

ШТУЧНІ ТА ПІДЗЕМНІ ТРАНСПОРТНІ СПОРТУДИ

УДК 624.21.095.32

Кот Д.В., Коваль М.П., канд. техн. наук

НЕЗНІМНА ЗАЛІЗОБЕТОННА ОПАЛУБКА ДЛЯ ПЛИТ ПРОЇЗНОЇ ЧАСТИНИ МОСТІВ

Анотація. Стаття присвячена огляду конструкцій плит проїзної частини мостів з незнімними залізобетонними опалубками.

Ключові слова: плита проїзної частини, незнімна опалубка.

Аннотация. Статья посвящена обзору конструкций плит проезжей части мостов с несъемными железобетонными опалубками.

Ключевые слова: плита проезжей части, несъемная опалубка.

Abstract. The article provides an overview of constructions of bridges decks with permanent concrete formwork.

Keywords: bridge deck, permanent formwork.

Постановка проблеми. В Україні, в другій половині ХХ століття переважна більшість прогонових будов автодорожніх мостів (близько 95%) будувалося із збірного залізобетону. Це було обумовлено вимогою індустріалізації будівництва у СРСР, що передбачало якраз максимальне використання збірних конструкцій. Тому плити проїзної частини мостів мали значну кількість поздовжніх стиків. Плити покривались вирівнюючим шаром бетону товщиною 3-5 см. В процесі експлуатації плити проїзної частини мостів зазнають безпосередньої динамічної дії тимчасового навантаження та впливу агресивного середовища (хімічно агресивної води з розчиненими солями, циклом замерзання-відтаювання та ін.). Досвід експлуатації збірних

залізобетонних прогонових будов мостів показав, що в їх плитах виникає значна кількість дефектів, обумовлених наявністю стиків. Це суттєво знижує довговічність прогонових будов мостів. Влаштування монолітної плити проїзної частини дозволяє покращити умови роботи прогонових будов та підвищити їх довговічність.

Враховуючи вище сказане, в чинних державних будівельних нормах України з проектування мостів [1] вказується, що плиту проїзної частини мостів слід виконувати монолітною, товщиною не менше 20 см. У випадку застосування збірних залізобетонних балок їх поверхню слід вкрити шаром монолітного залізобетону завтовшки не менше 14 см.

Враховуючи ці вимоги, залізобетонні прогонові будови автодорожніх мостів влаштовуються переважно збірно-монолітними: встановлюються збірні балки, по яких бетонується монолітна плита. Така конструкція потребує використання опалубки для влаштування плити.

Аналіз останніх досліджень. Особливої гостроти проблема влаштування опалубки плити набула внаслідок відмови від недосконалих типових проектів та переходу до індивідуального проектування із застосування різних типів головних балок, що вимагає створення індивідуальних опалубок. За радянських часів на території України великого поширення набула одноразова дерев'яна опалубка, рідко приділялась увага розробці уніфікованих систем, які можна було б пристосувати для різних форм [2]. Слід враховувати, що в умовах будівництва практично неможливе повторне використання дерев'яної опалубки. Тому зараз широкого поширення набуло використання досить дорогих іноземних систем фірм PERI, DoKa, Ulma та ін. [3]. Крім власне опалубки, при зведенні монолітних залізобетонних споруд необхідні відповідні підтримуючі конструкції (риштування) [4]. 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. 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

Мета дослідження – на основі аналізу досвіду мостобудування вибрати перспективні конструкції незнімних опалубок залізобетонних плит проїзної частини мостів, визначити проблеми, які необхідно вирішити для науково-технічного забезпечення проектування таких конструкцій.

Основні результати дослідження. Перспективним напрямком в монолітному мостобудуванні є використання різних типів незнімної опалубки. За матеріалом вони поділяються на такі:

- армоцементні опалубки;
- залізобетонні;
- композитні;
- металеві.

Також незнімні опалубки можна класифікувати за типом їх роботи разом з несною конструкцією:

- опалубки, що враховуються в розрахунку плити проїзної частини, забезпечує на стадії зведення тимчасову опору для рухомої бетонної суміші і дозволяють витримувати монтажні навантаження, а потім стають частиною несної конструкції, збільшуючи розрахункову міцність;
- опалубки, що не враховуються в розрахунку плити проїзної частини, забезпечують на стадії зведення тільки тимчасову опору для рухомої бетонної суміші і дозволяють витримувати монтажні навантаження.

