



УДК 69.07; 693.556; 69.057.51; 69.057.59

- © М.П. Коваль (НТУ),
- © А.Є. Фаль,
- © С.В. Стоянович (ДерждорНДІ)

# НЕЗНІМНІ ОПАЛУБКИ ДЛЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ ПРОЇЗНОЇ ЧАСТИНИ МОСТІВ

***Анотація.** Наведено результати застосування незнімних опалубок при будівництві моста на автомобільній дорозі Львів – Самбір – Ужгород.*

***Ключові слова:** автомобільна дорога, міст, шляхопровід, плита проїзної частини, незнімна опалубка.*

***Аннотация.** Приведены результаты применения несъемных опалубок при строительстве моста на автомобильной дороге Львов – Самбор – Ужгород.*

***Ключевые слова:** автомобильная дорога, мост, путепровод, плита проезжей части, несъемная опалубка.*

***Annotation.** The results of the use of fixed formwork in the construction of the bridge on the road Lviv – Sambir – Uzhgorod.*

***Keywords:** road, bridge, overpass, the roadway plate, permanent formwork.*

**Вступ.** До 90 % мостів в Україні побудовані із типових збірних залізобетонних конструкцій. Зміна технічної політики у сфері мостобудування в останні десятиліття призвела до використання нових конструкцій і технологій при зведенні транспортних споруд. Широке використання монолітного бетону при будівництві мостів потребує уваги науковців до важливого елемента – опалубки. Вивчення світового досвіду і дослідне впровадження ефективних конструкцій незнімних опалубок є актуальною задачею в мостобудуванні.

**Аналіз останніх досліджень.** Досвід українського мостобудування та вивчення стану існуючих прогонових будов показав, що збірні та збірно-монолітні залізобетонні плити проїзної частини не виконують своїх задач внаслідок великої кількості стиків, які виходять з ладу в процесі інтенсивної експлуатації. Це зумовило нову вимогу норм з проектування мостів [1] – влаштування плити проїзної частини тільки монолітною. При цьому виникає необхідність проведення значних робіт з влаштування опалубок та риштувань, які значно

підвищують загальну вартість робіт та збільшують час зведення прогонових будов. Особливої гостроти проблема опалублювання плити набула внаслідок відмови від недосконалих типових проектів та переходу до індивідуального проектування із застосуванням різних типів головних балок, що вимагає створення індивідуальних опалубок.

При виготовленні та зведенні залізобетонних конструкцій проблемам застосування опалубки завжди приділялась значна увага. Історично склалось так, що в нашій країні здавна використовувалась практично одноразова дерев'яна опалубка. Щоб отримати належну поверхню залізобетонної конструкції, яка б не потребувала додаткового опорядження, для влаштування опалубки доводиться застосовувати дорогі за вартістю стругані дошки або проводити додаткові заходи для отримання гладкої поверхні бетону – дошки обшиваються фанерою або листовим металом [2].

Останніми роками при влаштуванні монолітних залізобетонних конструкцій, зокрема у висотних будівлях та мостах, застосовуються інвентарні

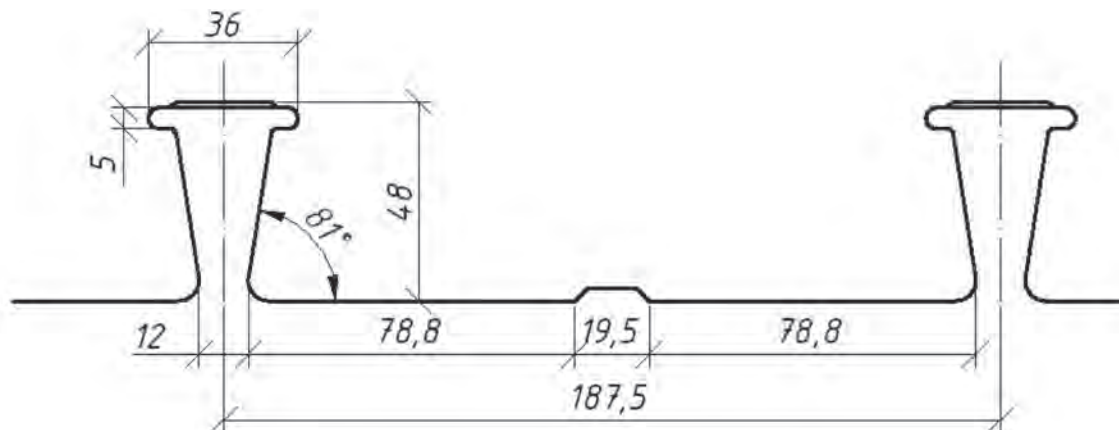


Рис. 1. Розміри гофра металевого профільованого листа STEELCOMP

опалубки, що використовуються багато разів. Це, звичайно, значно прогресивніше, ніж використання дерев'яної опалубки, проте інвентарна опалубка має високу вартість, а швидке її обертання стримується часом, необхідним для набуття бетоном необхідної міцності.

