



## ВПЛИВ ЗАХИСНОГО ШАРУ БЕТОНУ НА ТРІЩИНОСТІЙКІСТЬ, ДЕФОРМАТИВНІСТЬ ТА НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК, АРМОВАНИХ ПРОСІЧНО-ВИТЯЖНИМ ЛИСТОМ

С. П. Бурченя<sup>1</sup>, І. М. Добрянський<sup>2</sup>, Р. А. Шмиг<sup>3</sup>

*Львівський національний аграрний університет,*

*1, вул. Володимира Великого, м. Дубляни, Жовківський р-н., Львівська обл., Україна, 80381.*

*E-mail: <sup>1</sup>Nedostup@i.ua, <sup>2</sup>ivandobryanskyu@ukr.net, <sup>3</sup>Shmyh@ukr.net*

*Отримана 25 березня 2014; прийнята 25 квітня 2014.*

**Анотація.** Для виготовлення залізобетонних балкових конструкцій із зовнішнім листовим (стрічковим) армуванням використовують, як правило, бетон, стрижневу гладку та рифлену арматуру, листову гладку та рифлену сталь, профільований настил. Проте дослідники залишили поза увагою один досить цікавий, на нашу думку, вид листової арматури – просічно-витяжний лист. За рахунок оригінальної геометричної форми бічної поверхні й хороших міцнісних характеристик ПВЛ також можна використати як робочу зовнішню арматуру у залізобетонних конструкціях. Такий вид армування забезпечує хороше зчеплення із залізобетонною частиною елемента без застосування додаткових з'єднувальних елементів, міцність конструкції, монолітність армування та бетонної частини елемента й зменшує деформативність розтягнутої зони бетону. У статті наведено результати експериментальних досліджень залізобетонних балкових зразків, армованих сталевим просічно-витяжним листом. Експериментально виявлено, як впливає наявність чи відсутність захисного шару бетону на тріщиностійкість, деформативність і несучу здатність.

**Ключові слова:** сталобетонна балка, тріщиностійкість, ширина розкриття тріщини, просічно-витяжний лист.

## ВЛИЯНИЕ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА НА ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ, ДЕФОРМАТИВНОСТЬ И НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК, АРМИРОВАННЫХ ПРОСЕЧНО-ВЫТЯЖНЫМ ЛИСТОМ

С. П. Бурченя<sup>1</sup>, И. М. Добрянский<sup>2</sup>, Р. А. Шмыг<sup>3</sup>

*Львовский национальный аграрный университет,*

*1, ул. Владимира Великого, г. Дубляны, Жолковский р-н., Львовская обл., Украина, 80381.*

*E-mail: <sup>1</sup>Nedostup@i.ua, <sup>2</sup>ivandobryanskyu@ukr.net, <sup>3</sup>Shmyh@ukr.net*

*Получена 25 марта 2014; принята 25 апреля 2014.*

**Аннотация.** Для изготовления железобетонных балочных конструкций с внешним листовым (ленточным) армированием используют, как правило, бетон, стержневую гладкую и рифленую арматуру, листовую гладкую и рифленую сталь, профилированный настил. Однако исследователи оставили без внимания один довольно интересный, по нашему мнению, вид листовой арматуры – просечно-вытяжной лист. За счет оригинальной геометрической формы боковой поверхности и хороших прочностных характеристик ПВЛ можно использовать как рабочую внешнюю арматуру в железобетонных конструкциях. Такой вид армирования обеспечивает хорошее сцепление с железобетонной частью элемента без применения дополнительных объединительных элементов, прочность конструкции, монолитность армирования и бетонной части элемента и уменьшает деформативность растянутой зоны бетона. В статье приведены результаты экспериментальных исследований железобетонных балочных образцов,

армированных стальным просечно-вытяжным листом. Экспериментально обнаружено, как влияет наличие или отсутствие защитного слоя бетона на трещиностойкость, деформативность и несущую способность.

**Ключевые слова:** сталебетонная балка, трещиностойкость, ширина раскрытия трещины, просечно-вытяжной лист.

## INFLUENCE OF COVERING CONCRETE LAYER ON CRACK RESISTANCE STRESS-STRAIN BEHAVIOR AND BEARING CAPACITY OF CONCRETE BEAMS REINFORCED BY CUT-STRETCHING SHEET

Sofiya Burchenya<sup>1</sup>, Ivan Dobrianskyi<sup>2</sup>, Roman Shmyh<sup>3</sup>

*Lviv National Agrarian University,*

*1, Vladimir the Great Str., Dubliany, Zhovkivsky district, Lviv Region, Ukraine, 80381.*

*E-mail: <sup>1</sup> Nedostup@i.ua, <sup>2</sup> ivandobryanskyi@ukr.net, <sup>3</sup> Shmyh@ukr.net*

*Received 25 March 2014; accepted 25 April 2014.*

**Abstract.** Concrete, smooth and fluted corrugated bar reinforcement, flat and fluted sheet steel, shaped roof deck are used, as a rule, for prefabricating reinforced concrete beam structures with external sheet (ribbon) reinforcing. However the scientists passed by the rather interesting type of sheet reinforcement called cut-stretching sheet. Due to its particular geometrical shape of lateral surface and strength features cut-stretching sheet can also be used as external reinforcement in reinforced concrete structures. Good adhesion between concrete and steel without using additional connecting items and strength of structure are provided by this type of reinforcement. It also decreases stress-strain behavior of concrete tension zone and solidity of reinforced concrete. The experimental results of researching of reinforced concrete beam specimen reinforced by cut-stretching sheet are provided in the article. The influence of available or unavailable covering concrete layer on crack resistance, stress-strain behavior and bearing capacity has been found out.

