УДК 624.074:[624.012.4+624.014.2]

А.В. Іванюк, аспірант
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТАВРОВИХ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК З АРМУВАННЯМ ЛИСТАМИ

У статті розглянуті сталезалізобетонні балки з армуванням сталевими листами та проведено аналіз результатів їх експериментальних досліджень. Особливістю запропонованих конструкцій є те, що сталеві листи працюють сумісно із залізобетонною складовою, при цьому вони застосовуються в якості не лише жорсткої арматури, а й незнімної опалубки. Балки можуть бути використані при спорудженні промислових і цивільних будівель.

Ключові слова: деформації, несуча здатність, сталезалізобетонні балки, сталеві листи.

В статье рассмотрены сталежелезобетонные балки с армированием стальными листами и проведен анализ результатов их экспериментальных исследований. Особенностью предлагаемых конструкций является то, что стальные листы работают совместно с железобетонной составляющей, при этом они применяются в качестве не только жесткой арматуры, но и несъемной опалубки. Балки могут быть использованы при сооружении промышленных и гражданских зданий.

Ключевые слова: деформации, несущая способность, сталежелезобетонные балки, стальные листы.

There are considered composite beams of steel and concrete with reinforcing steel sheets and conducted the analysis of their experimental researches in the article. The feature of the offered constructions is that steel sheets work jointly with reinforced concrete constituent. Thus steel sheets are used in quality a hard armature and permanent formwork. Beams can be used for building of industrial and civil buildings.

Key words: strain, carrying capacity, composite beams of steel and concrete, steel sheets.

Постановка проблеми. Розвиток будівельних конструкцій характеризується пошуком нових видів сполучень сталі та бетону для їх раціональної спільної роботи, а також для досягнення більш високих техніко-економічних показників будівель і споруд за рахунок використання переваг кожного з компонентів комплексних конструкцій при одночасному усуненні їх недоліків. Це дуже перспективний напрям, який забезпечує економію матеріалів, енерго- і працезатрат. Усім цим вимогам відповідають комплексні сталезалізобетонні конструкції, котрі містять прокатні профілі, стрижневу арматуру і бетон.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження та використання сталезалізобетону набуло надзвичайно широкого розповсюдження в багатьох країнах і, зокрема, в Україні [2, 5, 6, 7].

Економічність сталезалізобетонних конструкцій із використанням сталевих профілів порівняно з традиційними залізобетонними забезпечується за рахунок більш ефективного застосування жорсткої арматури шляхом раціонального її розміщення, що дає змогу отримати приріст міцності та жорсткості [1, 4].

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Одним із можливих шляхів зменшення матеріалоємності й підвищення несучої здатності несучих конструкцій є раціональне поєднання листової сталі та залізобетону. Ефективність конструкцій, що згинаються, із зовнішнім листовим армуванням порівняно з традиційним залізобетоном забезпечується за рахунок більш доцільного використання листової арматури завдяки розміщенню її на зовнішніх гранях перерізу. Це дає змогу збільшити робочу

висоту перетину й одержати відповідний приріст міцності та жорсткості або зменшити розміри поперечного перерізу конструкції, а також використати зовнішню листову сталь у якості опалубки при бетонуванні, а після затвердіння бетону в якості несучої арматури.

Формулювання цілей статті. Метою даної статті є аналіз експериментальних даних щодо несучої здатності, деформацій та характеру руйнування нових типів таврових сталезалізобетонних балок з армуванням сталевими листами при різних схемах завантаження, підтверджених патентом на корисну модель [8].

Виклад основного матеріалу. При складанні програми експериментальних досліджень ураховано, що несуча здатність сталезалізобетонних елементів залежить від геометричних характеристик сталевих листів: їх товщини, довжини, а також фізико-механічних властивостей матеріалів – сталі та бетону.