Схема класифікації залізобетонних незнімних опалубок для залізобетонних плит проїзної частини мостів наведена на рис. 1.

Широкого використання незнімні опалубки для плит проїзної частини мостів отримали за кордоном. Розглянемо деякі з найбільш ефективних конструкцій таких опалубок.

Лідером серед виробників залізобетонних незнімних опалубок для мостових конструкцій є британська компанія «Hanson», яка вже більше 10 років успішно застосовує свою продукцію в мостовому будівництві ([5]). Залізобетонні елементи незнімної опалубки (рис. 2) складаються з плоских

конструкцій різних розмірів та конфігурацій, несучих арматурних просторових каркасів трикутного перерізу, які забезпечують транспортну та монтажну стійкість та необхідне поєднання між збірними плитами та монолітним бетоном. Фірма-виробник має цілу серію розроблених конструкцій для великої номенклатури товщин плит проїзної частини, а також прольотів між балками.

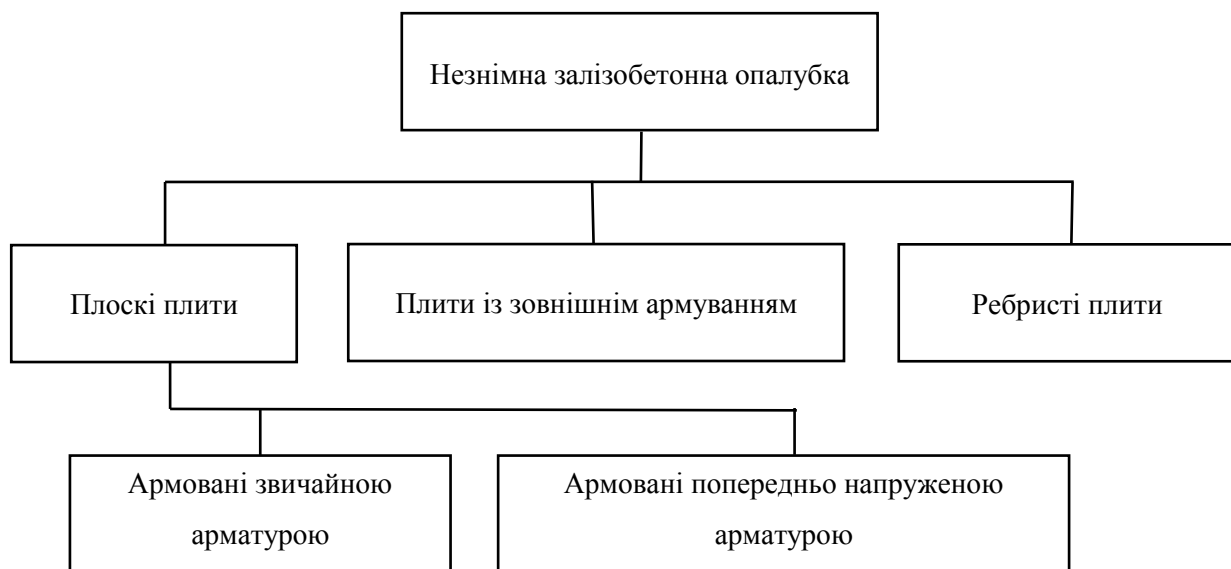


Рисунок 1 – Класифікація залізобетонних незнімних опалубок

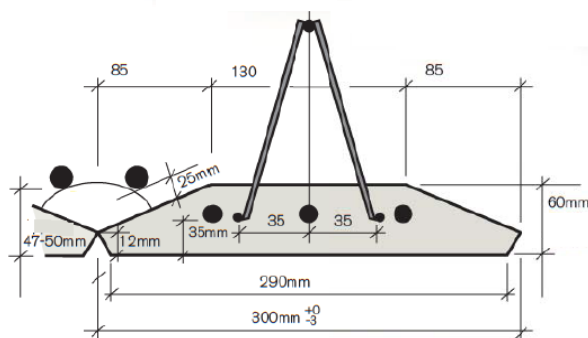
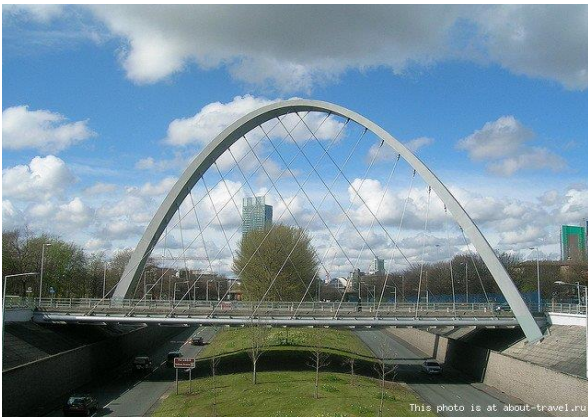


Рисунок 2 – Залізобетонні плити незнімної опалубки «Hanson»

Прикладом застосування може послугувати арочний міст Халма в Манчестері, який вигинається своєю 25-метровою аркою над Принцес-роуд і був побудований в 1996 році під керівництвом бюро Wilkinson Eyre Architects (рис. 3).



а)



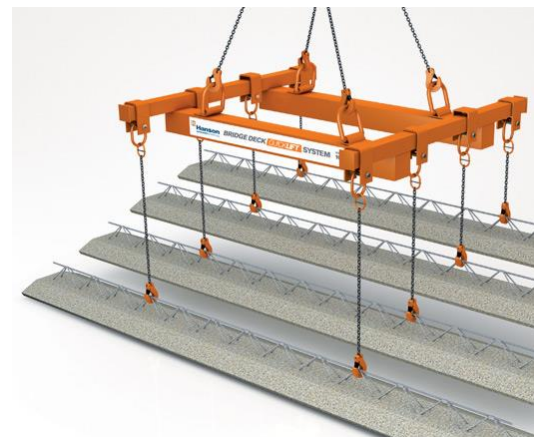
б)

Рисунок 3 – Міст Халма в Манчестері: а) загальний вигляд мосту; б) розкладка плит незнімної опалубки

Компанією розроблене все обладнання, яке необхідне для швидкого та безпечного монтажу опалубки на місці спорудження мосту (рис. 4).



а)



б)

Рисунок 4 – Обладнання для монтажу опалубки: а) транспортні засоби; б) спеціальна траверса для швидкого монтажу