**Keywords:** steel concrete beam, crack resistance, crack opening displacement width, cut-stretching sheet.

### Постановка проблеми

Залізобетонні конструкції із листовою арматурою широко використовуються у промисловому, цивільному та сільськогосподарському будівництві [1–3; 6; 8–9; 20].

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 забезпечити 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 огороження, 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 і 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, профільований настил. Проте дослідники залишили поза увагою один досить цікавий, на нашу думку, вид листової арматури – просічно-витяжний лист (ПВЛ) (рис. 1). За рахунок оригінальної геометричної форми бічної поверхні й добрих міцнісних характеристик ПВЛ також можна використати як робочу зовнішню арматуру у залізобетонних конструкціях \* [4]. Такий вид армування забезпечує добре зчеплення із залізобетонною частиною елемента без застосування додаткових з'єднувальних елементів, міцність конструкції, монолітність армування та бетонної частини еле-

мента й зменшує деформативність розтягнутої зони бетону [10–19]. Тому дослідження сталевобетонних елементів, армованих ПВЛ, мають важливе теоретичне та практичне значення і є альтернативою до традиційних способів армування сталевобетонних конструкцій.

#### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Розробкою й дослідженням сталевобетонних конструкцій займалися колективи НУ «Львівська політехніка», Львівського національного аграрного університету, Криворізького технічного університету, Української державної академії залізничного транспорту, Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка, Державного науково-дослідного інституту будівельних конструкцій Державного комітету України з будівництва і архітектури, Харківського державного технічного університету будівництва і архітектури на чолі з такими видатними науковцями України, як Ф. Є. Клименко, О. В. Семко, Л. І. Стороженко, В. І. Єфименко, Е. Д. Чихладзе, О. Л. Шагін та ін.

За результатами численних експериментальних досліджень встановлено основні чинники, які впливають на утворення, ширину розкриття

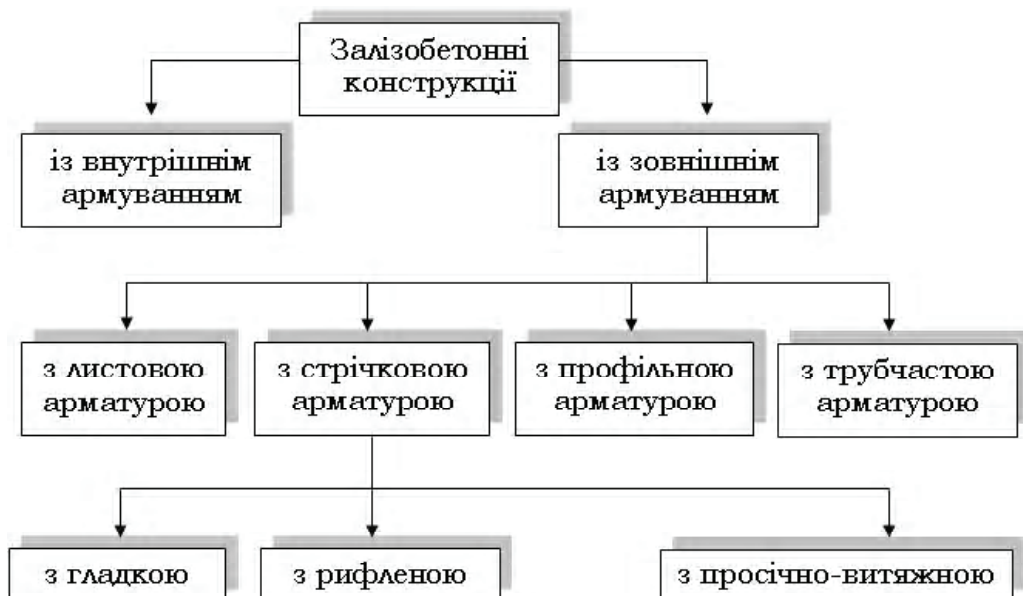


Рисунок 1. Класифікація залізобетонних конструкцій із зовнішнім армуванням.

\* Ідея застосування сталевобетонного просічно-витяжного листа як робочої арматури у конструкціях із зовнішнім листовим армуванням належить д.т.н., Почесному професору Національного університету «Львівська політехніка» Ф. Є. Клименку, автору сталевобетонних конструкцій, засновнику наукової школи сталевобетону в Україні.

й ріст тріщин – напруження в розтягнутій арматурі, діаметр арматури, відсоток армування перерізу, товщина захисного шару бетону, характер поверхні арматури, тривалість прикладення навантаження [7].

Питаннями тріщиностійкості залізобетонних конструкцій займалися провідні науковці, а саме: О. О. Гвоздєв, Ю. П. Гуца, С. А. Дмитрієв, Г. Р. Бідний, О. Я. Берг, А. С. Залєсов, Я. М. Немировський, В. І. Мурашев, Є. М. Бабич та ін.

### Постановка завдання

Метою нашого експериментального дослідження є виявлення впливу розміщення ПВЛ (наявність чи відсутність захисного шару) на несучу здатність, деформативність, момент утворення, ширину розкриття й ріст тріщин у залізобетонних балках, армованих ПВЛ.