Крім власне опалубки, при зведенні монолітних залізобетонних споруд необхідні відповідні підтримуючі конструкції (риштування). Сюди, крім дерев'яних, у першу чергу належать інвентарні сталеві стійки різної конструкції, в тому числі й телескопічні, висота яких може змінюватись залежно від потреби [2]. Підтримуючі конструкції мають високу вартість, а багаторазове їх обертання з різних причин не завжди можливе. Для мостів у ряді випадків застосування риштувань дуже ускладнене, наприклад, при значній висоті опор на мостах через великі річки, шляхопроводах, при пересіченні залізниць або діючих автомобільних доріг та вулиць.

Перспективним напрямком в монолітному мостобудуванні є використання незнімних опалубок, які після бетонування елемента залишаються в тілі бетону. Незнімні опалубки мають такі переваги: вони не потребують підтримуючих конструкцій (риштувань) та виконання доволі складних робіт із розопалублювання готових залізобетонних конструкцій; скорочують час будівництва моста; дають більш ранній доступ до конструкцій для виконання наступних операцій; зменшують потребу в робітниках високої кваліфікації для опалублювальних робіт [3]. Тому незнімні опалубки досить широко використовуються при будівництві мостів в Європі.

У Росії у 1997 році при реконструкції Московської кільцевої дороги (МКАД) був збудований шляхопровід на перетині МКАД з Волоколамським шосе, де при влаштуванні плити проїзної частини застосували металеву опалубку із оцинкованого трапецієвидного профілю російського виробництва [4]. Відмічається, що використання незнімної опалубки дозволило помітно скоротити

строки і працемісткість робіт – зведення допоміжних риштувань потребувало б більше металу, ніж було використано на незнімну опалубку. За час експлуатації цього шляхопроводу дефектів в плиті не виявлено.

Подальший розвиток у Російській Федерації технологія влаштування монолітних залізобетонних плит сталезалізобетонних мостів з використанням незнімної опалубки отримала при будівництві ТФ “Мостогаін-125” АТ “Мостотрест” моста через р. Медведка [4]. На цьому мосту згідно з проектом, розробленим Союздорпроектом, були застосовані гофровані оцинковані листи STEELCOMP фінського виробництва (рис. 1). Такий лист має профіль “ластів'ячий хвіст”, що забезпечує його зчеплення з бетоном плити при поздовжній деформації.

**Мета та задачі досліджень** – розробити класифікацію незнімних опалубок, які можуть використовуватись при влаштуванні залізобетонної плити проїзної частини мостів та дослідити перспективні види таких опалубок щодо можливості використання при будівництві транспортних споруд в Україні.

**Методика та результати дослідження.** Незнімні опалубки, які використовуються для влаштування плити проїзної частини мостів, за конструктивними характеристиками є двох типів:

- тип 1 – опалубка, яка складовим елементом конструкції плити після набору міцності бетону, працює сумісно із плитою, підвищуючи її несучу здатність; на стадії зведення плити забезпечує обпирання рухомої бетонної суміші та дозволяє витримувати монтажні навантаження;

- тип 2 – опалубка, яка не включається в роботу плити після набору міцності бетону; використовується тільки для підтримання бетонної суміші до набору міцності бетону і сприйняття монтажних навантажень.

За матеріалом, який використовується для незнімних опалубок, пропонується наступна класифікація (рис. 2).

