

Л.І. Стороженко, д.т.н., професор, Т.П. Куч, аспірант

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК З АРМУВАННЯМ ТРУБАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Наведено результати досліджень сталезалізобетонних балок з армуванням трубами за допомогою методу скінченних елементів. Досліджено поля нормальних і дотичних напружень у конструкціях та отримано їх значення при будь-якому способі навантаження.

Ключові слова: сталезалізобетонні конструкції, метод скінченних елементів.

Постановка проблеми. Сучасним завданням розвитку будівельної індустрії нашої країни є здійснення інтенсифікації та ефективного виробництва будівельних конструкцій на основі науково-технічного прогресу, який полягає в економії матеріалів і трудовитрат у процесі їх виготовлення та монтажу, а також надійності будівель та споруд. Унаслідок цього останнім часом у будівництві все частіше почали застосовувати сталезалізобетонні конструкції, які являють собою сполучення металевих профілів із залізобетоном зі стержневим армуванням [1, 2].

Представлена конструкція є новою, а отже, потребує дослідження напружено-деформованого стану. На сучасному етапі розвитку науки й техніки важко уявити процес дослідження і проектування нових будівель та споруд без використання програм скінченноелементного аналізу.

Аналіз останніх досліджень. Нині широкого розвитку здобули числові методи розрахунку. Дослідження сталезалізобетонних балок з армуванням трубами можна виконувати, застосовуючи метод скінченних елементів (МСЕ) [4]. За допомогою цього методу дослідну конструкцію можна представляти як тривимірну механіко-математичну модель, що враховує пружно-пластичне поведіння матеріалу. Як відомо, можливості методу скінченних елементів при розв'язуванні просторових завдань механіки деформованого твердого тіла обмежені ступенем дискретизації досліджуваного об'єкта на скінченні елементи, тобто точність МСЕ значною мірою залежить від кількості останніх у розрахунковій системі. Недостатньо дослідженими залишаються питання щодо побудови нових об'ємних скінченних елементів підвищеної точності, їх використання дозволяє моделювати деформації й більші переміщення тонко- і товстостінних конструкцій на грубих сітках [3], що є необхідним при дослідженні комплексних сталезалізобетонних конструкцій.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Основою чисельного розрахунку за допомогою методу скінченних елементів є використання основних невідомих переміщень і поворотів вузлів розрахункової схеми. Відповідно до вимог МСЕ конструкція виконана у формі ідеалізованої моделі, пристосованої до використання цього методу, у вигляді системи набору тіл стандартного типу (стержнів, пластин, оболонок і т.д.), названих скінченними елементами й приєднаних до вузлів [5, 6]. Такий метод розрахунку використовується в різних програмних комплексах, основним завданням при розрахунку нових конструкцій є розроблення та дослідження скінченно-елементної моделі конструкції.

Формулювання цілей статті. Метою статті є дослідження сталезалізобетонних балок з армуванням трубами за допомогою методу скінченних елементів.

Виклад основного матеріалу. Сталезалізобетонні балки з армуванням трубами мають ряд конструктивних особливостей, які можна врахувати при розрахунках за допомогою МСЕ. Однією з таких особливостей є моделювання кріплення залізобетонної плити до сталевих труб.

Побудову скінченноелементної моделі сталезалізобетонної балки з армуванням трубами необхідно розпочати з ідеалізації конструкції, що включає в себе: зазначення

основних розмірів, які можуть дещо відрізнятись від натурних, з метою надання регулярності й для скорочення завдання вихідної інформації та забезпечення аналізу результатів. Для побудови скінченноелементної моделі необхідно визначитися з типом і розміром скінченного елемента. Тип скінченного елемента визначається його геометричною формою, правилами, що характеризують залежність між переміщеннями вузлів скінченного елемента й вузлів системи, фізичним законом, який установлює залежність між внутрішніми зусиллями та внутрішніми переміщеннями, і набором параметрів, що містяться в описі цього закону.

