

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до проведення практичних занять та організації самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ «БУДІВЛЯ – ОСНОВА»

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм
навчання зі спеціальності G19 – Будівництво та цивільна інженерія)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2025

Методичні рекомендації до проведення практичних занять та організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Моделювання системи «будівля – основа» (для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності G19 – Будівництво та цивільна інженерія) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : В. А. Александрович, О. В. Гаврилюк. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 138 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. В. А. Александрович,
ст. викл., аспір. О. В. Гаврилюк

Рецензент

О. В. Самородов, доктор технічних наук, професор, професор кафедри геотехніки, підземних споруд та гідротехнічного будівництва Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою геотехніки, підземних споруд та гідротехнічного будівництва, протокол № 12 від 23 червня 2025 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Тема 1 Побудова та аналіз моделі ґрунтової основи у вигляді лінійно-деформованого шару скінченної ширини.....	5
Тема 2 Побудова моделі ґрунтової основи із застосуванням коефіцієнтів постелі.....	15
Тема 3 Побудова моделі «основа – фундамент – споруда».....	34
Тема 4 Розрахунок та аналіз моделі «основа – фундамент – споруда».....	86
Тема 5 Розрахунок взаємного впливу сусідніх фундаментів будівель.....	112
Тема 6 Дослідження розподільної здатності моделі ґрунту у вигляді лінійно-деформованого шару.....	127
Список рекомендованих джерел.....	136

ВСТУП

Метою викладання дисципліни «Моделювання системи «будівля – основа» є підготовка фахівців-будівельників, котрі володіють навичками з розрахунку напружено-деформованого стану споруди та її основи як єдиної системи відповідно до діючих нормативних документів у будівництві, використовуючи програмні засоби, засновані на методі скінченних елементів. Навчання майбутнього фахівця таким методам роботи є вкрай важливою частиною професійної підготовки і має бути побудоване на базі сучасних програмних комплексів, які застосовуються в професійній практиці.

Практичні роботи виконуються за допомогою програмного комплексу SCAD. Програмний комплекс SCAD широко застосовується у професійній інженерній практиці, тому його вивчення сприяє формуванню у студентів сучасного інженерного мислення та підвищує їхню конкурентоспроможність на ринку праці. У межах практичних занять розглядаються основні принципи побудови розрахункових моделей, застосування навантажень, призначення граничних умов, аналізу отриманих результатів, оцінки напружено-деформованого стану конструкцій та ухвалення проєктних рішень.

Методичні рекомендації включають покрокові інструкції та рекомендації щодо побудови схем, виконання розрахунків, інтерпретації результатів та ухвалення проєктних рішень, а також завдання для самостійної роботи призначені для активізації дослідницької складової навчання здобувачів. Матеріал викладено з урахуванням рівня підготовки студентів та передбачає виконання індивідуальних завдань під час практичних занять та самостійної роботи здобувачів. Вихідні дані до індивідуальних завдань видаються під час першого заняття поіменно (із зазначенням ПІБ здобувача на аркуші з вихідними даними).

Методичні рекомендації складені відповідно до нормативних положень проведення практичних занять та організації самостійної роботи у Харківському національному університеті міського господарства імені О. М. Бекетова і призначені для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності G19 – Будівництво та цивільна інженерія.

ТЕМА 1

ПОБУДОВА ТА АНАЛІЗ МОДЕЛІ ҐРУНТОВОЇ ОСНОВИ У ВИГЛЯДІ ЛІНІЙНО-ДЕФОРМОВАНОГО ШАРУ СКІНЧЕНОЇ ШИРИНИ

Існують аналітичні просторові моделі суцільного лінійно-деформованого середовища (півпростору або шару), що розроблялися відомими вченими і були прийняті у нормативних документах для розрахунку деформацій основ фундаментів та й залишаються у державних будівельних нормах України. Проте сьогодні через потужний розвиток інформаційних технологій найрозповсюдженішою моделлю ґрунтової основи є модель суцільного шару скінченної ширини (рис. 1.1), яка, крім обмеження вертикальних деформацій на деякій глибині H , також має обмеження горизонтальних деформацій на деякій відстані від навантаження у плані ($L_x \times L_y$). Для розрахунку фундаментів, що працюють з ґрунтовою основою в умовах плоскої деформації, ця модель також може бути плоскою як окремий випадок. Під час моделювання та чисельних розрахунків системи «основа – фундамент – споруда» (далі – «ОФС») у потужних розрахункових комплексах SOFiSTiK, ABAQUS, Plaxis, SCAD, Ліра тощо зазвичай застосовується саме модель ґрунтової основи у вигляді суцільного шару скінченної ширини, водночас задаються будь-які закономірності деформування ґрунтів під навантаженнями, зокрема й у часі [1].

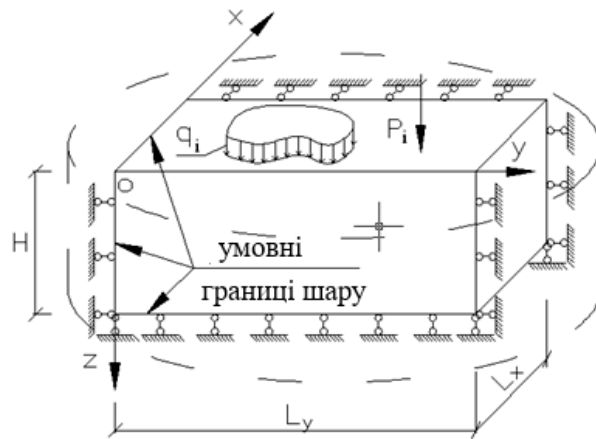


Рисунок 1.1 – Модель ґрунтової основи у вигляді суцільного шару скінченної ширини

Загальновідомо, що для отримання надійних та достовірних результатів розрахунку напружено-деформованого стану конструкцій фундаментів у системі

«ОФС» необхідно обрати таку модель ґрунтової основи з відповідними параметрами, яка є близькою до реального ґрунтового середовища за двома критеріями: розподільною здатністю та деформативністю фундаментів споруд. На практиці модель лінійно-деформованого шару скінченної ширини є найбільш розповсюдженою, оскільки вимагає лише завдання деформаційних характеристик ґрунту (модуля загальної деформації E та коефіцієнта Пуассона ν). Проте значна розподільна здатність моделі викликає виникнення надмірних реакцій на краях конструкцій фундаментів та, відповідно, збільшення моментних зусиль від загального вигину фундаментів, особливо великорозмірних.

На сьогодні немає єдиного підходу щодо розподільної здатності ґрунтових основ, тому дослідження впливу крайових умов у плані (згідно з кутом розподілу α) моделі суцільного лінійно-деформованого шару скінченної ширини на напружено-деформований стан конструкцій фундаментів є актуальною задачею для адекватного моделювання системи «ОФС».

Створення пласкої моделі ґрунтової основи

За допомогою програмного комплексу SCAD створимо модель ґрунтової основи у пласкій постановці задачі.

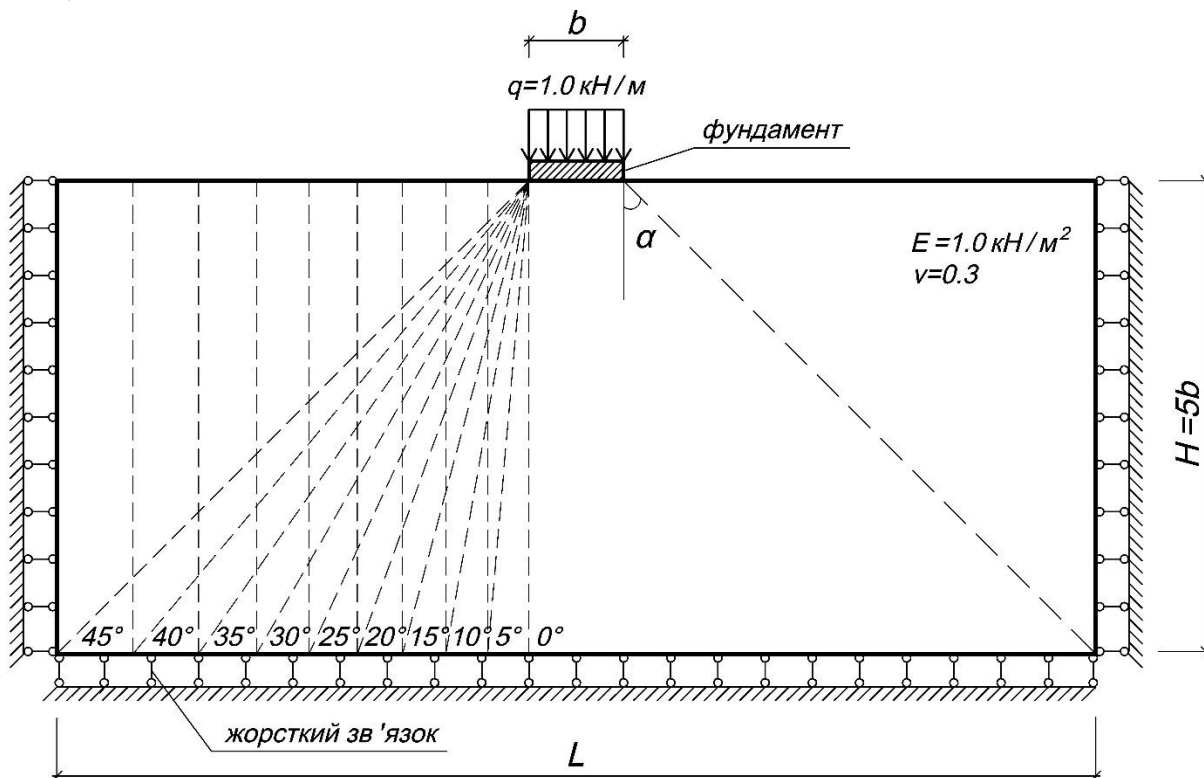


Рисунок 1.2 – Схема для створення пласкої моделі ґрунтової основи

Створіть новий проєкт у програмі SCAD ++. У полі «Назва» введіть ваше прізвище, оберіть тип схеми «2 – Плоска рама» і натисніть «ОК» (рис. 1.3).

Завантажте схему-трафарет за посиланням <https://tinyurl.com/y33p2f8a> та відкрийте її в AutoCAD (рис. 1.4).

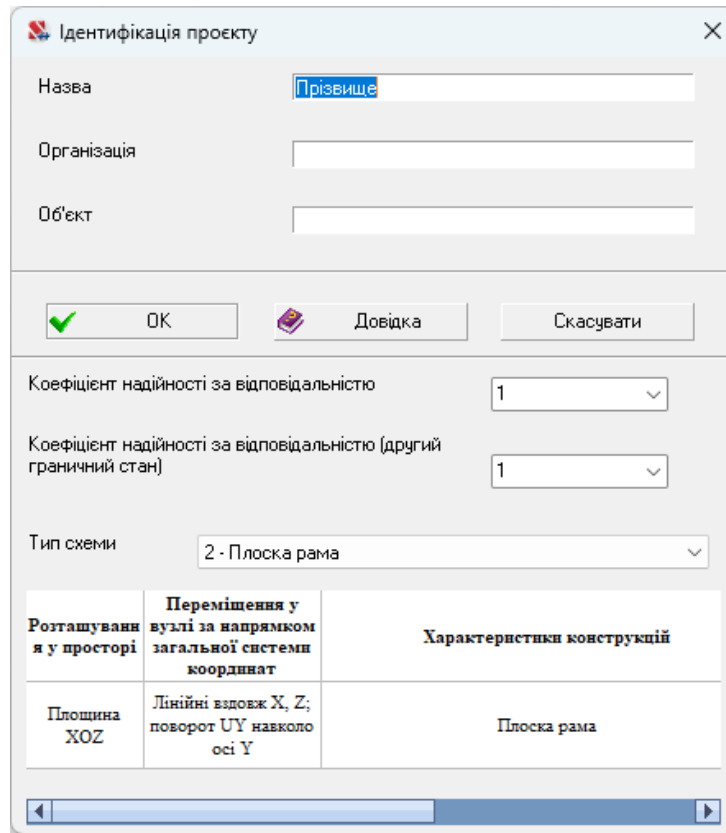


Рисунок 1.3 – Діалогове вікно створення нового проекту

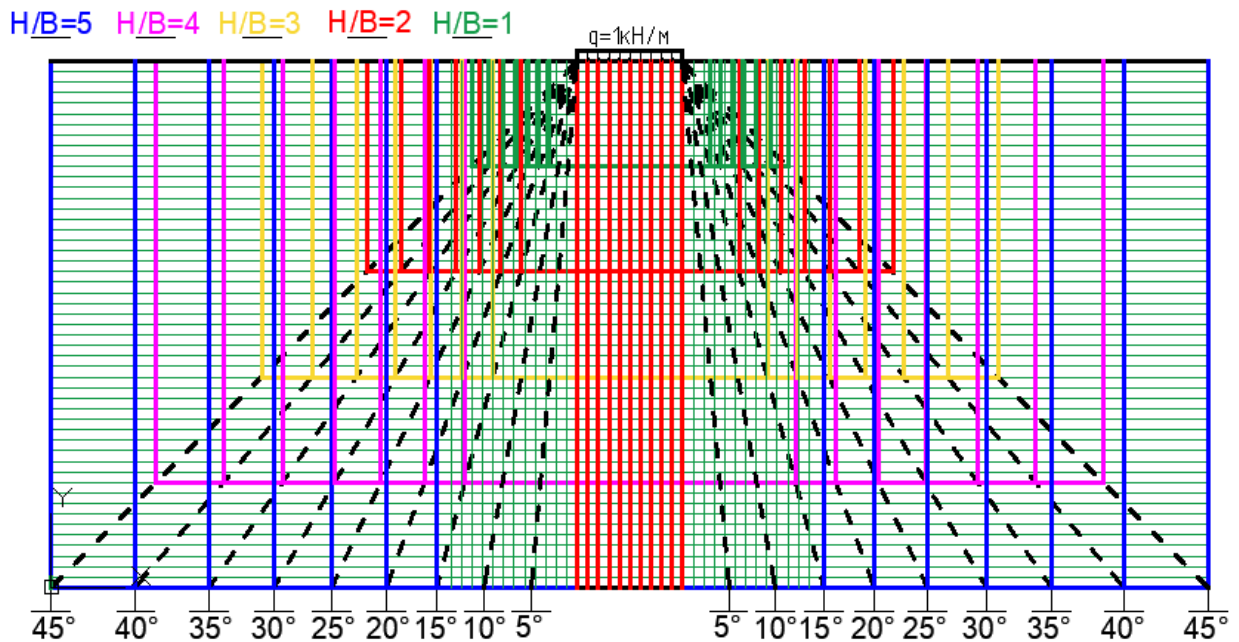


Рисунок 1.4 – Схема-трафарет для формування розрахункової схеми

Відкоригуйте схему-графарет відповідно до вашого індивідуального завдання. Видаліть зі схеми додаткові умовні позначення та збережіть її під назвою «Прізвище_НВ =_Y =_.dwg», де НВ = співвідношення глибини моделі ґрунту до ширини фундаменту, Y = кут розподілу в ґрунтовому масиві відповідно до індивідуального завдання. За допомогою функції імпорту «Файл-Імпорт-DWG» імпортуйте збережений файл.

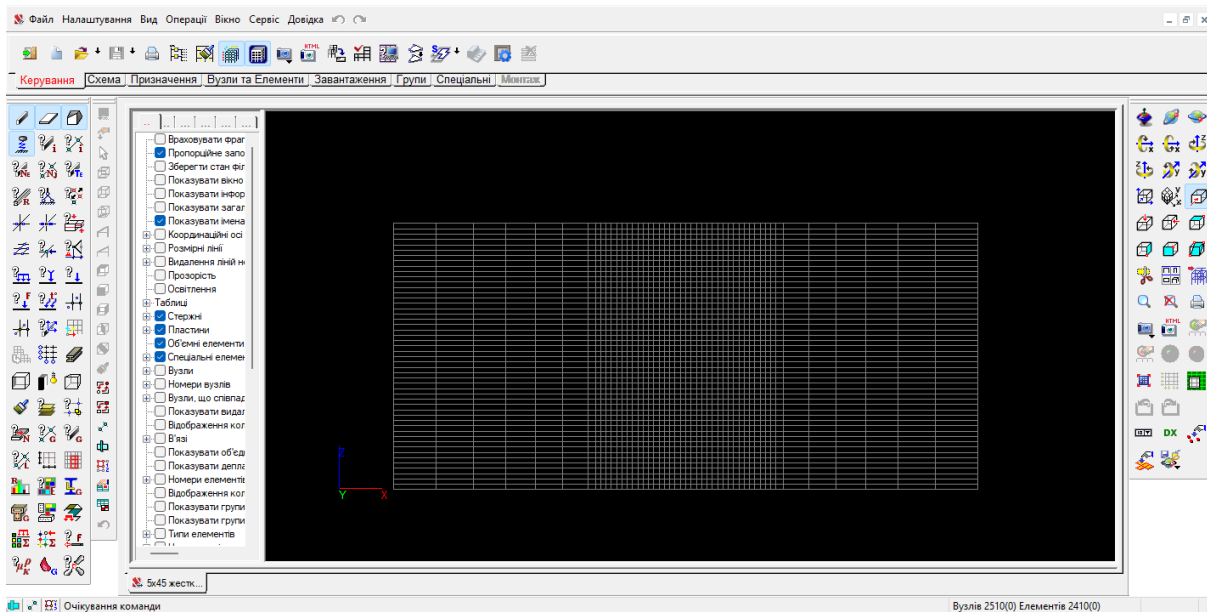


Рисунок 1.5 – Результат імпорту розрахункової схеми

Далі створимо модель навантаження від плоского фундаменту одиничної довжини. Для цього будемо плаский стрижень посередині розрахункової моделі ґрунту. Для зручності роботи задаємо невелике перевищення координат «Z» над поверхнею моделі ґрунту (наприклад 1,0 м). Розбиваємо модель фундаменту одиничної довжини на 10 рівних частин за допомогою функції розбиття стрижня на вкладці вузли та елементи (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Діалогове вікно розбиття стрижня

Об'єднуємо переміщення відповідних вузлів моделі фундаменту із моделлю ґрунтової основи за допомогою функції об'єднання переміщень на вкладці «Призначення» (рис. 1.7). Встановивши напрямки об'єднання X і Z, натискаємо кнопку «ОК» і попарно виділяємо відповідні вузли і натискаємо кнопку підтвердження або «Enter».

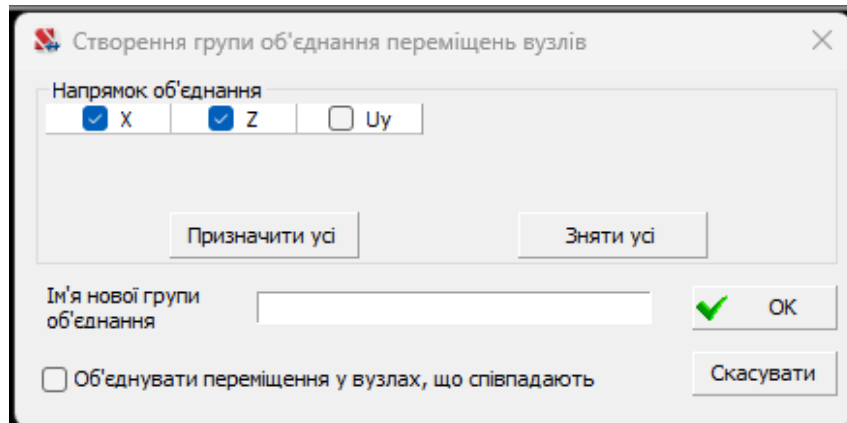


Рисунок 1.7 – Діалогове вікно об'єднання переміщень

Перевіряємо коректність виконання об'єднання за допомогою функції відображення об'єднання переміщень на панелі фільтрів. Відповідні вузли на схемі повинні мати однаковий колір і позначення об'єднання у заданих напрямках. Далі переміщення вузлів моделі фундаменту відбуватиметься разом із відповідними вузлами поверхні моделі ґрунту (ніби фундамент лежить на його поверхні).

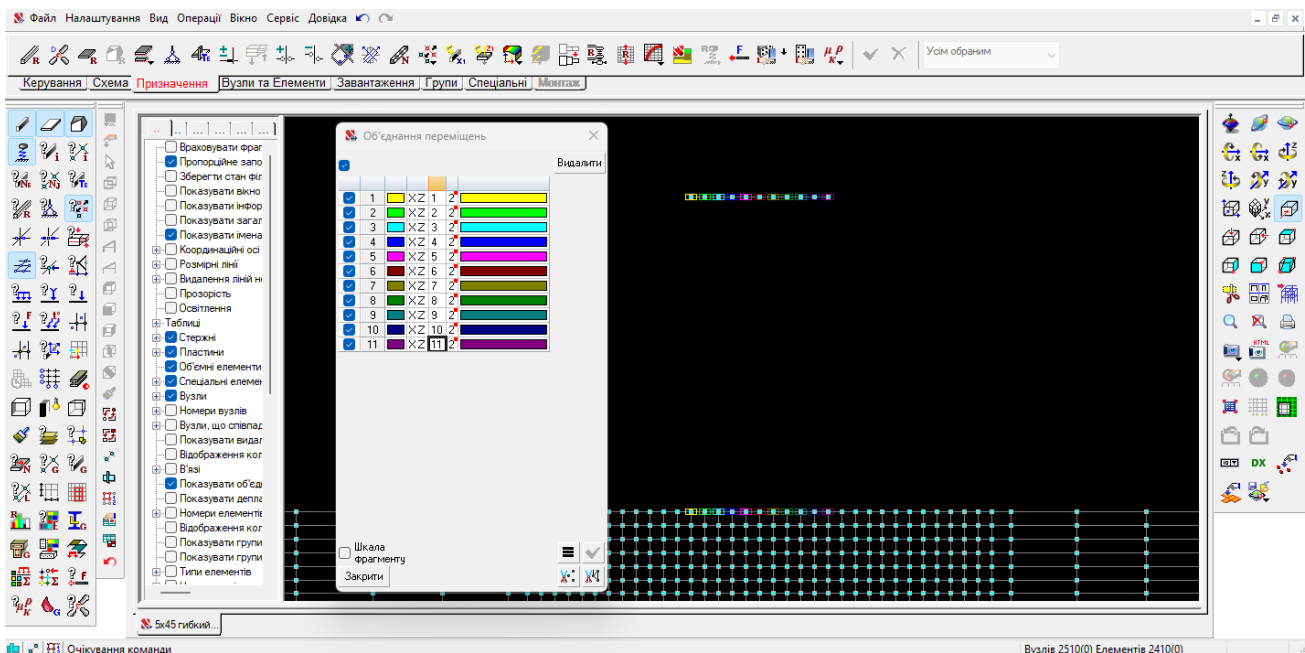


Рисунок 1.8 – Відображення фільтра «Об'єднання переміщень»

Призначаємо жорсткості моделі ґрунту та моделі фундаменту. Для цього переходимо на вкладку «Призначення» та натискаємо кнопку призначення «Жорсткості пластинам» та «Жорсткості стрижням» для виконання відповідних дій.

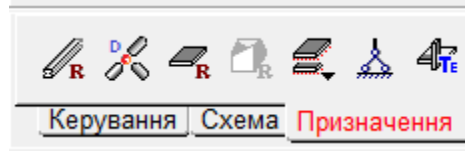


Рисунок 1.9 – Кнопки призначення жорсткостей пластинам та стрижням на відповідній вкладці

Призначаємо жорсткості ґрунтовому масиву та фундаменту відповідно до індивідуального завдання за допомогою відповідних діалогових вікон з параметрами відповідно до індивідуального задання.

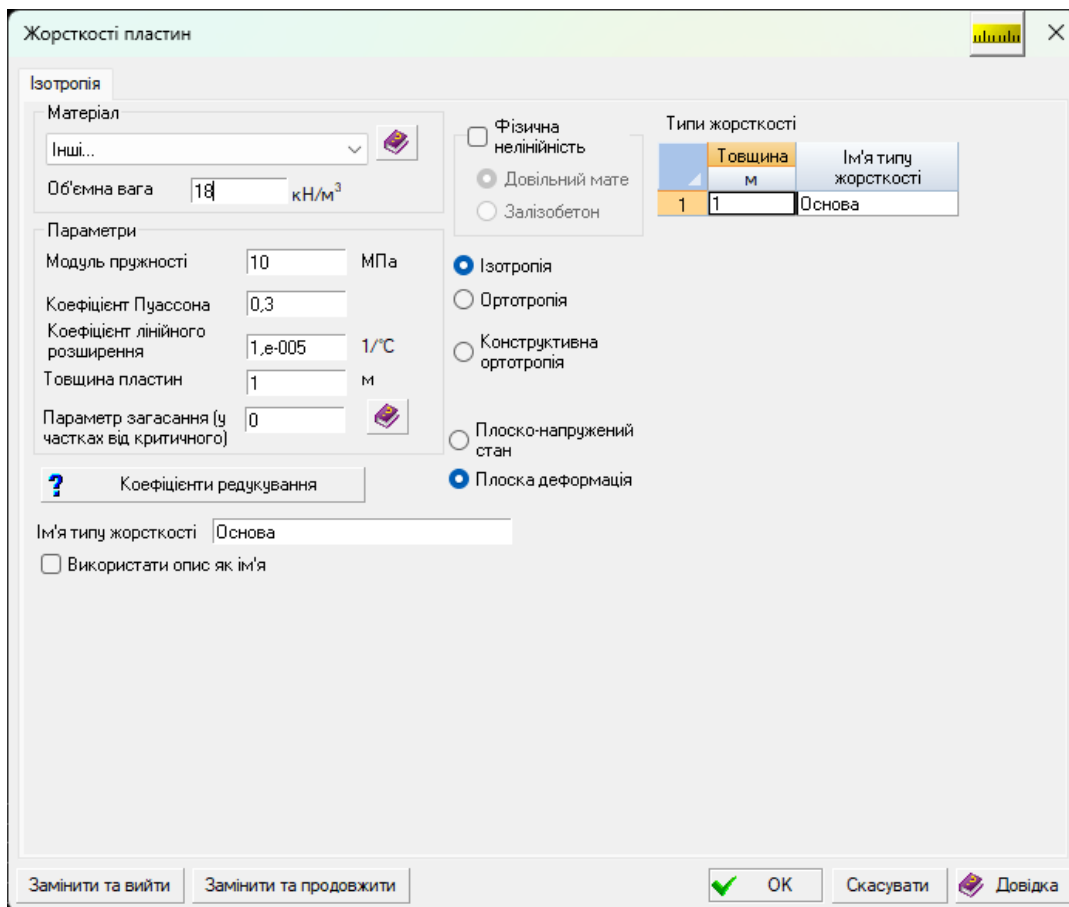


Рисунок 1.10 – Діалогове вікно призначення жорсткості моделі ґрунтової основи

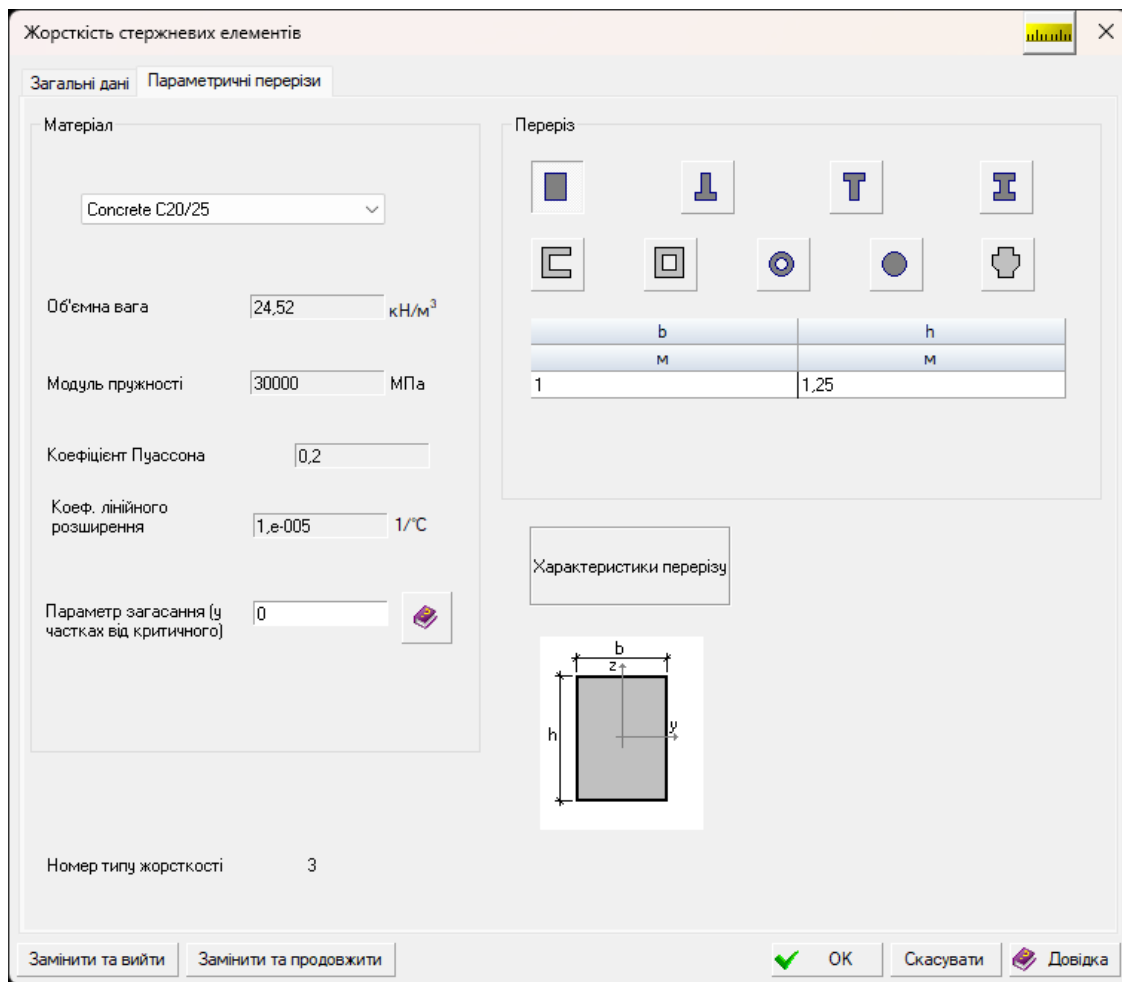


Рисунок 1.11 – Діалогове вікно призначення жорсткості моделі фундаменту

Відповідно до завдання призначаємо навантаження на фундамент за допомогою кнопки задавання навантажень на стрижневі елементи на вкладці «Завантаження».

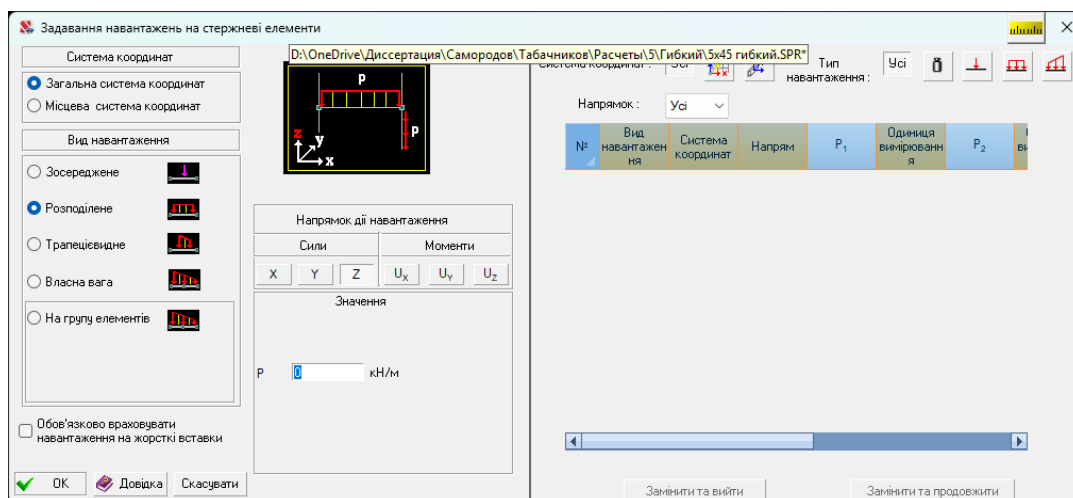


Рисунок 1.12 – Діалогове вікно задавання завантажень

Далі призначаємо граничні умови моделі ґрунту (закріплення її в просторі) за допомогою кнопки призначення в'язей у вузлах на вкладці призначення. Для вузлів нижньої грані моделі призначаємо закріплення у напрямку Z, для вузлів бічних граней – у напрямку X. Викликавши діалогове вікно «Призначення в'язей» встановлюємо прапорець на потрібний напрямок, натискаємо кнопку «Ок» і виділивши відповідні вузли на схемі, натискаємо кнопку підтвердження або «Enter» на клавіатурі.

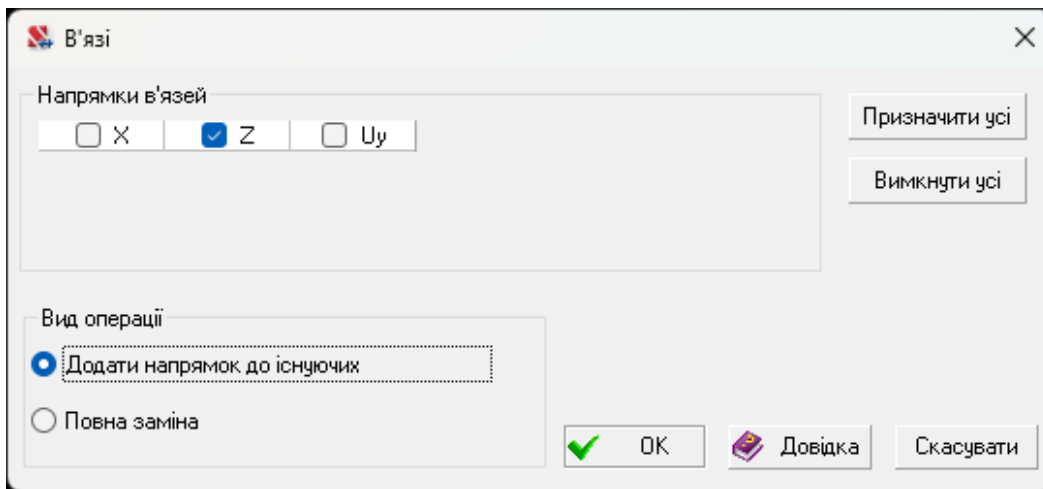


Рисунок 1.13 – Діалогове вікно задавання завантажень

Перевіряємо правильність встановлення в'язей за допомогою кнопки відображення в'язей на панелі фільтрів.

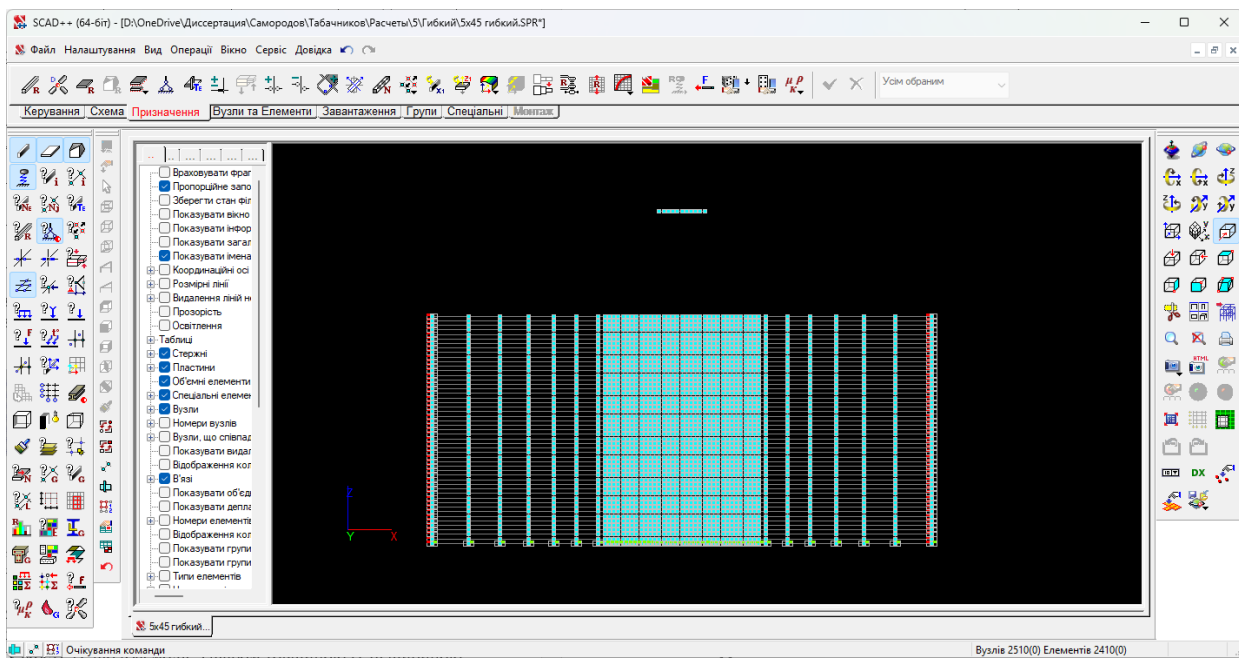


Рисунок 1.14 – Відображення розрахункової схеми із призначеними граничними умовами

Виходимо на екран керування проектом та виконуємо лінійний розрахунок. Якщо все виконано правильно, то лінійний розрахунок буде проведено без помилок, після його закінчення переходимо у модуль «Графічний аналіз».

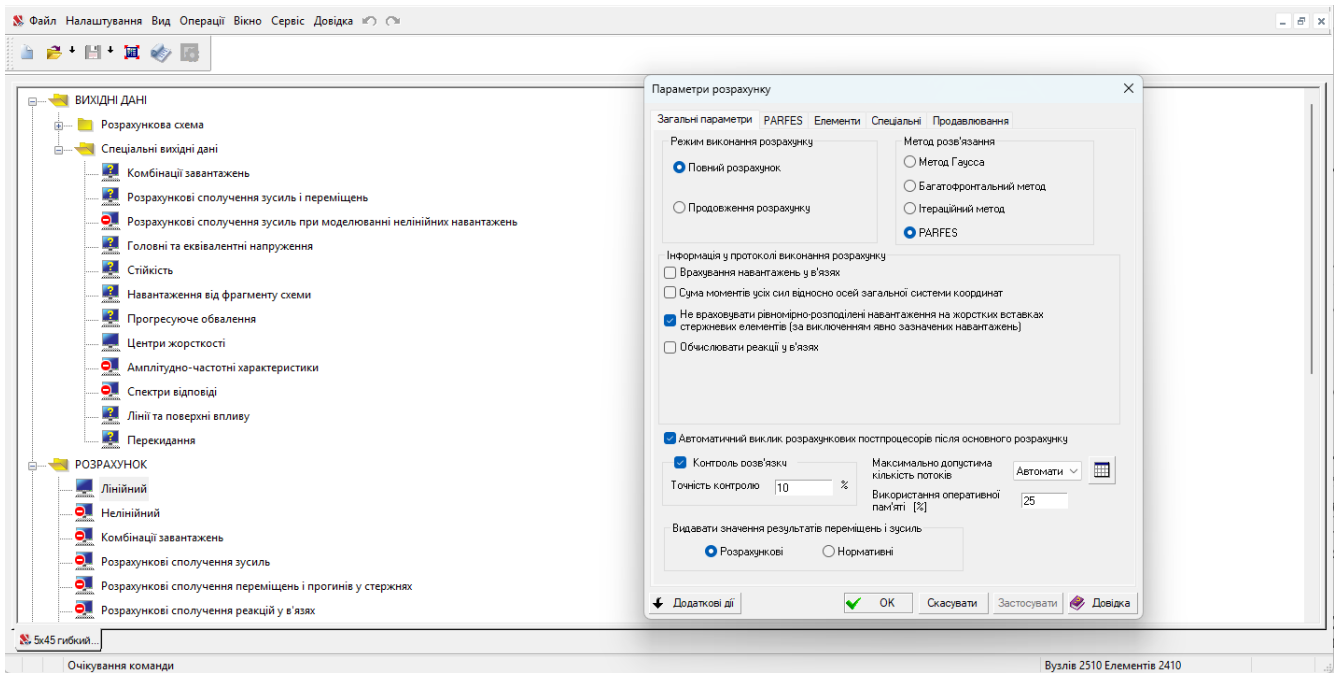


Рисунок 1.15 – Екран керування проектом та запуск лінійного розрахунку

На вкладці «Переміщення» виконуємо аналіз отриманих переміщень та розрахунок значення середнього осідання моделі фундаменту $S_{ср}$.

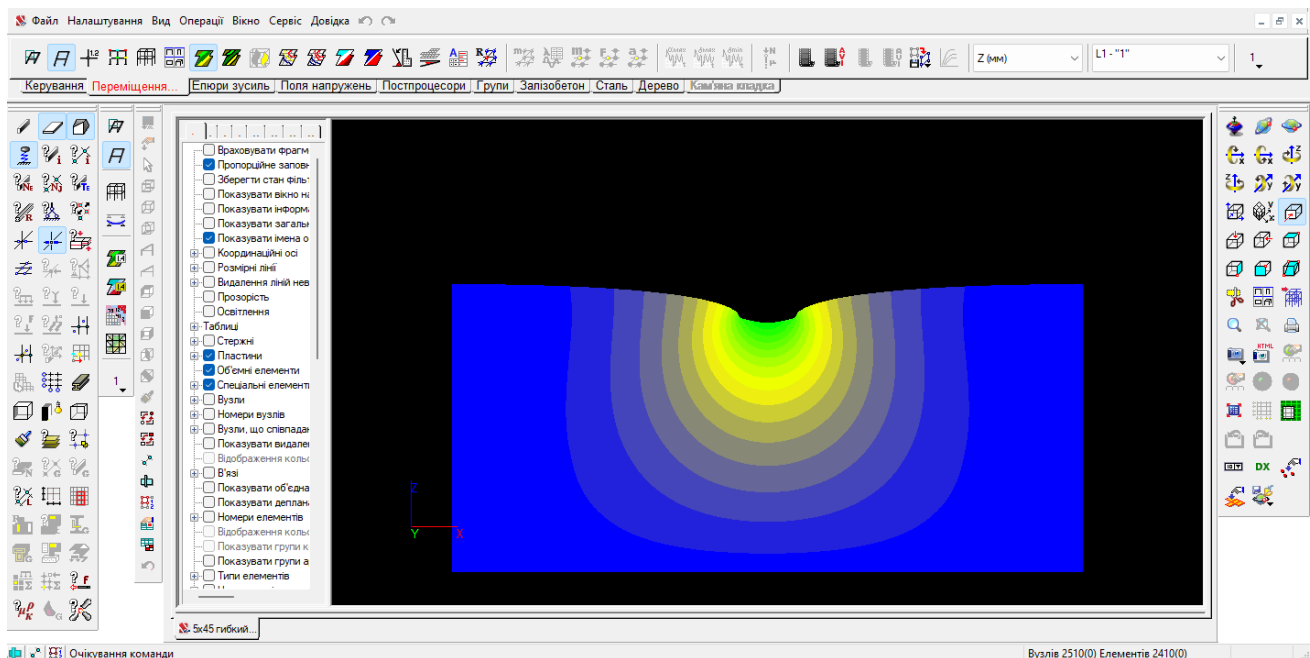


Рисунок 1.16 – Екран аналізу деформацій моделі ґрунту

Переходимо на вкладку «Епюри зусиль», вмикаємо відображення епюри моментів для фундаменту і фіксуємо значення максимального моменту в середині прольоту.

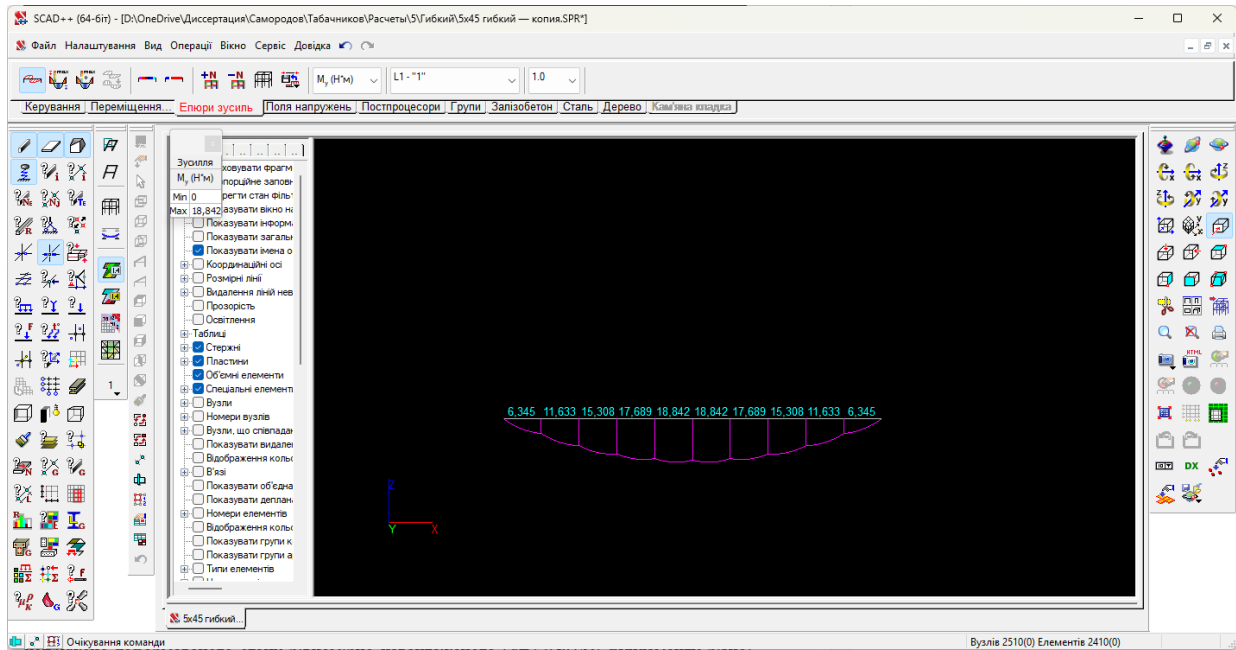


Рисунок 1.17 – Екран аналізу згинального моменту в моделі фундаменту

Повторюємо всю описану процедуру, створюючи розрахункову модель ґрунту із кутом розподілу 45° , 25° та 0° . Відношення Н/В приймаємо відповідно до індивідуального завдання. Результати розрахунків заносимо в таблицю.

Таблиця 1.1 – Результати аналізу впливу граничних умов моделі ґрунтової основи скінченної ширини.

Шифр схеми	Середнє осідання, мм	Максимальний момент, кН/м
Прізвище НВ=5 Y=45		
Прізвище НВ=5 Y=25		
Прізвище НВ=5 Y=0		

Завдання для самостійної роботи до теми 1. Виконати розрахунок осідання фундаменту за моделлю лінійно-деформованого середовища (у програмі ЗАПРОС), застосувавши ідентичні параметри розмірів, характеристик ґрунту та навантаження. Порівняти результати розрахунку із результатами визначення осідання для різних кутів розподілу із таблиці 1.1.

ТЕМА 2

ПОБУДОВА МОДЕЛІ ГРУНТОВОЇ ОСНОВИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КОЕФІЦІЄНТІВ ПОСТЕЛІ

Розрахунок коефіцієнтів постелі під фундаментну плиту виконується програмою «Крос» на підставі даних геологічних вишукувань, поданих у вигляді характеристик свердловин. Вихідні дані для розрахунку містять інформацію про будівельний майданчик, у якій вказані розміри ділянки, положення свердловин і їхні характеристики, положення і геометрія існуючих на ділянці будівель і споруд, а також інші дані, необхідні для розрахунку коефіцієнтів постелі. Ця інформація повинна бути заздалегідь підготовлена в програмі Cross і записана у вигляді файлу з розширенням .crs. Під час кожного наступного звернення до програми інформацією можна скористатися, викликавши потрібний файл.

Для визначення коефіцієнтів постелі найчастіше необхідно виконати кілька ітерацій, використовуючи для кожної наступної ітерації значення тиску на ґрунт під фундаментною плитою, отримані на попередньому кроці. Як тиск на ґрунт використовується величина R_z – реакція ґрунту. До виконання першого розрахунку коефіцієнтів постелі (зазвичай однакові для всіх елементів плити) присвоюються користувачем.

Створення моделі фундаментної плити

Створіть новий проєкт у програмі SCAD ++. У полі «Назва» введіть ваше прізвище і натисніть «ОК».

Розташування вузлів у просторі	Переміщення вузлів за напрямком загальної системи координат	Характеристики конструкцій
Будь-яка	Лінійні відлож. X, Y, Z, повороти UX, UY і UZ навколо осей X, Y і Z	Ознака схеми загального виду. Дозволяє розраховувати просторові конструкції будівель, оболонки. Будь-яка конструкція з ознаками схеми 1–4 може бути розрахована з ознакою 5

Рисунок 2.1 – Діалогове вікно створення нового проєкту

У новому вікні введіть назву файлу нового проєкту і його місце розміщення у форматі «Прізвище_плита». Натисніть кнопку «Зберегти».

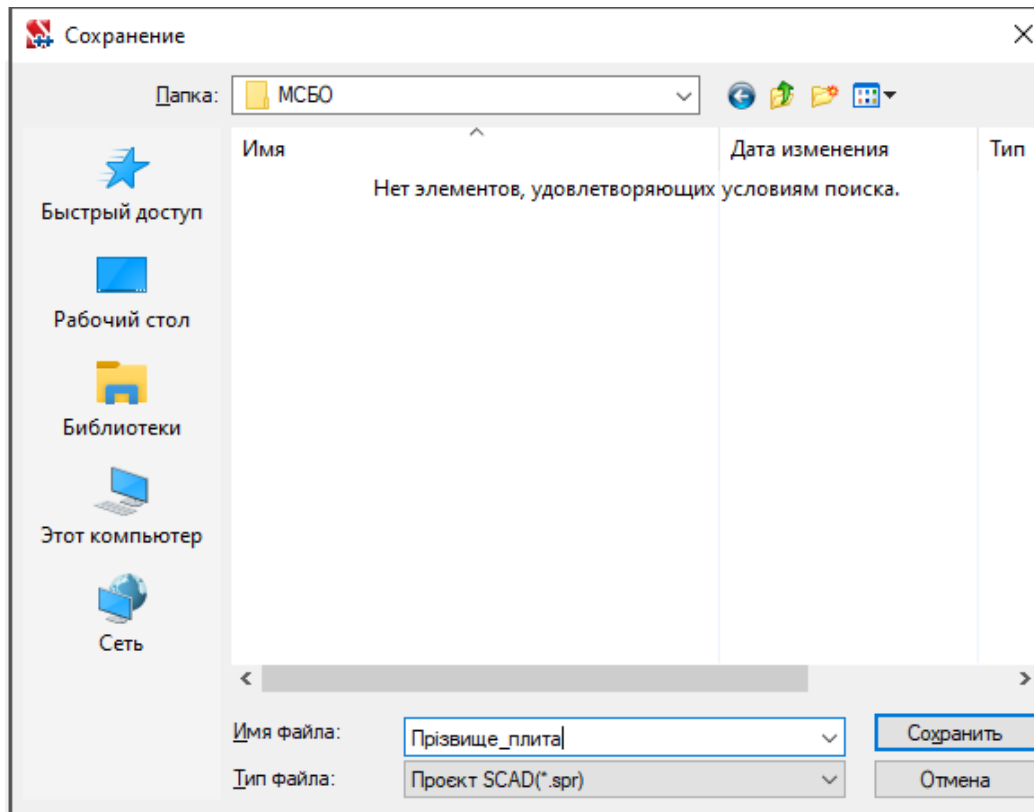


Рисунок 2.2 – Діалогове вікно вибору місця збереження файлу нового проєкту

У дереві проєкту перейдіть на вкладку «Розрахункова схема».

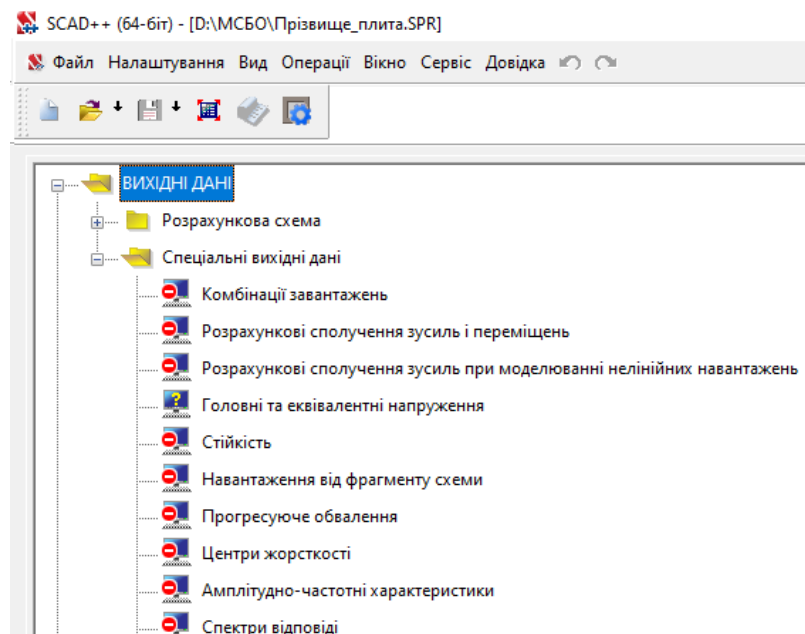


Рисунок 2.3 – Діалогове вікно дерево проєкту

В основному робочому вікні програми створіть сітку розбивочних осей відповідно до індивідуального завдання. Для цього натисніть кнопку «Задавання сітки розбивочних осей» на вкладці «Схема».

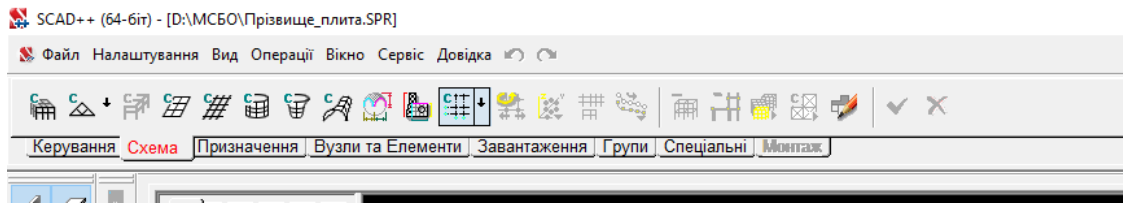


Рисунок 2.4 – Виклик діалогового вікна «Задавання сітки розбиття»

У діалоговому вікні задавання сітки розбиття введіть крок осей у поздовжньому і поперечному напрямку відповідно до вашого індивідуального завдання та натисніть «ОК».

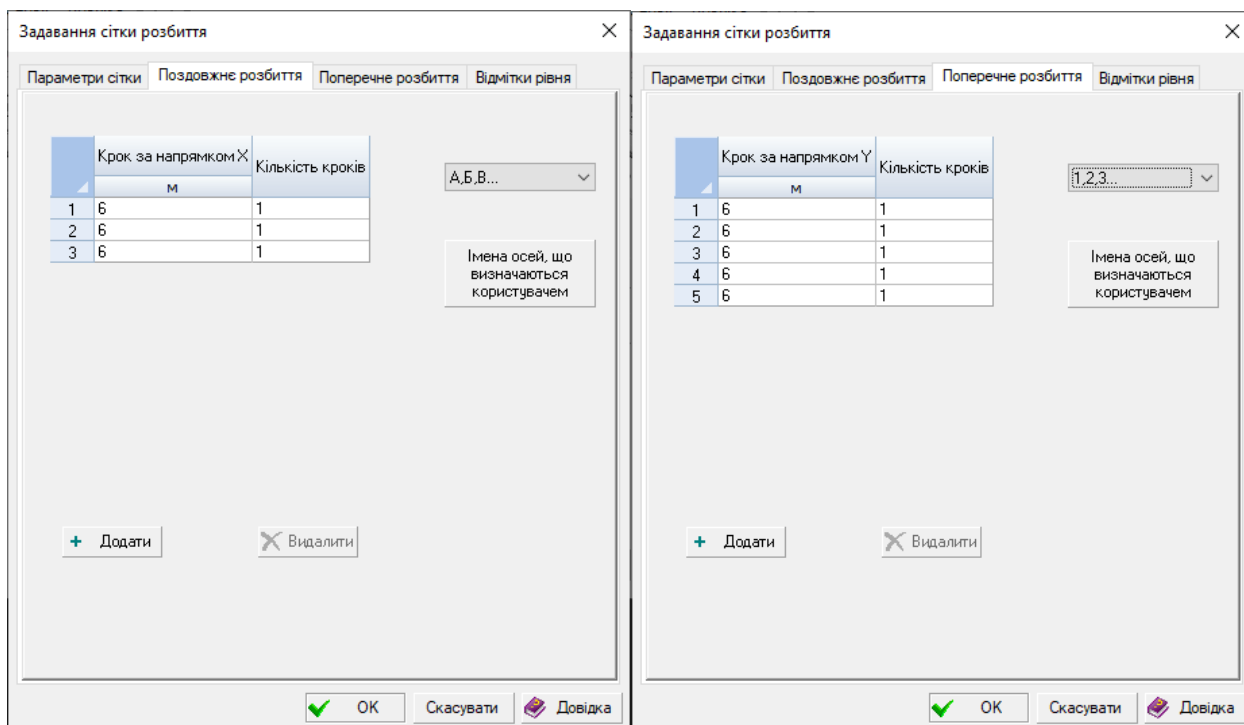
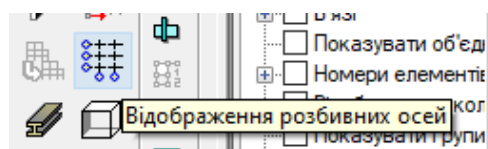


Рисунок 2.5 – Діалогове вікно «Задавання сітки розбиття»

Для відображення створеної сітки розбиття використайте відповідний інструмент на панелі фільтрів:



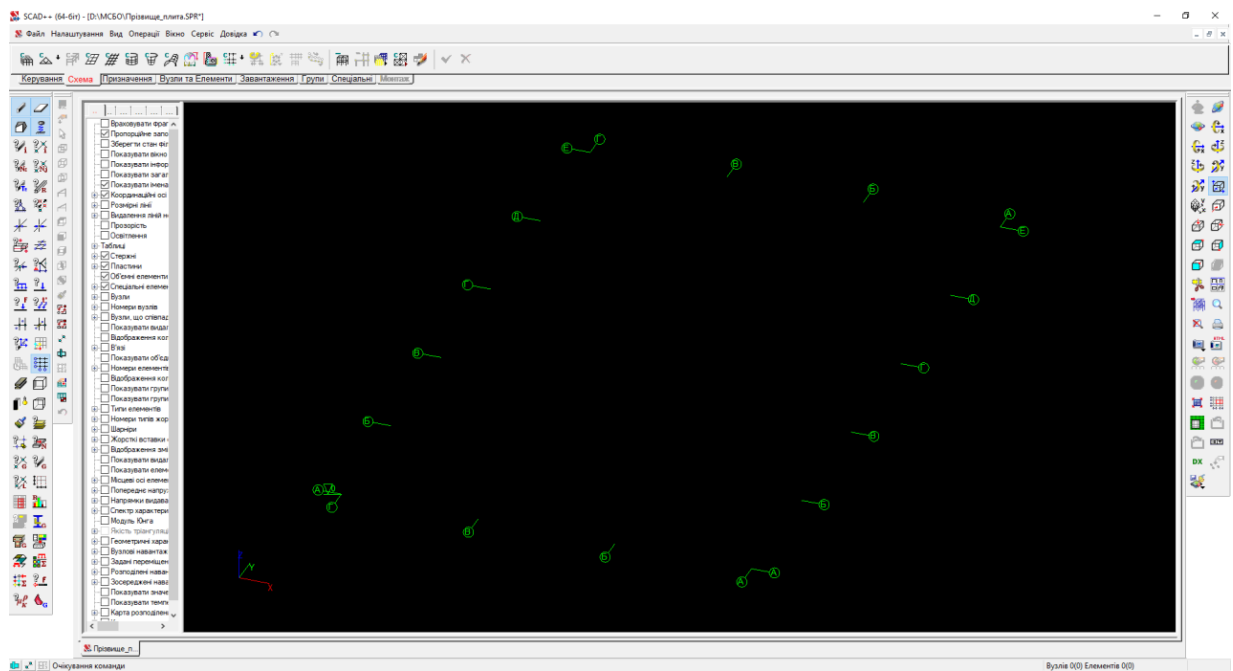


Рисунок 2.6 – Відображення розбивочної сітки у робочому полі програми

Створіть вузли контуру фундаментної плити вашої будівлі відповідно до завдання виходячи з умови, що плита на 1 м більша за контур будівлі в осях. Для цього використайте інструмент «Уведення вузлів» на вкладці «Вузли та елементи». Ведіть 4 вузли з координатами X і Y на 1 м більший за крайні координати кутових точок розбивочних осей.

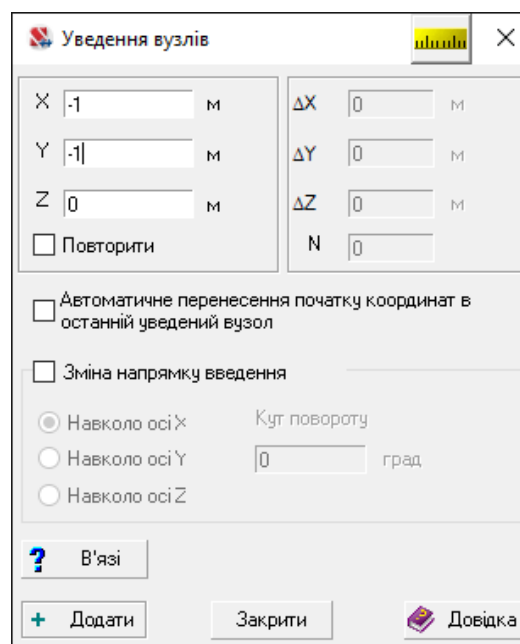


Рисунок 2.7 – Діалогове вікно «Уведення вузлів»

Виконайте триангуляцію створеного контуру прямокутними пластинчастими скінченими елементами розмірами 0,5 м × 0,5 м. Для цього оберіть інструмент «Генерація сітки...» на вкладці «Схема».

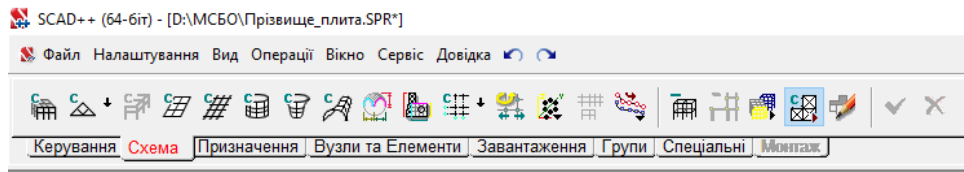


Рисунок 2.8 – Виклик інструменту триангуляції на панелі інструментів

Натисніть кнопку «Задавання конуру» на панелі інструментів «Триангуляція». Обійдіть контур по чотирьох попередньо створених вузлах, закінчивши обхід у першій точці, з якої почали.



Рисунок 2.9 – Панель інструментів «Триангуляція»

Після вибору останньої точки контуру на екрані з'явиться контур майбутньої триангуляції.

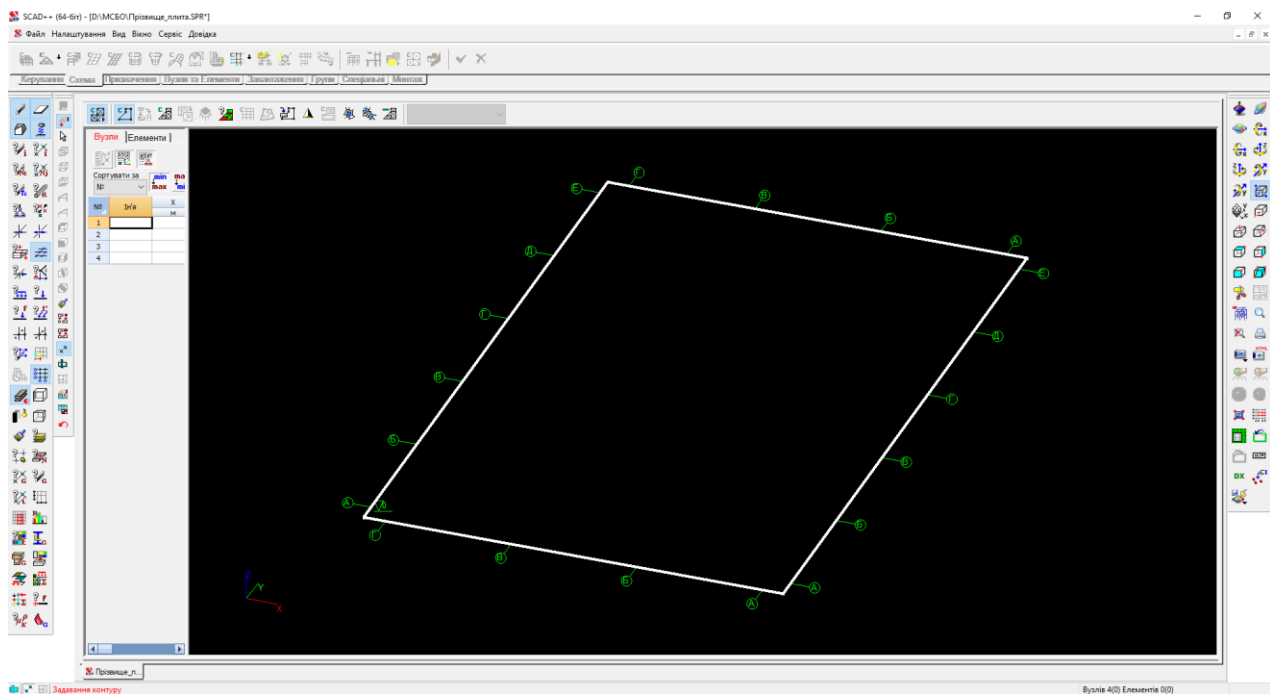



Рисунок 2.10 – Результат створення контуру

Після створення контуру триангуляції натисніть кнопку  «Генерація сітки...» для призначення параметрів триангуляції.

У новому діалоговому вікні «Автоматична триангуляція» встановіть такі параметри:

- створення ортогональної сітки із заданим максимальним розміром елементу;
- об'єднувати тривузлові елементи у чотиривузлові;
- крок триангуляції – 0,5м;
- та натисніть «ОК».

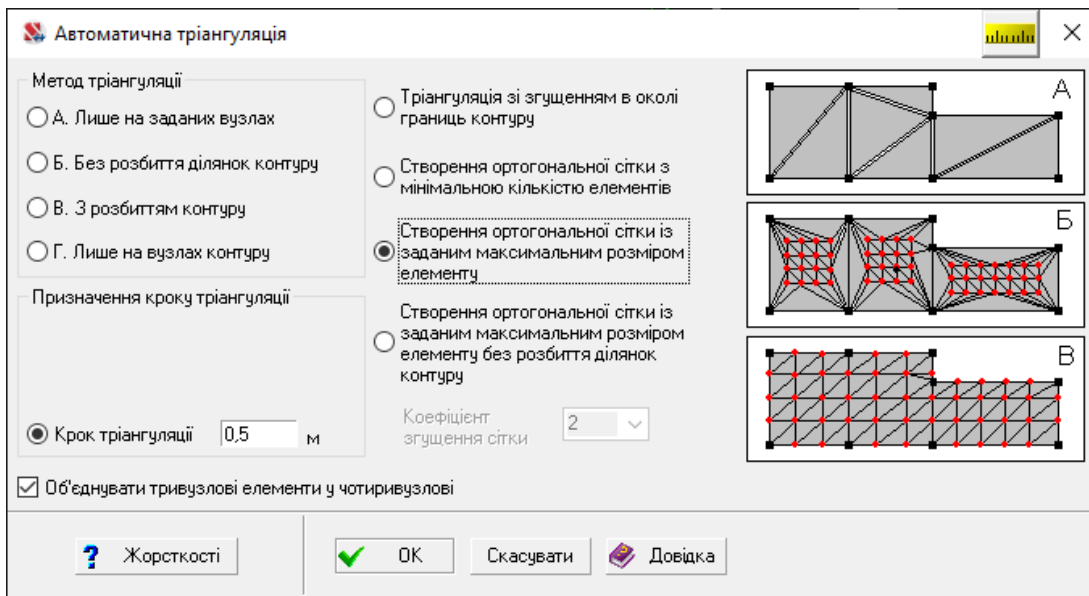



Рисунок 2.11 – Діалогове вікно «Автоматична триангуляція»

Застосуйте результати триангуляції за допомогою кнопки  «Розміщення триангуляції...»

Вийдіть з режиму триангуляції, натиснувши кнопку .

Після створення сітки триангуляції створеним елементам необхідно призначити жорсткості, котрі відповідають матеріалу монолітної залізобетонної фундаментної плити. Перейдіть на вкладку «Призначення» та натисніть кнопку «Призначення жорсткостей пластинам»

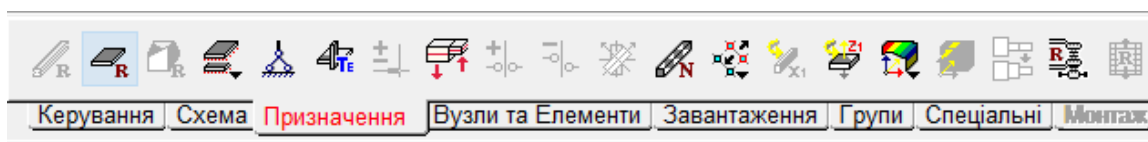


Рисунок 2.12 – Призначення жорсткостей пластинам на вкладці «Призначення»

У діалоговому вікні «Жорсткості пластин» встановіть такі параметри:

- матеріал – важкий бетон класу C16/20;
- товщина плити – 0,5м.

Призначте ім'я типу жорсткості – Фундаментна плита.

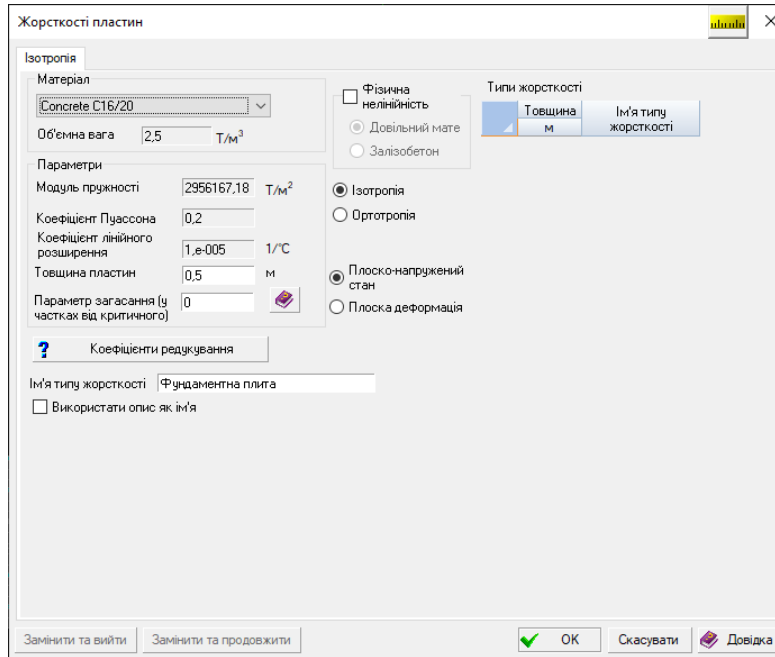


Рисунок 2.13 – Діалогове вікно «Жорсткості пластин»

Оберіть прямокутником усі створені пластинчаті скінченні елементи і натисніть кнопку підтвердження.

