

нной теории металлов. – М.: Мир, 1984. – 466 с.

9. Дамаскин Б.Б. Электрохимия / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий. – М: Высш. шк., 1987. – 295 с.

10. Плугин А.Н. Развитие коллоидной химии и физико-химической механики дисперсных систем и материалов для строительных материалов и конструкций / А.Н.Плугин, А.А.Плугин // Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2010. – Вип. 125. – С.108-139.

11. Духин С.С. Диэлектрические явления и двойной слой в дисперсных системах и полиэлектролитах / С.С. Духин, В.Н. Шилов. – К.: Наук. думка, 1972. – 204 с.

12. Плугин А.Н. Электрогетерогенные взаимодействия при твердении цементных вяжущих: Дисс... д-ра хим. наук: 02.00.11. – Харьков: ХИИТ, 1989. – 282 с.

13. Пособие по проектированию защиты от коррозии бетонных и железобетонных строительных конструкций (к СНиП 2.03.11-85). – М.: Стройиздат, 1989. – 101 с.

*Получено 13.02.2012*

УДК 624.074 : 624.012.4 : 624.014.2

Л.І.СТОРОЖЕНКО, д-р техн. наук, А.В.ІВАНЮК

*Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка*

### **ДОСЛІДЖЕННЯ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ ТАВРОВИХ БАЛОК З АРМУВАННЯМ ВЕРТИКАЛЬНИМИ ЛИСТАМИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ЧИСЕЛЬНИХ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ**

Розглянуто методику дослідження особливостей напружено-деформованого стану сталезалізобетонних таврових балок з армуванням сталевими листами при використанні чисельних методів розрахунку.

Рассмотрена методика исследования особенностей напряженно-деформированного состояния сталежелезобетонных тавровых балок с армированием стальными листами при использовании численных методов расчета.

The article describes method of research of stress-strain state of composite steel and reinforced concrete T-beams with reinforcing steel sheets using numerical methods of calculation.

*Ключові слова:* метод скінченних елементів, модель, напружено-деформований стан, сталеві листи, сталезалізобетонні конструкції.

В сучасній будівельній індустрії інтенсивними темпами відбувається пошук нових сполучень сталі та бетону для досягнення більш високих техніко-економічних показників будівель і споруд за рахунок використання переваг кожного з компонентів комплексних конструкцій при одночасному усуненні їх недоліків. Внаслідок цього останнім часом в будівництві все частіше розпочали застосовувати сталезалізобетонні конструкції, які являють собою сполучення прокатних сталевих профілів, стрижневої арматури та бетону [5].

Але до цього часу не вирішена проблема проектування таких конструкцій, яка полягає у визначенні кількості арматури, розмірів поперечного перерізу та способів армування. Запропонована нами сталезалізобетонна конструкція є новою, а отже, потребує детального дослідження

напружено-деформованого стану. На сучасному етапі розвитку науки й техніки важко представити процес дослідження і проектування нових будівель та споруд без використання чисельних методів розрахунку. Використовуючи їх, можна вдосконалювати методи розрахунку сталезалізобетонних конструкцій з армуванням листами.

Сталезалізобетон уже досить давно вивчається як за кордоном, так і в Україні, що вимагає інтенсивного пошуку нових методик розрахунку міцності, які б сприяли більш раціональному впровадженню сталезалізобетонних конструкцій у будівництво.

У зв'язку з розвитком чисельних методів розрахунку дослідження сталезалізобетонних таврових балок з армуванням вертикальними листами можна виконати, застосовуючи метод скінченних елементів (далі МСЕ). Як відомо, можливості методу скінченних елементів обмежені ступенем дискретизації досліджуваного об'єкта на скінченні елементи, тобто точність МСЕ значною мірою залежить від кількості останніх у розрахунковій системі [1]. Недостатньо дослідженими залишаються питання щодо побудови нових об'ємних скінченних елементів підвищеної точності, що є необхідним при дослідженні комплексних сталезалізобетонних конструкцій.