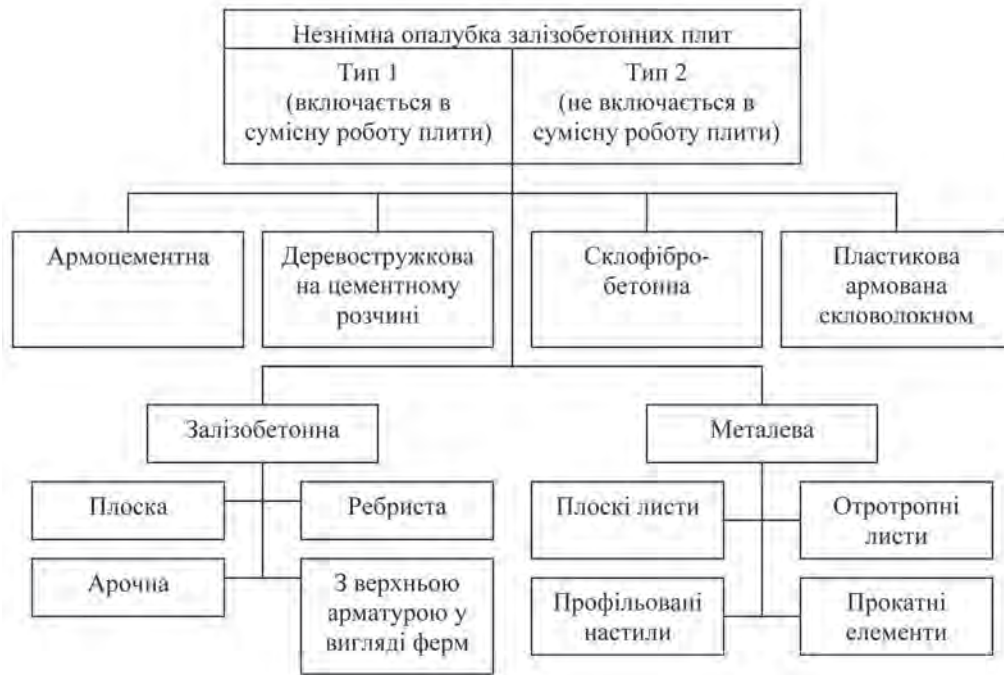


Рис. 2. Класифікація незнімних опалубок залізобетонних плит проїзної частини мостів

Найбільш розповсюдженими у теперішній час є залізобетонні опалубки. При невеликих відстанях між балками їх роблять плоскими, при більших – ребристими або арочними. Досить значні прогони дозволяє перекривати плита з верхньою оголеною арматурою у вигляді легких ферм трикутного перерізу.

Металева незнімна опалубка виготовляється при невеликих відстанях між балками із сталевих плоских листів, при більших – із ортотропних листів, а використання профільованих настилів та прокатних елементів (кутників, швелерів, двотаврів) дозволяє перекривати досить великі прогони.

Армоцементні опалубки виготовляються переважно у вигляді плоских плит для перекриття невеликих прогонів.

Панелі із пластику, армованого скловолокном при необхідності виготовляють із елементами жорсткості у вигляді металевих стержнів, тоді ними можна перекривати прогони до 4 м. Панелі із склофібробетону дозволяють перекривати значно менші прогони – до 1,2 м.

Деревостружкові плити на цементному розчині виготовляють із спеціальними добавками різних видів для покращення характеристик матеріалу опалубки.

Ширина окремих елементів опалубки повинна обмежуватись в залежності від їх ваги, щоб двоє робітників могли встановити їх в потрібне місце. Дуже важлива герметизація стиків між окремими елементами опалубки, яку виконують будівельним розчином, клейкою стрічкою чи спеціальним герметиком.

Для дослідження були вибрані два типи опалубки: із сталевих профільованих настилів та із деревостружкових плит на цементному в'язучому.

Об'єктом експериментального будівництва був міст на автомобільній дорозі Львів – Самбір – Ужгород, км 57+206, запроектований і збудований філією Державного дорожнього науково-дослідного інституту ім. М. Шульгіна – Львівським регіональним науково-технічним центром (ЛРНТЦ). Прогонова будова однопрогонового моста з габаритом Г-11,5+2×0,75 м (рис. 3) складалась із 8 збірних

