

УДК 624.012.2

*С.П. Бурченя, ст. викладач  
І.М. Добрянський, д.т.н., професор  
Р.А. Шмиг, к.т.н., доцент  
Львівський національний аграрний університет*

## **РОБОТА СТАЛЕБЕТОННИХ БАЛОК, АРМОВАНИХ ПРОСІЧНО-ВИТЯЖНИМ ЛИСТОМ, ПІД НАВАНТАЖЕННЯМ**

*Розглянуто роботу сталобетонних балок, армованих просічно-витяжним листом, під навантаженням та подано експериментальні дані досліджень таких елементів.*

**Ключові слова:** сталобетонна балка, просічно-витяжний лист, деформації, несуча здатність, момент тріщиноутворення.

УДК 624.012.2

*С.П. Бурченя, ст. преподаватель  
И.М. Добрянский, д.т.н., профессор  
Р.А. Шмыг, к.т.н., доцент  
Львовский национальный аграрный университет*

## **РАБОТА СТАЛЕБЕТОННЫХ БАЛОК, АРМИРОВАННЫХ ПРОСЕЧНО-ВЫТЯЖНЫМ ЛИСТОМ, ПОД НАГРУЗКОЙ**

*Рассмотрена работа сталобетонных балок, армированных просечно-вытяжным листом, под нагрузкой, и представлены экспериментальные данные исследований, таких элементов.*

**Ключевые слова:** сталобетонная балка, просечно-вытяжной лист, деформации, несущая способность, момент трещинообразования.

UDC 624.012.2

*S.P. Burchenia, senior teacher  
I.M. Dobrianskyi, ScD, Professor  
R.A. Shmyh, PhD, Assistant Professor  
Lviv National Agrarian University*

## **WORK OF STEEL CONCRETE BEAMS REINFORCED BY CUT AND STRETCHED SHEET UNDER LOADING**

*The article deals with some work of steel concrete beams reinforced by cut and stretched sheet under loading and experimental data of such elements are suggested.*

**Keywords:** steel concrete beams, cut and stretched sheet, deformation, carrying capacity, moment of crack formation.

**Вступ.** Одним із нових напрямів зниження собівартості будівельних виробів і конструкцій, зокрема в сталобетонних конструкціях, є використання просічно-витяжного листа в ролі арматурного осереддя таких конструкцій.

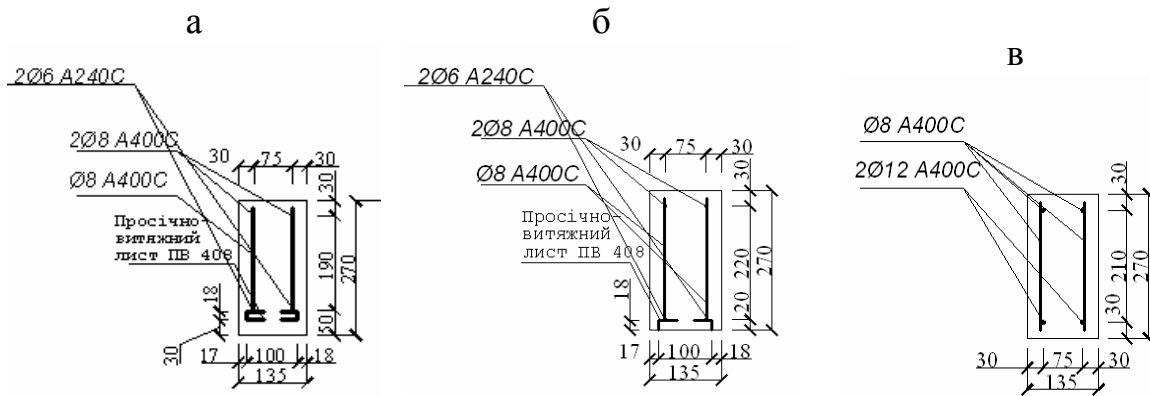
Просічно-витяжний лист виготовляється зі звичайного металевого листа методом просічення з його подальшою витяжкою. Така обробка металу дозволяє зменшити вагу листа, але зберегти необхідні показники міцності й жорсткості. У середньому просічно-витяжний лист є на 80% легшим, ніж суцільний лист металу аналогічних розмірів і товщини. Для зниження можливих деформацій листа його додатково прокатують через пресувальні валки, при цьому зникає фактурність сітки, метал стає плоскішим, проте зростає стійкість до деформацій.