Основними невідомими чисельного розрахунку за допомогою методу скінченних елементів є переміщення та повороти вузлів розрахункової схеми. Відповідно до вимог МСЕ дослідження конструкцій розпочинають з ідеалізації їх розрахункових схем, що включає в себе використання систем набору тіл стандартного типу (стрижнів, пластин, оболонок і т.д.), названих скінченними елементами й приєднаних до вузлів [2, 3]. Основною задачею при розрахунку нових конструкцій є розробка та дослідження скінченно-елементної моделі конструкції.

Метою даної статті є дослідження, а саме визначення особливостей напружено-деформованого стану, сталезалізобетонних таврових балок з армуванням вертикальними листами за допомогою методу скінченних елементів.

При підготовці до розрахунку за допомогою МСЕ було враховано, що несуча здатність сталезалізобетонних конструкцій з армуванням листами залежить від геометричних характеристик залізобетонної складової та сталевих листів, а також фізико-механічних властивостей сталі та бетону.

Сутність сталезалізобетонних таврових балок з армуванням вертикальними листами (рис.1) полягає в конструктивному рішенні поперечного перерізу, яке виконано зі сталевих вертикальних листів 2, що сумісно працюють із залізобетонною складовою конструкції 1 завдяки арматурним хомутам 3. У верхній частині балки влаштовується арматурна

сітка 4.

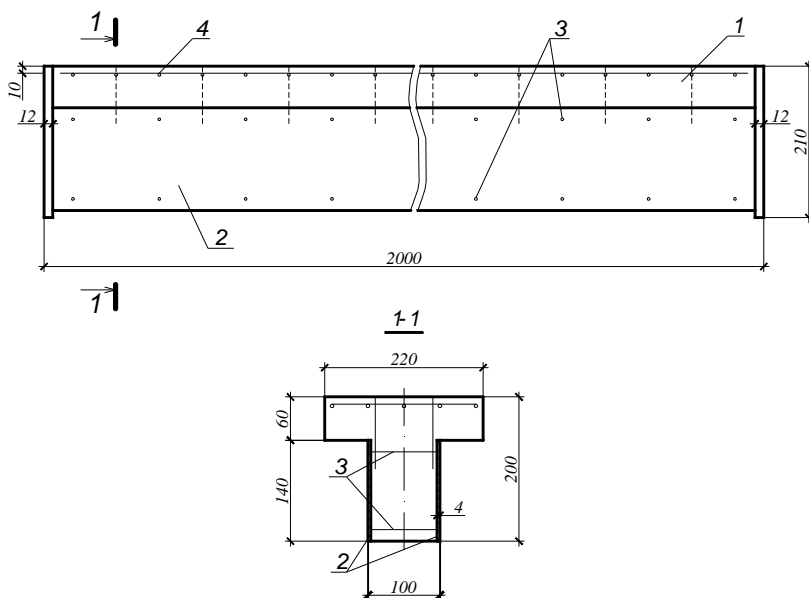


Рис.1 – Сталезалізобетонна таврова балка з армуванням вертикальними листами

Сталезалізобетонні таврові балки з армуванням вертикальними листами мають ряд конструктивних особливостей, які можливо врахувати при розрахунках за допомогою МСЕ. Однією з таких особливостей є моделювання кріплення сталевих вертикальних листів до залізобетонної складової конструкції таврового перерізу.

Побудову скінченно-елементної моделі сталезалізобетонної таврової балки з армуванням вертикальними листами розпочинаємо з ідеалізації конструкції, що включає в себе зазначення основних розмірів балки та її складових елементів. Також для побудови скінченно-елементної моделі необхідно визначитися з типом і розміром скінченного елемента. Тип скінченного елемента характеризується його геометричною формою, правилами, що розкривають залежність між переміщеннями вузлів кінцевого елемента й вузлів системи, фізичним законом, який визначає залежність між внутрішніми зусиллями й внутрішніми переміщеннями, набором параметрів, що входять в опис цього закону та ін.