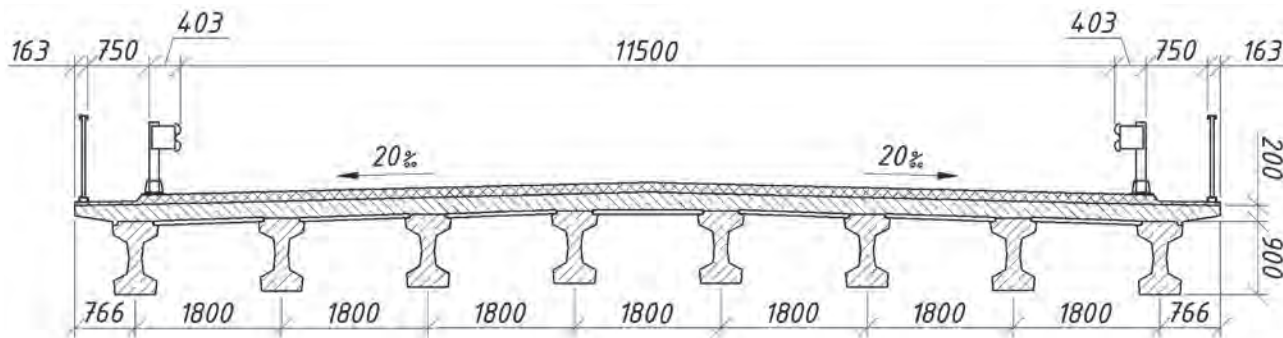


Рис. 3. Поперечний переріз прогонової будови моста на автомобільній дорозі Львів – Самбір – Ужгород



Рис. 4. Розміри металевого профільованого листа Т-50

залізобетонних попередньо напружених балок довжиною 16 м та висотою 900 мм типу ЗВет-90, розрахованих на навантаження А-15 і НК-100. Балки виготовлені на заводі “3 Бетони” у м. Калуш.

Плита проїзної частини моста влаштована по балках, розставлених на відстані 1800 мм в осях балок. Плита зовнішньо армована профільованим сталевим листом, який опирається на полички у верхній частині балок, розташованим профілем вздовж робочої арматури. Листи профільованого настилу нарізали по розміру 1350 мм і вкладали на полички суміжних балок. Після укладання листи скріплялися між собою заклепками з кроком 250 мм. Для надійної фіксації профільованого настилу в місцях обпирання на полички балок пустоти між профільованим настилом і балкою були зароблені бетоном вручну знизу настилу з підвісної коліски, яка пересувалась по низу балок.

Для експериментальної оцінки несучої здатності настилу на сприйняття ваги монолітного бетону було проведено натурне випробування фрагменту настилу бетонним блоком (рис. 5). Дослідне завантаження опалубки показало достатню несучу здатність та жорсткість вибраного сталевого настилу Т-50 для сприйняття ваги монолітного бетону і монтажних навантажень.



Рис. 5. Випробування фрагменту настилу бетонним блоком

По висоті плита армувалась двома сітками; робоча арматура  $\varnothing 16$  А400С з кроком 125 мм, поперечна арматура  $\varnothing 10$  А400С з кроком 185 мм. Щоб зафіксувати арматурні сітки по висоті, до петлевих випусків з балок вздовж осей балок приварювали монтажні стержні  $\varnothing 10$  мм, на які в проектне положення укладали робочу арматуру, а до неї в'язальним дротом кріпили поперечу арматуру (рис. 6).

Бетонування плити проїзної частини здійснювали безперервно по всій довжині з подачею бетону з міксерів по жолобам. Бетон ущільнювали глибинними вібраторами та віброрейкою. Поверхню плити затирали бетонообробною машиною, після чого на неї укладали вологонепроникну плівку.

З огляду на експериментальний характер об'єкта перед введенням його в експлуатацію була оцінена ефективність прийнятих рішень та перевірена відповідність споруди проектному навантаженню. Програма обстеження та статичне й динамічне випробування моста передбачали здійснення візуального огляду будівельних конструкцій, дослідження їх неруйнуючими методами, вимірювання напружень (відносних деформацій) у вибраних перерізах елементів прогонової будови та прогинів (вертикальних переміщень) таких елементів, вимірювання амплітуди і власної частоти коливань

прогонової будови, реєстрацію сигналів акустичної емісії при статичних і динамічних завантаженнях та аналіз отриманих результатів випробувань і досліджень.