### Виклад основного матеріалу

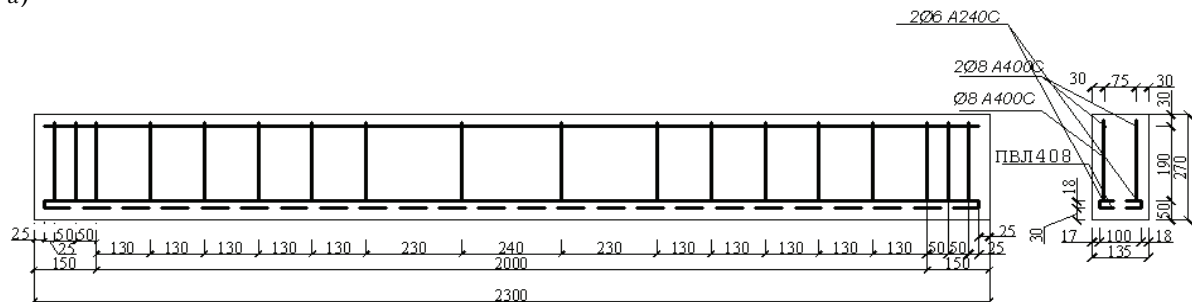
Для дослідження впливу розміщення ПВЛ на несучу здатність, момент утворення, ширину розкриття й росту тріщин у сталобетонних балкових елементах було випробувано 15 зразків прямокутного перерізу, з яких в одному дослідному зразку – балковому зразку Б-III-1 – робо-

че армування виконане з просічно-витяжного листа, розміщеного із захисним шаром бетону та арматури  $2\varnothing 6$  мм класу А240С (рис. 2а); Б-III-2 – просічно-витяжного листа розміщеного без захисного шару й стрижневої арматури  $2\varnothing 6$  мм класу А240С (рис. 2б). Конструкції дослідних зразків показано на рис. 2.

Обидва зразки виготовляли з бетону класу С40/50. Дослідні зразки виготовляли перерізом  $135 \times 270$  мм, довжиною 2 300 мм, розрахунковий проліт всіх балок становив 2 000 мм. Витрати матеріалів на  $1 \text{ м}^3$  бетону були розраховані за рецептами ТзОВ ВП «Галтрансрембуду»: цементу – 490 кг, щебеню – 1 250 кг, піску – 630 кг, води – 215 л.

Перед початком експериментальних досліджень балкових зразків на згин визначали фізико-механічні властивості бетонів і сталей: кубова міцність  $f_{ck,cube} = 42,4$  МПа; розрахункове значення міцності бетону на стиск у віці 28 діб (призмва міцність)  $f_{ck} = 36$  МПа; розрахункове значення міцності бетону на осьовий розтяг  $f_{ctk} = 2,82$  МПа; модуль пружності  $E_{ck} = 36 499$  МПа. Результати визначення характеристик сталі: розрахункове значення опору просічно-витяжного листа  $f_{yk} = 271$  МПа, модуль пружності  $E_s = 1,9 \times 10^5$  МПа; розрахункове значення опору арматури  $\varnothing 6$  мм

а)



б)

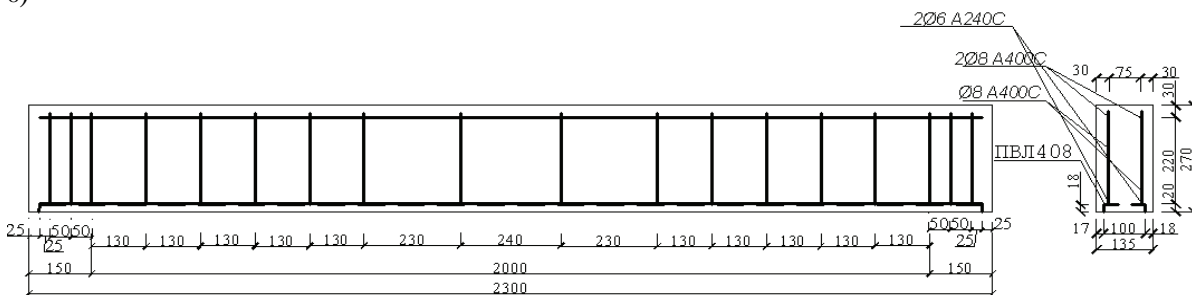
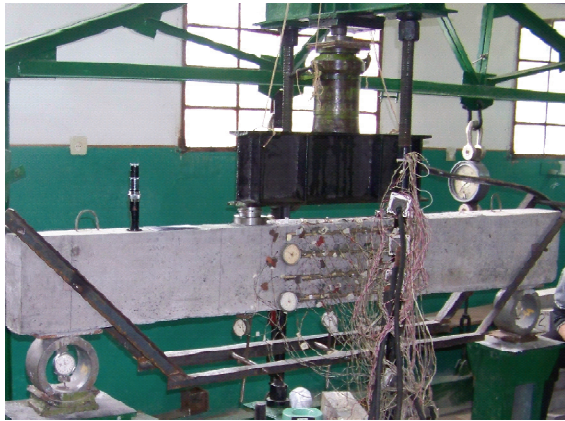


Рисунок 2. Конструкції дослідних зразків: а) Б-III-1; б) Б-III-2.

класу А240С  $f_{yk} = 316$  МПа, модуль пружності  $E_s = 2,1 \times 10^5$  МПа.

Дослідження балкових зразків на згин проводили на стенді, де завантаження виконували двома зосередженими силами, прикладеними на верхній грані балкового зразка (рис. 3).



**Рисунок 3.** Загальний вигляд стенда, на якому проводилось випробування дослідних зразків.

Балки спирали 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 завантаженнями 25–30 хв. Прикладені навантаження контролювали зразковим манометром насосної станції та кільцевими динамометрами. У місцях прикладення зосередженої сили та дії опорних реакцій використовували масивні металеві деталі, які вкладали на шар цементно-піщаного розчину. Балку і домкрат на стенді ретельно виставляли у вертикальному напрямі. Їх положення фіксували незначним привантаженням, яке витримували до повного твердіння розчину під металевими опорними деталями. Детальне виставлення балок дало змогу практично повністю усунути будь-яке відхилення балкового зразка від вертикалі в процесі завантаження і руйнування. Така операція є важливою для отримання достовірних експериментальних даних.