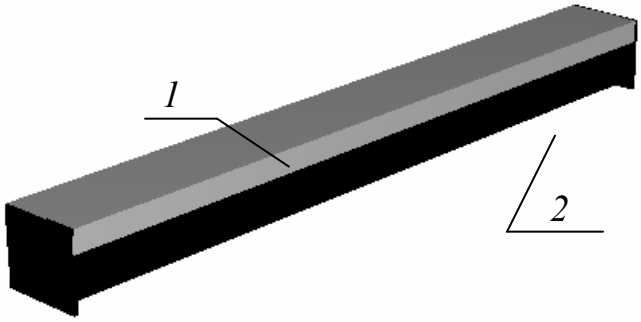

Рисунок 1 – Таврова сталезалізобетонна балка з армуванням листами

Для отримання експериментальних результатів, щоб мати змогу достатньою мірою судити про особливості роботи таврових сталезалізобетонних балок з армуванням сталевими листами, були запроектовані дослідні зразки серій БТ-1, БТ-2 та БТ-3 (рис. 1).

Зразки мають тавровий переріз із геометричними розмірами, наведеними на рис. 2, довжиною 2000 мм.

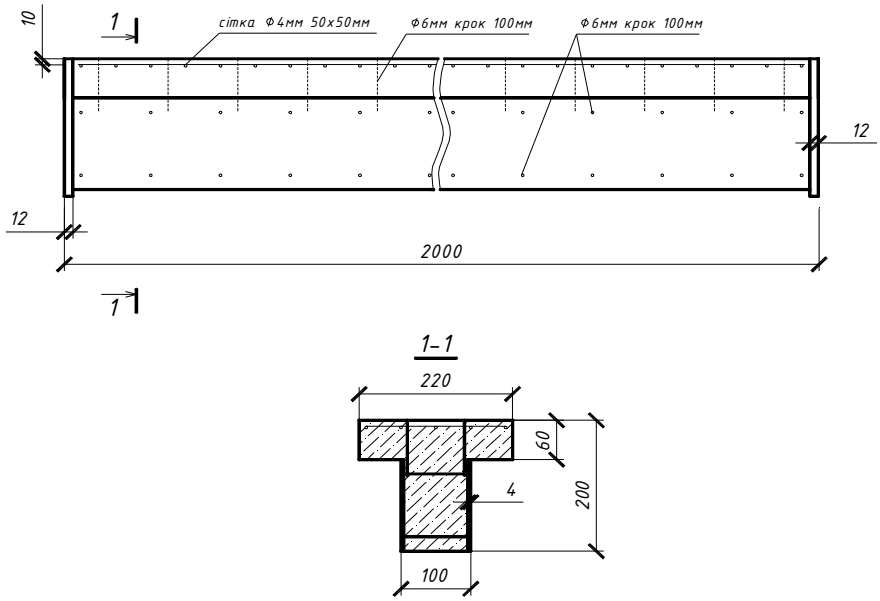

Рисунок 2 – Геометричні характеристики поперечних перерізів виготовлених зразків

З обох боків балки приварені торцеві пластини, які слугують для сприйняття зусилля зсуву між стрічковою листовою арматурою та бетонною полицею і дають можливість подальшого кріплення балок у процесі експлуатації та монтажу. Для зручності балки бетонувалися в перевернутому

положенні на горизонтальній поверхні після встановлення нескладної опалубки.

Згідно з прийнятою методикою проведення експериментальних досліджень несучої здатності й деформативності сталезалізобетонних балок таврового перерізу з армуванням листами, вимірювання переміщень і деформацій виконувалося в зоні чистого згину та в приопорній зоні за допомогою прогиноміра й електротензорезисторів. У процесі досліджень напружено-деформованого стану експериментальних зразків при всіх схемах завантаження відмічались характерні особливості розподілу деформацій по висоті перерізу, а також інтенсивність зростання прогинів на початку роботи балки в пластичній стадії.

При дослідженні напружено-деформованого стану згинальних елементів за нормальними перерізами вирішальне значення мають деформації у волокнах, які найбільш віддалені від нейтрального шару, тому що по них можна судити про несучу здатність досліджуваної конструкції. Із цією метою побудовані графіки залежності деформацій від навантаження (рис. 3 – 4).