При моделюванні сталезалізобетонних таврових балок з армуванням вертикальними листами було прийнято, що конструкції закріплені з обох кінців шарнірно. Необхідно також враховувати, що дана конструк-

ція є комплексною.

Сталеві листи моделюються як пластини зі заданими жорсткостями і товщиною, залізобетонна складова – як об'ємний елемент (рис.2). Значення навантажень, які прикладаються на балку, задані із обчислених інженерним розрахунком.

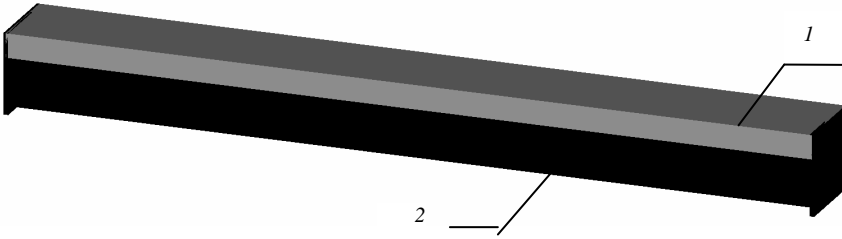


Рис.2 – Схема сталезалізобетонної таврової балки з армуванням вертикальними листами

Для оцінки напружено-деформованого стану даних сталезалізобетонних конструкцій було проведено розрахунок для двох випадків прикладання навантаження при відстані між зусиллями 1,5 м та 1 м. Навантаження моделювалось у вигляді двох зосереджених сил, прикладених у вузлах конструкції (рис.3).

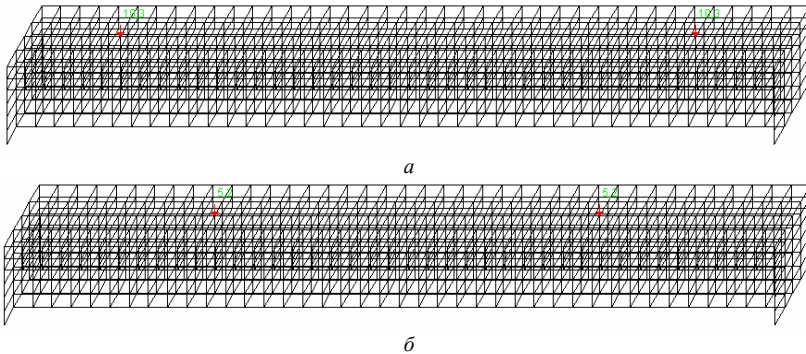


Рис.3 – Розрахункові схеми балок з прикладеним навантаженням:  
а – відстань між зусиллями 1,5 м; б – відстань між зусиллями 1 м.

В результаті розрахунку були отримані деформовані схеми запропонованих сталезалізобетонних балок відповідно до двох випадків навантаження (рис.4).

Для зручності подальшого дослідження результати були представлені у вигляді полів напружень, що дає змогу більш детально досліджу-

вати роботу конструкції під навантаженням.

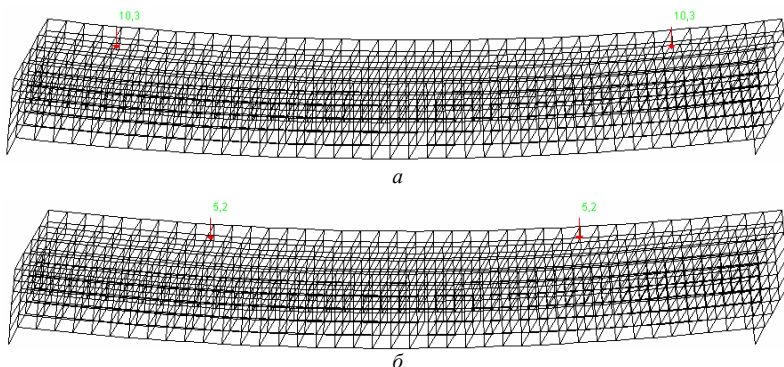


Рис.4 – Деформовані схеми балок:

$a$  – відстань між зусиллями 1,5 м;  $b$  – відстань між зусиллями 1 м.

