

## ВИБІР СКІНЧЕННО-ЕЛЕМЕНТНОЇ МОДЕЛІ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО МОДУЛЯ

*Мелещенко Р.М., магістрант  
Задорожний Д.А., магістрант*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків*

Оцінка напружено-деформованого стану (НДС) залізобетонного каркасу є завданням високої складності, оскільки вона вимагає врахування різноманітних факторів. Насамперед, ця складність пов'язана з необхідністю аналізу специфіки деформацій конструктивних матеріалів та врахування різних типів навантажень. Зокрема, велика статична невизначеність конструкції та її неоднорідність ускладнюють процес оцінки. Це обумовлено особливостями самої конструкції, яка має високий ступінь статичної невизначеності, а також виявляє неоднорідні характеристики в різних її частинах. Такий аналіз вимагає врахування конструктивних особливостей, що впливають на статичну невизначеність та неоднорідність, щоб надати точну та надійну оцінку НДС залізобетонного каркасу конструкції.

Під час створення теоретичної моделі системи, вирішальним аспектом є вибір методу та способу обробки інформації. Як зазначено вище, це стосується компіляції методів будівельної механіки та послідовного аналізу, які в сукупності дозволяють ефективно та вчасно обробляти інформацію для неоднорідної статично невизначеної конструкції. При цьому важливо враховувати не лише ефективність методу, але й наявність відповідних програмних інструментів для реалізації рішення. Досвід та аналіз дозволяють визначити SCAD Office, що ґрунтується на методі скінчених елементів та представлений у вигляді методу переміщень, як підходящий розрахунковий інструмент. Його бібліотека, яка включає різноманітні типи зв'язків і кінцевих елементів, а також можливість введення матриць жорсткості у чисельному вигляді, робить його основним інструментом для чисельної реалізації. Важливою перевагою SCAD Office є також можливість візуалізації вхідної та вихідної інформації. Це дозволяє користувачеві аналізувати дані, включаючи поля зусиль, головні напруження та переміщення, сприяючи не лише чисельному розв'язанню, але й науковому аналізу та раціоналізації параметрів системи. Однак важливо враховувати, що при розв'язанні задач великої розмірності виникає виклик у забезпеченні правильного подання та осмислення інформації. SCAD Office забезпечує блоки візуалізації, які допомагають вирішувати це завдання, відображаючи результати обчислень і дозволяючи перейти від чисто обчислювальної проблеми до аналізу системи в цілому, включаючи оптимізацію параметрів її елементів.

Для аналізу було обрано один залізобетонний модуль із укладеними на нього залізобетонними плитами. Модуль представляє собою набір залізобетонних балок у кількості 10 шт., вертикальних колон (6 шт.), а також збірних монолітних плит перекриття (4 шт.) та плит перекриття (4 шт.).

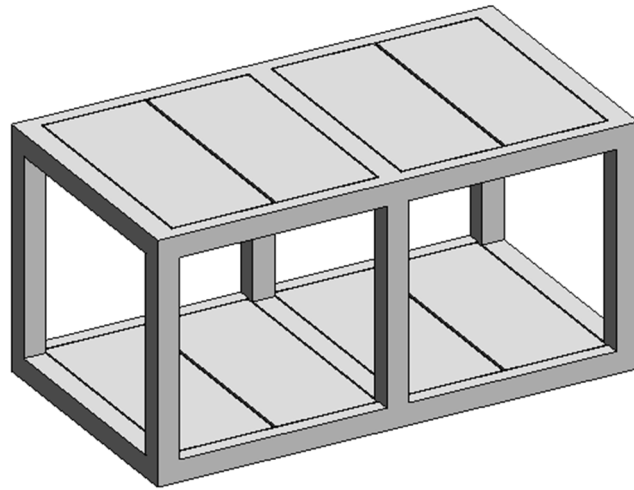


Рисунок 1 – Модуль у забраному стані

Створена скінчено-елементна модель для аналізу залізобетонних балок та колон використовує скінчений елемент SE-5, який представляє собою просторовий стержень. Такий підхід дозволяє реалістично моделювати поведінку балок та колон під дією навантажень, враховуючи різноманітні фізичні параметри матеріалів конструкції. Використання скінченого елемента SE-5 сприяє більш точному відтворенню реальних умов і динаміки взаємодії між структурними компонентами.

Для моделювання залізобетонної плити використовувався скінчений елемент SE-41 - універсальний прямокутний елемент оболонки. Для забезпечення адекватного відображення реальних фізичних властивостей плити, ця СЕМ була розділена на елементи із приблизними розмірами 50x50 см та товщиною 150 см. Визначення розмірів скінченого елемента здійснювалось шляхом розв'язання тестових завдань, що дозволило забезпечити оптимальні параметри для ефективного моделювання плити. Типи скінчених елементів, що використовувалися при моделюванні зображені на рисунку 2.

