

УДК 624.012.3

к.т.н., Щербіна Л.В., к.т.н., Сіромолот Г.В., Доненко І.В.,  
Запорізька державна інженерна академія

## АНАЛІЗ ВПЛИВУ РОЗМІРУ КІНЦЕВОГО ЕЛЕМЕНТА РОЗРАХУНКОВОЇ СХЕМИ НЕСУЧОЇ СТІНИ БУДІВЛІ НА ЗМІНУ ЗНАЧЕНЬ НАПРУЖЕННЯ $\sigma_y$

У роботі були проведені дослідження впливу розмірів використовуваних в розрахунковій схемі кінцевих елементів на значення характеристик напружено-деформованого стану, зокрема напруги  $\sigma_y$ . За допомогою спеціалізованої програми "Lira" були виконані і проаналізовано результати п'яти розрахунків.

**Ключові слова:** метод кінцевих елементів, ПК "Lira", НДС внутрішньої несучої стіни.

**Постановка проблеми.** Інженерні конструкції можна розглядати як деяку сукупність конструктивних елементів, з'єднаних в кінцевому числі вузлових точок. Якщо відомі співвідношення між силами і переміщеннями для кожного елемента, то, використовуючи відомі прийоми будівельної механіки, можна описати властивості і дослідити поведінку конструкції в цілому. Метод кінцевих елементів [1] дозволяє побудувати зручну схему формування системи алгебраїчних рівнянь щодо вузлових значень шуканої функції. Наближена апроксимація рішення за допомогою простих поліноміальних функцій і всі необхідні операції виконуються на окремому типовому елементі. Але на даний момент відсутні чіткі рекомендації щодо вибору розмірів кінцевих елементів (КЕ). Саме вирішення цього питання і стало в основу даної роботи.

**Метою дослідження** стали аналіз відхилень значень напруги у КЕ несучої стіни, висота якої становить три поверхи, в залежності від вибору розмірів КЕ та знаходження закономірності між впливом розміру КЕ на значення напруги.

**Основний матеріал дослідження.** Були виконані і проаналізовано результати п'яти розрахунків.

У всіх п'яти розрахунках використовувалася плоска ідеалізована розрахункова схема несучої стіни висотою в три поверхи з двома рядами отворів на всіх поверхах. При цьому розміри всіх ділянок стіни були прийняті кратними 0,8 м.

Розрахунки були виконані на поєднання навантажень без урахування вітрового навантаження, впливом якого нехтувалось. Навантаження від

перекриття і покриття включені зосередженими силами в місцях обпирання балок, впливом характеристик жорсткості перекриттів нехтувалось.

При всіх розрахунках зміни стосувалися тільки розмірів КЕ. При першому розрахунку розмір КЕ був прийнятий  $0,8 \times 0,8$  м. При другому розрахунку ці КЕ були розбиті на чотири однакові частини і таким чином розміри отриманих КЕ склали -  $0,4 \times 0,4$  м. При третьому розрахунку КЕ, використовуваний при першому розрахунку, були розділені на дев'ять рівних частин і таким чином розміри отриманих КЕ склали -  $0,267 \times 0,267$  м.

При четвертому розрахунку кожен КЕ, використовуваний при другому розрахунку, був розбитий на чотири однакові частини і таким чином розміри отриманих КЕ склали -  $0,2 \times 0,2$  м. При п'ятому розрахунку кожен КЕ, використовуваний при четвертому розрахунку, був розбитий на чотири однакові частини так, що розміри отриманих КЕ склали -  $0,1 \times 0,1$  м.

Так, як в результаті розрахунків, були отримані середні значення напруги по площі кожного КЕ, тому для більш великих КЕ були визначені середні значення напруги, отримані в КЕ меншого розміру, що входять до складу цих елементів.

Для визначення впливу розміру КЕ на значення напруги були розглянуті ділянки стін розміром  $0,8 \times 0,8$  м і складові їх КЕ різних розмірів. За еталонні значення були прийняті значення напруги на цих ділянках, отримані як результат середнього значення напруги в КЕ розміром  $0,1 \times 0,1$  м.

Схематичне зображення залежності середніх значень відхилень напруги  $\sigma_y$  від розмірів КЕ, що складають ділянки стін розміром  $0,8 \times 0,8$  м, показано на рисунку 1.