В результаті дослідження нормальних напружень в балках в поздовжньому напрямку було виявлено, що найбільші напруження виникають в зоні між точками прикладання навантаження (рис.5).

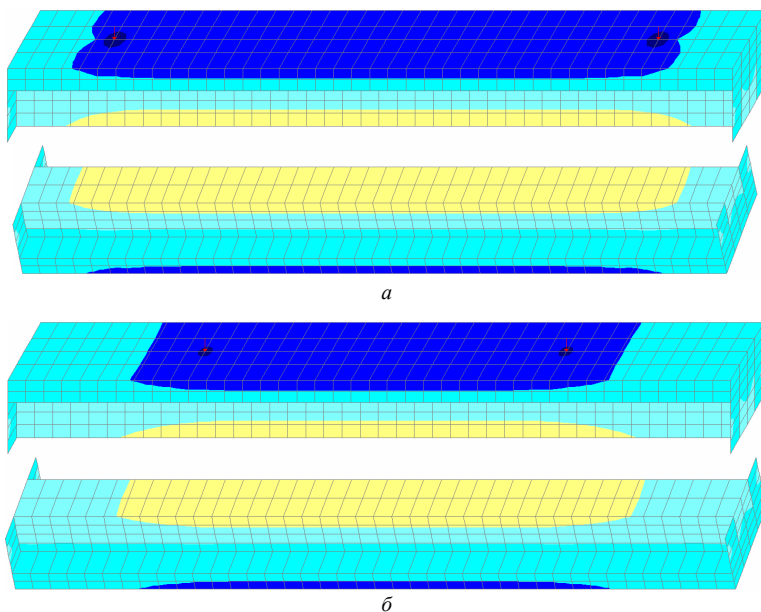


Рис.5 – Поля нормальних напружень балок в поздовжньому напрямку:

$a$  – відстань між зусиллями 1,5 м;  $b$  – відстань між зусиллями 1 м.

Дослідження результатів ізополів переміщень (рис.6-8) показало, що деформації балок відбувались рівномірно та пропорційно. Це свідчить про те, що була забезпечена сумісна робота залізобетонної складової зі сталевими листами.

	-44252,94	-39939,6
	-39939,6	-26626,4
	-26626,4	-13313,2
	-13313,2	0.000000
	0.000000	13313,2
	13313,2	26626,4
	26626,4	39939,6
	39939,6	53252,8
	53252,8	66566,0
	66566,0	79879,2
	79879,2	93192,39
	93192,39	106505,59
	106505,59	119818,79
	119818,79	142131,85

*a*

	-41476,87	-39268,8
	-39268,8	-26179,2
	-26179,2	-13089,6
	-13089,6	0.000000
	0.000000	13089,6
	13089,6	26179,2
	26179,2	39268,8
	39268,8	52358,41
	52358,41	65448,01
	65448,01	78537,61
	78537,61	91627,21
	91627,21	104716,81
	104716,81	117806,41
	117806,41	141777,55

*б*

Рис.6 – Значення нормальних напружень  $\sigma$  для балок (кН/м<sup>2</sup>):  
*a* – відстань між зусиллями 1,5 м; *б* – відстань між зусиллями 1 м.