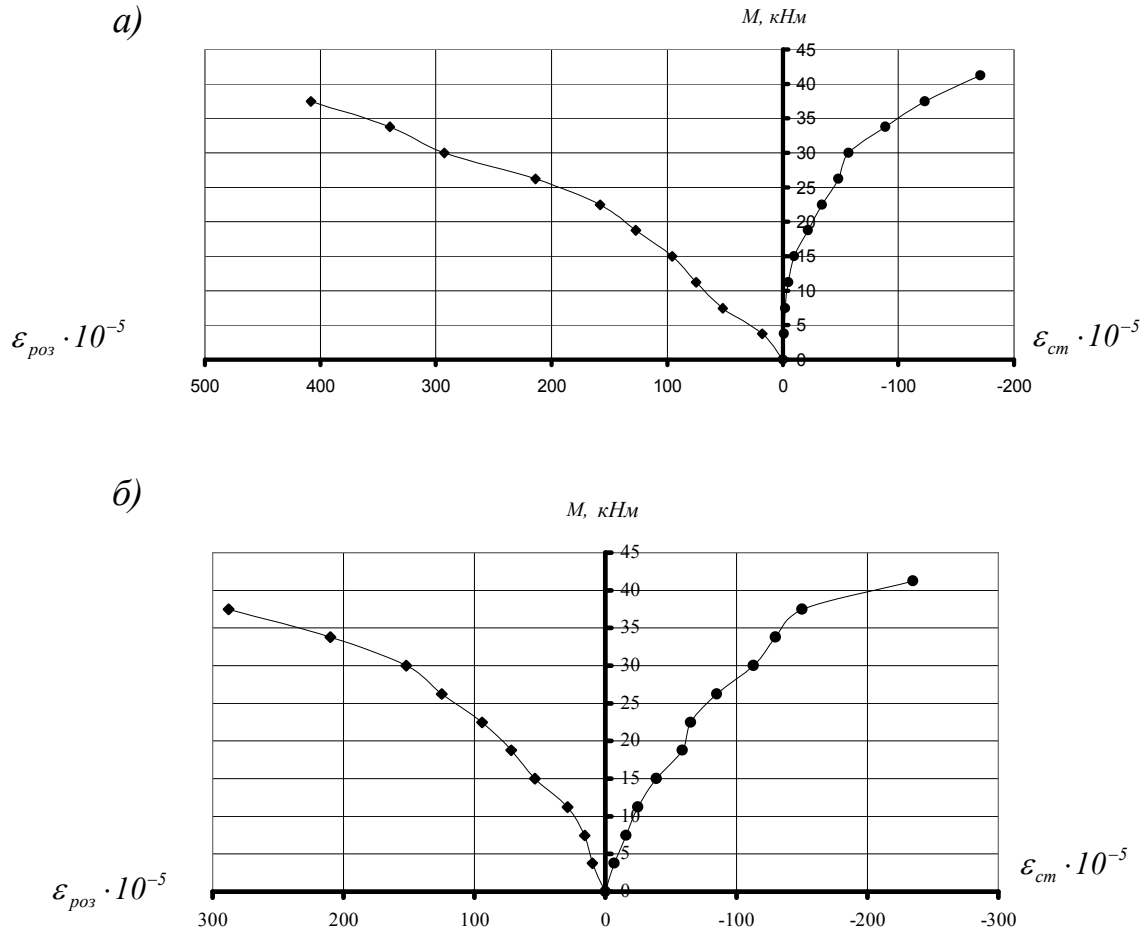

Рисунок 3 – Залежність поздовжніх деформацій від величини згинального моменту в крайніх волокнах досліджуваних зразків: а) БТ-1, б) БТ-2