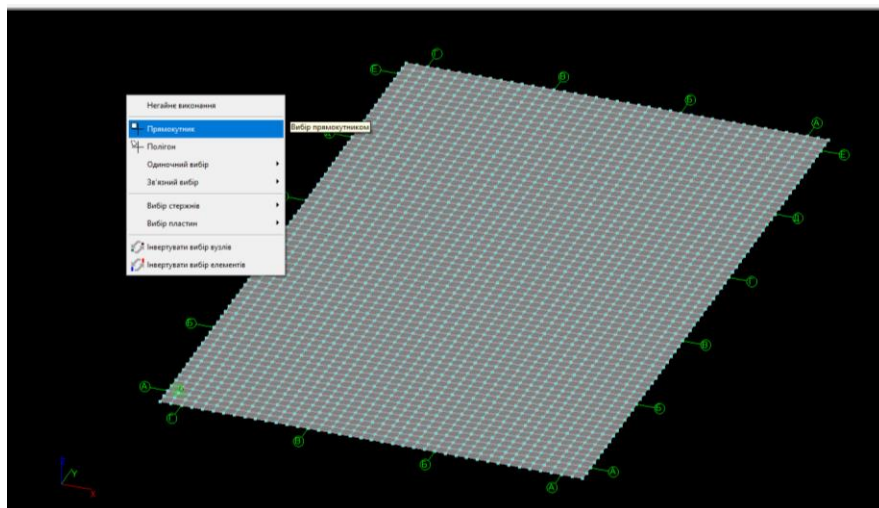


Рисунок 2.14 – Вибір платин для призначення жорсткості у робочому полі програми

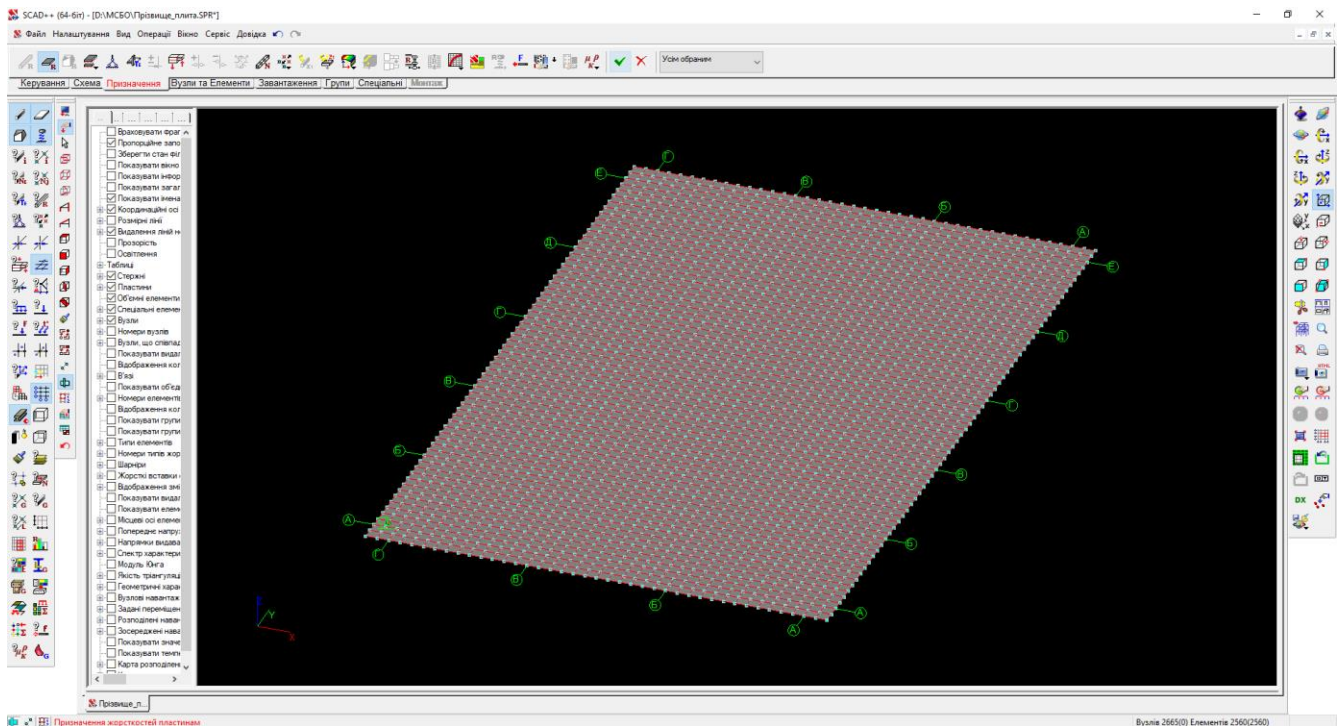


Рисунок 2.15 – Підтвердження застосування жорсткостей до фундаментної плити

Натисніть правою кнопкою миші на кнопку «Видалення ліній невидимого контуру» на панелі фільтрів і поставте прапорець на «Показувати товщину пластин» для контролю застосування типу жорсткості.

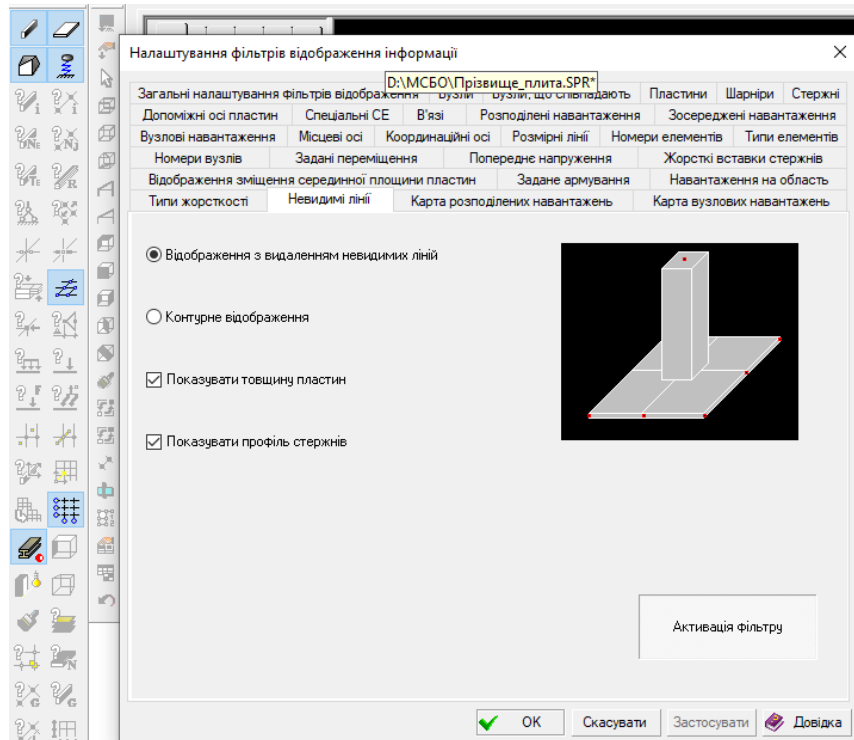


Рисунок 2.16 – Активація фільтра відображення товщини пластин

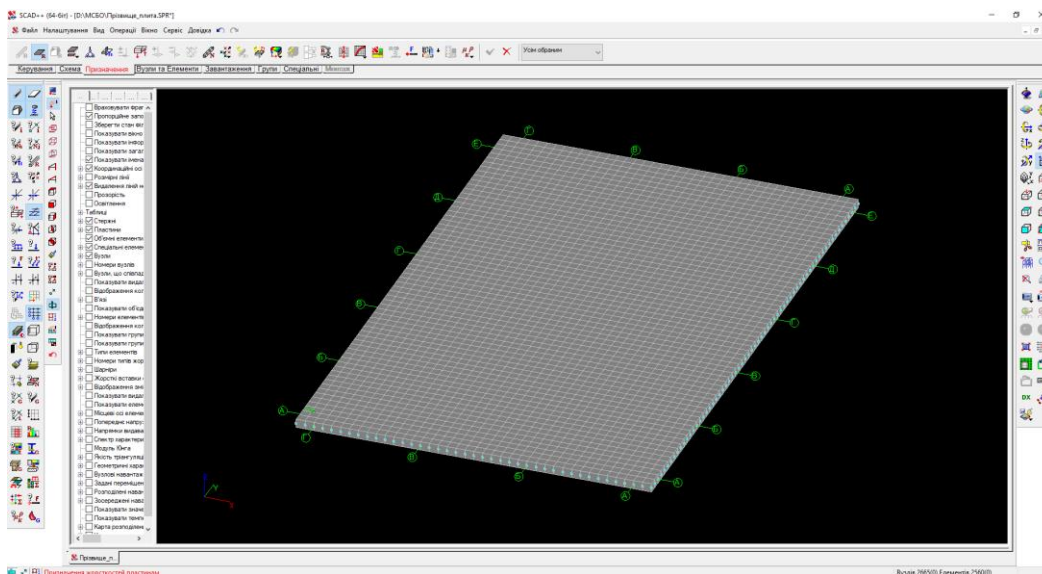


Рисунок 2.17 – Відображення створеної фундаментної плити з активованим фільтром відображення товщини пластин

Для створеної фундаментної плити задайте армування за допомогою інструменту «Задання схеми армування...» на вкладці «Призначення».



Рисунок 2.18 – Інструмент «Задання схеми армування...» на вкладці «Призначення»

У новому діалоговому вікні призначте робочу арматуру $\varnothing 12$ з кроком $200 \text{ мм} \times 200 \text{ мм}$, і поперечну арматуру $\varnothing 10$ з кроком $600 \text{ мм} \times 600 \text{ мм}$, призначте ім'я створеному армуванню і натисніть «ОК».

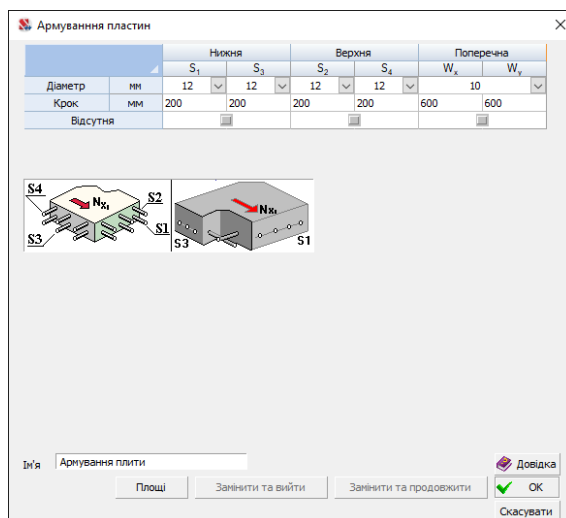


Рисунок 2.19 – Призначення армування пластин

Оберіть всі скінченні елементи створеної плити і натисніть кнопку підтвердження для призначення заданого армування.

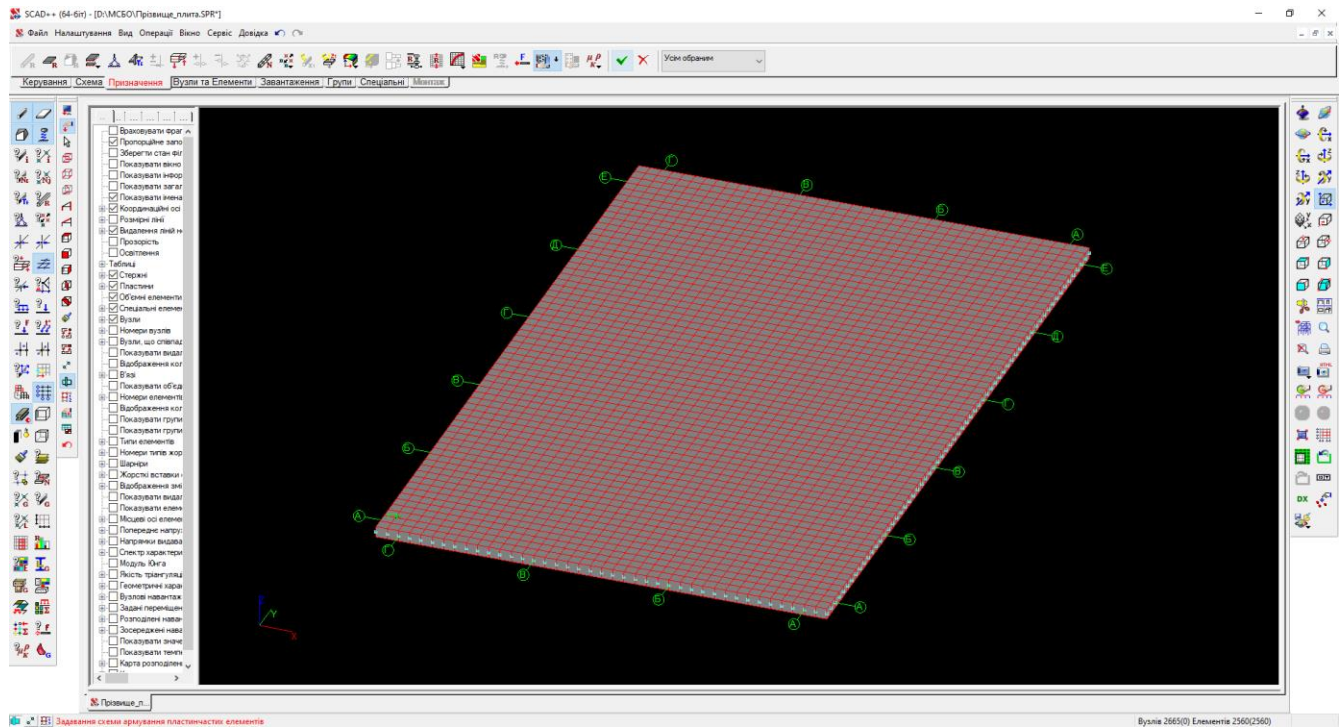


Рисунок 2.20 – Застосування заданого армування до моделі фундаментної плити

Використайте інструмент «Інформація про елемент» на панелі фільтрів для контролю призначення армування і жорсткостей.

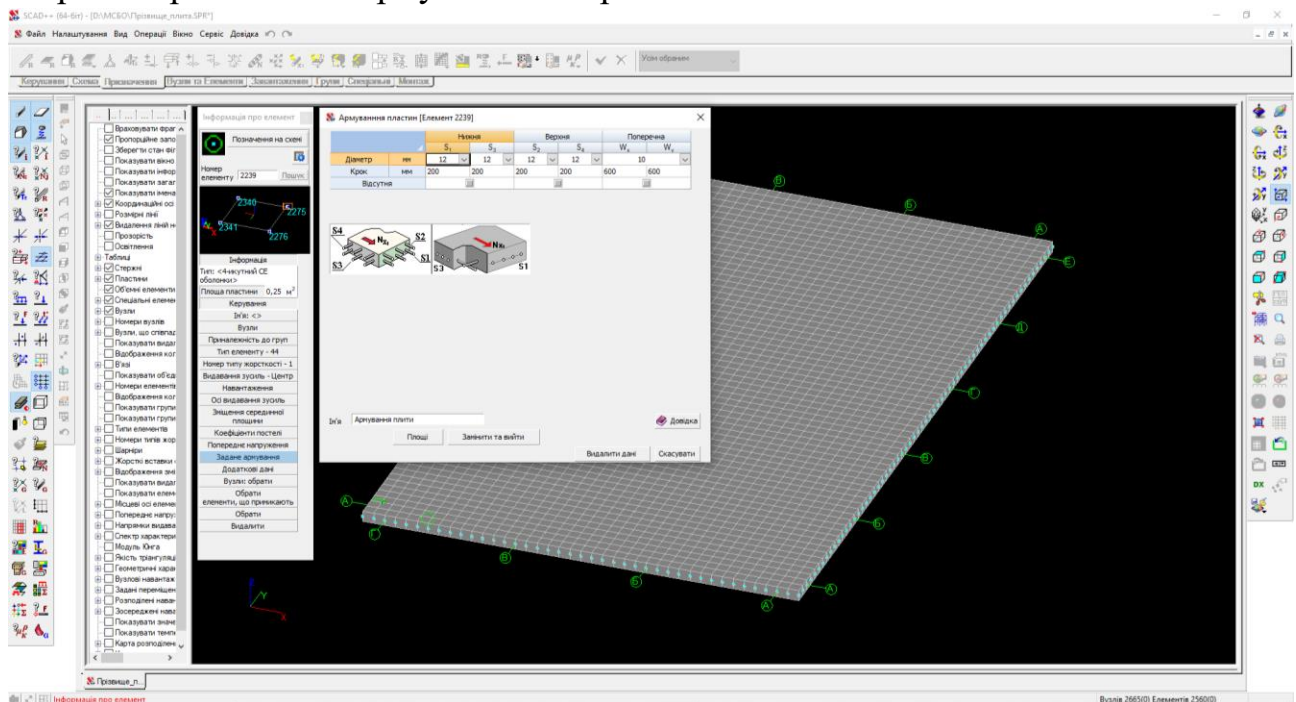


Рисунок 2.21 – Інформація про армування обраного скінченного елемента

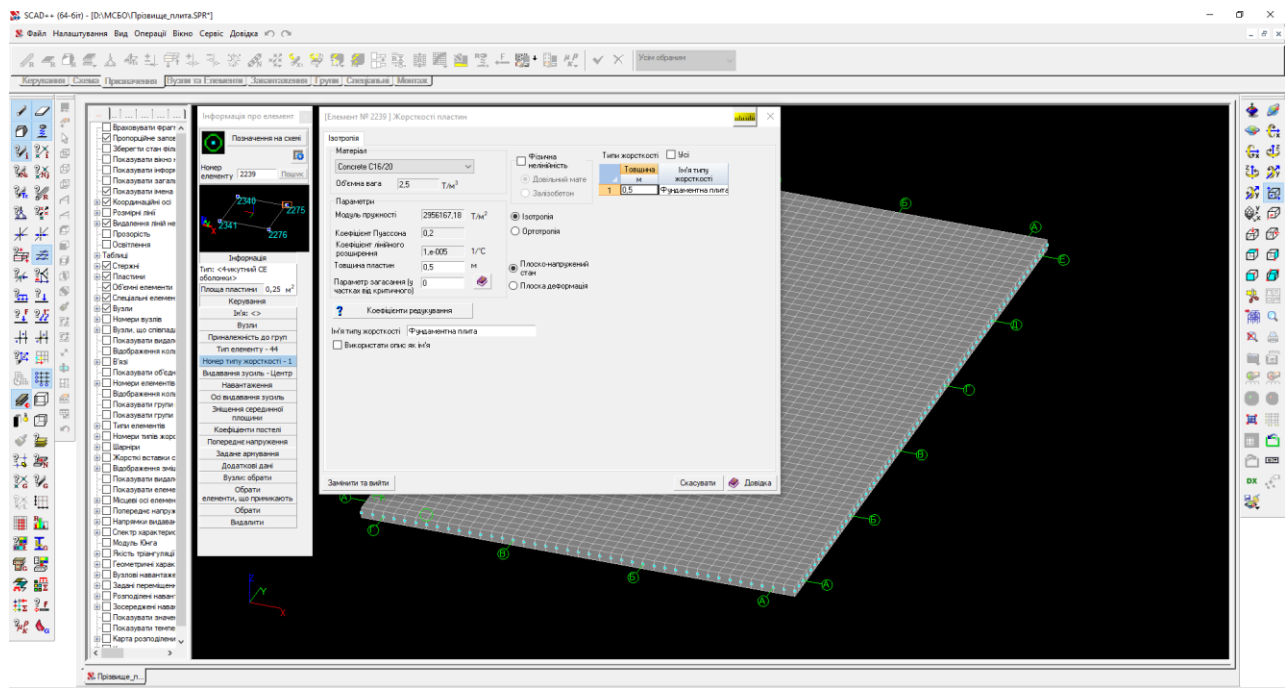


Рисунок 2.22 – Інформація про жорсткість обраного скінченного елемента

Після задання параметрів матеріалу і армування створеної фундаментної плити створіть завантаження її власної ваги. Для цього перейдіть на вкладку «Завантаження» і натисніть кнопку «Власна вага».

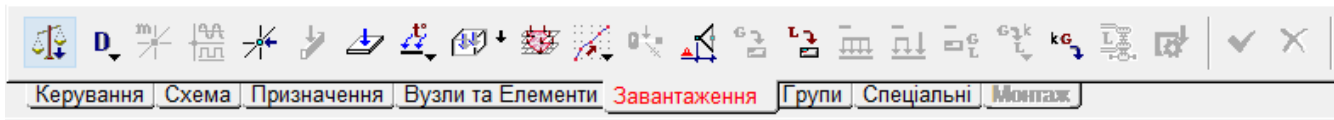


Рисунок 2.23 – Кнопка «Власна вага» на вкладці «Завантаження»

У діалоговому вікні «Власна вага» встановіть коефіцієнт надійності по навантаженню від власної ваги залізобетонних конструкцій виготовлених на будівельному майданчику відповідно до ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи.

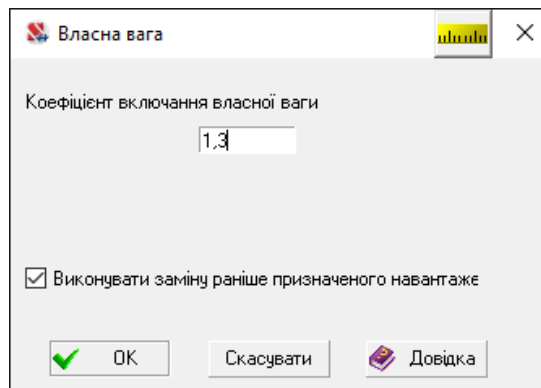
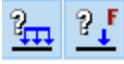


Рисунок 2.24 – Діалогове вікно «Власна вага»

Упевніться в прикладенні навантаження від власної ваги, активувавши відповідні опції на панелі фільтрів .

У робочому просторі програми відобразиться відповідне відображення розподілених навантажень і їхніх значень.

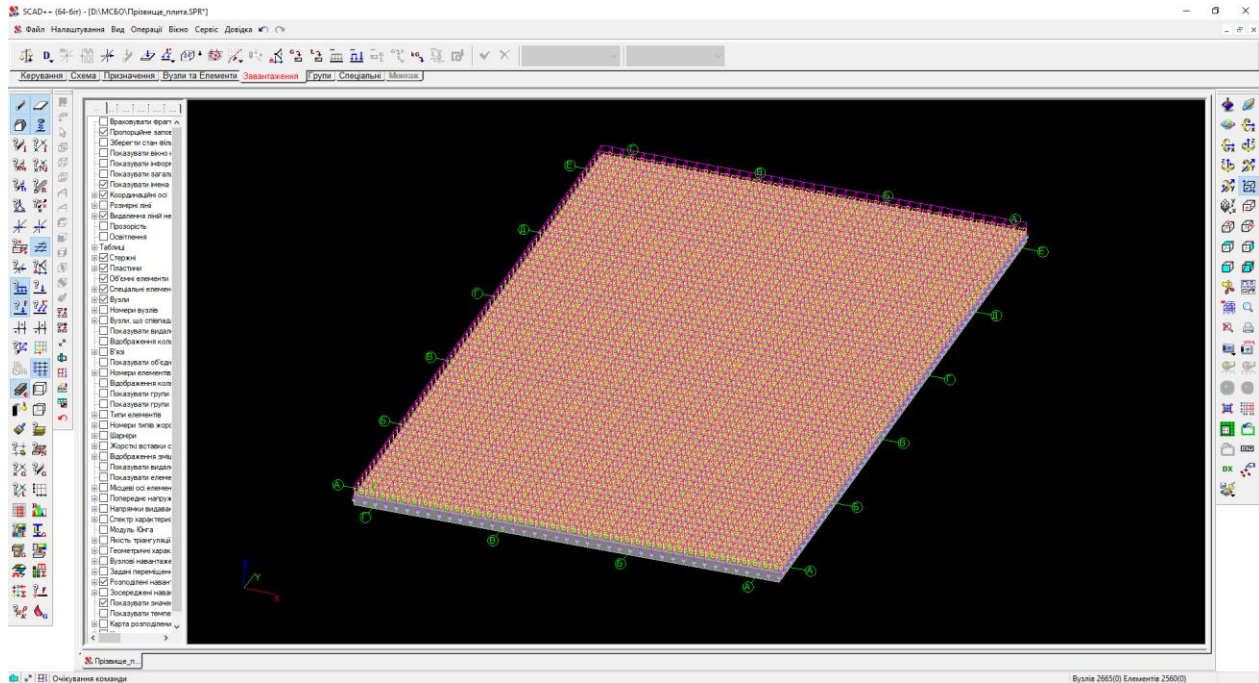



Рисунок 2.25 – Відображення власної ваги фундаментної плити

Збережіть створене завантаження, натиснувши на кнопку  «Зберегти завантаження».

У діалоговому вікні «Збереження завантажень» введіть ім'я завантаження «Власна вага плити» та оберіть тип і вид завантаження. Після цього натисніть кнопку «Записати як нове» потім «ОК».

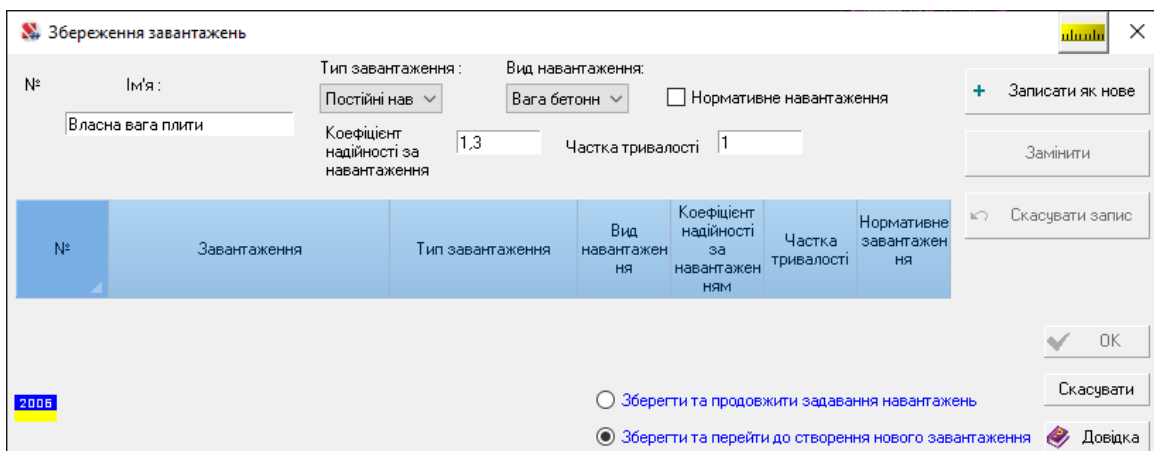



Рисунок 2.26 – Діалогове вікно «Збереження завантажень»

Наступним кроком є призначення до плити попередніх коефіцієнтів пружної основи, отриманих за результатами виконання попереднього завдання у програмі ЗАПРОС. Призначення попередніх коефіцієнтів необхідне для першої ітерації розрахунку.

Перейдіть на вкладку «Призначення» і натисніть кнопку  призначення коефіцієнтів пружної основи.

У діалоговому вікні «Призначення коефіцієнтів пружної основи пластин» введіть значення для першої ітерації, отримані в програмі ЗАПРОС.

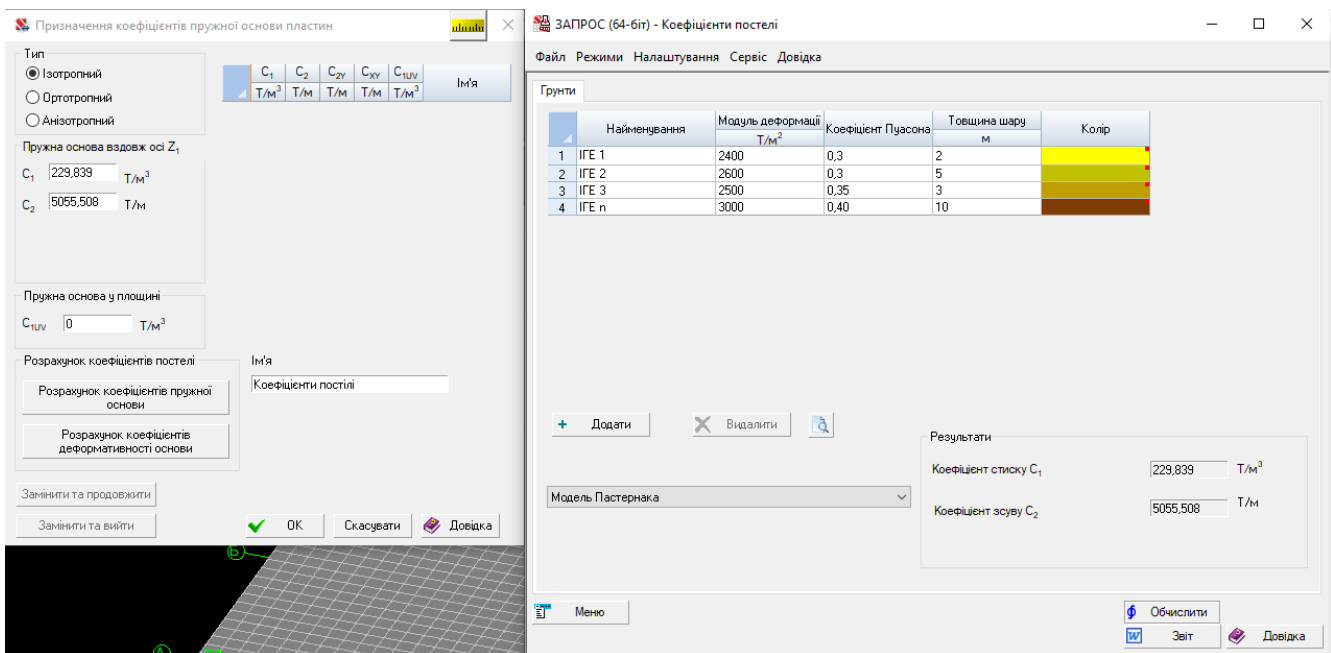




Рисунок 2.27 – Діалогове вікно «Призначення коефіцієнтів пружної основи пластин» та результати розрахунку попередніх коефіцієнтів постелі у програмі ЗАПРОС

Натисніть кнопку «ОК» у діалоговому вікні й оберіть всі скінчені елементи фундаментної плити, після чого натисніть кнопку підтвердження.

Далі експортуємо отриману скінченно-елементну модель в підпрограму КРОСС ітеративного розрахунку коефіцієнтів постелі. Натискаємо кнопку  «Розрахунок коефіцієнтів пружної основи» на вкладці «Призначення» і обираємо всі скінченні елементи фундаментної плити. Натискаємо кнопку підтвердження.

У діалоговому вікні натискаємо кнопку . При активації підпрограма КРОСС ще раз запитає про наявність підготовленого майданчика, знову підтверджуємо його відсутність і переходимо до його створення у новому вікні програми КРОСС.

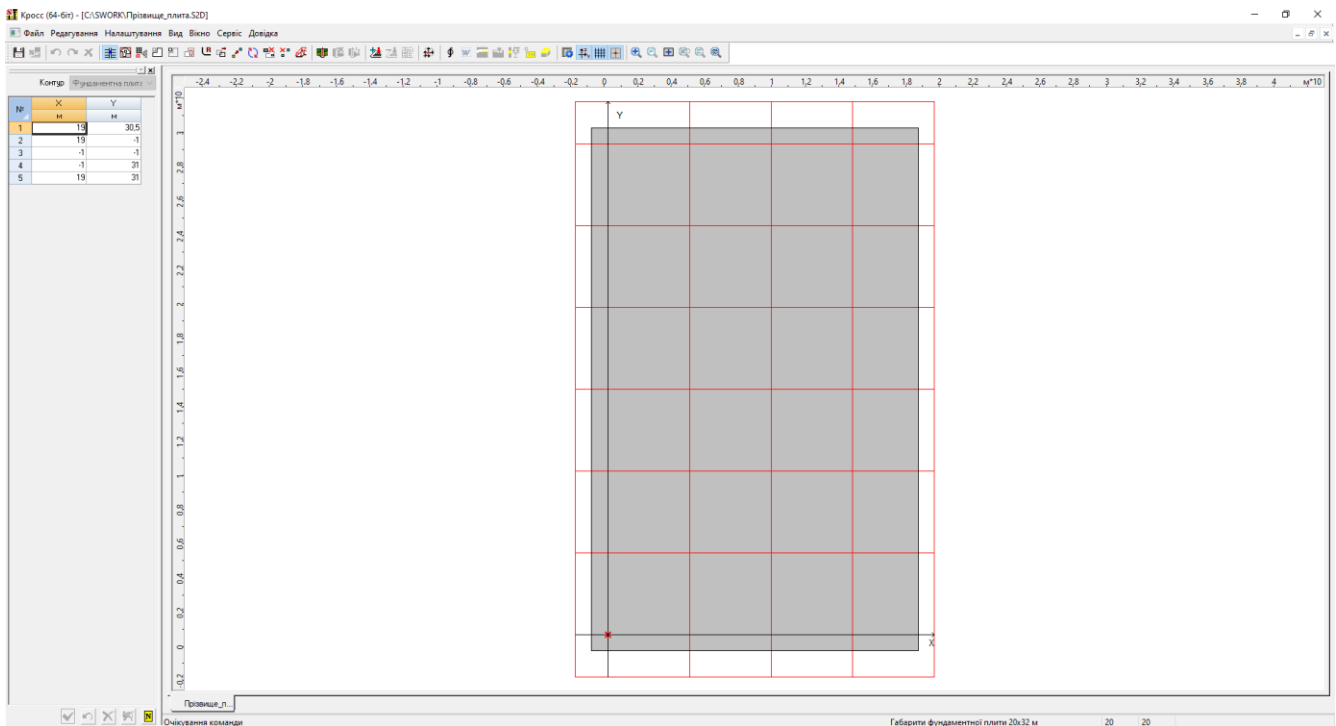



Рисунок 2.28 – Робочий простір програми КРОСС з імпортованою фундаментною плитою з програми SCAD++

Налаштуйте параметри сітки, встановивши крок 0,5 м і використавши відповідну кнопку  та діалогове вікно програми.

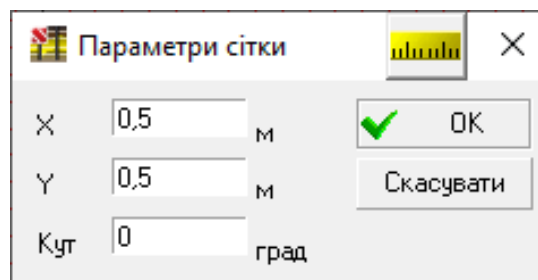


Рисунок 2.29 – Діалогове вікно «Параметри сітки» програми КРОСС


Далі необхідно задати ґрунтові умови відповідно до вашого завдання. Застосовуючи інструмент  «Додати свердловини» на панелі інструментів програми КРОСС, додаємо дві свердловини по діагональним кутам будівлі.



Рисунок 2.30 – Панель інструментів програми КРОСС

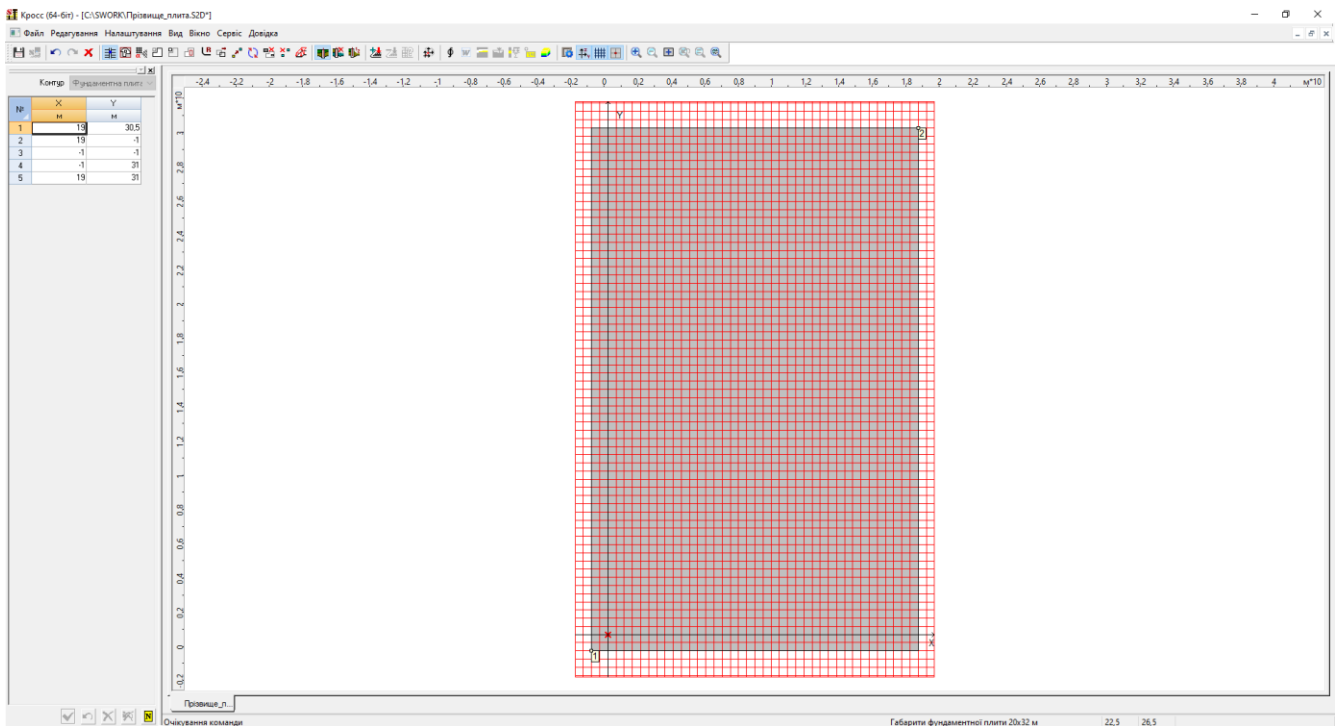



Рисунок 2.31 – Розміщення свердловин на площадці

Далі натискаємо кнопку  «Параметри свердловин» для створення ґрунтових умов відповідно до вашого завдання.

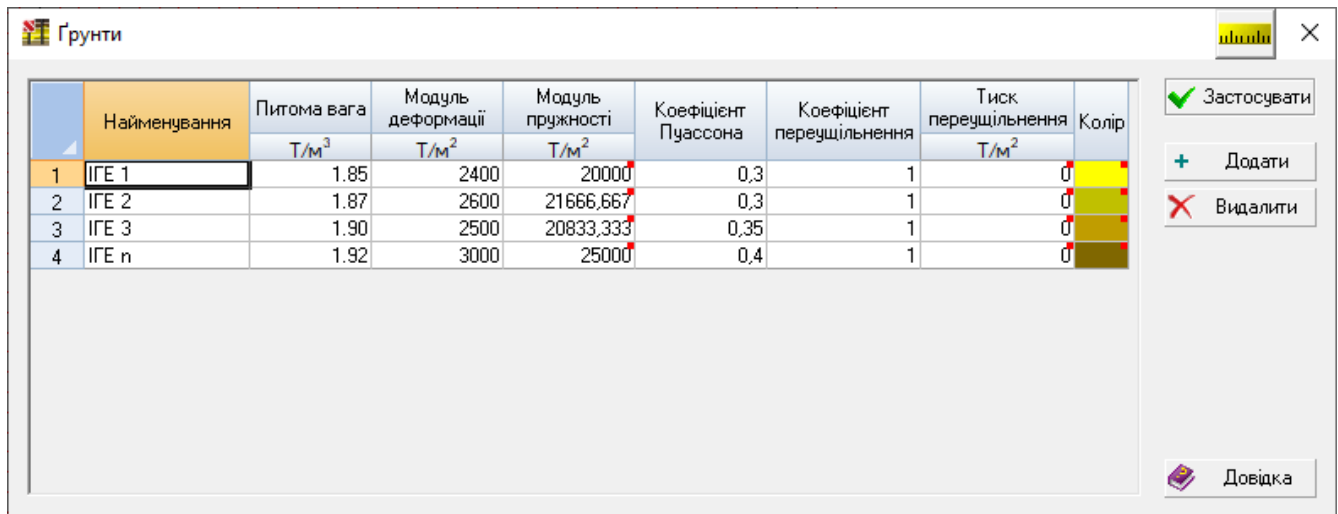



Рисунок 2.32 – Введення інформації про ґрунтові умови на вкладці «Грунти»

Після введення всіх необхідних даних натискаємо кнопку «Застосувати» і повертаємося до діалогового вікна «Параметри свердловин». У діалоговому вікні «Параметри свердловин» переносимо створені інженерно-геологічні елементи до

геологічної колонки і вказуємо відмітки верху кожного ІГЕ відповідно до завдання. Упевнюємося в коректності створення геологічної колонки, натиснувши кнопку  «Попередній перегляд» для візуалізації геологічної колонки.

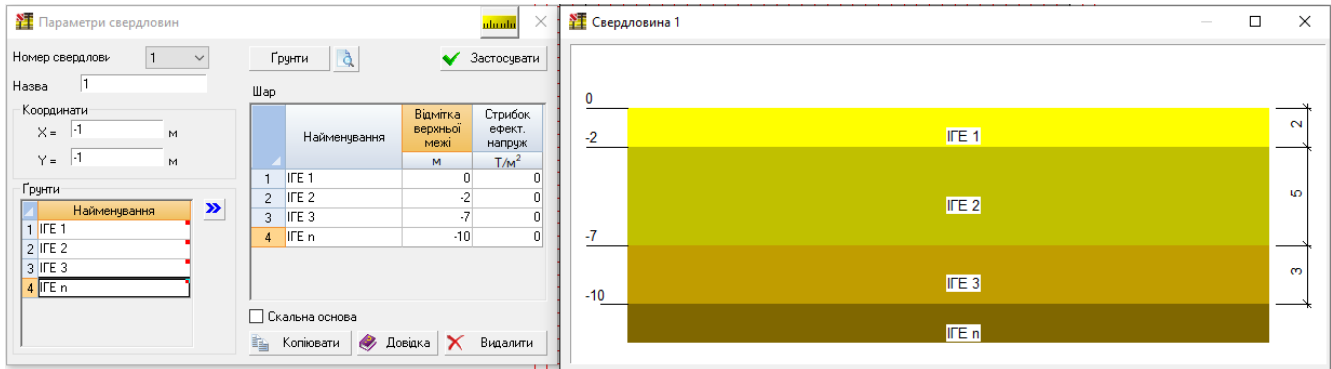


Рисунок 2.33 – Створення геологічної колонки по свердловині 1

Із випадного списку обираємо свердловину № 2 і повторюємо аналогічну операцію зі створення геологічної колонки. Після цього натискаємо кнопку «Застосувати».

Натискаємо кнопку «Об’ємне відображення» для контролю коректності побудови геологічної структури майданчика.

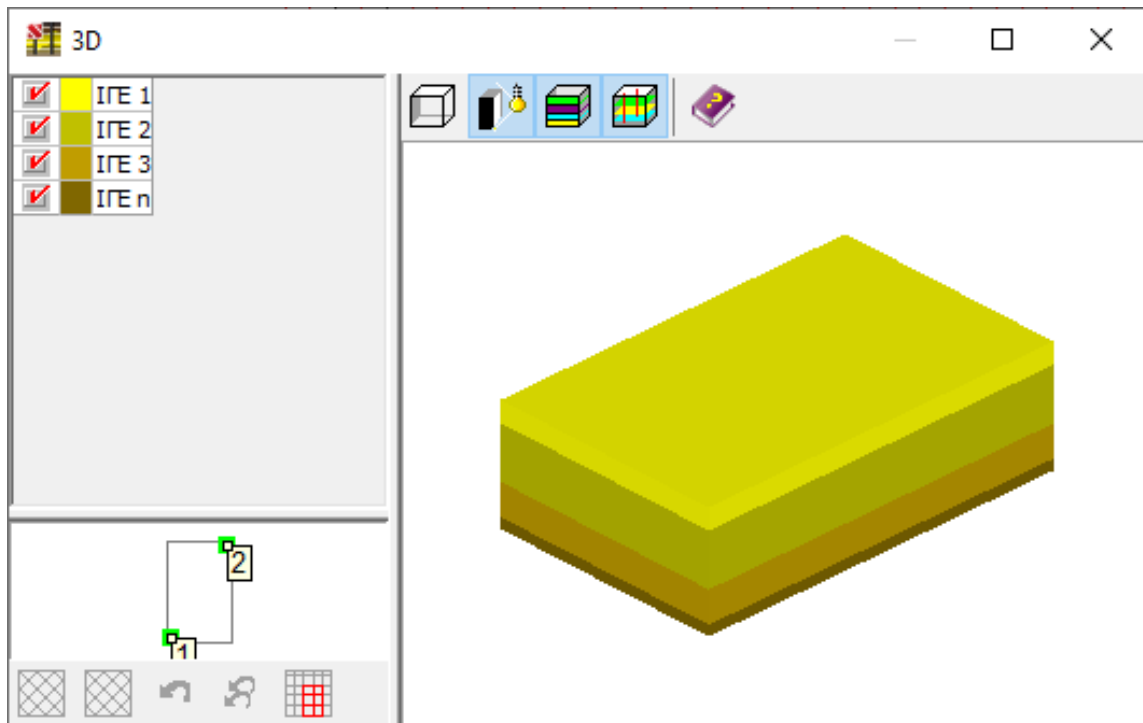



Рисунок 2.34 – Об’ємне відображення геологічної будови майданчика

Встановлюємо відмітку підшови плити і навантаження для першої ітерації (котре дорівнює навантаженню від власної ваги фундаментної плити) за допомогою меню, котре викликається кнопкою  , підтверджуємо кнопкою «ОК».

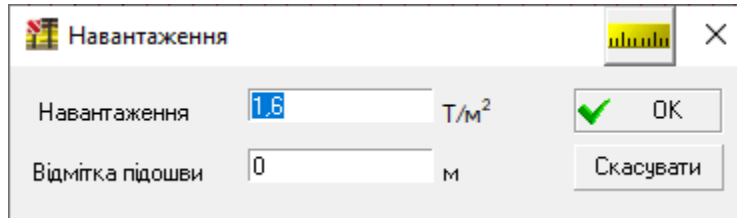



Рисунок 2.35 – Діалогове вікно «Навантаження»

Переміщуємо точку розрахунку стисливої товщі в центр плити за допомогою меню «Редагування» і натискаємо кнопку  «Розрахувати».

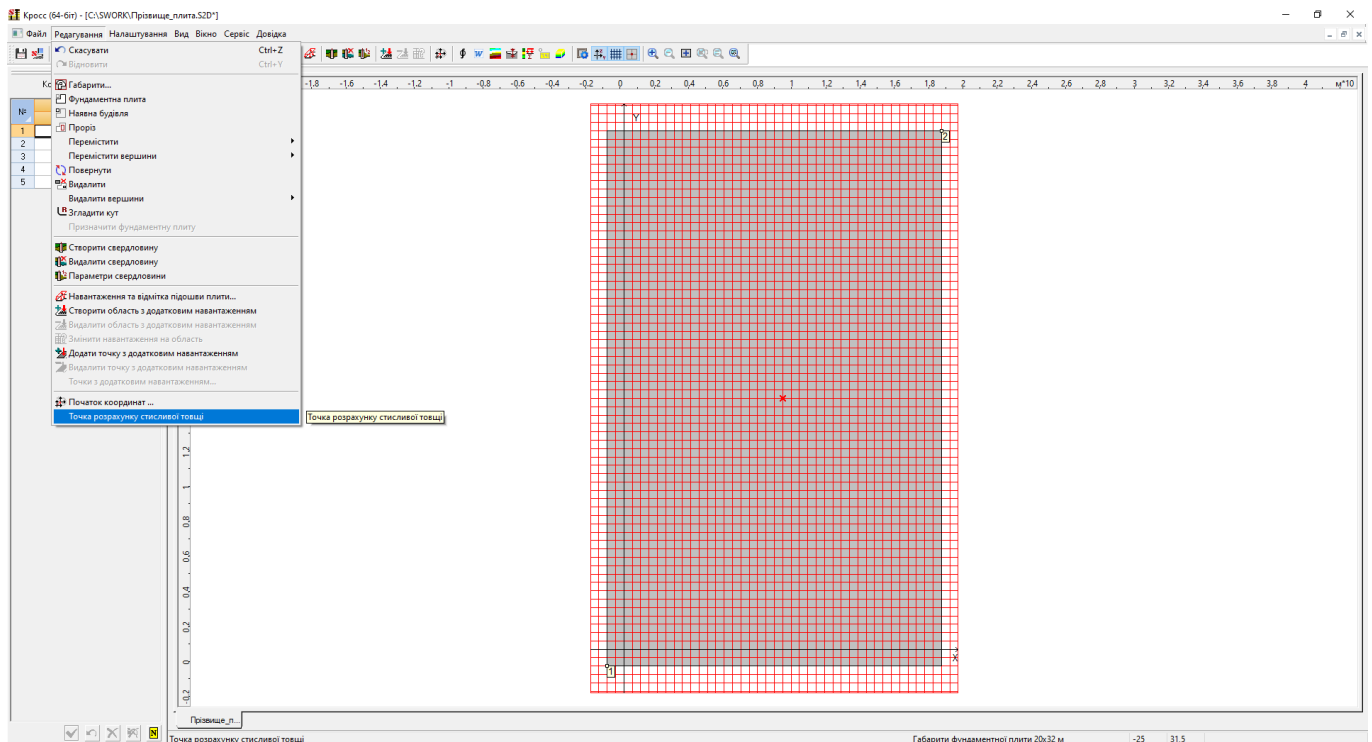


Рисунок 2.36 – Встановлення точки розрахунку стисливої товщі

У вікні з результатами розрахунку натискаємо кнопку  Застосувати .


Результати розрахунку

Мінімальне значення коефіцієнта постелі	455,526	T/M ³
Максимальне значення коефіцієнта постелі	1474,304	T/M ³
Середнє значення коефіцієнта постелі	537,033	T/M ³
Середньоквадратичне відхилення коефіцієнта постелі	0,008	T/M ³
Максимальне осідання	0,351	см
Середнє осідання	0,307	см
Відмітка стисливої товщі визначалася в точці з координатами	9,5x15	м
Нижня відмітка стисливої товщі в даній точці	-6,000	м
Товщина шару стисливої товщі в даній точці	6,000	м
Крен фундаментної плити	0,000	град
Сумарне навантаження	1024,000	T

Градації C₂

	Min	Max
	T/M ³	T/M ³
1	455,526	523,4
2	523,444	591,3
3	591,363	659,2
4	659,281	727,1
5	727,2	795,1
6	795,118	863,0
7	863,037	930,9
8	930,955	998,8

Рисунок 2.37 – Діалогове вікно «Результати розрахунку»

Натискаємо кнопку  «Зберегти дані для SCAD» та закриваємо вікно КРОСС. Отримані дані з модуля КРОСС передаються до SCAD++, де з'являється діалогове вікно «Призначення коефіцієнтів пружної основи». Переставляємо прапорець на «Призначення заданої кількості коефіцієнтів». Встановлюємо значення кількості коефіцієнтів рівним 10 і натискаємо кнопку «Обчислити». Після цього натискаємо кнопку «ОК».

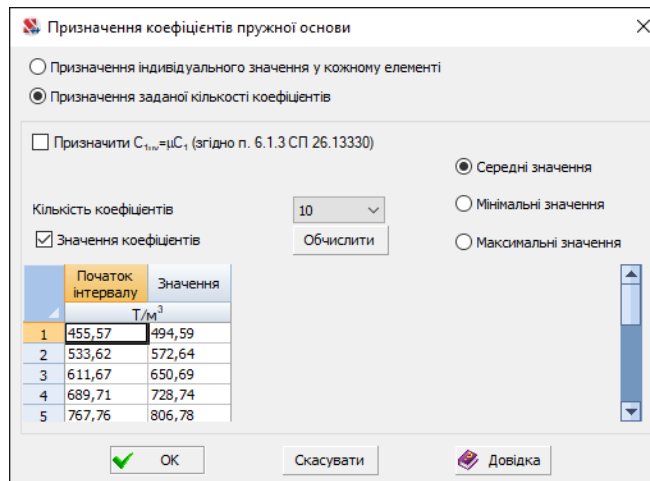


Рисунок 2.38 – Діалогове вікно «Призначення коефіцієнтів пружної основи»

Упевнюємося у коректності призначення коефіцієнтів постелі за допомогою інструменту «Відображення типів жорсткості» панелі фільтрів, налаштувавши його на відображення коефіцієнта постелі C_1 в діалоговому меню після натискання правою кнопкою миші на відповідну кнопку панелі фільтрів.

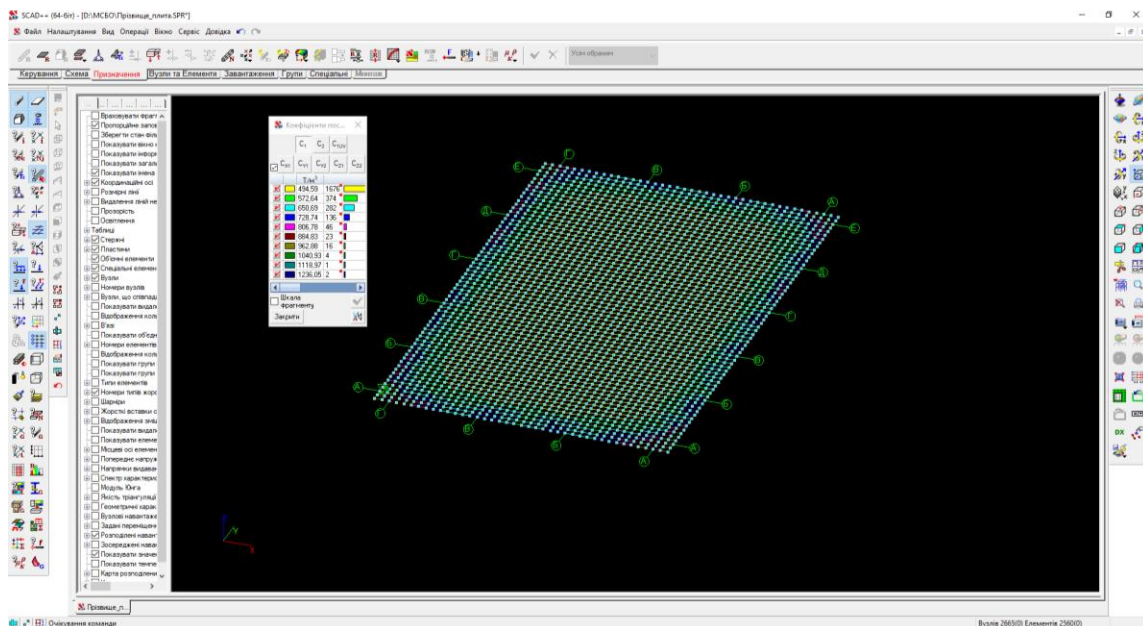



Рисунок 2.39 – Ізополя відображення призначеного коефіцієнта C_1 на фундаментній плиті

Зберігаємо проєкт. Подальшу ітерацію коефіцієнтів постелі продовжуємо після моделювання надземною частиною будівлі і її збірки з фундаментною плитою.

Завдання для самостійної роботи до теми 2. Порахуйте коефіцієнти постелі у програмі ЗАПРОС, застосувавши ідентичні параметри ґрунтових умов. Поясніть отримані результати.

ТЕМА 3 ПОБУДОВА МОДЕЛІ «ОСНОВА – ФУНДАМЕНТ – СПОРУДА»

Створення розрахункової схеми надземної частини будівлі

Для створення нового проєкту натисніть лівою кнопкою миші на відповідну кнопку  у меню «Файл» або на інструментальній панелі. На екрані з'явиться вже знайоме Вам діалогове вікно «Новий проєкт». Введіть у полі «Назва» Ваше прізвище, проконтролюйте вибір норм проєктування і натисніть «ОК».

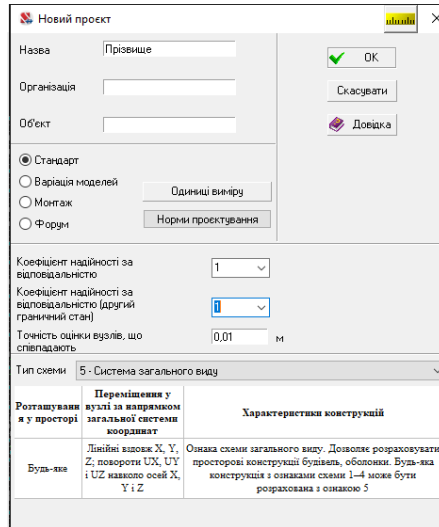


Рисунок 3.1 – Діалогове вікно «Новий проєкт»

У новому вікні оберіть місце збереження проєкту та його назву у форматі «Прізвище_проєкт».

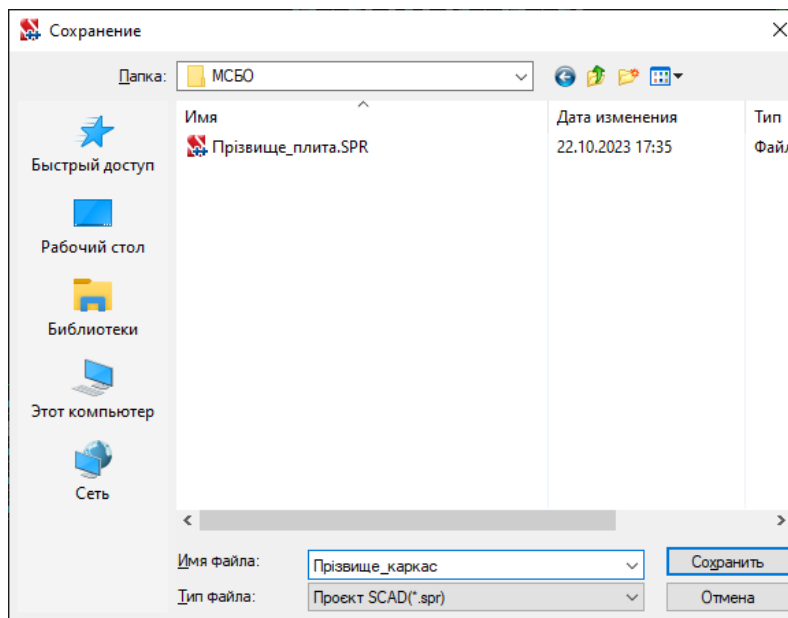


Рисунок 3.2 – Діалогове вікно «Збереження»

Далі створюємо розрахункову схему каркаса надземної частини будівлі відповідно до індивідуального завдання.

У дереві проєкту перейдіть на вкладку «Розрахункова схема».

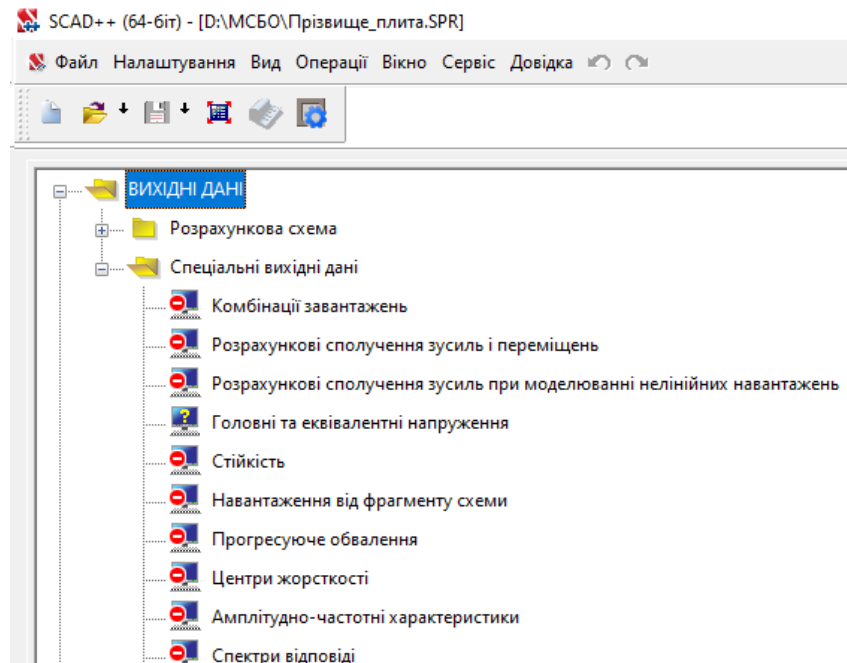


Рисунок 3.3 – Діалогове вікно «Дерево проєкту»

В основному робочому вікні програми створіть сітку розбивочних осей відповідно до індивідуального завдання (сітка розбивочних осей має бути ідентична сітці осей, створених під час моделювання плити за Вашим варіантом). Для цього натисніть кнопку «Задавання сітки розбивочних осей» на вкладці «Схема».

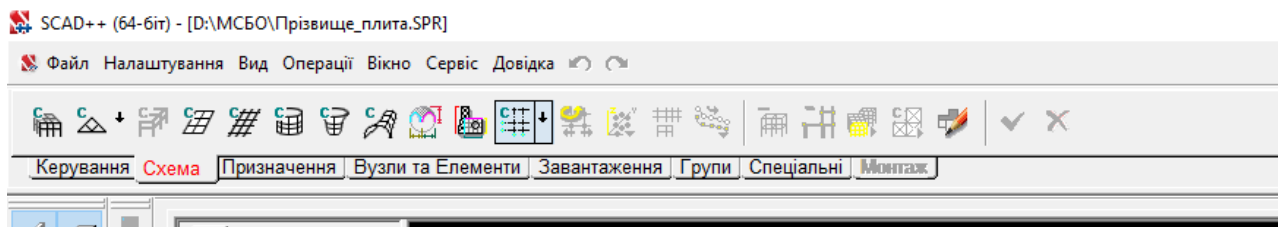


Рисунок 3.4 – Виклик діалогового вікна «Задавання сітки розбиття»

У діалоговому вікні задавання сітки розбиття введіть крок осей у поздовжньому і поперечному напрямку відповідно до вашого індивідуального завдання та натисніть «ОК».

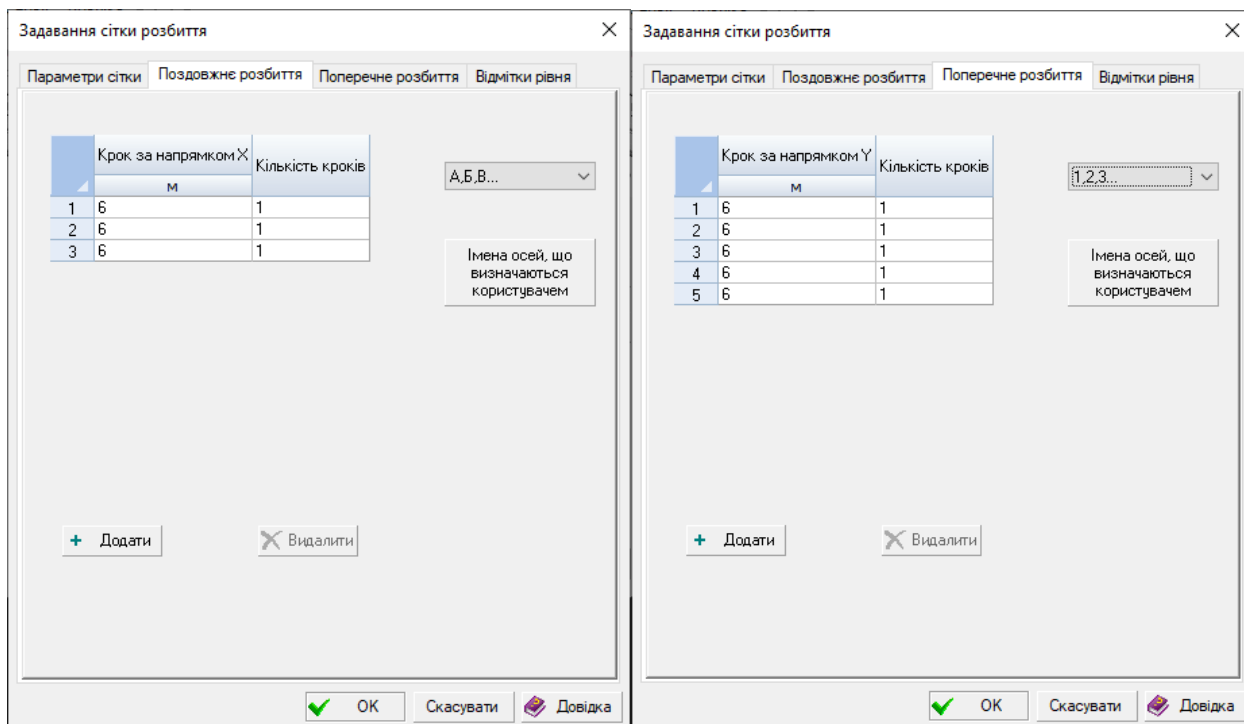


Рисунок 3.5 – Діалогове вікно «Задавання сітки розбиття»

Для відображення створеної сітки розбиття використайте відповідний інструмент на панелі фільтрів:

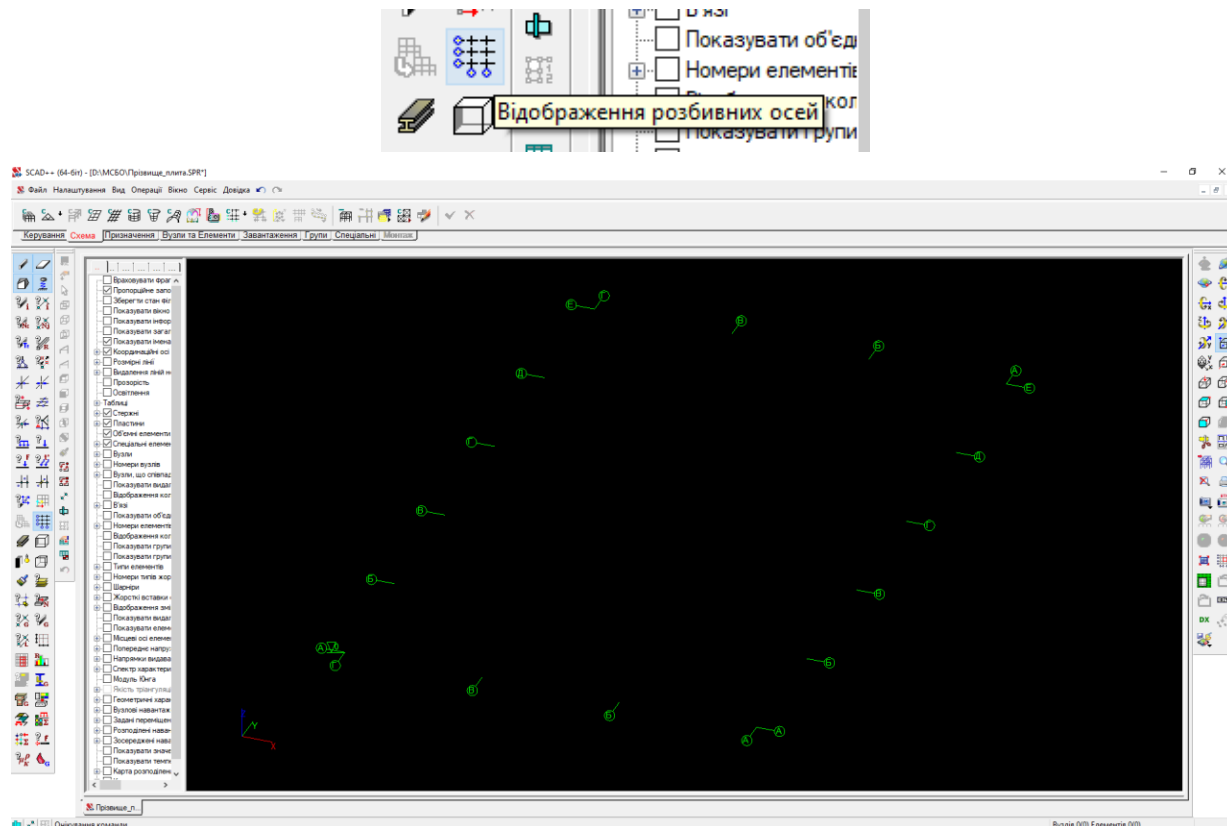


Рисунок 3.6 – Відображення розбивочної сітки у робочому полі програми

Розрахункова схема становить просторовий металевий каркас, який проєктується за рамно-в'язевою схемою забезпечення просторової жорсткості і стійкості.

Спочатку введемо координати точок вузлів поперечної рами по осі 1. Натискаємо кнопку «Уведення вузлів» на вкладці «Вузли та елементи». Координати вузлів визначаються відповідно до індивідуального завдання.

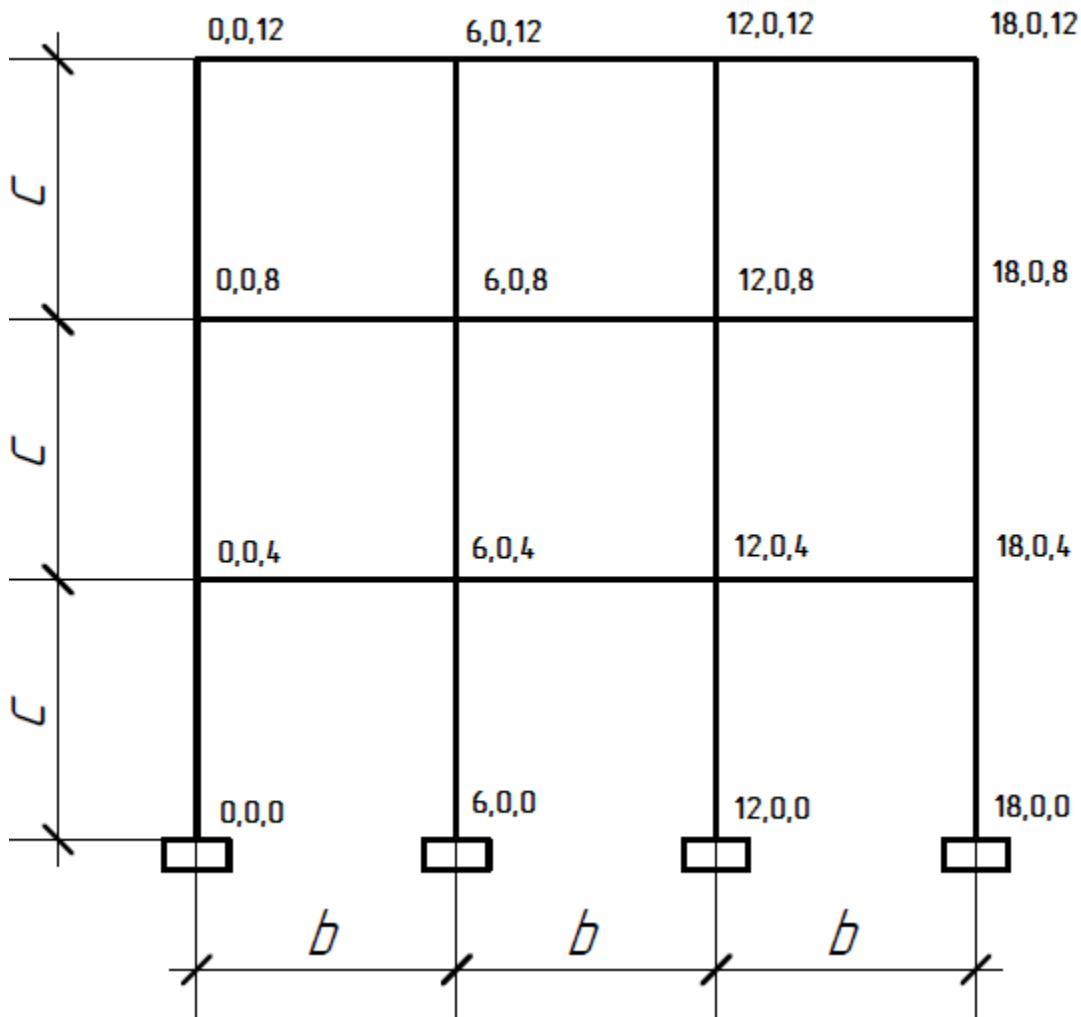


Рисунок 3.7 – Визначення координат вузлів рами по осі 1

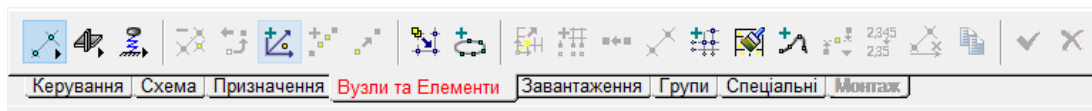


Рисунок 3.8 – Кнопка «Уведення вузлів» на вкладці «Вузли та елементи»

У діалоговому вікні «Уведення вузлів» вводимо координати усіх вузлів першої рами каркасу по осі 1.

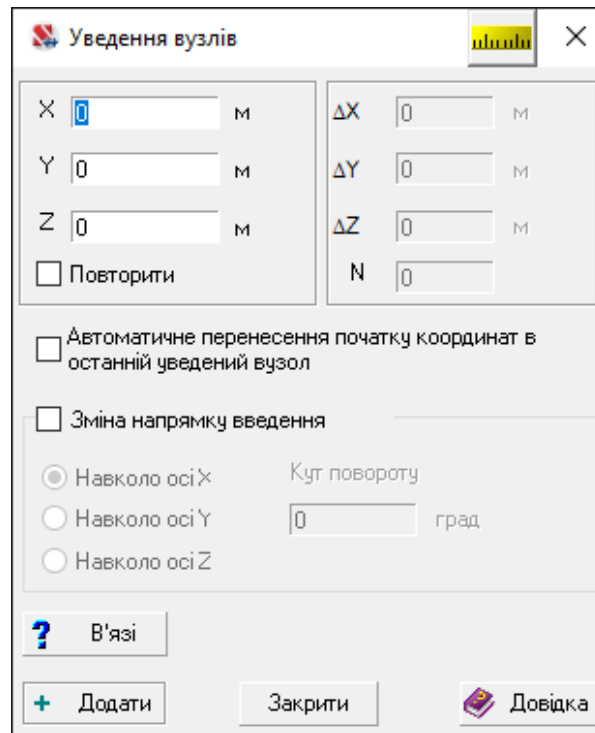


Рисунок 3.9 – Діалогове вікно «Уведення вузлів»

Проконтролюйте правильність введення вузлів у робочому полі програми.

