розповсюдженої опалубки, загальна цільність конструкції, значна крутна жорсткість, забезпечення просторової роботи, відсутність стиків, мала площа відкритих ділянок бетону тощо.

1. Мельник І. В. Спосіб виготовлення пустотілих бетонних і залізобетонних виробів / І. В. Мельник // Деклараційний патент на винахід. – Державний департамент інтелектуальної власності. Бюл. №7-II від 15.12.2000 р. 2. Експлуатація і реконструкція мостів / Н. Є. Страхова, В. О. Голубєв, П. М. Ковальов, В. В. Тодіріка; за ред. А. І. Лантуха-Ляценка. – К., 2002. – 408 с. 3. Гнідець Б. Г. Залізобетонні конструкції з напружуваними стиками і регулюванням зусиль / Б. Г. Гнідець. – Львів, 2008. – 548 с. 4. Мельник І. В. Оптимізація залізобетонних прогонових будов мостів / І. В. Мельник // Вісник Львівського Національного аграрного ун-ту “Архітектура і сільськогосподарське будівництво”. – 2014. – № 15. – С. 130–136. 5. Кваша В. Г. Дослідження міцності пакету зварної багаторядової арматури залізобетонних балок та ТП вип.56 і 56д при циклічних навантаженнях / В. Г. Кваша, І. В. Мельник, В. А. Осадчук, Ю. О. Шалімов, В. І. Білобродченко, М. Д. Климпуш // Автомобільні дороги і транспортне будівництво : міжвід. наук.-техн. зб. “Сучасні проблеми проектування, будівництва та експлуатації споруд на шляхах сполучення”. – К., 2002. – Вип. 64. – С. 89–91.