Безпосередньо перед дослідженням на бокову бетонну поверхню балкового зразка наклеювали тензодатчики з базою виміру 50 мм. Поверхню попередньо шліфували, детально очищали від бруду і знежирювали ацетоном. Тензодатчики наклеювали на боковій поверхні балки у зоні чистого згину вздовж стрічкової арматури

та через 70 см за висотою балки, а також на верхній і нижній гранях балки за допомогою клею Ціакрин. Протилежну бокову поверхню балкового зразка фарбували водоемульсійною фарбою для чіткого фіксування процесу утворення, розкриття й розвитку тріщин.

Крім того, на рівні рядів тензодатчиків наклеювали кронштейни, до яких кріпили мікроіндикатори годинникового типу з ціною поділки 0,001 мм, що вимірювали деформації в арматурі та бетоні.

Зусилля, яке відповідає утворенню та розвитку тріщин у дослідних балкових зразках, визначали за показами індикаторів (рис. 6) і мікроіндикаторів, а їх ширину розкриття – за допомогою мірного мікроскопа МПБ-2М.

Прогини балок вимірювали за допомогою індикаторів годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм. Індикатори встановлювали посередині балки та на осі прикладення зовнішніх сил. У процесі завантаження балкового зразка після кожного ступеня занотовували покази тензодатчиків за допомогою автоматичного електронного вимірювача деформацій АИД-4, що фіксував деформації бетону. Розвиток і ступінь деформації відстежували також за допомогою мікроіндикаторів, які кріпили до поверхні балкового зразка [5].

Водночас обстежували бокову поверхню балки і фіксували появу та розвиток (ріст і ширину розкриття) тріщин у бетоні. Розвиток і розкриття тріщин спостерігали за допомогою мірного мікроскопа МПБ-2М.

## Результати досліджень

### Момент утворення тріщин

Першу нормальну тріщину у дослідному зразку Б-ІІІ-1 було зафіксовано за навантаження  $F_{a,cr} = 10,3$  кН, у зразку Б-ІІІ-2 – за навантаження  $F_{a,cr} = 13,42$  кН.

Розміщення ПВЛ на нижній грані бетонного перерізу без влаштування захисного шару бетону призвело до збільшення моменту утворення нормальних тріщин на 23,24 %, або в 1,3 раза. Це можна пояснити особливою геометричною формою поверхні ПВЛ, яка формує достатньо складний об'ємний напружено-деформований стан, що виникає у комірках ПВЛ, заповнених бетоном.

У процесі завантаження дослідних зразків ПВЛ, з одного боку, вздовж комірок працює на розтяг, а з іншого – впоперек комірок – на стиск. Ці стискальні зусилля певним чином перешкоджають ранньому утворенню й розвитку перших нормальних тріщин у бетоні.

*Ширина розкриття й ріст тріщин*

Характер утворення, розвиток ширини розкриття й висоти тріщин у дослідних зразках Б-III-1 та Б-III-2 показано на рис. 4.

За результатами отриманих експериментальних даних можна стверджувати: наявність

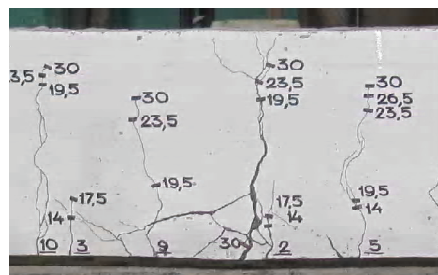
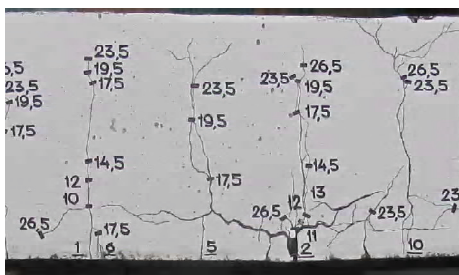
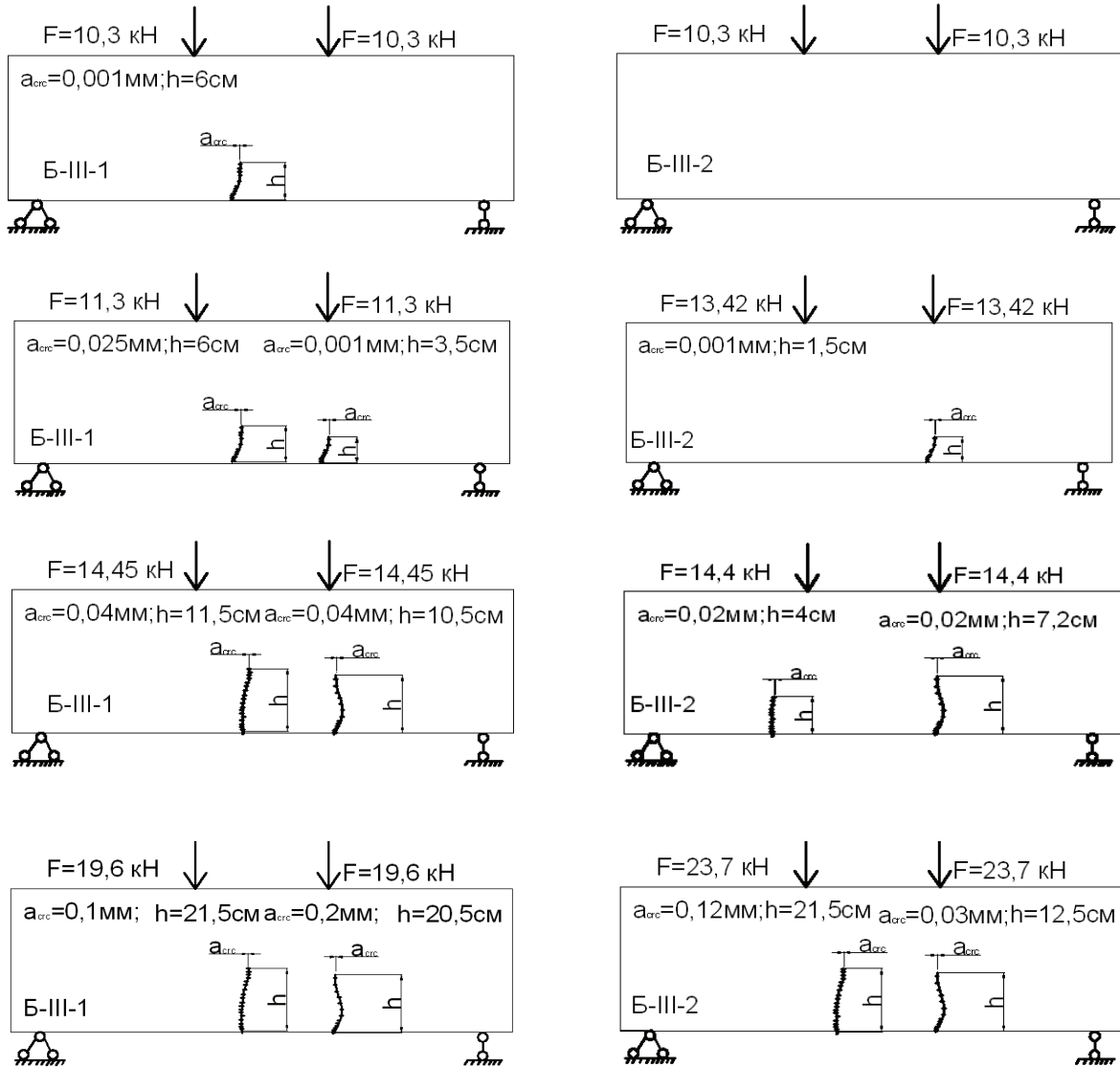