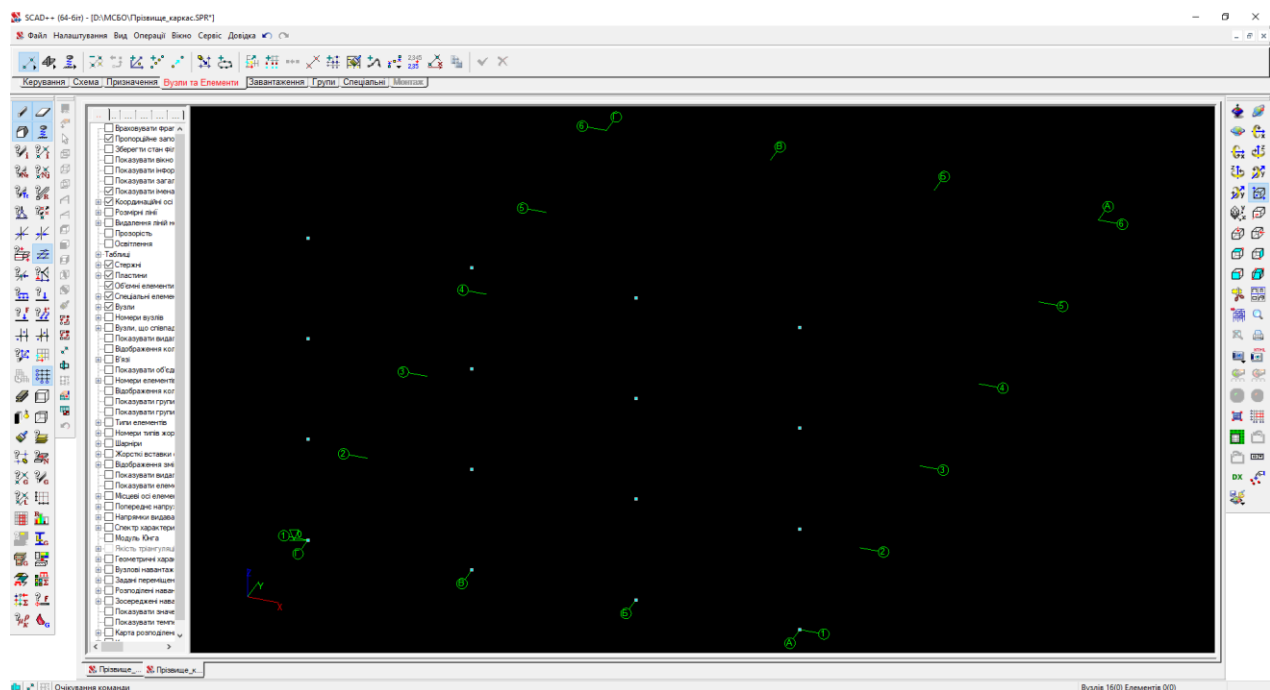


Рисунок 3.10 – Відображення вузлів рами у робочому полі програми

Поєднаємо створені вузли стержнями, які моделюють ригелі та колони рами за допомогою інструменту додавання стержнів на вкладці «Вузли і елементи».

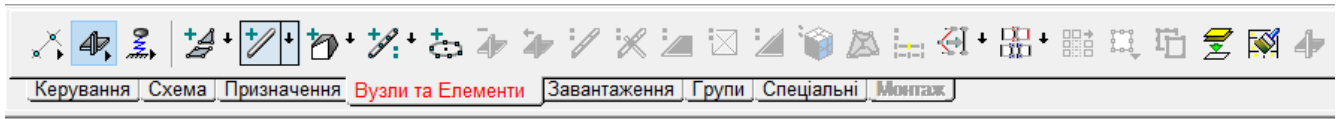


Рисунок 3.11 – Кнопка «Додавання стержнів» на вкладці «Вузли і елементи»

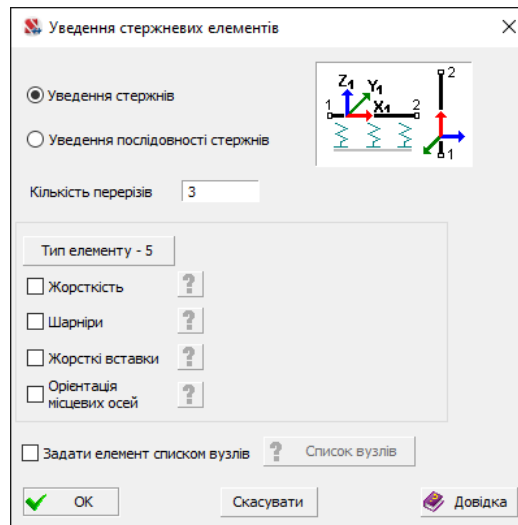


Рисунок 3.12 – Діалогове вікно «Уведення стержневих елементів»

У діалоговому вікні «Уведення стержневих елементів» натискаємо кнопку «ОК» і в робочому полі програми поєднуємо стержнями відповідні вузли, дотримуючись правила поєднання «знизу-вгору» і «зліва-направо»

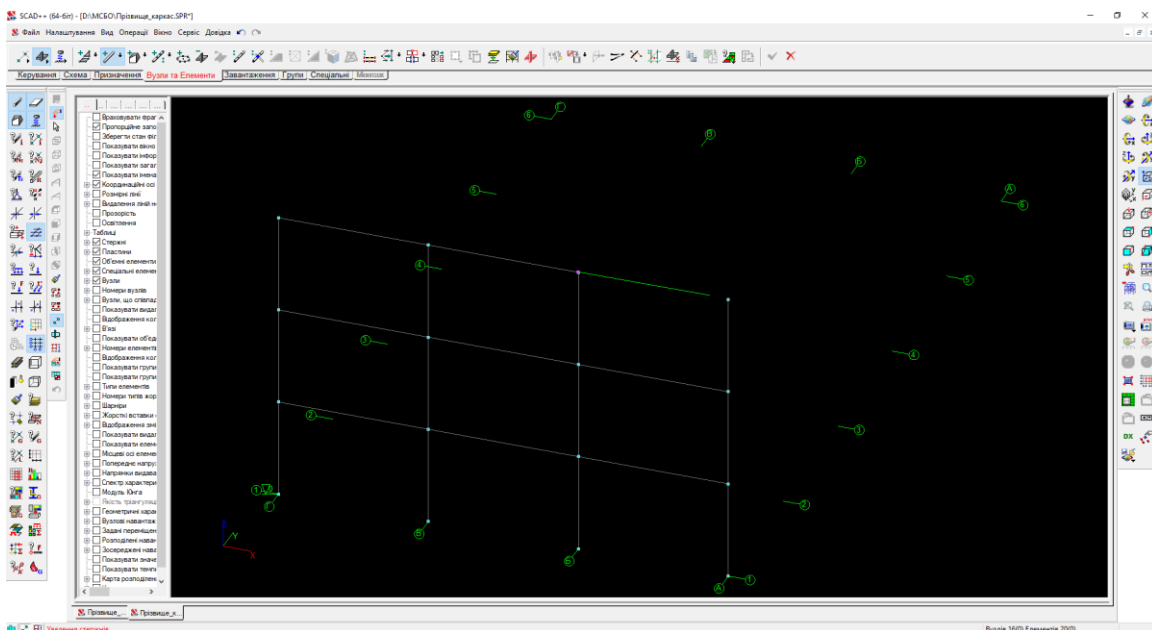



Рисунок 3.13 – Поєднання стержнями вузлів рами

Після створення рами по осі 1 призначаємо попередні жорсткості елементам рами, які необхідні для першої ітерації розрахунку.

Переходимо на вкладку «Призначення» і натискаємо кнопку  «Призначення жорсткостей стержням». У діалоговому вікні «Жорсткість стержневих елементів» ставимо прапорець на «профілі металопрокату» і переходимо на однойменну вкладку.

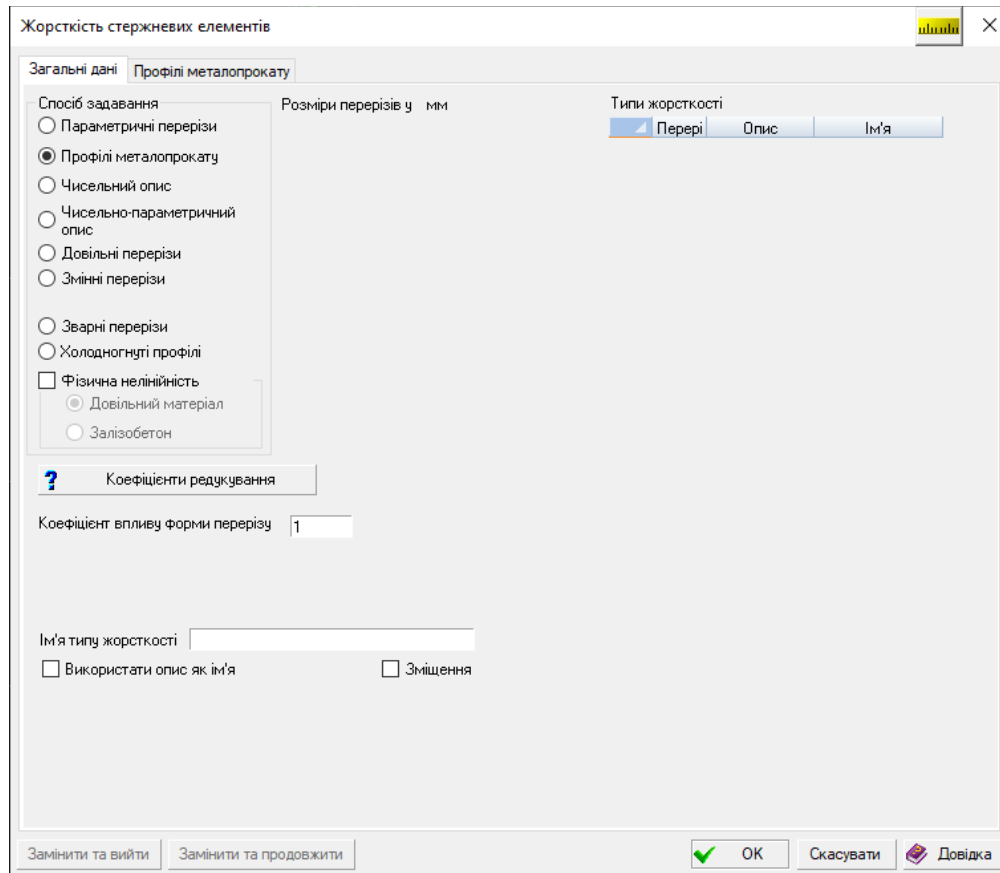


Рисунок 3.14 – Діалогове вікно «Жорсткість стержневих елементів»

На вкладці «Профілі металопрокату» обираємо необхідний сортамент, за яким буде виконуватися підбір. Для вертикальних елементів рами, котрі моделюють колони рами, обираємо будь-який профіль із сортаменту двотавр зварний серії (К) на заміну ГОСТ 26020-83. Для горизонтальних елементів рами, які моделюють ригелі рами, обираємо двотавр сталевий горячекатаний за ДСТУ 8768:2018. Обравши відповідну позицію з сортаменту, натискаємо кнопку «ОК» і обираємо усі відповідні елементи на схемі і натискаємо кнопку підтвердження. Повторюємо операцію для стрижнів, які моделюють колони, і для стрижнів, які моделюють ригелі.

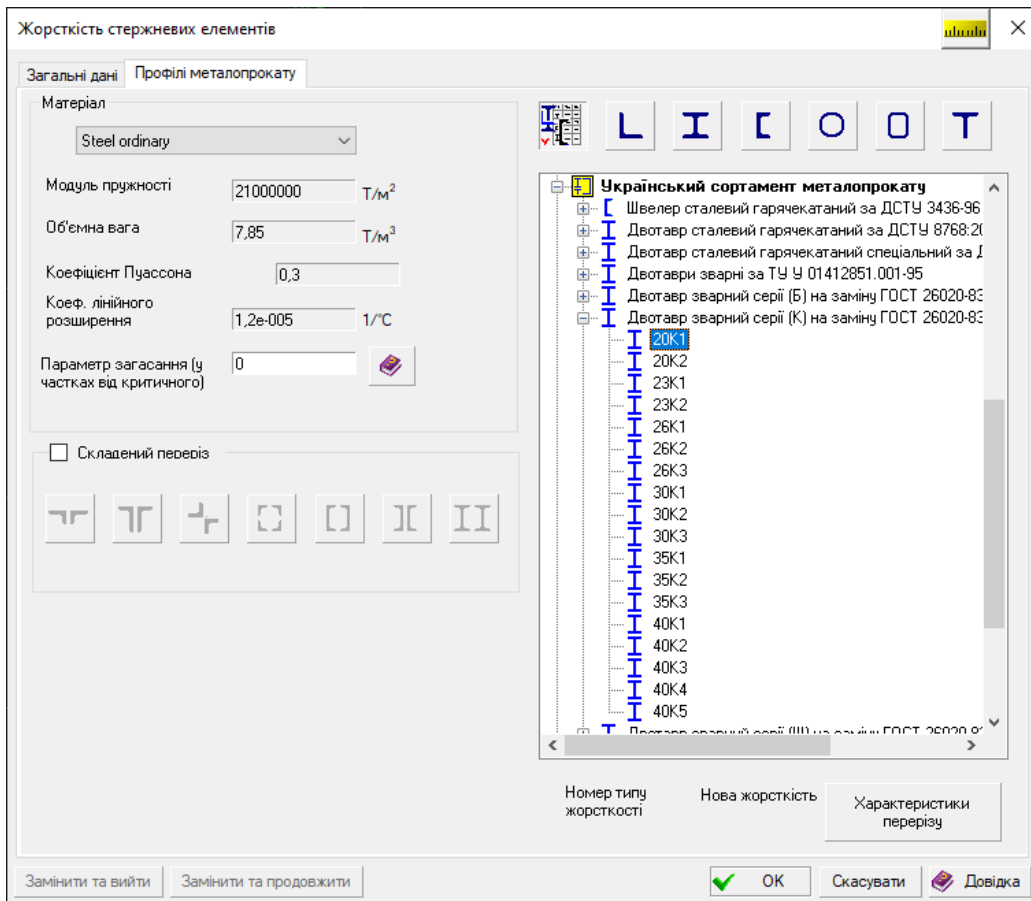


Рисунок 3.15 – Вибір сортаменту для підбору жорсткостей колон

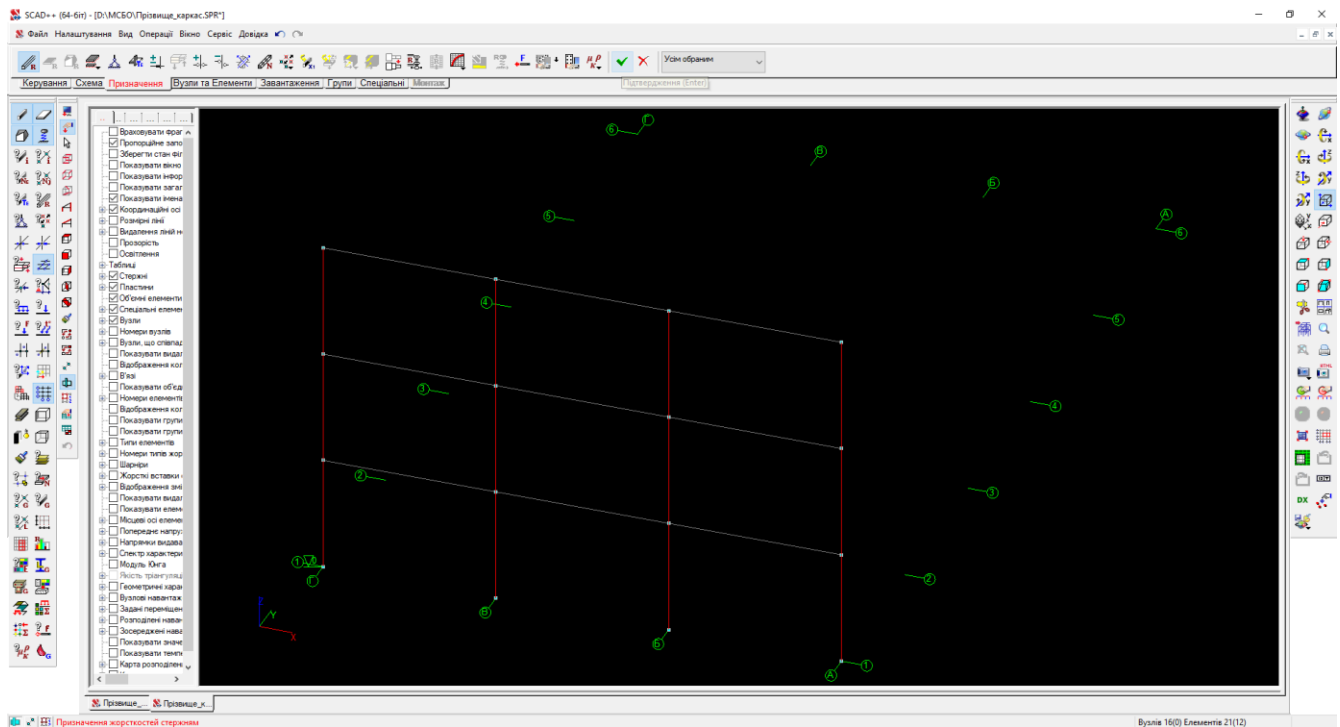


Рисунок 3.16 – Призначення обраної жорсткості для колон

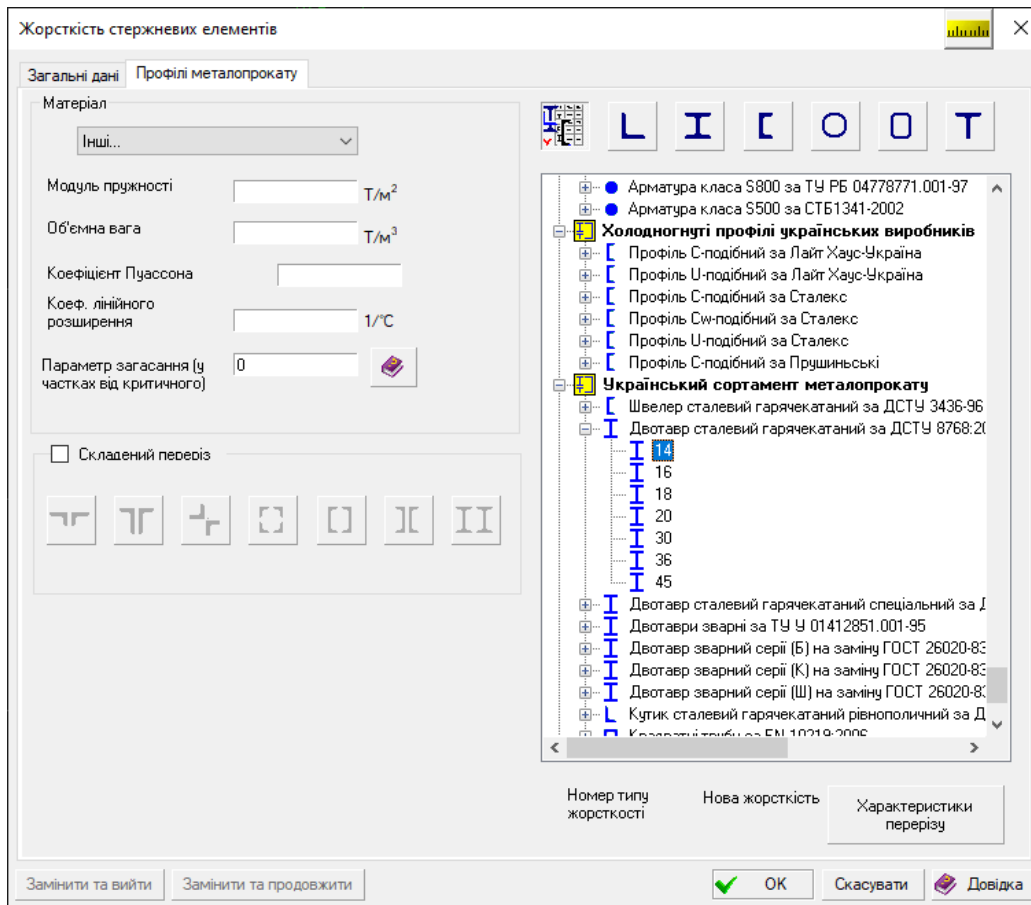


Рисунок 3.17 – Вибір сортаменту для підбору жорсткостей ригелів

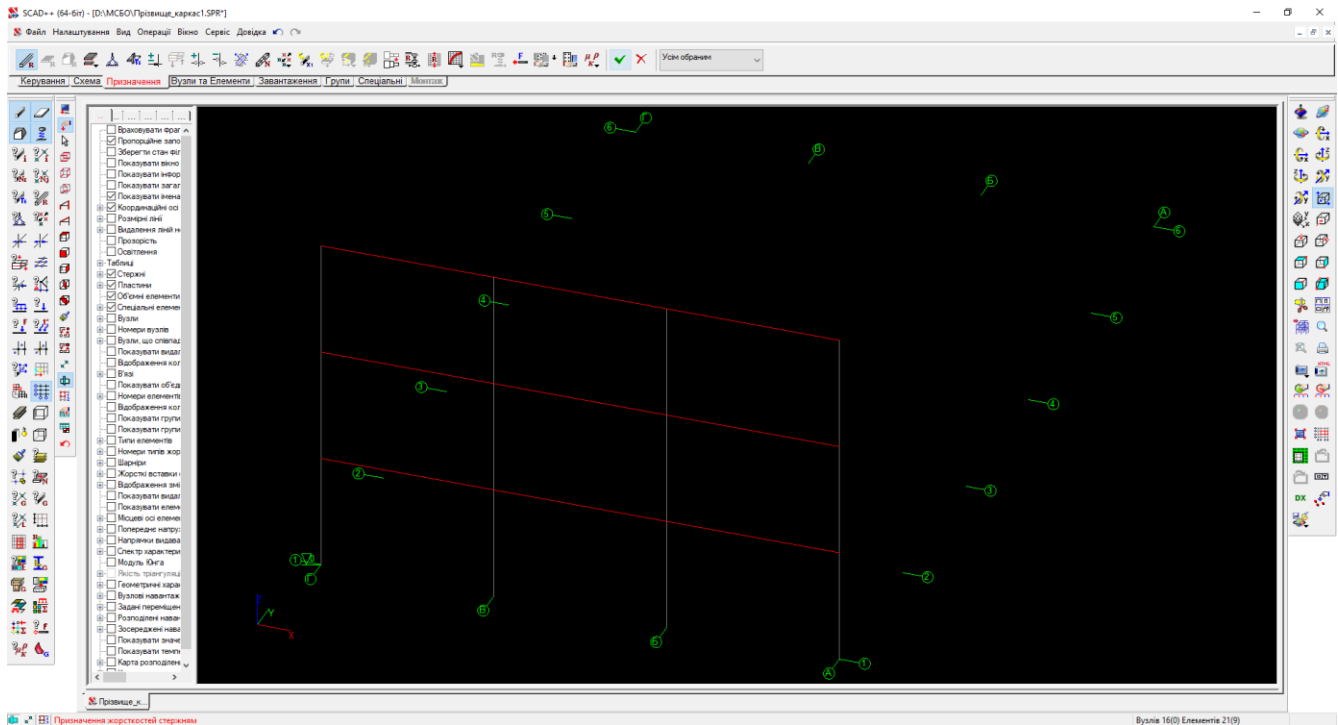




Рисунок 3.18 – Призначення обраної жорсткості для ригелів

Проконтролюйте коректність призначення жорсткостей через увімкнення відображення  номерів типів жорсткостей і  відображення профілів стрижнів на панелі фільтрів.

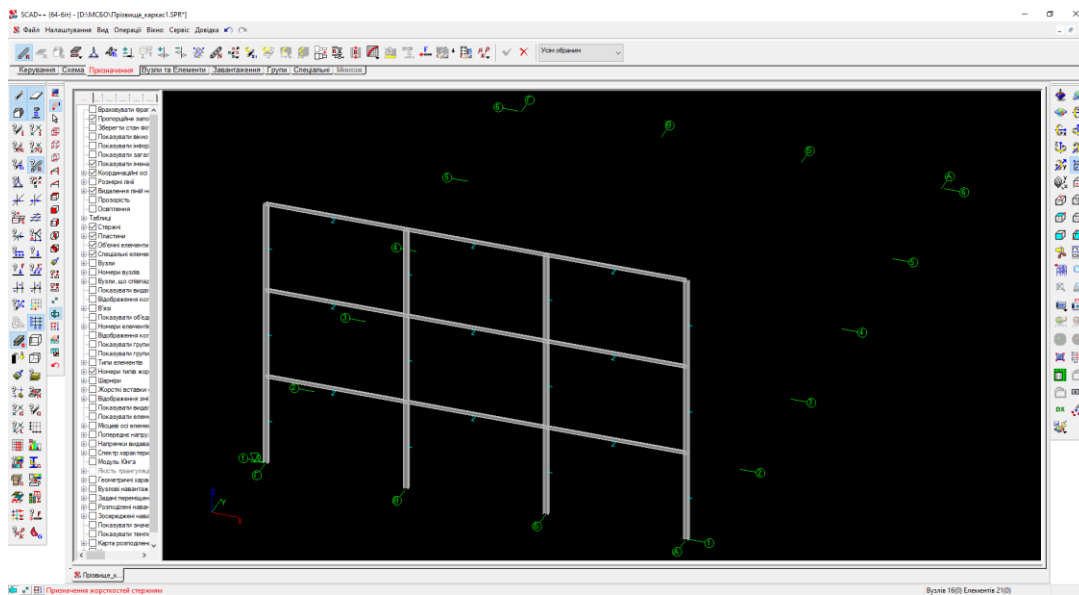



Рисунок 3.19 – Контроль призначення жорсткостей через увімкнення відповідних функцій на панелі фільтрів

Далі призначаємо попередні умови обпирання створеної рами, використовуючи інструмент  «Влаштування в'язей у вузлах».

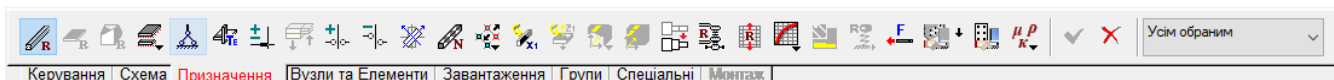


Рисунок 3.20 – Інструмент «Влаштування в'язей у вузлах» на вкладці «Призначення»

У діалоговому вікні ставимо прапорці на всі типи в'язей.

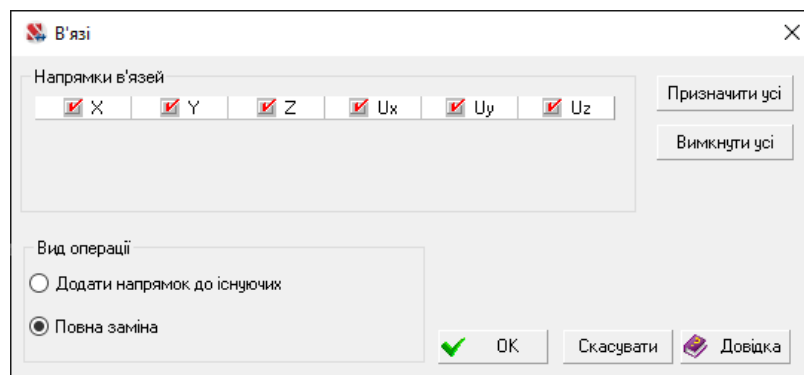


Рисунок 3.21 – Діалогове вікно «В'язі»

Натискаємо кнопку «ОК» і виділяємо всі вузли рами на відмітці 0,000 і натискаємо кнопку підтвердження.

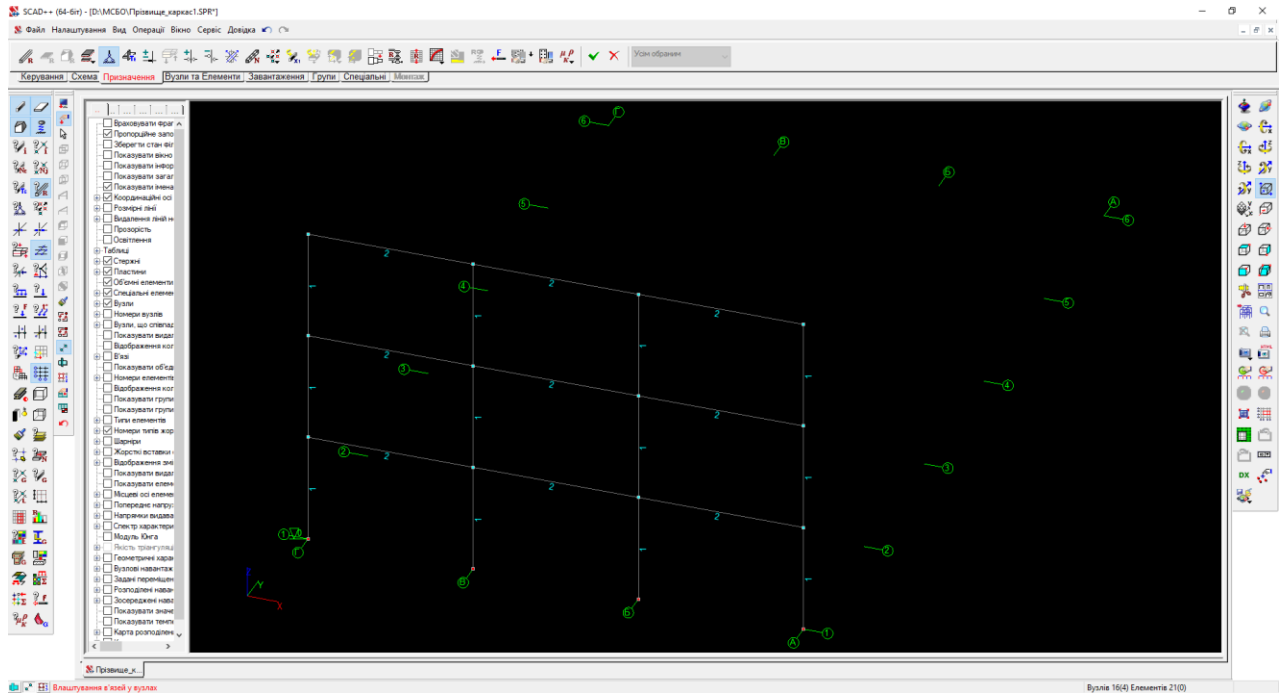


Рисунок 3.22 – Призначання примикань вузлів рами на відм. 0,000

Для контролю коректності призначення в'язей натискаємо кнопку «В'язі» на панелі фільтрів.

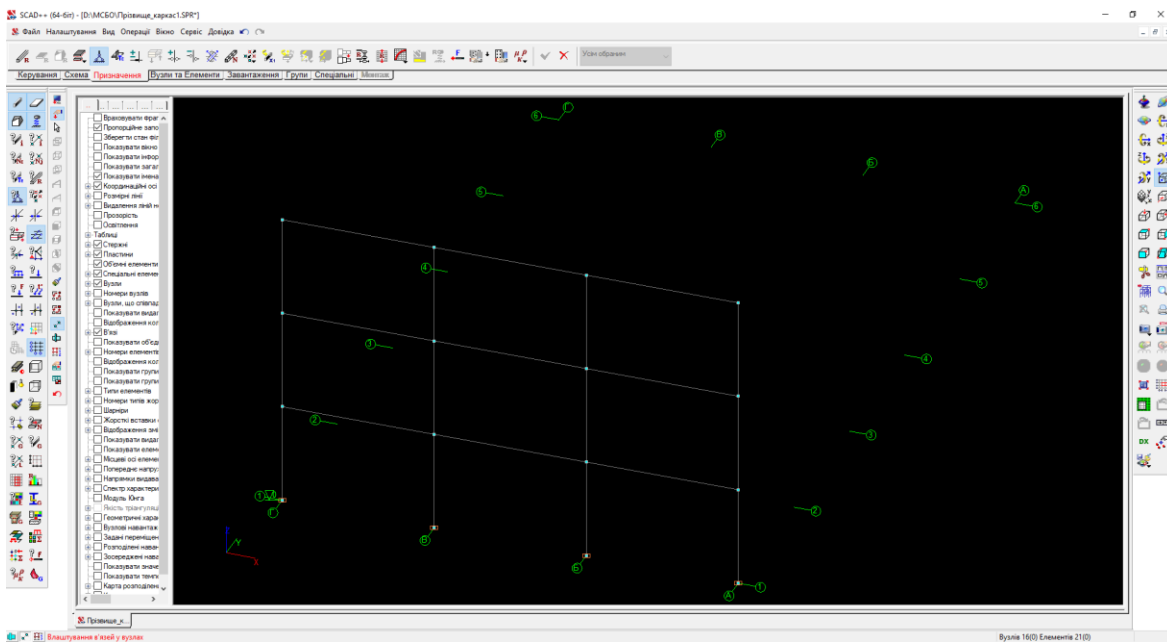



Рисунок 3.23 – Відображення в'язей у робочому полі програми

Далі створюємо просторову розрахункову схему шляхом копіювання рами по осі 1. Для цього використовуємо інструмент копіювання фрагмента схеми на вкладці «Схема». Для активації інструмента необхідно виділити елементи схеми, які необхідно скопіювати. Переходимо на вкладку «Групи» і натискаємо кнопку

 «Відмічання елементів».

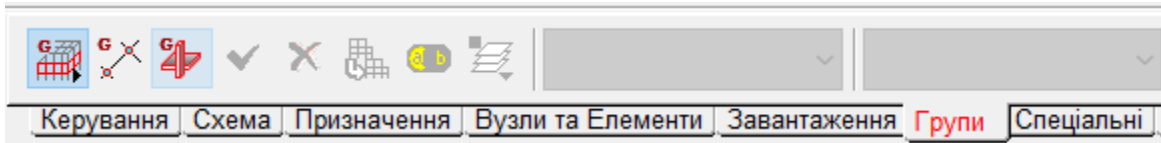


Рисунок 3.24 – Кнопка «Відмічання елементів» на вкладці «Групи»

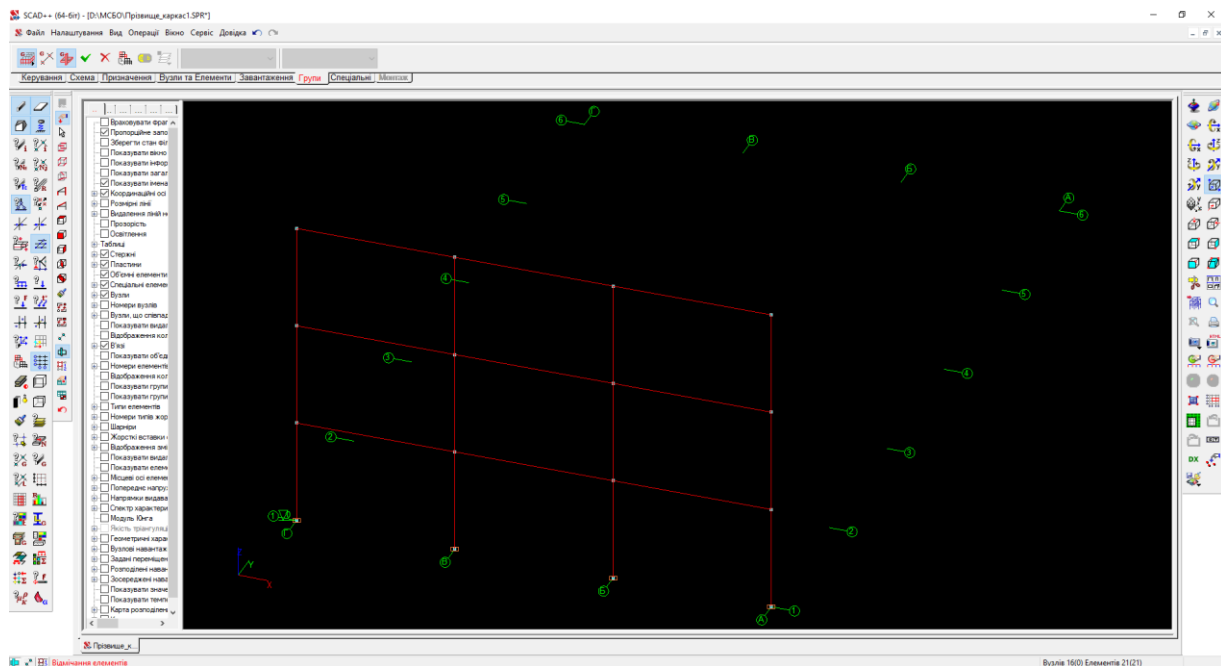



Рисунок 3.25 – Результат виділення елементів рами у робочому полі програми

Після виділення елементів, які підлягають копіюванню, стає активною кнопка  копіювання фрагмента схеми на вкладці «Схема».

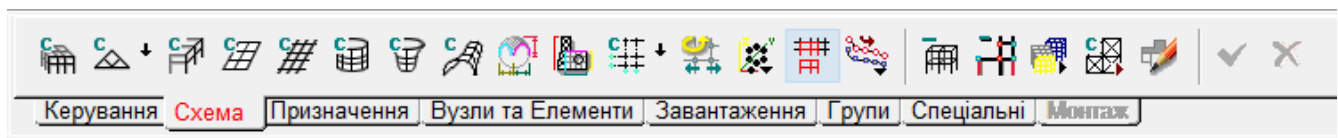


Рисунок 3.26 – Панель інструментів «Схема»

У діалоговому вікні «Копіювання фрагмента схеми» встановлюємо такі параметри:

- копіювання у напрямку Y;
- крок – відповідно до завдання;
- кількість – відповідно до завдання.

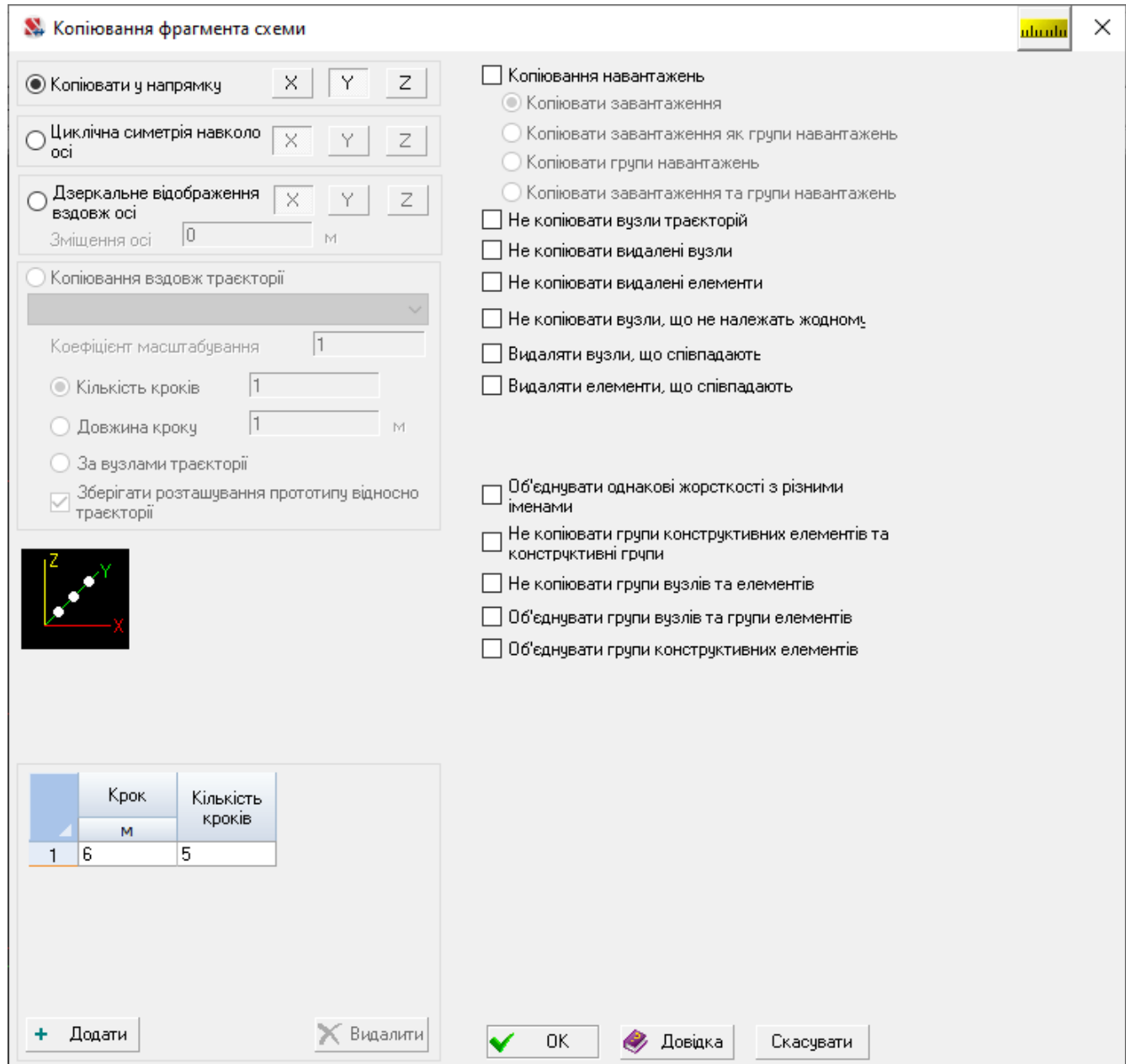


Рисунок 3.27 – Діалогове вікно «Копіювання фрагмента схеми»

Після встановлення всіх необхідних параметрів натискаємо кнопку «ОК» і упевнюємося в коректності копіювання.

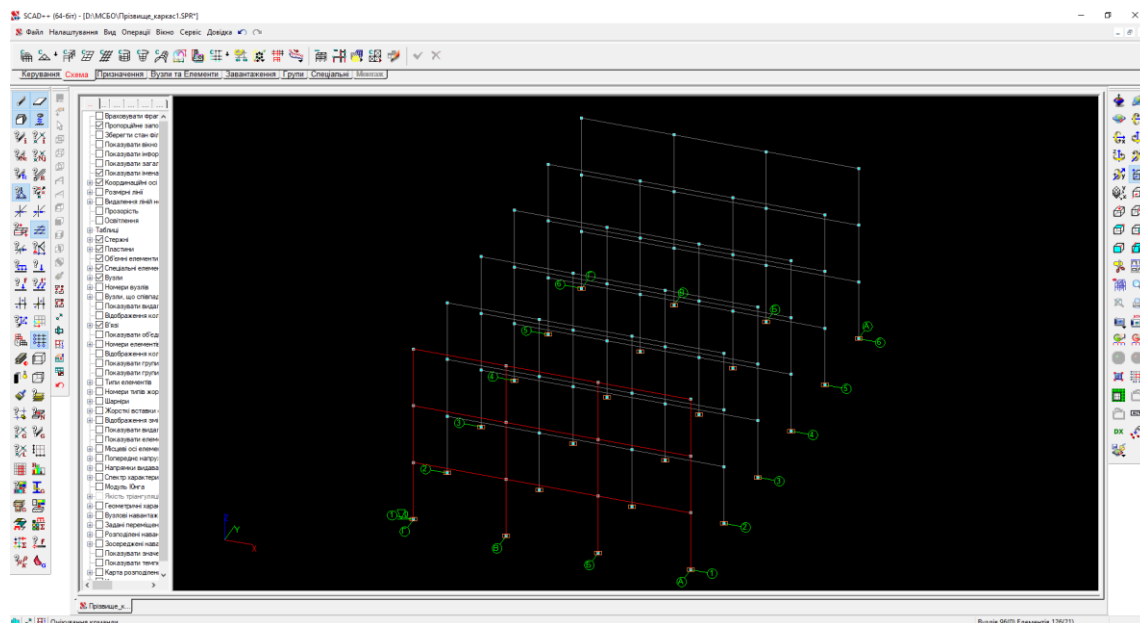


Рисунок 3.28 – Результат копіювання у робочому вікні програми

Знімаємо виділення рами по осі 1 за допомогою кнопки «Скидання усіх відміток на вкладці групи. Поєднуємо сусідні рами горизонтальними стрижнями для утворення просторової схеми. Для зручності поєднання сусідніх рам використовуємо інструмент «Переріз площиною XOY» на «Панелі візуалізації». Поєднуємо сусідні рами в рівні кожного перекриття і покриття стрижневими елементами аналогічно попереднім діям зі створення рами.

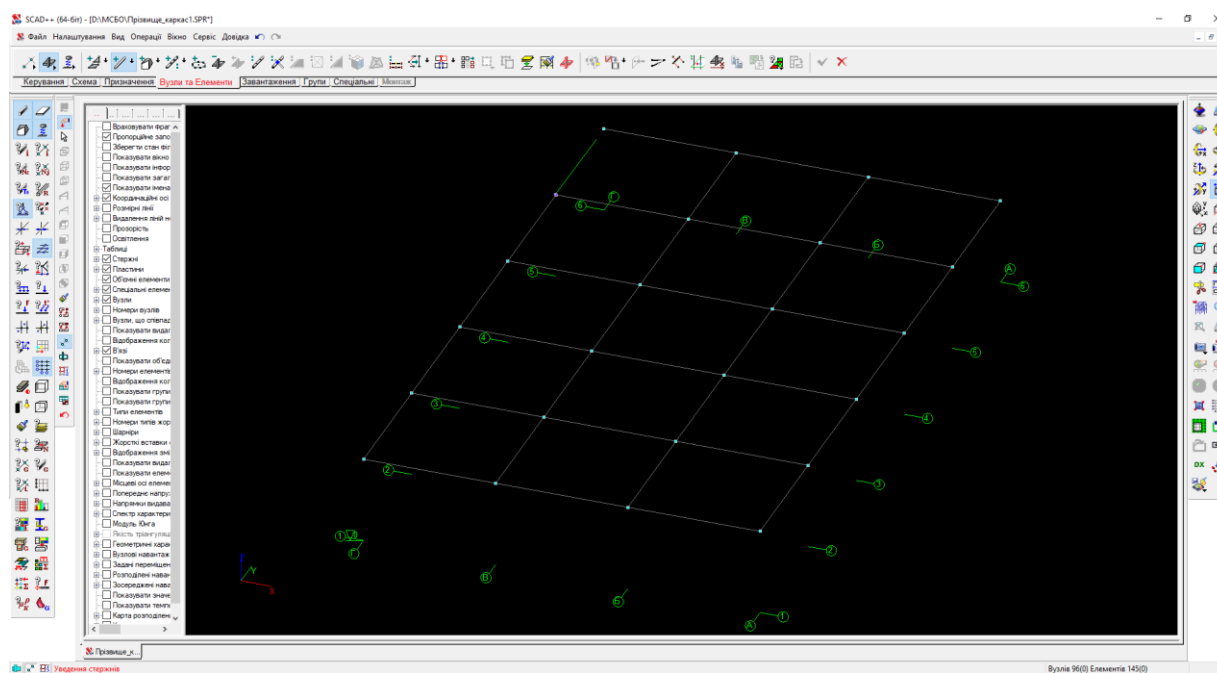



Рисунок 3.29 – Поєднання сусідніх рам горизонтальними стрижнями

Для повернення до вихідного відображення схеми використовуємо кнопку  «Початкове відображення схеми» на «Панелі візуалізації». Повторюємо операцію поєднання на кожному рівні перекриттів і покриття. Після закінчення поєднання повертаємось до початкового відображення схеми за допомогою відповідної кнопки.

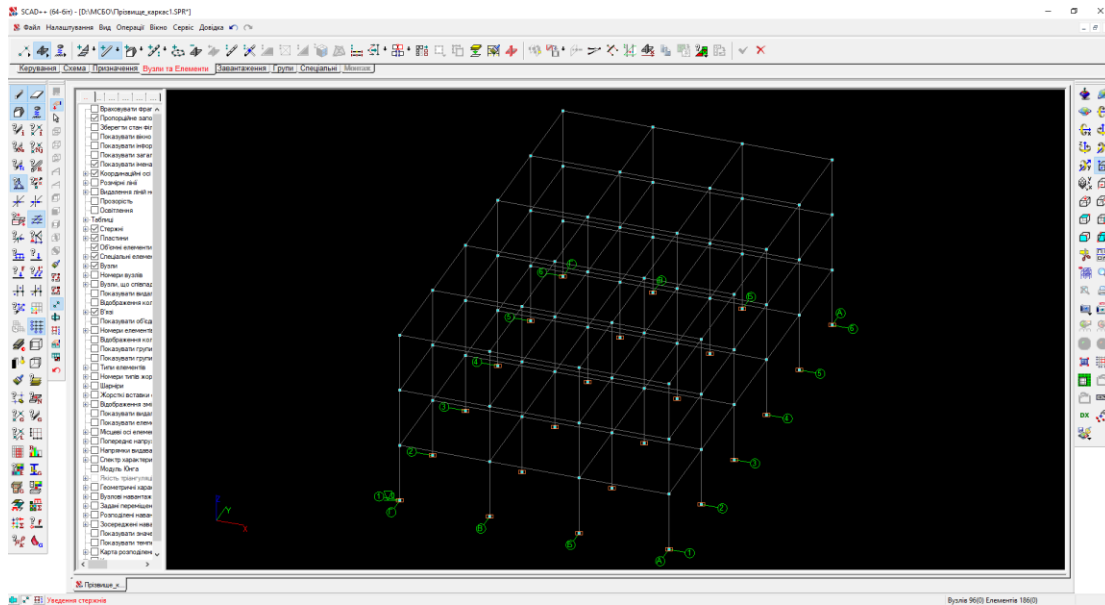


Рисунок 3.30 – Просторове відображення розрахункової схеми

Призначаємо жорсткості новим горизонтальним стрижням аналогічно попереднім діам. Обираємо із сортаменту двотавр сталевий горячекатаний за ДСТУ 8768:2018 як попередній тип жорсткості для горизонтальних елементів, які поєднують сусідні рами. Упевнюємося в коректності призначення жорсткостей за допомогою інструменту на панелі фільтрів.

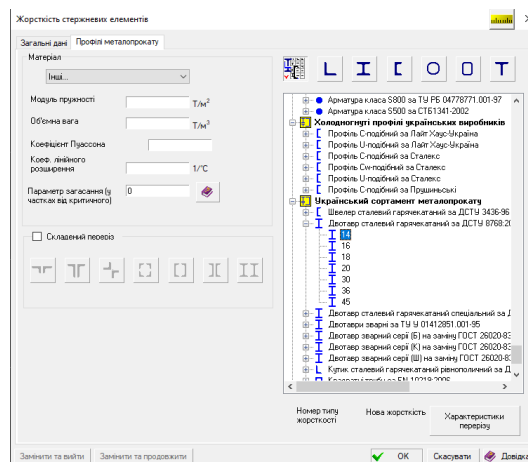


Рисунок 3.31 – Вибір сортаменту для підбору жорсткостей поздовжніх балок

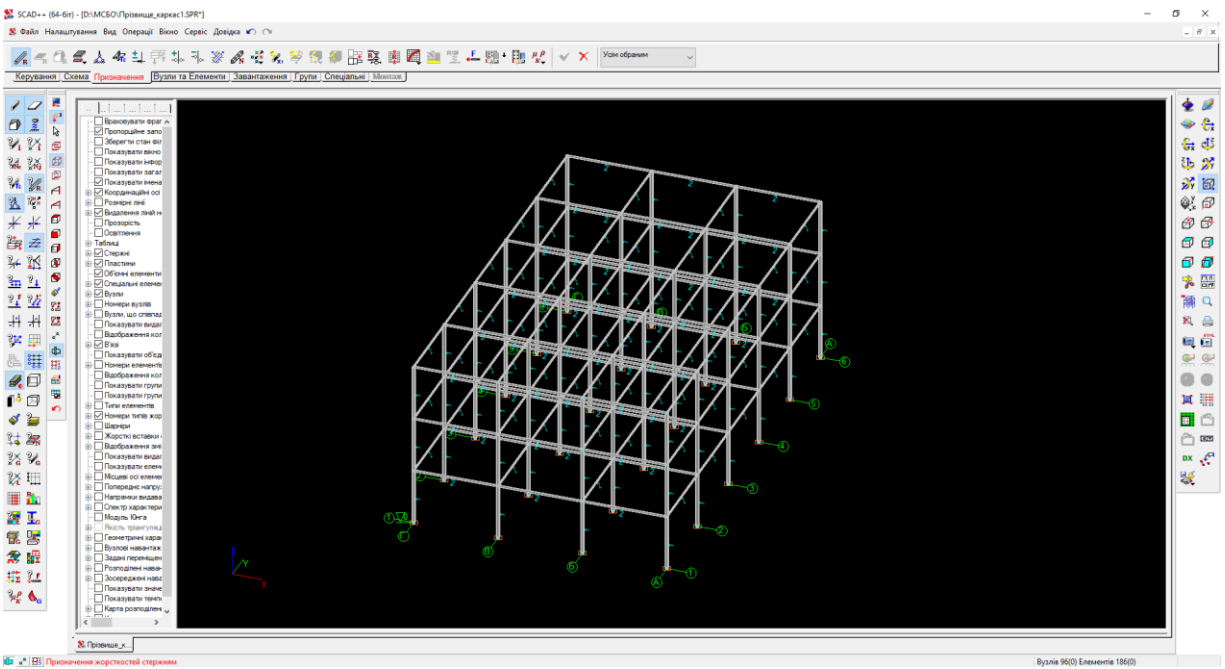



Рисунок 3.32 – Відображення схеми з призначеними жорсткостями

Наступним кроком у побудові розрахункової схеми є побудова вертикальних в'язей для надання каркасу ознак рамно-в'язевої конструктивної схеми відповідно до завдання. Вертикальні в'язі приймаються хрестового вигляду і встановлюються у кожній поздовжній рамі в осях 3–4. Хрестові в'язі будуємо за допомогою інструменту додавання стрижнів. Для зручності побудови використовуємо інструмент  «Переріз площиною XOZ» на «Панелі візуалізації».

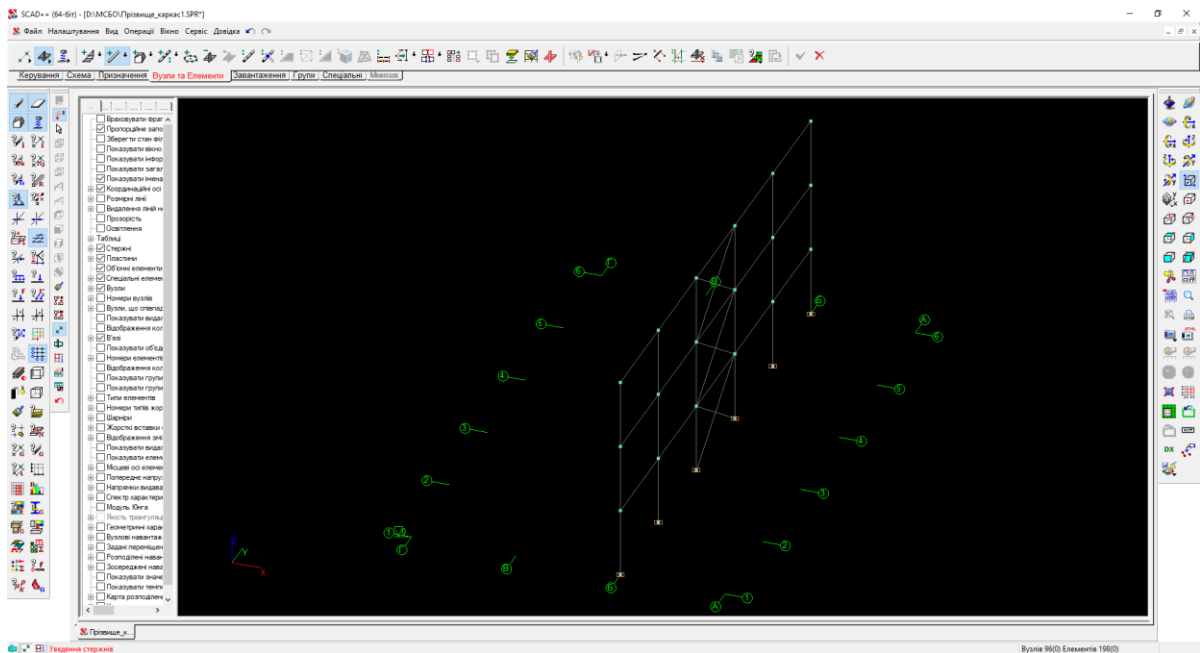



Рисунок 3.33 – Побудова вертикальних в'язей на перерізі по осі Б

Для повернення до вихідного відображення схеми використовуємо кнопку  «Початкове відображення схеми» на «Панелі візуалізації». Повторюємо операцію поєднання на поздовжніх рамах по кожній буквеній осі. Після закінчення поєднання повертаємось до початкового відображення схеми за допомогою відповідної кнопки.

Призначаємо жорсткості новим елементам аналогічно попереднім діям. Як попередню жорсткість для в'язей призначаємо квадратні труби сталеві згідно з ГОСТ 8639-82. Матеріал обираємо з випадного списку – сталь звичайна.

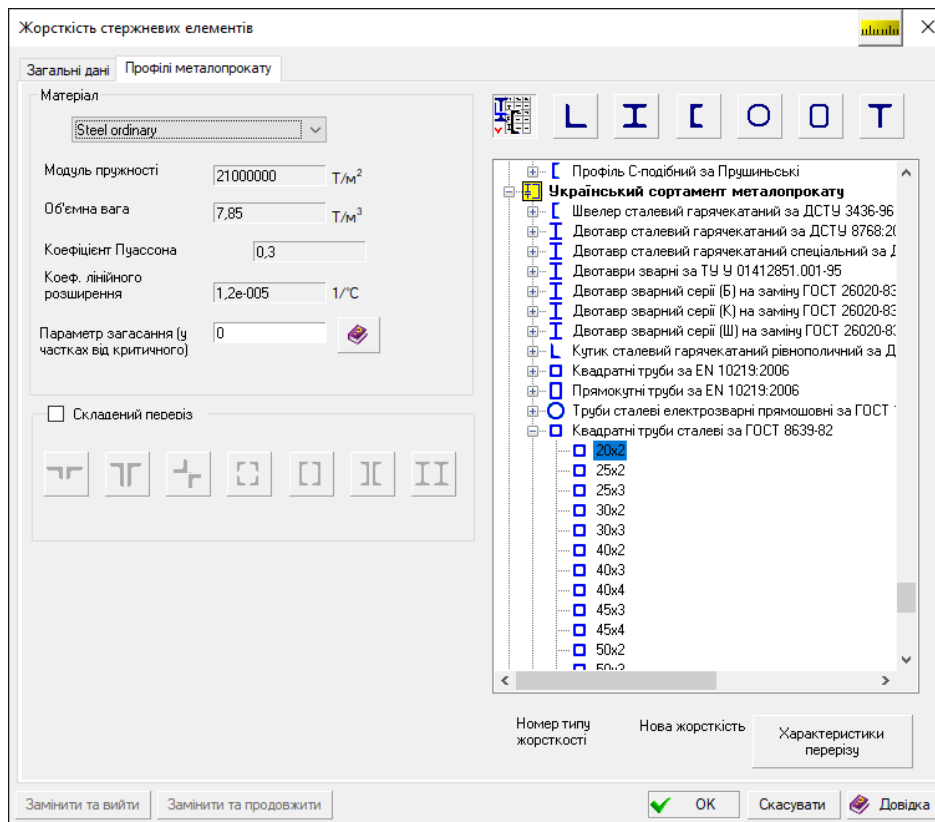



Рисунок 3.34 – Вибір сортаменту для призначення жорсткості вертикальним в'язям

Після вибору профіля для призначення попередньої жорсткості вертикальним в'язям натискаємо кнопку «ОК» і виділяємо усі вертикальні в'язі та натискаємо кнопку підтвердження операції.

Для коректного розрахунку елементів каркасу виконуємо дроблення стержневих елементів в'язей у точці перетину за допомогою інструмента  «Дроблення стержнів у точці перетину» на панелі інструментів у вкладці «Вузли та елементи». Обравши відповідний інструмент, виділяємо усі елементи вертикальних в'язей і натискаємо кнопку підтвердження. Впевнюємся в

коректності побудови за допомогою активації відповідних фільтрів на панелі фільтрів.

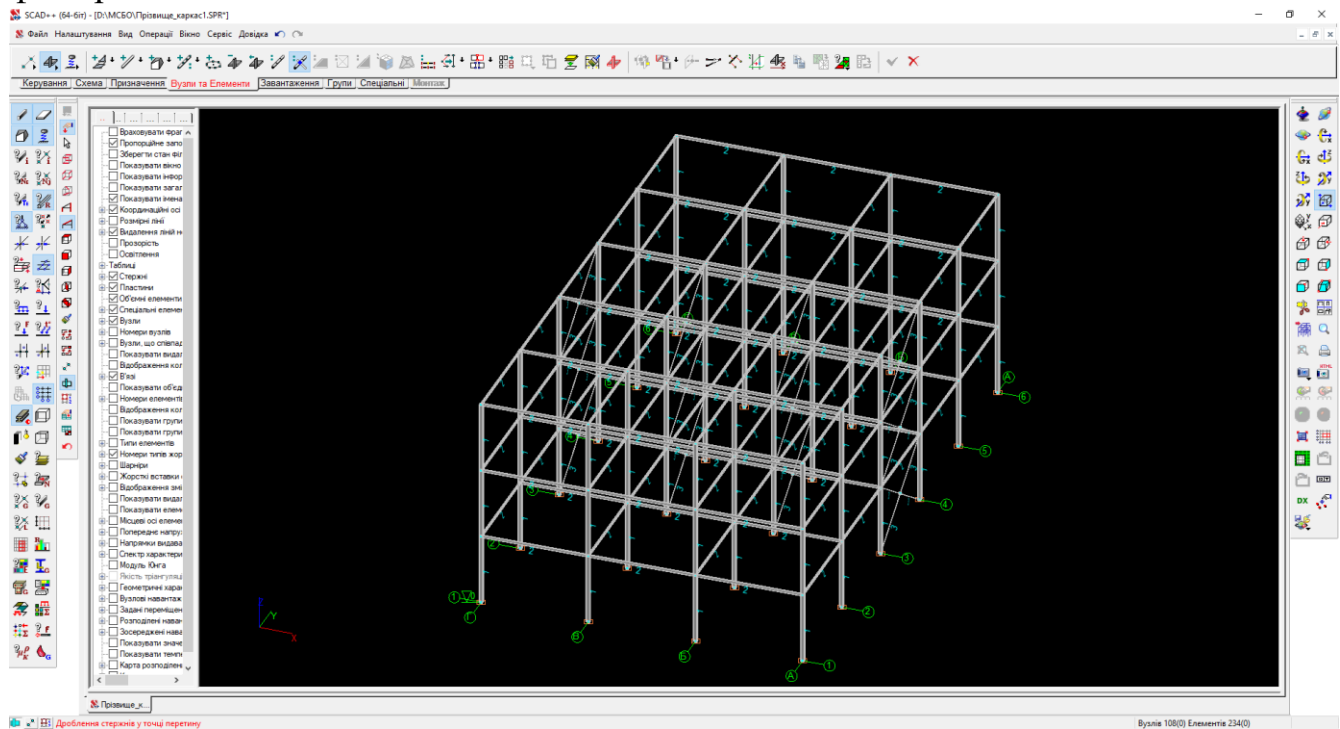
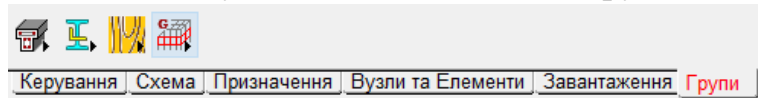


Рисунок 3.35 – Розрахункова схема сталевого каркаса

Для зручності подальшої роботи та за необхідності внесення модифікацій у розрахункову модель її елементи необхідно погрупувати за конструктивними ознаками.

Групування елементів виконується на вкладці «Групи» за допомогою інструментів списку



«Робота з

групами».

Під час виконання цього завдання рекомендується виокремити такі групи конструктивних елементів:

- колони крайніх рам;
- колони середніх рам;
- ригелі крайніх рам;
- ригелі середніх рам;
- поздовжні ригелі крайніх рам;
- поздовжні ригелі середніх рам;
- вертикальні в'язі.

Розгортаємо список «Робота з групами» і за допомогою інструмента відмічання елементів виділяємо елементи, які будуть віднесені до першої групи.

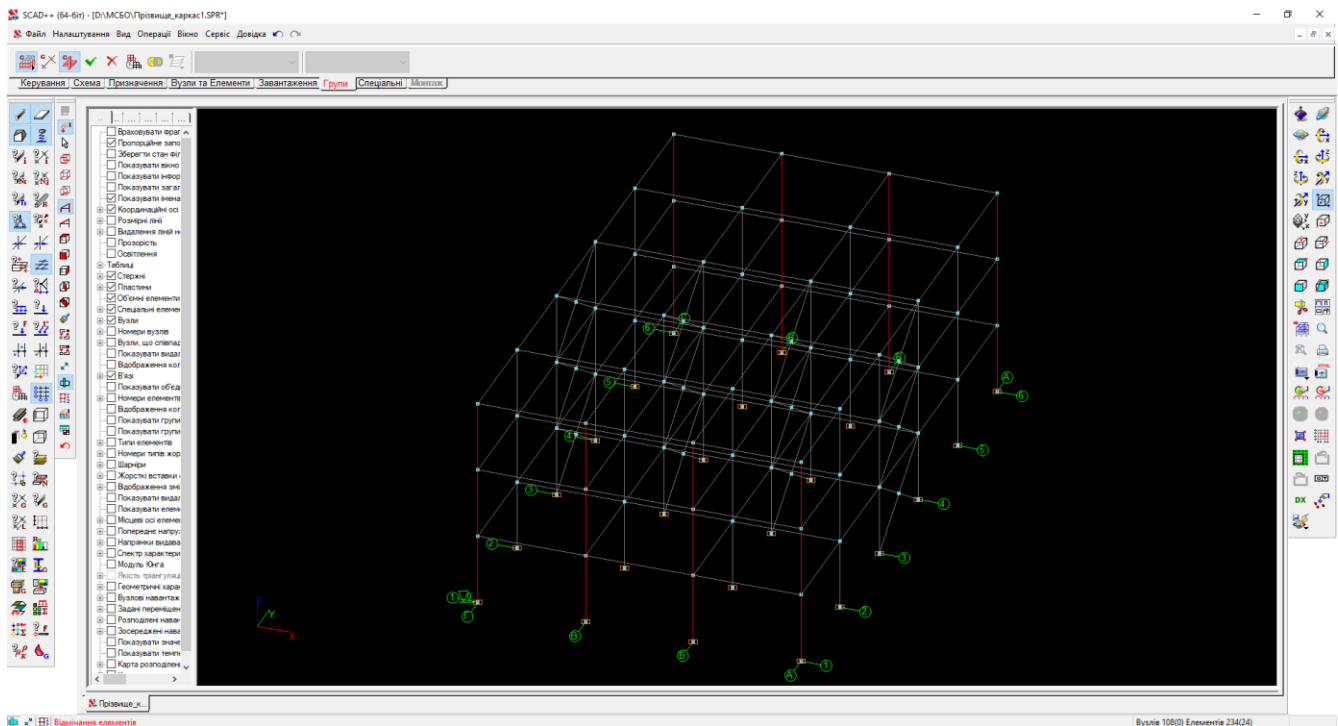


Рисунок 3.36 – Відмічання елементів групи «Колони крайніх рам»

Після виділення всіх необхідних елементів, що мають увійти до групи, натискаємо кнопку «Збереження групи». У діалоговому вікні вводимо назву відповідної групи і натискаємо на кнопку потім на кнопку «ОК».

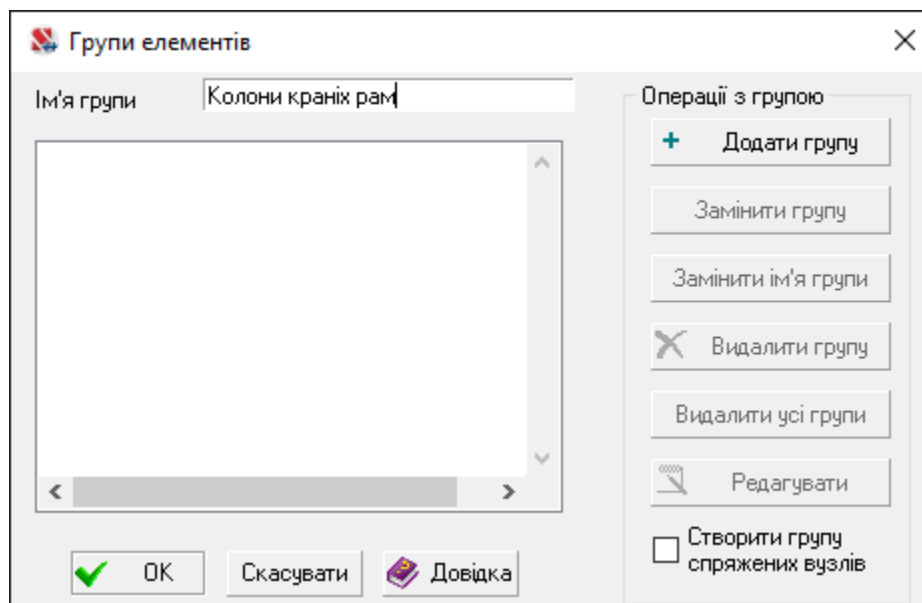


Рисунок 3.37 – Додавання групи «Колони крайніх рам» у діалоговому вікні «Групи елементів»

Аналогічно виділяємо елементи, які мають увійти до другої групи – «Колони середніх рам».

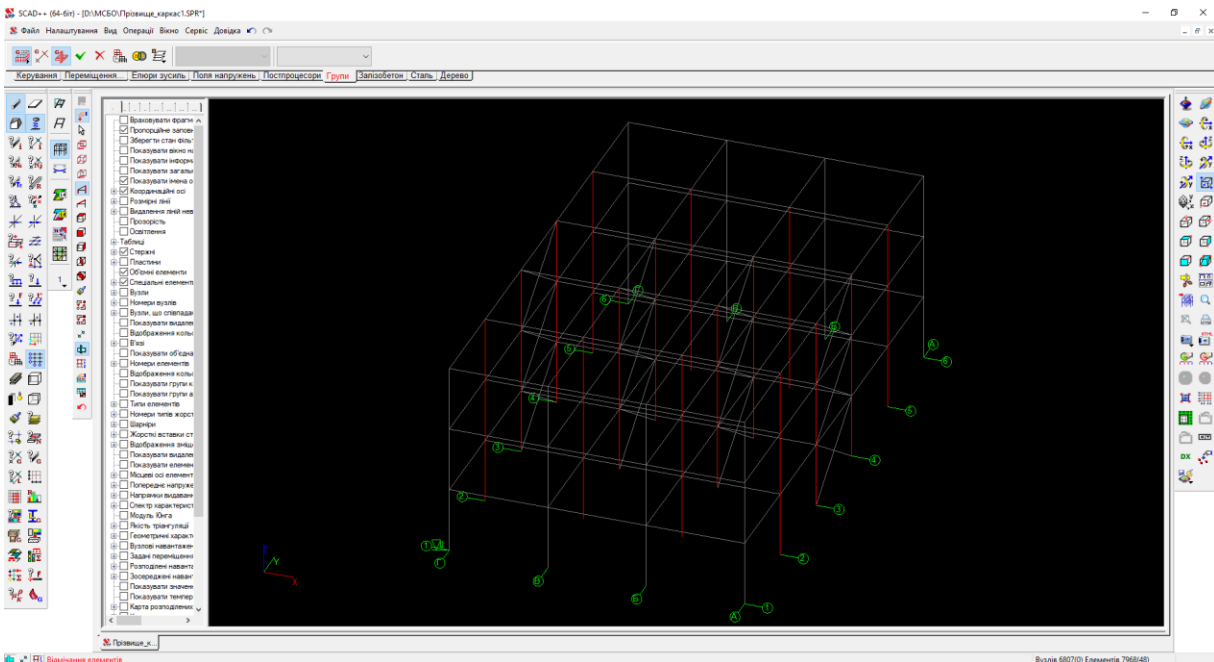




Рисунок 3.38 – Відмічання елементів групи «Колони середніх рам»

Після виділення всіх необхідних елементів, що мають увійти до групи, натискаємо кнопку  «Збереження групи». У діалоговому вікні вводимо назву відповідної групи і натискаємо на кнопку  Додати групу потім на кнопку «ОК».

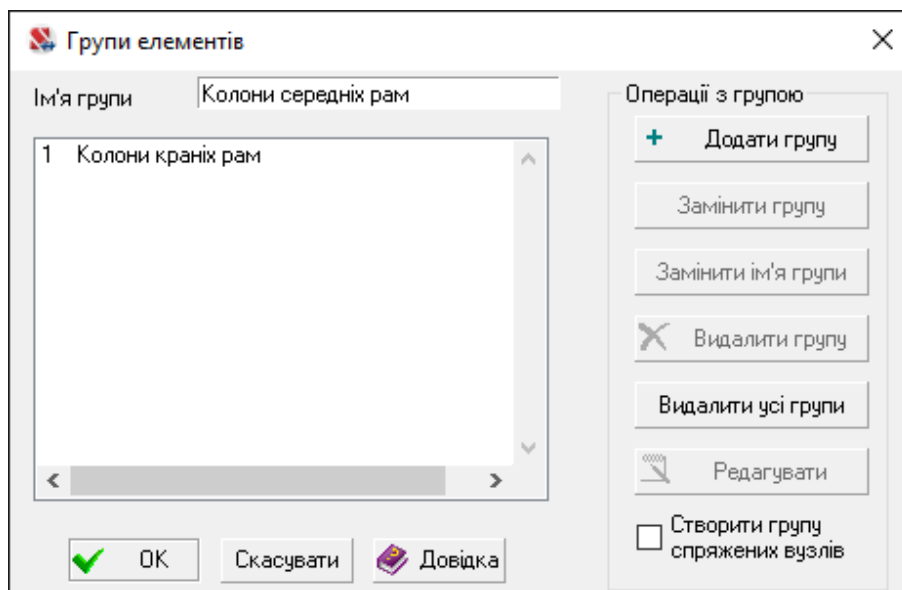


Рисунок 3.39 – Додавання групи «колони середніх рам» у діалоговому вікні «Групи елементів»

Створюємо решту груп аналогічно. По черзі виділяємо елементи відповідних груп і зберігаємо їх через діалогове вікно «Групи елементів».