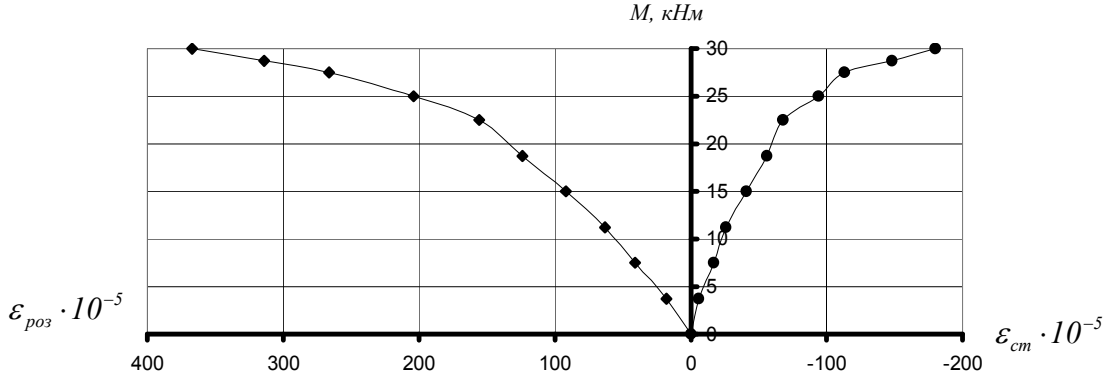

Рисунок 4 – Залежність поздовжніх деформацій від величини згинального моменту в крайніх волокнах досліджуваного зразка БТ-3

Із наведених графіків видно, що на початковій стадії навантаження виникали переважно пружні деформації. При подальшому навантаженні, що відповідало стадії, при якій відбувалося утворення тріщин на бетонній полиці, різко зростали пластичні деформації.

При деформаціях балок серій БТ-1, БТ-2 (відстань між зусиллями 1,5 м) (рис. 3) та БТ-3 (відстань між зусиллями 1 м) (рис. 4) спостерігалася пружна робота сталевих листів і бетону до досягнення 65 – 70 % навантаження від руйнівного. При досягненні навантажень більше 70 % від руйнівного почали спостерігатись тріщини в бетонній полиці з подальшим сколюванням залізобетонної складової в приопорних зонах (для балок серій БТ-1 і БТ-2) та з поступовим руйнуванням посередині (для балок серії БТ-3) при досягненні руйнівного навантаження.

При навантаженнях, що відповідали руйнівним, спостерігались значні деформації балок, прогин досягав 2 см, після чого балки втрачали свою несучу здатність (рис. 5).

На момент руйнування залізобетонної стиснутої полиці деформації крайніх розтягнутих волокон становили $\varepsilon = (300 – 400) \cdot 10^5$, крайніх стиснутих – $\varepsilon = (170 – 235) \cdot 10^5$ відносних одиниць. У цілому, кожна досліджувана балка на всіх ступенях завантаження працювала як єдина монолітна конструкція.

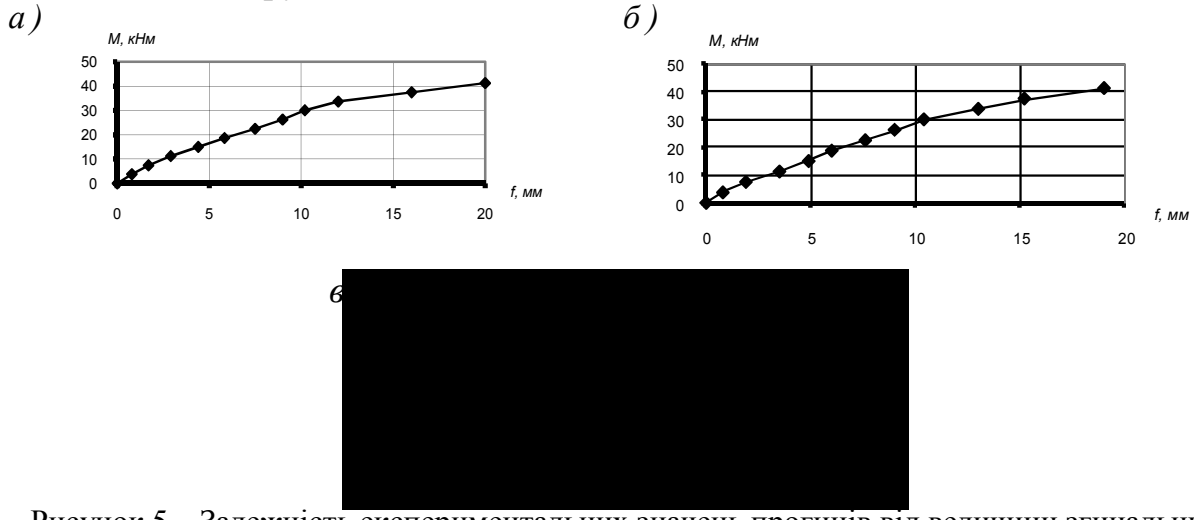

Рисунок 5 – Залежність експериментальних значень прогинів від величини згинальних моментів зразків: а) БТ-1, б) БТ-2, в) БТ-3