Досить цікаво вирішене питання незнімної опалубки фірмою Humes (Австралія) [6]. Фірмою розроблено дві системи незнімної залізобетонної опалубки:

- HumeSlab;
- HumeSpan.

Система HumeSlab. Ця проста варіативна система HumeSlab, як правило, виготовлена з легкого бетону, з застосуванням вставок з полістиролу, для

забезпечення утворення розривів в опалубці під час формовки, для забезпечення швидкого і економічно ефективного підходу до влаштування плит проїзної частини. Розриви в опалубці утворені для повздовжніх балок (рис 5). Система HumeSpan – це надзвичайно легкі плити. Товщина бетону складає 50 мм. Загальні розміри варіюються залежно від конкретних умов конструкції, але система дозволяє повністю виконати армування плити проїзної частини, що значно підвищує темпи будівництва.



а)



б)

Рисунок 5 – Система опалубки HumeSlab: а) загальний вигляд опалубки перед бетонуванням; б) монтаж секції опалубки

Використовуються незнімні залізобетонні опалубки в мостовому будівництві і в Україні. Прикладом застосування плоских плит зі звичайною арматурою є естакада, збудована в Києві по проекту ТОВ «Містпроект» при реконструкції транспортної розв'язки на Поштової площі. Споруда складається з трьох температурно-нерозрізних сегментів, розділених між собою деформаційними швами. Прогонова будова в поперечнику складається з восьми двотаврових попередньо напружених балок виробництва фірми «OBERBETON» та монолітної плити проїзної частини (рис. 6). В даній конструкції як незнімна опалубка використовуються плоскі залізобетонні плити товщиною 45 мм зі змінними прогонами за рахунок розміщення балок віялом. Ці плити не враховуються при розрахунку конструкції, забезпечують на стадії зведення тільки тимчасову опору для бетонної суміші і дозволяють витримувати монтажні навантаження. Плити армовані арматурною сіткою Вр І

Ø5 з чарункою 100×100 згідно ГОСТ 6727-80*. Приклад укладки плит показаний на рис. 7.