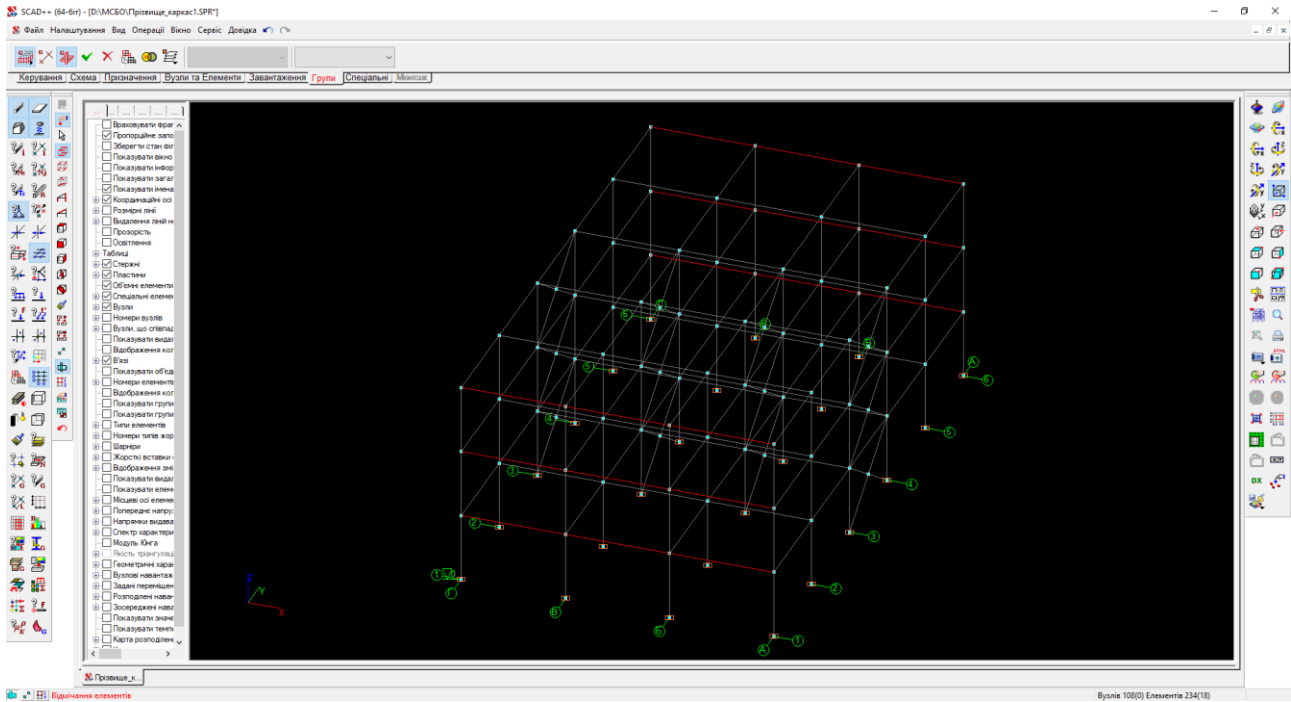


Рисунок 3.40 – Відмічання елементів групи «ригелі крайніх рам»

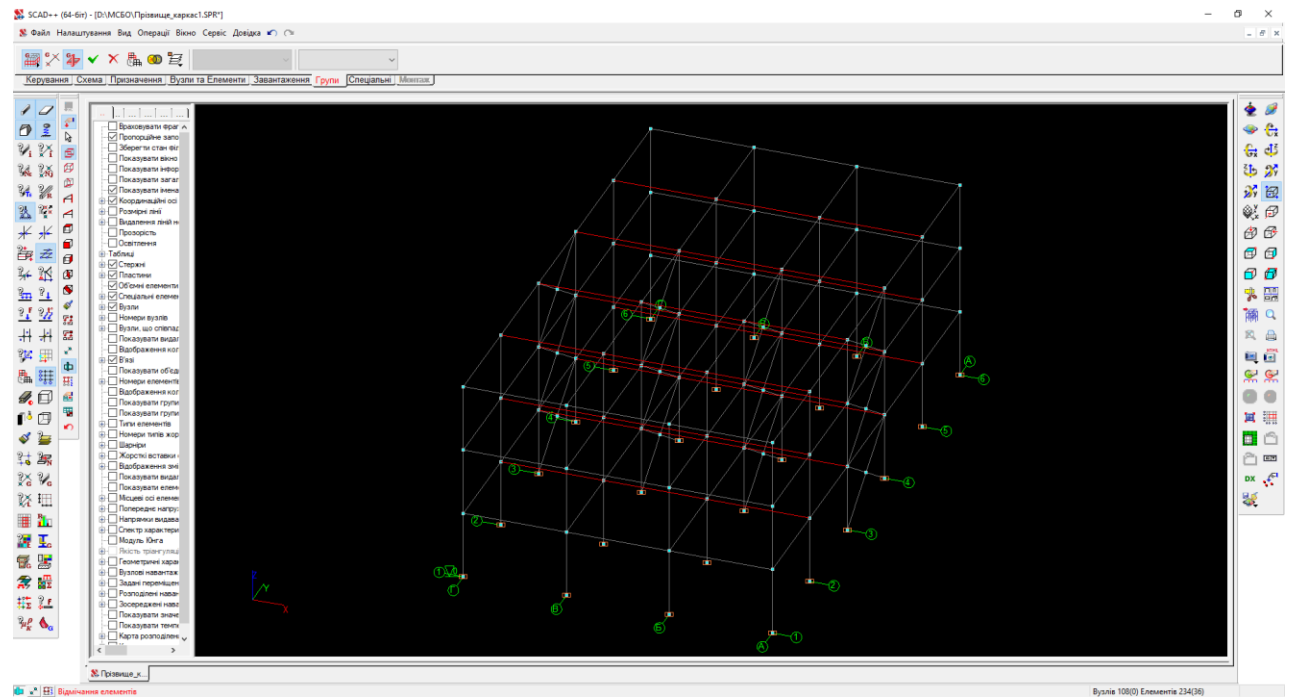


Рисунок 3.41 – Відмічання елементів групи «ригелі середніх рам»

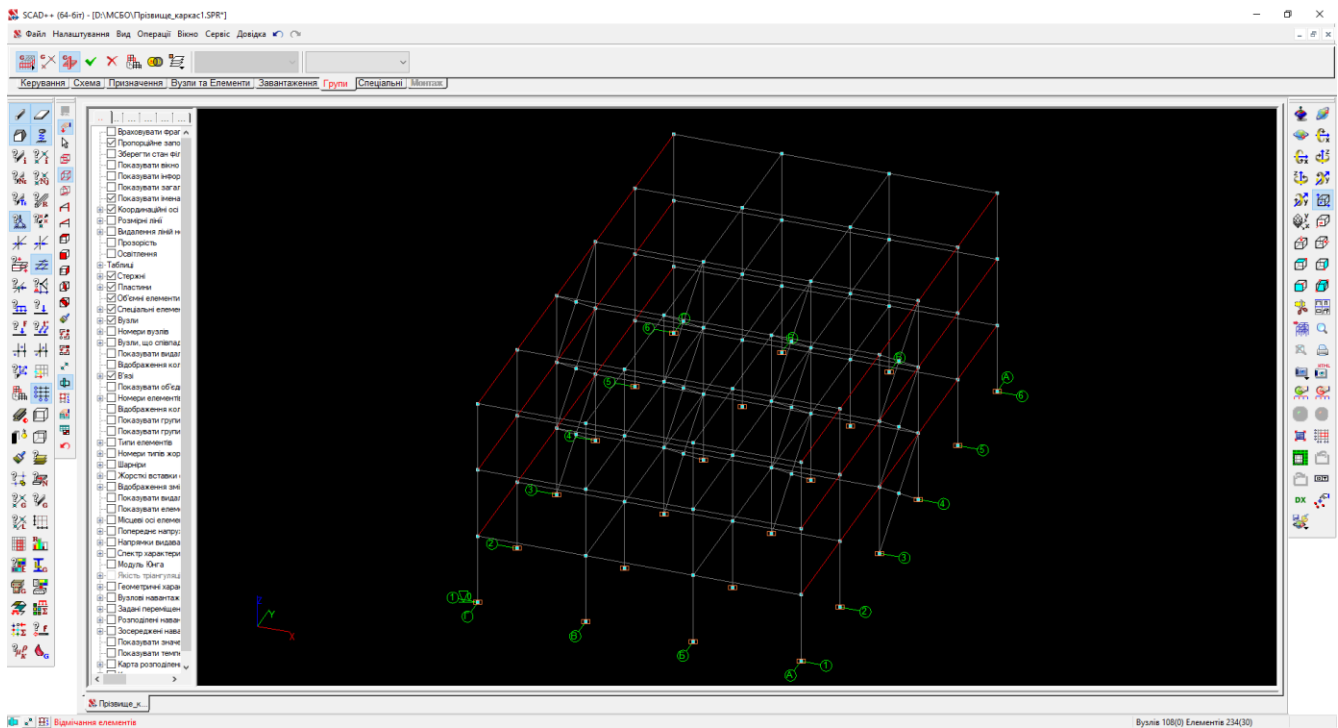


Рисунок 3.42 – Відмічення елементів групи «Поздовжні ригелі крайніх рам»

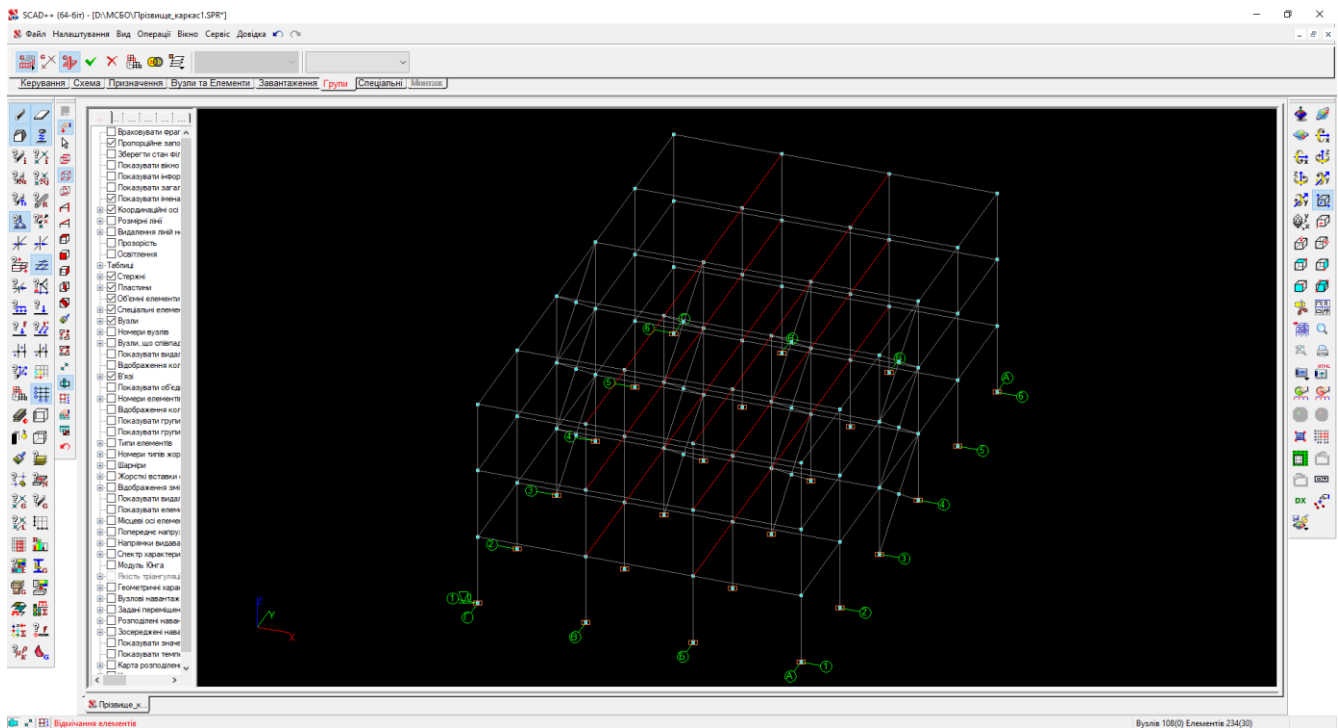


Рисунок 3.43 – Відмічення елементів групи «Поздовжні ригелі середніх рам»

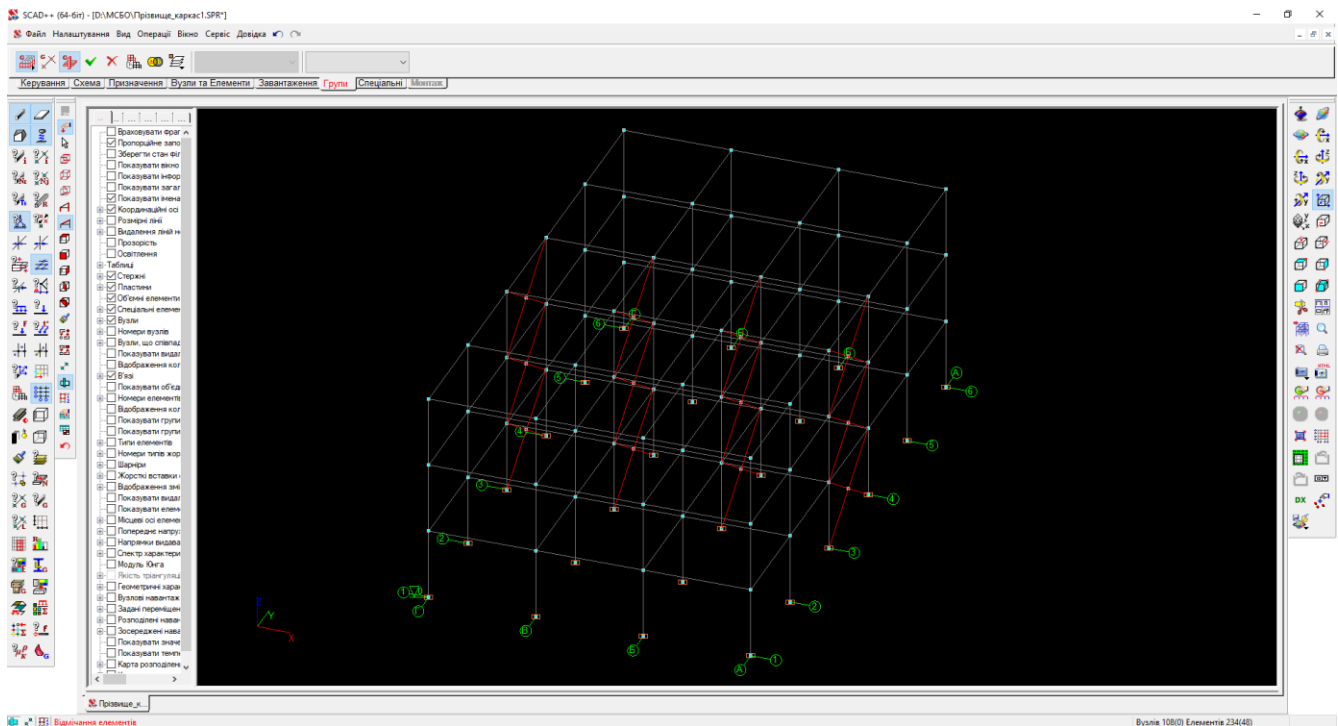


Рисунок 3.44 – Відмічання елементів групи «Вертикальні в'язі»

У підсумку маємо отримати 7 груп елементів, які відображаються у діалоговому вікні «Групи елементів» та у випадному списку «Групи елементів».

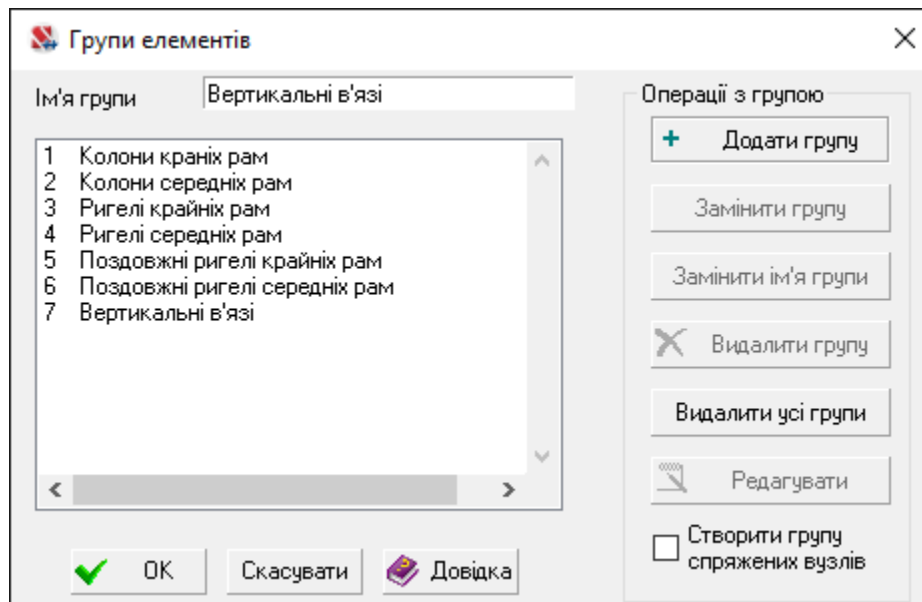


Рисунок 3.45 – Діалогове вікно «Групи елементів» зі створеними групами

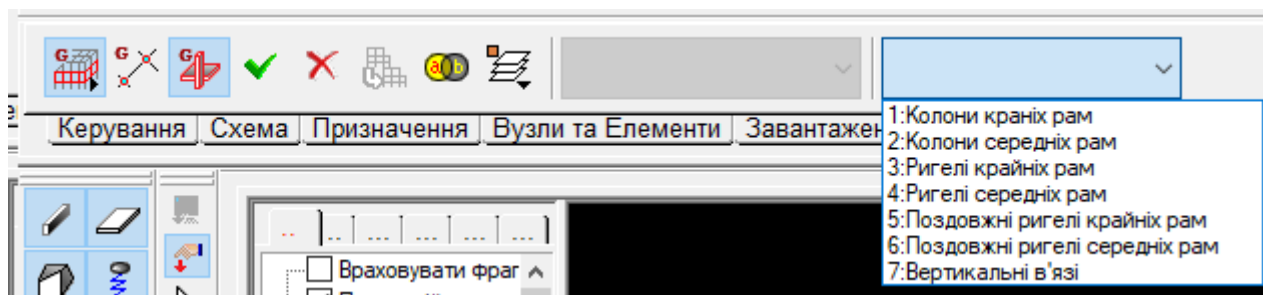


Рисунок 3.46 – Випадний список «Групи елементів»

У подальшій роботі із випадного списку зручно вибирати та робити активними (виділеними) елементи каркаса, які були віднесені до відповідної групи.

Створення монолітних залізобетонних перекриттів

За допомогою вже відомого вам інструменту «Генерації сітки триангуляції...» створіть контури залізобетонних перекриттів на кожному поверсі та покритті. Для зручності побудови використовуйте інструмент «Переріз площиною ХОУ» на панелі візуалізації.

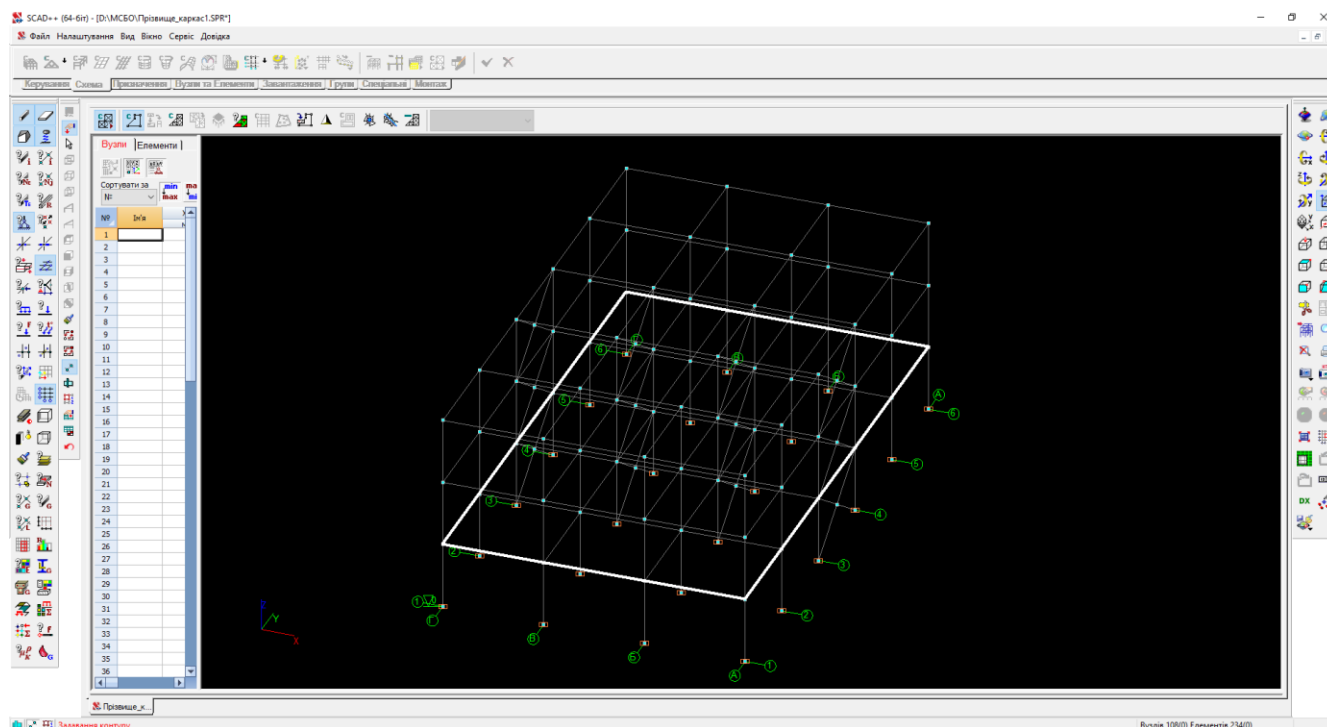


Рисунок 3.47 – Створення контурів триангуляції перекриття поверху на розрахунковій схемі

Після створення контуру натисніть кнопку «Генерація сітки...» та встановіть наведені на рисунку 3.48 параметри:

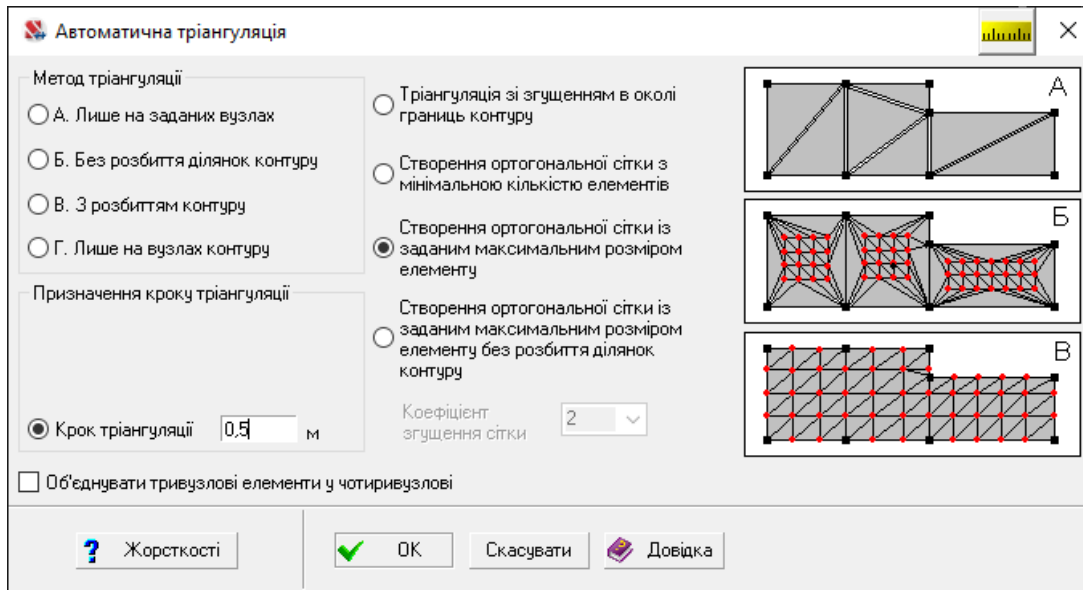


Рисунок 3.48 – Створення контурів триангуляції перекриттів на розрахунковій схемі

Призначте жорсткість створюваним елементам: бетон класу C20/25, товщина плити 0,2 м.

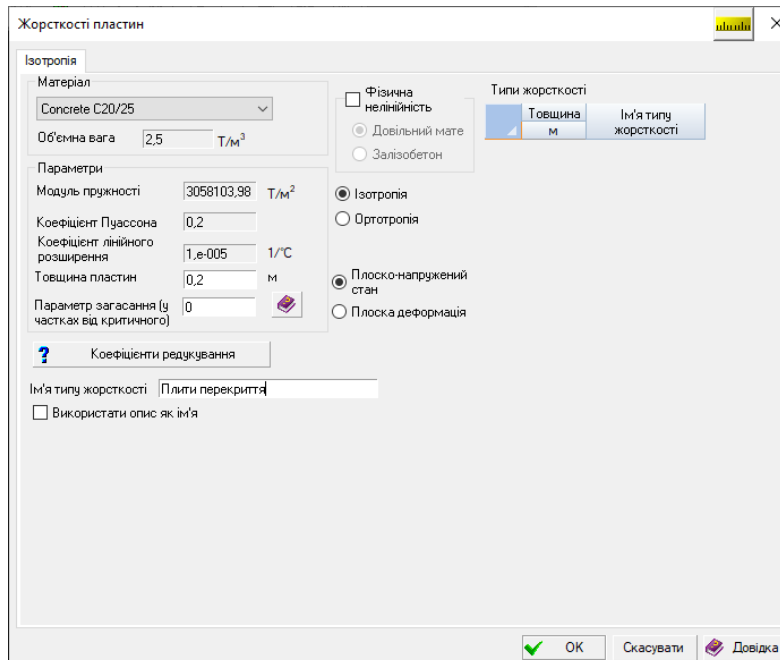


Рисунок 3.49 – Створення контурів триангуляції перекриттів на розрахунковій схемі

Натисніть кнопку «ОК», після відображення результатів триангуляції натисніть кнопку «Розміщення результатів триангуляції на місце в схемі».
Повторіть операцію для всіх перекриттів і покриття

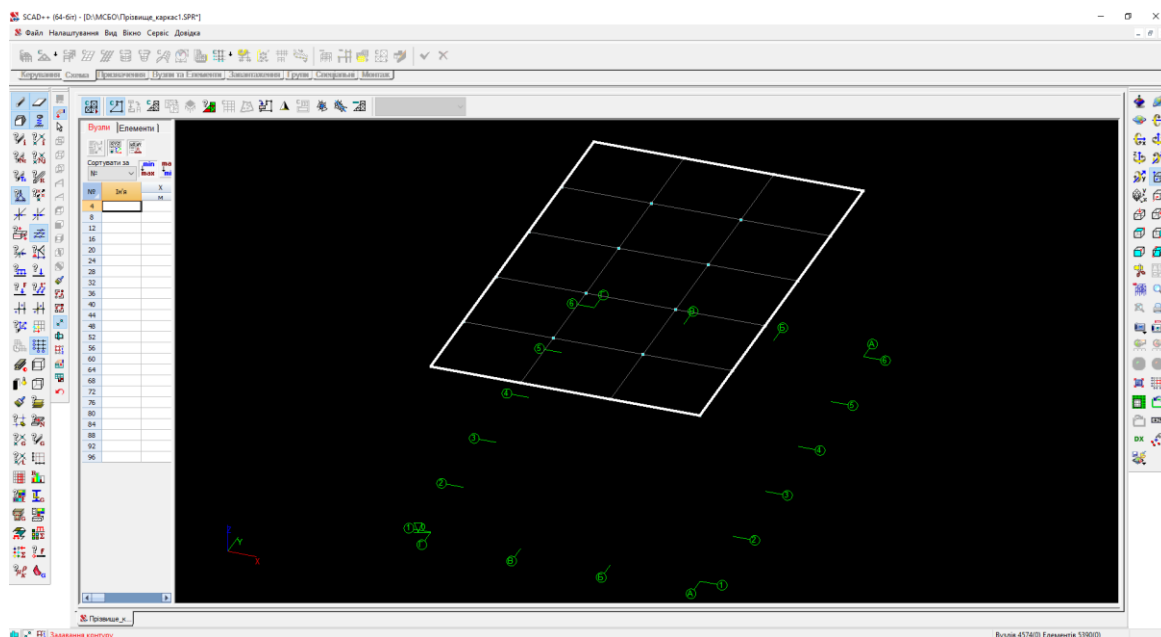


Рисунок 3.50 – Створення контурів триангуляції перекриттів на розрахунковій схемі за використання інструменту «Переріз площиною XOY»

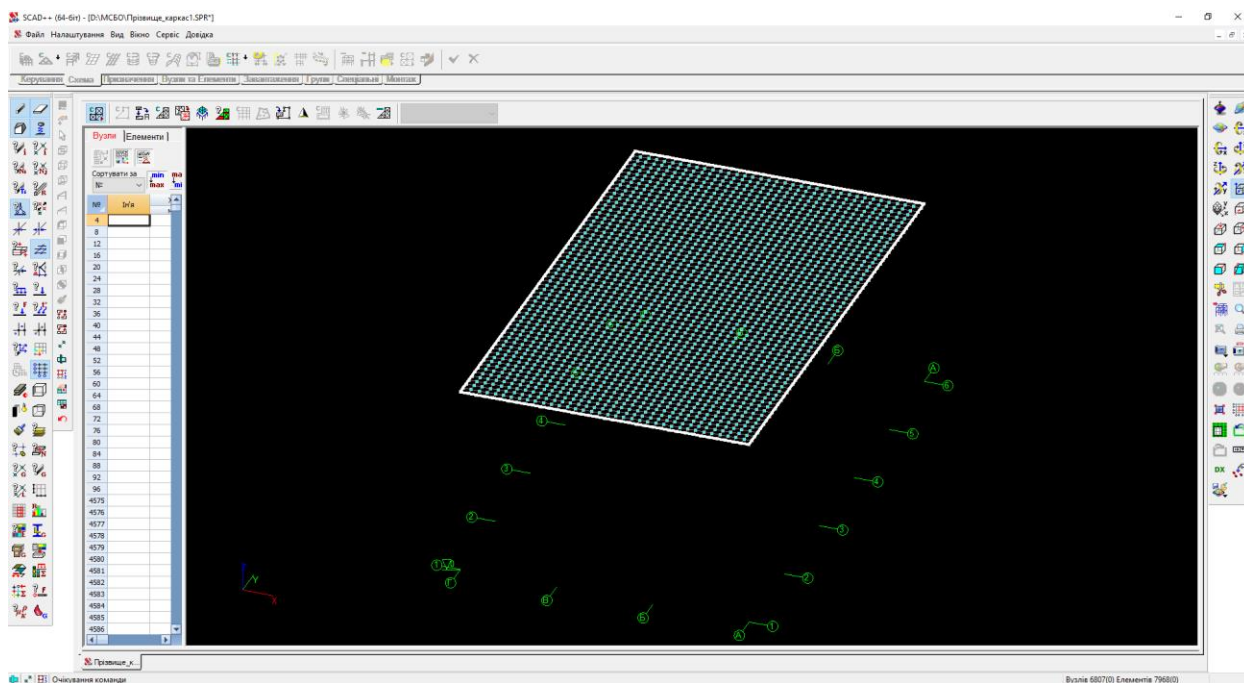


Рисунок 3.51 – Результати триангуляції перекриття

Використовуючи інструменти панелі фільтрів, упевніться в коректності створення розрахункової схеми.

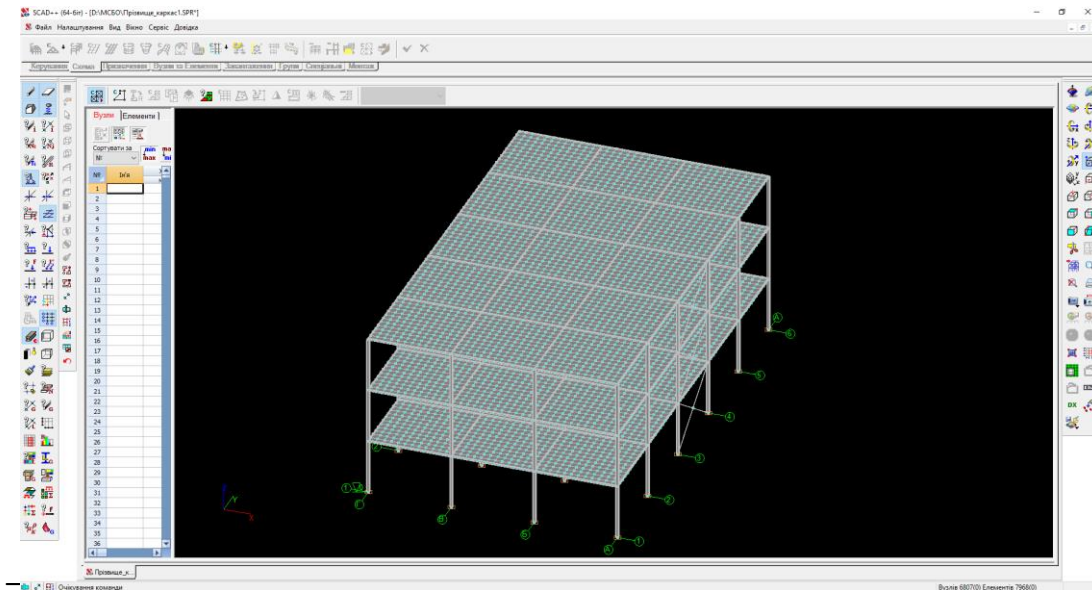




Рисунок 3.52 – Результати створення розрахункової схеми з відображенням призначених профілів сталевго каркаса і залізобетонних перекриттів та покриття

Вийдіть з режиму триангуляції, натиснувши на кнопку .

Додамо створені перекриття і покриття до нових груп.

За допомогою панелі фільтрів вимкнемо відображення стержневих елементів, натиснувши відповідну  кнопку.

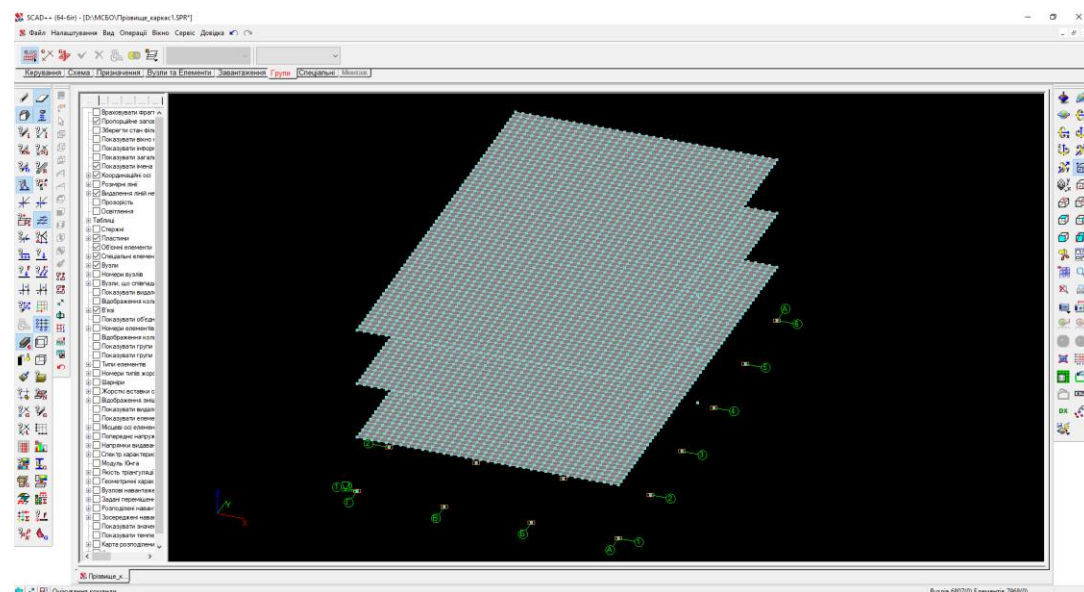


Рисунок 3.53 – Розрахункова схема з вимкненими стержневими елементами

Для зручності роботи поверніть розрахункову схему, затискаючи «Shift» та колесо мишки або за допомогою інструментів обертання на «Панелі візуалізації».

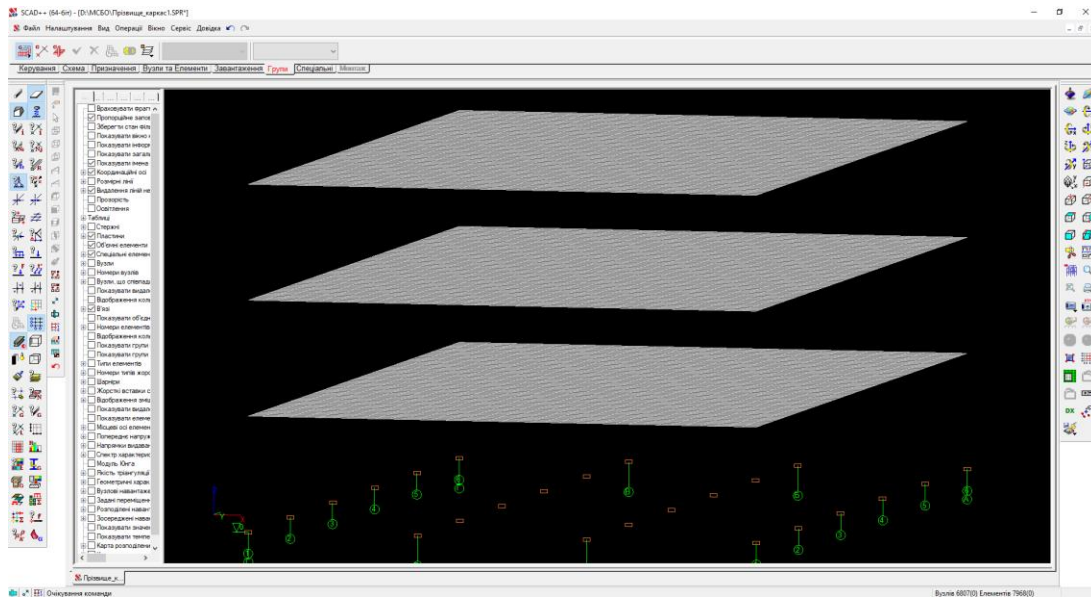



Рисунок 3.54 – Диски перекриттів і покриття, повернуті для зручності роботи

Перейдіть на вкладку групи і активуйте інструмент  «Відмічання елементів».

Натисніть праву кнопку миші і встановіть вибір прямокутником. Оберіть усі перекриття на розрахунковій схемі.

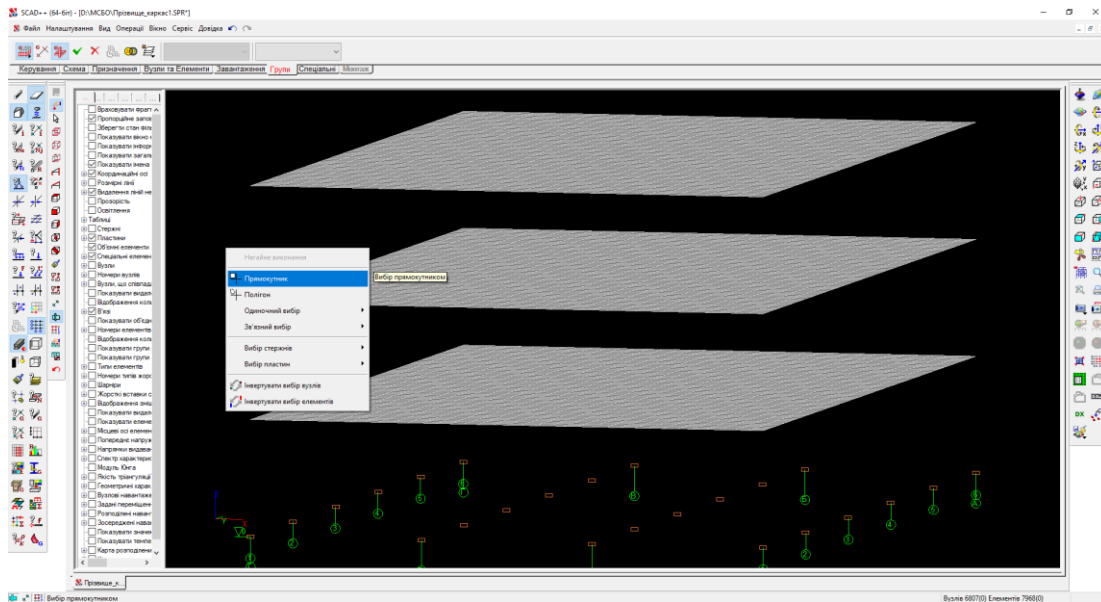


Рисунок 3.55 – Активація інструменту «Вибір прямокутником»

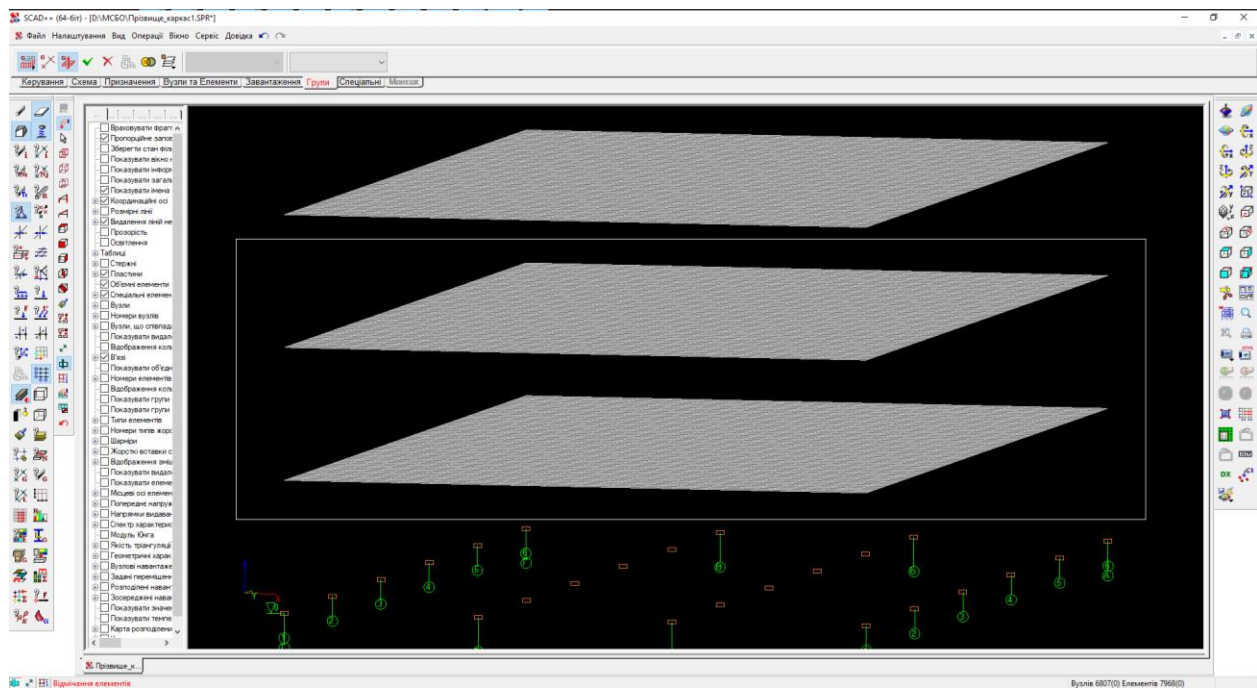


Рисунок 3.56 – Використання інструменту «Вибір прямокутником»

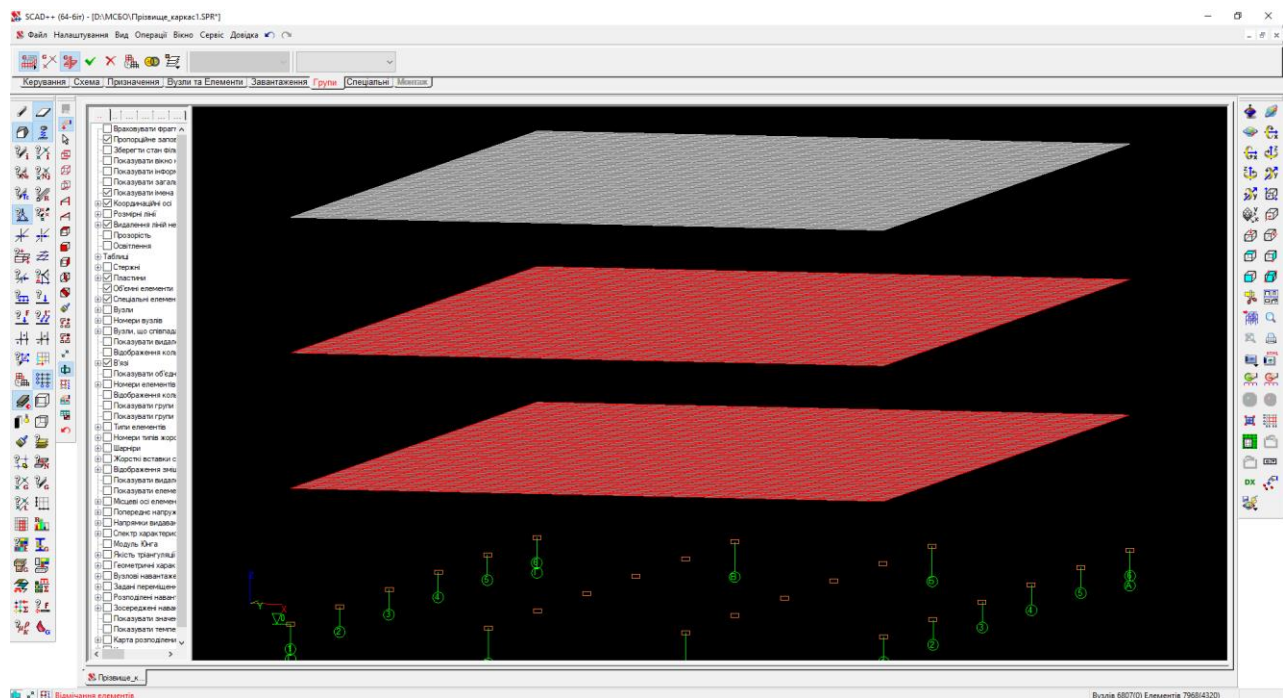


Рисунок 3.57 – Результати використання інструменту «Вибір прямокутником»

Після вибору елементів перекриттів натисніть кнопку «Збереження групи». У діалоговому вікні «Групи елементів» додайте та збережіть групу під назвою «Залізобетонні перекриття».

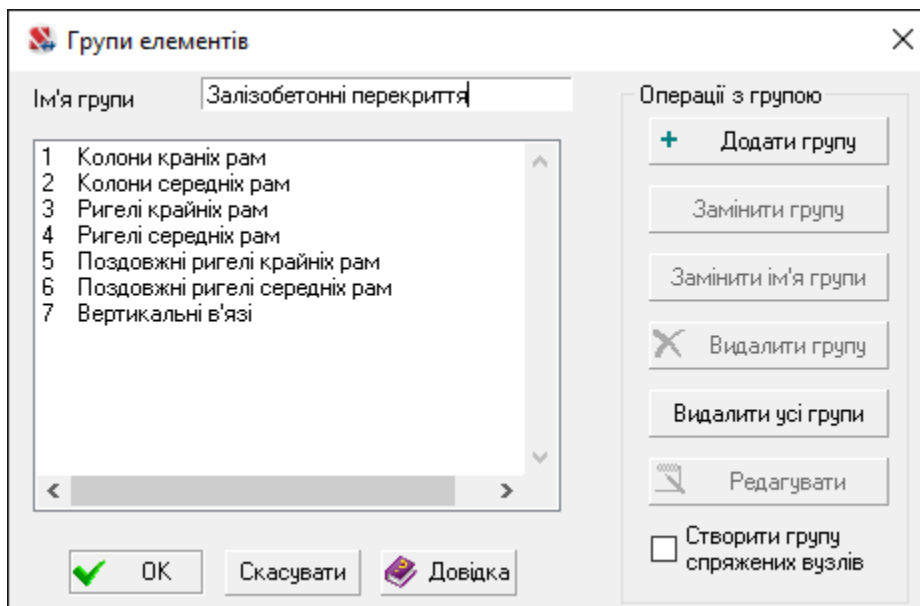


Рисунок 3.58 – Створення групи «Залізобетонні перекриття» у діалоговому вікні «Групи елементів»

Аналогічно створіть групу «Залізобетонне покриття».

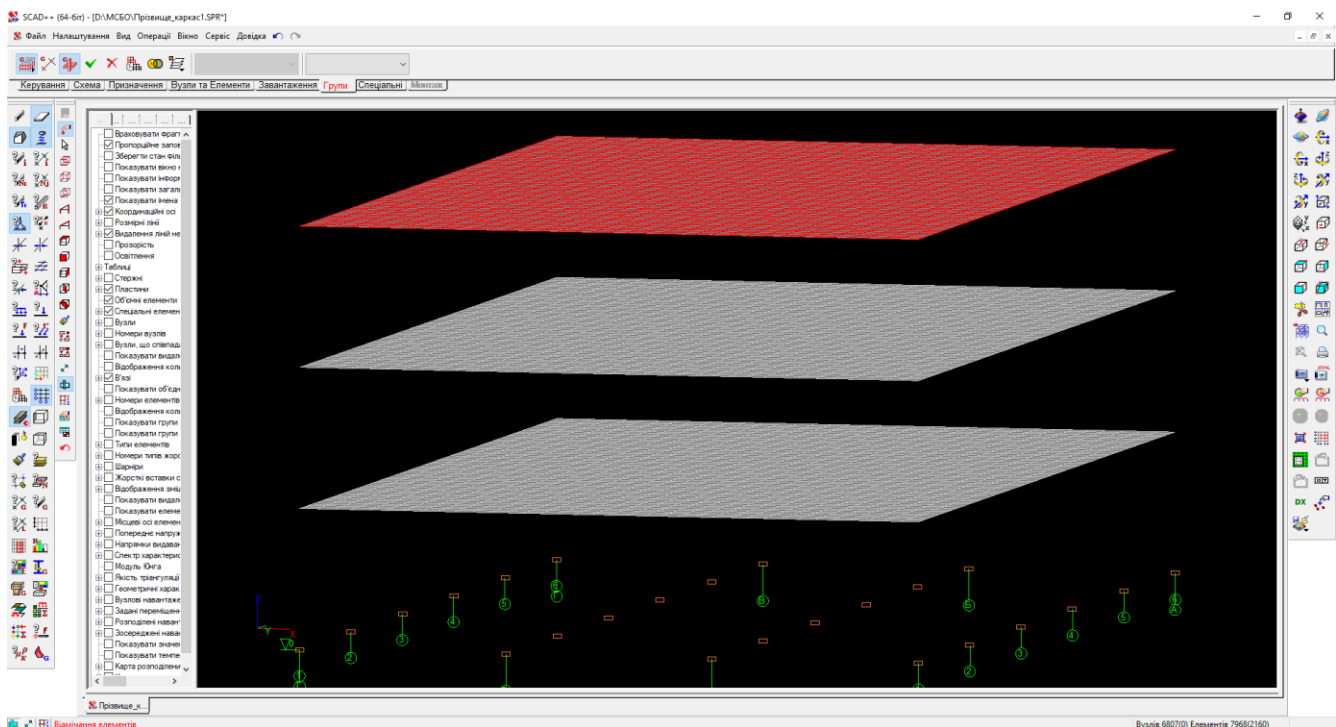


Рисунок 3.59 – Обрані елементи залізобетонного покриття для створення відповідної групи

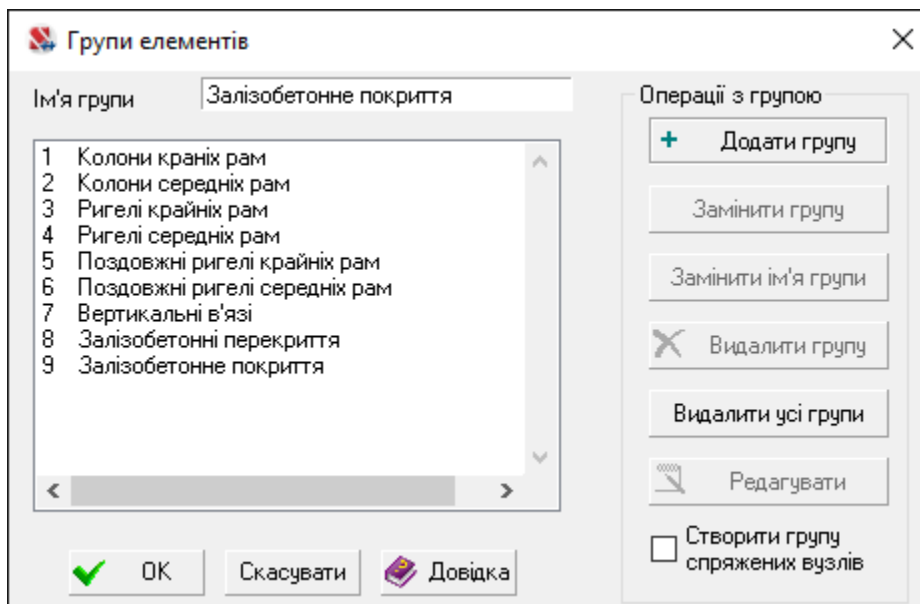


Рисунок 3.60 – Перелік створених груп у діалоговому вікні «Групи елементів»

Увімкніть відображення всіх елементів схеми на панелі фільтрів та початкове відображення схеми на панелі візуалізації.

З випадного списку груп оберіть групу «Залізобетонні перекриття».

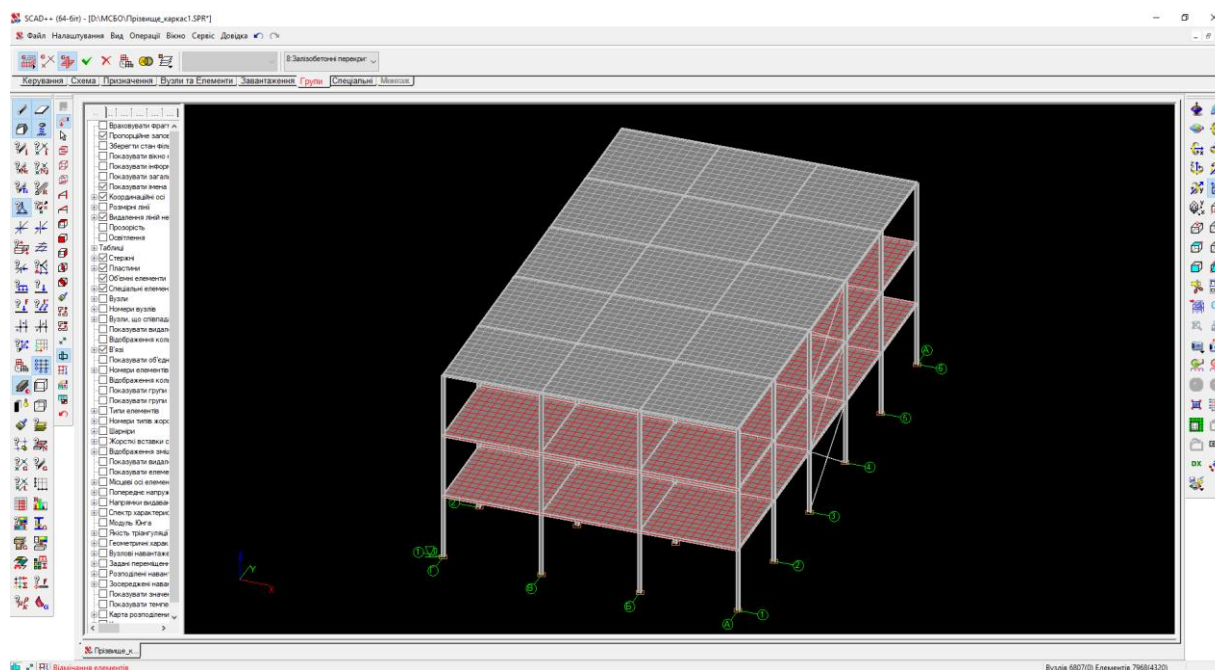



Рисунок 3.61 – Активована група «Залізобетонні перекриття» на розрахунковій схемі

Перейдіть на вкладку «Призначення» та активуйте інструмент «Задавання армування пластинчатих елементів».

Встановіть такі параметри армування:

- нижня арматура $\varnothing 12$ чарунка 200×200 ;
- верхня арматури $\varnothing 12$ чарунка 200×200 ;
- поперечна арматура $\varnothing 10$ крок 400×400 .

Натисніть «ОК». Потім натисніть кнопку підтвердження  для застосування армування до обраних перекриттів.

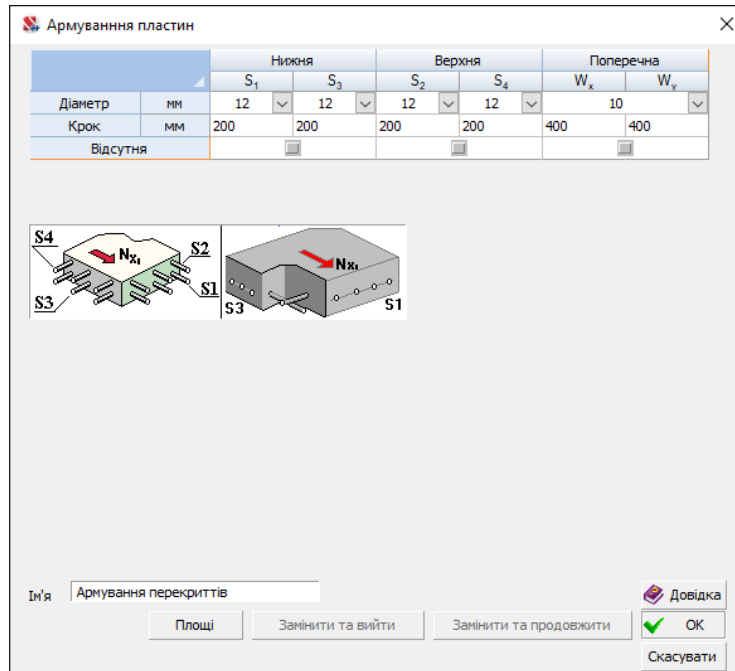


Рисунок 3.62 – Призначення армування для залізобетонних плит перекриттів

Оберіть із випадного списку групу «Залізобетонне покриття».

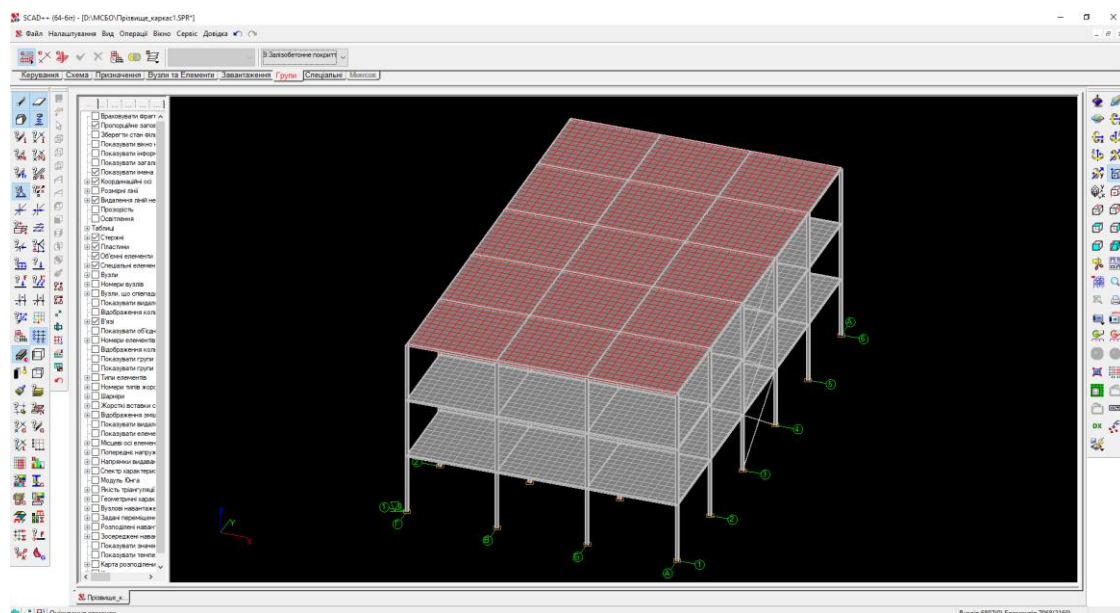


Рисунок 3.63 – Активована група «Залізобетонне покриття» на розрахунковій схемі

Аналогічно до армування перекриттів задайте армування для залізобетонної плити покриття. Натисніть кнопку «ОК». Потім кнопку підтвердження.

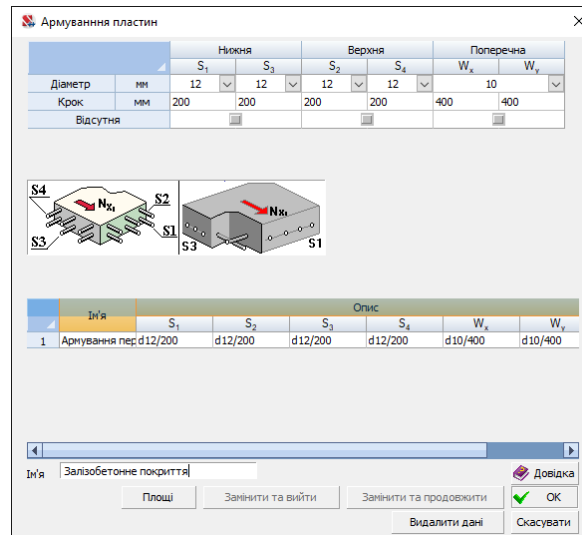




Рисунок 3.64 – Призначення армування для залізобетонної плити покриття

Завантаження розрахункової схеми

Для виконання завантажень розрахункової схеми використовуємо ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи або програму ВЕСТ, якій реалізовано положення вказаних державних будівельних норм. Далі розглядаємо використання програми ВЕСТ, яка значно спрощує роботу з положеннями відповідних будівельних норм.

Перше навантаження, яке має бути застосоване до розрахункової схеми, є навантаженням від власної ваги замодельованих елементів каркаса будівлі в програмі SCAD ++. Переходимо на вкладку «Завантаження» і активуємо інструмент  «Власна вага». Коефіцієнт включення власної ваги у діалоговому вікні встановлюємо по ДБН В.1.2-2:2006 або по відповідній сторінці  Коефіцієнти програми ВЕСТ.

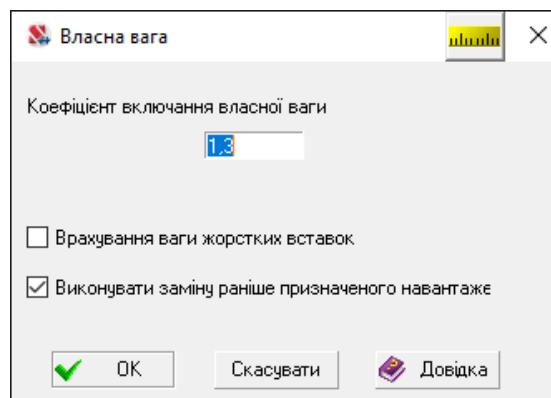


Рисунок 3.65 – Діалогове вікно «Власна вага»

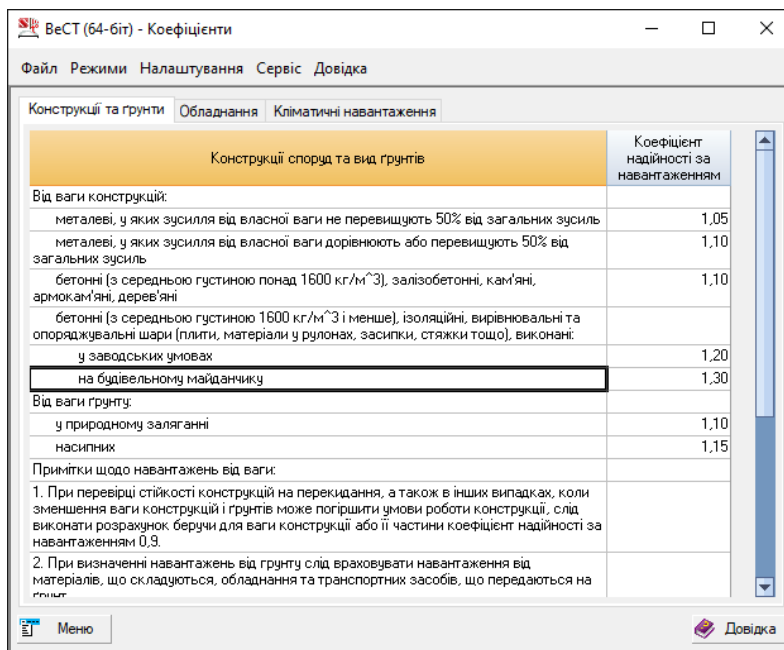


Рисунок 3.66 – Сторінка коефіцієнтів програми ВЕСТ

Вмикаємо відображення застосованих навантажень на панелі фільтрів для контролю коректності прикладення навантажень.

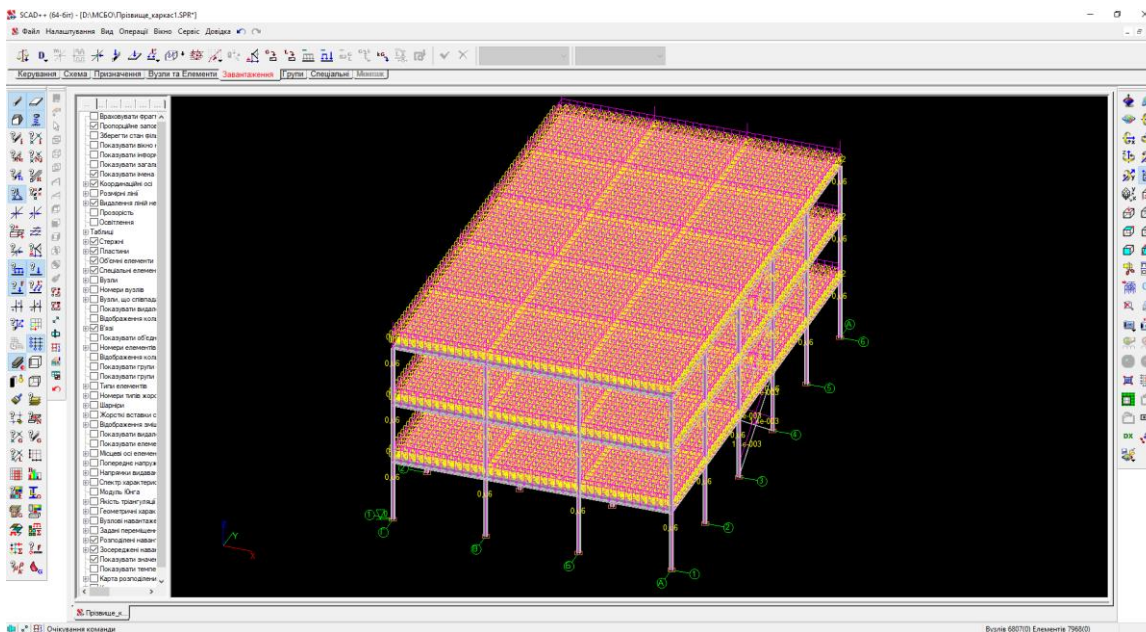



Рисунок 3.67 – Відображення навантажень власної ваги на розрахунковій схемі

Для збереження прикладеного навантаження натискаємо відповідну кнопку  на панелі інструментів.

У діалоговому вікні збереження навантажень призначаємо назву навантаженню «Власна вага», та із випадних списків обираємо тип завантаження і вид завантаження. Після цього натискаємо «Записати як нове» і кнопку «ОК».

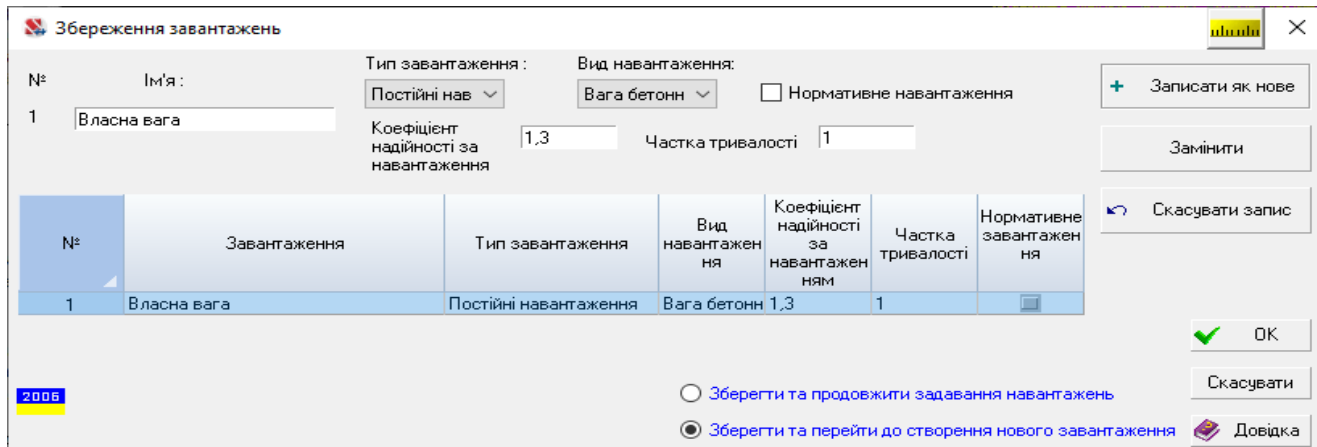



Рисунок 3.68 – Збереження навантаження «Власна вага» у діалоговому вікні «Збереження навантажень»

Наступне навантаження – постійне від конструкції перекриттів і покриття без врахування вже застосованої власної ваги конструкцій. Для розрахунку постійного навантаження скористуємося програмою ВЕСТ. Активуємо сторінку  Власна вага у програмі ВЕСТ. Ця сторінка дає змогу виконати збір постійних навантажень на 1 м² горизонтальної площини перекриття та/або покриття будівлі.

Для розрахунку граничних навантажень від матеріалів конструкції підлоги перекриття будівлі приймаємо такі вихідні дані:

- матеріал підлоги – лінолеум 5 мм;
- цементно-піщана вирівнювальна стяжка – 50 мм;
- гідроізоляція – плівка ПВХ.

Цей перелік не є вичерпним і застосовується в конкретній навчальній задачі. Під час проектування реальних об'єктів конструкція підлоги задається архітектором проекту. Обираємо прийняті матеріали конструкції підлоги на сторінці «Власна вага» програми ВЕСТ. Коригуємо товщини матеріалів відповідно до прийнятих вище значень і натискаємо кнопку «Обчислити».

Отримане граничне значення за результатами розрахунку власної ваги конструкції підлоги перекриттів прикладаємо до замодельованих перекриттів у програмі SCAD ++.

