

УДК 624.012.35

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СТАЛЕВОГО ПРОСІЧНО-ВИТЯЖНОГО ЛИСТА ЯК РОБОЧОЇ АРМАТУРИ У ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛКОВИХ КОНСТРУКЦІЯХ**

*Р. Шмиг, к.т.н., І. Добрянський, д.т.н.,  
С. Бурчєня, старший викладач, С. Нікіфоряк, асистент  
Львівський національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** Залізобетонні конструкції із листовою арматурою широко використовуються у промисловому, цивільному та сільськогосподарському будівництві. Вони мають низку переваг над залізобетонними конструкціями із традиційним стрижневим армуванням, а саме:

- конструктивне вирішення поперечного перерізу залізобетонних згинаних елементів із зовнішнім армуванням дає змогу, забезпечуючи міцність і жорсткість, зменшити висоту перерізу елементів;
- досягається значна економія металу внаслідок застосування зовнішнього армування;
- відпадає необхідність багаторядного розміщення стрижнів арматури, що набагато спрощує технологію виготовлення конструкцій;
- простіше вкладання бетонної суміші та її вібрування;
- спрощене посилення залізобетонного елемента за збільшення корисного навантаження, що є актуальним у процесі реконструкції виробництва;
- відпадає необхідність влаштування додаткових закладних деталей для кріплення елементів кістяка будівлі, стінового огородження, а також різноманітного технологічного обладнання;
- існує можливість одночасного використання стрічкової чи листової арматури як елемента опалубки;
- стає можливим виготовлення конструкцій, які забезпечують біологічний захист від різного роду радіоактивного випромінювання, що актуально для атомних електростанцій, а також конструкцій, які є непроникними для рідин і газів;
- використання залізобетонних конструкцій із зовнішнім армуванням розширює сферу їх застосування;
- тріщиностійкість згинаних елементів із зовнішнім армуванням вища, поява й розвиток тріщин у розтягнутій зоні в процесі експлуатації не має такого суттєвого значення, як у залізобетонних.

Для виготовлення залізобетонних балкових конструкцій із зовнішнім листовим (стрічковим) армуванням використовували, як правило, бетон, стрижневу гладку та рифлену арматуру, листову гладку та рифлену сталь (рис. 1), профільований настил (рис. 2) [1-4, 6-11].

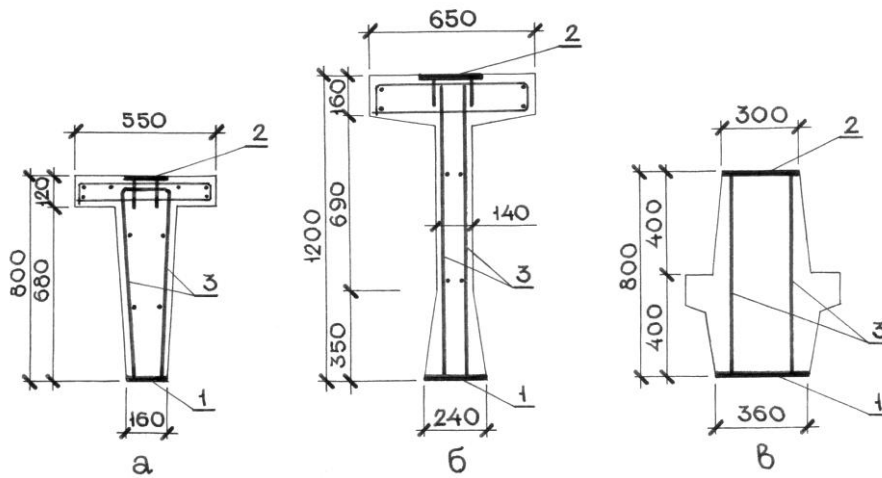


Рис. 1. Конструкції сталевих залізобетонних балок і ригелів: а – підкранова балка прольотом 6 м; б – підкранова балка прольотом 12 м; в – нерозрізний ригель прольотом 12 м; 1 – розтягнута листовая арматура; 2 – стиснута листовая арматура; 3 – поперечна арматура.