У результаті огляду несучих конструкцій моста встановлено, що на момент обстеження не виявлено дефектів, які можуть впливати на несучу здатність та довговічність споруди (рис. 7). Визначення міцності бетону плити проїзної частини виконували двома методами: ультразвуковим імпульсним методом із використанням приладу УК 14П та методом пружного відскоку. Встановлено, що бетон плити проїзної частини має середню міцність,

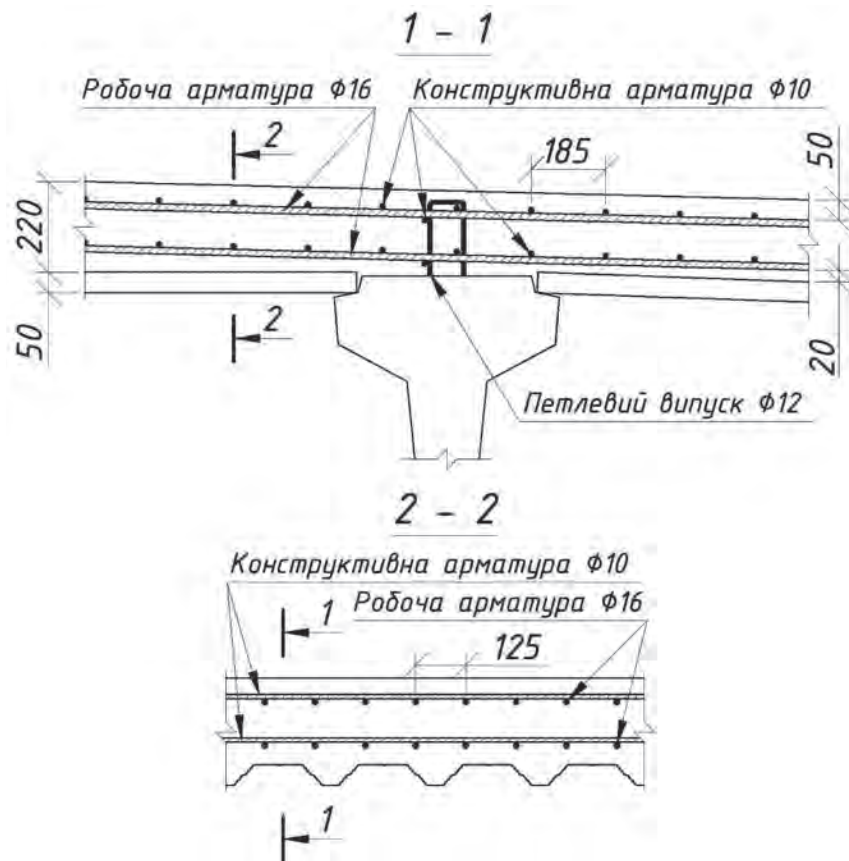


Рис. 6. Перерізи плити проїзної частини



Рис. 7. Прогонова будова моста із незнімною опалубкою із сталевого профільованого настилу

що відповідає класу В 30 відповідно до вимог проекту.

При статичних випробуваннях моста як випробувальне навантаження використовували завантажені баластом автомобілі-самоскиди КрАЗ та МАЗ

вагою по 210 кН кожен. Під час випробувань використовувались датчики переміщення для вимірювання місцевих деформацій арматурних канатів на базі ПТК "НВМ", датчик для реєстрації сигналів АЕ на базі ПТК "АКЕМ", тензometri для вимірювання місцевих деформацій бетону (мікроіндикатори годинникового типу), прогиноміри Аістова ПАО-6.

Динамічні навантаження створювали проїздом завантажених баластом самоскидів КрАЗ із різними швидкостями по проїзній частині моста.

Під час статичних і динамічних випробувань фіксували акустичну емісію конструкцій моста програмно-технічним комплексом "АКЕМ" для обробки сигналів акустичної емісії на базі персонального комп'ютера з використанням технології "PClabCard".

У результаті обстеження та випробування моста встановлено, що міст не має дефектів, його несуча здатність відповідає проектній. Плита проїзної частини надійно об'єднує балки прогонової будови. При найбільш невідповідному розташуванні коліс автомобіля для плити проїзної частини – посередині прогону між осями балок, рівні напружень в металевих листах настилу, заміряні при випробуваннях, є дуже низькими. При випробуваннях не було зафіксовано сигналів акустичної емісії, що свідчить про сумісну роботу бетону плити і сталевого профільованого настилу та про відсутність у плиті проїзної частини тріщин, що розвиваються [5].