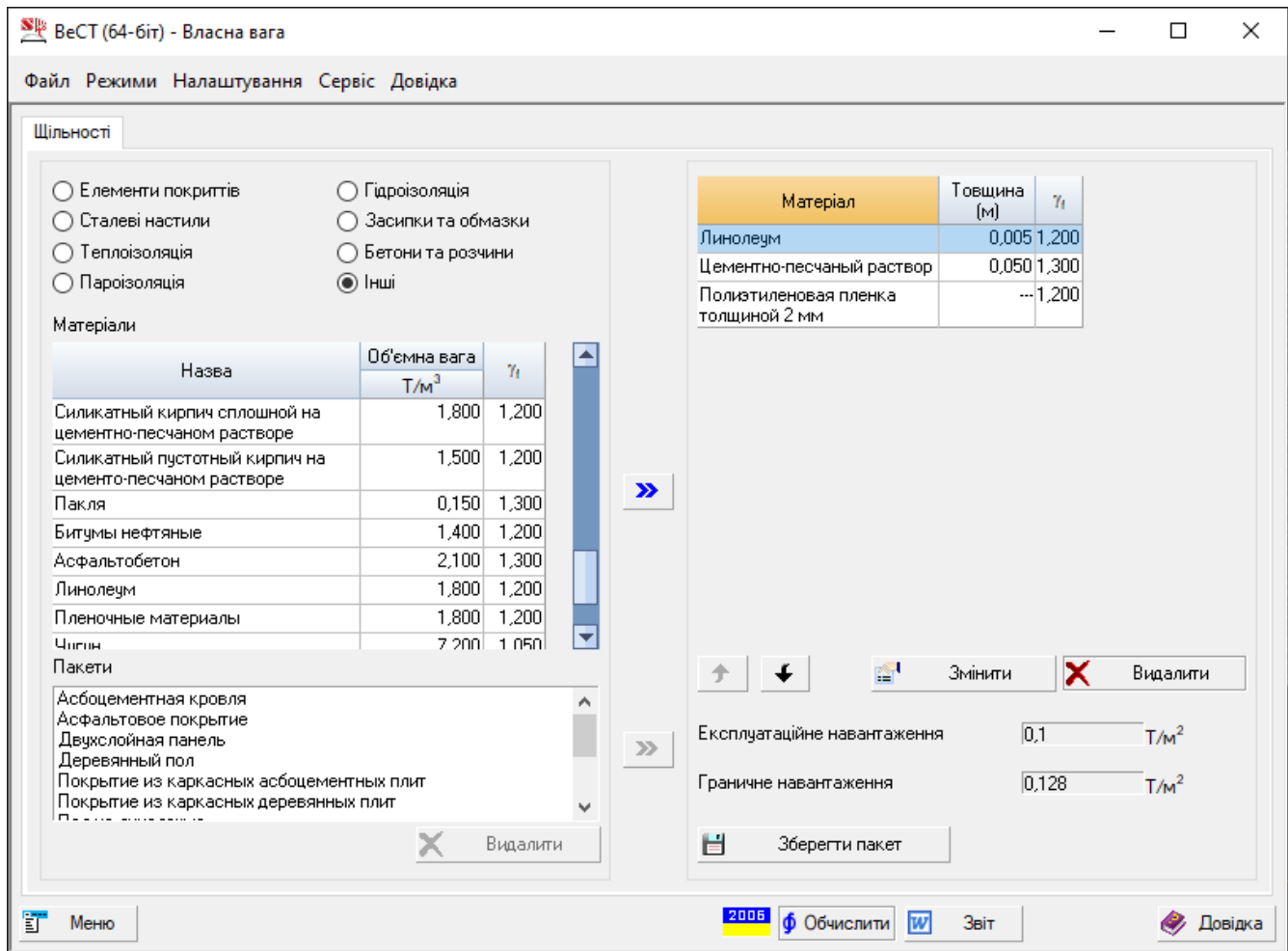


Рисунок 3.69 – Результати розрахунку постійних навантажень від конструкції підлоги у програмі ВЕСТ

Переходимо до робочого простору програми SCAD ++. Для прикладення розрахованого навантаження у програмі ВЕСТ використовуємо інструмент «Навантаження на пластини» на вкладці «Завантаження».

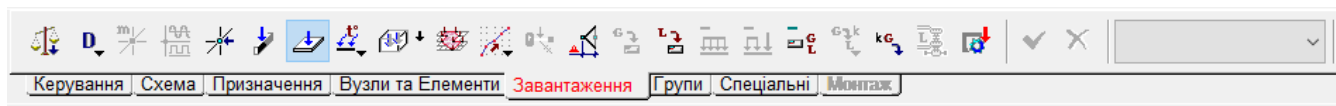


Рисунок 3.70 – Активація інструменту «Навантаження на пластини» на вкладці «Завантаження»

Для вибору перекриттів, на які необхідно прикласти навантаження, можна скористатися інструментом перерізу площиною XOY на «Панелі візуалізації» або вибором створеної раніше групи «Залізобетонні перекриття» у випадковому списку на вкладці «Групи».

Застосуйте розраховане у програмі ВЕСТ навантаження до всіх перекриттів будівлі. Оберіть тип розподіленого навантаження та введіть його значення у віконце «Значення навантаження» відповідно до попереднього розрахунку. Натисніть кнопку «ОК» у діалоговому вікні та кнопку «Підтвердження» на панелі інструментів.

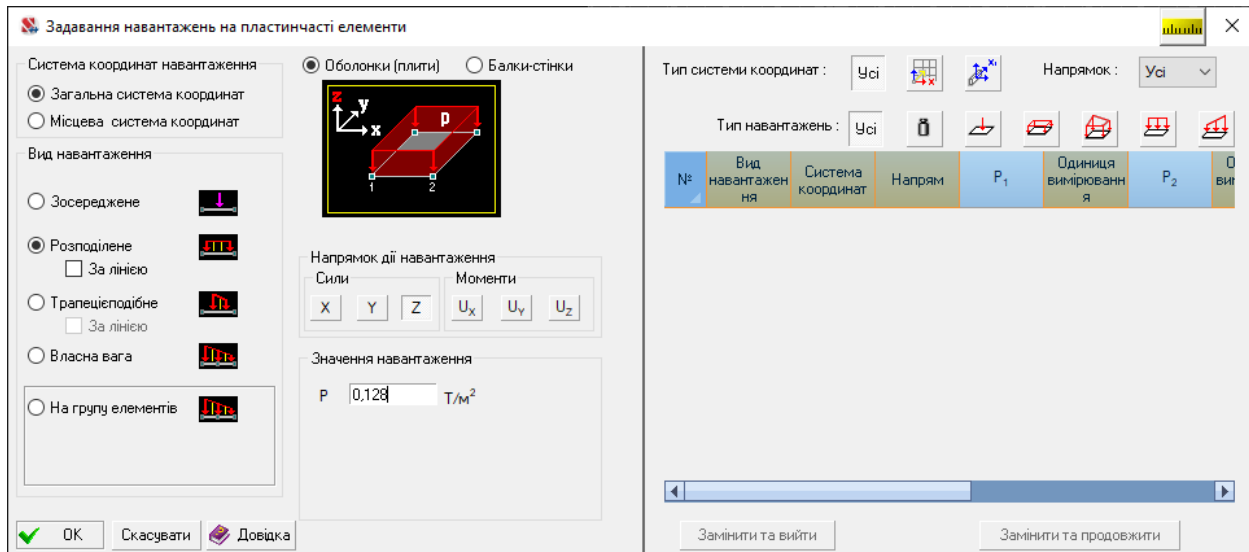


Рисунок 3.71 – Діалогове вікно «Навантаження на пластини»

Використовуючи панель фільтрів, упевніться у коректності прикладення навантажень.

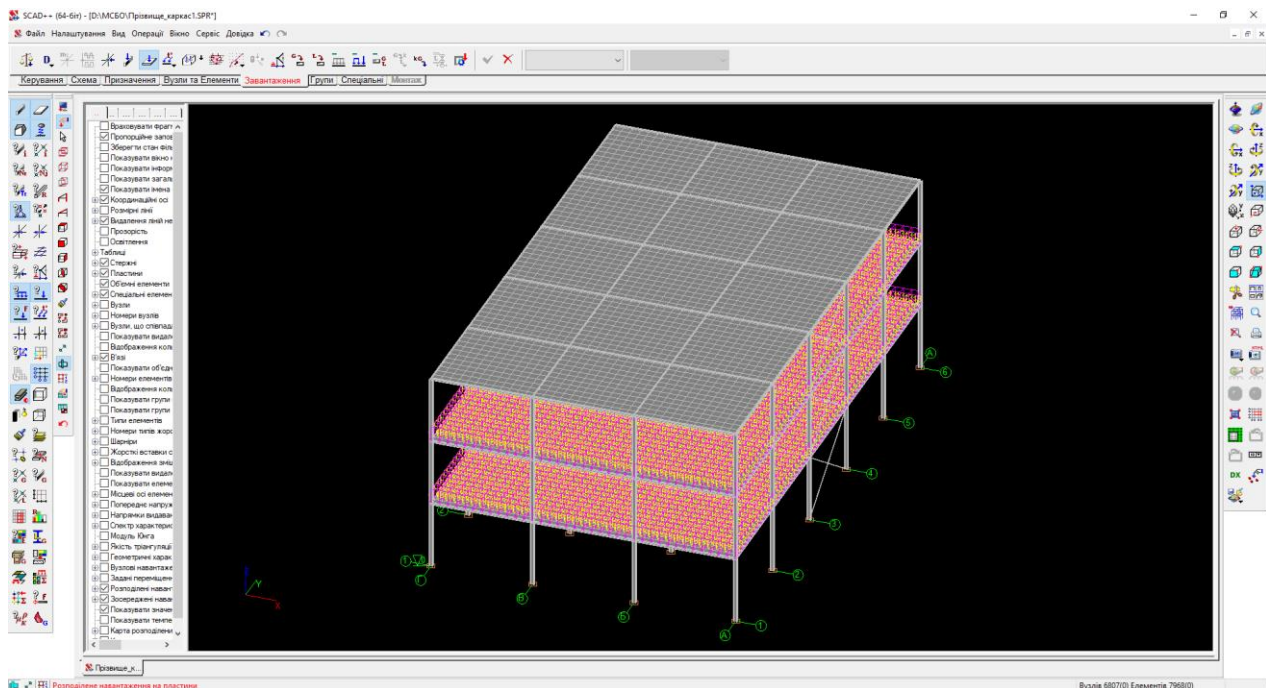


Рисунок 3.72 – Відображення постійних навантажень на перекриття

Для розрахунку граничних навантажень від матеріалів конструкції покрівлі будівлі приймаємо такі вихідні дані:

- руберойд з крупнозернистою посипкою;
- руберойд підкладочний;
- цементно-піщана стяжка – 50 мм;
- гідроізоляція – плівка ПВХ;
- теплоізоляція – плити мінераловатні – 300 мм;
- пароізоляція – плівка ПВХ.

Вводимо вихідні дані до діалогового вікна на сторінці «Власна вага» програми ВЕСТ. Натискаємо кнопку «Обчислити».

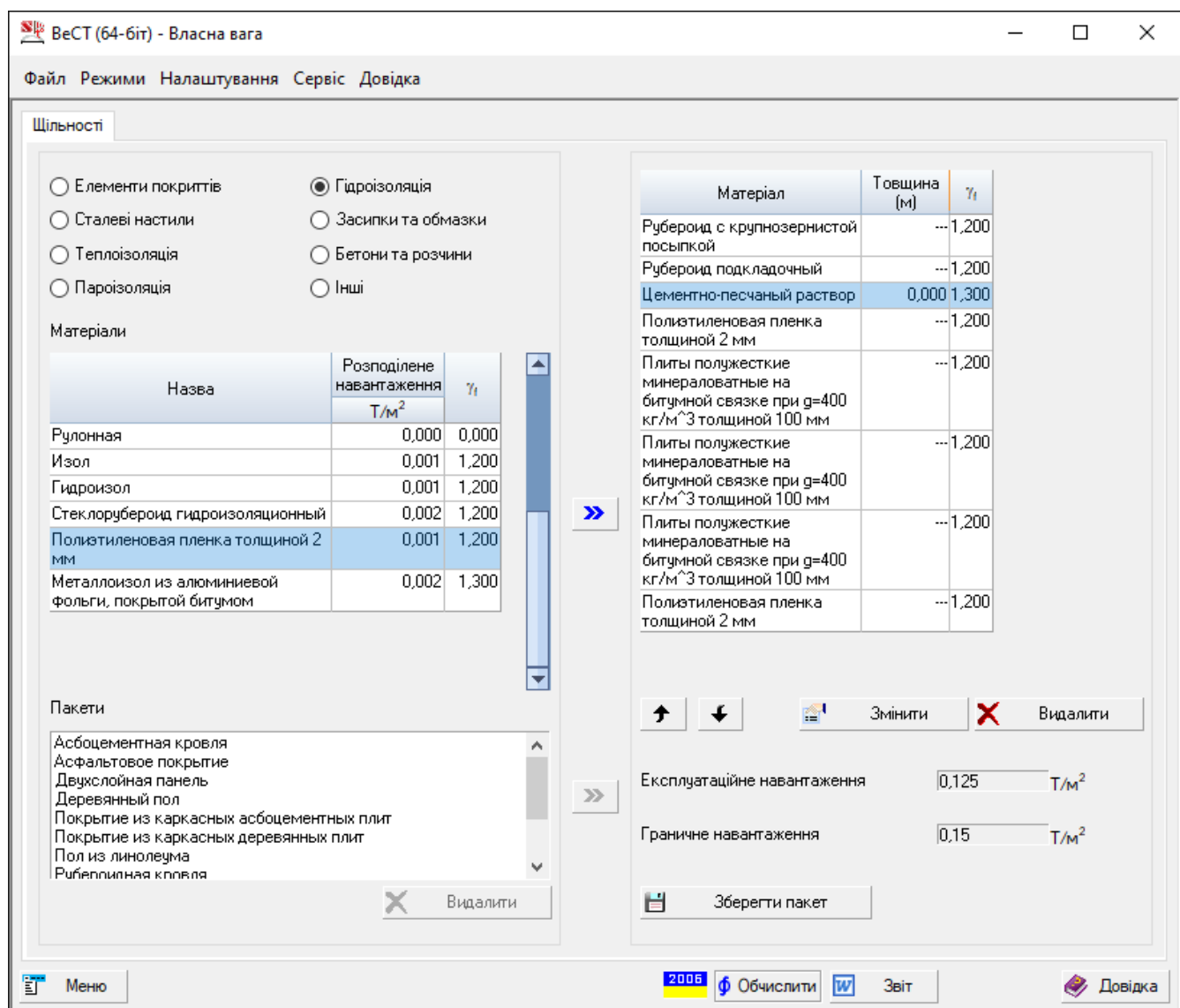


Рисунок 3.73 – Результати розрахунку постійних навантажень від конструкції покрівлі у програмі ВЕСТ

Для вибору покриття для прикладення навантаження можна скористатися інструментом перерізу площиною XOY на «Панелі візуалізації» або вибором створеної раніше групи «Залізобетонне покриття» у випадному списку на вкладці «Групи».

Застосуйте розраховане у програмі ВЕСТ навантаження до покриття будівлі. Оберіть тип розподіленого навантаження та введіть його значення у віконце «Значення навантаження» відповідно до попереднього розрахунку. Натисніть кнопку «ОК» у діалоговому вікні та кнопку «Підтвердження» на панелі інструментів.

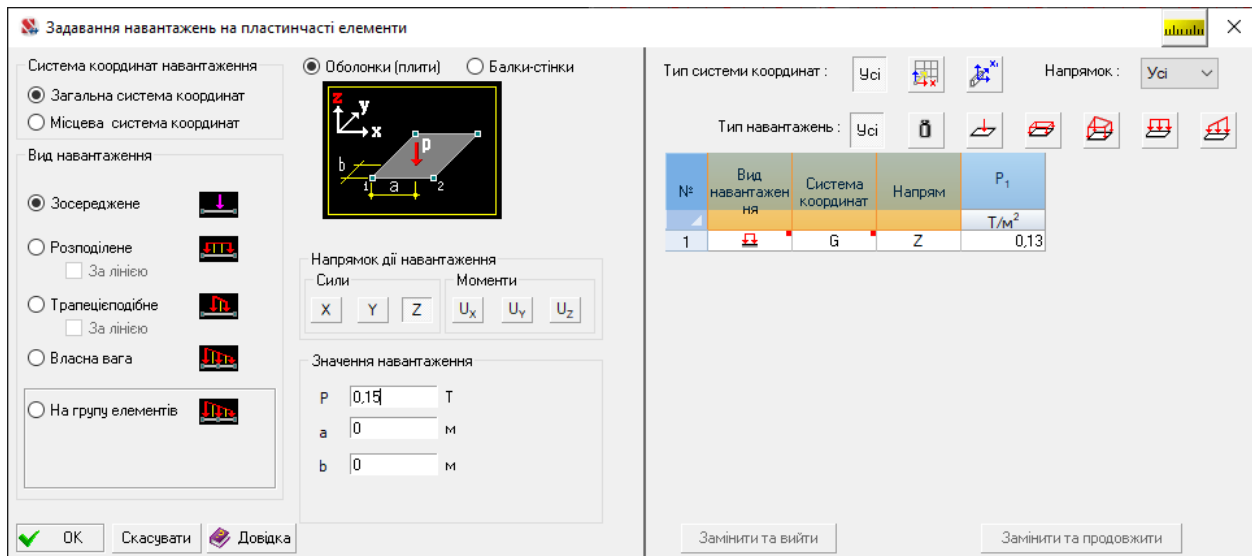


Рисунок 3.74 – Діалогове вікно «Навантаження на пластини»

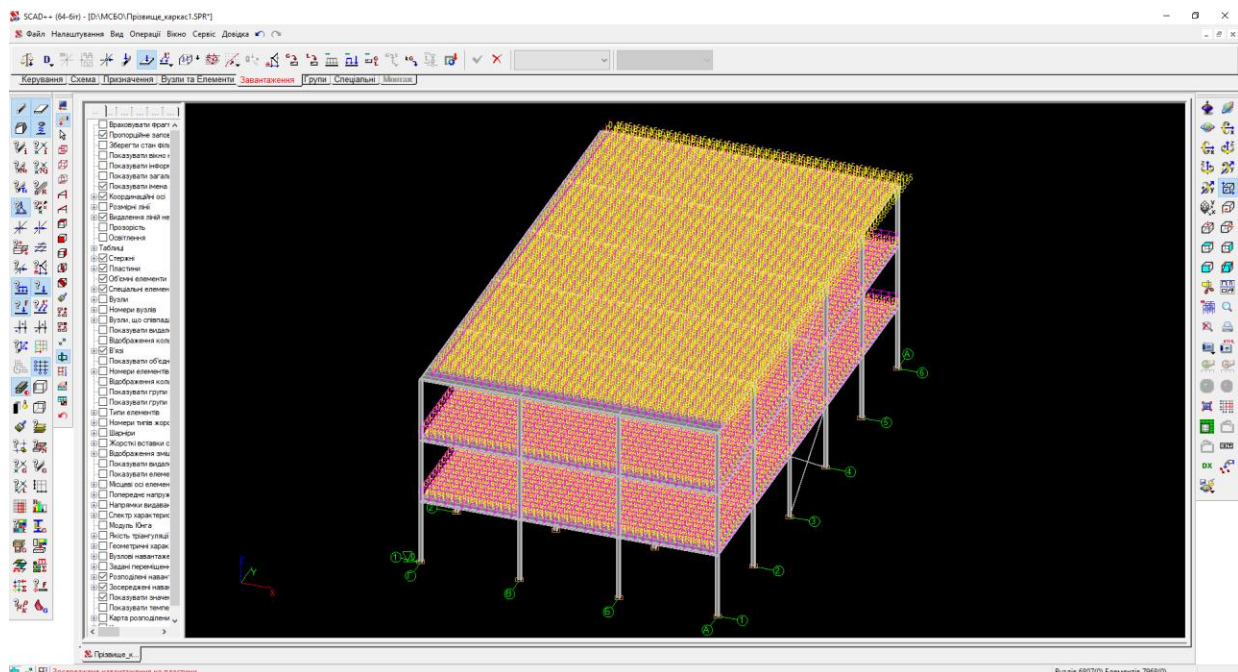



Рисунок 3.75 – Відображення постійних навантажень на перекриття та покриття

Для збереження прикладеного навантаження натискаємо відповідну кнопку  на панелі інструментів.

У діалоговому вікні збереження навантажень призначаємо назву навантаженню «Власна вага» та із випадних списків обираємо тип завантаження і вид завантаження. Після цього натискаємо «Записати як нове» і кнопку «ОК».

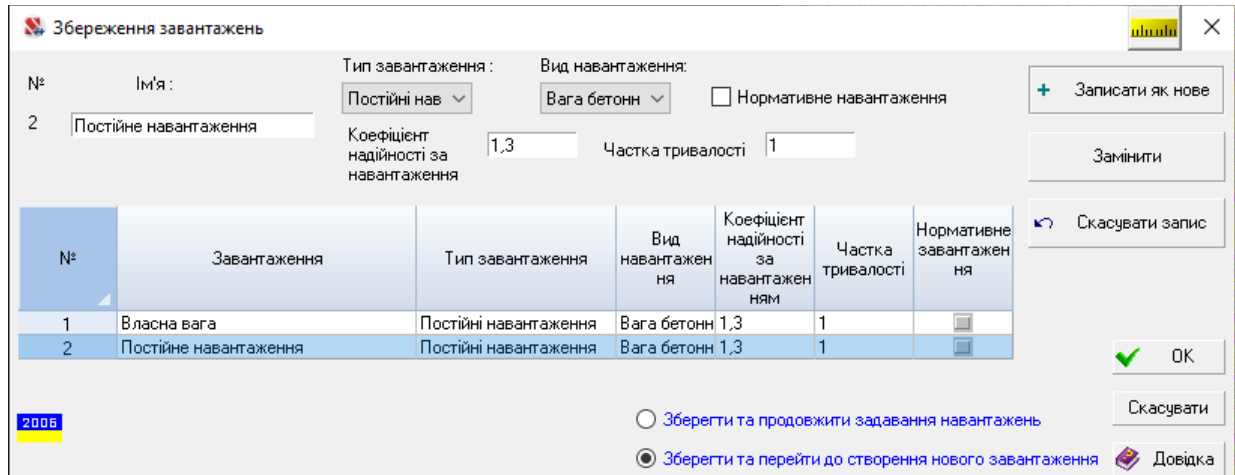



Рисунок 3.76 – Збереження навантаження «Постійне навантаження» у діалоговому вікні «Збереження навантажень»

Наступне навантаження – снігове навантаження. Для його розрахунку також скористаємося програмою ВЕСТ. Переходимо до вкладки  «Сніг» у програмі ВЕСТ. У діалоговому вікні вкладки «Сніг» вводимо необхідні вихідні дані відповідно до завдання на проектування та натискаємо кнопку «Обчислити».

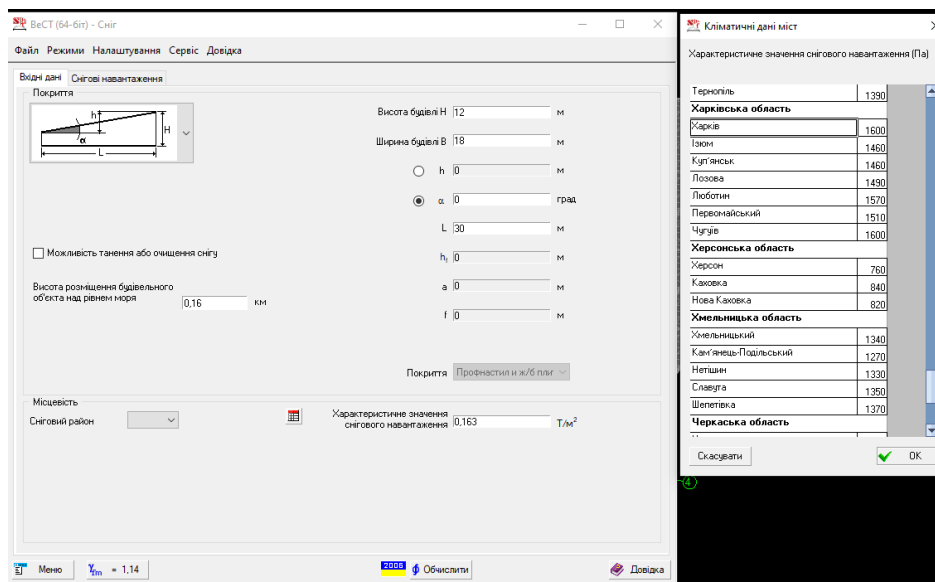


Рисунок 3.77 – Введення вихідних даних для розрахунку снігового навантаження у програмі ВЕСТ

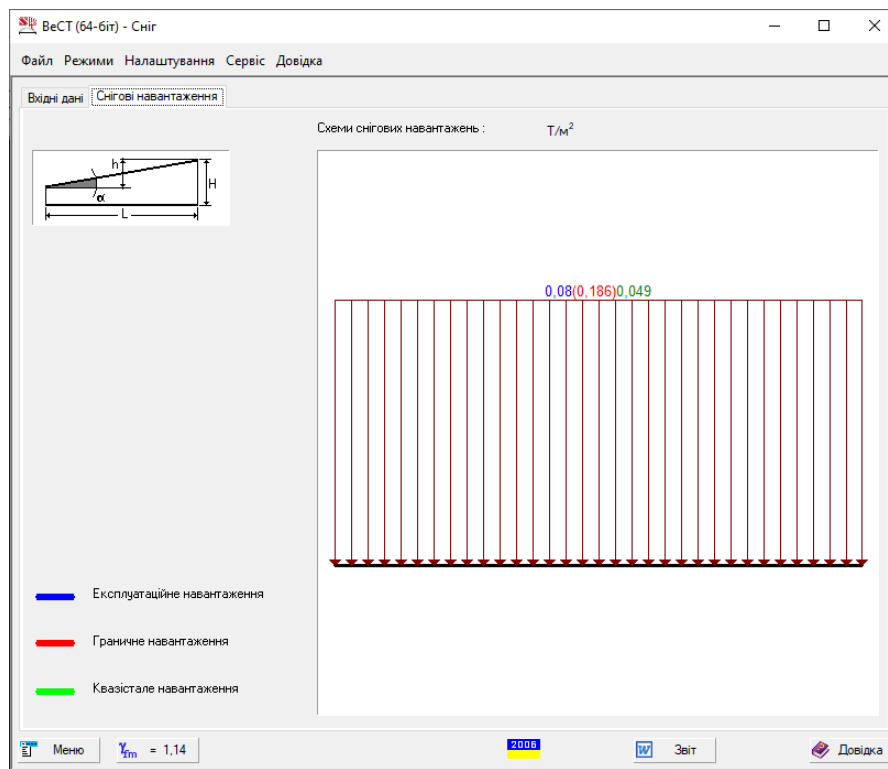



Рисунок 3.78 – Результати розрахунку снігових навантажень у програмі ВЕСТ

За необхідності обрання снігового району (відсутності населеного пункту в таблиці) його можна знайти на вкладці  Місцевість програми ВЕСТ. Ця вкладка допомагає визначити районування місцевості відповідно до ДБН В.1.2-2:2006 для подальшого використання у розрахунках.

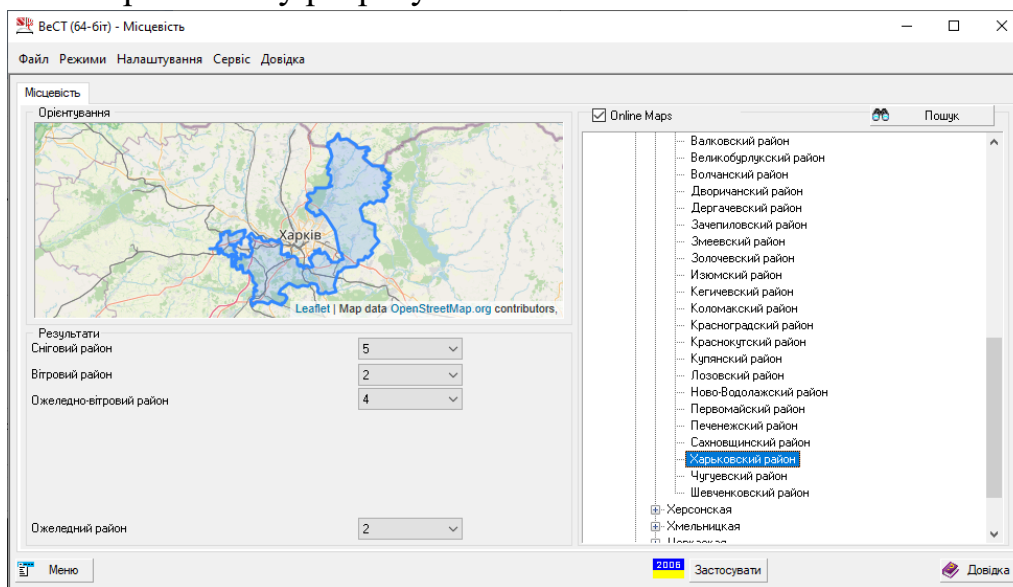


Рисунок 3.79 – Визначення районування місцевості за допомогою програми ВЕСТ

Розраховане граничне значення снігового навантаження прикладається до покриття будівлі аналогічно попереднім навантаженням. Обираємо інструмент

100 років середнього періоду повторюваності). Частка тривалості обраховується як відношення «Експлуатаційного навантаження» до «Граничного навантаження» отриманих із програми ВЕСТ. Натискаємо кнопку «Записати як нове», потім кнопку «ОК».

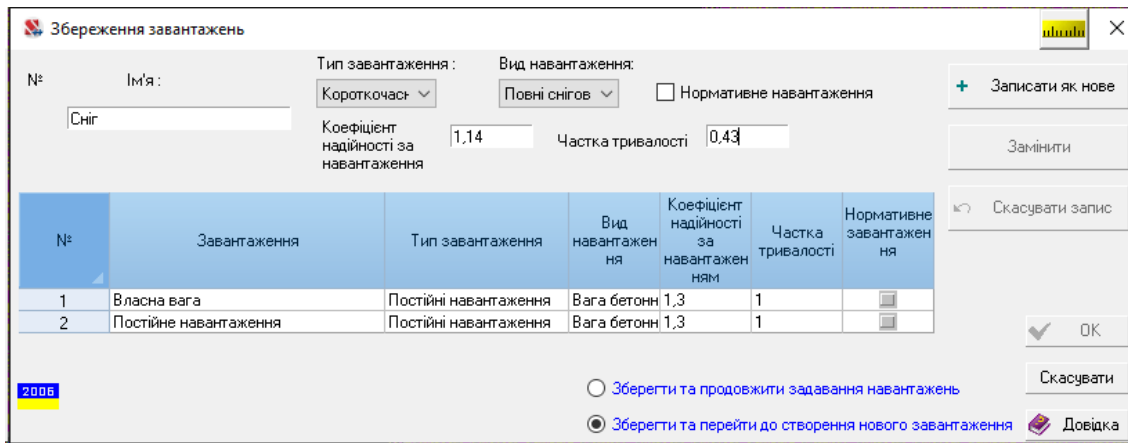


Рисунок 3.82 – Збереження навантаження «Сніг» у діалоговому вікні «Збереження навантажень»

Наступне навантаження – корисне навантаження на перекриття. Для встановлення граничного корисного навантаження на перекриття відповідно до діючих будівельних норм знову звернемося до програми ВЕСТ. Переходимо до вкладки Тимчасові навантаження. У діалоговому вікні обираємо пт. 2, який відповідає індивідуальному завданню і натискаємо кнопку «Обчислити».

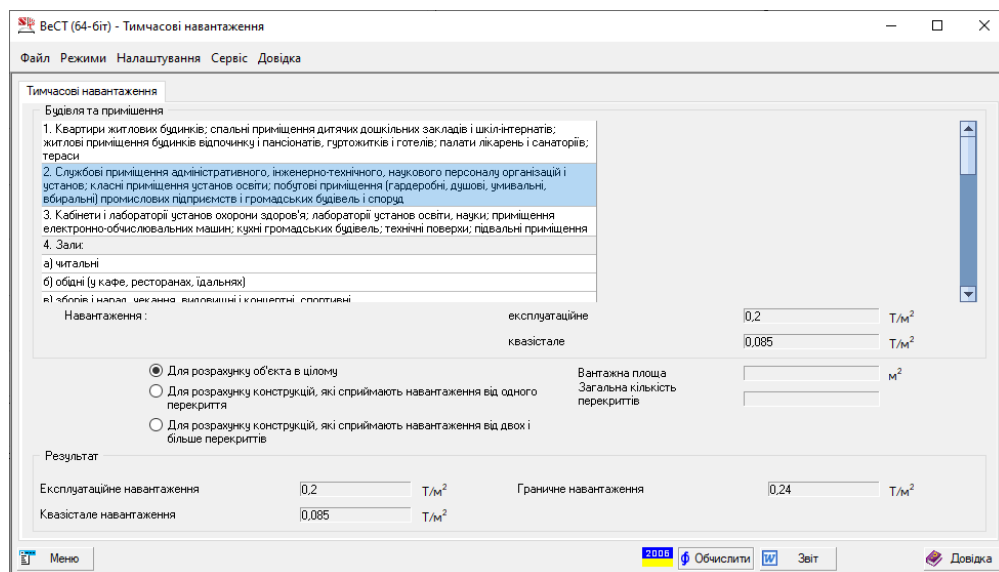


Рисунок 3.83 – Розрахунок корисних (тимчасових) навантажень у програмі ВЕСТ

Розраховане граничне значення корисного навантаження прикладається до перекриттів будівлі аналогічно попереднім навантаженням. Обираємо інструмент «Навантаження на пластини» і прикладаємо отримане у програмі ВЕСТ навантаження до перекриттів розрахункової схеми будівлі.

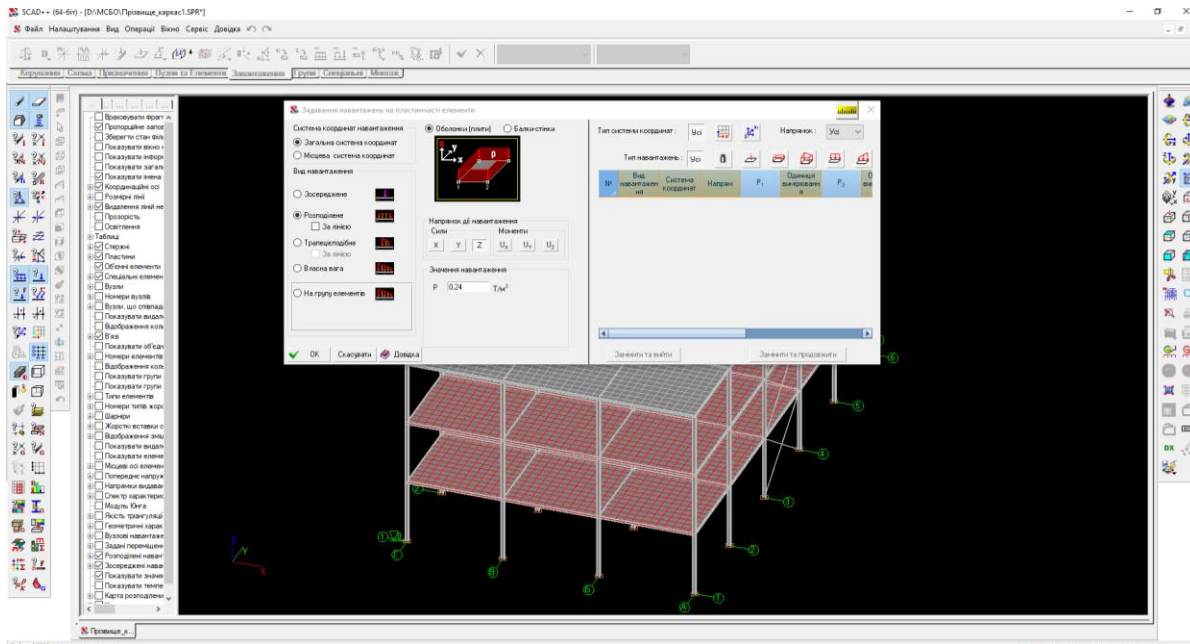


Рисунок 3.84 – Прикладення корисного навантаження до перекриттів будівлі

Натискаємо кнопку «ОК», потім кнопку підтвердження (після виділення всіх скінченних елементів перекриття). Упевнюємося в коректності прикладення корисного навантаження.

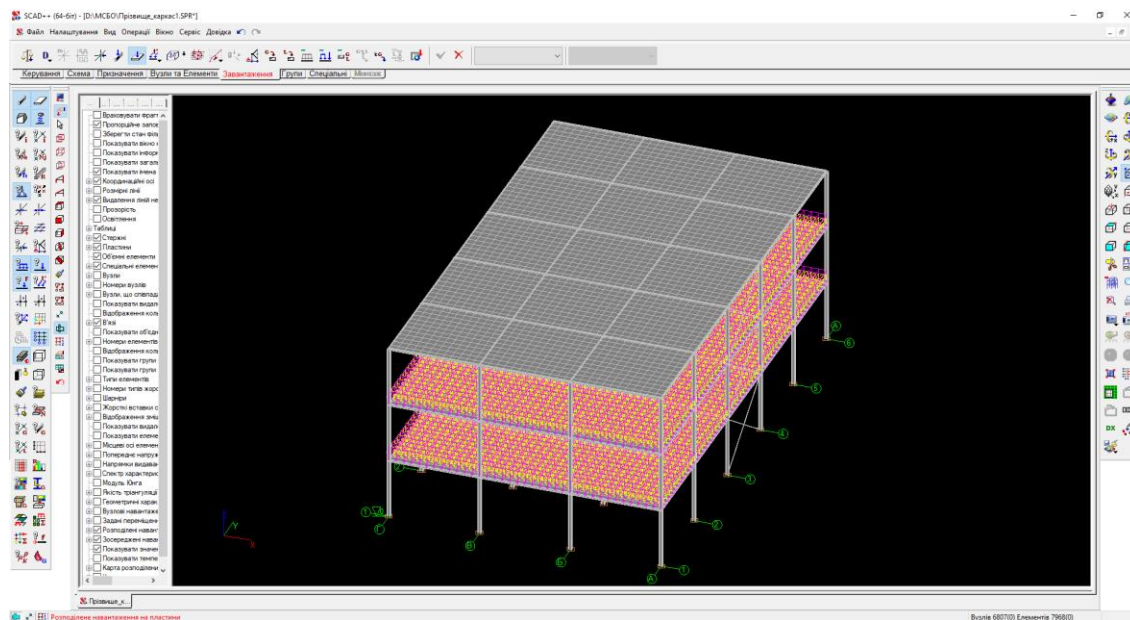


Рисунок 3.85 – Відображення корисного навантаження на перекриття

Зберігаємо завантаження за допомогою алгоритму, розглянутого раніше. Назву застосовуємо – корисне навантаження. Тип навантаження – короткочасне. Вид навантаження – «Повні навантаження... з нормативним значенням більшим за 2,0 кПа». Частку тривалості встановлюємо як відношення «Експлуатаційного навантаження» до «Граничного навантаження», отриманих із програми ВЕСТ. Натискаємо кнопку «Записати як нове», потім кнопку «ОК».

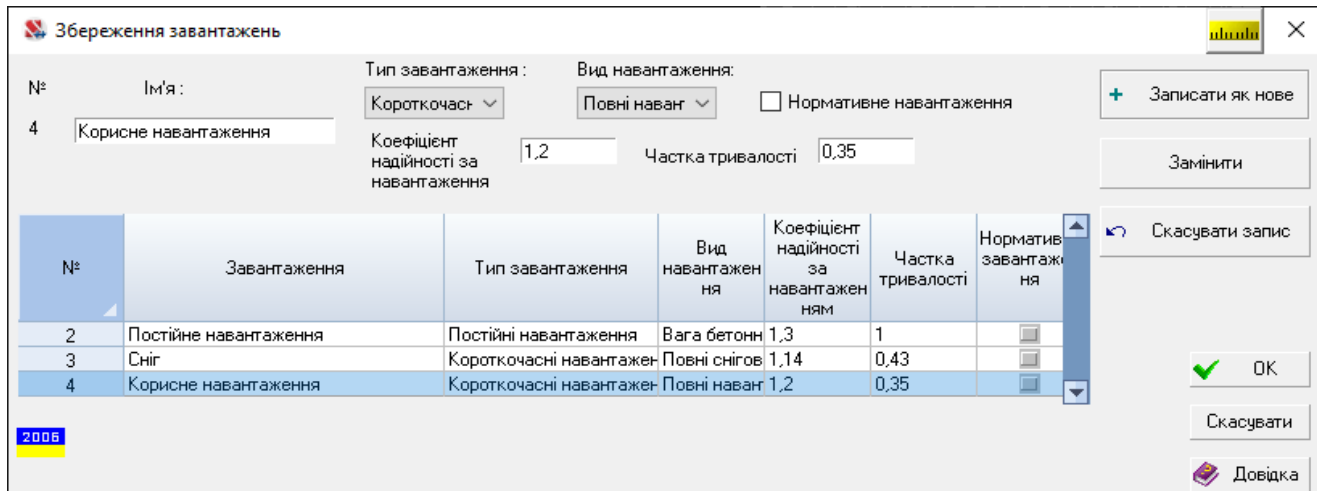



Рисунок 3.86 – Збереження навантаження «Корисне навантаження» у діалоговому вікні «Збереження навантажень»

Прикладення вітрових навантажень має певні особливості відносно попередніх завантажень. По-перше, варто мати на увазі, що вітрове навантаження може діяти з будь-якого боку будівлі, але одночасно тільки з одного. По-друге, з огляду на аеродинамічні особливості будівлі воно може мати певні величини як на торцевих гранях будівлі, так і на перпендикулярних чи похилих до них. І по-третє, залежно від висоти будівлі, типу місцевості, висоти над рівнем моря значення величин вітрового навантаження можуть значно відрізнятися одне від одного при одному і тому ж вітровому районі. А ще варто одразу відзначити, що еюра вітрових навантажень не підпорядковується лінійному закону розподілу по висоті будівлі, отже визначення значень вітрових навантажень і їхнє прикладення до розрахункової схеми становить достатньо складну комплексну задачу, яку детально ми розглянемо на аудиторних практичних заняттях. У цих методичних рекомендаціях вирішення цієї задачі буде надано з певними спрощеннями (котрі підуть у запас розрахунку) зберігаючи коректність алгоритму розрахунку та застосування вітрових навантажень до розрахункової схеми. Тож повернемося до програми ВЕСТ і перейдемо на вкладку  Вітер.

Встановіть необхідні параметри для розрахунку вітрового навантаження:

- оберіть місто розташування об'єкта будівництва – Харків;
- тип місцевості – IV;
- висота розміщення над рівнем моря – 0,16 км;
- коефіцієнт надійності за навантаженням – 1,14.

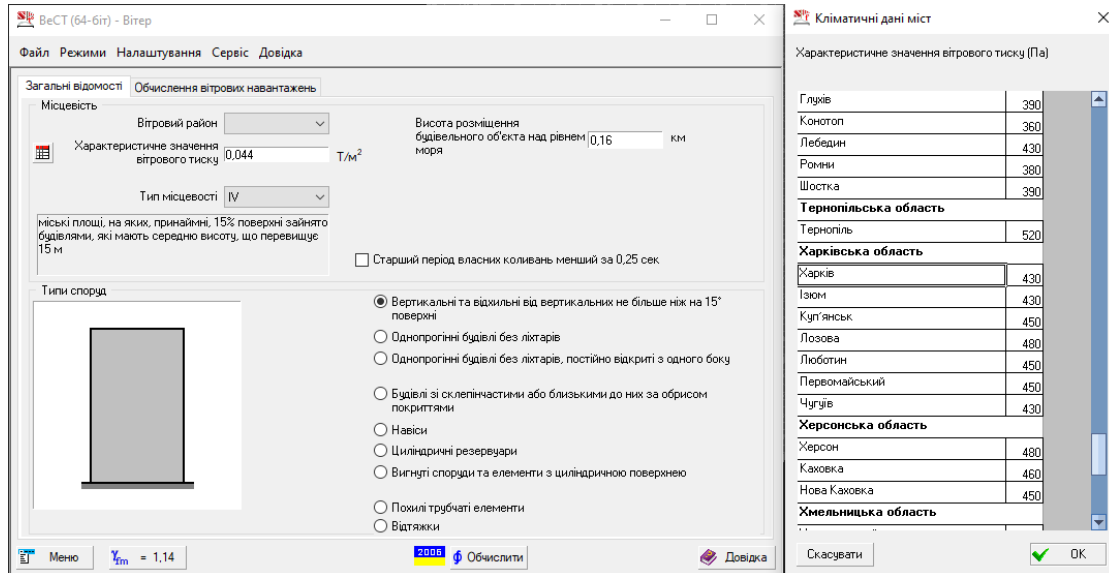



Рисунок 3.87 – Налаштування параметрів розрахунку вітрового навантаження

Після налаштування всіх параметрів натискаємо кнопку  **Обчислити**. У наступному діалоговому вікні вводимо висоту будівлі відповідно до індивідуального завдання.

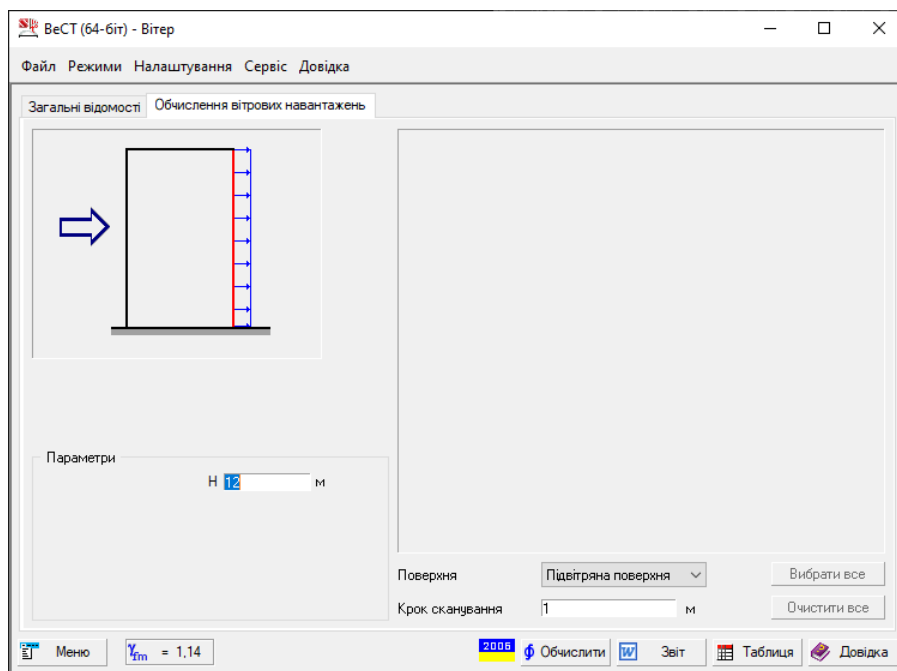



Рисунок 3.88 – Налаштування параметрів розрахунку вітрового навантаження

Після налаштування параметрів висоти будівлі і кроку сканування (в нашому випадку оптимально – 1 м) обираємо поверхню для обчислення і натискаємо кнопку  Обчислити .

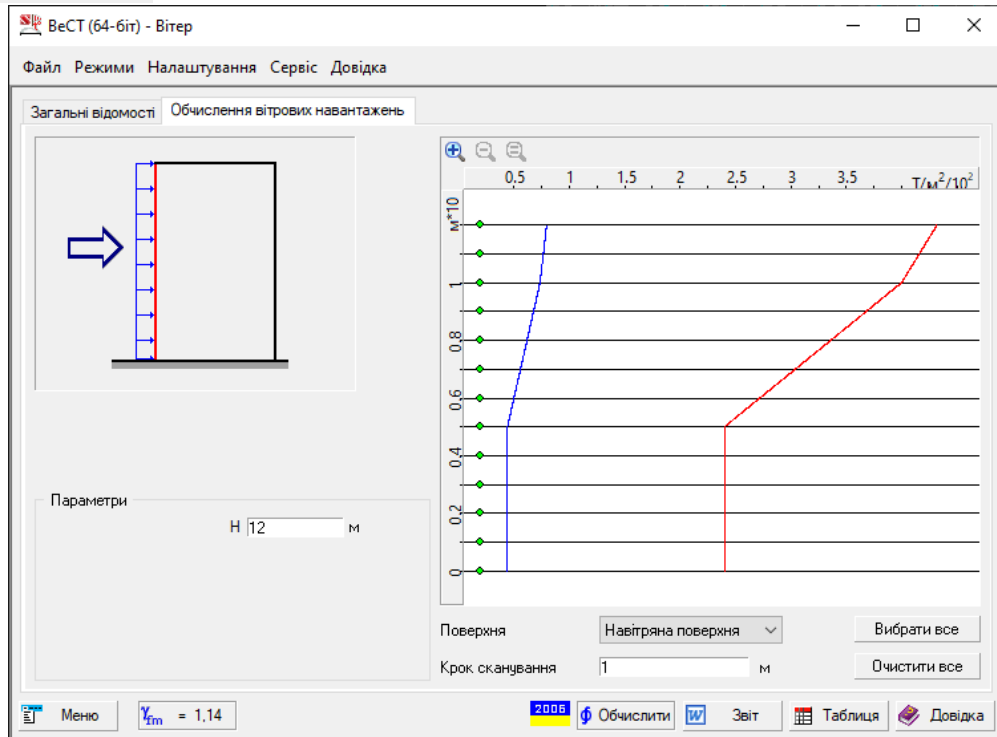


Рисунок 3.89 – Результати розрахунку вітрових навантажень по навітряній стороні

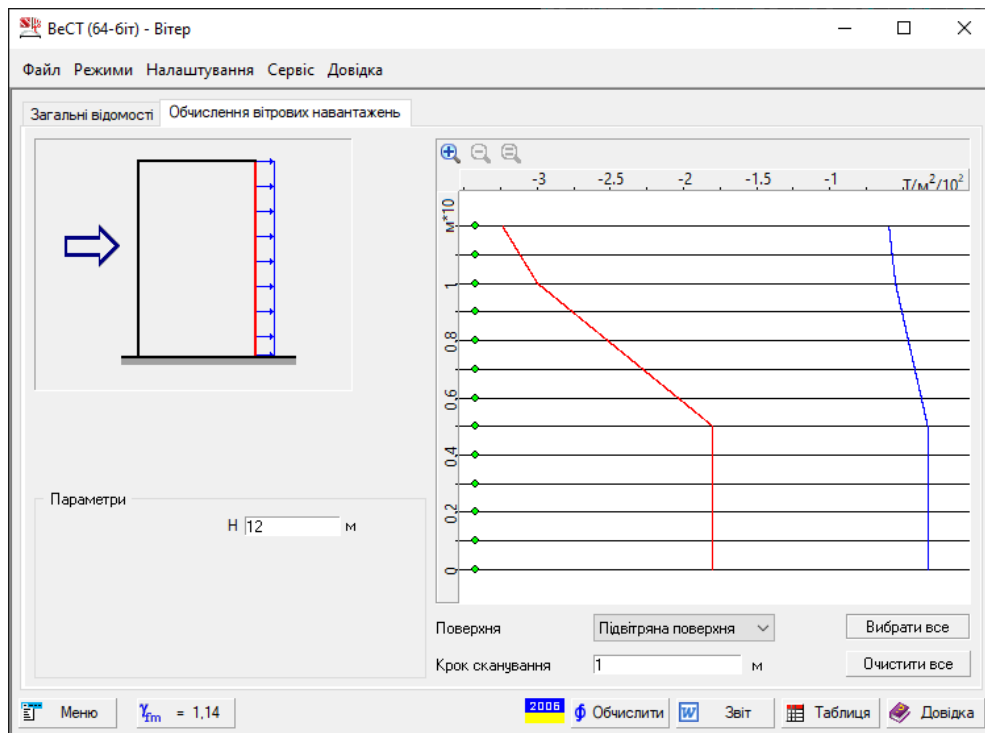


Рисунок 3.90 – Результати розрахунку вітрових навантажень по підвітряній стороні

Для спрощення моделювання і аналізу розрахункової схеми будівлі стінове огороження будівлі ми умовно не створюємо при побудові розрахункової моделі у SCAD ++. Тож вітрові навантаження прикладаємо безпосередньо до колон будівлі, перетворюючи навантаження на 1 м^2 площі стінового огороження в навантаження на 1 м . п. довжини колони. Для цього визначаємо добуток вітрового навантаження на 1 м^2 на певній відмітці будівлі на вантажну площу (яка дорівнює кроку колон). Отримані значення прикладаємо до колон за допомогою інструмента «Навантаження на стержні».

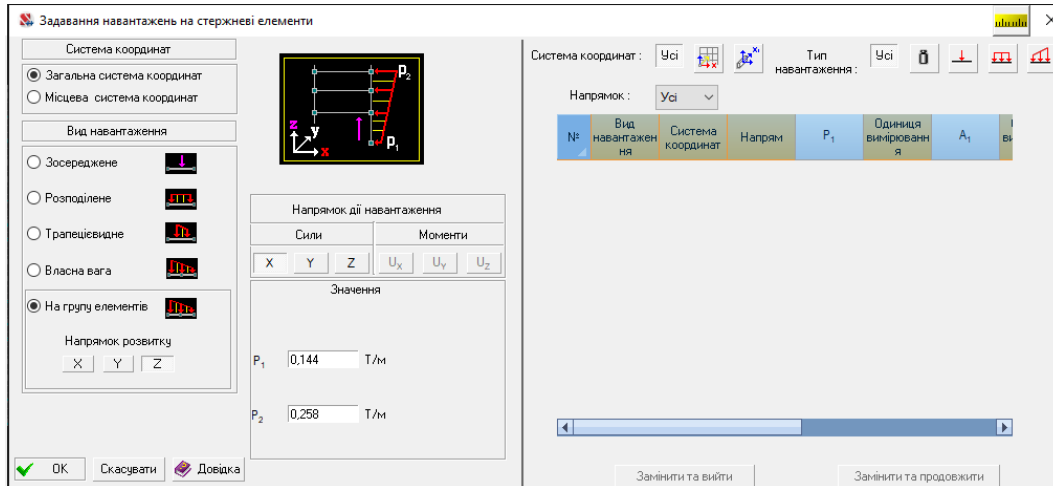


Рисунок 3.91 – Прикладення вітрових навантажень «Вітер справа» з навітряної сторони (середні колони)

Для крайніх колон застосовуємо половину від навантаження на середні колони.

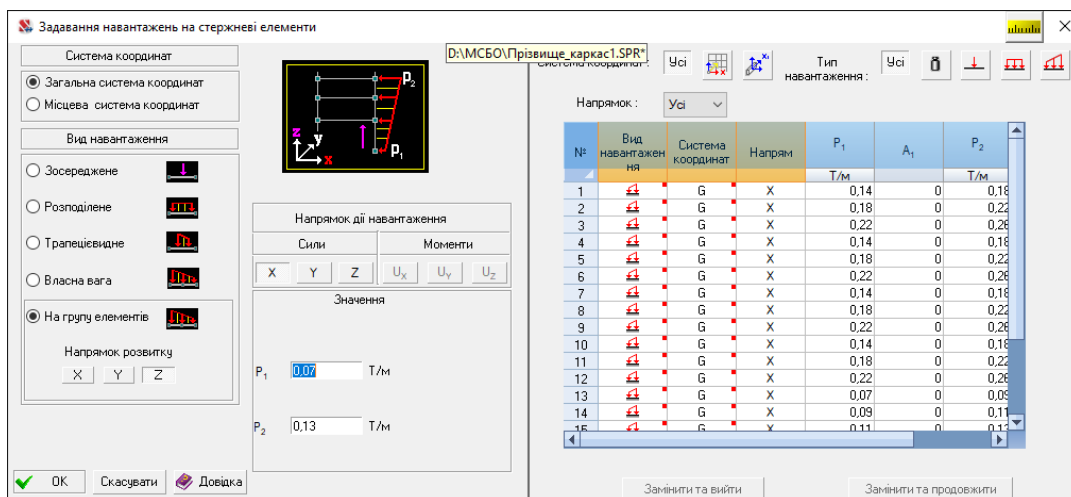


Рисунок 3.92 – Прикладення вітрових навантажень «Вітер справа» з навітряної сторони (крайні колони)

З епюри навантажень для підвітряної поверхні отримуємо значення вітрового навантаження для підвітряної сторони будівлі.

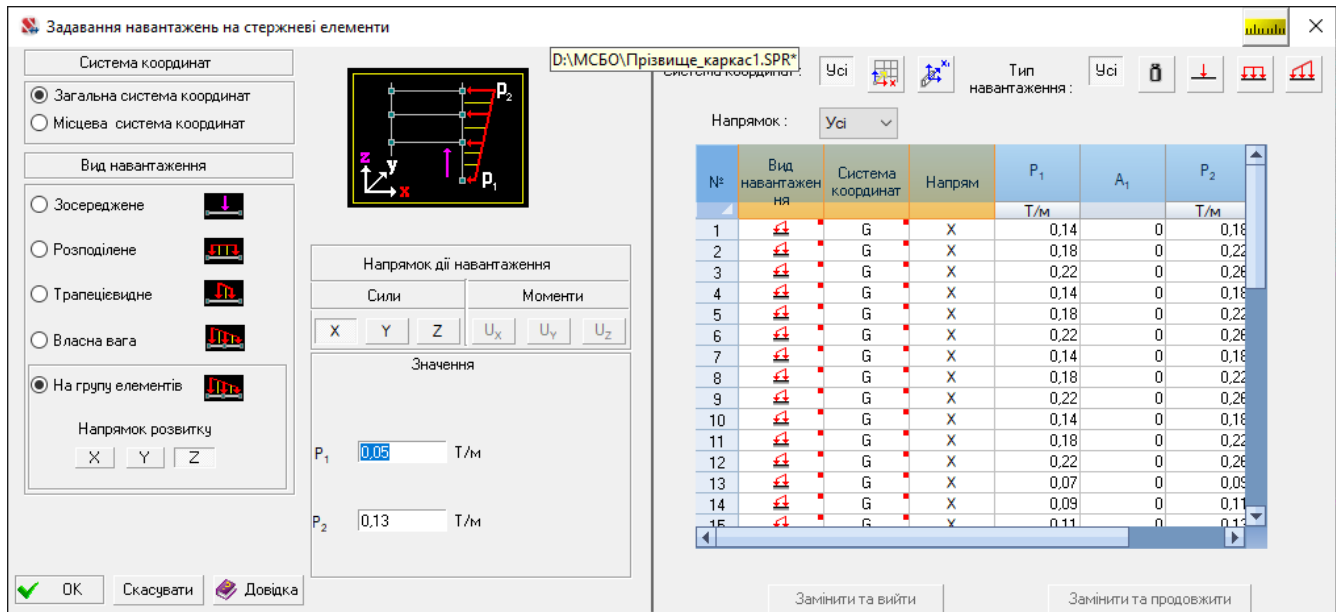


Рисунок 3.93 – Прикладення вітрових навантажень «Вітер справа» з підвітряної сторони (середні колони)

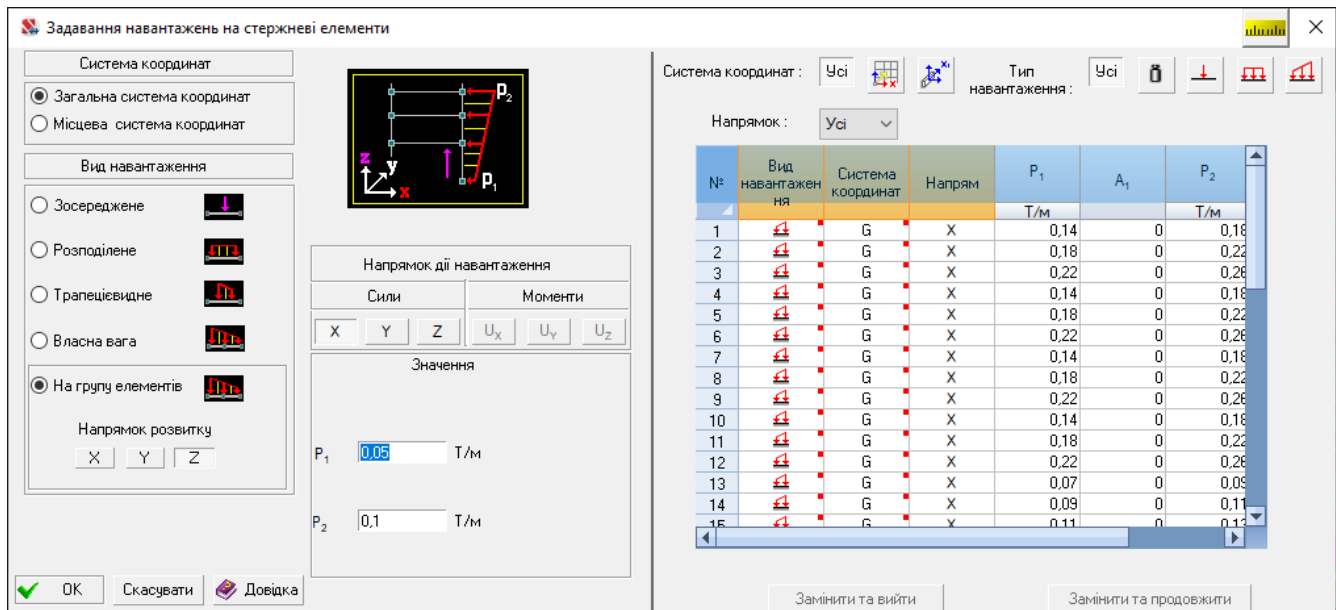


Рисунок 3.94 – Прикладення вітрових навантажень «Вітер справа» з підвітряної сторони (крайні колони)

За допомогою інструментів панелі фільтрів і візуального аналізу моделі упевнюємося в коректності завдання вітрових навантажень.

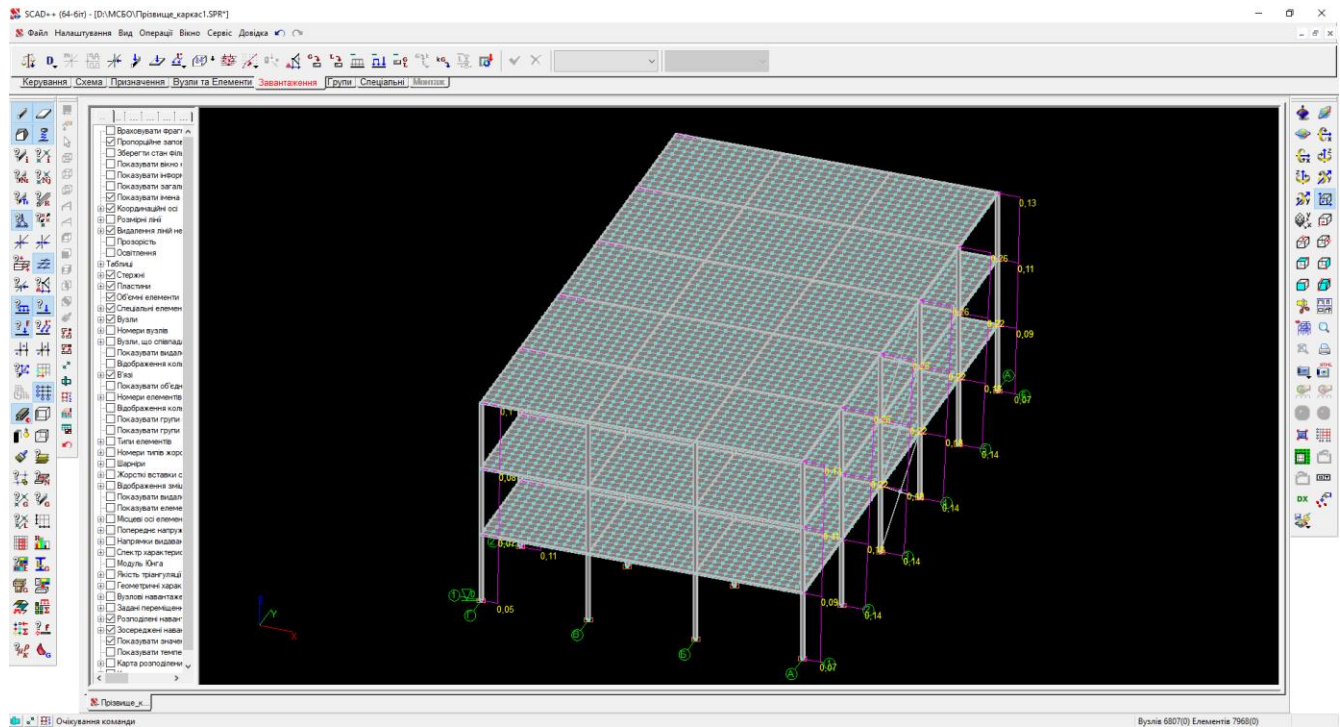


Рисунок 3.95 – Вітрові навантаження «Вітер справа» прикладені до розрахункової моделі будівлі

Зберігаємо вітрове навантаження під назвою «Вітер справа», обираючи відповідний тип і вид навантаження. Коефіцієнт надійності за навантаженням встановлюємо 1.14, частку тривалості лишаємо рівною 0.

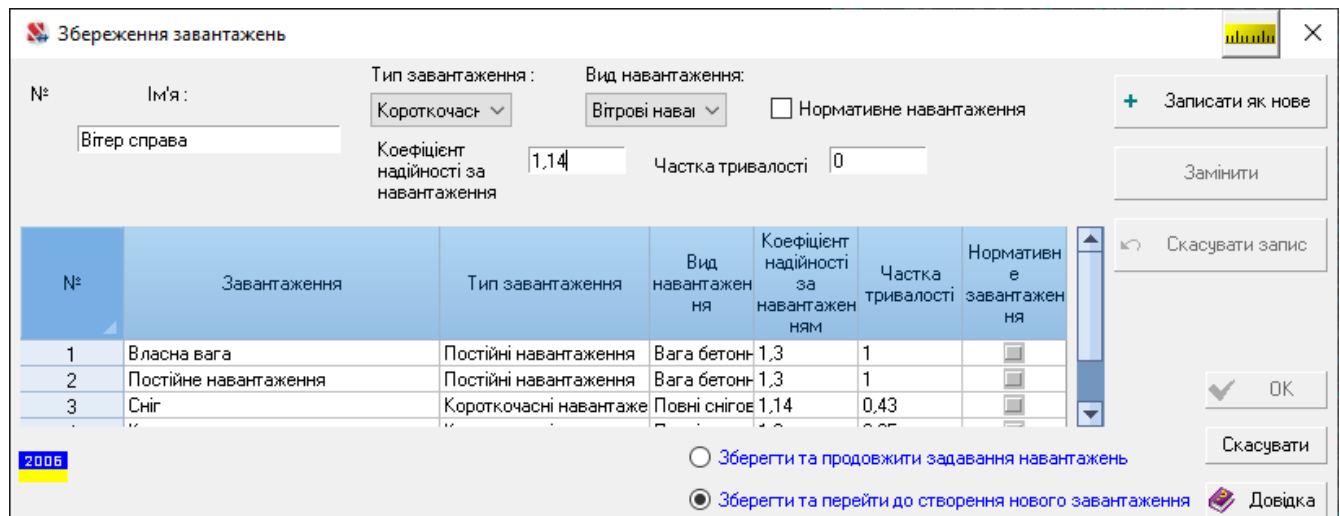


Рисунок 3.96 – Збереження вітрового навантаження «Вітер справа»

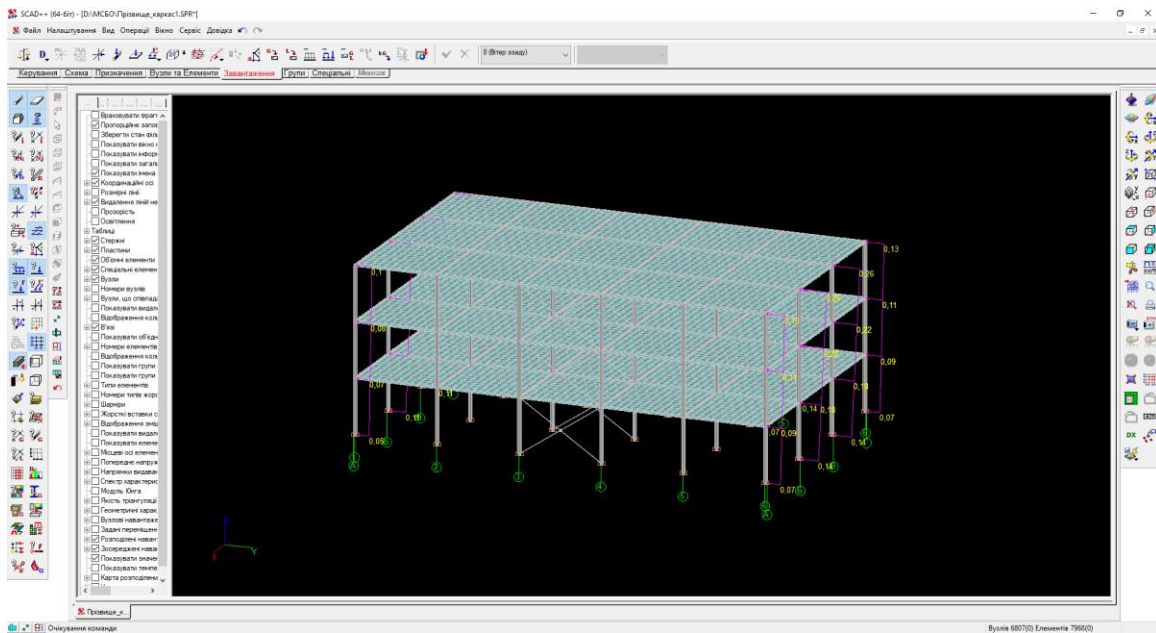




Рисунок 3.99 – Вітрові навантаження «Вітер ззаду», прикладені до розрахункової моделі будівлі

Завдання для самостійної роботи до теми 3. На вкладці призначення: за допомогою режиму призначення жорсткостей змініть тип стрижневих елементів каркасу з металевих на залізобетонні перерізом 400 мм × 400 мм, призначте матеріал – бетон класу С20/25, призначте задане армування по 4 стрижні Ø16А400с. Збережіть варіант схеми під назвою «Прізвище_залізобетон.spr».

ТЕМА 4 РОЗРАХУНОК ТА АНАЛІЗ МОДЕЛІ «ОСНОВА – ФУНДАМЕНТ – СПОРУДА»

Для подальшого розрахунку та аналізу побудованої розрахункової моделі необхідно створити розрахункові сполучення зусиль. Переходимо на «Екран керування проектом», натиснувши на відповідну кнопку  на вкладці «Керування».

Із дерева проекту обираємо  Розрахункові сполучення зусиль і переміщень, де налаштовуємо розрахункові сполучення зусиль. Ставимо прапорці для активації усіх завантажень. Для вітрових навантажень налаштовуємо взаємне виключення. Оскільки тип і вид завантаження, а також коефіцієнти надійності в нас вже задані при створенні завантажень, то додатково їх налаштовувати не потрібно. У випадку, якщо при створенні завантажень було щось з цих налаштувань пропущено, то відповідне налаштування можна виконати у діалоговому вікні «Розрахункові сполучення зусиль».

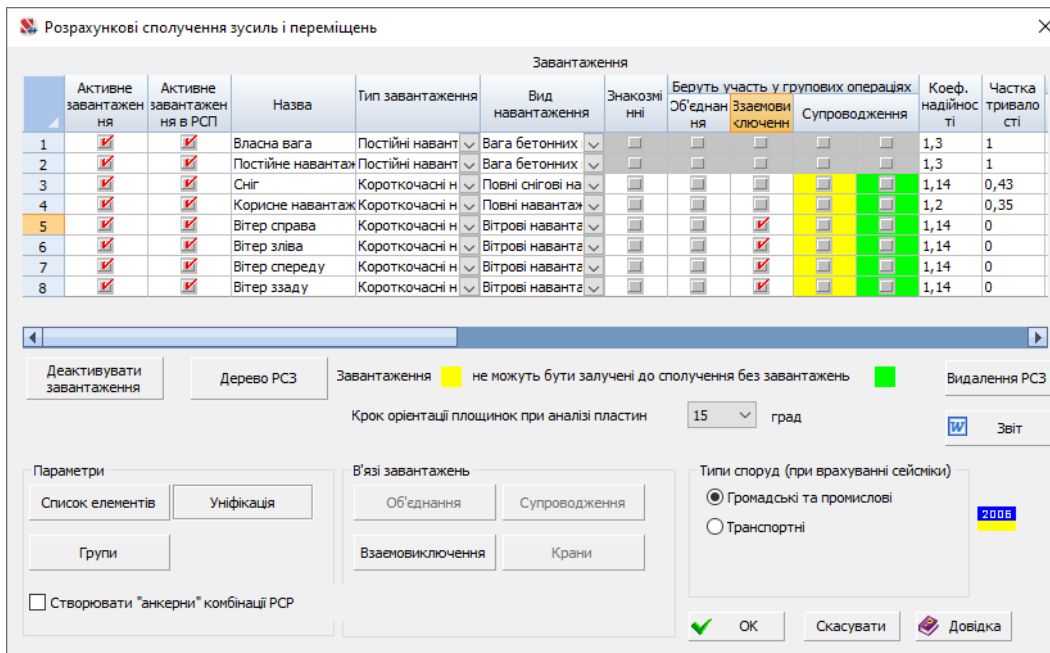




Рисунок 4.1 – Налаштування розрахункових сполучень зусиль у відповідному діалоговому вікні

Після налаштувань натискаємо кнопку «OK» і натискаємо  РОЗРАХУНОК  Лінійний «Лінійний» розрахунок у дереві проекту. У діалоговому вікні «Параметри розрахунку» лишаємо все без змін і натискаємо кнопку «OK».

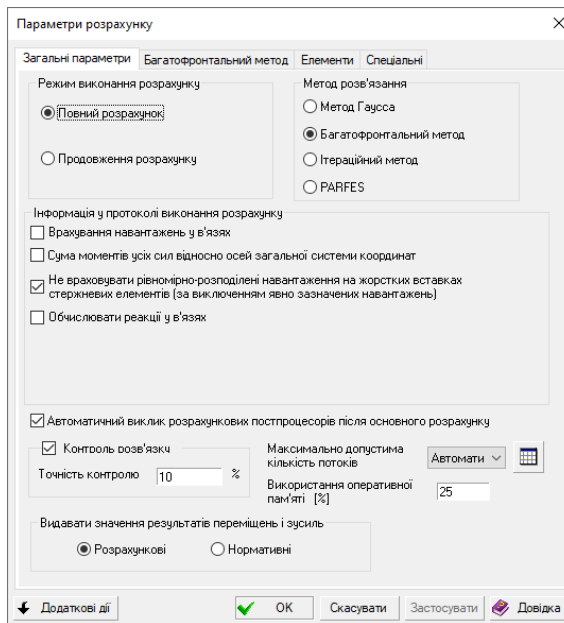


Рисунок 4.2 – Діалогове вікно «Параметри розрахунку»

Погоджуємося зі збереженням проєкту перед початком розрахунку і чекаємо на його завершення.