При моделюванні сталезалізобетонних балок з армуванням трубами було прийнято, що конструкція закріплена з обох кінців шарнірно.

У розрахунок вибрано конструкцію розмірами 2000 x 220 x 200 мм, товщиною залізобетонної плити 60 мм. Переріз нижнього пояса прийнято $\text{Ø}102$ мм і товщиною стінки 3,5 мм. Переріз трубок прийнято з труби $\text{Ø}50$ мм та товщиною стінки 3,5 мм.

Залізобетонна полиця балки (1) моделюється як пластина із заданими жорсткостями і товщиною, сталеві труби (2, 3) – як стержні, що задаються поперечним перерізом труби. Значення навантажень, які прикладалися на плиту, задані з обчислених інженерним розрахунком.

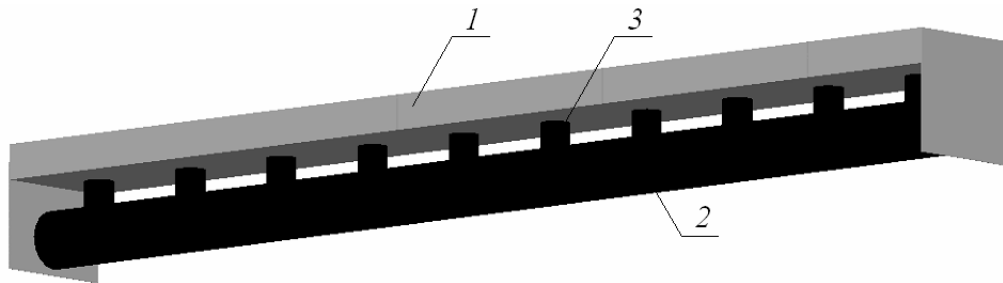


Рисунок 1 – Сталезалізобетонна балка з армуванням трубою

Розрахунок виконаний для трьох випадків прикладання навантаження. Навантаження моделювалось у вигляді двох зосереджених сил, що прикладалися зосереджено у вузлах конструкції (рис. 2).