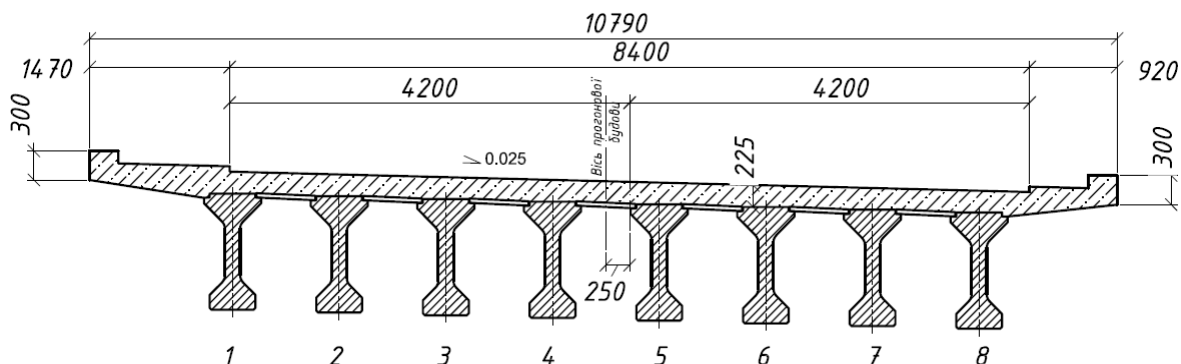


Рисунок 6 – Загальний поперечний переріз

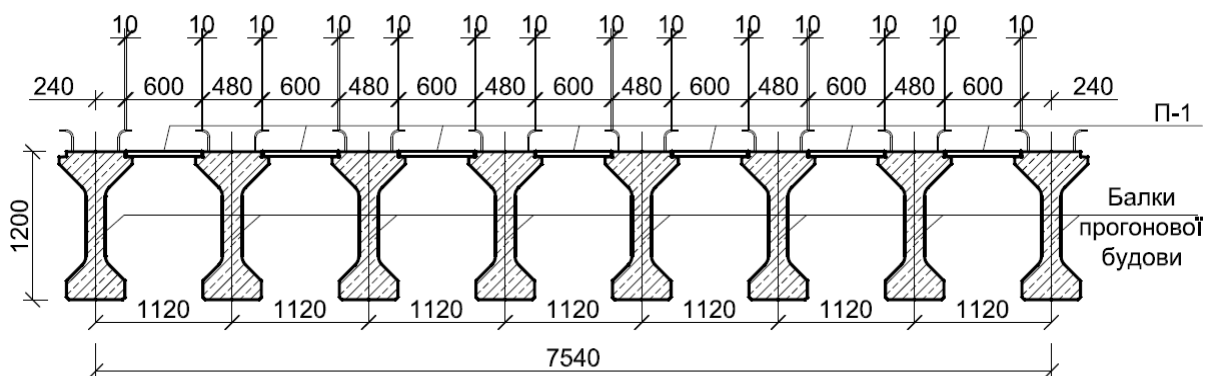


Рисунок 7 – Приклад розкладки плит незнімної опалубки

Як видно з рис. 8, використання незнімної опалубки дозволяє уникнути влаштування риштувань та тимчасових опор. Цей факт в умовах значної транспортної завантаженості вулиць великих міст робить вищезгадану опалубку економічно вигіднішою та зручнішою у використанні, а також зменшує час робіт на висоті, що зменшує ризик отримання виробничих травм робітниками.

Плоскі залізобетонні незнімні опалубки із звичайною арматурою використані при влаштуванні плит проїзної частини двох залізобетонних шляхопроводів тунельного типу при реконструкції транспортної розв'язки на перетині бульвару Дружби Народів і Набережного шосе", проект яких був виконаний ТОВ "НВП "МОСТОВИЙ ЦЕНТР" в 2011 році. В поперечнику шляхопроводів встановлено 20 попередньо напружених балок "ЗBet-90" ([7]) з

кроком в середньому 1650 мм. Вид на низ прогонової будови показано на рис. 9.