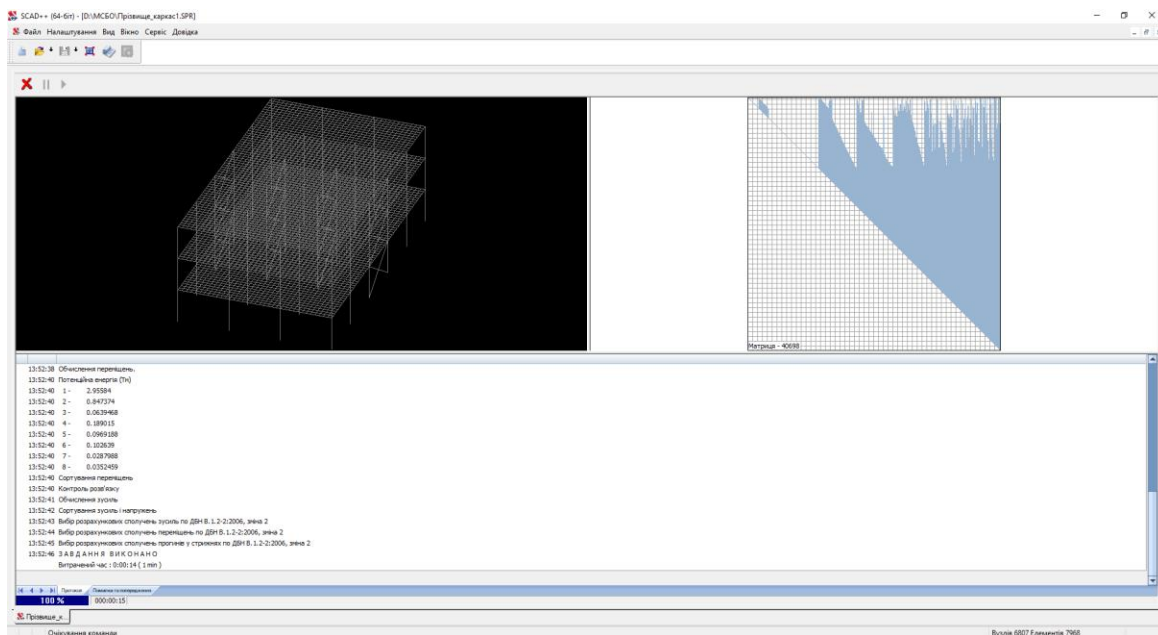




Рисунок 4.3 – Виконання розрахунку

Після досягнення 100 % прогресу розрахунку і напису «ЗАВДАННЯ ВИКОНАНО» у протоколі розрахунку аналізуємо протокол на наявність помилок. У разі наявності критичних помилок повертаємося до роботи із розрахунковою схемою з метою їхнього усунення. Якщо критичні помилки відсутні, закриваємо

вікно розрахунку, натиснувши на кнопку  та переходимо до  Графічний аналіз «Графічного аналізу» результатів розрахунку.

Для подальшого підбору профілів сталевих елементів каркасу їх необхідно внести до груп розрахунку та груп уніфікації. Переходимо на вкладку «Групи», та активуємо 1-шу групу «Колони крайніх рам» із випадного списку.

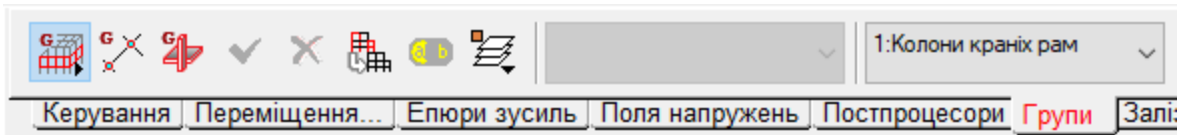


Рисунок 4.4 – Активація створеної раніше групи на вкладці «Групи»

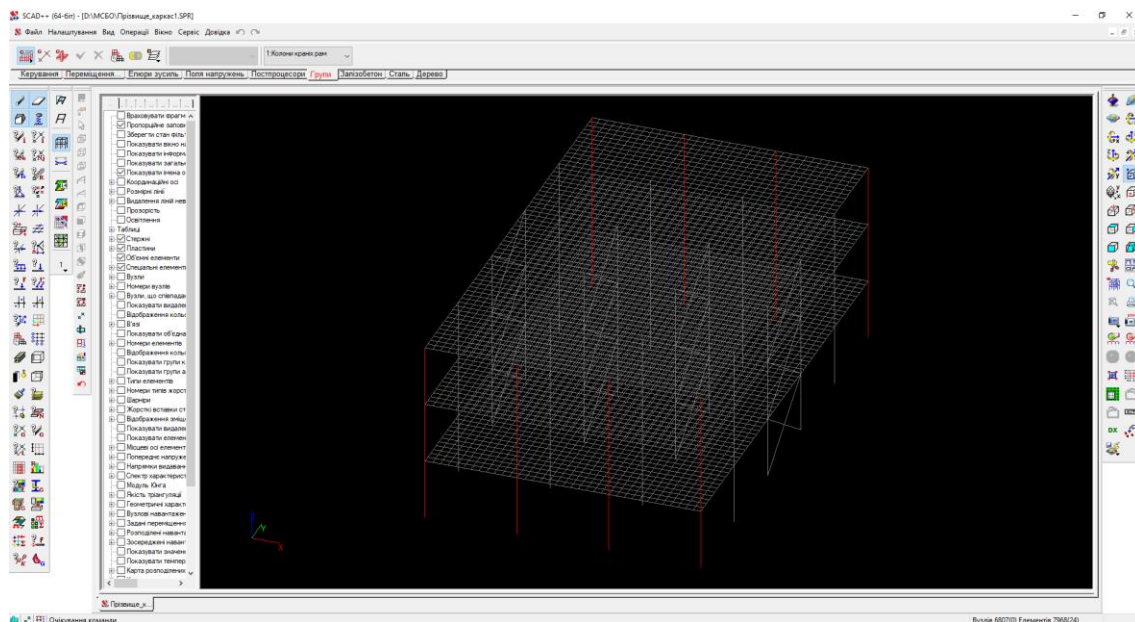





Рисунок 4.5 – Відображення активної групи на розрахунковій схемі

Переходимо до меню «Елементи сталевих конструкцій»  на вкладці «Групи». Для цього згортаємо меню «Робота з групами...» натискаючи на відповідну  кнопку. Після відображення списку меню натискаємо на кнопку .

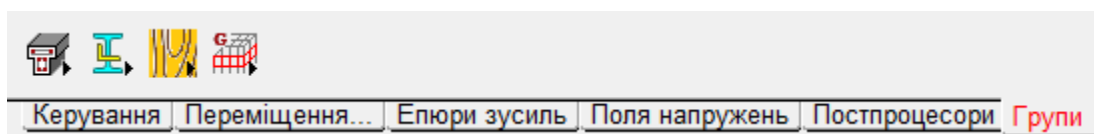



Рисунок 4.6 – Перелік меню вкладки «Групи»

Розгорнувши меню «Елементи сталевих конструкцій», натискаємо на кнопку  «Призначення груп конструктивних елементів» та кнопку підтвердження. У діалоговому вікні «Групи конструктивних елементів для перевірки перерізів» призначаємо параметри створюваної групи конструктивних елементів:

- тип конструктивної групи – стійка;
- марка сталі – С245;
- розрахункові довжини 0,5 (XOZ), 0,7 (XOY) відповідно до ДБН В.2.6-198:2014 (або визначити за допомогою програми КРИСТАЛ);
- граничні гнучкості обираємо із меню для відповідного типу призначення у каркасі будівлі;
- коефіцієнт мов роботи обираємо із меню відповідно до призначення групи у каркасі будівлі;
- коефіцієнти надійності встановлюємо для класу наслідків СС2, категорія А.

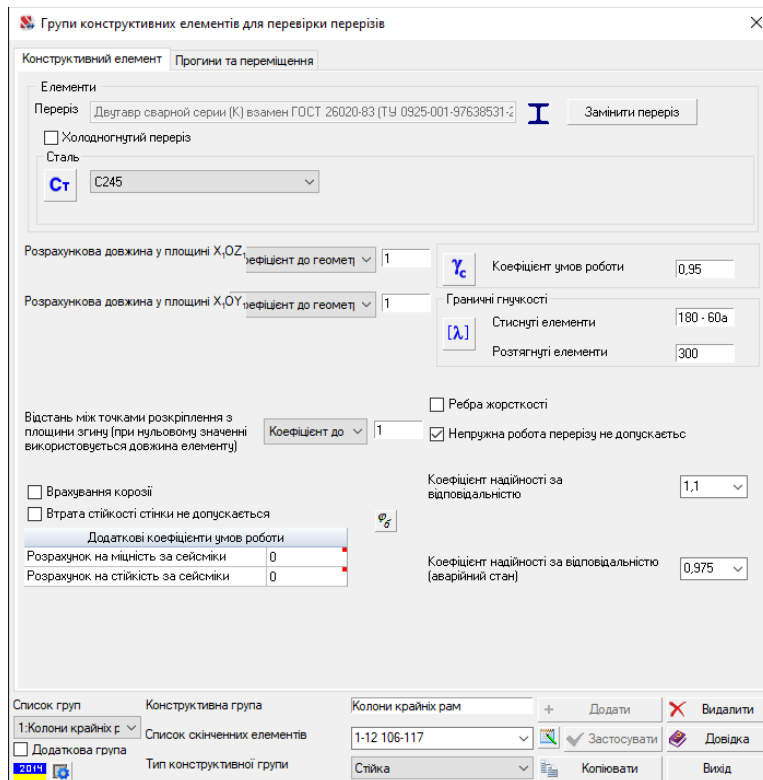



Рисунок 4.7 – Налаштування параметрів групи конструктивних елементів

Після налаштування всіх параметрів натискаємо кнопку  **Додати**. Натискаємо кнопку «Вихід» і погоджуємося зі збереженням змінених даних.

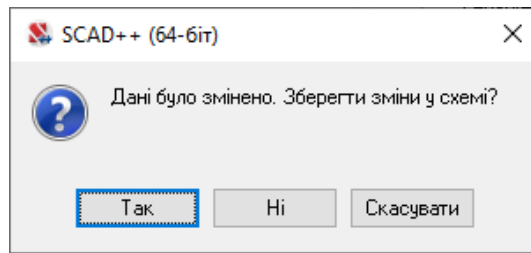


Рисунок 4.8 – Збереження змінених даних

Повертаємося до меню «Робота з групами...» та активуємо 2-гу групу «Колони середніх рам». Повертаємося до меню «Елементи сталевих конструкцій і виконуємо налаштування та збереження групи аналогічні рисунку 4.8. Новій групі призначаємо назву «Колони середніх рам».

У меню «Робота з групами...» обираємо наступну групу «Ригелі крайніх рам». Для цієї групи призначаємо такі параметри:

- тип конструктивної групи – балка;
- марка сталі – С245;
- коефіцієнт мов роботи обираємо із меню відповідно до призначення групи у каркасі будівлі;
- коефіцієнти надійності встановлюємо для класу наслідків СС2, категорія А.

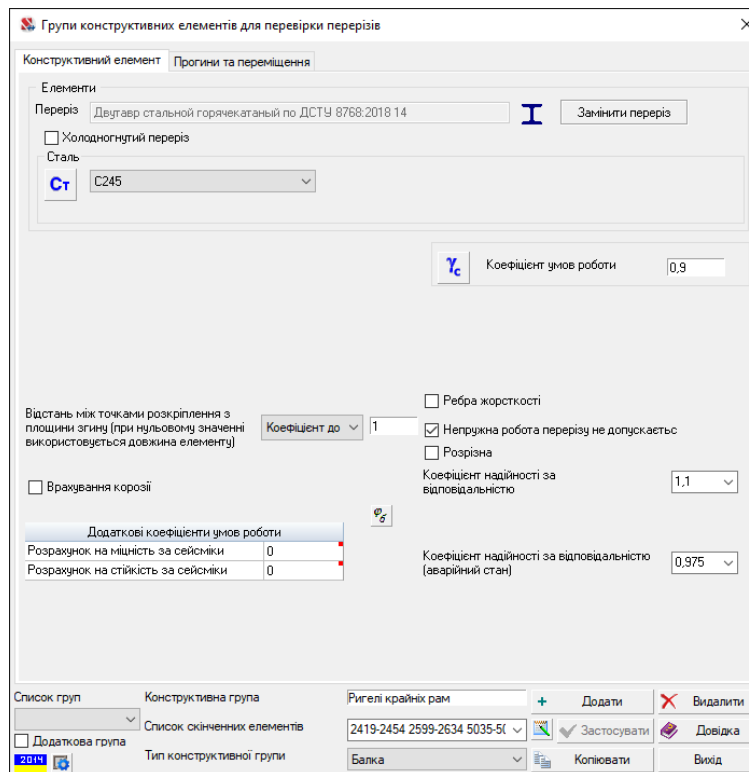
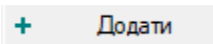


Рисунок 4.9 – Налаштування параметрів групи конструктивних елементів

Після налаштування всіх параметрів натискаємо кнопку . Натискаємо кнопку «Вихід» і погоджуємося зі збереженням змінених даних.

Повертаємося до меню «Робота з групами...» та активуємо 4-ту групу «Ригелі середніх рам». Повертаємося до меню «Елементи сталевих конструкцій і виконуємо налаштування та збереження групи аналогічні рисунку 4.8. Новій групі призначаємо назву «Ригелі середніх рам».

Аналогічні операції проводимо для груп 5 та 6 «Поздовжні ригелі крайніх рам» та «Поздовжні ригелі середніх рам».

Активуємо групу номер 7 «Вертикальні в'язі» та призначаємо їй такі параметри:

- тип конструктивної групи – елемент загального вигляду;
- марка сталі – С245;
- розрахункові довжини 1 (XOZ), 2 (XOY) відповідно до ДБН В.2.6-198:2014 (або визначити за допомогою програми КРИСТАЛ);
- граничні гнучкості обираємо із меню для відповідного типу призначення у каркасі будівлі;
- коефіцієнт мов роботи обираємо із меню відповідно до призначення групи у каркасі будівлі;
- коефіцієнти надійності встановлюємо для класу наслідків СС2, категорія

А.

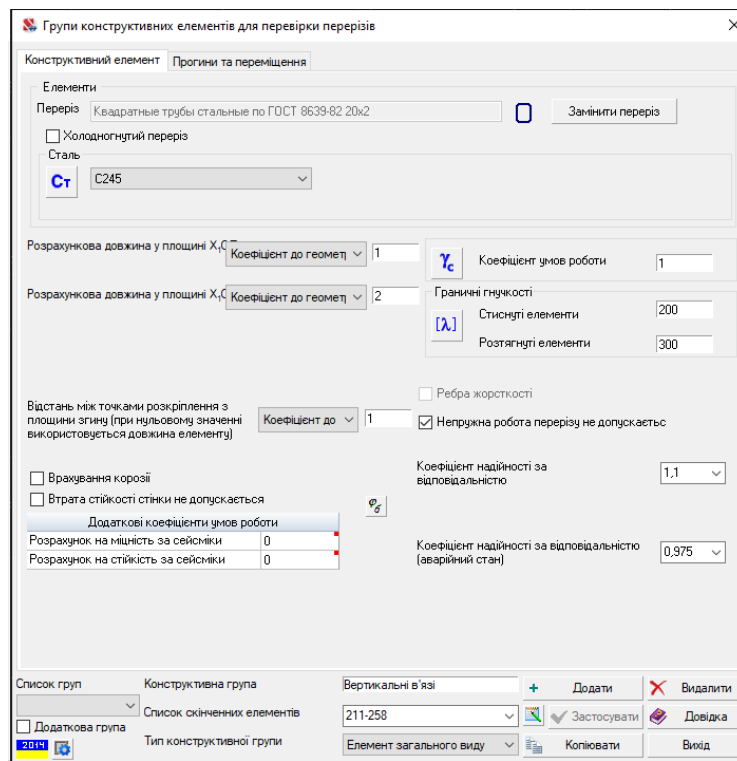



Рисунок 4.10 – Налаштування параметрів групи конструктивних елементів

Для створених груп конструктивних елементів призначаємо групи уніфікації, у межах яких буде виконано підбір перерізів сталевих елементів одного профілю, за допомогою однойменної кнопки  викликаємо діалогове вікно «Групи уніфікації підбору перерізів».

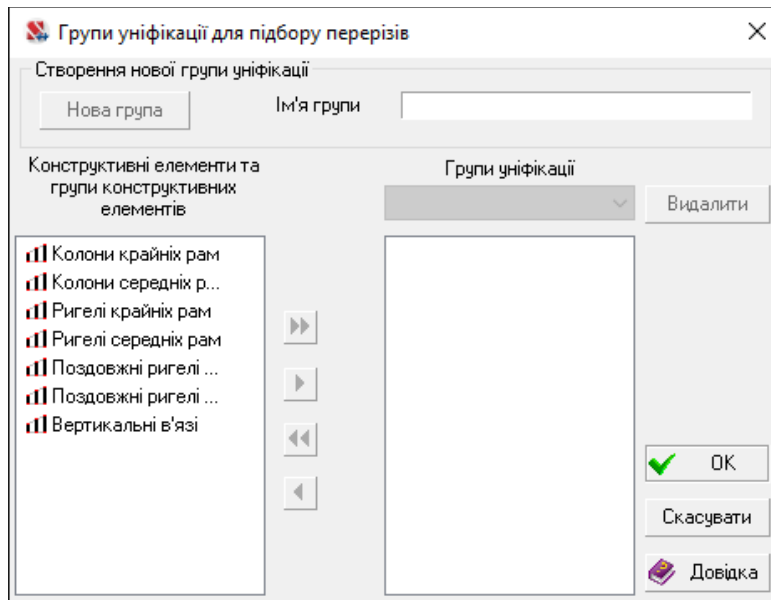


Рисунок 4.11 – Діалогове вікно «Групи уніфікації» до призначення груп уніфікації

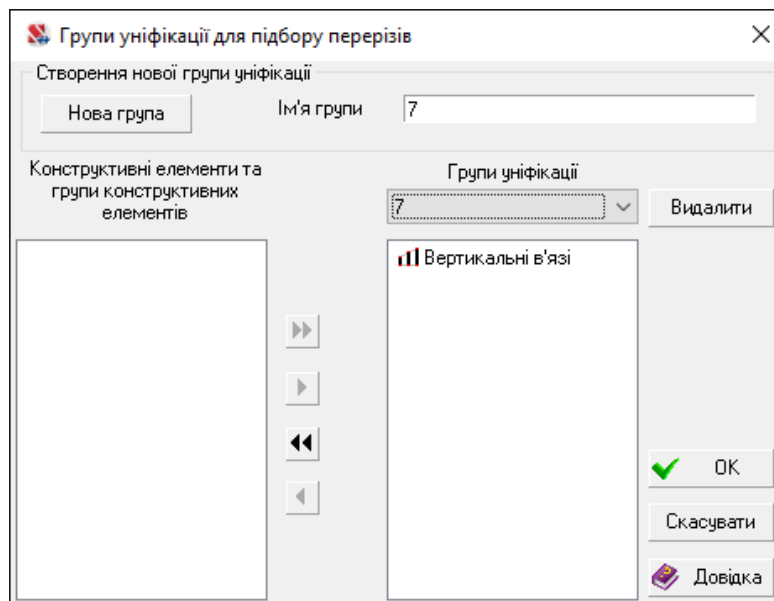


Рисунок 4.12 – Діалогове вікно «Групи уніфікації» з призначеними 7-ма групами уніфікації

Для кожної групи конструктивних елементів створюємо окрему групу уніфікації та натискаємо кнопку «ОК».

Переходимо до роботи з залізобетонними плитами перекриттів і покриття. У меню групи активуємо групу номер 8 «Залізобетонні перекриття».

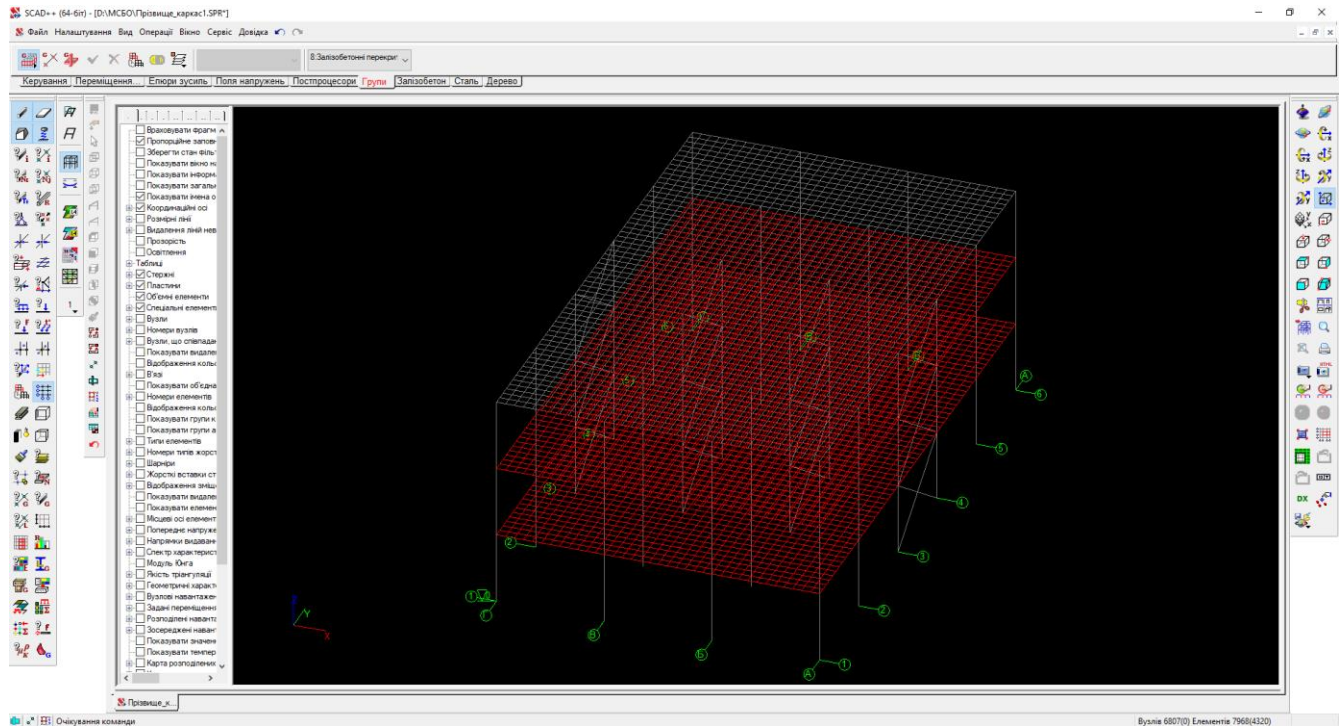


Рисунок 4.13 – Активована група «Залізобетонні перекриття»

Згортаємо меню «Робота з групами...» та розгортаємо меню «Елементи залізобетонних конструкцій» на вкладці «Групи».



Рисунок 4.14 – Меню «Залізобетонні конструкції»

Натискаємо кнопку «Пластинчатий елемент» та кнопку підтвердження. Встановлюємо необхідні параметри для розрахунку монолітних залізобетонних плит перекриття. Натискаємо кнопку «Додати» та «Вихід».

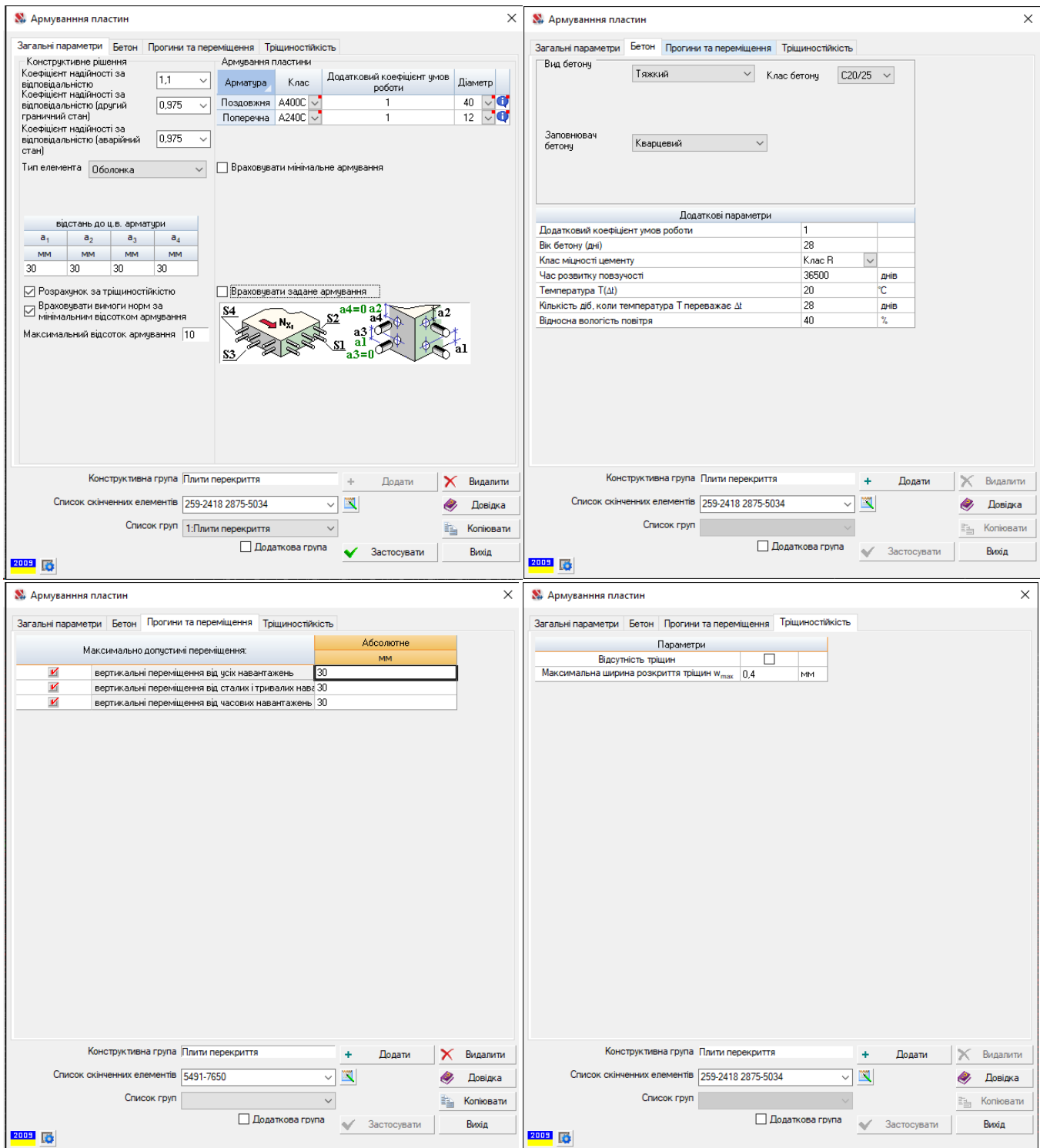



Рисунок 4.15 – Налаштування параметрів для розрахунку залізобетонних плит перекриття

Аналогічну операцію повторюємо для групи номер 9 «Залізобетонне покриття». Параметри розрахунку налаштовуємо аналогічно рисунку 4.15 та зберігаємо групу.

Для виконання підбору перерізів сталевих елементів переходимо на вкладку «Сталь». Для отримання результатів розрахунку попередньо призначених жорсткостей натискаємо кнопку  «Розрахунок» і очікуємо його закінчення.

Для візуалізації результатів розрахунку встановлених типів жорсткостей натискаємо відповідну кнопку на панелі інструментів. Червоним на схемі позначаються елемент, міцність котрих недостатня, зеленим – міцність котрих достатня.

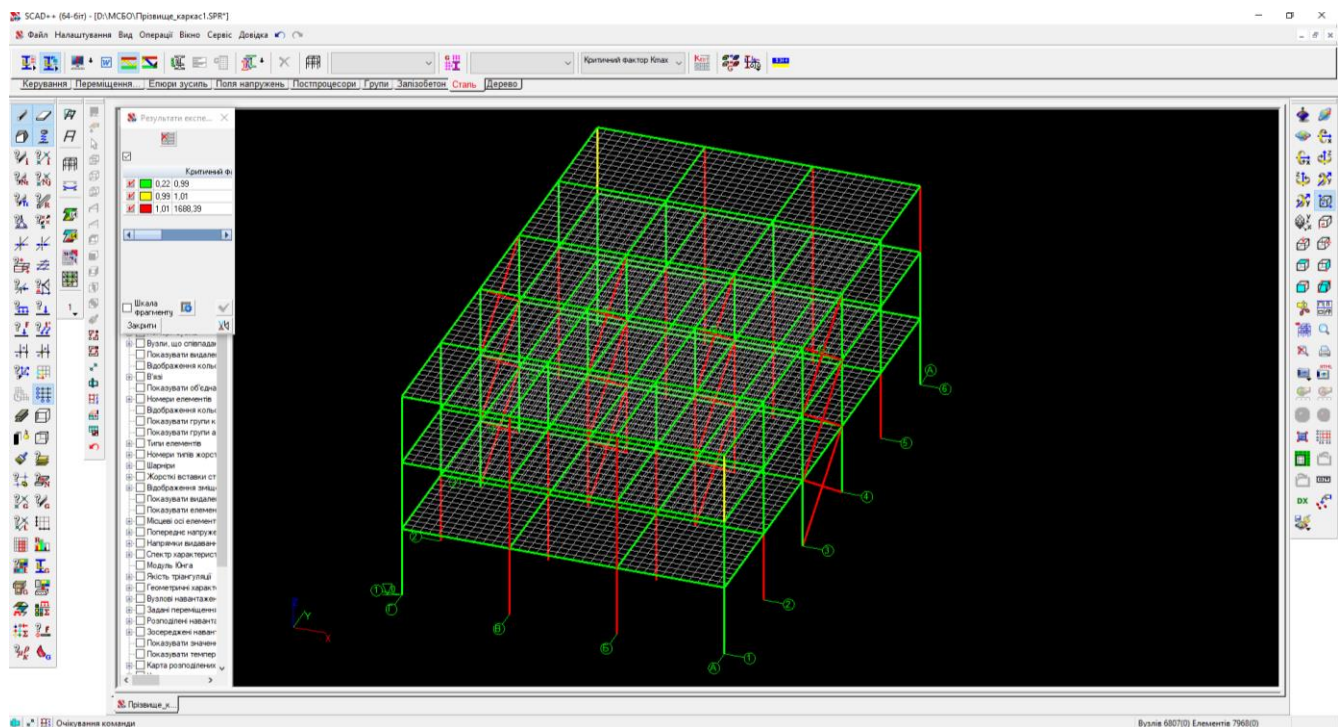



Рисунок 4.16 – Візуалізація результатів розрахунку перерізів сталевих конструкцій

Для підбору необхідних перерізів сталевих конструкцій натискаємо кнопку  «Підбір». Після отримання результатів підбору ставимо усі прапорці і натискаємо кнопку «Замінити жорсткості елементів» і натискаємо кнопку «ОК». Оскільки після заміни жорсткостей відбудеться перерозподіл напружень в елементах каркасу, необхідно повторно виконати розрахунок напружень. Для цього повертаємося до вкладки «Керування» і за допомогою відповідної кнопки виходимо на «Екран керування проєктом». На екрані керування проєктом знову запускаємо розрахунок і чекаємо на його закінчення. Потім знову повертаємося до «Графічного аналізу» на вкладку «Сталь» і виконуємо розрахунок сталевих конструкцій. За необхідності виконуємо повторний підбір сталевих елементів і повторний розрахунок із заміненими жорсткостями. Ітерації повторюємо до тих пір, поки всі елементи не будуть зеленими і жорсткості в кожній ітерації не будуть змінюватися в результаті підбору.

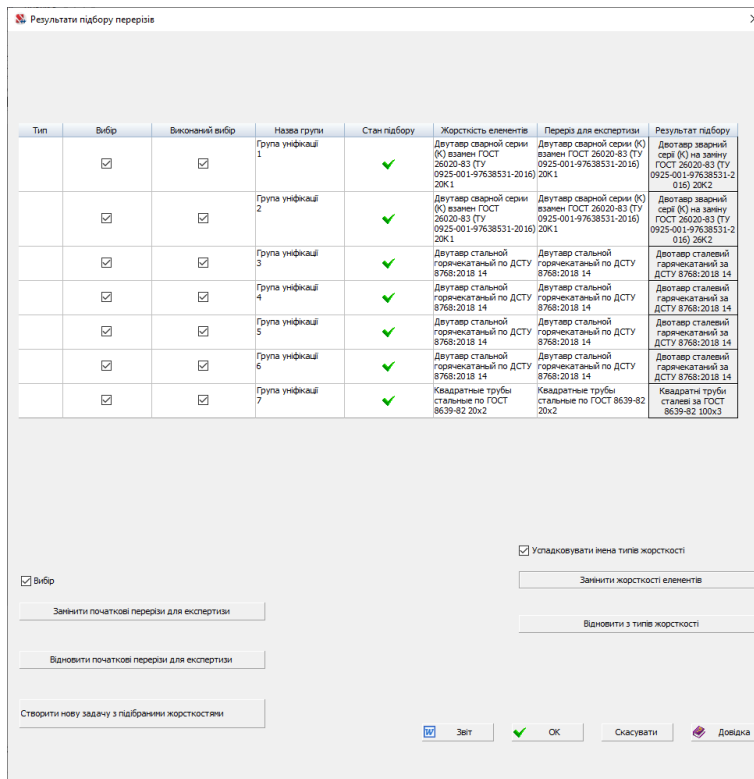


Рисунок 4.17 – Заміна жорсткостей за результатами підбору

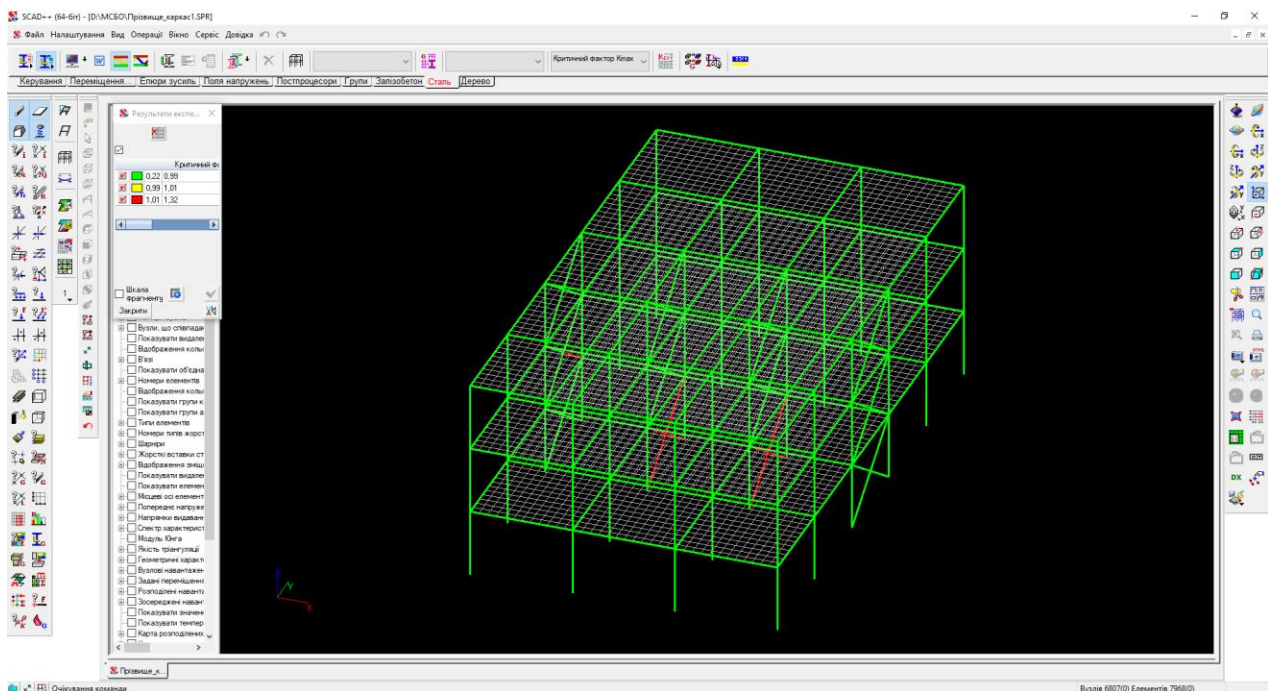


Рисунок 4.18 – Результати розрахунку заміненних перерізів після перерахунку напружень

Оскільки після перерозрахунку напружень з новими жорсткостями лишилися червоні елементи з недостатньою тримальною здатністю, виконуємо другу ітерацію підбору.

Результати підбору перерізів

Тип	Вибір	Виконаний вибір	Назва групи	Стан підбору	Жорсткість елементів	Переріз для експертизи	Результат підбору
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Група уніфікації 1	✓	Двутавр сварной серии (К) взамен ГОСТ 26020-83 (ТУ 0925-001-97638531-2016) 20К2	Двутавр сварной серии (К) взамен ГОСТ 26020-83 (ТУ 0925-001-97638531-2016) 20К2	Двутавр зварний серії (К) на заміну ГОСТ 26020-83 (ТУ 0925-001-97638531-2016) 20К2
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Група уніфікації 2	✓	Двутавр сварной серии (К) взамен ГОСТ 26020-83 (ТУ 0925-001-97638531-2016) 26К2	Двутавр сварной серии (К) взамен ГОСТ 26020-83 (ТУ 0925-001-97638531-2016) 26К2	Двутавр зварний серії (К) на заміну ГОСТ 26020-83 (ТУ 0925-001-97638531-2016) 26К2
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Група уніфікації 3	✓	Двутавр стальной горячекатаный по ДСТУ 8768:2018 14	Двутавр стальной горячекатаный по ДСТУ 8768:2018 14	Двутавр сталевий гарячекатаний за ДСТУ 8768:2018 14
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Група уніфікації 4	✓	Двутавр стальной горячекатаный по ДСТУ 8768:2018 14	Двутавр стальной горячекатаный по ДСТУ 8768:2018 14	Двутавр сталевий гарячекатаний за ДСТУ 8768:2018 14
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Група уніфікації 5	✓	Двутавр стальной горячекатаный по ДСТУ 8768:2018 14	Двутавр стальной горячекатаный по ДСТУ 8768:2018 14	Двутавр сталевий гарячекатаний за ДСТУ 8768:2018 14
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Група уніфікації 6	✓	Двутавр стальной горячекатаный по ДСТУ 8768:2018 14	Двутавр стальной горячекатаный по ДСТУ 8768:2018 14	Двутавр сталевий гарячекатаний за ДСТУ 8768:2018 14
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Група уніфікації 7	✓	Квадратные трубы стальные по ГОСТ 8639-82 100x3	Квадратные трубы стальные по ГОСТ 8639-82 100x3	Квадратні труби сталеві за ГОСТ 8639-82 100x4

Успадковувати імена типів жорсткості

Вибір

Замінити початкові перерізи для експертизи

Відновити початкові перерізи для експертизи

Створити нову задачу з підібраними жорсткостями

Замінити жорсткості елементів

Відновити з типів жорсткості

Звіт OK Скасувати Довідка

Рисунок 4.19 – Результати другої ітерації підбору перерізів

За результатами підбору виконуємо заміну жорсткостей і повторний розрахунок напружень в елементах каркасу. Виходимо на екран керування проектом, погоджуємося із заміною жорсткостей на нові підібрані і запускаємо лінійний розрахунок. Після закінчення процесу розрахунку повертаємося до графічного аналізу і переходимо на вкладку «сталь» та натискаємо розрахунок. Упевнюємося, що всі елементи мають достатню тримальну здатність – зелений колір відображення на розрахунковій схемі. Якщо ні – повторюємо ітерації розрахунку напружень та підбору перерізів сталевих елементів каркасу на ці напруження.

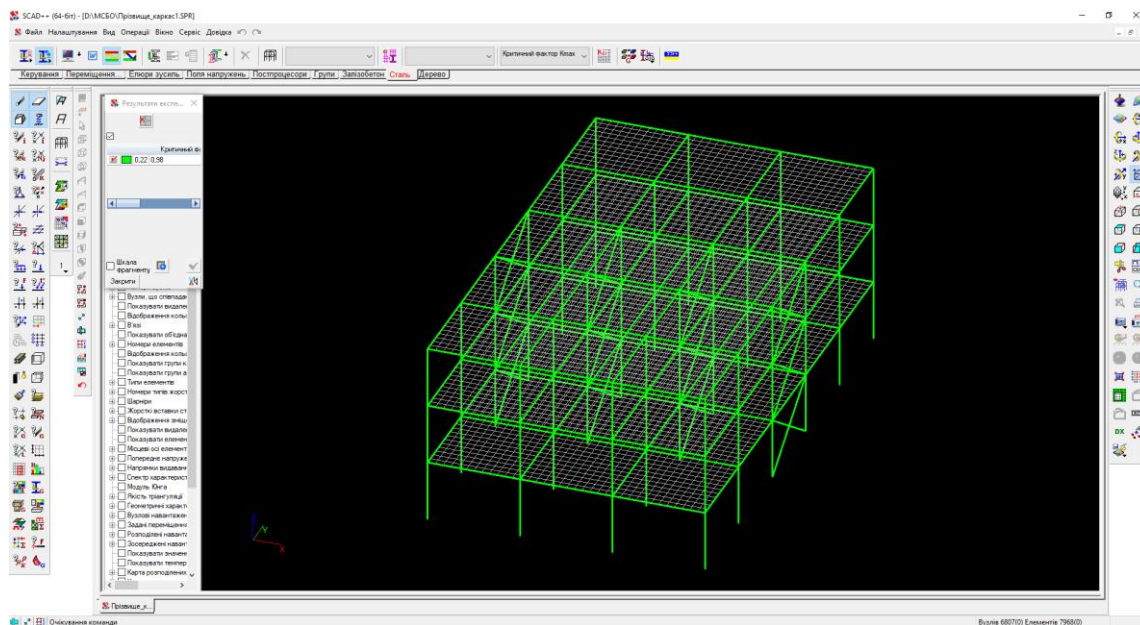



Рисунок 4.20 – Результати підсумкової ітерації з підбору перерізів

Для оцінки тримальної здатності заданих параметрів залізобетонних плит перекриття та покриття переходимо на вкладку «Залізобетон». Розкриваємо меню «Експертиза залізобетону» та натискаємо кнопку  «Розрахунок». Аналізуємо результати розрахунку аналогічно до результатів металевих конструкцій, зелений – тримальна здатність достатня, червоний – недостатня.

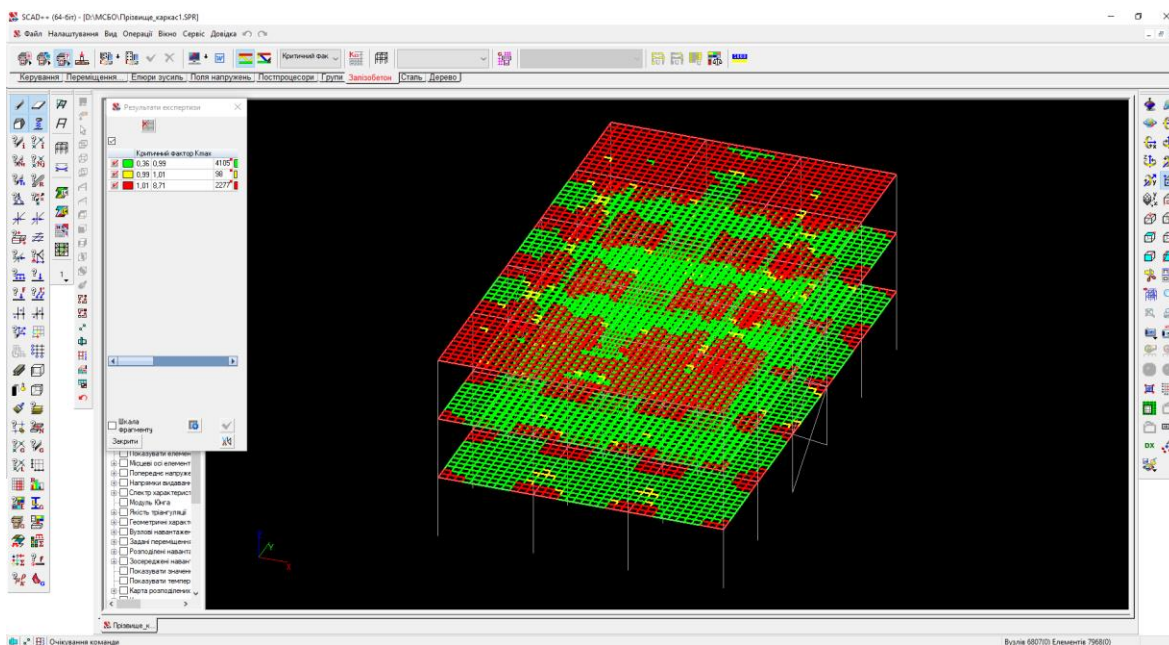



Рисунок 4.21 – Результати розрахунку попередньо заданого армування

Оскільки результати розрахунку демонструють нам недостатність попередньо заданої арматури, переходимо до меню «Підбір арматури» і запускаємо процес підбору  відповідною кнопкою.

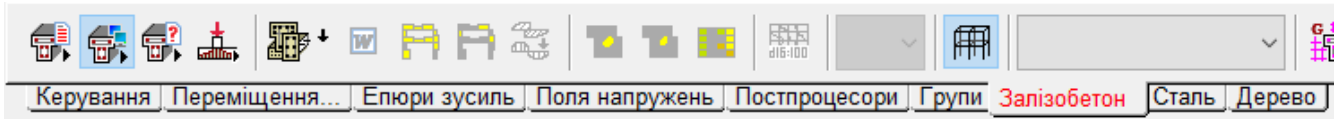


Рисунок 4.22 – Меню «Підбір арматури»

Графічно оцінюємо результати підбору арматури і порівнюємо її із попередньо заданою.

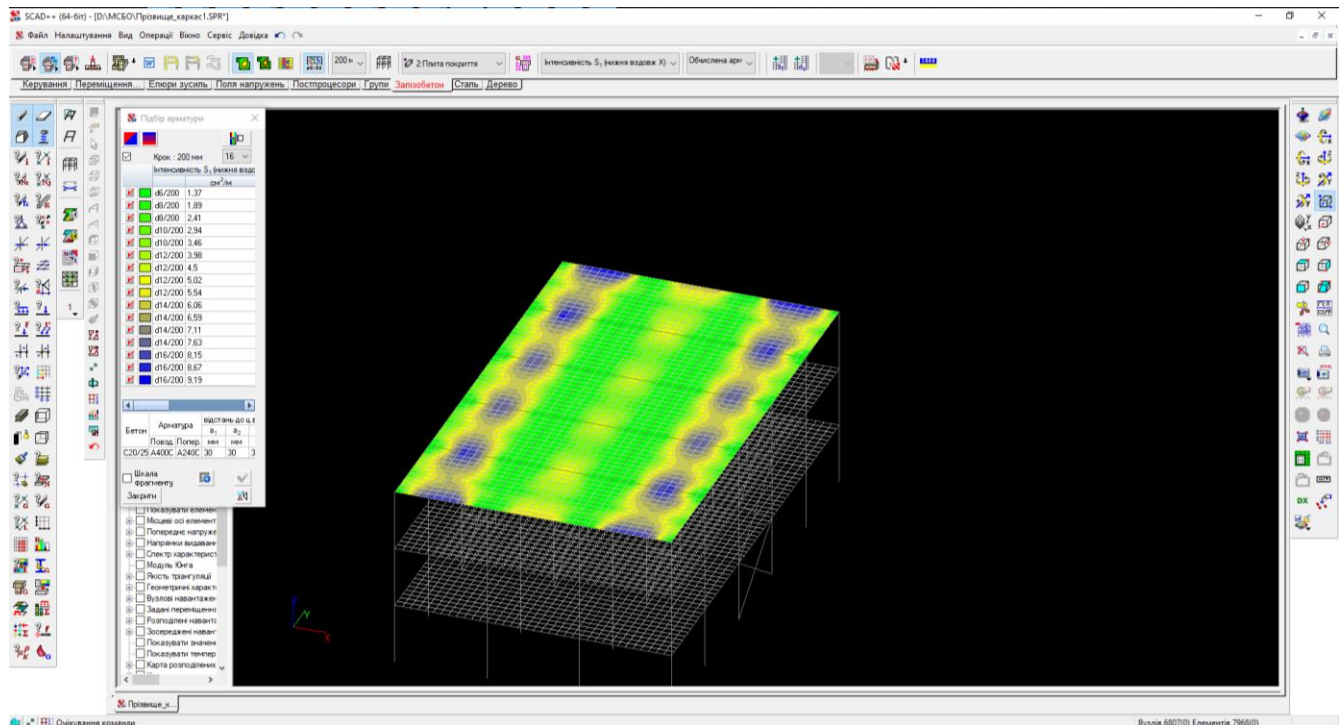



Рисунок 4.23 – Ізополя результатів підбору арматури

Констатуємо недостатність попередньо прийнятої арматури.

Для зміни армування згідно з результатами підбору натискаємо кнопку  «Задавання арматури за результатами підбору» в діалоговому вікні натискаємо кнопку «ОК». Переходимо до меню «Експертиза залізобетону» і впевнюємося в достатності армування за результатами підбору.

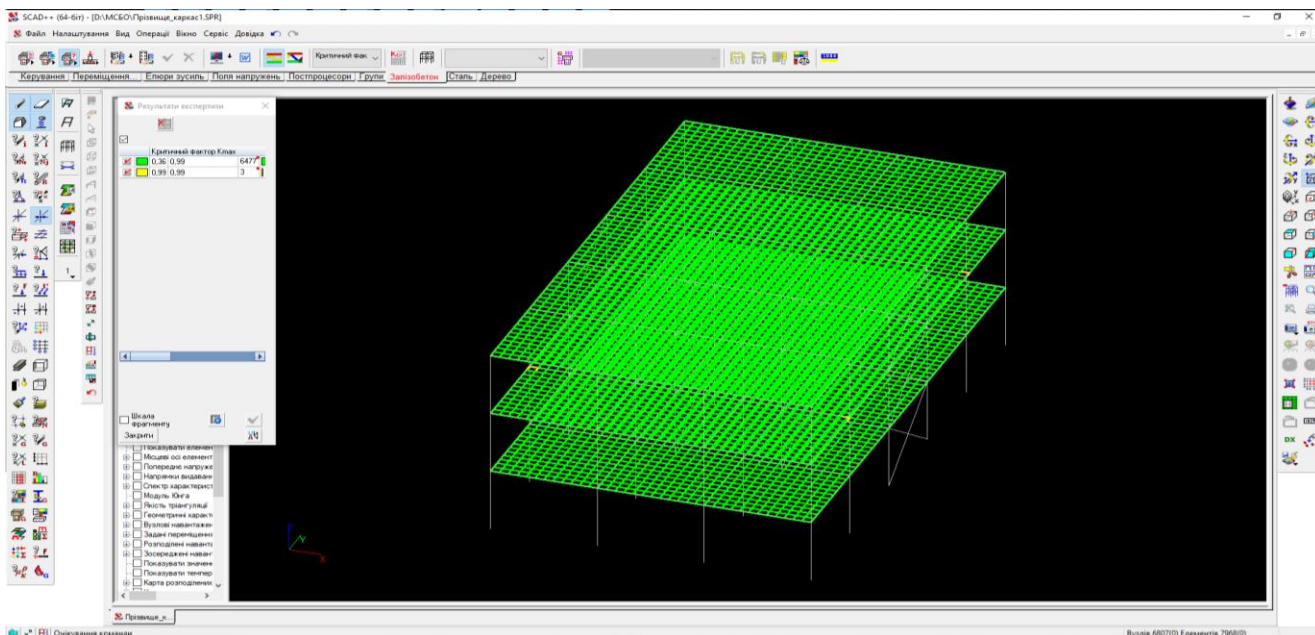


Рисунок 4.24 – Розрахунок плит перекрытия та покрытия із застосованою арматурою за результатами підбору

Повторюємо розрахунок напружень з урахуванням нових жорсткостей залізобетонних елементів на екрані управління проектом. Упевнюємося у відсутності змін потрібних жорсткостей металевих конструкцій та армування залізобетонних конструкцій. За необхідності ітерацію підбору-розрахунку повторюємо.

Далі поєднуємо створену схему надземної частини будівлі з попередньо створеною розрахунковою схемою фундаментної плити. Через меню «Файл – відкрити» відкриваємо раніше створений файл з фундаментною плитою.

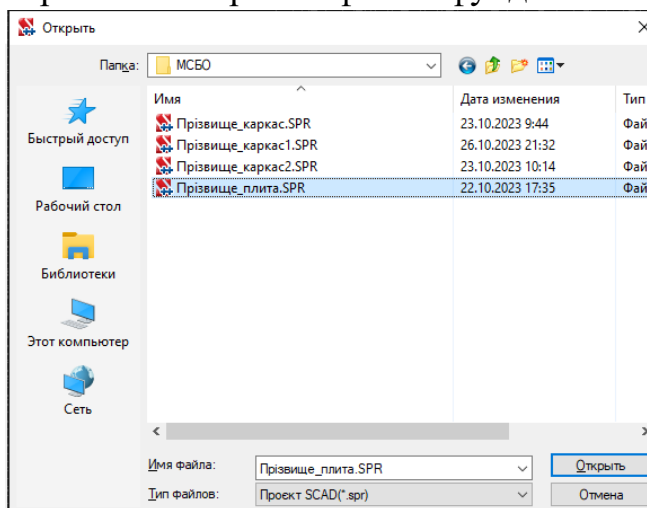



Рисунок 4.25 – Відкриття файлу з плитою

У результаті цієї операції отримуємо дві вкладки з окремими розрахунковими моделями у робочому полі програми SCAD ++. Переходимо до розрахункової схеми надземної частини будівлі через екран керування проектом. Потім переходимо до вкладки «Схема» і натискаємо кнопку  «Збирання».

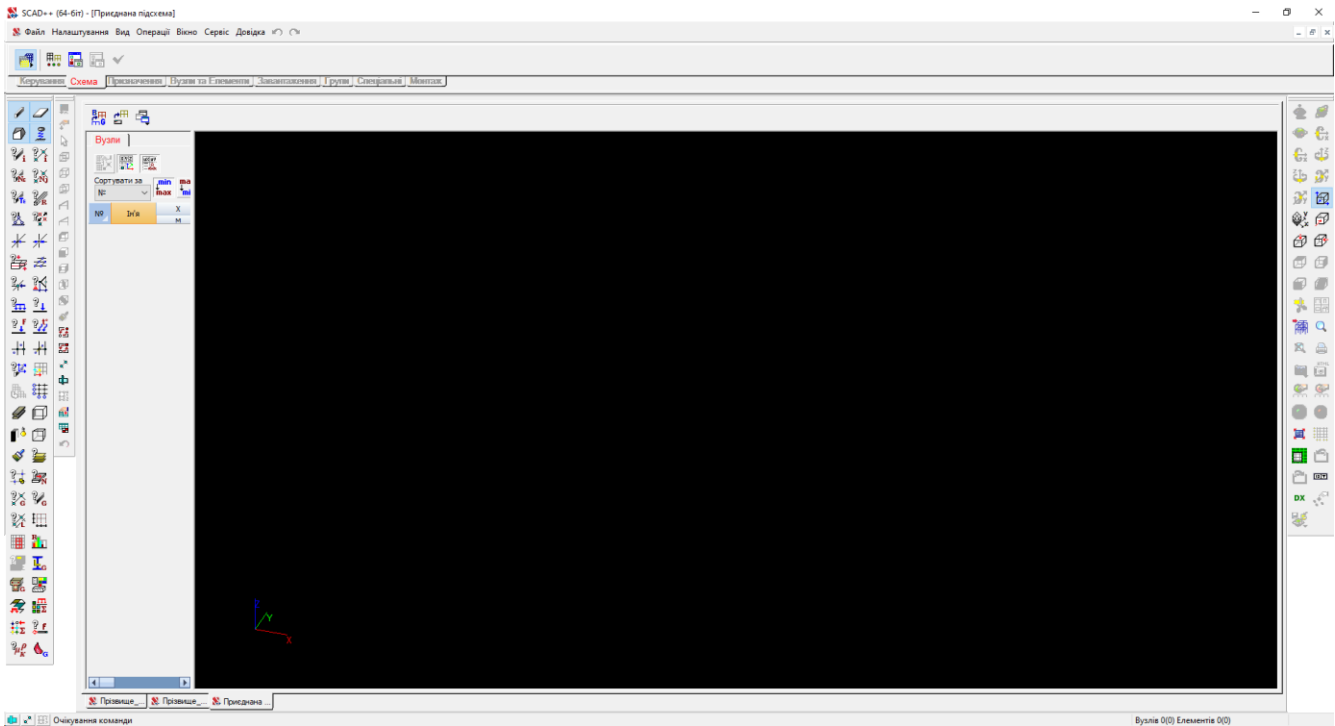


Рисунок 4.26 – Робоче поле режиму «Збирання»

Завантажуємо схему, яку необхідно приєднати, використовуючи інструменти режиму «Збирання». Обираємо схему «Прізвище_плита.spr»

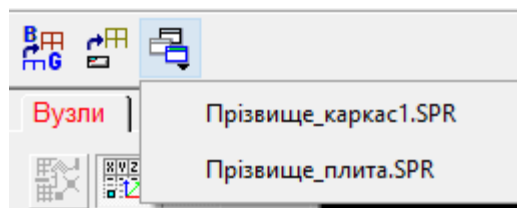




Рисунок 4.27 – Вибір схеми для приєднання

Після завантаження підсхеми плити натискаємо на кнопку  «Вибір способу збирання».

Обираємо спосіб збирання – прив'язка до одного вузла. Переключаючись між підсхемами за допомогою кнопок  , обираємо вузол з координатами 0.0.0 на кожній підсхемі (перетин осей А–Г) та натискаємо кнопку «Підтвердження».

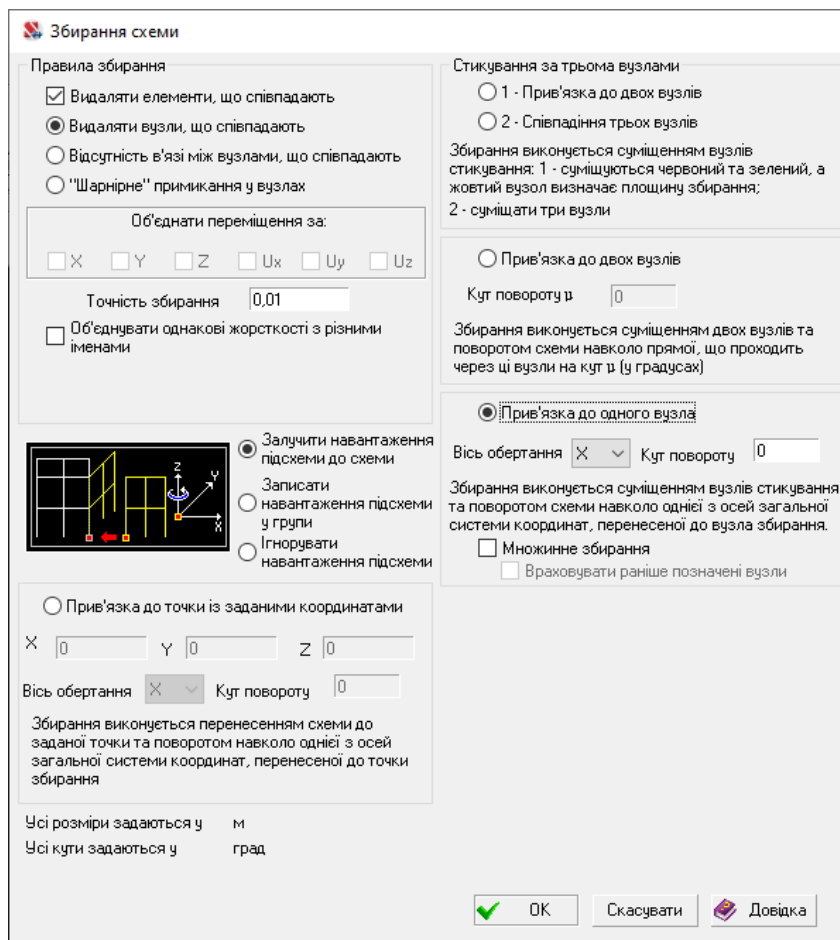


Рисунок 4.28 – Вибір способу збирання

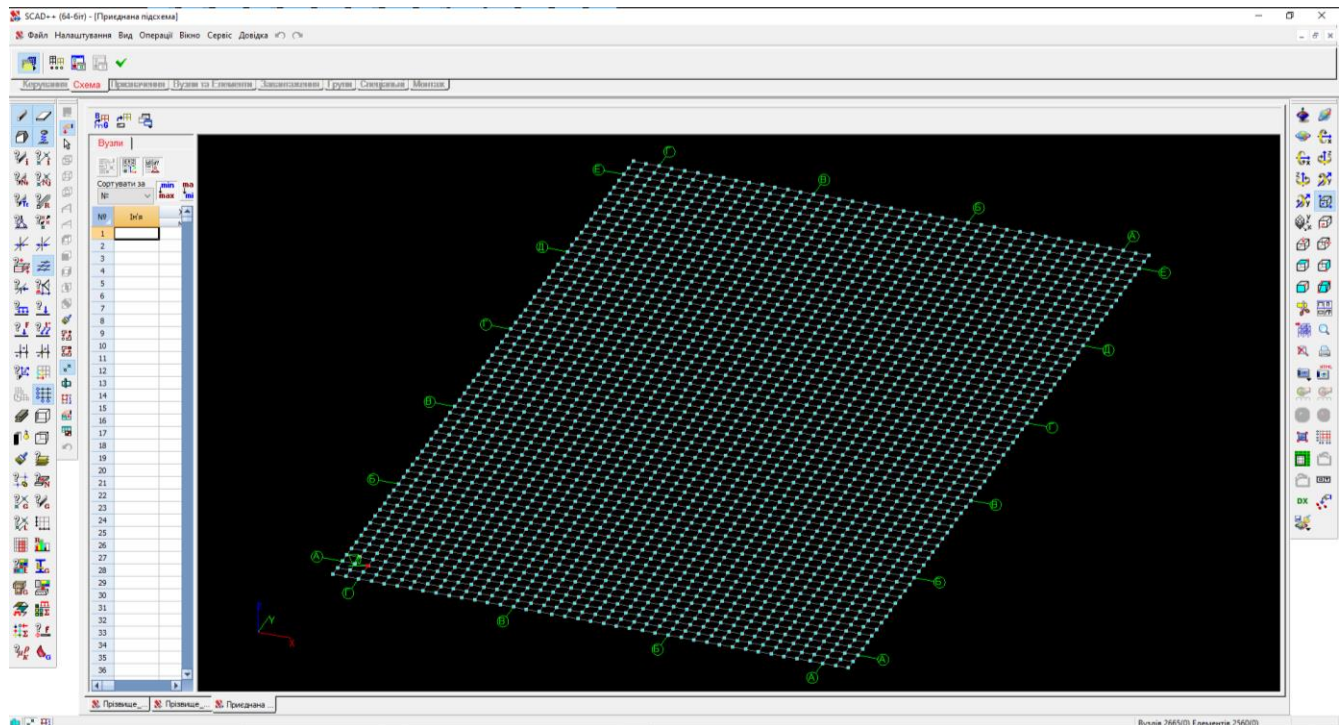


Рисунок 4.29 – Вибір точки збирання на підсхемі плити

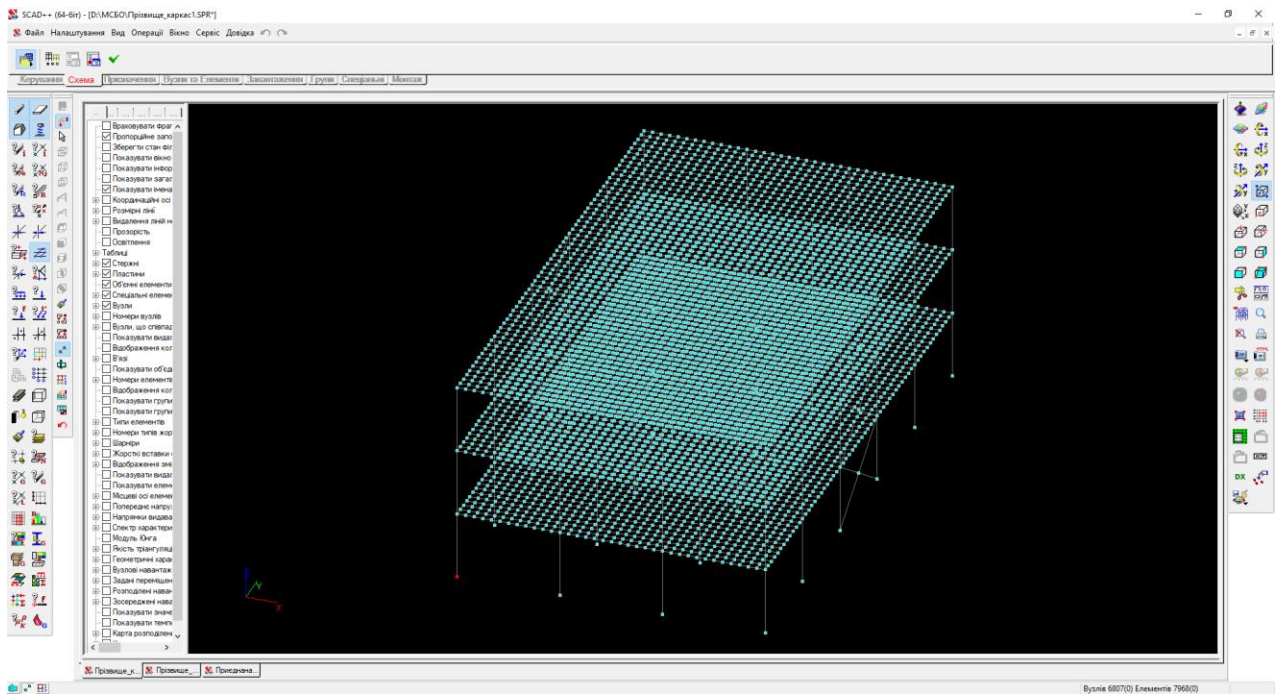


Рисунок 4.30 – Вибір точки збирання на підсхемі каркасу

Упевнюємося в коректності збирання і натискаємо кнопку підтвердження.

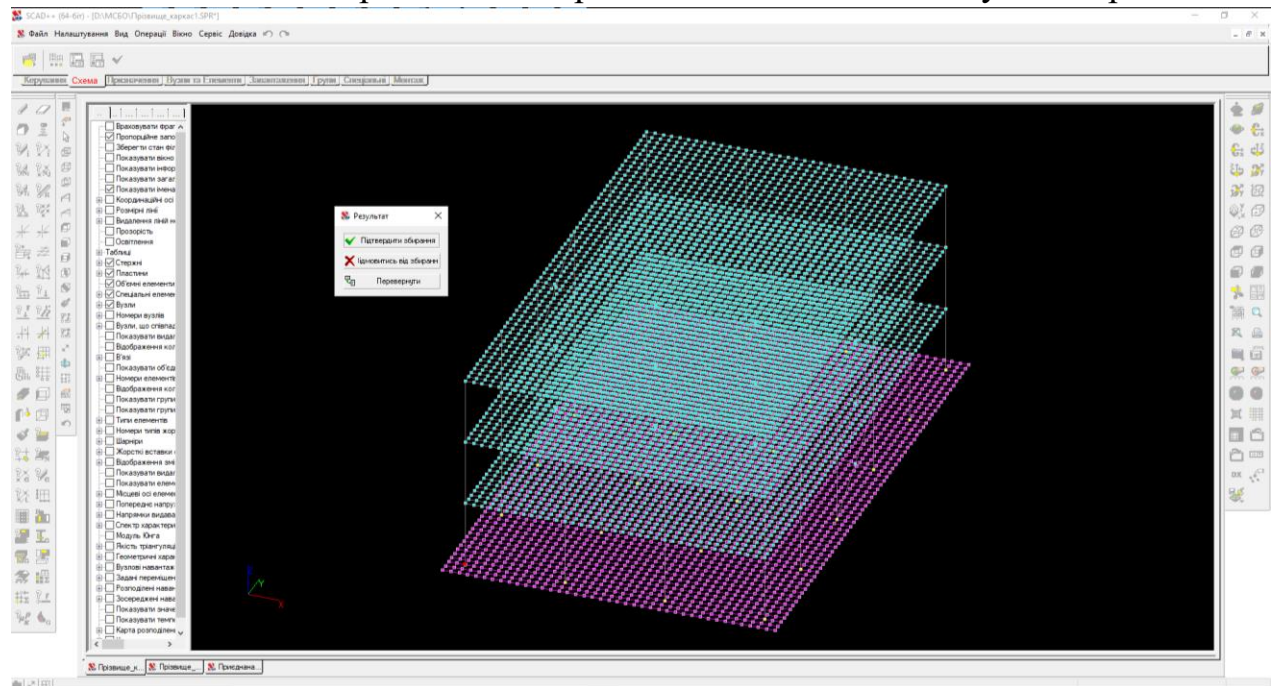


Рисунок 4.31 – Підтвердження результатів збирання

Зберігаємо результати збирання під назвою «Прізвище_збирання.srg» за допомогою меню «Файл-зберегти проєкт як...».

Для коректної роботи системи «основа – фундамент – споруда» знімаємо попередньо встановлені умови примикання у нижній частині колон.

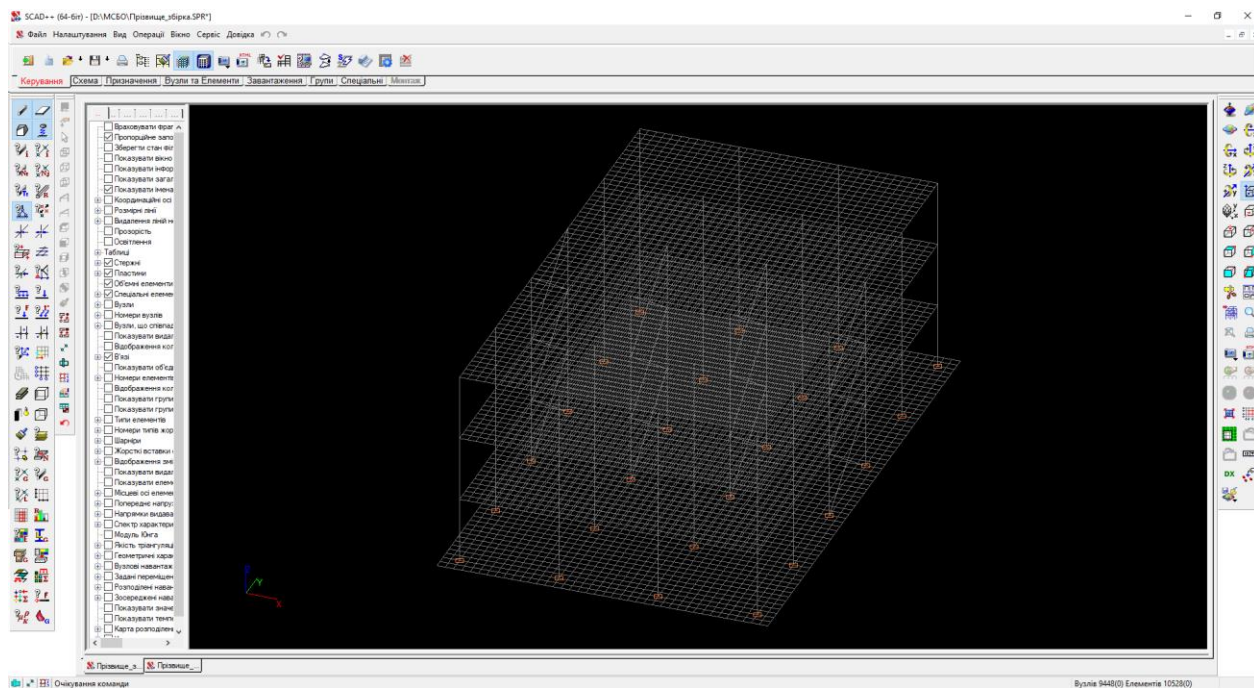


Рисунок 4.32 – Розрахункова схема із зайвими в'язями

Використовуючи інструмент «Інформація про вузол – в'язі», обираємо необхідні вузли і вимикаємо всі попередньо встановлені в'язі. Натискаємо кнопку «ОК».