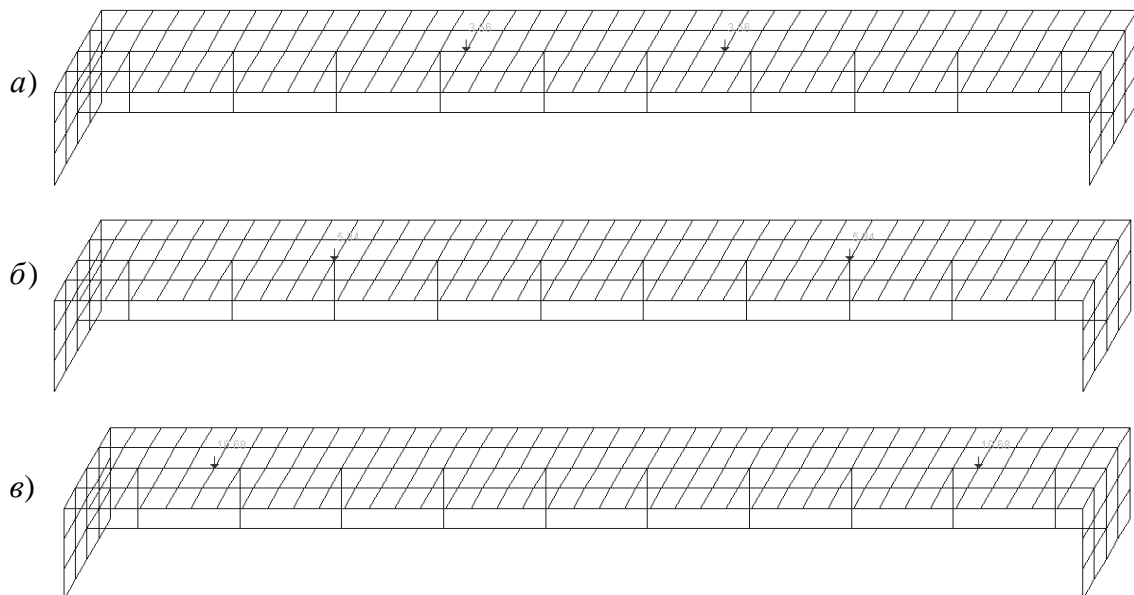
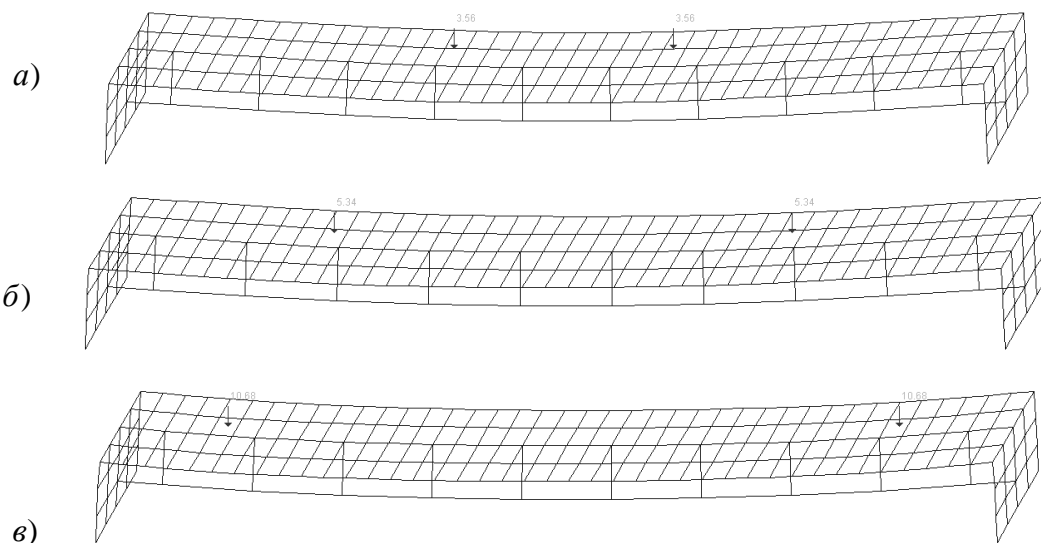


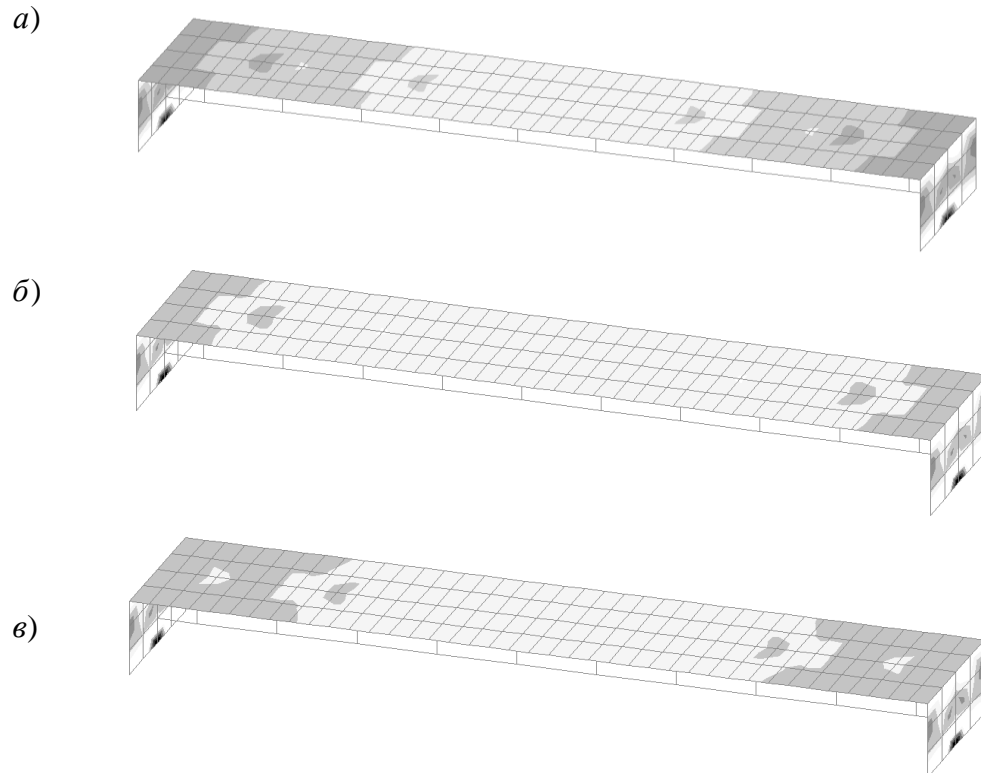
Рисунок 2 – Розрахункові схеми балок із прикладеним навантаженням:
 а) відстань між зусиллями – 0,5 м; б) відстань між зусиллями – 1,0 м;
 в) відстань між зусиллями – 1,5 м