Рисунок 4. Характер утворення й розвитку першої і домінуючої тріщин.

чи відсутність захисного шару бетону не впливає на крок між тріщинами, їх утворення, ріст і ширину розкриття. На ділянці завантаження від 0 до  $0,4F_{руй}$  перші нормальні тріщини виникають у дослідному зразку із захисним шаром, проте на ділянці від  $0,4F_{руй}$  до  $F_{руй}$  вони в обох дослідних зразках стають майже однаковими як за місцем утворення, віддалю між тріщинами, так і за висотою й шириною розкриття.

У дослідному зразку Б-III-1 висота максимальної тріщини за експлуатаційних рівнів завантаження сягнула 20,52 см (76 % загальної висоти дослідного зразка), для Б-III-2 висота тріщини піднялася до 21,6 см (80 % висоти дослідного зразка).

Зафіксована максимальна ширина розкриття тріщини у дослідному зразку Б-III-1 становила  $a_{сгс}^{екс} = 0,32$  мм за  $0,9F_{руй}$ , у дослідному зразку Б-III-2 –  $a = 0,2$  мм за  $0,94 F_{руй}$ .

### Прогини

Розвиток прогинів у дослідних зразках показано на рис. 5.

На ділянці завантаження від 0 до  $0,4 F_{руй}$  експериментальні значення величини прогинів у дослідних зразках Б-III-1 та Б-III-2 є однаковими (див. рис. 5).

На ділянці від  $0,4 F_{руй}$  до  $F_{руй}$  прогини у дослідному зразку Б-III-1 стають більшими в 1,15–1,60 раза від прогинів у дослідному зразку Б-III-2.

Зафіксовані експериментом максимальні значення прогинів для дослідного зразка Б-III-1 становили 4,28 мм, для дослідного зразка Б-III-2 – 4,94 мм.

### Несуча здатність

Дослідний зразок Б-III-1 (із захисним шаром бетону) був зруйнований за навантаження  $F_{руй} = 29,5$  кН, зразок Б-III-2 (без захисного шару бетону) – за навантаження  $F_{руй} = 31,25$  кН. Незначне зростання несучої здатності на 5,6 % (в 1,06 раза) у зразку Б-III-2 відбулося через збільшення внутрішнього плеча пари сил.

Руйнування дослідних балкових зразків, армованих ПВЛ, мало пластичний характер і відбулося в результаті розчавлення стиснутої зони бетону над домінуючою нормальною тріщиною (рис. 6).

### Висновки

Проведені експериментальні дослідження залізобетонних балкових зразків, армованих ПВЛ із захисним шаром бетону та без нього, показали таке:

- зовнішнє армування з використанням ПВЛ у сталевобетонних конструкціях є абсолютно надійним. У жодному із дослідних зразків не було порушено зчеплення з бетоном у контактному шарі, не відбулося обриву у вузлах ПВЛ;
- у зразках без захисного шару бетону момент утворення нормальних тріщин є вищим на 23,24 %, або в 1,3 раза;
- наявність чи відсутність захисного шару бетону не впливає на крок між тріщинами, їх утворення, ріст і ширину розкриття;
- у зразках без захисного шару бетону прогини є меншими в 1,15–1,60 раза від прогинів у дослідних зразках із захисним шаром бетону;

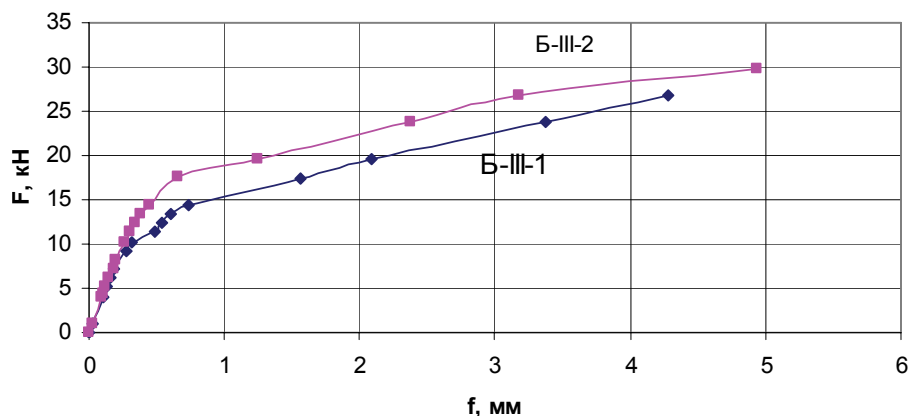


Рисунок 5. Експериментальні прогини дослідних зразків.