а)



б)

Рисунок 8 – Естакада конструкції ТОВ «Містпроект»: а) загальний вид на низ прогонової будови; б) плити незнімної опалубки



Рисунок 9 – Вид на низ прогонової шляхопроводу тунельного типу розв'язки біля моста Патона

Між балками змонтовані плоскі плити незнімної опалубки, по яких забетонована плита проїзної частини. Плити незнімної опалубки виготовлені у вигляді плит 3200 x 1210 x 50, які армовані арматурою класу АІІ. Стики між

торцями плити і верхнім вутом балок заповнювались цементним розчином до розкладки арматури. Стики між плитами заклеювали герметичною стрічкою. Ці плити не враховуються при розрахунку конструкції, забезпечують на стадії зведення тільки тимчасову опору для рухомої бетонної суміші і дозволяють витримувати монтажні навантаження.

Наприкінці 2008 року ТзОВ "Науково-виробниче підприємство "Тріада" (м. Львів) виконало проект мостового переходу на км 103+555 автомобільної дороги державного значення Стрий – Івано-Франківськ – Чернівці – Мамалига через р. Бистриця Солотвинська. Міст являє собою сталезалізобетонну нерозрізну конструкцію. В поперечному перерізі знаходяться 5 металевих балок, по яких мала бетонуватися плита проїзної частини (рис. 10). Міст до цього часу знаходиться на стадії спорудження. В якості незнімної опалубки використані ребристі плити, які заармовані робочою арматурою плити проїзної частини, тобто врахована сумісна робота монолітної плити проїзної частини та збірних плит опалубки. Загальний вигляд плити незнімної опалубки показано на рис. 11.