У результаті розрахунку були отримані схеми деформування відповідно до трьох випадків навантаження (рис. 2).



*Рисунок 3 – Схеми деформування балок:
а) відстань між зусиллями – 0,5 м; б) відстань між зусиллями – 1,0 м;
в) відстань між зусиллями – 1,5 м*

Для зручності подальшого дослідження результати були представлені у вигляді полів напружень, що дає змогу більш детально досліджувати роботу конструкції під навантаженням.



*Рисунок 4 – Поля нормальних напружень балок у поздовжньому напрямку:
а) відстань між зусиллями – 0,5 м; б) відстань між зусиллями – 1,0 м;
в) відстань між зусиллями – 1,5 м*

У результаті дослідження нормальних напружень у балках у поздовжньому напрямку було виявлено, що в місцях прикладення навантаження на плиту між поперечними трубами-стійками, спостерігається місцеве збільшення напружень (рис. 4, а, в). У результаті прикладення навантаження на плиту над поперечними трубами-стійками місцеве збільшення напружень спостерігалось як незначне (рис. 4, б).

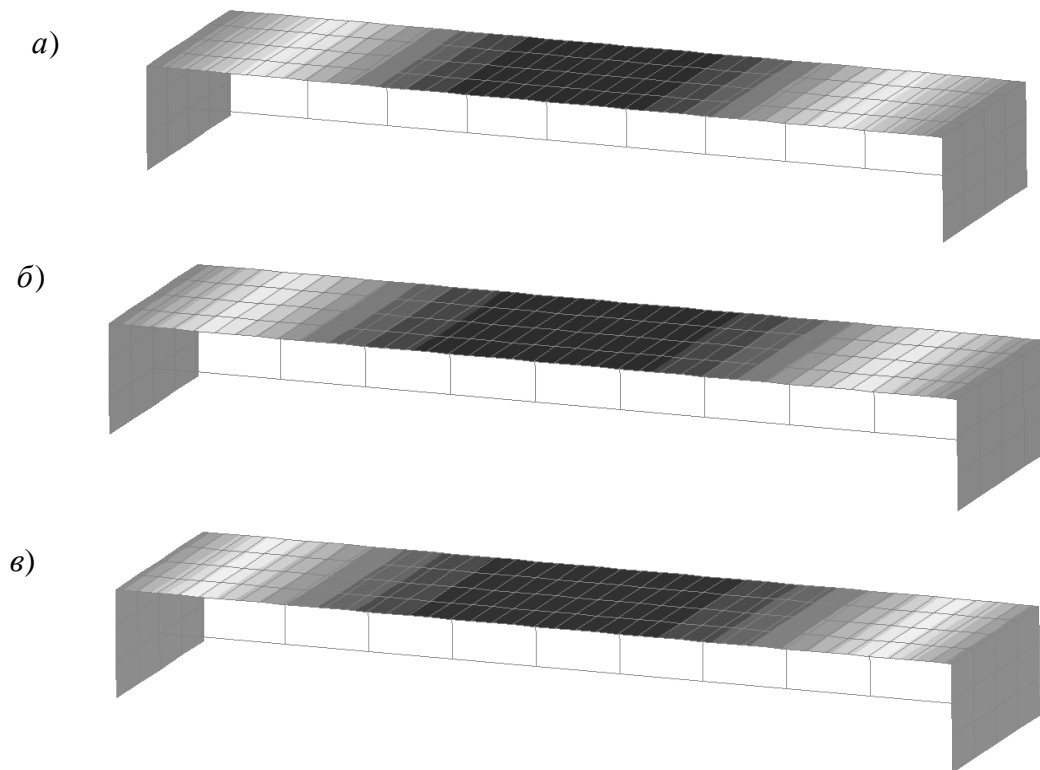


Рисунок 5 – Ізополя переміщень балок для відстаней між зусиллями:
а) відстань між зусиллями – 0,5 м; б) відстань між зусиллями – 1,0 м;
в) відстань між зусиллями – 1,5 м

Дослідження результатів переміщень показало, що деформації балок відбувалися рівномірно й пропорційно, незважаючи на випадки прикладення навантаження на плиту між поперечними трубами-стійками. Це свідчить про сумісну роботу залізобетонної плити та сталеві складові конструкції (рис. 5).

Висновки. Використаний метод скінченних елементів при розрахунку параметрів напружено-деформованого стану сталезалізобетонних балок з армуванням трубами дозволяє врахувати реальну роботу матеріалів та специфіку прикладення навантаження. Це у свою чергу дозволяє з достатньою точністю описати роботу конструкції. При дослідженні скінченноелементної моделі було виявлено ряд особливостей, які доцільно враховувати під час проектування реальних несучих конструкцій.

Література

1. Стороженко, Л.І. Сталезалізобетонні конструкції: навч. посіб. / Л.І. Стороженко, О.В. Семко. – Полтава, 2001. – 55 с.