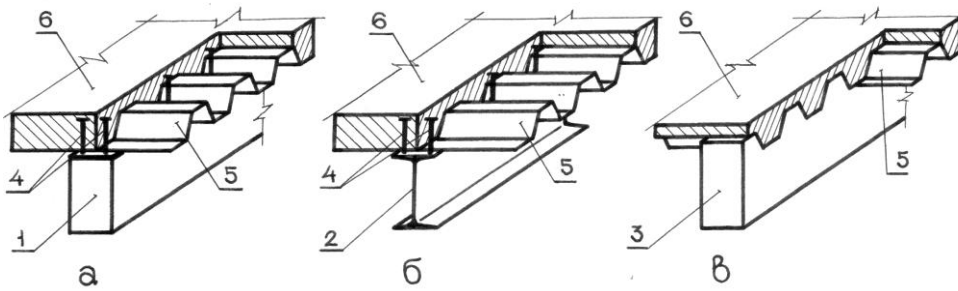


Рис. 2. Комбіноване перекриття поверх профільованого настилу з використанням: а – сталевих залізобетонних балок; б – сталевих двотаврів; в – залізобетонних ригелів з уступами; 1 – залізобетонна балка; 2 – сталевий двотавр; 3 – залізобетонний ригель; 4 – анкерні штирі; 5 – профільований настил; 6 – залізобетонна плита.

Проте дослідники залишили поза увагою один досить цікавий, на нашу думку, вид листової арматури – сталевий просічно-витяжний лист (СПВЛ) (рис. 3). За рахунок оригінальної геометричної форми бічної поверхні та добрих міцнісних характеристик СПВЛ також можна використати як робочу зовнішню арматуру у залізобетонних конструкціях\* [5].

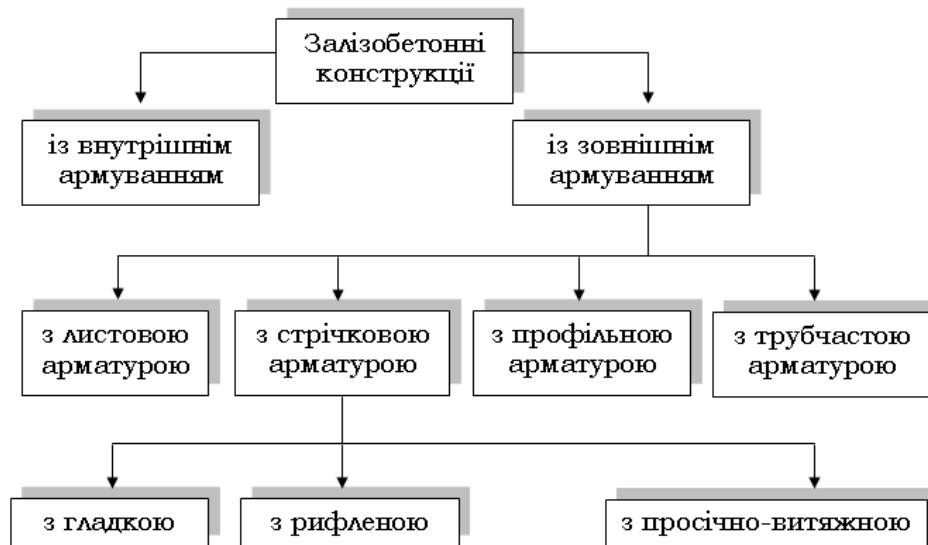


Рис. 3. Класифікація залізобетонних конструкцій із зовнішнім армуванням.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Стрижнева арматура використовується, як і у традиційних залізобетонних балках і плитах, як поздовжня робоча арматура плоских чи просторових каркасів, сіток, вертикальних поперечних стрижнів, монтажної арматури тощо. Контакт її з бетоном надійно забезпечують виступи та рифи на бічній поверхні арматурного стрижня.