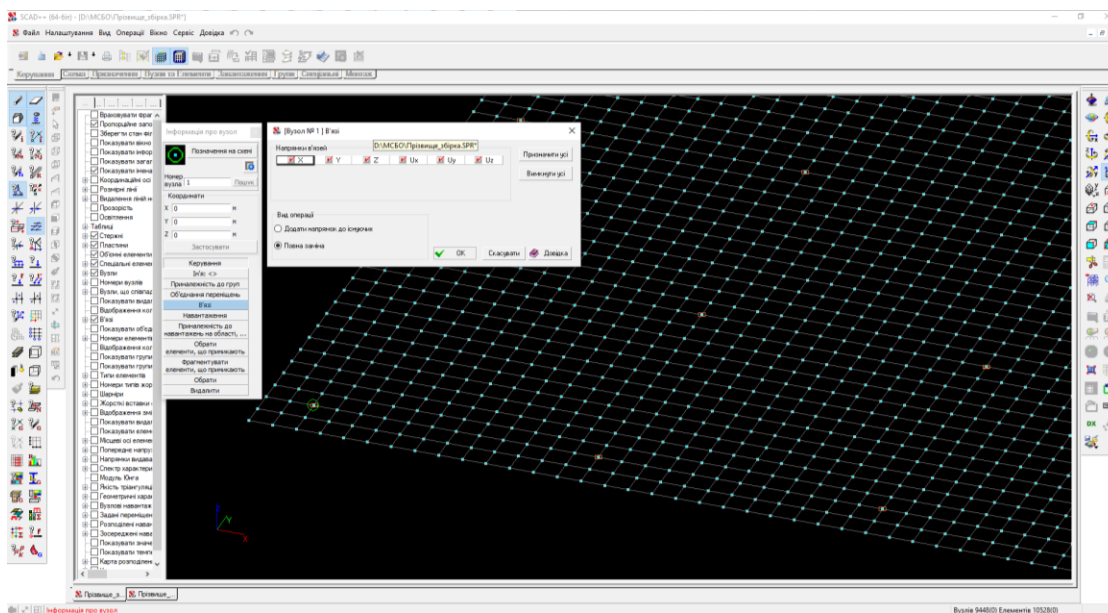


Рисунок 4.33 – Вимикання в'язей за допомогою інструменту «Інформація про вузол»

Закріплюємо кутові вузли плити від зміщення по горизонталі для уникнення критичних помилок при розрахунку.

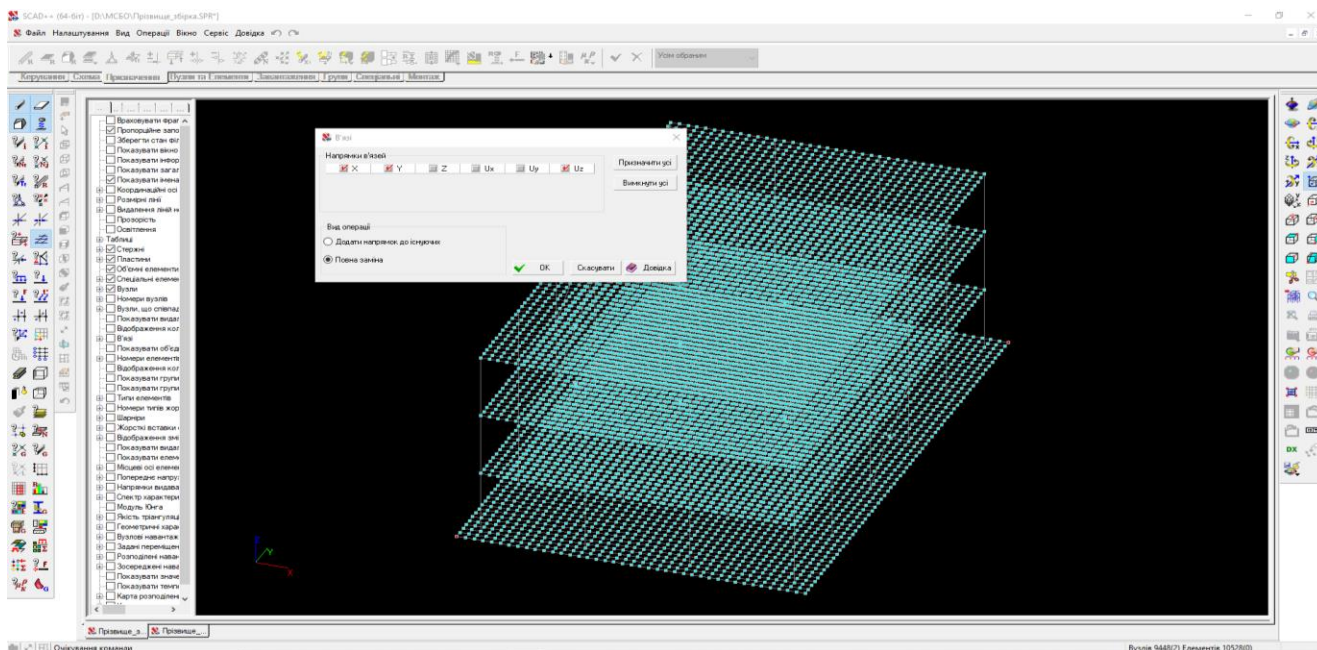


Рисунок 4.34 – Додавання горизонтальних в’язей до фундаментної плити

Виконуємо розрахунок. Аналізуємо зміни в результатах розрахунку металевих і залізобетонних конструкцій в «Графічному аналізі».

На цьому етапі необхідно виконати додаткові ітерації коефіцієнтів постелі фундаментної плити з урахуванням навантажень від каркаса будівлі.

На екрані керування проєктом обираємо «Комбінації завантажень».

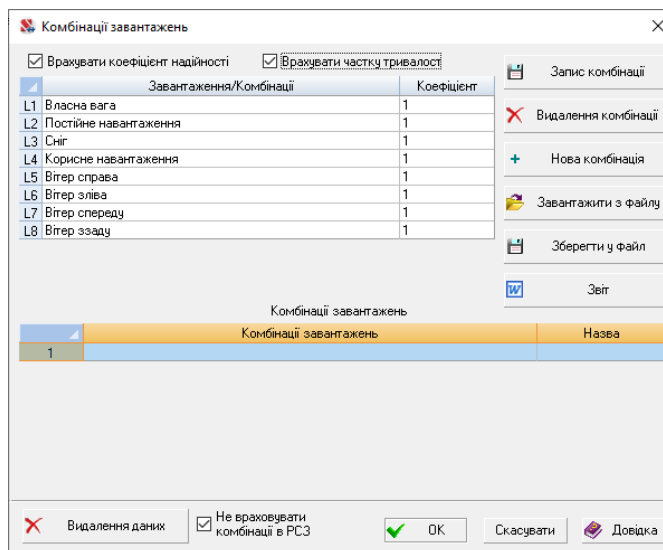


Рисунок 4.35 – Створення комбінації навантажень для ітераційного розрахунку коефіцієнтів постелі

Натискаємо кнопку «Нова комбінація» та ставимо коефіцієнти рівні 1, також ставимо галочки врахування коефіцієнтів надійності і частки тривалості і

натискаємо кнопку «Запис комбінації». Навантаження будуть приведені до нормативних, які мають використовуватися для розрахунку коефіцієнтів постелі.

Виконуємо розрахунок для розрахунку напружень від створеної комбінації зусиль.

Повертаємося до розрахункової схеми, за допомогою панелі візуалізації відсікаємо фундаментну плиту. На вкладці «Призначення» натискаємо вже знайому вам кнопку «Розрахунок коефіцієнтів постелі» та виділяємо усі елементи фундаментної плити, натискаємо кнопку «Підтвердження». Для розрахунку коефіцієнтів постелі обираємо створену комбінацію С1.

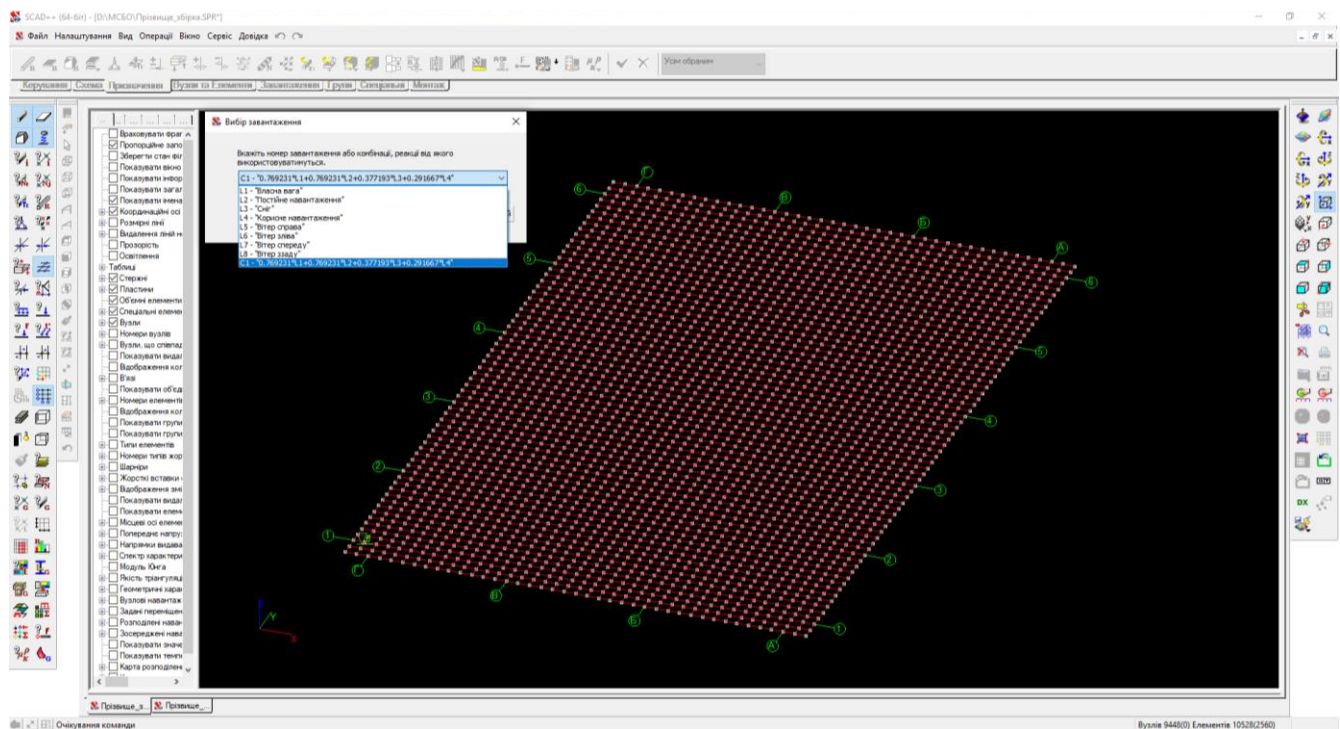


Рисунок 4.36 – Вибір елементів фундаментної плити та комбінації для розрахунку коефіцієнтів постелі

Обираємо створену раніше площинку та натискаємо «Продовжити з обраною площинкою». У вікні «КРОСС» одразу змінюємо параметри сітки для розміщення фундаментної плити будівлі та розміщуємо фундаменту плиту.

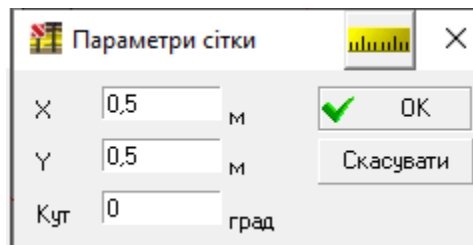


Рисунок 4.37 – Зміна кроку сітки площинки

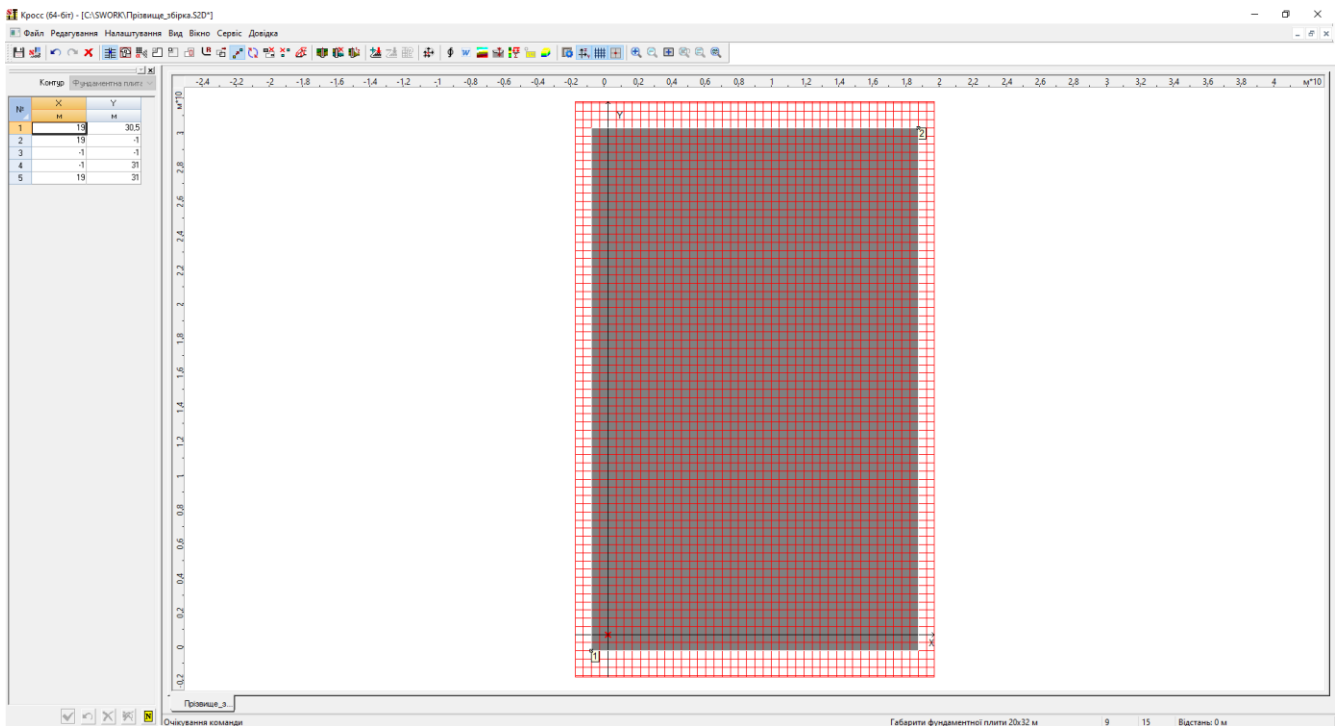


Рисунок 4.38 – Встановлення фундаментної плити на площинку

Призначаємо відмітку підшови плити, навантаження лишаємо 0 для застосування навантаження від розрахункової комбінації із SCAD ++.

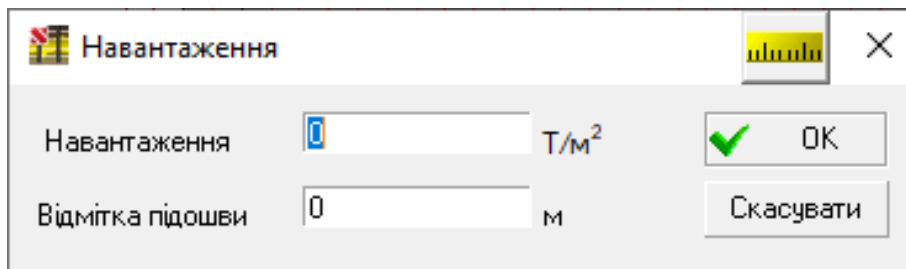


Рисунок 4.39 – Призначення відмітки фундаментної плити

Розраховуємо коефіцієнти постелі і натискаємо кнопку «Застосувати». Змінюємо градацію видачі значень до 10 та натискаємо кнопку C_2 для розрахунку коефіцієнта C_2 , натискаємо кнопку «Застосувати». Натискаємо кнопку «Зберегти дані для SCAD». Закриваємо вікно «КРОСС».

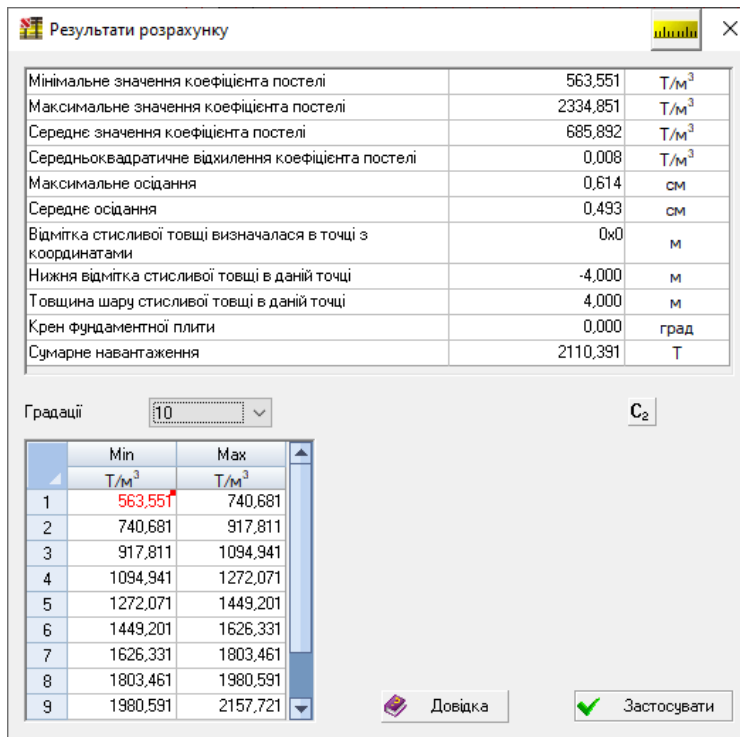


Рисунок 4.40 – Результати розрахунку коефіцієнтів постелі у КРОСС

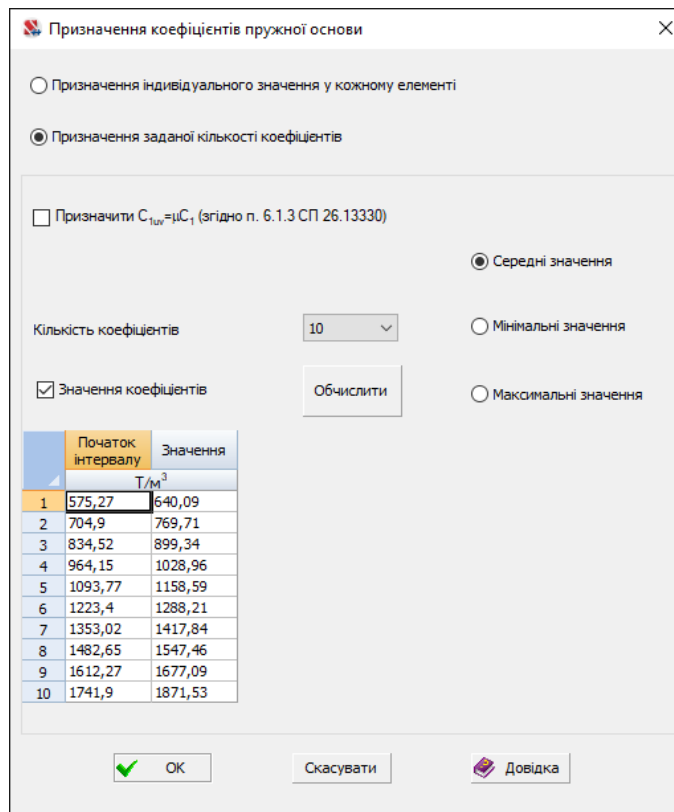


Рисунок 4.41 – Перенесення результатів розрахунку у SCAD ++

Виконуємо лінійний розрахунок із новими коефіцієнтами постелі та виконуємо наступну ітерацію розрахунку коефіцієнтів постелі.

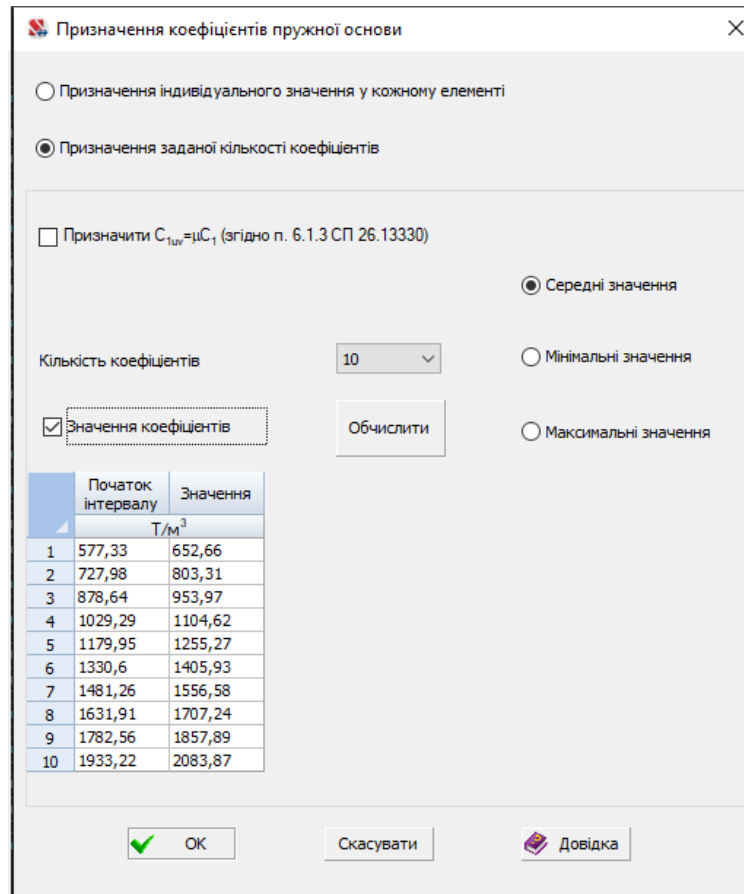


Рисунок 4.42 – Результати наступної ітерації розрахунку коефіцієнтів постелі

Якщо результати наступної ітерації не перевищують результати попередньої більше ніж на 10 %, то підбір коефіцієнтів постелі можна вважати завершеним. Якщо перевищують – ітерацію «Лінійний розрахунок – розрахунок коефіцієнтів» повторюють до виконання умови.

Після останньої ітерації виконуємо лінійний розрахунок системи «основа – фундамент – споруда» та переходимо до графічного аналізу.

Перевіряємо можливі зміни напружено-деформованого стану каркаса будівлі і за необхідності повторюємо підбір перерізів сталевих елементів каркаса.

Перевіряємо можливі зміни розрахункового армування залізобетонних плит перекриття та покриття і за необхідності повторюємо підбір армування.

У разі змін жорсткостей елементів проводимо повторний лінійний розрахунок, розрахунок коефіцієнтів постелі та розрахунок заміненних перерізів елементів каркаса.

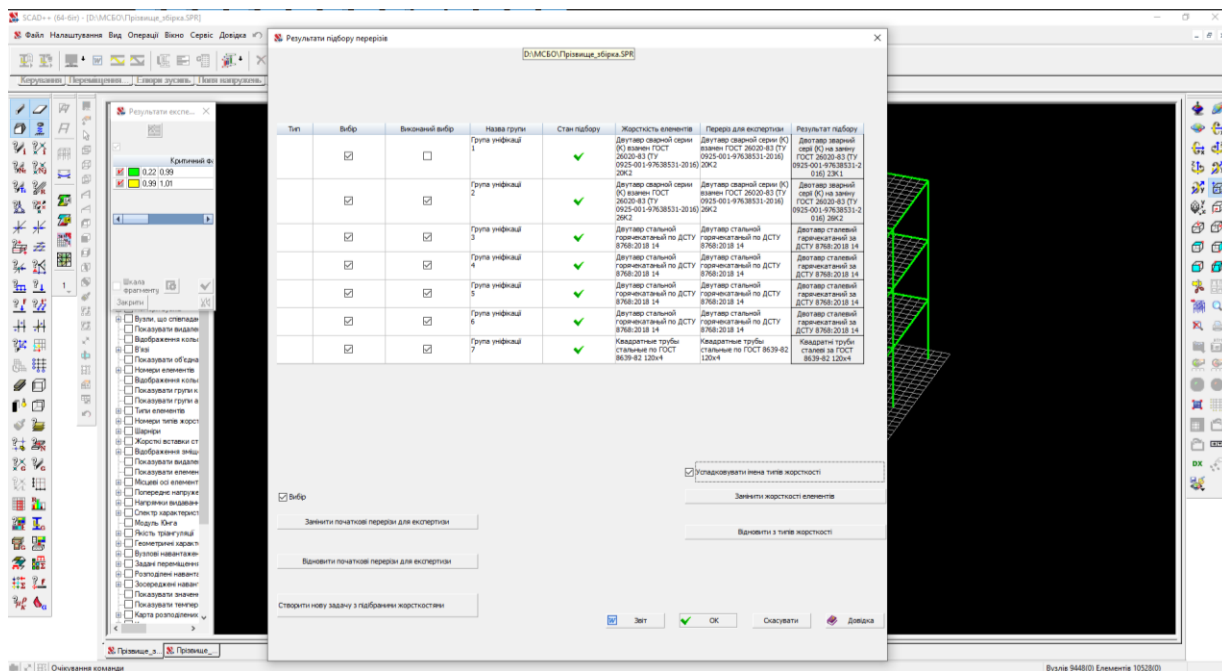


Рисунок 4.43 – Результати розрахунку та підбору сталевих елементів після розрахунку системи «основа – фундамент – споруда»

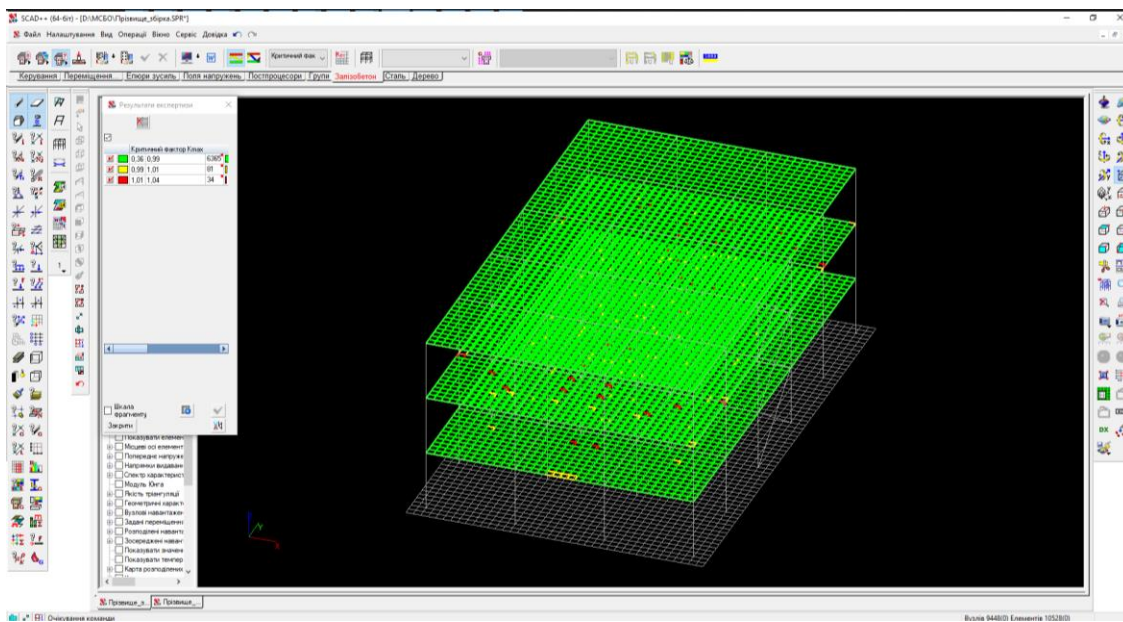


Рисунок 4.44 – Результати експертизи плит перекриття та покриття після розрахунку системи «основа – фундамент – споруда»

Створіть групу та застосуйте параметри для розрахунку фундаментної плити аналогічно плитам перекриття та покриття. Виконайте підбір армування.

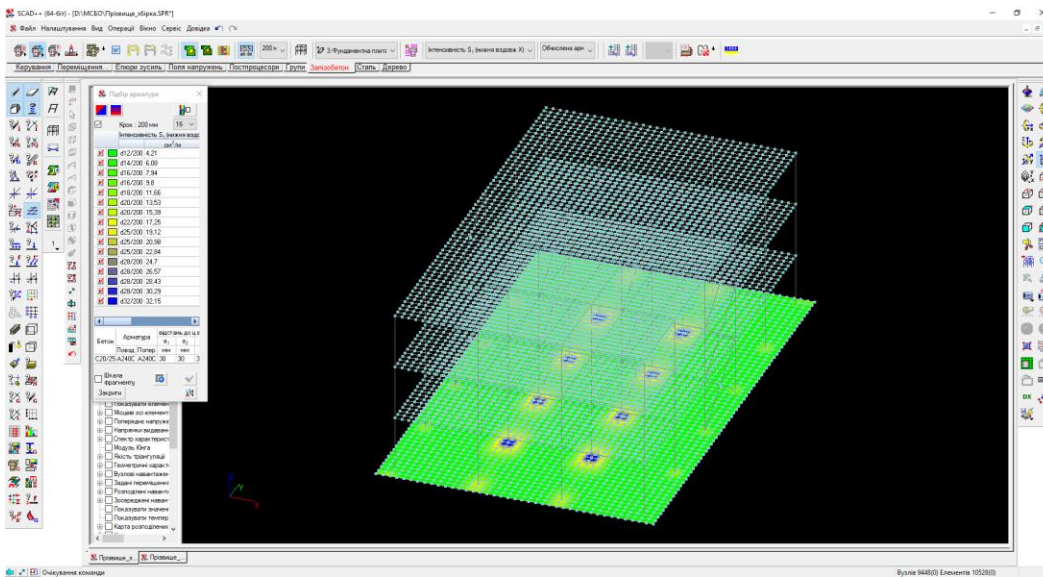


Рисунок 4.45 – Результати підбору армування для фундаментної плити

Застосуйте армування за результатами підбору за допомогою кнопки .

Вийдіть в екран керування проектом, замініть жорсткості на отримані в результаті підбору. Виконайте лінійний розрахунок коефіцієнтів постелі. За необхідності виконайте наступну ітерацію.

Призначте коефіцієнти постелі C2 отримані із КРОСС у діалоговому вікні «Призначення коефіцієнтів пружної основи». Коефіцієнти C1, отримані із КРОСС, лишіть без змін.

Виконайте лінійний розрахунок. Проаналізуйте результати розрахунку перерізів сталевих та залізобетонних елементів. За необхідності виконайте підбір та наступну ітерацію до отримання необхідного результату.

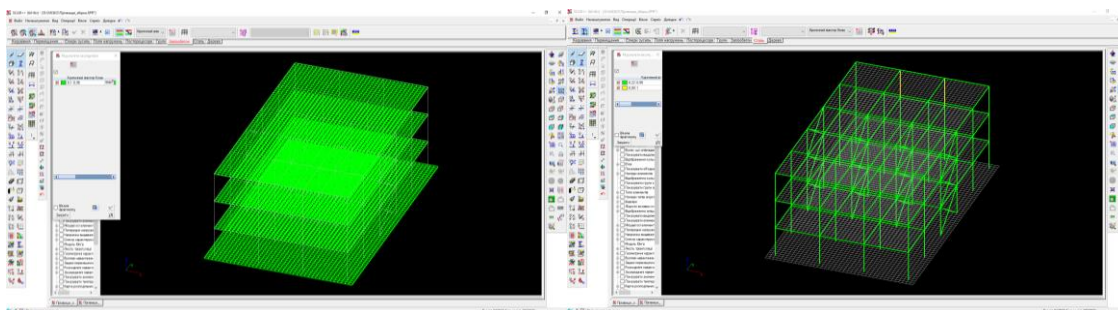


Рисунок 4.46 – Кінцева ітерація. Усі елементи задовольняють вимогам

Завдання для самостійної роботи до теми 4

Порівняйте результати підбору металевих та залізобетонних елементів каркасу встановленого на жорсткій основі та з урахуванням спільної роботи з ґрунтовим масивом. Поясніть отримані результати.

ТЕМА 5 РОЗРАХУНОК ВЗАЄМНОГО ВПЛИВУ СУСІДНІХ ФУНДАМЕНТІВ БУДІВЕЛЬ

У програмі КРОСС збільшимо майданчик у напрямку Y на 30 м.

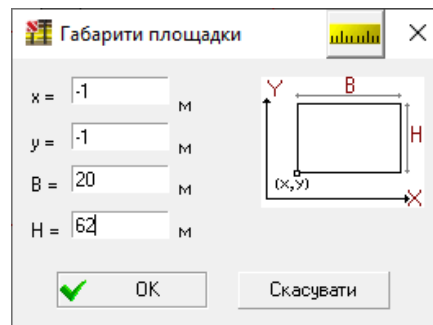


Рисунок 5.1 – Збільшення майданчика на 30 м

За допомогою інструмента «Наявна будівля» побудуйте контур сусідньої наявної будівлі поряд із проєктованою.

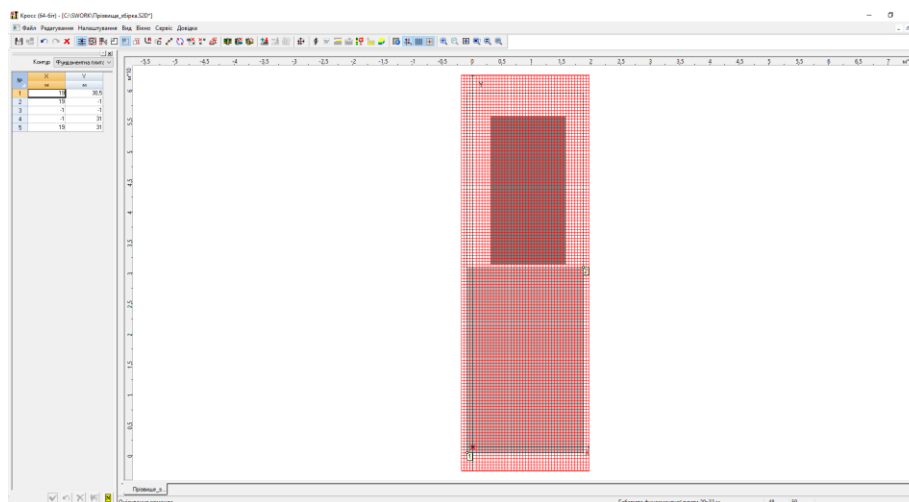


Рисунок 5.2 – Введення контуру сусідньої наявної будівлі

Призначте навантаження від сусідньої будівлі та відмітку підшови її фундаменту.

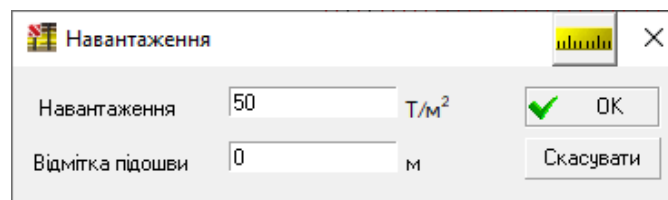


Рисунок 5.3 – Призначення навантаження від сусідньої будівлі

Виконайте розрахунок та проаналізуйте коефіцієнти постелі з урахуванням наявності сусідньої будівлі.

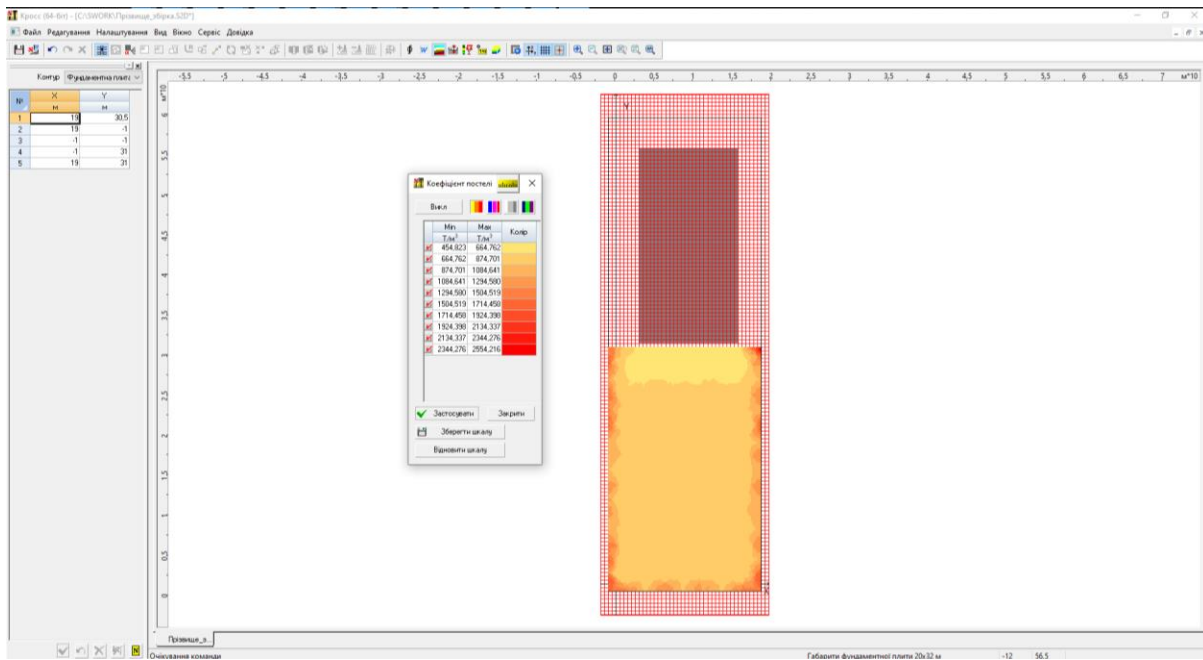


Рисунок 5.4 – Ізополя коефіцієнтів постелі з урахуванням наявності сусідньої будівлі

Імпортуйте розраховані коефіцієнти постелі в SCAD ++ та упевніться в правильності їхнього застосування за допомогою панелі фільтрів.

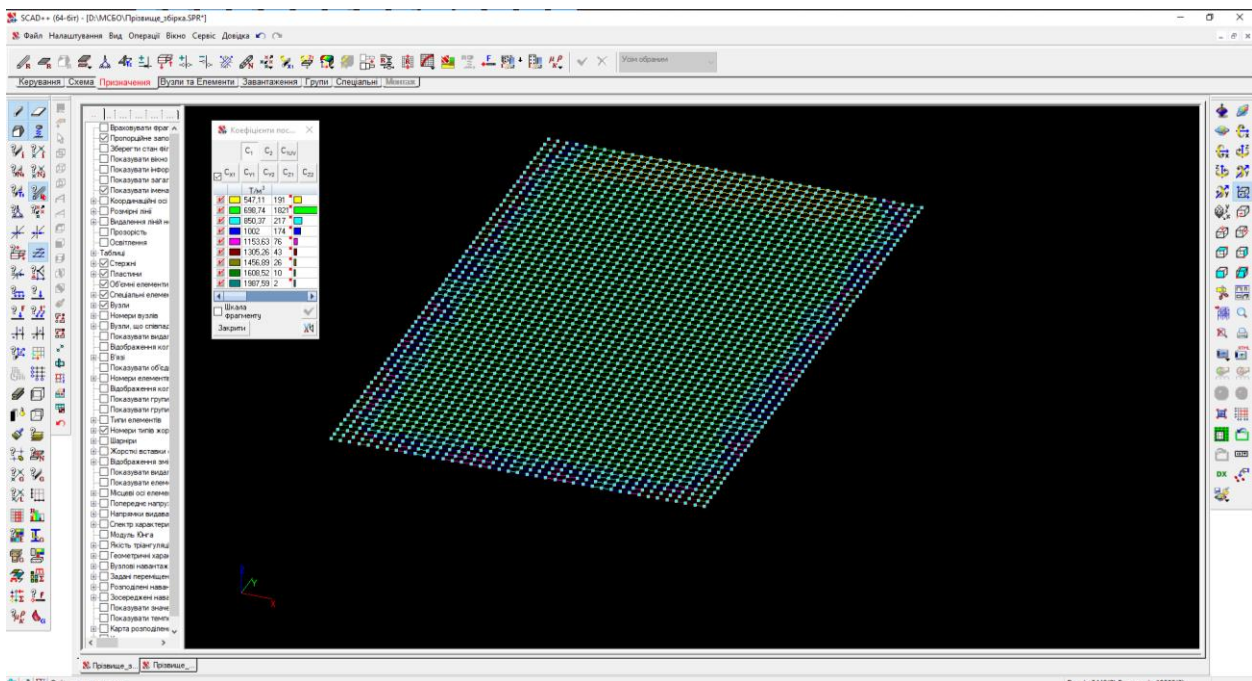


Рисунок 5.5 – Відображення розрахованих коефіцієнтів постелі в SCAD++

Призначте коефіцієнти постелі C2, отримані із КРОСС.

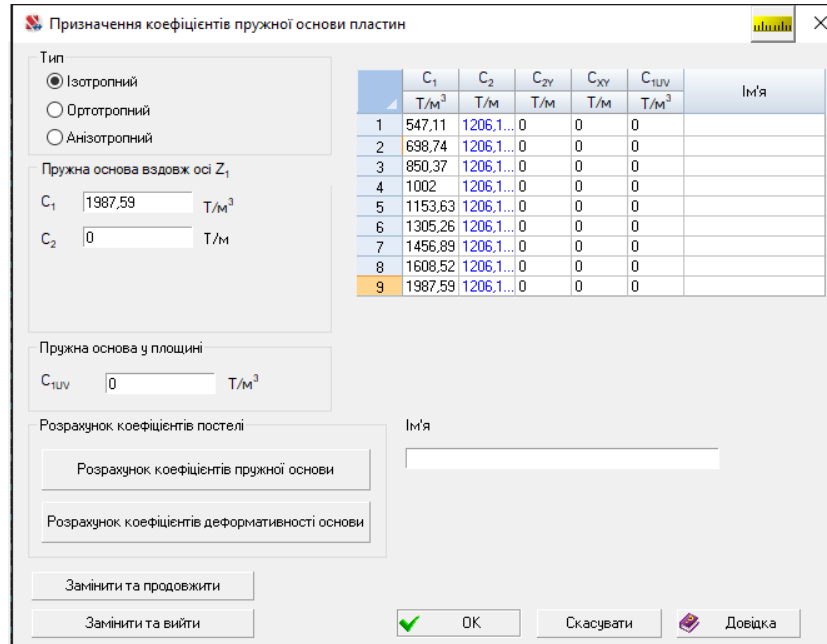


Рисунок 5.6 – Призначення коефіцієнтів постелі C2

Виконайте лінійний розрахунок.

Перейдіть на вкладку «Графічний аналіз» та проаналізуйте зміни напружено-деформованого стану елементів будівлі та необхідність внесення коригувань до прийнятих перерізів і армування за результатами впливу сусідньої будівлі.

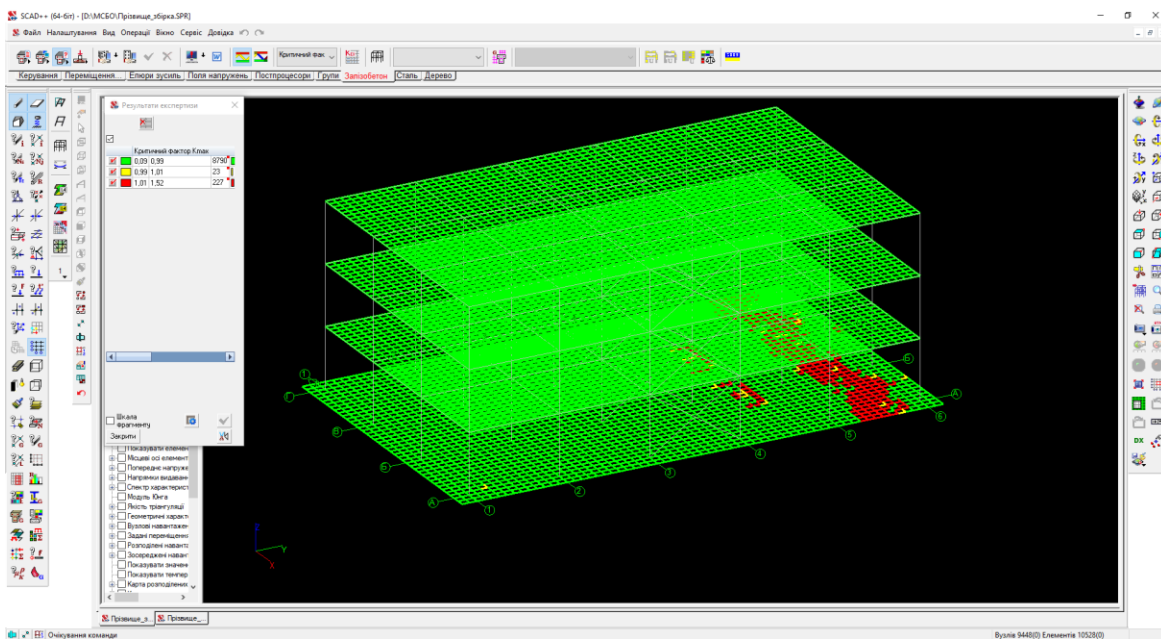


Рисунок 5.7 – Результати розрахунку міцності фундамента плити з урахуванням наявності сусідньої будівлі

Проаналізуйте деформований стан будівлі на вкладці «Переміщення» від прикладеної комбінації зусиль з урахуванням наявності сусідньої будівлі.

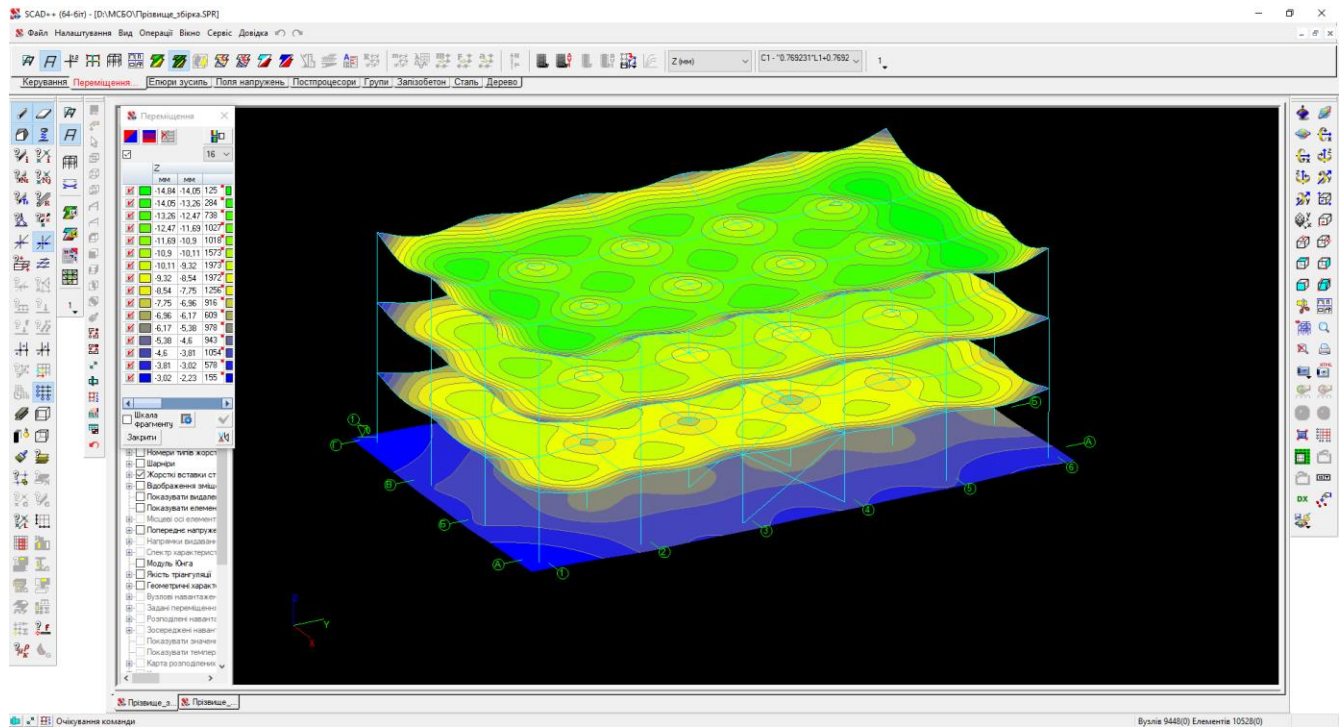


Рисунок 5.8 – Деформований стан будівлі в цілому з урахуванням сусідньої будівлі

Окремо зверніть увагу на деформований стан фундаментної плити.

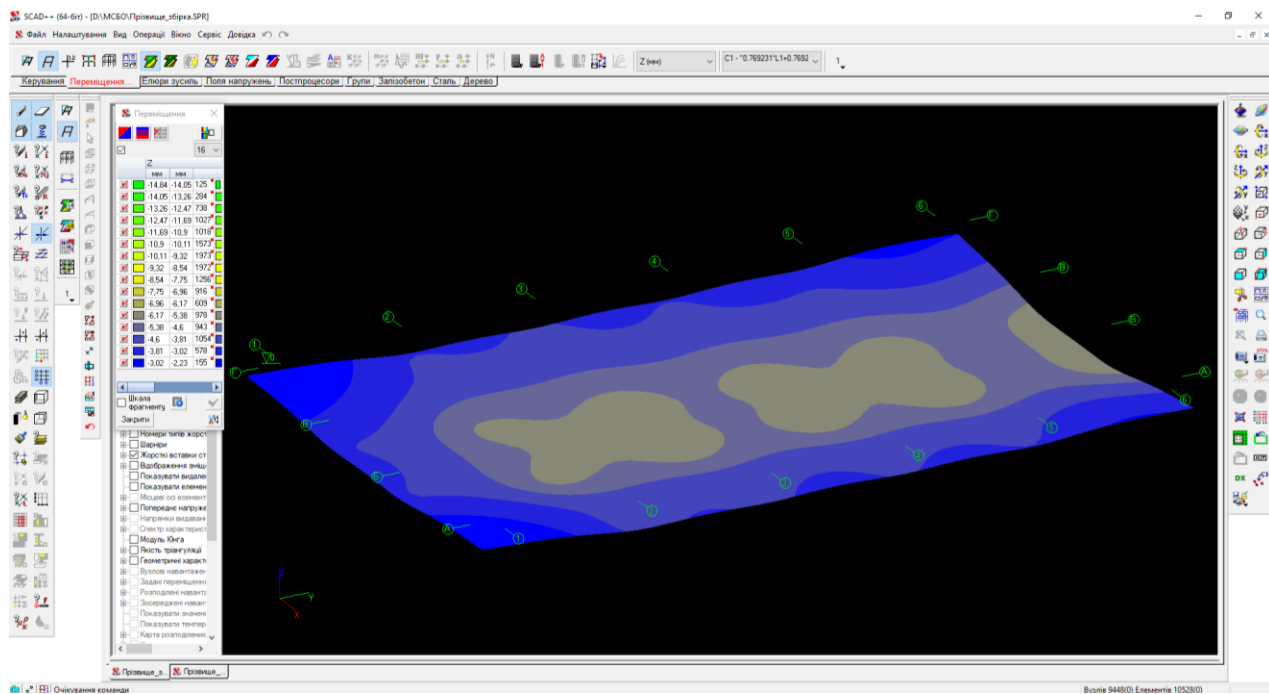


Рисунок 5.9 – Деформований стан фундаментної плити з урахуванням сусідньої будівлі

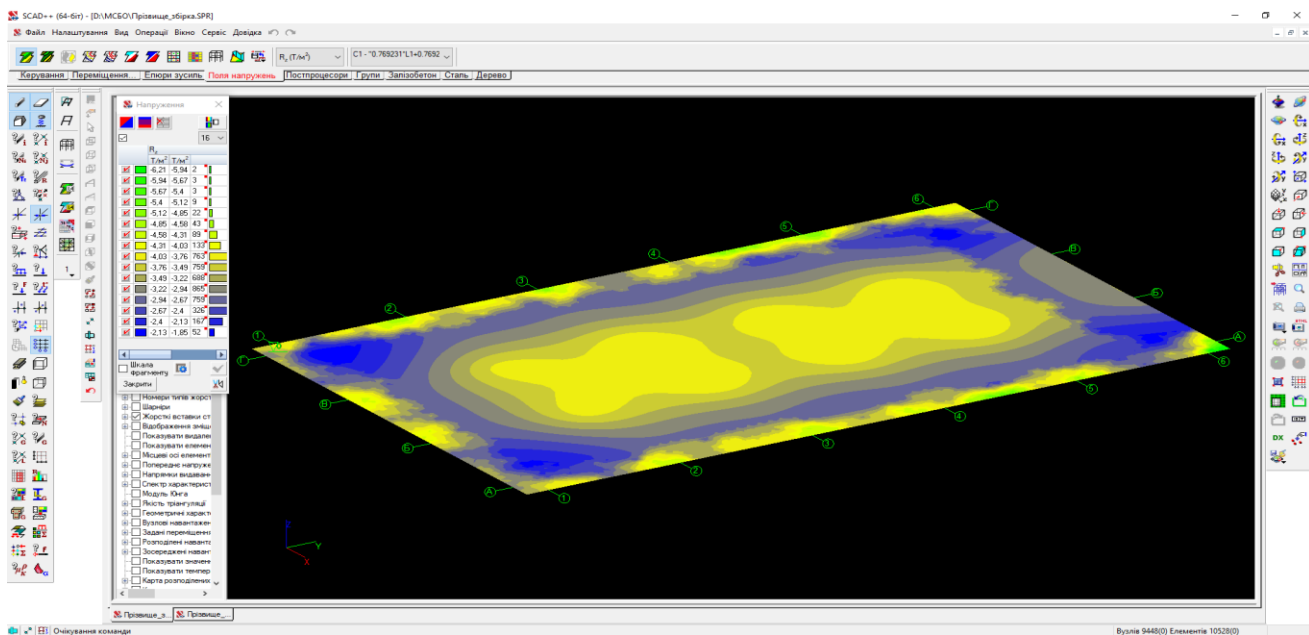


Рисунок 5.10 – Ізополя напружень R_z фундаментної плити з урахуванням сусідньої будівлі

Порівняйте ізополя деформованого стану та напружень R_z фундаментної плити з урахуванням сусідньої будівлі та без неї. Зробіть висновки.

Виконайте необхідні ітерації з підбору та розрахунків для забезпечення вимог нормативних документів.

Моделювання ґрунтової основи об'ємними елементами

Поверніться до розрахункової схеми через екран керування проектом.

Приберіть раніше призначені до пластин фундаментної плити коефіцієнти постелі за допомогою функції призначення коефіцієнтів постелі, призначаючи їх значення рівним 0 для всіх пластин моделі фундаментної плити

	C_1	C_2	C_{21}	C_{22}	C_{23}	C_{231}	Ім'я
1	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	

Рисунок 5.11 – Видалення призначених раніше коефіцієнтів постелі

Приберіть раніше призначені закріплення двох вузлів фундаментної плити за допомогою інструмента «Інформація про вузол – в'язі». Вимкніть усі в'язі на відповідних вузлах та збережіть зміни.

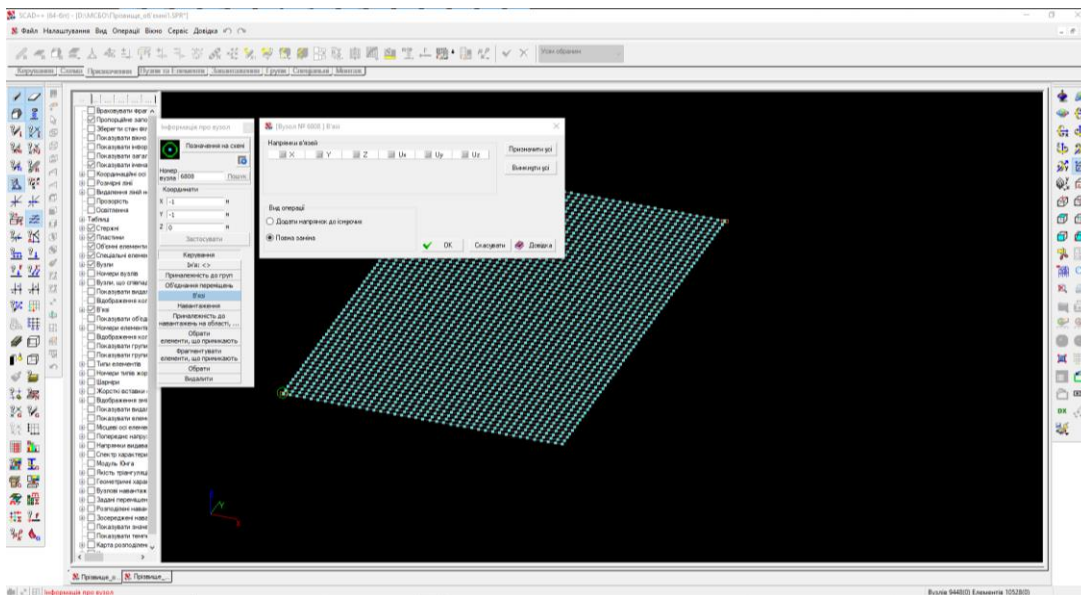


Рисунок 5.12 – Видалення призначених раніше коефіцієнтів постелі

Виділіть всю плиту за допомогою інструмента «Відмічання елементів» на вкладці «Групи».

На вкладці «Схема» оберіть інструмент «Копіювання схеми». Оберіть «Копіювання видимою частини схеми» з випадного меню.

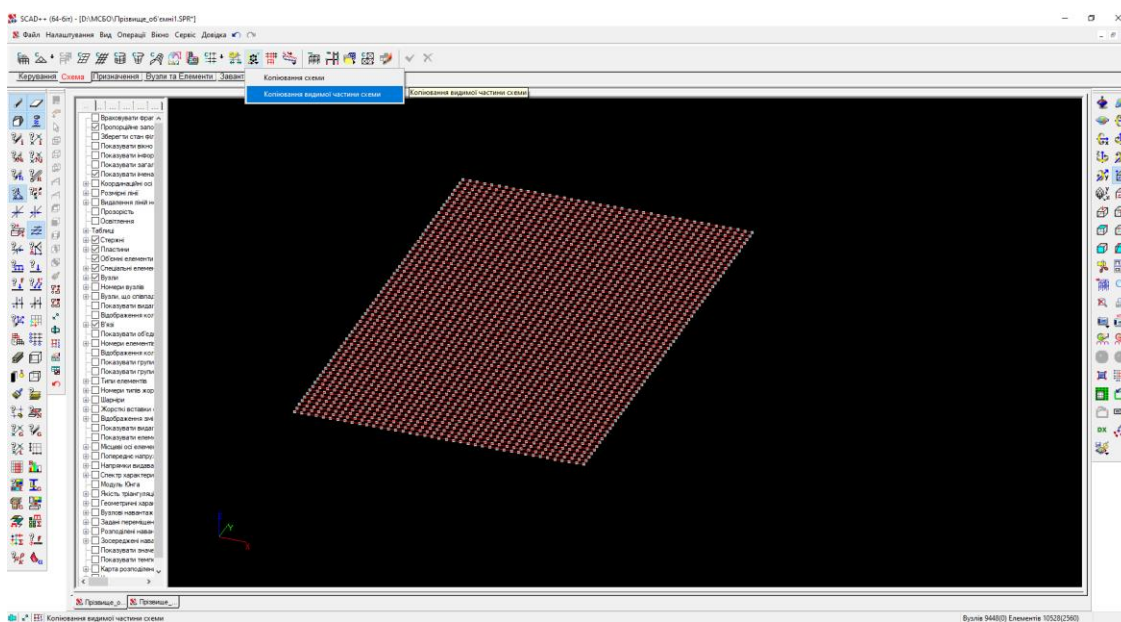


Рисунок 5.13 – Підготовка до створення об'ємних елементів

Налаштуйте параметри копіювання, як показано на рисунку 5.14, та натисніть «ОК».

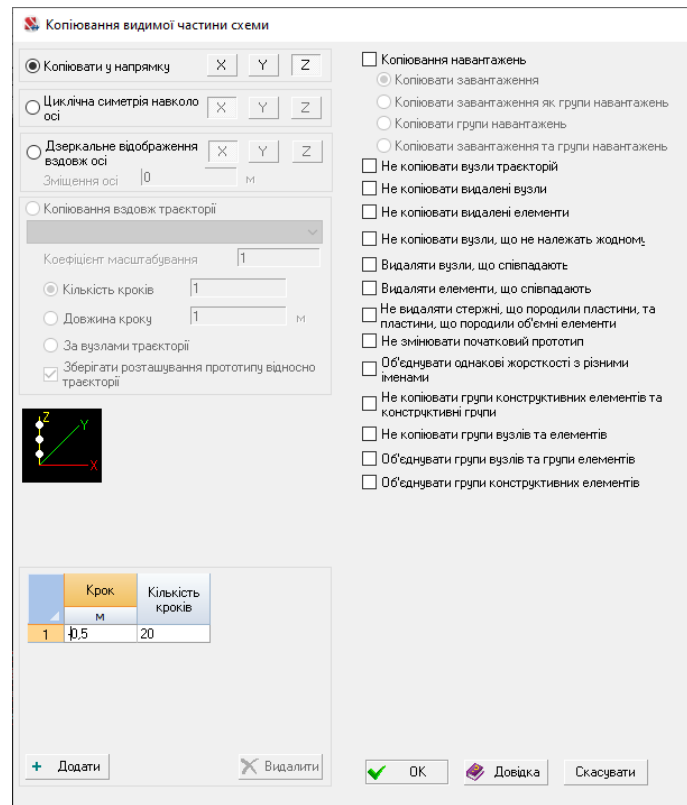


Рисунок 5.14 – Параметри копіювання пластин для створення об'ємних елементів

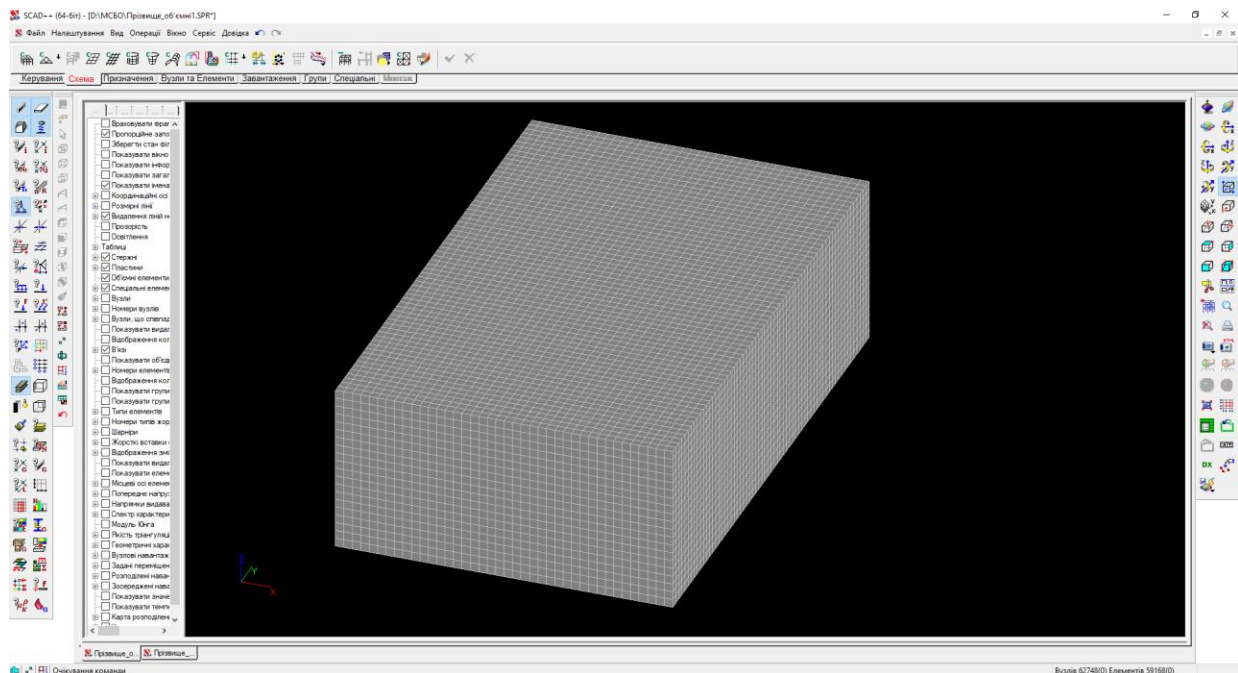


Рисунок 5.15 – Створений ґрунтовий масив об'ємними елементами

Увімкніть початкове відображення розрахункової схеми та відображення профілів елементів на панелі фільтрів.

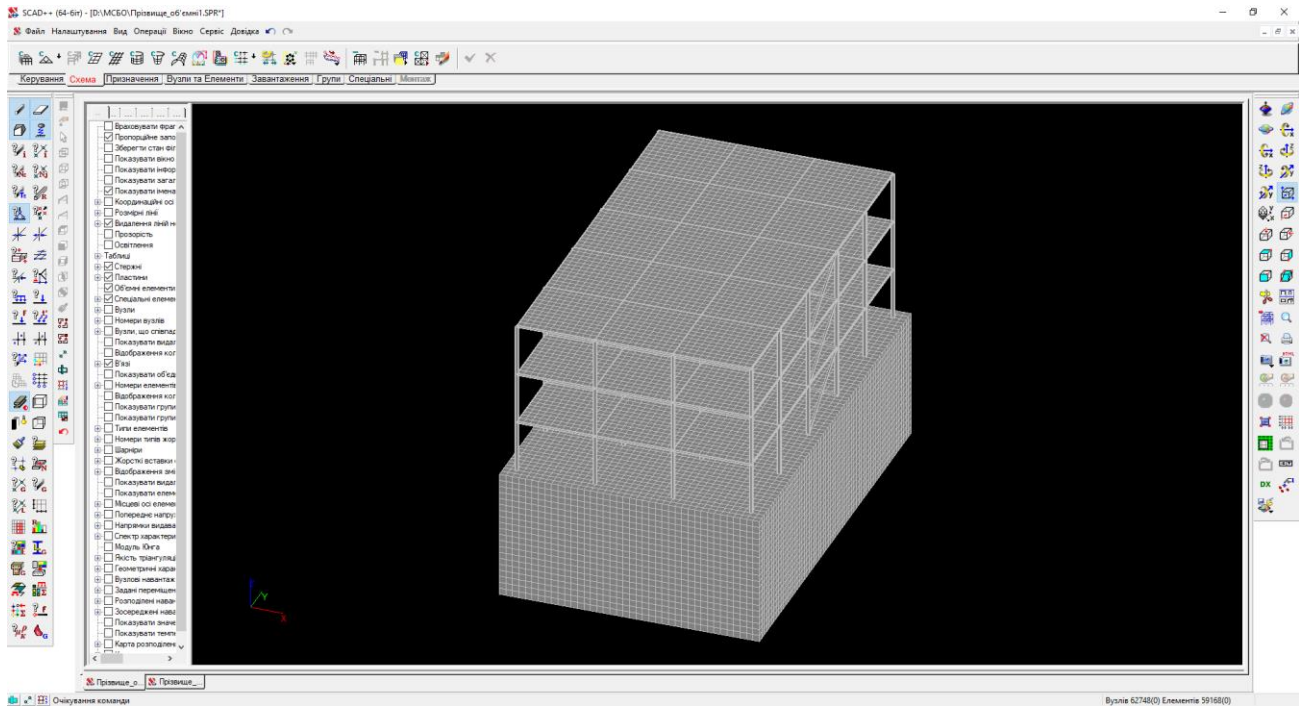


Рисунок 5.16 – Початкове відображення розрахункової схеми

Фрагментуйте верхній обріз ґрунтового масиву за допомогою панелі візуалізації та увімкніть відображення осей.

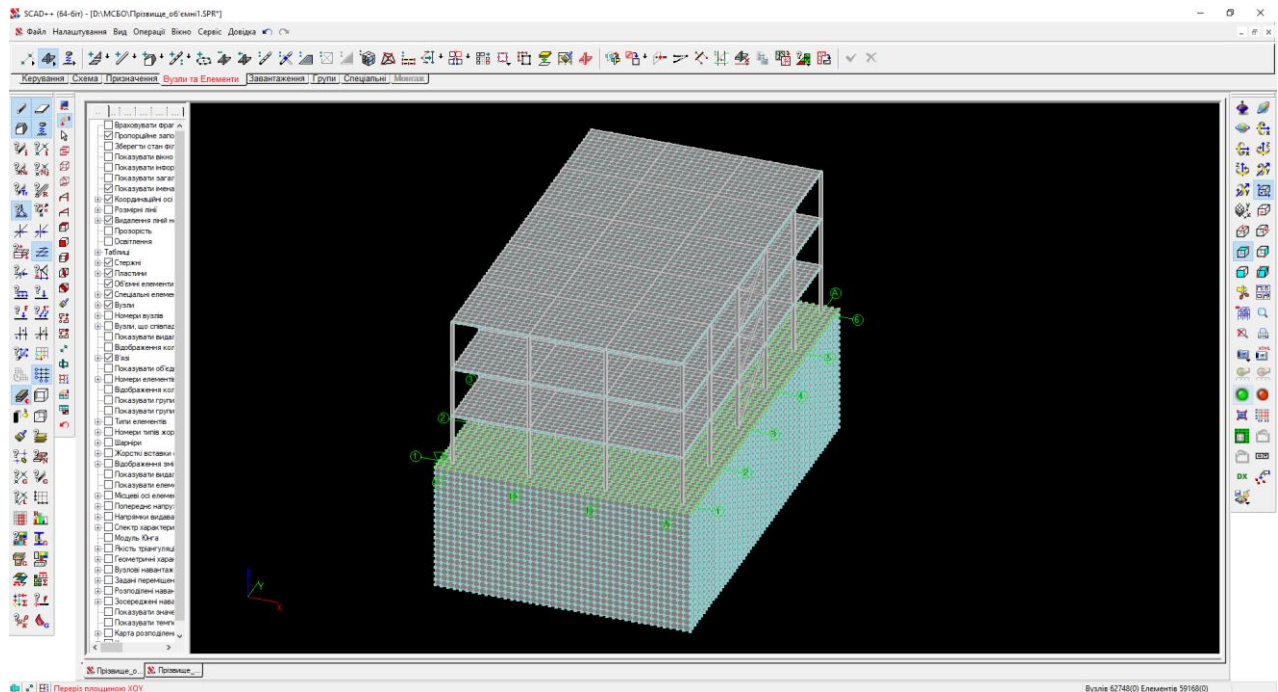


Рисунок 5.17 – Фрагментування верхнього обрізу ґрунтового масиву

За допомогою інструменту «Уведення пластинчастих елементів» створіть моделі окремих фундаментів під колони розмірами 1 м × 1 м з жорсткістю, як для фундаментної плити.

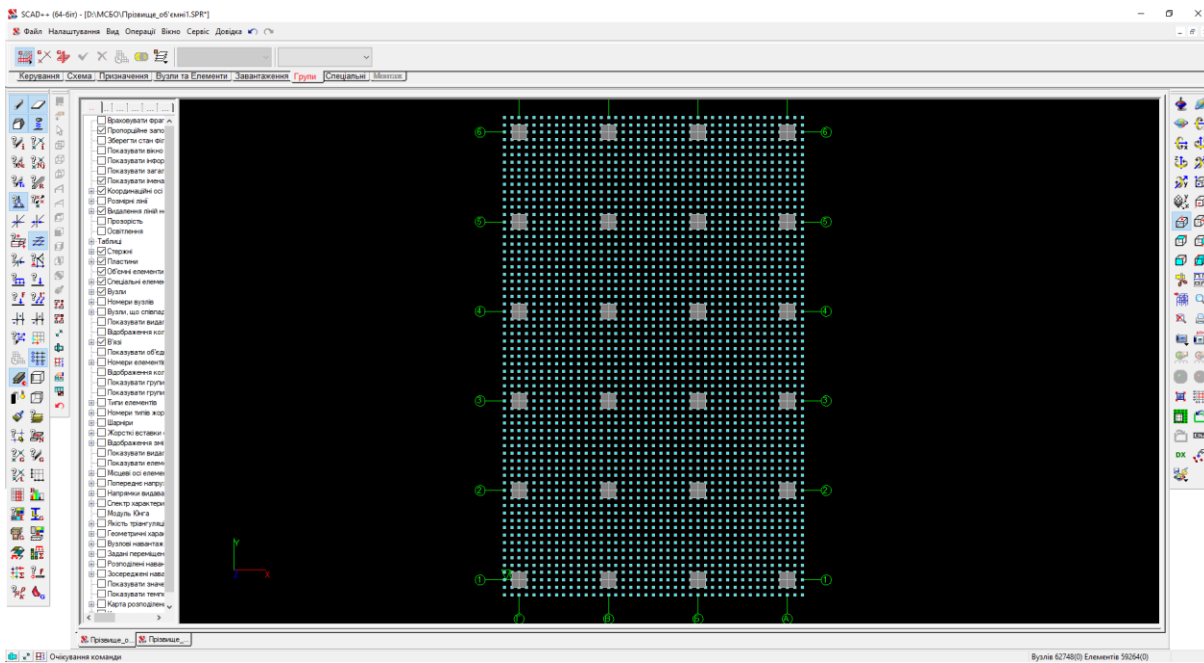


Рисунок 5.18 – Створення окремих фундаментів під колони

Поверніться до відображення вихідної схеми для контролю коректності створення фундаментів під колони.