– у зразках без захисного шару бетону спостерігається незначне зростання несучої здатності

на 5,6 % (в 1,06 раза) через збільшення внутрішнього плеча пари сил.

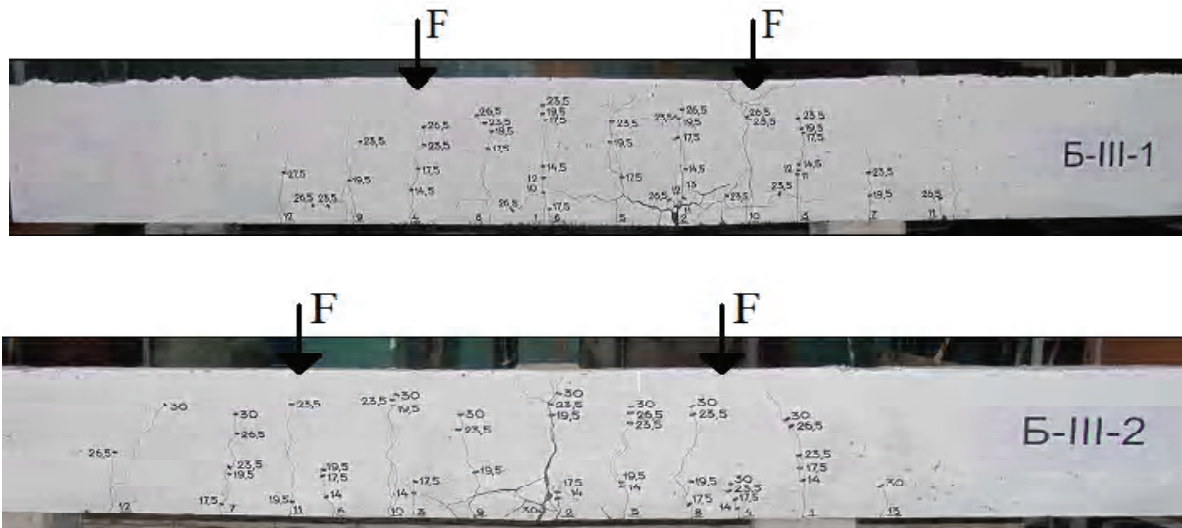


Рисунок 6. Характер руйнування дослідних зразків.

## Література

1. Барабаш, В. М. Розробка, дослідження та застосування нового виду стрічкової арматури періодичного профілю в сталобетонних конструкціях [Текст] / В. М. Барабаш, Ф. Є. Клименко // Проблеми теорії і практики залізобетону : Зб. наук. статей / Редкол.: О. Г. Онищенко (відп. ред.). – Полтава : ПДТУ, 1997. – С. 37–41.
2. Воронков, Р. В. Железобетонные конструкции с листовой арматурой [Текст] / Р. В. Воронков. – Л. : Стройиздат, Ленинград. отд-ние, 1975. – 144 с.
3. Граник, Ю. Г. Архитектурно–конструктивные особенности высотных зданий за рубежом [Електронний ресурс] / Ю. Г. Граник, А. А. Магай // Уникальные и специальные технологии в строительстве. – 2004. – № 1. – Режим доступа : <http://www.stroinauka.ru/d26dr4931m94rr4159.html>.
4. ГОСТ 8706-78. Листы стальные просечно-вытяжные. Технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 8706-58 ; срок действия установлен с 01.01.1980 г. до 01.01.1985 г. – М. : Изд-во стандартов, 1981. – 9 с.
5. Добрянський, І. Сталобетонні балкові елементи з робочим армуванням у вигляді просічно-витяжного листа: методика випробування та дослідження [Текст] / І. Добрянський, С. Бурченя, І. Шмиг // Теоретичні і практичні аспекти розвитку агропромислового виробництва та сільських територій : матеріали Міжнар. наук.-практ. форуму, 21–24 вер.

## References

1. Barabash, V. M.; Klymenko, F. E. Development, researches and usage of new kind band-like deformed steel bars in reinforced concrete constructions. In: *The problems of theory and practice of reinforced concrete: Collection of scientific articles / Editorial staff. O. G. Onishchenko (Associate Editor)*. Poltava: PDTU, 1997, p. 37–41. (in Ukrainian)
2. Voronkov, R. V. Reinforced concrete constructions, having rolled armature. Leningrad: Stroizdat, Leningrad department, 1975. 144 p. (in Russian)
3. Granik, Yu. G.; Magai, A. A. Architecturally design features of high-rise buildings abroad. In: *Uniquelly and special process in the construction industry, 2004, Number 1*. Accessed at: <http://www.stroinauka.ru/d26dr4931m94rr4159.html>. (in Russian)
4. GOST 8706-78. Punched and draivn steel sheet. Technical conditions. Moscow: Publishing house of standard, 1981. 9 p. (in Russian)
5. Dobrianskyi, I.; Burchenia, S.; Shmig, I. Reinforced concrete main beam elements with operant reinforcement in the form of dig extended sheeting. In: *Theory of operation and researches: theoretical and practical aspects of development of agro-industry and rural regions: materials of International researches and practice forum, the 21–24th of September, 2011*. Lviv: LNAU, 2011, p. 438–444. (in Ukrainian).
6. Klimenko, F. E. External strip reinforcing. Kyiv: Builder, 1984. 88 p. (in Russian)