У згинальних елементах виникають значні сили зсуву у місці контакту листової стрічкової арматури з бетоном. Сили склеювання й тертя, які існують у контактній площині між бетоном і гладкою поверхнею

---

\* Ідея застосування сталевих просічно-витяжних листів як робочої арматури у конструкціях із зовнішнім листовим армуванням належить д.т.н., Почесному професору Національного університету “Львівська політехніка” Ф. Є. Клименку, автору сталобетонних конструкцій, засновнику наукової школи сталобетону в Україні.

листової арматури, є незначними, тому монолітність сталобетонного перерізу забезпечується за рахунок використання однобічного рифлення гладкої поверхні листової сталі (рис. 4) [3; 6], різноманітних об'єднувальних з'єднань (гнучких і жорстких анкерів, суцільних торцевих чи просторових стрижневих упорів) (рис. 5) [10]. Такі конструктивні вирішення дають змогу забезпечити сумісну роботу листової арматури та бетону на всіх етапах роботи.

Застосування однобічного рифлення гладкої поверхні листової сталі під час її прокатування (рис. 4) дало змогу поліпшити надійність та однорідність з'єднання зовнішньої листової арматури з бетоном [3; 7]. Проте досить часто відбувалися відшарування листової арматури у розтягненій зоні (рис. 5) та втрата стійкості у стисненій [10].

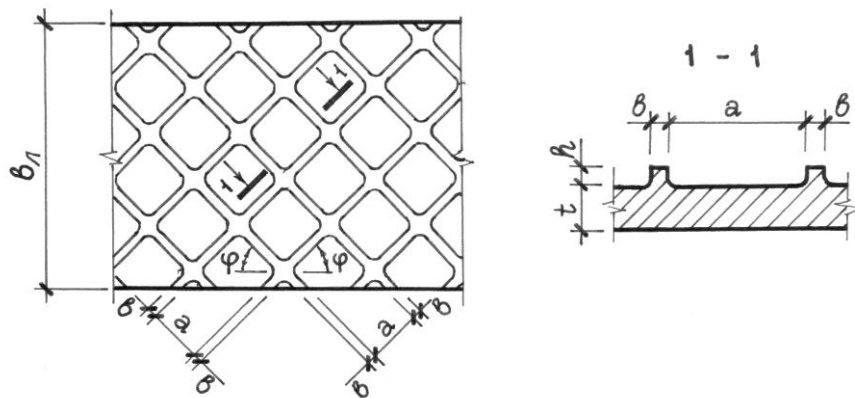


Рис. 4. Параметри прокатної стрічкової арматури:  $t = 6$  мм,  $a = 20$  мм,  $b = 1,5$  мм,  $h = 2$  мм,  $\varphi = 45^\circ$  [10].



Рис. 5. Зсув між сталевим листом і бетоном, зафіксований к.т.н., доцентом Ю. С. Фамуляком [10].

Встановлення додаткових анкерних елементів (рис. 6) вимагає проведення додаткових виробничо-технологічних операцій (різання,

приварювання тощо), проте суттєво поліпшує об'єднання листової арматури з бетонним перерізом, що у свою чергу впливає на збільшення несучої здатності конструкції загалом [10]. Проте у місцях встановлення анкерів виникає небажана концентрація місцевих напружень, яка зумовлює ранню появу та розвиток перших нормальних тріщин саме в місцях розміщення анкерів (рис. 7) [10].

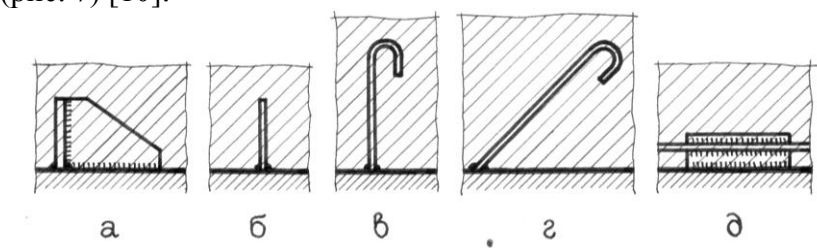


Рис. 6. Види об'єднувальних деталей: а – жорсткий упор; б – гнучкий упор; в – вертикальний анкер; г – похилий анкер; д – поздовжня арматура, приварена до металевих листа.