2. Стороженко, Л.І. Експериментальні дослідження сталезалізобетонних балок з армуванням трубами / Л.І. Стороженко, О.В. Нижник, Т.П. Куч // Збірник наукових праць ДДНДІ імені М.П. Шульгіна. – Випуск 11. – К., 2009. – С. 331 – 335.

3. Гасій, Г.М. Розрахунок сталезалізобетонного структурного покриття за допомогою ПК / Г.М. Гасій // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне, 2006. – Вип. 14. – С. 145 – 150.

4. Городецкий, А.С. Компьютерные модели конструкций / А.С. Городецкий, И.Д. Евзеров. – К.: Издательство «Факт», 2005. – 344 с.

5. Победря, Б.Е. Численные методы в теории упругости и пластичности: учебное пособие. – 2-е изд. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 366 с.

6. Перельмутер, А.В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа / А.В. Перельмутер, В.И. Сливкер. – К.: ВВП «Компас», 2001. – 448 с.

Надійшла до редакції 02.12. 2011

© Л.І. Стороженко, Т.П. Куч

Л.І. Стороженко, д.т.н., професор, Т.П. Куч, аспірант

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С АРМИРОВАНИЕМ ТРУБАМИ ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Приведены результаты исследований сталежелезобетонных балок, армированных трубами, с помощью метода конечных элементов. Исследованы поля нормальных и касательных напряжений в конструкциях и получены их значения при различных способах нагрузок.

Ключевые слова: *сталежелезобетонные конструкции, метод конечных элементов.*

L.I. Storozhenko, Doctor of technical sciences, Prof., T.P. Kuch, the postgraduate st.

Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk

RESEARCH OF COMPOSITE STEEL AND CONCRETE STRUCTURES WITH PIPES REINFORCING BY MEANS OF THE METHOD OF FINAL ELEMENTS

In the article the results of research of composite steel and concrete structures with pipes reinforcing by means of the method of final elements are presented. The normal and shear stress field in structures have been investigated. The values of stresses of different method of loading were obtained.

Keywords: *composite steel and reinforced concrete structures, method of final elements.*