При вивченні напружено-деформованого стану досліджуваних конструкцій важливе значення мають деформації по висоті перерізу та

характер їх розподілу. Із цією метою були побудовані епюри розподілу деформацій по висоті нормального перерізу (рис. 6), з яких видно, що всі балки на початкових стадіях працюють пружно, нейтральна лінія не змінює свого положення і проходить на відстані 14 см від нижньої грані елемента (для серії БТ-3 – на відстані 8 см від нижньої грані), на цих стадіях справджується гіпотеза плоских перерізів, оскільки деформації розподіляються за лінійним законом. При збільшенні навантажень на епюрах спостерігаються відхилення від прямолінійності, що свідчить про порушення цієї гіпотези і появу пластичних деформацій.

Після завершення випробувань кожний зразок ретельно оглядався, особлива увага приділялася місцю переходу сталевих листів у залізобетонну складову – на їх межі ніяких суттєвих порушень зв'язку не було, що свідчить про сумісну роботу сталі й бетону комплексної балки.

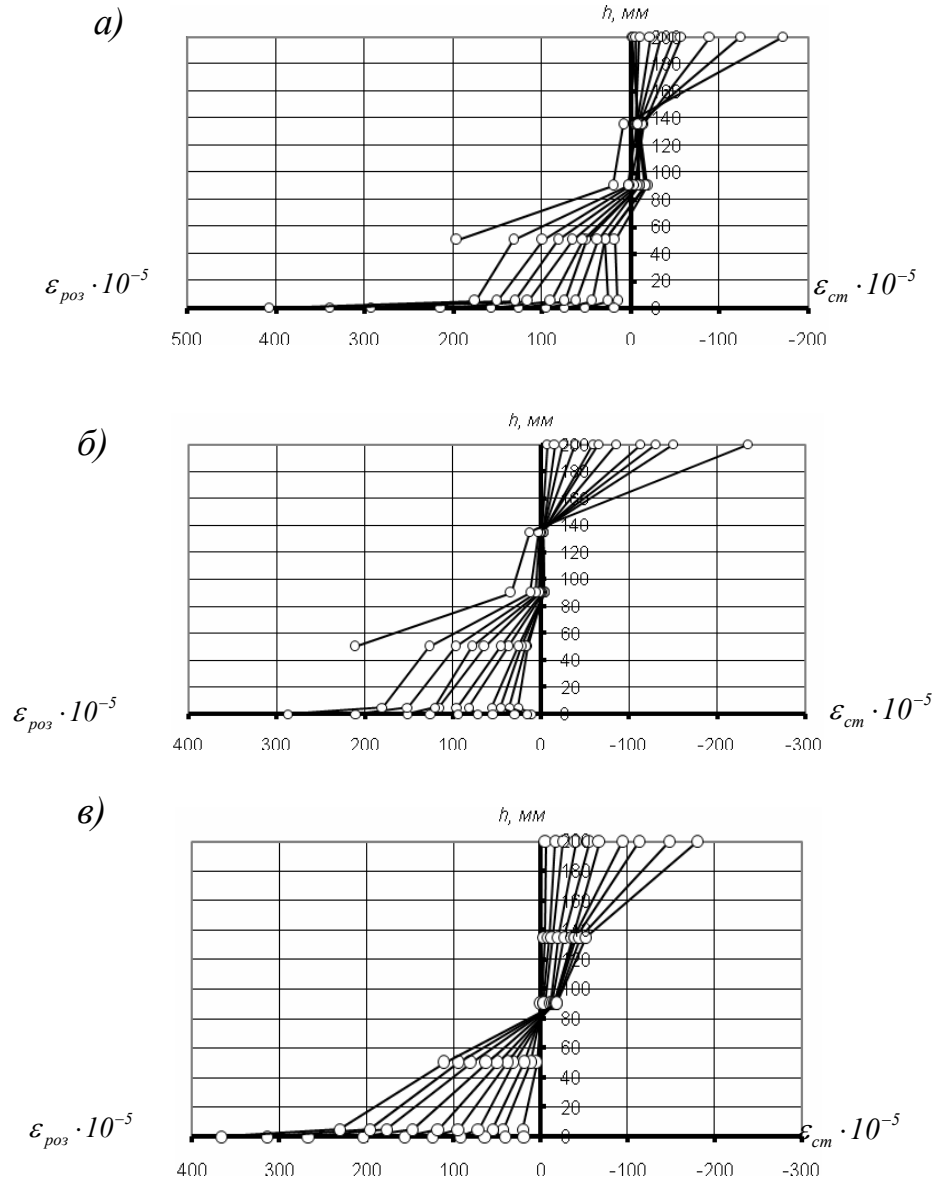

Рисунок 6 – Епюри розподілу деформацій по висоті нормального перерізу зразків: а) БТ-1, б) БТ-2, в) БТ-3

Висновок. Використана методика та прийняті вимірювальні прилади дозволили отримати необхідні експериментальні дані щодо несучої здатності, деформацій та характеру руйнування досліджуваних зразків. Руйнування таврових сталезалізобетонних балок з армуванням листами

відбувалося пластично, що характерно для сталевих конструкцій. Це дає змогу зробити висновок про значну надійність досліджених конструктивних елементів. На всіх етапах завантаження в конструкціях була забезпечена сумісна робота залізобетонної складової зі сталевими листами, що свідчить про надійність використаних анкерних засобів.