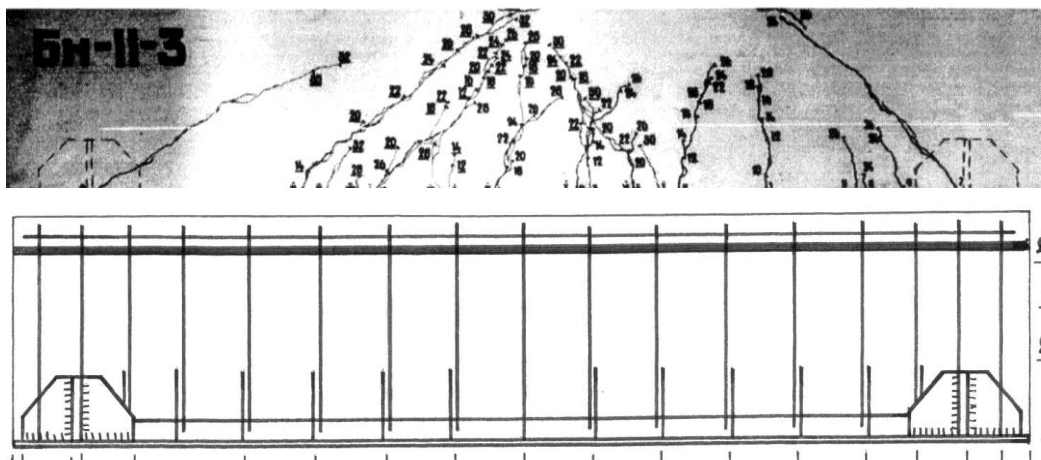


Рис. 7. Збігання кроку розміщення коротких анкерів з кроком утворення та наступного розвитку тріщин на бічній поверхні балкового зразка [10].

**Виклад основного матеріалу.** Завдяки міцності та унікальному зовнішньому вигляду сталевий просічно-витяжний лист (СПВЛ) (рис. 8). широко використовується в сучасній архітектурі, машинобудуванні, сільському господарстві, транспорті та будівництві [5]. Його виготовляють із листового металопрокату рядових, конструкційних і нержавіючих марок сталі. Це металеве полотно з рифленою поверхнею і рівномірно розташованими на цій поверхні комірками, які утворюють малюнок луски,

отриманий просічуванням і одночасною витяжкою суцільного сталевго листа-заготовки на спеціальному пресі [5]. Такий тип обробки металевго листа дає змогу робити цей матеріал легким і водночас достатньо міцним.

Порівняно зі суцільним листом аналогічних габаритних розмірів СПВЛ на 80% легший. Рифлена, перешкоджаюча проковзуванню поверхня СПВЛ, високі показники жорсткості, підвищені експлуатаційні характеристики та значна економія сталі роблять цей матеріал ідеальним для використання як настилу.

Конструкція поверхні СПВЛ обов'язково забезпечить добрий контакт із бетоном, а це у свою чергу дасть змогу відмовитися від різного роду об'єднувальних елементів.

*Стандартні* СПВЛ з успіхом використовують у таких виробках, як акустичні

(шумозахисні) стіни, вентиляційні і пожежні решітки, декоративні і захисні короби для вуличної електроніки, сортувальні сита або пішохідні мости.

*Мікро* СПВЛ відмінно підходять для виробництва різноманітних типів фільтрів, сит і захисних сіток.

*Декоративні* СПВЛ знаходять своє застосування в оригінальних дизайнерських проєктах під час будівництва фасадів, виготовлення перегородок, промислових стель, екранів і панелей на балкони та перила.

Основним елементом СПВЛ є комірка (рис. 9). За типом геометричної форми комірки поділяють на шестигранні, квадратні, круглі, ромбічні та декоративні. Під час обробки сталевго листа комірки набувають унікального зовнішнього вигляду та форми, не втрачаючи при цьому міцності. Отвір комірки визначається розміром отвору між чотирма містками комірки в напрямі перпендикуляра до площини СПВЛ.