**Огляд останніх джерел досліджень і публікацій.** Питанню використання виштампованої стрічки як робочої арматури в згинаних залізобетонних елементах присвячені дослідження Д.В. Талантова. Наведені автором результати експериментально-теоретичних досліджень міцності нормальних перерізів, армованих виштампованою стрічкою, свідчать про перспективність такого армування [7]. Автор детально описав особливість деформування на всіх стадіях роботи дослідних зразків, особливості сумісної роботи висічки і бетону. М.М. Губій запропонував використовувати просічно-витяжний лист як армувальний елемент у кам'яних конструкціях [1].

**Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми.** Питання використання просічно-витяжного листа як робочого армування в сталобетонних конструкціях до сьогоднішнього дня не досліджувалося. Такий вид армування дозволяє без додаткових об'єднувальних елементів досягти надійного зчеплення робочої арматури з бетоном та досягти значної економії металу і тим самим здешевити такий вид сталобетонних конструкцій порівняно з традиційним стрижневим армуванням [2–5].

**Постановка завдання.** У процесі здійснення експерименту необхідно: вивчити роботу сталобетонних балок, армованих просічно-витяжним листом, під навантаженням; дослідити несучу здатність, момент тріщиноутворення та деформативність таких елементів.

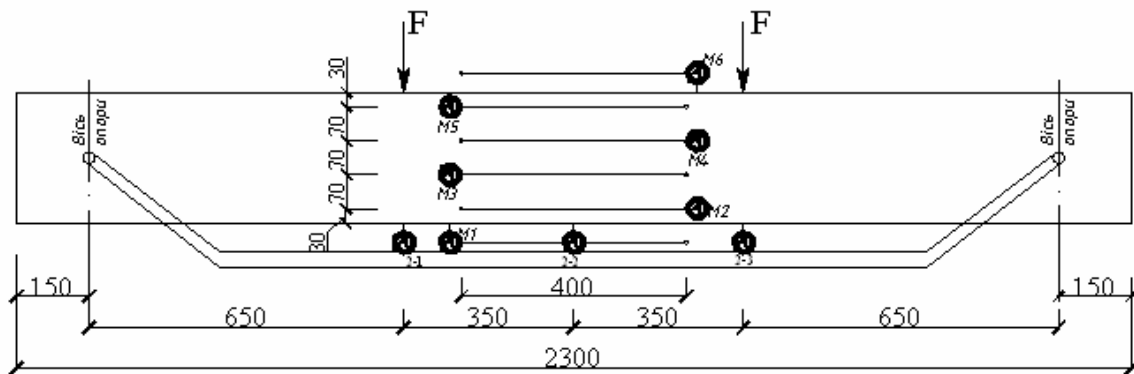
**Основний матеріал і результати.** Для вивчення роботи балок, армованих просічно-витяжним листом, було виготовлено дослідні зразки з бетону класу С35/45, робоче армування яких виконано з просічно-витяжного листа із захисним шаром бетону Б-II-1, Б-II-1\* (рис. 1, а) та без захисного шару Б-II-2, Б-II-2\* (рис. 1, б), і звичайні залізобетонні, армовані стрижневою арматурою Б-II-3, Б-II-3\* (рис. 1, в), перерізом 135×270 мм, загальною довжиною 2300 мм і розрахунковим прольотом 2000 мм, (балки зі знаком \* – балки-аналоги), детально див. роботу [6].



**Рис. 1. Поперечний переріз дослідних зразків:**  
**а) Б-II-1, Б-II-1\*;** **б) Б-II-2, Б-II-2\*;** **в) Б-II-3, Б-II-3\***

Балкові зразки досліджували на згин на стенді, де завантаження виконували двома зосередженими силами, прикладеними на верхній грані балкового зразка (рис. 2, 3). Балки спиралися на дві опори: рухому і нерухому. Навантаження створювали гідравлічним домкратом потужністю 50 тс і прикладали ступенями  $F = 0,05 \dots 0,1 F_{\max}$  з перервою між ними 25 – 30 хв. Величину прикладених навантажень контролювали манометром насосної станції та кільцевими динамометрами, встановленими на опорах.

Схему розміщення вимірювальних приладів на дослідних балкових зразках показано на рис. 2.