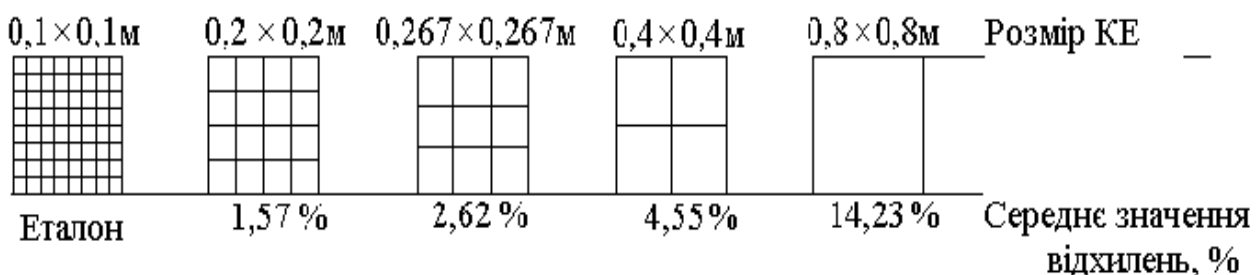


Рис. 1. Схематичне зображення зміни середніх значень відхилень напруги  $\sigma_y$  в залежності від розмірів КЕ

У спеціалізованій програмі "Lira" залежність зміни величини відхилення значень напруги від розміру КЕ була апроксимована різними рівняннями (рисунок 2). При цьому мінімальні показники відхилення були досягнуті при апроксимації даної залежності параболічним рівнянням:

$$Y = -0.00737 + 5.19X + 15,8 X^2 \quad (1)$$

де  $Y$  - середнє відхилення значень напруги, %;

$X$  - розмір КЕ, м.

Крім того, встановлено, що величина і знак відхилення залежить від місця розташування розглянутих КЕ.

У КЕ, розташованих в рівні перекриттів, за винятком КЕ, розташованих по вертикалі між прорізами, а також у КЕ, що примикають до вертикальних граней стіни, при збільшенні розміру КЕ відмічене переважне зменшення значень напруги. В інших елементах виявлено переважне зростання значень напруги. Розміри КЕ, розташованих в рівні перекриттів, за винятком КЕ, розташованих між прорізами по вертикалі, а також у КЕ, що примикають до вертикальних граней стіни, не повинен перевищувати 0,4 м.

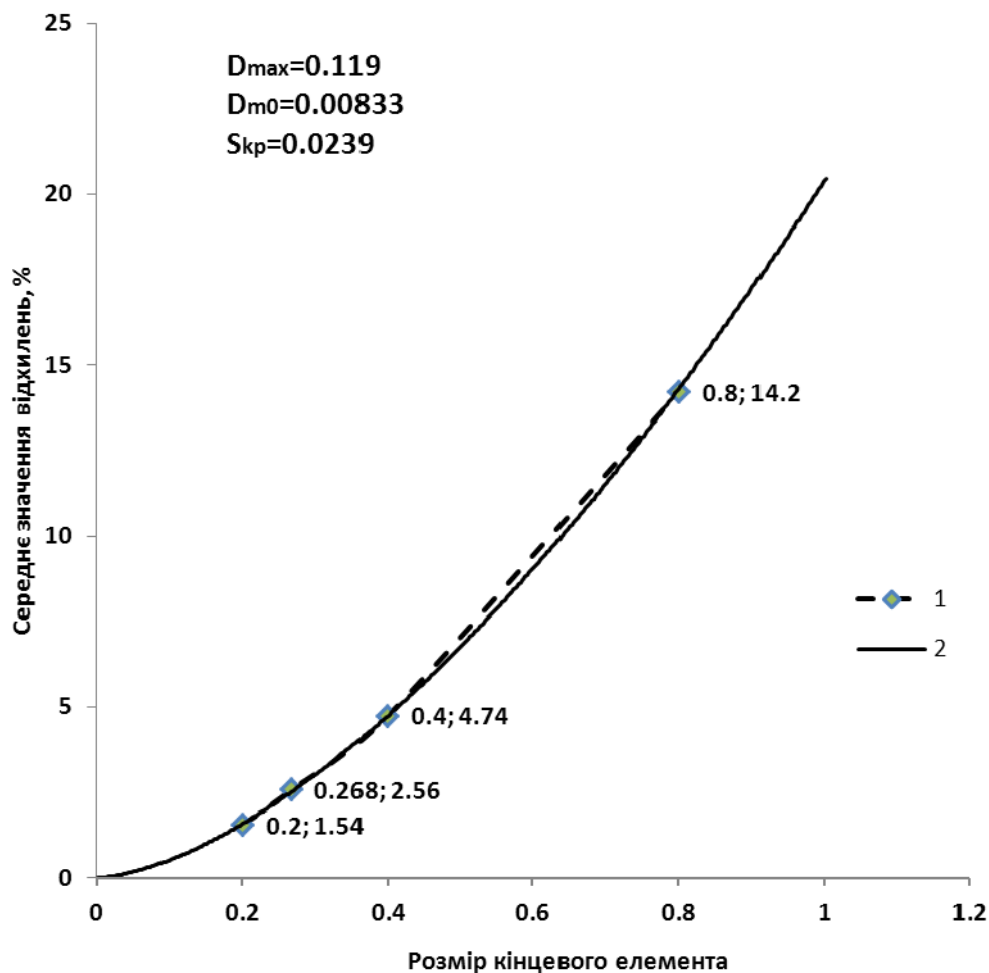


Рис. 2. Наближення і графічне відображення залежності зміни величини відхилення значень напруги  $\sigma_y$  від розміру КЕ до параболічної: 1 - графічне відображення залежності величини відхилення значень напруги від розміру КЕ; 2 - графічне відображення нелінійної залежності, що описана параболічним рівнянням.  $D_{max}$  - максимальне абсолютне відхилення;  $D_{m.o}$  - максимальне відносне відхилення;  $S_{kp}$  - середньоквадратична похибка