У ДерждорНДІ також було досліджено можливість використання для прогонових будов мостів із балками типу 3Bet-90 і 3Bet-120 незнімної опалубки по типу 2 – деревостружкові плити на цементному в'язучому БЕТОНУР товщиною 40 мм виробництва фірми FALCO Forgaslapgyarto Zrt (Угорщина). Дана конструкція використовується як незнімна опалубка при влаштуванні плити прогонової будови транспортних споруд в Європі; після набору міцності бетону при



**Рис. 8.** Випробування деревостружкової плити на цементному в'язучому ВЕТОНУР для незнімної опалубки

включенні монолітної плити проїзної частини в роботу з балками прогонової будови плита ВЕТОНУР в розрахунок поперечного перерізу плити не включається.

Плита даного типу була випробувана за схемою розрізної однопрогонової балки на дію статичного навантаження (рис. 7). Випробувальне навантаження відповідало вазі монолітної бетонної суміші з відповідним динамічним коефіцієнтом згідно з вимогами СНиП 3.03.01–87 “Несущие и ограждающие конструкции”. Аналіз експериментальних даних свідчить, що виконуються вимоги СНиП 3.03.01–87 “Несущие и ограждающие конструкции” щодо прогинів опалубки під дією навантаження. Прогин елементів опалубки під навантаженням не повинен перевищувати 1/400 прогону. При вазі монолітної плити проїзної частини, що відповідає її товщині не більше 230 мм, товщині плити ВЕТОНУР 40 мм, і кроці балок 3Bet-90, що не перевищує 1750 мм, та 3Bet-120, що не перевищує 1850 мм, максимальний прогин плити ВЕТОНУР становив 2,96 мм, що не перевищує 1/400 довжини прогону. При необхідності застосування балок 3Bet-90 з кроком 1850 мм товщину монолітної плити допускається зменшити до 200 мм з проведенням відповідного перерахунку конструкцій прогонової будови. При інших параметрах елементів прогонової будови (крок балок, товщина плити проїзної частини, товщина плити ВЕТОНУР тощо), що погіршують умови роботи конструкції, слід проводити додаткові дослідження.

Порівняння розрахункових та експериментальних даних за першою та другою групами граничних станів для плит ВЕТОНУР свідчать про їх добру збіжність, на основі чого можна стверджувати про придатність її використання як незнімної опалубки при влаштуванні плити проїзної частини прогонових будов, закомпонованих

з балок типу 3 Bet-90 у діапазоні 12 – 24 м і типу 3 Bet-120 у діапазоні 24 – 33 м.

У результаті аналізу встановлено, що плита деревостружкова на цементному в'язучому ВЕТОНУР при дотриманні умов, наведених вище, відповідає вимогам ДБН В.2.3–14: 2006 “Мости та труби. Правила проектування” і ДБН В.2.3–20–2008 “Мости та труби. Виконання та приймання робіт” та може бути використана при будівництві, ремонті та реконструкції транспортних споруд на автомобільних дорогах України.

### Висновки

При влаштуванні залізобетонної плити проїзної частини мостів доцільно використовувати незнімну опалубку, яка опирається на збірні балки прогонової будови.

Проведені дослідження можливості використання як незнімної опалубки сталевого профільованого настилу та деревостружкових плит на цементному в'язучому ВЕТОНУР показали їх придатність для бетонування плит проїзної частини мостів.

### ЛІТЕРАТУРА

- 1. Споруди транспорту.** Мости і труби. Правила проектування : ДБН В.2.3-14:2006. – [чинний від 6 травня 2006 р.] – К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства, 2006. – 359 с. – (Державні будівельні норми України)
- 2. Смирнов В.Н.** Строительство мостов и труб / Владимир Николаевич Смирнов – СПб.: Из-во ДНК, 2007. – 288 с.
- 3. Несъемная опалубка для сборно-монолитных настилов мостов** (Великобритания). – БИНТИ №6 (36), 2007 – С. 33 – 35.
- 4. Коротин В.Н.** Применение несъемной металлической опалубки “Steelcomp” при сооружении сталежелезобетонного пролетного строения моста через р. Медведку / В.Н. Коротин, Е.Н. Бирюков, С.Г. Вейцман, А.И. Дмитриев, Н.В. Смирнов // Вестник мостостроения. – 2000. – № 1 – 2. – С. 45 – 49.
- 5. Коваль М.П.** Випробування плити проїзної частини із зовнішнім армуванням автодорожнього залізобетонного моста / М. П. Коваль // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – Львів: в-во НУ “ЛП”, 2010. – № 662. – С 245 – 253.