- 2011 р. / Львівський національний аграрний університет. – Львів : ЛНАУ, 2011. – С. 438–444.
6. Клименко, Ф. Е. Сталебетонные конструкции с внешним полосовым армированием [Текст] / Ф. Е. Клименко. – К. : Будівельник, 1984. – 88 с.
  7. Предельные состояния элементов железобетонных конструкций [Текст] / НИИЖБ. – М. : Стройиздат, 1976. – 216 с.
  8. Семко, О. В. Імовірнісні аспекти розрахунку сталезалізобетонних конструкцій [Текст] / О. В. Семко. – К. : Сталь, 2004. – 320 с.
  9. Стороженко, Л. И. Сталежелезобетонные конструкции [Текст] / Л. И. Стороженко, А. В. Семко, В. И. Ефименко. – К. : Четверта хвиля, 1997. – 160 с.
  10. Пат. u2011 08765 Україна, МПК E04C 5/02(2006.01). Сталебетонний елемент [Текст] / Добрянський І. М., Шмиг Р. А., Бурчєня С. П.; заявн. і патентовласник Львів. нац. аграр. ун-т. – № 69032; заявл. 12.07.2011; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8. – 4 с.
  11. Пат. u2011 08752 Україна, МПК E04C 5/02(2006.01) Армований сталєбетонний елемент [Текст] / Добрянський І. М., Шмиг Р. А., Бурчєня С. П.; заявн. і патентовласник Львів. нац. аграр. ун-т. – № 69028; заявл. 12.07.2011; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8. – 4 с.
  12. Пат. u2011 08753 Україна, МПК E04C 5/02(2006.01) Армований сталєбетонний елемент [Текст] / Добрянський І. М., Шмиг Р. А., Бурчєня С. П.; заявн. і патентовласник Львів. нац. аграр. ун-т. – № 69029; заявл. 12.07.2011; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8. – 4 с.
  13. Пат. u2011 08755 Україна, МПК E04C 5/02(2006.01) Армований сталєбетонний елемент [Текст] / Добрянський І. М., Шмиг Р. А., Бурчєня С. П.; заявн. і патентовласник Львів. нац. аграрн. ун-т. – № 69030; заявл. 12.07.2011; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8. – 4 с.
  14. Пат. u2011 08768 Україна, МПК E04C 5/02(2006.01). Армований сталєбетонний елемент [Текст] / Бурчєня С. П.; заявн. і патентовласник Львів. нац. аграрн. ун-т. – № 69033; заявл. 12.07.2011; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8. – 4 с.
  15. Пат. u2011 08770 Україна, МПК E04C 5/02(2006.01). Сталебетонний елемент [Текст] / Добрянський І. М., Шмиг Р. А., Бурчєня С. П.; заявн. і патентовласник Львів. нац. аграрн. ун-т. – № 69034; заявл. 12.07.2011; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8. – 4 с.
  16. Пат. u2011 08771 Україна, МПК E04C 5/02(2006.01). Сталебетонний елемент [Текст] / Добрянський І. М., Шмиг Р. А., Бурчєня С. П.; заявн. і патентовласник Львів. нац. аграрн. ун-т. – № 69035; заявл. 12.07.2011; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8. – 4 с.
  17. Пат. u2012 13470 Україна, МПК E04C 5/02(2006.01). Сталебетонний елемент [Текст] / Бурчєня С. П., Мазурак А. В., Мурин А. Я.; заявн. і патентовласник Львів. нац. аграрн. ун-т. –
  7. Concrete and Reinforced Concrete Research Institute. Extrim limit state of elements of reinforced concrete constructions. Moscow: Stroiizdat, 1976. 216 p. (in Russian)
  8. Semko, O. V. Incredible aspects of analysis of reinforced concrete constructions. Kyiv: Steel, 2004. 320 p. (in Ukrainian)
  9. Storozhenko, L. I.; Semko, A. V.; Efimenko, V. I. Reinforced concrete constructions. Kyiv: The fourth wave, 1997. 160 p. (in Russian)
  10. Patent u2011 08765 Ukraine, МПК E04C 5/02(2006.01). Reinforced concrete element / Dobrianskyi, I. M.; Shmig, R. A.; Burchenia, S. P.; Informer and owner Lviv National Agrarian University. No. 69032; declaration 12.07.2011; published 25.04.2012, Bul. No. 8. 4 p. (in Ukrainian)
  11. Patent u2011 08752 Ukraine, МПК E04C 5/02(2006.01). Armour reinforced concrete element / Dobrianskyi, I. M.; Shmig, R. A.; Burchenia, S. P.; Informer and owner Lviv National Agrarian University. No. 69028; declaration 12.07.2011; published 25.04.2012, Bul. No. 8. 4 p. (in Ukrainian)
  12. Patent u2011 08753 Ukraine, МПК E04C 5/02(2006.01). Armour reinforced concrete element / Dobrianskyi, I. M.; Shmig, R. A.; Burchenia, S. P.; Informer and owner Lviv National Agrarian University. No. 69029; declaration 12.07.2011; published 25.04.2012, Bul. No. 8. 4 p. (in Ukrainian)
  13. Patent u2011 08755 Ukraine, МПК E04C 5/02(2006.01). Armour reinforced concrete element / Dobrianskyi, I. M.; Shmig, R. A.; Burchenia, S. P.; Informer and owner Lviv National Agrarian University. No. 69030; declaration 12.07.2011; published 25.04.2012, Bul. No. 8. 4 p. (in Ukrainian)
  14. Patent u2011 08768 Ukraine, МПК E04C 5/02(2006.01). Armour reinforced concrete element / Burchenia, S. P.; Informer and owner Lviv National Agrarian University. No. 69033; declaration 12.07.2011; published 25.04.2012, Bul. No. 8. 4 p. (in Ukrainian)
  15. Patent u2011 08770 Ukraine, МПК E04C 5/02(2006.01). Reinforced concrete element / Dobrianskyi, I. M.; Shmig, R. A.; Burchenia, S. P.; Informer and owner Lviv National Agrarian University. No. 69034; declaration 12.07.2011; published 25.04.2012, Bul. No. 8. 4 p. (in Ukrainian)
  16. Patent u2011 08771 Ukraine, МПК E04C 5/02(2006.01). Reinforced concrete element / Dobrianskyi, I. M.; Shmig, R. A.; Burchenia, S. P.; Informer and owner Lviv National Agrarian University. No. 69035; declaration 12.07.2011; published 25.04.2012, Bul. No. 8. 4 p. (in Ukrainian)
  17. Patent u2012 13470 Ukraine, МПК E04C 5/02(2006.01). Reinforced concrete element / Burchenia, S. P.; Mazurak, A. V.; Murin, A. Ya.; Informer and owner Lviv National Agrarian University. No. 79230; declaration 26.11.2012; published 10.04.2013, Bul. No. 7. 4 p. (in Ukrainian)
  18. Patent u2013 08844 Ukraine, МПК E04C 5/02(2006.01). Reinforced concrete element /