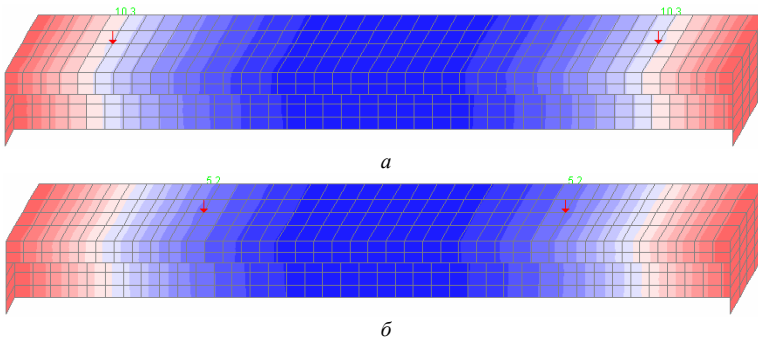


Рис.7 – Ізополя переміщень балок:  
*a* – відстань між зусиллями 1,5 м; *б* – відстань між зусиллями 1 м.

Використаний метод скінченних елементів при розрахунку параметрів напружено-деформованого стану сталезалізобетонних таврових балок з армуванням вертикальними листами дозволяє враховувати реальну роботу матеріалів і специфіку прикладання навантаження. Це, в свою чергу, дає можливість з достатньою точністю описати роботу конструкції. При дослідженні скінченно-елементної моделі було виявлено ряд особливостей, а саме, що руйнування даних конструкцій відбу-

вається пластично, що підтвердили й експериментальні дослідження [4]. Це дає змогу зробити висновок про значну надійність досліджуваних конструктивних елементів.

✓	■	-3.03	-2.82
✓	■	-2.82	-2.6
✓	■	-2.6	-2.38
✓	■	-2.38	-2.17
✓	■	-2.17	-1.95
✓	■	-1.95	-1.73
✓	■	-1.73	-1.52
✓	■	-1.52	-1.3
✓	■	-1.3	-1.08
✓	■	-1.08	-0.87
✓	■	-0.87	-0.65
✓	■	-0.65	-0.43
✓	■	-0.43	-0.22
✓	■	-0.22	0.000000

*a*

✓	■	-2.87	-2.66
✓	■	-2.66	-2.46
✓	■	-2.46	-2.25
✓	■	-2.25	-2.05
✓	■	-2.05	-1.84
✓	■	-1.84	-1.64
✓	■	-1.64	-1.43
✓	■	-1.43	-1.23
✓	■	-1.23	-1.02
✓	■	-1.02	-0.82
✓	■	-0.82	-0.61
✓	■	-0.61	-0.41
✓	■	-0.41	-0.2
✓	■	-0.2	0.000000

*б*

Рис.8 – Значення переміщень для балок (см):

*a* – відстань між зусиллями 1,5 м; *б* – відстань між зусиллями 1 м.

1.Городецкий А.С. Компьютерные модели конструкций / А.С. Городецкий, И.Д. Евзеров. – К.: Факт, 2005. – 344 с.

2.Перельмутер А.В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа / А.В. Перельмутер, В.И. Сливкер. – К.: ВВП “Компас”, 2001. – 448 с.

3.Победра Б.Е. Численные методы в теории упругости и пластичности / Б.Е. Победра. – 2-е изд. – М.: МГУ, 1995. – 366 с.

4.Стороженко Л.І. Експериментальні дослідження таврових сталезалізобетонних балок з армуванням листами / Л.І. Стороженко, О.В. Нижник, А.В. Іванюк // Збірник наукових праць ДДНДІ ім. М.П. Шульгіна. Вип.11. – К., 2009. – С.325-330.

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

*Отримано 27.12.2011*

УДК 666.941

Р.Р.БАДАМШИН, А.А.ЯУШЕВ, Л.С.ЯУШЕВА, канд. техн. наук,  
В.Т.ЕРОФЕЕВ, д-р техн. наук

*Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, г.Саранск  
(Российская Федерация)*

Е.В.КОНДРАЩЕНКО, д-р техн. наук  
*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОМПОЗИТОВ НА МАГНЕЗИАЛЬНОМ СВЯЗУЮЩЕМ**

Приводятся исследования структуры, физико-механических свойств, химического и биологического сопротивления композитов на магниезиальном связующем.