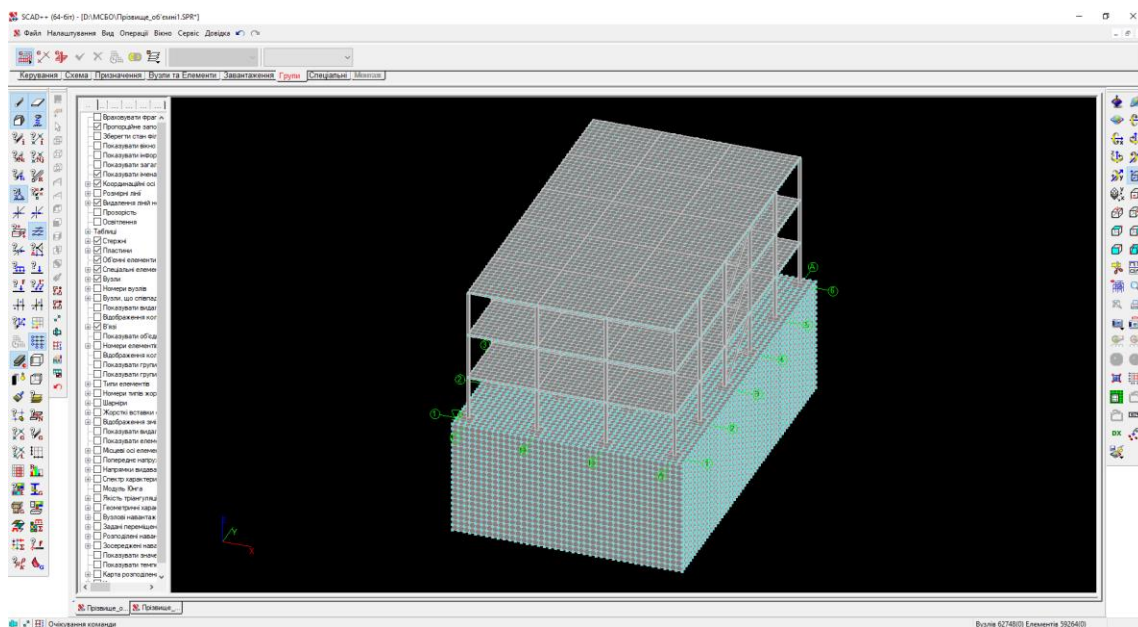


Рисунок 5.19 – Вихідне відображення схеми з фундаментами під колони

Застосуйте параметри жорсткості до створених об'ємних елементів. Об'ємну вагу, модуль пружності та коефіцієнт Пуассона беремо із програми КРОСС для ІГЕ 1. Решту шарів ґрунтів умовно ігноруємо для спрощення розрахункової схеми.

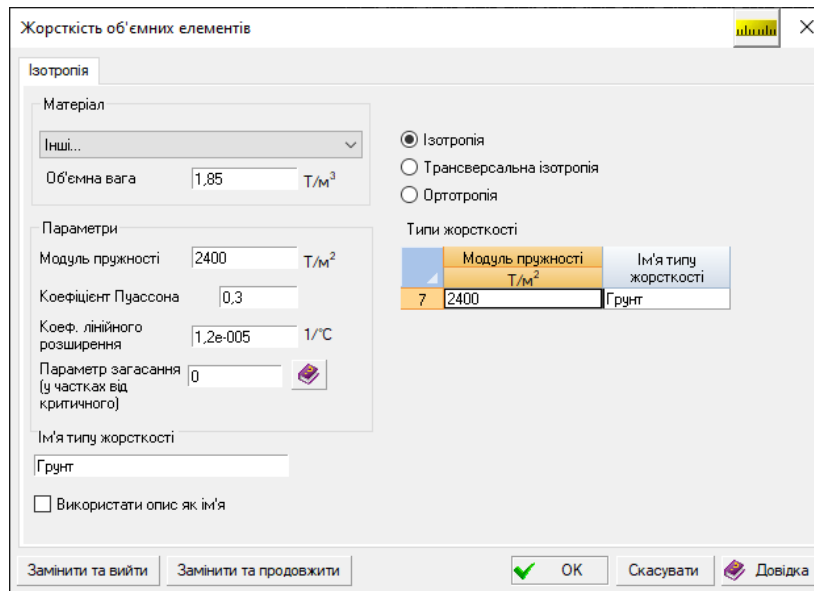


Рисунок 5.20 – Призначення параметрів жорсткостей для моделі ґрунту

Виділяємо усі об'ємні елементи і натискаємо кнопку підтвердження.

Далі задаємо умови примикання ґрунтового масиву.

Відсікаємо нижню горизонтальну площину ґрунтового масиву і призначаємо закріплення вузлам цієї площини по осі Z.

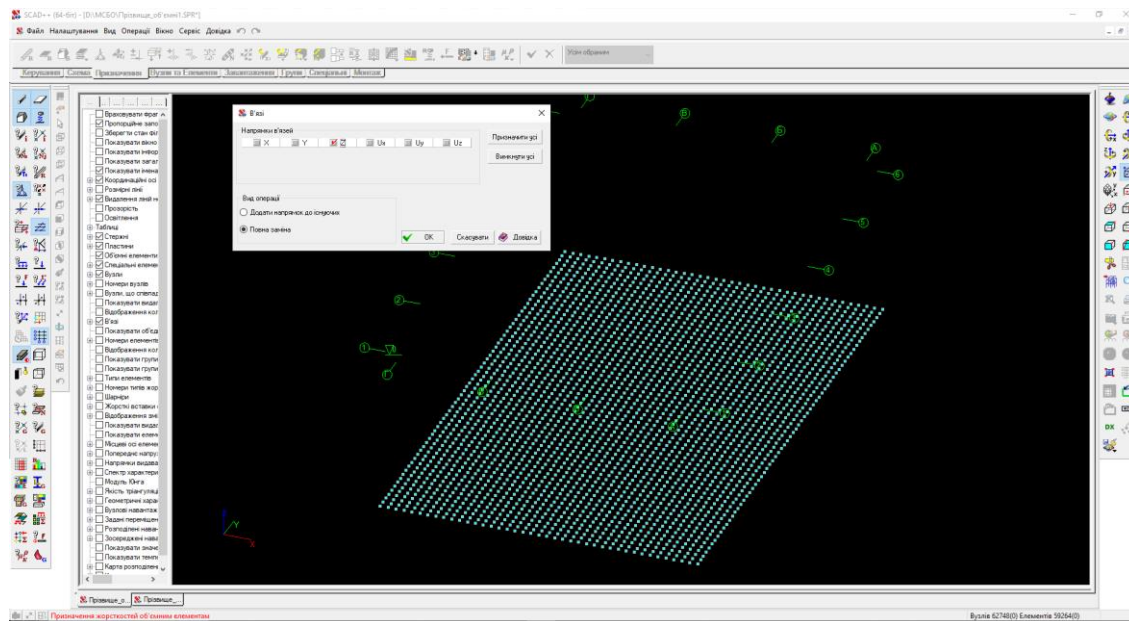


Рисунок 5.21 – Призначення граничних умов ґрунтового масиву

Повертаємося до вихідного відображення схеми і призначаємо закріплення для лівої і правої грані по осі X, а для передньої і задньої по осі Y, фрагментуючи їх по черзі. При призначенні граничних умов бокових граней прапорець переставляємо на «Додати напрямок до існуючих».

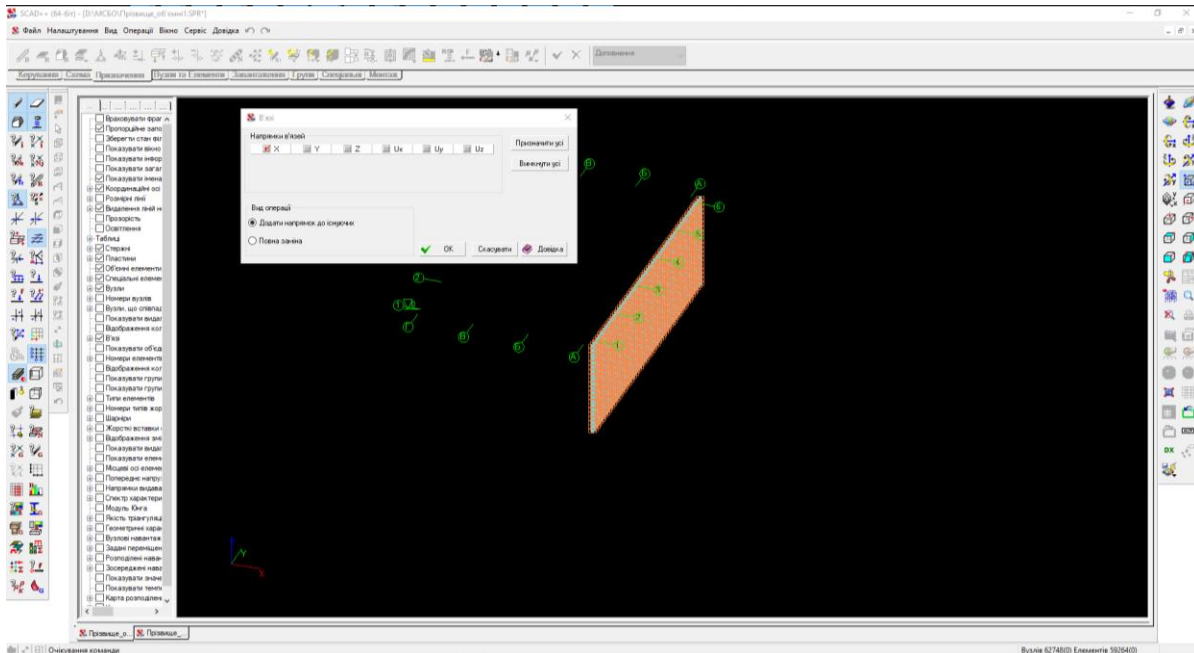


Рисунок 5.22 – Призначення граничних умов ґрунтового масиву

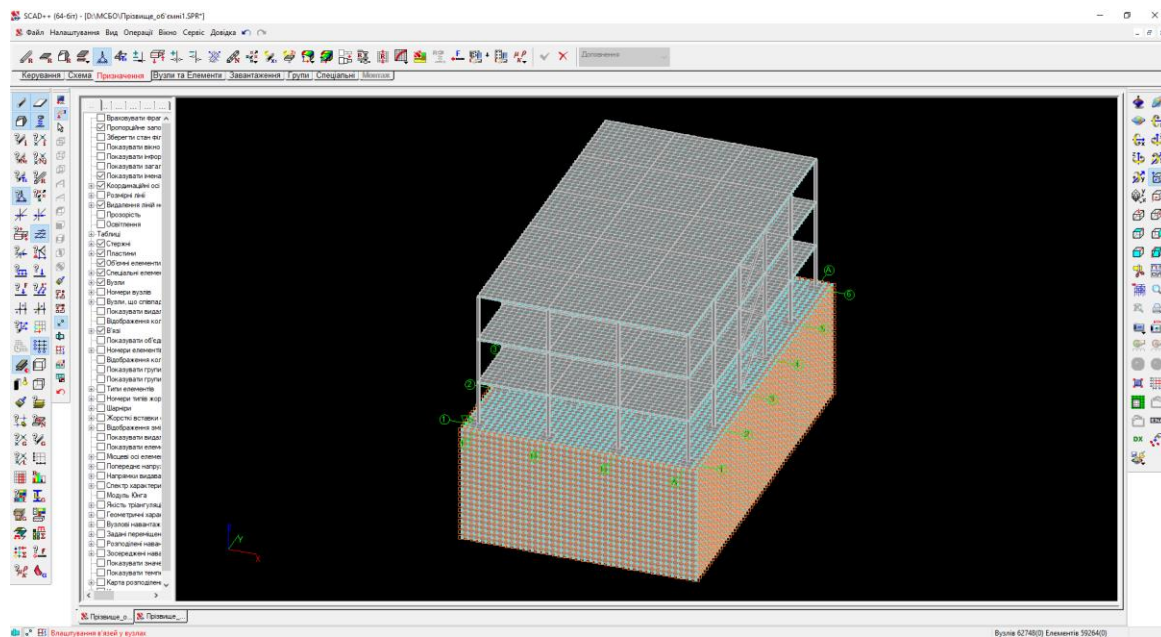


Рисунок 5.23 – Початкове відображення схеми з призначеними граничними умовами

Виконуємо лінійний розрахунок. Та переходимо до графічного аналізу.
Аналізуємо можливі зміни у підборі сталевих та залізобетонних елементів каркаса будівлі.

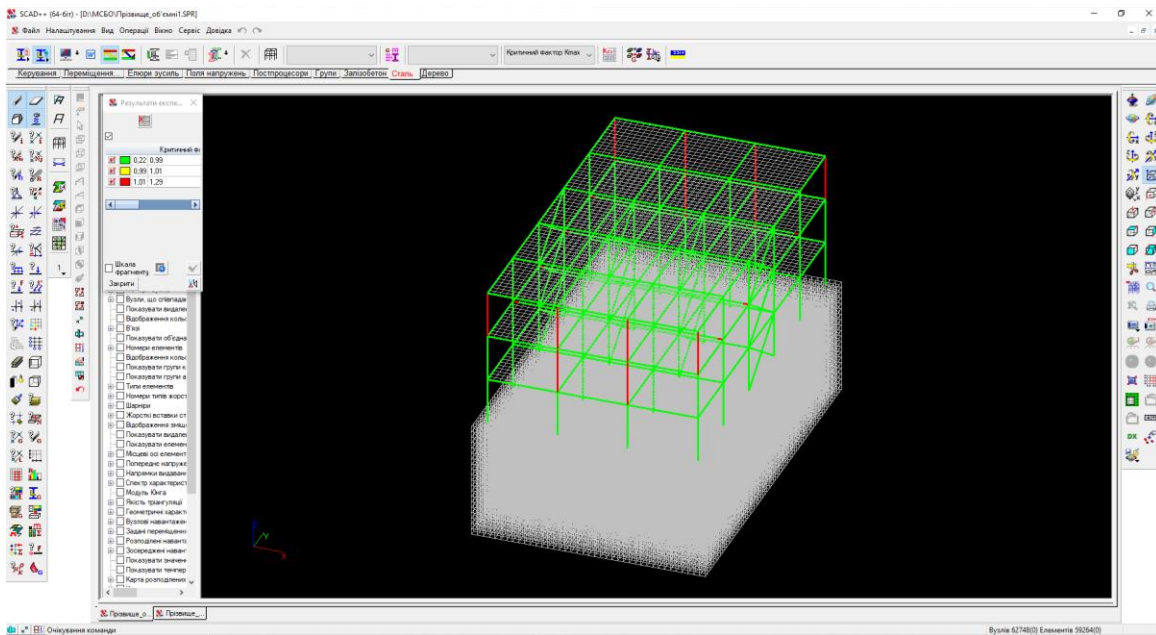


Рисунок 5.24 – Результати розрахунку тримальної здатності раніше підібраних елементів сталевих каркаса будівлі з урахуванням сумісної роботи системи «будівля – основа»

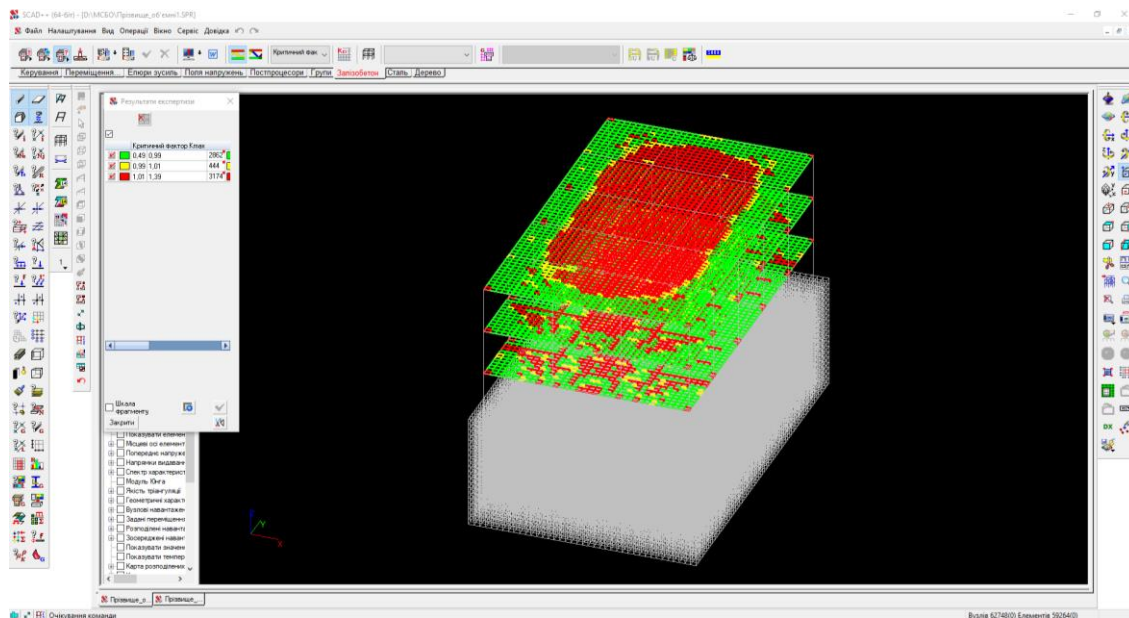


Рисунок 5.25 – Результати розрахунку тримальної здатності залізобетонних перекриттів і покриття будівлі з урахуванням сумісної роботи системи «будівля – основа»

Проаналізуйте результати розрахунку переміщень на вкладці «Переміщення» для будівлі загалом і окремо для фундаментів будівлі.

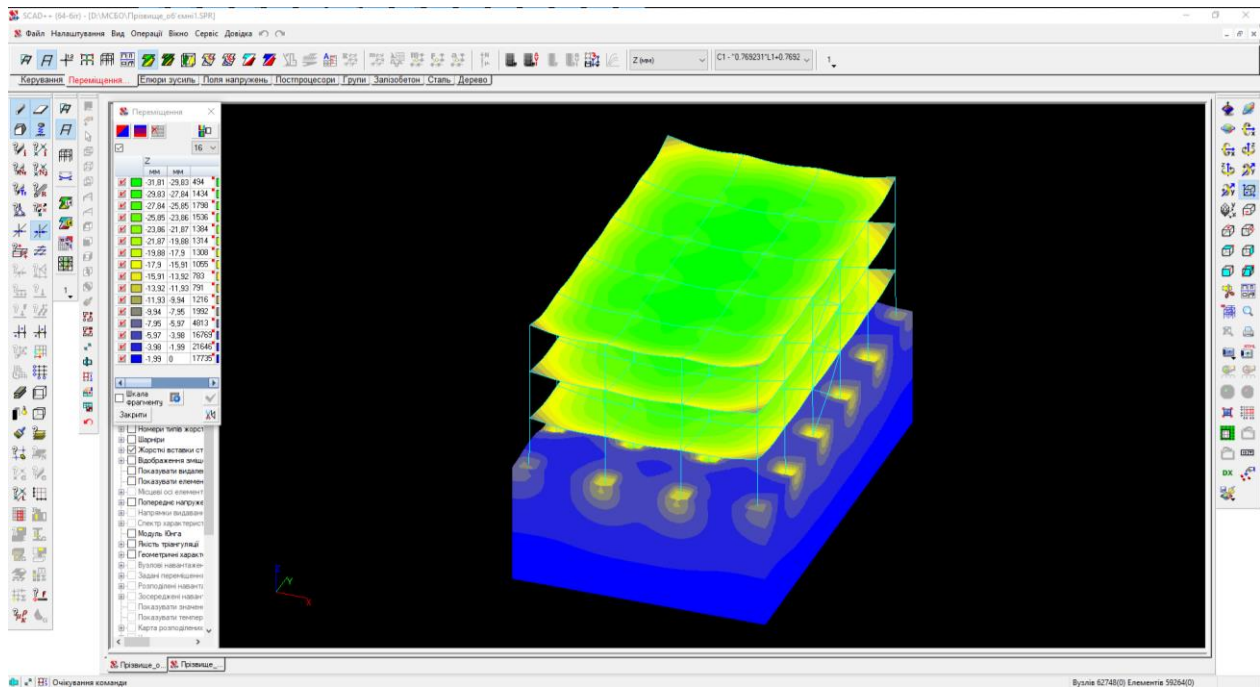


Рисунок 5.26 – Ізополя деформацій системи «основа – фундамент – споруда» від комбінації зусиль С1

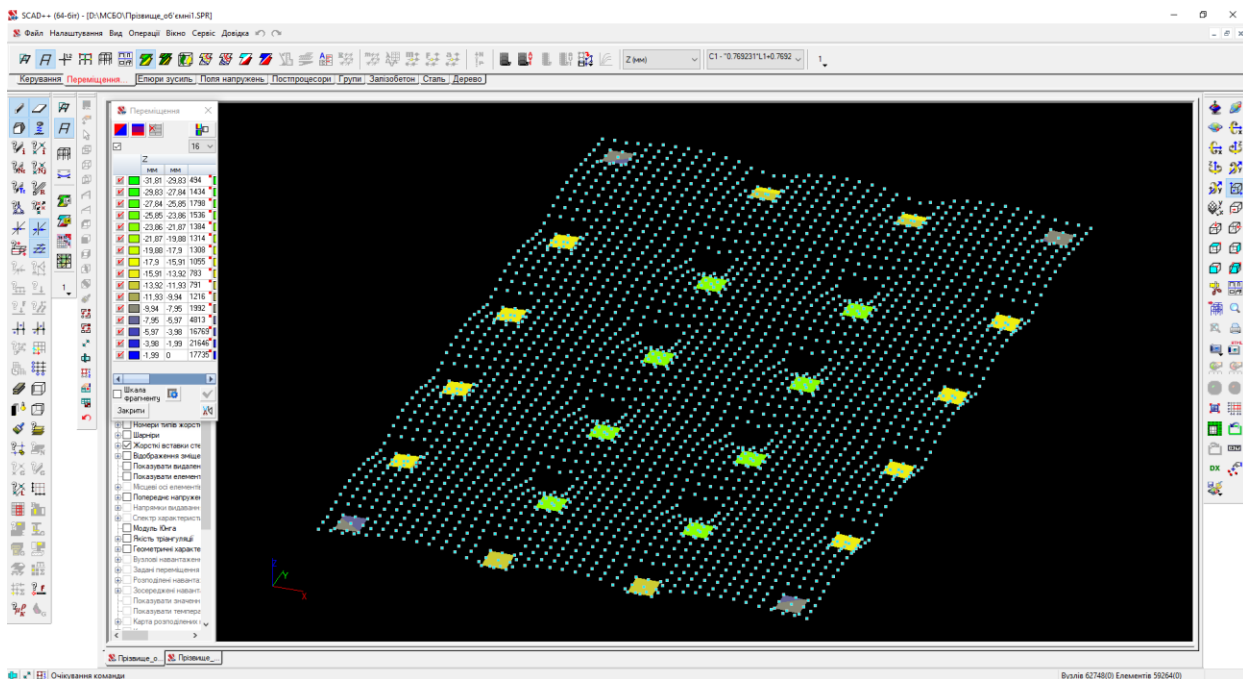



Рисунок 5.27 – Ізополя деформацій окремих фундаментів під колони від комбінації зусиль С1

Обчисліть нерівномірність деформації сусідніх фундаментів за формулою $\frac{\Delta S}{L}$, порівняйте її з допустимою за ДБН В2.1.10-2018. Довідку по граничним значенням деформацій можна знайти у програмі ЗАПРОС.

Зробіть висновок про відповідність максимальної абсолютної S та відносної різниці осідань (нерівномірності) вимогам ДБН В2.1.10-2018.

Зробіть висновок щодо впливу нерівномірних осідань на перерозподіл зусиль в каркасі будівлі, аналізуючи рисунки 5.24–5.27.

Використовуючи програму ЗАПРОС, сторінку  Граничний тиск при розрахунку деформацій та формулу розрахунку площі фундаменту $A = \frac{N}{R}$; методом ітерації обчисліть коректну площу фундаменту для кожної колони. Зусилля N отримайте із розрахункової схеми за допомогою інструменту «Інформація про елемент – РСЗ». Ґрунтові умови задайте відповідно до завдання (раніше заданих у КРОСС та ЗАПРОС при розрахунку коефіцієнтів постелі). Інші параметри будівлі – відповідно до побудованої розрахункової схеми (завдання).

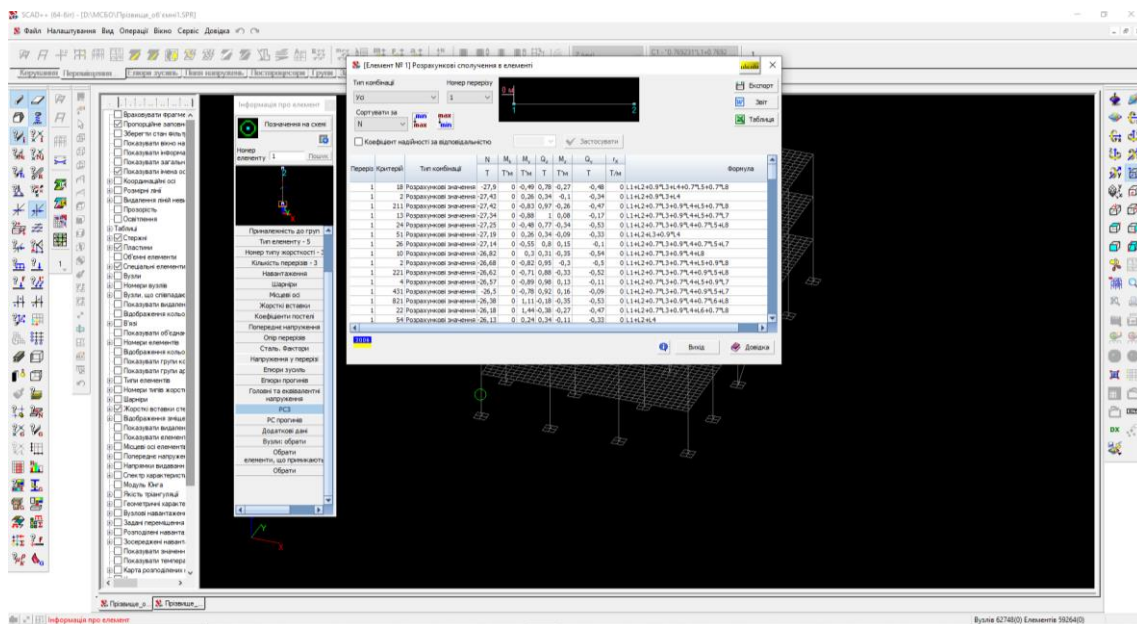


Рисунок 5.28 – Відображення РСЗ колони для визначення навантажень на фундамент

Змініть розміри фундаментів у розрахунковій схемі відповідно до результатів розрахунку. Виконайте лінійний розрахунок та проаналізуйте результати аналогічно на рисунках 5.25–5.27. Досягніть переходу призначених за попередніми розрахунками перерізів сталевих конструкцій та армування залізобетонних перекриттів і покриття без нового підбору елементів завдяки вирівнюванню нерівномірних осідань коректним розрахунком та призначенням розмірів окремих фундаментів під колони.

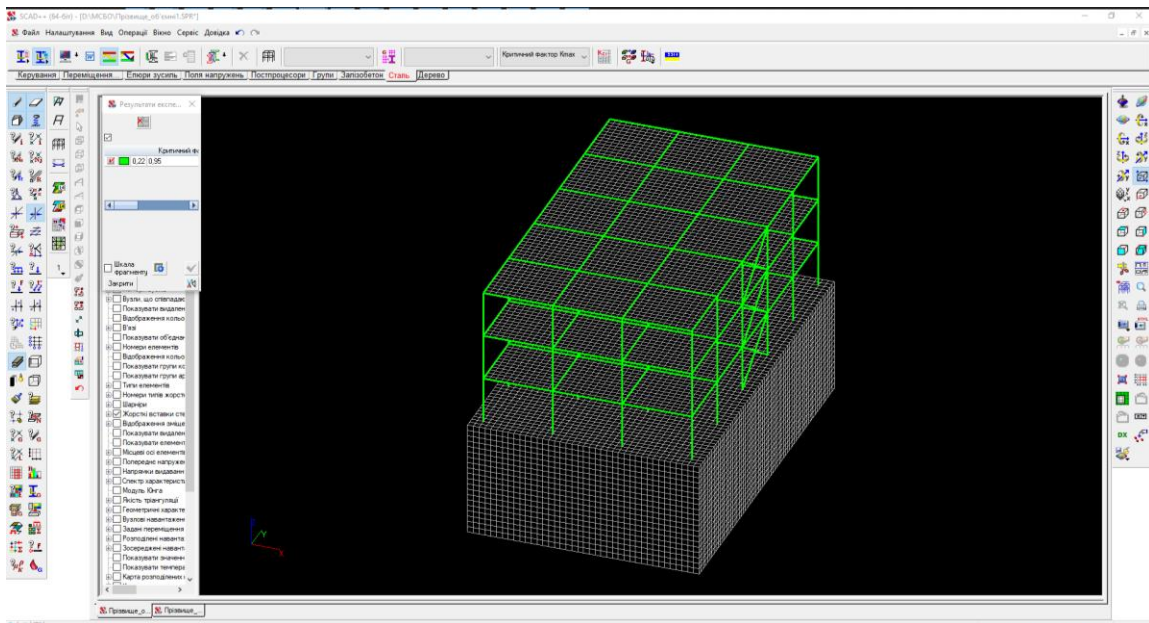


Рисунок 5.29 – Нормалізація роботи каркаса завдяки коректному призначенню розмірів окремих фундаментів під колони

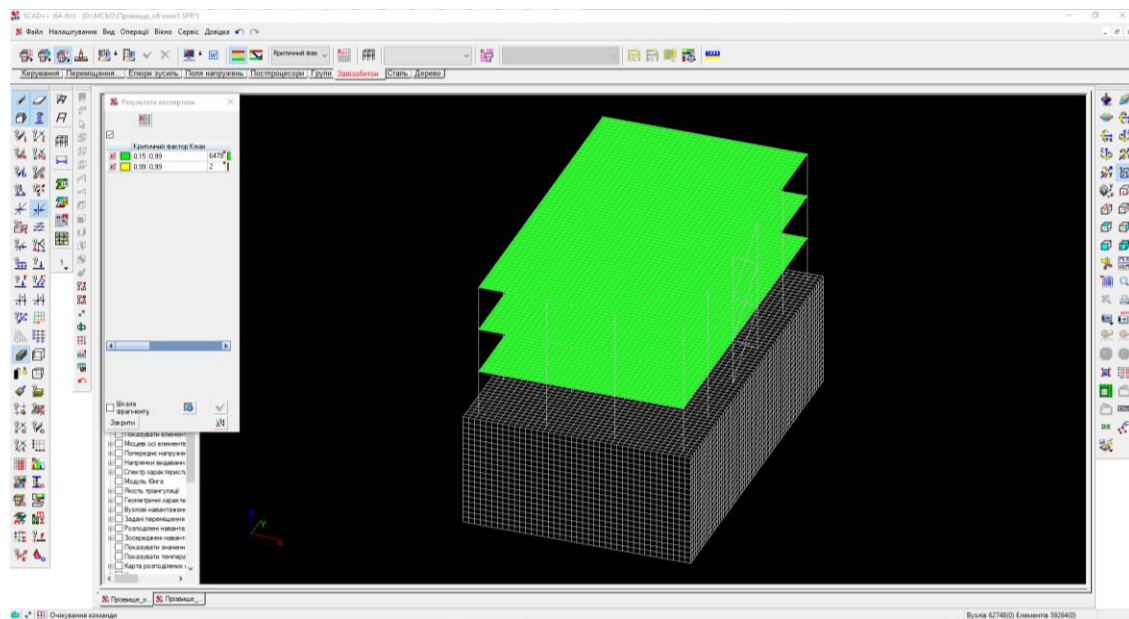


Рисунок 5.30 – Нормалізація роботи каркаса завдяки коректному призначенню розмірів окремих фундаментів під колони

Завдання для самостійної роботи до теми 5

Виконати розрахунок напружено-деформованого стану і підбір необхідних перерізів та армування для збереженого раніше варіанту із повністю залізобетонним каркасом. Порівняти результати розрахунку напружено-деформованого стану (зокрема осідання фундаментів) із результатами для змішаного каркасу. Пояснити отримані результати.

ТЕМА 6

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ МОДЕЛІ ҐРУНТУ У ВИГЛЯДІ ЛІНІЙНО-ДЕФОРМОВАНОГО ШАРУ

Для більш наглядного аналізу впливу розподільної здатності моделі ґрунту замінимо тип фундаменту будівлі на плитний фундамент. Спочатку приберемо створені раніше моделі окремих фундаментів під колони. Для зручності роботи на панелі фільтрів вимкнемо відображення об'ємних елементів на робочому полі.

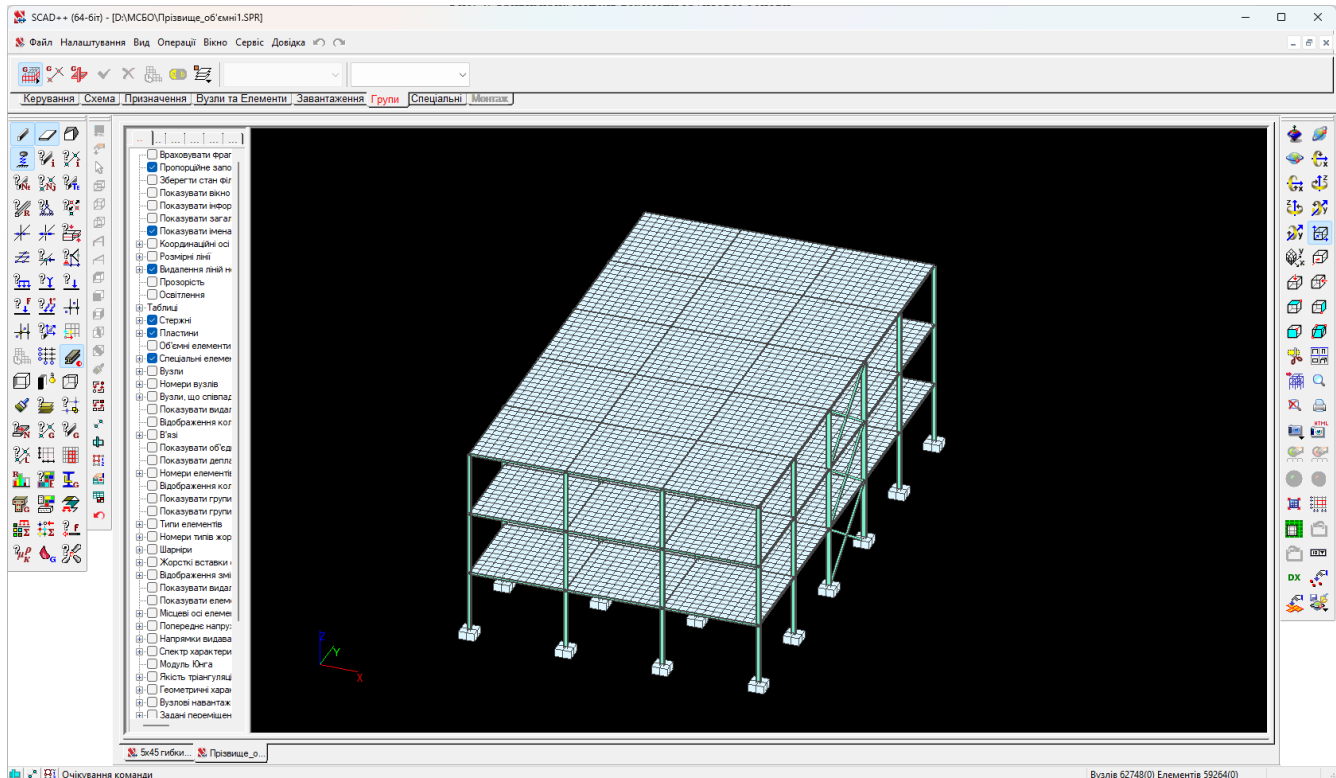


Рисунок 6.1 – Розрахункова схема із вимкненим відображенням об'ємних елементів (ґрунтового масиву)

Повернувши схему у зручне положення для виділення фундаментів за допомогою інструменту «Видалення елементів», виділяємо і видаляємо моделі фундаментів будівлі (рис. 6.2). Після виділення відповідних елементів натискаємо кнопку підтвердження або «Enter» на клавіатурі. Повертаємося до вихідного відображення схеми (за допомогою панелі візуалізації) та вмикаємо відображення об'ємних елементів (ґрунтового масиву) на панелі фільтрів. Для зручності роботи виконуємо переріз площиною XOY по верхній площині ґрунтового масиву (за допомогою вже відомої нам функції на панелі візуалізації). Переходимо на вкладку «Вузли і елементи» і запускаємо інструмент «Додавання пластин».

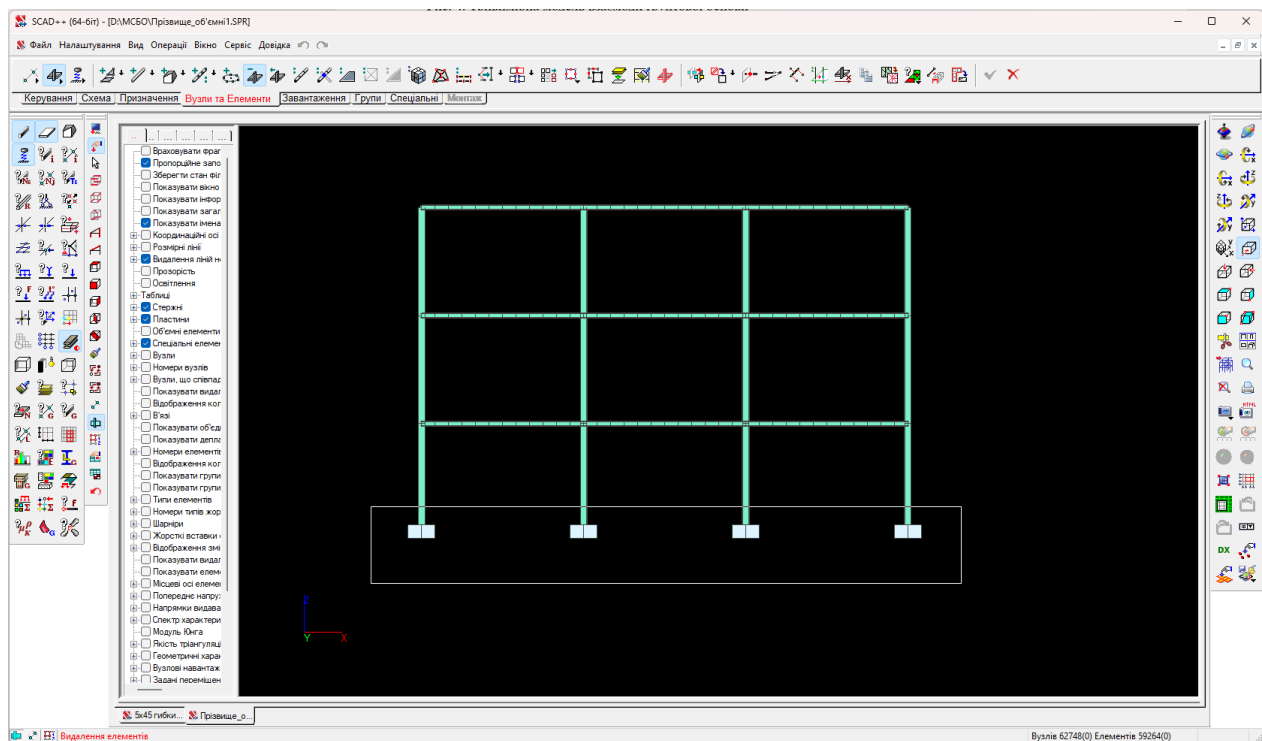


Рисунок 6.2 – Видалення окремих фундаментів під колони

Додаємо чотиривузлову пластину (модель плитного фундаменту) із жорсткістю, визначеною для попереднього завдання моделювання плитного фундаменту, виділивши 4 кутові вузли площини поверхні ґрунту і натиснувши кнопку підтвердження.

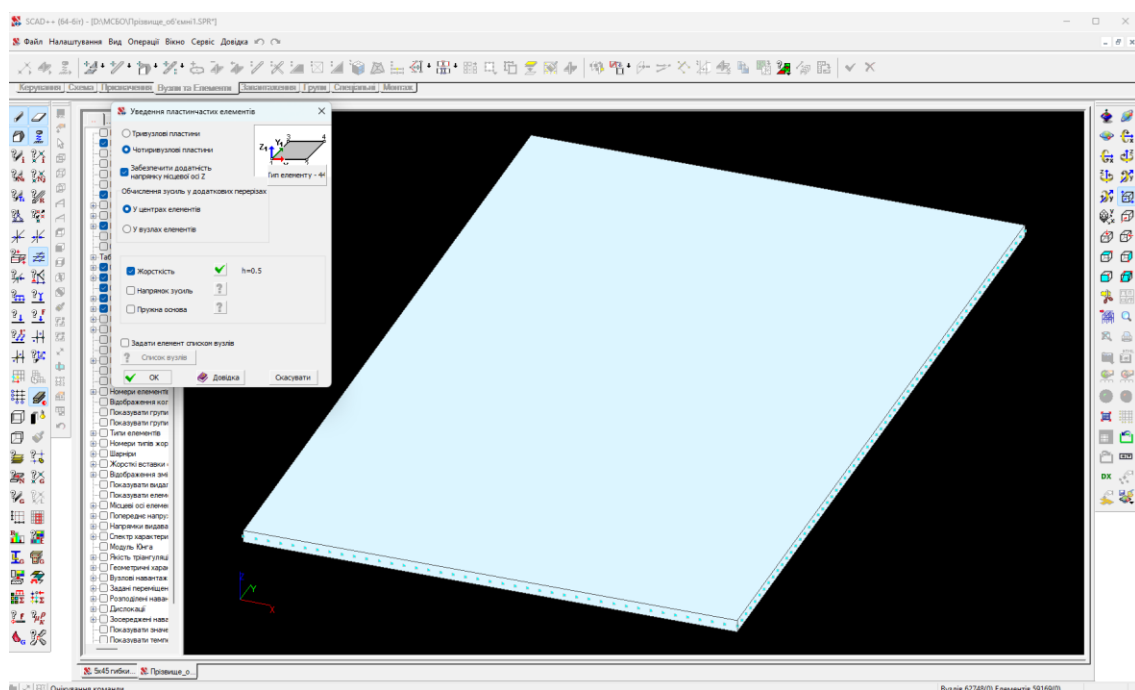



Рисунок 6.3 – Створення моделі фундаментної плити на об'ємній моделі ґрунту

Для забезпечення спільної роботи системи «основа – фундамент – споруда» виконуємо дроблення фундаментної плити з урахуванням проміжних вузлів (баз колон і вузлів моделі ґрунтового масиву) за допомогою відповідного інструменту на вкладці «Вузли та елементи». Натискаємо відповідну кнопку  на панелі інструментів і виділяємо створену раніше пластину та підтверджуємо операцію.

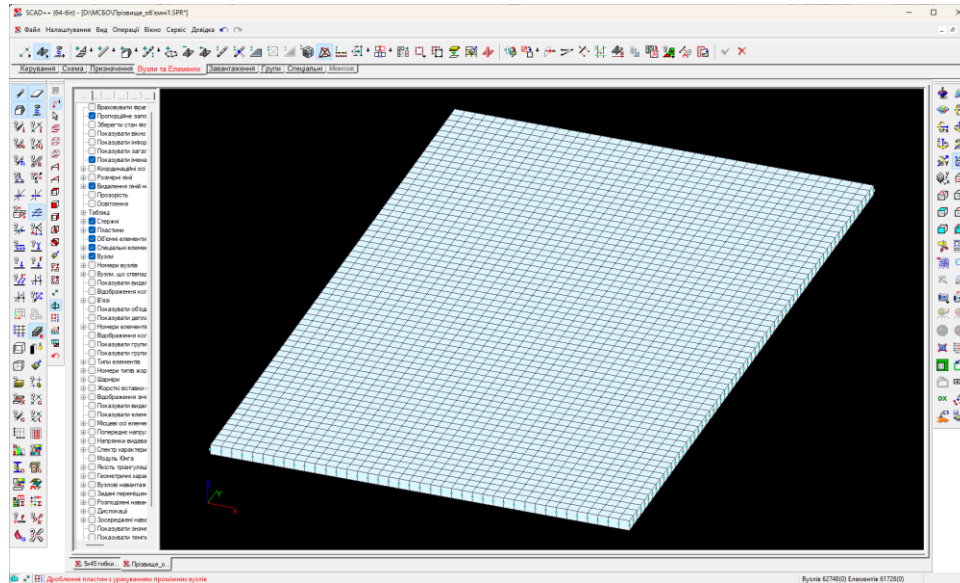


Рисунок 6.4 – Результат дроблення моделі фундаментної плити для ув’язки з іншими елементами моделі системи «основа – фундамент – споруда»

За допомогою панелі візуалізації повертаємося до вихідного відображення розрахункової схеми. Виходимо на екран керування проєктом та виконуємо розрахунок.

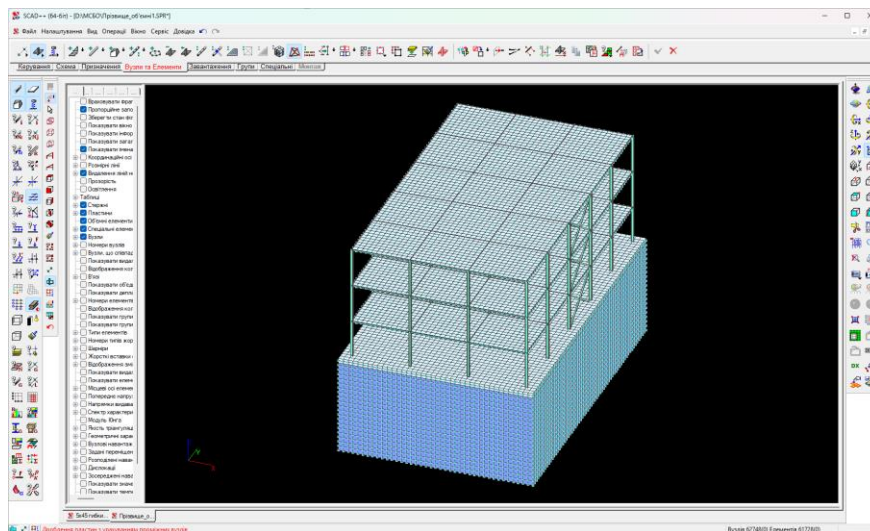


Рисунок 6.5 – Повне відображення розрахункової схеми зі зміненим фундаментом

Переходимо в режим графічного аналізу результатів на вкладку «Переміщення», де фіксуємо величину і характер осідання плитного фундаменту будівлі від комбінації зусиль, створеної для розрахунку плитного фундаменту із застосуванням коефіцієнтів постелі. Для зручності аналізу виконуємо переріз площиною ХОУ по площині плити. Визначаємо середнє осідання $S_{ср}$.

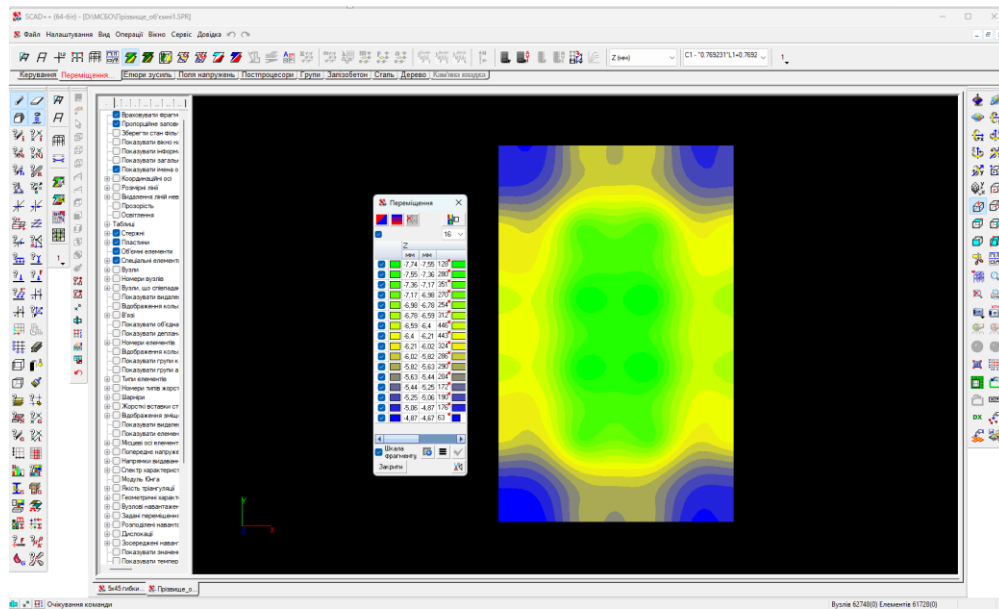


Рисунок 6.6 – Аналіз осідання фундаментної плити на ґрунтовій моделі, представленій об’ємними елементами

Переходимо на вкладку «Поля напружень» і визначаємо максимальні значення моментів M_x і M_y у плитному фундаменті для цієї розрахункової схеми.

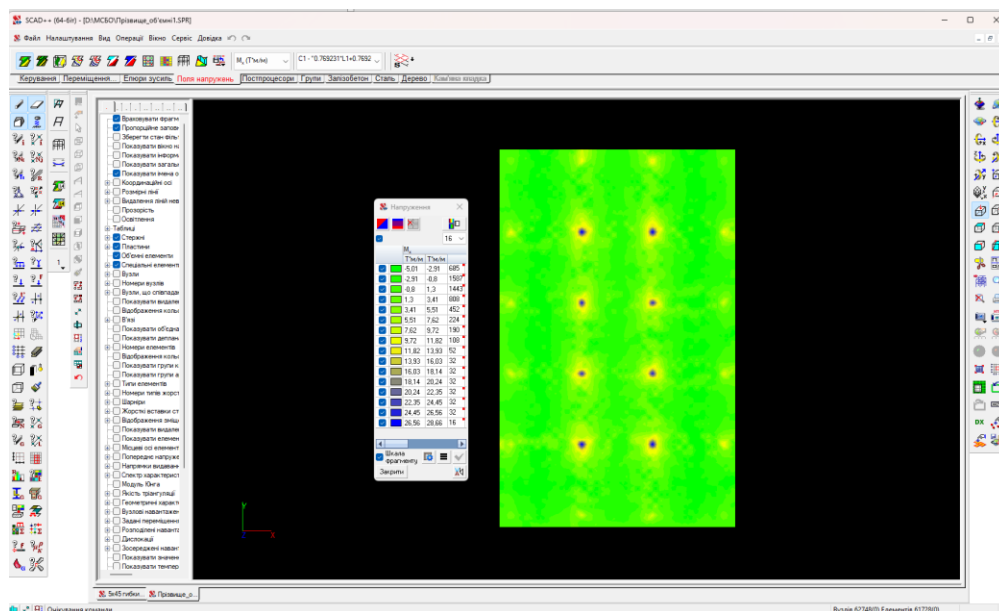


Рисунок 6.7 – Ізополя моментів M_x у плитному фундаменті

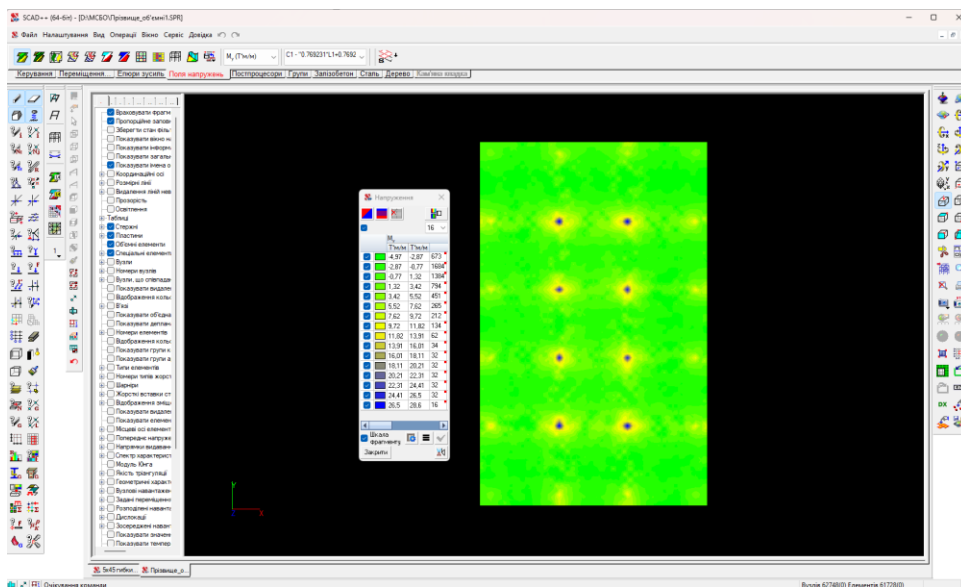


Рисунок 6.8 – Ізополя моментів M_y у плитному фундаменті

Записуємо результати в таблицю 6.1. Зберігаємо варіант розрахунку під першим шифром таблиці 6.1. Копіюємо файл і зберігаємо його під другим шифром цієї ж таблиці. Далі працюємо з ним, модифікуючи розрахункову схему для кута розподілу $\alpha = 25^\circ$ (оптимальний кут розподілу обираємо згідно з [2]).

Таблиця 6.1 – Результати аналізу впливу граничних умов моделі ґрунтової основи скінченної розподільної здатності

Шифр схеми	Середнє осідання, мм	Максимальні моменти +/-, кН/м
Прізвище НВ=5 а=0		
Прізвище НВ=5 а=25		
Прізвище НВ=5 а=45		

Через екран управління проєктом повертаємося до режиму побудови розрахункової схеми і виконуємо розширення меж моделі ґрунтової основи для виконання умови кута з розподілу $\alpha = 25^\circ$. Першим кроком знімаємо встановлені раніше граничні умови (в'язі у вузлах моделі ґрунту). Знімаємо всі прапорці у діалоговому вікні в'язі і, виділивши повністю ґрунтовий масив, натискаємо кнопку підтвердження.

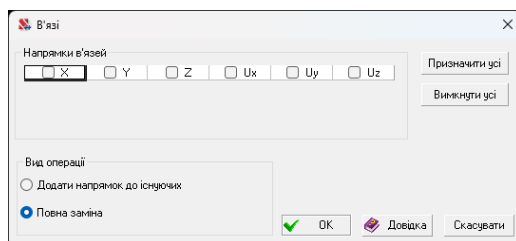


Рисунок 6.9 – Вимкнення в'язей у діалоговому вікні

Для подальшої зручності роботи із моделлю ґрунтового масиву вимикаємо відображення стрижнів і пластин на панелі фільтрів.

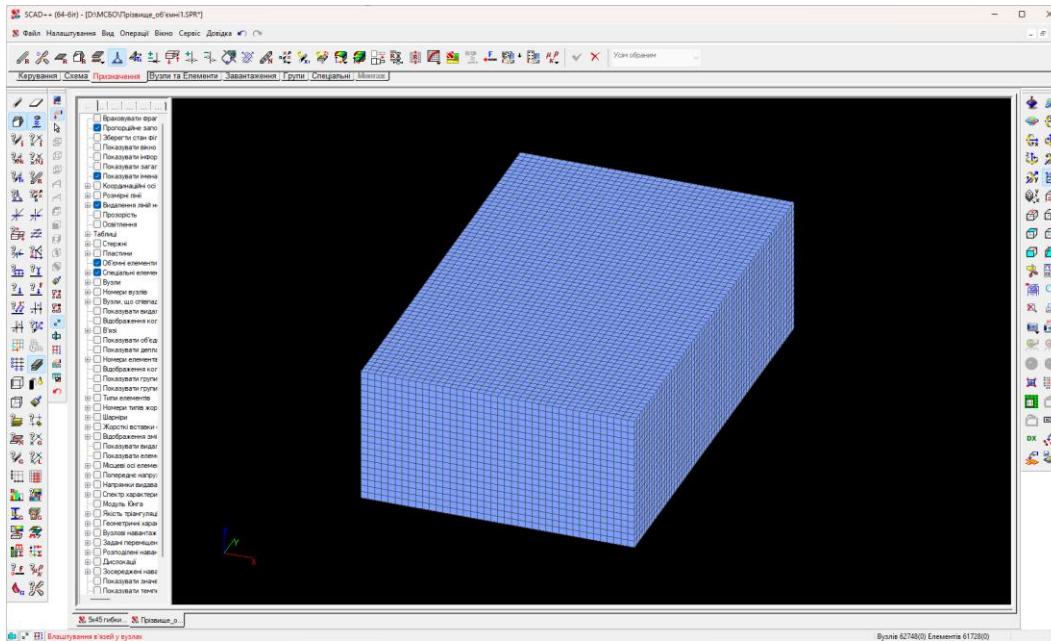


Рисунок 6.10 – Модель ґрунту на робочому полі програми

Робимо проєкцію моделі ґрунту на площину ХОУ і вмикаємо відображення координатних осей. Розраховуємо необхідний розмір розширення моделі ґрунту в плані відповідно до його геометрії з завданням, щоб досягти кут розподілу $\alpha = 25^\circ$ за допомогою геометричної побудови чи тригонометричних залежностей, наприклад як на рисунку 6.11.

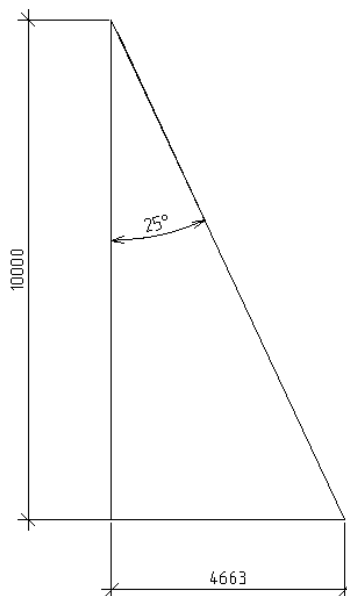


Рисунок 6.11 – Схема до розрахунку геометрії ґрунтового масиву

Заокруглюємо отримане значення відповідно до величини кроку триангуляції вашої схеми і копіюємо або добудовуємо необхідну кількість елементів ґрунтового масиву. Повертаємося до вихідного відображення схеми, перевіряємо результат і встановлюємо граничні умови (в'язі у вузлах на гранях ґрунтового масиву) аналогічно діям, розглянутим у темі 5.

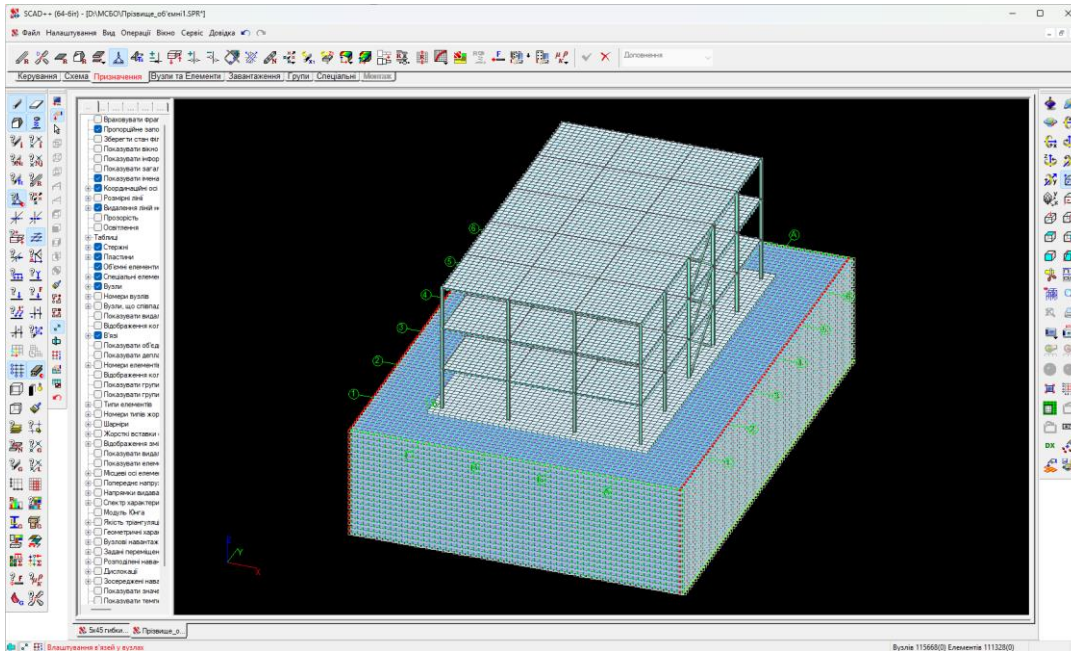


Рисунок 6.12 – Розрахункова схема, підготовлена до розрахунку

На екрані керування проектом виконуємо лінійний розрахунок і переходимо в режим графічного аналізу.

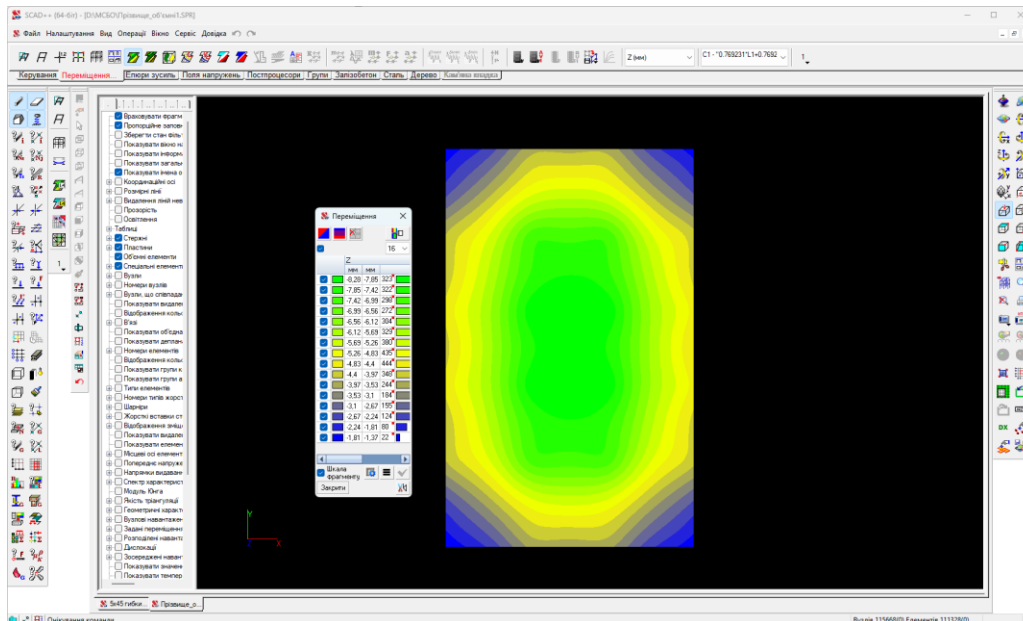


Рисунок 6.13 – Ізополя переміщень (осідання) фундаментної плити

Аналогічно попереднім діям аналізуємо характер осідань фундаментної плити та їхню величину, визначаємо середнє осідання $S_{\text{сер}}$. На вкладці полів напружень визначаємо максимальні значення моментів M_x і M_y у плитному фундаменті для цієї розрахункової схеми.

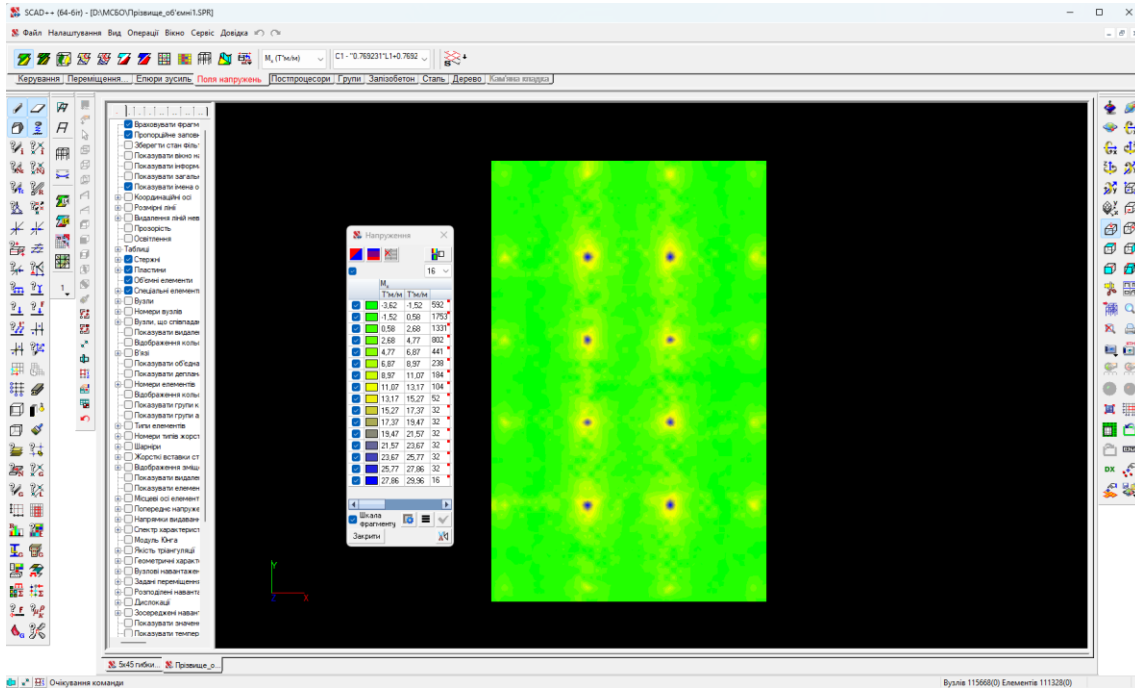


Рисунок 6.14 – Ізополя моментів M_x у плитному фундаменті

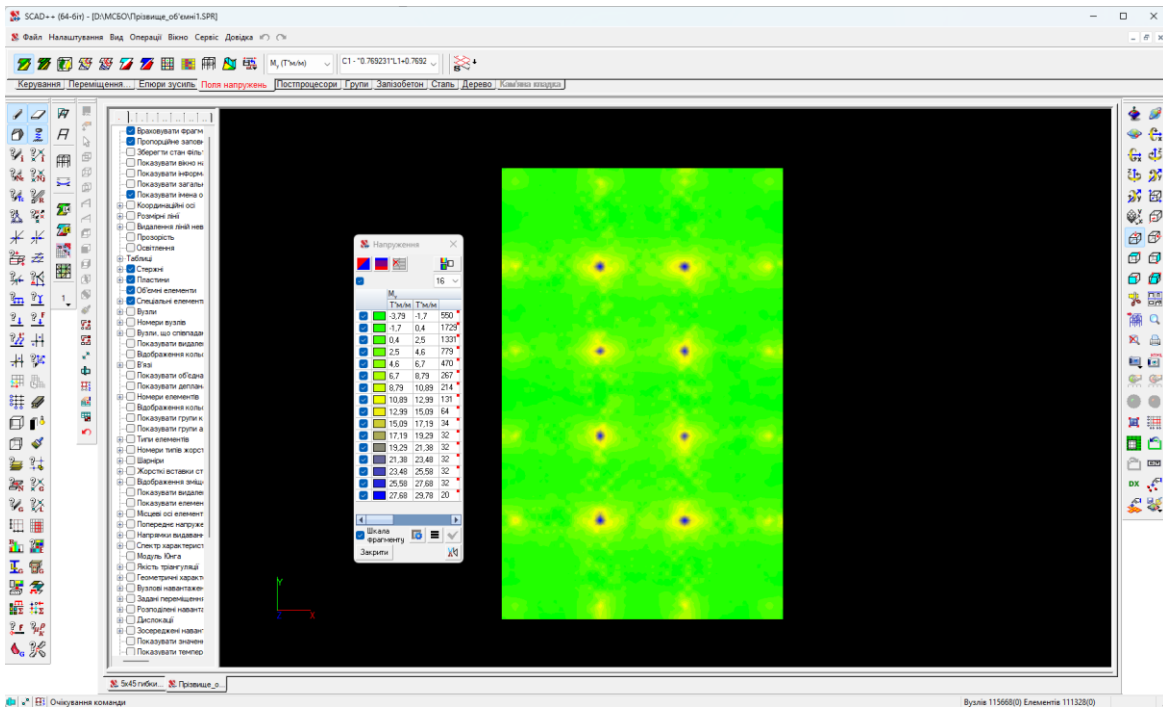


Рисунок 6.15 – Ізополя моментів M_y у плитному фундаменті

Результати заносимо в таблицю 6.1.

Зберігаємо наступну версію розрахункового файлу і виконуємо описані аналогічні процедури, змінюючи кут розподілу до $\alpha = 45^\circ$. Повторюємо розрахунок, результати розрахунку осідання і величин згинальних моментів у плиті заносимо в таблицю 6.1. Аналізуємо отримані результати, робимо висновки.

Завдання для самостійної роботи до теми 6

Виконати розрахунок осідання фундаменту за моделлю лінійно-деформованого середовища (у програмі ЗАПРОС), застосувавши ідентичні параметри розмірів, характеристик ґрунту та навантаження. Порівняти результати розрахунку із результатами визначення осідання для різних кутів розподілу із таблиці 6.1.

Виконати експертизу залізобетонних та металевих елементів каркаса будівлі для трьох варіантів розподільної здатності ґрунтової основи. Проаналізувати критичні фактори елементів у всіх трьох варіантах теми 6 і у варіанті з теми 5. За необхідності виконати підбір армування, зміну марки бетону, перерізів металевих елементів тощо. Пояснити отримані результати.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Самородов О. Вплив граничних умов на розподільчу здатність та деформативність моделі ґрунтової основи у вигляді лінійно-деформованого шару скінченної ширини [Електрон. ресурс] / О. Самородов, С. Табачников, О. Гаврилюк // Наука та будівництво. – Електрон. текст. дані. – 2023. – Т. 36. – № 2. – С. 12–18. – Режим доступу: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-2-2023-2>, вільний (дата звернення 01.06.2025). – Назва з екрана.

2. Александрович В. Числові дослідження розподільчої здатності та деформативність просторової моделі ґрунтової основи у вигляді лінійно-деформованого шару [Електрон. ресурс] / В. Александрович, О. Гаврилюк // Науковий вісник будівництва. – Електрон. текст. дані. – 2024. – № 110. – С. 29–36 – Режим доступу: <https://doi.org/10.33042/2311-7257.2024.110.1.5>, вільний (дата звернення 01.06.2025). – Назва з екрана.

3. Шмиг Р. А. Розрахунок будівельних конструкцій в обчислювальному комплексі SCAD : [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / Р. А. Шмиг, І. М. Добрянський ; за ред. Р. А. Шмига. – Електрон. текст. дані. – Львів : Ліга Прес. – 2015. – 80 с. – Режим доступу: https://shron1.chtyvo.org.ua/Shmyh_Roman/Rozrakhunok_budivelnykh_konstruksii_v_obchysliuvalnomu_kompleksi_SCAD.pdf, вільний (дата звернення 01.06.2025). – Назва з екрана.

4. Завацький С. В. Автоматизований аналіз напружено-деформованого стану конструкцій в програмному комплексі Structure Cad Office : Навчально-методичний посібник до виконання розрахунково-графічних робіт по курсам: «Будівельна механіка», «Металеві конструкції», «Залізобетонні конструкції» та «Конструкції з деревини» [Електрон. ресурс] / С. В. Завацький, М. М. Корзаченко. – Електрон. текст. дані. – Чернігів : ЧНТУ 2017. – 184 с. – Режим доступу: <http://ir.stu.cn.ua/bitstream/handle/123456789/18140/Посібник%20СКАД%20Завацький%20С.В.%20Корзаченко%20М.М.2018%20ред1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, вільний (дата звернення 01.06.2025). – Назва з екрана.

5. ДБН В.2.1-10-2018. Основи і фундаменти будівель і споруд. Основні положення» [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. – 36 с. – Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/files/new_doc/3019954595758606072/2023-01-20/1a3452ff-56ec-492e-a881-416dcba1604d.pdf, вільний (дата звернення 01.06.2025). – Назва з екрана.

6. ДБН В.1.1-45:2017. Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах. Загальні положення [Електрон. ресурс] – Електрон. текст. дані. – Київ : Мінрегіонбуд, 2017. – 29 с. – Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/files/new_doc/3019941257964160320/2023-01-20/73c4ae2b-f6c2-4c1f-a53e-87cf6470ae5e.pdf, вільний (дата звернення 01.06.2025). – Назва з екрана.

7. ДБН В.1.2-5:2007. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів [Електрон. ресурс] – Електрон. текст. дані. – Київ : Мінрегіонбуд, 2007. – 16 с. – Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/files/new_doc/3074778358307882794/2023-04-06/d169c363-9531-4a87-8b10-1e706a6d2221.pdf, вільний (дата звернення 01.06.2025). – Назва з екрана.

8. ДБН В.1.2-14:2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Київ : Мінрегіонбуд, 2018. – 30 с. – Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/files/new_doc/3022057264165946908/2023-01-24/70ffd643-c8d7-47d7-92d9-47d0bf543e46.pdf, вільний (дата звернення 01.06.2025). – Назва з екрана.

Електронне навчальне видання

Методичні рекомендації
до проведення практичних занять та самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ «БУДІВЛЯ – ОСНОВА»

(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності G19 – Будівництво та цивільна інженерія)

Укладачі : **АЛЕКСАНДРОВИЧ** Вадим Анатолійович,
ГАВРИЛЮК Ольга Володимирівна

Відповідальний за випуск *В. А. Александрович*
Редактор *О. В. Михаленко*
Комп'ютерне верстання *В. А. Александрович*

План 2024, поз. 14М

Підп. до друку 12.09.2025. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 8,0.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Черноглазівська, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 8386 від 14.07.2025.