Комірка складається з отворів і містків. Розмір комірки задається її довжиною та шириною. Довжина комірки – віддаль між центрами двох вузлів у напрямі більшої діагоналі. Ширина комірки – це віддаль між центрами двох вузлів у напрямі меншої діагоналі. Ширина містка – ширина матеріалу, яка утворюється між окремими комірками. Товщина містка – товщина матеріалу, який використовується. Вузлом вважається перетин двох взаємопов'язаних містків.

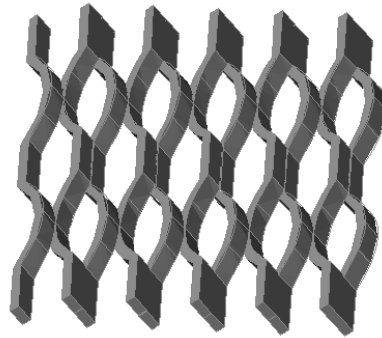


Рис. 8. Просічно-витяжний лист

Довжина вузла – це віддаль між двома довгими діагоналями. Ширина вузла – це віддаль, яка дорівнює наближено подвійній ширині подачі. Повна ширина листа вимірюється в напрямі довгої діагоналі комірки. Повна довжина листа вимірюється в напрямі короткої діагоналі комірки.

СПВЛ виготовляють товщиною заготовки 4, 5 та 6 мм, шириною 500, 600, 710, 800, 900 та 1000 мм, довжиною до 6000 мм [5].

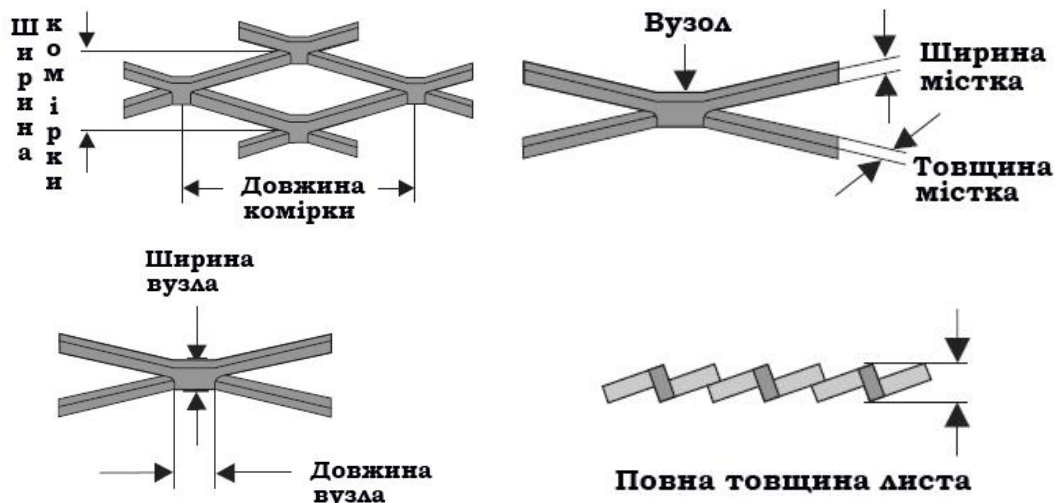


Рис. 9. Основні характеристики СПВЛ.

Для вивчення можливості застосування СПВЛ як зовнішньої поздовжньої робочої арматури у залізобетонних конструкціях було розроблено конструкції арматурних каркасів та виготовлено 16 дослідних балок, проведено їх експериментальні дослідження в лабораторії будівельних конструкцій кафедри будівельних конструкцій Львівського національного аграрного університету [12-19].

Дослідні зразки виготовили з бетону класу С16/20 за рецептами науково-дослідної лабораторії ДБК-1 (м. Львів). Як поздовжню робочу арматуру розтягнутої зони дослідних балок використали СПВЛ 408 (за ТУ У 27.1-13625948-002:2006) шириною 100 мм [5]. Поздовжньою арматурою стиснутої зони та поперечною арматурою слугували стрижні періодичного профілю класу А400С  $\varnothing$  8 мм.