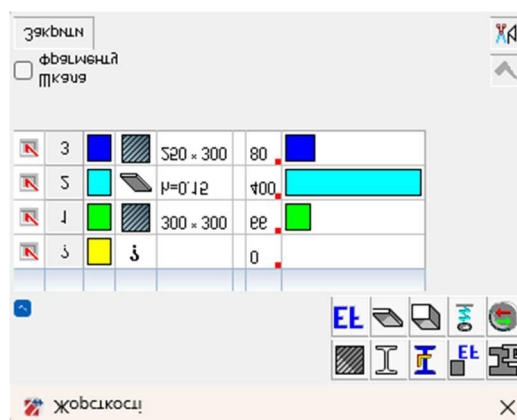


Рисунок 2 – Типи скінчених елементів

На представленому зображенні залізобетонного модуля відображено структуру модуля, включаючи його плити перекриття та покриття. Це зображення надає загальний огляд архітектурного конструктиву, демонструючи взаємодію ключових елементів, таких як перекриття та покриття, які є важливими складовими цілісної конструкції модуля. Ілюстрація допомагає легше розуміти взаєморозташування та функціональність різних частин модуля у контексті його загальної архітектури.

Для відтворення конструкції модуля за допомогою іншого типу СЕ, використовувався об'ємний скінчений елемент СЕ-36, який є 8-вузловим ізопараметричним скінченим елементом у формі паралелепіпеда. Геометричні розміри елементів були обрані не більше 15x15x15 см. Такий розмір обумовлено геометричними розмірами плити та балки конструкції модуля. Такий підхід дозволяє деталізувати модель, враховуючи особливості геометрії елементів цієї конструкції. Просторову схему можна розглянути на рисунку 3.

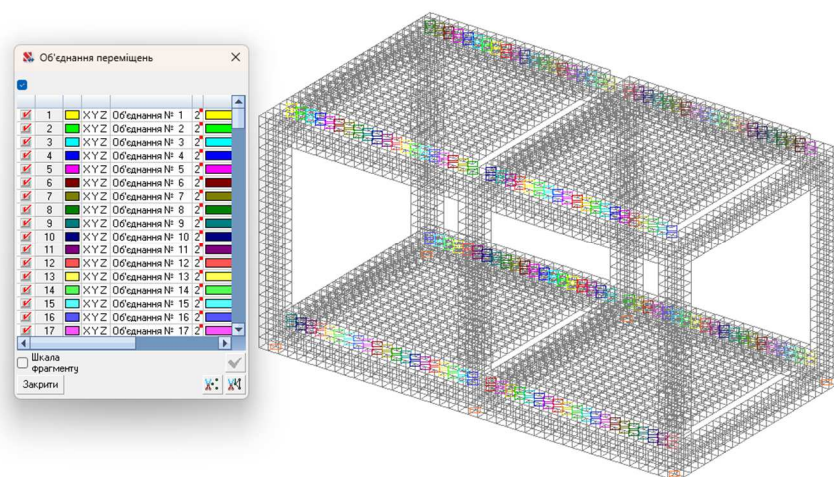


Рисунок 3 – Об'ємна схема модуля

Після проведення розрахунків (під дію власної ваги), отримали ізополі переміщень, напружень а також епюри зусиль у стержньовій моделі.

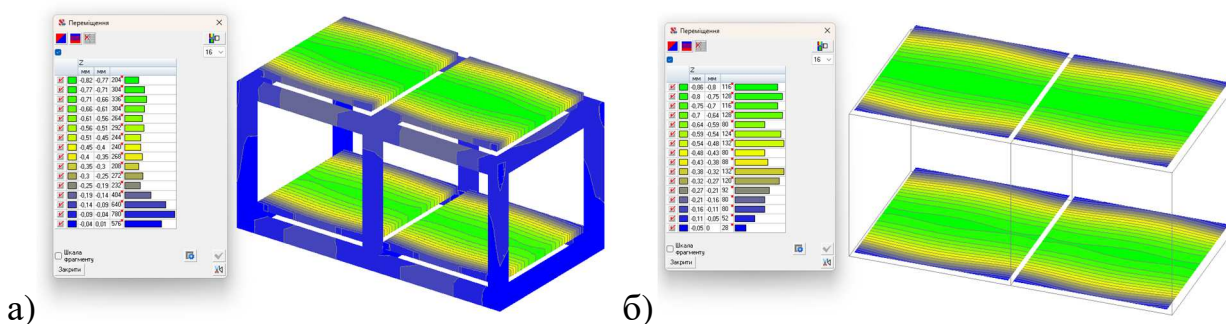


Рисунок 4 – Вертикальні переміщення: а)-об'ємні СЕ; б)-стержньові та пластинчасті

Проаналізувавши результати розрахунку, можна зробити висновок, що об'ємна СЕМ більш точно відповідає реальній поведінці конструкції. Цю СЕМ набагато складніше моделювати, а також за результатами розрахунку відносно мало вихідної інформації. В свою чергу, СЕМ із балок і пластин дає більше результатів для аналізу та дозволяє відразу провести доволі швидкий й досить точний розрахунок арматури.

Перелік джерел:

1. Гребенюк С. М., Гоменюк С. І. Чисельні методи розв'язання механічних задач: навчальний посібник для здобувачів третього освітньо-наукового рівня спеціальності «Прикладна математика» освітньо-наукової програми «Прикладна математика». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2022. 80 с.
2. ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ЛІРА-САПР ® Приклади розрахунку і проектування: URL: <https://www.liraland.ua/files/format-pdf/> (дата звернення 12.12.2023).
3. Барабаш М.С., Кір'язев П.М., Лапенко О.І., Ромашкіна М.А. Основи комп'ютерного моделювання: НАУ, 2019, ISBN978-966, С. 500.