- № 79230 ; заявл. 26.11.2012 ; опубл. 10.04.2013, Бюл. № 7. – 4 с.
18. Пат. u2013 08844 Україна, МПК E04C 5/02(2006.01). Сталобетонний елемент [Текст] / Бурченя С. П., Барабаш В. М., Добрянський І. М., Шмиг Р. А. ; заявн. і патентовласник Львів. нац. аграрн. ун-т. – № 86794 ; заявл. 15.07.2013 ; опубл. 10.01.2014, Бюл. № 1. – 4 с.
19. Пат. u2013 08840 Україна, МПК E04C 5/02(2006.01). Сталобетонний елемент [Текст] / Бурченя С. П., Добрянський І. М., Шмиг Р. А. ; заявн. і патентовласник Львів. нац. аграрн. ун-т. – № 86791 ; заявл. 15.07.2013 ; опубл. 10.01.2014, Бюл. № 1. – 4 с.
20. Чихладзе, Е. Д. Удосконалення методів розрахунку і проектування сталобетонних і сталевих конструкцій промислових будівель і споруд [Текст] / Е. Д. Чихладзе. – Харків : [б. в.], 2002. – 126 с.
- Burchenia, S. P.; Barabash, V. M.; Dobrianskyi, I. M., Shmig, R. A.; Informer and owner Lviv National Agrarian University. No. 86794; declaration 15.07.2013; published 10.01.2014, Bul. No. 1. 4 p. (in Ukrainian)
19. Patent u2013 08840 Ukraine, МПК E04C 5/02(2006.01). Reinforced concrete element / Burchenia, S. P.; Dobrianskyi, I. M., Shmig, R. A.; Informer and owner Lviv National Agrarian University. No. 86791; declaration 15.07.2013; published 10.01.2014, Bul. No. 1. 4 p. (in Ukrainian)
20. Chyhladze, E. D. Improvement of analysis methods and design of reinforced and steel constructions of industrial structures. Kharkiv: [s. n.], 2002. 126 p. (in Ukrainian)

**Бурченя Софія Петрівна** – старший викладач кафедри технології та організації будівництва Львівського національного аграрного університету. Наукові інтереси: дослідження сталобетонних балок, армованих просечно-витяжним листом.

**Добрянський Іван Михайлович** – д. т. н., професор, завідувач кафедри будівельних конструкцій Львівського національного аграрного університету. Наукові інтереси: моделювання будівельних конструкцій, розробка алгоритмів, експериментальні дослідження будівельних конструкцій.

**Шмиг Роман Андрійович** – к. т. н., доцент кафедри будівельних конструкцій Львівського національного аграрного університету. Наукові інтереси: моделювання будівельних конструкцій, розробка алгоритмів, експериментальні дослідження будівельних конструкцій.

**Бурченя Софія Петровна** – старший преподаватель кафедры технологии и организации строительства Львовского национального аграрного университета. Научные интересы: исследование сталобетонных балок, армированных просечно-вытяжным листом.

**Добрянский Иван Михайлович** – д. т. н., профессор, заведующий кафедрой строительных конструкций Львовского национального аграрного университета. Научные интересы: моделирование строительных конструкций, разработка алгоритмов, экспериментальные исследования строительных конструкций.

**Шмыг Роман Андреевич** – к. т. н., доцент кафедры строительных конструкций Львовского национального аграрного университета. Научные интересы: моделирование строительных конструкций, разработка алгоритмов, экспериментальные исследования строительных конструкций.

**Burchenya Sofiya** – the senior teacher, Technology and Building Constructions Department, Lviv National Agrarian University. Scientific interests: research of steel concrete beams reinforced reinforced by cut-stretching sheet.

**Dobrianskyi Ivan** – DSc (Eng.), Professor, head of Building Constructions Department, Lviv National Agrarian University. Scientific interests: the modeling of building structures, developing algorithms, experimental research structures.

**Shmyh Roman** – PhD (Eng.), Associate Professor, Building Constructions Department, Lviv National Agrarian University. Scientific interests: the modeling of building structures, developing algorithms, experimental research structures.