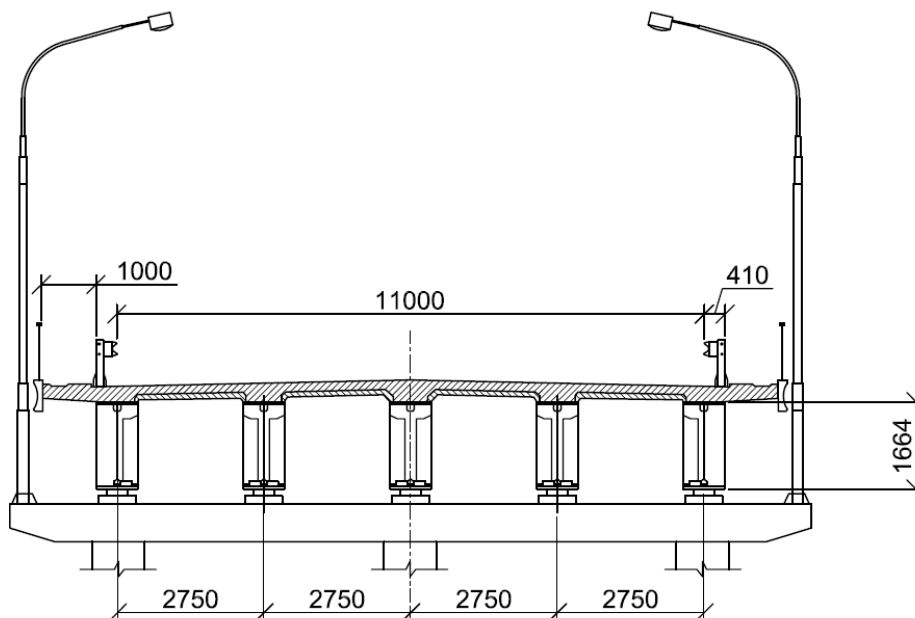


Рисунок 10 – Поперечний переріз

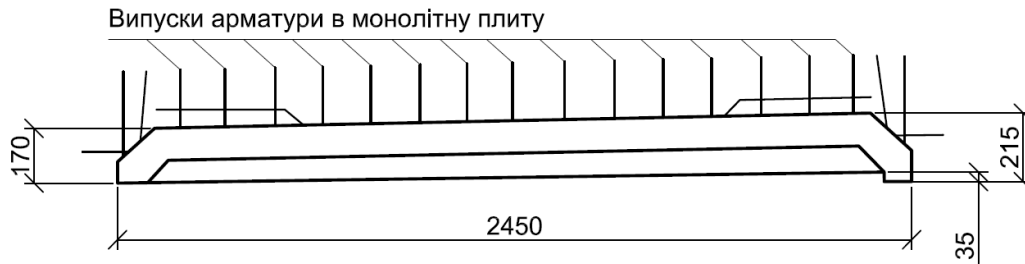


Рисунок 11 – Загальний вигляд ребристої плити незнімної опалубки

Загальний досвід застосування незнімних опалубок для монолітних плит та досвід застосування залізобетонних незнімних опалубок у мостовому будівництві свідчить про економічність та ефективність таких конструкцій. У вітчизняному мостобудуванні є певний досвід будівництва прогонових будов із залізобетонними незнімними опалубками, проте у всіх цих випадках вона введена у склад залізобетонної плити проїзної частини лише як конструктивний елемент (армування опалубки не входить до складу розрахункових перерізів плити проїзної частини при розрахунках на стадії експлуатації). Праця по детальному вивченню роботи залізобетонних плит проїзної частини із незнімними опалубками практично не проводилась, відсутні нормативні та довідкові документи, якими регламентуються засади проектування та розрахунку конструкцій з такими опалубками.

Висновки

Враховуючи необхідність більш широкого використання незнімних залізобетонних опалубок, для більш раціонального використання необхідно розробляти такі їх конструкції, які включаються в сумісну роботу із плитою проїзної частини. Для розробки методики розрахунку необхідно провести системні дослідження.

1. Необхідно експериментально дослідити напружено-деформований стан залізобетонних плит проїзної частини мостів із незнімними залізобетонними опалубками на різних стадіях їх роботи. Оскільки існуючі методи розрахунку були розроблені для суцільних плит меншої товщини (120-150 мм), то робота збірно-монолітних плит більшої товщини (200-250 мм) буде мати свої особливості, які необхідно врахувати при розрахунку таких плит.

2. Для введення залізобетонних незнімних опалубок до розрахункових перерізів плити необхідно забезпечити надійне зчеплення опалубки та монолітного бетону плити. Треба провести дослідження надійності різних засобів забезпечення зчеплення вище наведених елементів.

3. Дослідження тріщиностійкості монолітних плит із залізобетонною незнімною опалубкою практично не проводились. У зв'язку з високими вимогами щодо тріщиностійкості до плит проїзної частини мостів слід дослідити тріщиностійкість таких плит та вплив на неї залізобетонної незнімної опалубки.

4. Проведені натурні експериментальні дослідження дозволять отримати значний об'єм даних, що допоможе окреслити математичну модель конструкції та створити ефективні розрахункові схеми у програмних комплексах, розрахунки в яких ведуться методом скінченних елементів (МСЕ). Враховуючи слабке теоретичне вивчення роботи монолітних плит із залізобетонною незнімною опалубкою як шаруватих плит, порівняння експериментальних даних із теоретичними дозволить сформулювати основні вимоги та способи створення таких схем.

Література

1. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування: ДБН В.2.3-14:2006. – [Чинний від 2006-05-06]. – Держбуд України, 2006. – 356 с. – (Державні будівельні норми України).
2. Калашников Н. А. Сборно-монолитные плитные пролетные строения / Н. А. Калашников, Н. Л. Филимонова. – М.: Автотрансиздат, 1961. – 104 с.
3. Алюмінієва опалубка для перекриттів: http://www.peri.ua/products.cfm/fuseaction/diashow/product_ID/44/currentimage/1/productcategory_ID/11/app_id/4.cfm
4. Variokit: http://www.peri.ua/products.cfm/fuseaction/diashow/product_ID/71/currentimage/1/productcategory_ID/11/app_id/8.cfm
5. Product overview: <http://hanson-precast.co.uk/omnia-bridge-deck/product-overview>.
6. HumeSlab® bridge decking: <http://www.humes.com.au/fileadmin/templates/HUMES/doc/Brochures/HumeSlab.pdf>
7. Коваль П. М. Збірні залізобетонні балки для автодорожніх мостів типу "З Бет-90" та "З Бет-120" / П. М. Коваль, С. В. Стоянович // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка: науково-технічний збірник. – Київ: НДЦБМВ, 2009. – Випуск 33. – С. 128–134.