**Рис. 2. Схема розміщення вимірювальних приладів на дослідних балкових зразках:**

**M1-M6 – мікроіндикатори годинникового типу (ціна поділки 0,001 мм);**  
**I-1, I-2, I-3 – індикатори годинникового типу (ціна поділки 0,01 мм).**

У процесі дослідження визначали:

- деформації бетону стиснутої зони;
- деформації бетону розтягнутої зони;
- деформації розтягнутої арматури;
- прогини балки в середині прольоту та у місцях прикладання сил;
- момент тріщиноутворення;
- кількість і ширину розкриття нормальних тріщин.



**Рис. 3. Загальний вигляд стенда для випробувань дослідного зразка**

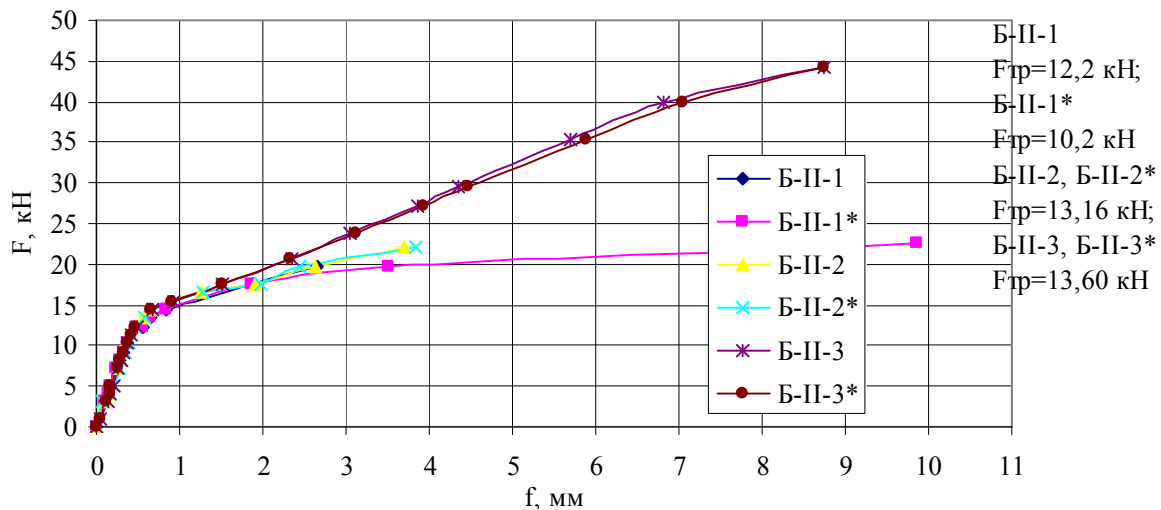
Величину зусилля, що відповідає утворенню й розвитку тріщин у дослідних балкових зразках, визначали як за показаннями індикаторів та мікроіндикаторів, так і за допомогою перелому графіків прогинів (рис. 4), а їх ширину розкриття визначали за допомогою мірного мікроскопа МПБ-2М.

Перші тріщини в усіх дослідних зразках утворилися в зоні чистого згину. У зв'язку з тим, що припорні ділянки дослідних зразків були свідомо переармовані, похилі тріщини в зоні дії поперечних сил не утворювались, і це дало змогу ефективно дослідити деформації нормальних перерізів дослідних зразків.

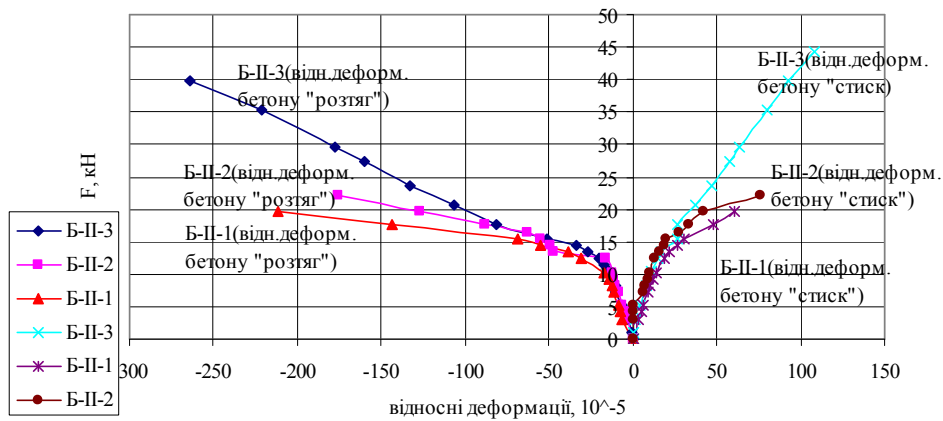
Для балок Б-II-1, Б-II-1\* та Б-II-2, Б-II-2\* утворення тріщин відбувалося при навантаженні 0,4 – 0,5 від руйнівного, а для Б-II-3, Б-II-3\* – при 0,27 від руйнівного навантаження. Розвиток нормальних тріщин по висоті практично припинявся при навантаженні 0,72 – 0,8 від руйнівного, а розкриття тріщин тривало аж до руйнування балок. За експлуатаційних рівнів завантаження при 0,7Мтах максимальна ширина розкриття тріщин становила 0,11 – 0,26 мм.