Запропоновані балки, маючи високу жорсткість, дозволяють поліпшити функціональні якості будівель і є конкурентоспроможними порівняно із залізобетонними та сталевими конструкціями при використанні їх у процесі спорудження промислових і цивільних будівель.

Література

1. Залесов А.С. Прочность железобетонных конструкций при действии поперечных сил / А.С. Залесов, Ю.А. Климов. – К.: Будівельник, 1989. – 105 с.

2. Залізобетонні конструкції / [П.Ф. Вахненко, А.М. Павліков, О.В. Горик та ін.]. – К.: Вища шк., 1999. – 508 с.

3. Сколибог О.В. Сталезалізобетонні балки із зовнішнім листовим армуванням // Металлические конструкции: взгляд в прошлое и будущее // Сборник докладов VIII Украинской научно-технической конференции. – Часть 2. – К.: Изд-во «Сталь», 2004. – С. 21 – 28.

4. Клименко Ф.Е. Исследование сталежелезобетонных изгибаемых элементов с листовой сталью / Ф.Е. Клименко, Н.А. Гайдаш. // Вестн. Львов. политех. ин-та. Вопр. соврем. стр-ва. – 1971. – № 51. – С. 17 – 19.

5. Стороженко Л.І. Сталезалізобетонні конструкції: навч. посіб. / Л.І. Стороженко, О.В. Семко. – Полтава, 2001. – 55 с.

6. Стороженко Л.І. Сталезалізобетон: збірник наукових праць / Л.І. Стороженко. – Полтава: ПолтНТУ, 2006. – 366 с.

7. Стороженко Л.И. Сталежелезобетонные конструкции / Л.И. Стороженко, А.В. Семко, В.И. Єфименко. – К.: Четверта хвиля, 1997. – 158 с.

8. Пат. на кор. модель 33426 Україна, МПК (2006) E04B 1/02. Таврова сталезалізобетонна балка зі стрічковим армуванням / Стороженко Л.І., Нижник О.В., Куч Т.П.; власник – ПолтНТУ. – № и 2008 01082; заявл. 29.01.2008; опубл. 25.06.2008, Бюл. №12.

Надійшла до редакції 30.04. 2010

© *А.В. Іванюк*