Дослідні балкові зразки мали розрахункову довжину 2300 мм, поперечний переріз – 135x270 мм (рис. 10).

Дослідження зразків на згин виконали на спеціальному силовому стенді, де завантаження проводили двома зосередженими силами, прикладеними на верхній грані балкового зразка (рис. 11).

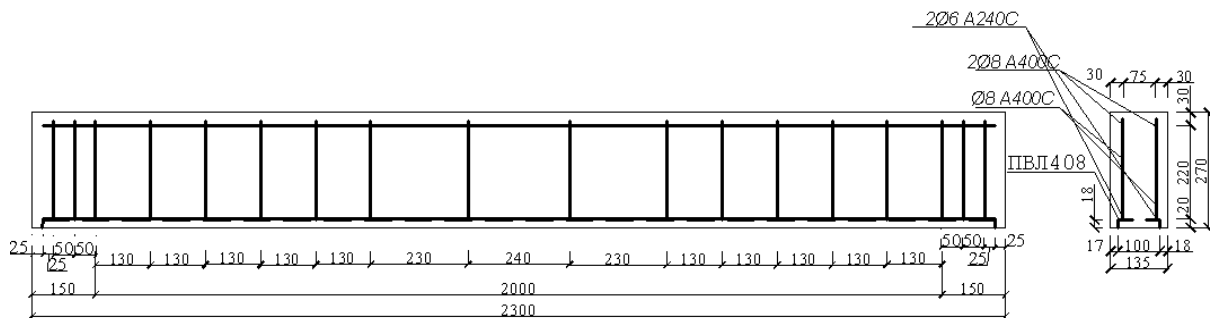


Рис. 10. Конструкція дослідного зразка Б-III-2.



Рис. 11. Дослідний зразок під час проведення випробувань.

Проведені експериментальні дослідження засвідчили надійну роботу під силовим навантаженням дослідних балок, армованих СПВЛ (рис. 12). Тут, як і у залізобетонних конструкціях із традиційним стрижневим армуванням, чітко виділяються три стадії роботи:

перша стадія – від початку прикладення зовнішнього зосередженого навантаження до моменту утворення перших нормальних тріщин, деформації мають пружний характер;



друга стадія – під час збільшення зовнішнього зосередженого навантаження в розтягненій зоні бетону з'являються перші нормальні тріщини, а згодом і похилі, у стисненій зоні бетону розвиваються непружні деформації;

третя стадія – стадія руйнування.

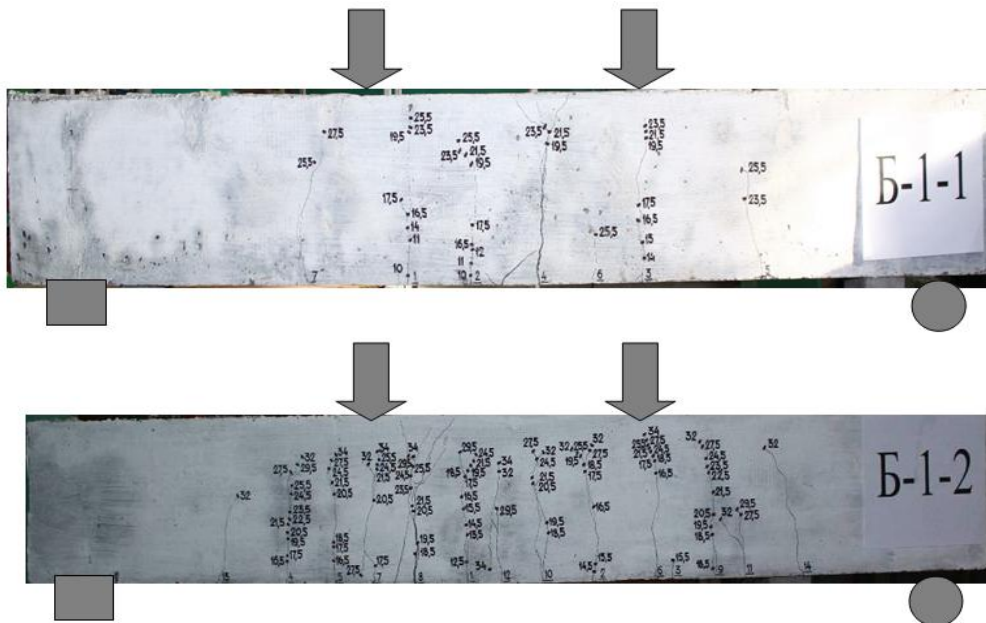


Рис. 12. Характер утворення та розвитку тріщини на бічній поверхні дослідних балок Б-1-1 та Б-1-2.