Прогини  $f$  в процесі експерименту фіксували на кожному етапі завантаження. Як видно з рис. 4, на початкових етапах завантаження прогини практично однакові для всіх дослідних балкових зразків. При збільшенні навантаження до моменту тріщиноутворення прогини дослідних зразків різняться незначно. Надалі прогини збільшуються залежно від армування дослідних зразків.

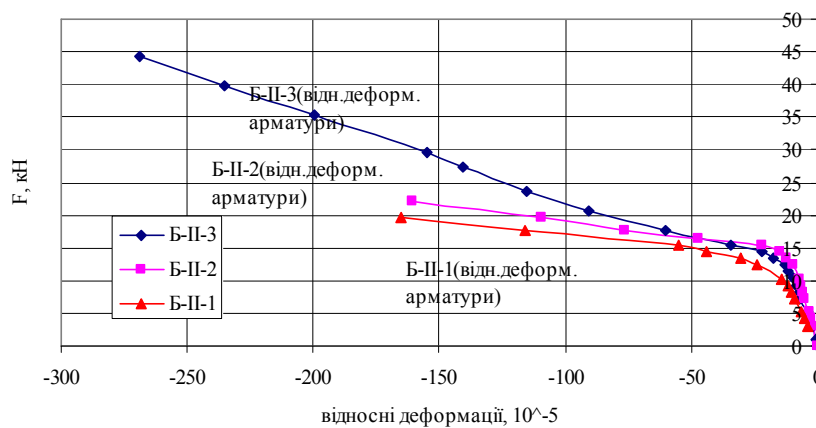
Результати виконаних експериментальних досліджень наведено на рис. 4, 5 та табл.1.



**Рис. 4. Експериментальні прогини дослідних зразків**



**а)**



**б)**

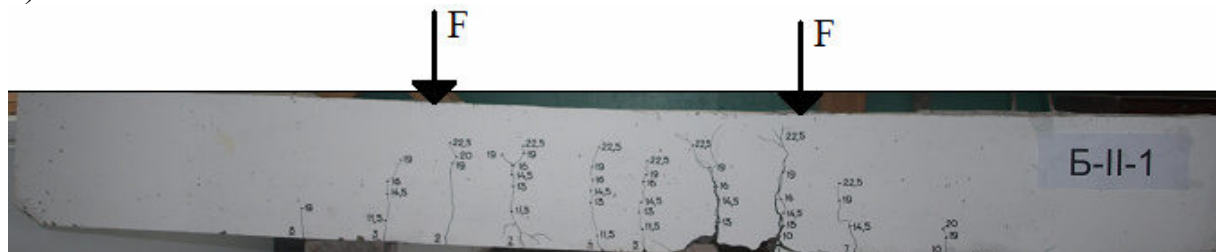
**Рис. 5. Експериментальні відносні деформації дослідних зразків:**  
**а) залежність відносних деформацій у бетоні (розтяг і стиск)**  
**від рівня завантаження;**  
**б) залежність відносних деформацій в арматурі**  
**від рівня завантаження**

**Таблиця 1. Результати експериментальних досліджень**

Шифр балки	Відносні деформації $\varepsilon \times 10^{-5}$ при $M = 0,7M_{руй}$			Прогини $f^{екс}$ при $M = 0,7M_{руй}$ мм	Момент тріщиноутворення, кНм	Ширина розкриття тріщин при $M = 0,7M_{руй}$ , мм	Руйнівне навантаження, кНм	Характер руйнування
	$\varepsilon^{exp}_{с(1)}$	$\varepsilon^{exp}_s$	$\varepsilon^{exp}_{с(2)}$					
Б-II-1	46,50	-106,30	-139,6	1,89	7,93	0,12	15,27	Роздроблення стиснутої зони бетону
Б-II-1*	45,50	-96,84	-135,20	1,87	6,65	0,10	15,40	
Б-II-2	35,45	-76,50	-100,20	1,90	8,45	0,11	16,90	
Б-II-2*	33,40	-79,00	-88,00	1,95	8,55	0,10	16,78	
Б-II-3	79,74	-199,5	-221,60	5,88	8,85	0,26	32,17	
Б-II-3*	90,54	-168,00	-219,25	5,69	8,85	0,25	31,85	