Максимальні відхилення значень напруги відзначені в КЕ, які розташовані по вертикалі між прорізами. Розміри КЕ, що розташовані по вертикалі між отворами не повинні перевищувати 0,2 м.

Мінімальні відхилення значень напруги відзначені в КЕ, які розташовані по горизонталі між прорізами. Розміри КЕ, розташованих по горизонталі між прорізами може становити близько 0,8 м.

**Висновки.** На підставі проведених досліджень можна зробити висновок про вплив розміру КЕ на одержувані в результаті розрахунку значення напружень  $\sigma_y$ :

1) Досліджуючи ділянки стін розміром  $0,8 \times 0,8$  м, при апроксимації стіни КЕ розміром  $0,2 \times 0,2$  м, відхилення значень напруги від середнього значення напруги у їх складових КЕ розміром  $0,1 \times 0,1$  м, склала 1,57%; при розмірах КЕ  $0,267 \times 0,267$  м відхилення склало 2,62%, при розмірах КЕ  $0,4 \times 0,4$  м відхилення склало 4,55%; при розмірах КЕ  $0,8 \times 0,8$  м - відхилення склало 14,23%. Таким чином зі збільшенням розміру КЕ зростає величина відхилення значень напруги.

2) Вплив розміру КЕ на значення напруги може бути приблизно описано рівнянням  $Y = -0.00737 + 5.19X + 15,8 X^2$ .

3) Встановлено, що при збільшенні розміру КЕ зростає діапазон відхилень значень напруги в окремих КЕ меншого розміру, що входять до нього. При цьому втрачається можливість виявлення ділянок-концентрацій напруг і ділянок стіни з розтягуючими напруженнями.

4) Зміна розмірів КЕ в різних ділянках стіни по-різному впливає на відхилення значень напруги. Переважне зменшення значень напруги відзначені в КЕ, розташованих в рівні перекриттів, за винятком тих, що розташовані по вертикалі між прорізами і у вертикальних гранях стіни. На інших ділянках стіни при збільшенні розміру КЕ виявлено переважне збільшення значень напруги.

5) Мінімальні відхилення відзначені у КЕ, розташованих по горизонталі між прорізами, а максимальні - у КЕ, розташованих по вертикалі між прорізами.

6) Величина відхилення, викликаного збільшенням розмірів КЕ, зростає при зменшенні розглянутої ділянки стіни. При розгляданні ділянок стіни розміром  $0,8 \times 0,8$  м середні значення відхилень напруги не перевищують 5% у КЕ, розташованих в рівні перекриттів і у вертикальних гранях стіни при розмірі сторони КЕ до 0,4 м; в КЕ, розташованих по вертикалі між прорізами - при розмірі сторони до 0,2 м; в КЕ, розташованих по горизонталі між прорізами - при розмірі сторони до 0,8 м.

7) Зі зменшенням розмірів розглянутого ділянки стіни відзначено збільшення діапазону відхилення значень напруги на складових КЕ.

### **Перелік використаної літератури:**

1. Городецкий А.С. Информационные технологии расчета и проектирования строительных конструкций: Учебное пособие / А.С. Городецкий, В.С. Шмуклер, А.В. Бондарев. - Харьков: НТУ «ХПИ», 2003. – 889 с.

2. Серомолот Г.В. Исследование влияния устраиваемых проемов на изменение напряженно-деформированного состояния стен // Придніпровський науковий вісник. Технічні науки. – 1998. – № 110(177). – С. 3 - 5.

### **Аннотация**

В работе были проведены исследования влияния размеров используемых в расчетной схеме конечных элементов на значения характеристик напряженно-деформированного состояния, в частности напряжения  $\sigma_y$ . С помощью специализированной программы "Lira" были выполнены и проанализированы результаты пяти расчетов.

**Ключевые слова:** метод конечных элементов, ПК "Lira", НДС внутренней несущей стены.

### **Annotation**

In this paper, we studied the influence of the size used in the design scheme of finite element values of the characteristics of stress-strain states, particularly stress  $\sigma_y$ . With the help of a specialized program "Lira" were performed and analyzed the results of five calculations.

**Keywords:** method of eventual elements, PC "Lira", VAT of internal bearing wall.