**Висновки.** Проведені експериментальні дослідження залізобетонних балкових зразків, армованих СПВЛ, показали, що таке зовнішнє армування у сталобетонних конструкціях є абсолютно надійним. У жодному із дослідних зразків не було порушено зчеплення з бетоном у контактному шарі, обриву у вузлах СПВЛ. Невикористання об'єднувальних стрижневих елементів (коротких анкерів) суттєво зменшує кількість утворених та розвинутих тріщин на бічній поверхні дослідних зразків. Це дає підстави для припущення, що СПВЛ не утворює місцевих концентраторів напружень.

#### Бібліографічний список

1. Айрумян Э. Л. Экспериментальные исследования и особенности работы различных видов настила в сталобетонных перекрытиях / Айрумян Э. Л., Беляев В. Ф., Григорьева И. А. // Железобетонные

конструкции с внешним армированием профилированным стальным настилом : тез. докл. науч. семинара. – Челябинск, 1983. – С. 18-38.

2. Багатурия Р. И. Исследование монолитных железобетонных плит с профилированной листовой арматурой : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / Р. И. Багатурия. – Л., 1975. – 27 с.

3. Барабаш В. М. Розробка, дослідження та застосування нового виду стрічкової арматури періодичного профілю в сталобетонних конструкціях / В. М. Барабаш, Ф. Є. Клименко // Проблеми теорії і практики залізобетону. – Полтава, 1997. – С. 37-41.

4. Воронков Р. В. Железобетонные конструкции с листовой арматурой / Р. В. Воронков. – Л. : Стройиздат, Ленинград, отд.-ние, 1975. – 144 с.

5. Листы стальные просечно-вытяжные. Технические условия : ГОСТ 8706-78. – М. : Изд-во стандартов, 1981. – 9 с.

6. Листы стальные с ромбическим и чечевичным рифлением. Технические условия : ГОСТ 8568-77.. – М. : Изд-во стандартов, 2004. – 8 с.

7. Клименко Ф. Е. Сталобетонные конструкции с внешним полосовым армированием / Ф. Е. Клименко. – К. : Будівельник, 1984. – 88 с.

8. Клименко Ф. Е. Сталобетонные ригели с внешним полосовым армированием / Клименко Ф. Е., Барабаш В. М. // Бетон и железобетон. – 1985. – №4. – С. 15-17.

9. Клименко Ф. Е. Внешнее армирование железобетонных элементов полосовой арматурой гладкого и периодического профиля / Ф. Е. Клименко // Строительство и архитектура. – 1981. – С. 25-29.

10. Фамуляк Ю.Є. Міцність сталобетонних балок з торцевими анкерами в зоні дії поперечних сил / Фамуляк Ю. Є., Клименко Ф. Є., Барабаш В. М. – Львів : Львів. держ. аграр. ун-т, 2006. – 117 с.

11. Шевчук С. Г. Несуча здатність та деформативність сталобетонних перекриттів / С. Г. Шевчук, В. В. Білозір, Р. А. Шмиг. – Львів : Ліга-Прес, 2010. – 117 с.

12. Пат. на корисну модель u2011 08752 МПК E04C 5/02(2006.01). Армований сталобетонний елемент / Добрянський І. М., Шмиг Р. А., Бурчеля С. П.; заявник і патентовласник Львів. нац. аграр. ун-т. – № 69028; заявл. 12.07.2011; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8.