Руйнування балок мало пластичний характер і відбулося в результаті роздроблення стиснутої зони бетону над домінуючою нормальною тріщиною (рис. 6 – 8).

а)



б)



**Рис. 6. Характер утворення тріщин та руйнування у дослідних зразках:  
а) Б-II-1; б) Б-II-1\***

a)



б)



**Рис. 7. Характер утворення тріщин та руйнування у дослідних зразках:  
а) Б-II-2; б) Б-II-2\***

a)



б)



**Рис. 8. Характер утворення тріщин та руйнування у дослідних зразках:  
а) Б-II-3; б) Б-II-3\***



## **Висновки.**

1. Згідно з виконаними експериментальними дослідженнями зразки, армовані просічно-витяжним листом, мають меншу несучу здатність, ніж звичайні залізобетонні, армовані стрижневою арматурою, проте деформативність є значно нижчою в них за експлуатаційних рівнів завантаження.

2. Момент тріщиноутворення у дослідних балкових зразках, армованих просічно-витяжним листом, є вищим, ніж у звичайних залізобетонних.

3. Прогини дослідних балкових зразків за експлуатаційних рівнів завантаження не перевищують гранично допустимого прогину, який приймається таким, що дорівнює  $1/250$  прогону балки – 8 мм.

## *Література*

1. Губій, М.М. Розрахунок міцності центрально-стиснутих кам'яних елементів армованих сітками та просічно-витяжним листом / М. М. Губій // Будівельні конструкції. міжвідом. наук.-техн. зб. – К. : НДІБК, 2008. – Вип. 70. – С.299-305.
2. Патент на корисну модель, *u2011 08768 МПК Е04С 5/02(2006.01) Армований сталебетонний елемент* / Бурченя С.П. ; заявн. і патентовласник Львівський нац. аграрн. унів. – № 69033, заявл. 12.07.2011 ; опубл. 25.04.2012. Бюл. №8.
3. Патент на корисну модель *u2011 08752 МПК Е04С 5/02(2006.01) Армований сталебетонний елемент*/ Добрянський І.М., Шмиг Р.А., Бурченя С.П.; заявн. і патентовласник Львівський нац. аграр. ун-т. – № 69028, заявл. 12.07.2011 ; опубл. 25.04.2012. Бюл. № 8.
4. Патент на корисну модель *u2011 08753 МПК Е04С 5/02(2006.01) Армований сталебетонний елемент*/ Добрянський І.М., Шмиг Р.А., Бурченя С.П.; заявн. і патентовласник Львівський нац. аграр. ун-т. – № 69029, заявл. 12.07.2011; опубл. 25.04.2012. Бюл. № 8.
5. Патент на корисну модель, *u2011 08755 МПК Е04С 5/02(2006.01) Армований сталебетонний елемент*/ Добрянський І.М., Шмиг Р.А., Бурченя С.П.; заявн. і патентовласник Львівський нац. аграр. ун-т. – № 69030, заявл. 12.07.2011; опубл. 25.04.2012. Бюл. № 8.
6. Сталебетонні балкові елементи з робочим армуванням у вигляді просічно-витяжного листа: методика випробування та дослідження/ І. Добрянський, С. Бурченя, І. Шмиг // Теоретичні і практичні аспекти розвитку агропромислового виробництва та сільських територій: матер. Міжнар. наук.-практ. форуму, 21 – 24 вер. 2011 р. – Львів, 2011. – С. 438 – 444.
7. Талантов, Д.В. Прочность, жесткость и трещиностойкость изгибаемых железобетонных элементов, армированных высежкой: дис. ... кандидата техн. наук: 05.23.01 / Талантов Дмитрий Владимирович. – Санкт-Петербург, 2005. – 140 с.

*Надійшла до редакції 16.10.2013*

*© С.П. Бурченя, І. М. Добрянський, Р.А. Шмиг*