13. Пат. на корисну модель u2011 08753 МПК E04C 5/02(2006.01). Армований сталобетонний елемент / Добрянський І. М., Шмиг Р. А., Бурчеля С. П.; заявник і патентовласник Львів. нац. аграр. ун-т. – № 69029; заявл. 12.07.2011; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8.

14. Пат. на корисну модель u2011 08755 МПК E04C 5/02(2006.01). Армований сталобетонний елемент / Добрянський І. М., Шмиг Р. А., Бурчєня С. П.; заявник і патентовласник Львів. нац. аграр. ун-т. – № 69030; заявл. 12.07.2011; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8.

15. Пат. на корисну модель u2011 08764 МПК E04C 5/02(2006.01). Залізобетонний елемент / Добрянський І. М., Шмиг Р. А., Бурчєня С. П.; заявник і патентовласник Львів. нац. аграр. ун-т. – № 69031; заявл. 12.07.2011; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8.

16. Пат. на корисну модель u2011 08765 МПК E04C 5/02(2006.01). Сталобетонний елемент / Добрянський І. М., Шмиг Р. А., Бурчєня С. П.; заявник і патентовласник Львів. нац. аграр. ун-т. – № 69032; заявл. 12.07.2011; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8.

17. Пат. на корисну модель u2011 08768 МПК E04C 5/02(2006.01). Армований сталобетонний елемент / Добрянський І. М., Шмиг Р. А., Бурчєня С. П.; заявник і патентовласник Львів. нац. аграр. ун-т. – № 69033; заявл. 12.07.2011; опубл. 25.04.2012, Бюл. №8.

18. Пат. на корисну модель u2011 08770 МПК E04C 5/02(2006.01). Сталобетонний елемент / Добрянський І. М., Шмиг Р. А., Бурчєня С. П.; заявник і патентовласник Львів. нац. аграр. ун-т. – № 69034; заявл. 12.07.2011; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8.

19. Пат. на корисну модель u2011 08771 МПК E04C 5/02(2006.01). Сталобетонний елемент / Добрянський І. М., Шмиг Р. А., Бурчєня С. П.; заявник і патентовласник Львів. нац. аграр. ун-т. – № 69035; заявл. 12.07.2011; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8.

**Шмиг Р., Добрянський І., Бурчєня С., Нікіфоряк С.  
Обґрунтування доцільності застосування сталевих просічно-втяжного  
листа як робочої арматури у залізобетонних балкових конструкціях**

Просічно-втяжний лист через свою унікальну форму бічної поверхні дає змогу забезпечити надійний контакт із бетонним перерізом. Проведені нами експериментально-теоретичні дослідження залізобетонних балок із таким зовнішнім армуванням підтвердили надійну роботу сталевих просічно-втяжного листа у балковій конструкції, що дає підстави говорити про можливість його застосування без використання додаткових об'єднувальних елементів.

**Ключові слова:** лист сталевий просічно-втяжний, залізобетон, балка.

**Shmyg R., Dobryanskyi I., Burchenya S., Nikiforyak S. Explanation of suitability using of the punched and draivn steel sheet as working armature in the reinforced concrete beam constructions**

Punched and draivn steel sheet due to its unique shape of the lateral surface ensures reliable contact with the concrete section. The results of our experimental and theoretical study of the reinforced concrete beams with the external reinforcement proved reliable performance of punched and draivn steel sheet in the beam structure, which allows us to affirm the possibility of its use without additional unifying elements.

**Key words:** punched and draivn steel sheet, steel concrete, beam.

**Шмиг Р., Добрянский И., Бурченя С., Никифоряк С. Обоснование целесообразности применения стального просечно-вытяжного листа в качестве рабочей арматуры в железобетонных балочных конструкциях**

Просечно-вытяжной лист, благодаря уникальной форме боковой поверхности, позволяет обеспечить надежный контакт с бетонным сечением. Проведенные нами экспериментально-теоретические исследования железобетонных балок с таким внешним армированием подтвердили надежную работу стального просечно-вытяжного листа в балочной конструкции, что позволяет нам говорить о возможности его применения без использования дополнительных объединительных элементов.

**Ключевые слова:** лист стальной просечно-вытяжной, железобетон, балка.