

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра будівництва

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт за дисциплінами
«САПР у будівництві»,
«Моделювання будівель та споруд
сільськогосподарського призначення»
підготовки фахівців ОС «Магістр» за спеціальністю
192 «Будівництво та цивільна інженерія»
галузі знань 19 «Архітектура та будівництво»**

**Моделювання залізобетонного монолітного каркасу
багатоповерхової будівлі у середовищі ПК «ЛІРА-САПР»**

Київ-2021

УДК 624.012.35:004.42(072)

Методичні вказівки містять приклади моделювання та розрахунку монолітного каркасу багатоповерхової будівлі у середовищі ПК «САПФІР» та «ЛІРА-САПР».

Рекомендовано Вченою радою факультету конструювання та дизайну Національного університету біоресурсів і природокористування України (протокол № 11 від 18 травня 2021 р.).

Автори: Є.А. Дмитренко, І.А. Яковенко, О.А. Фесенко

Рецензенти: доктор технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу автоматизації досліджень та сейсмостійкості будівель та споруд ДП «Державного науково-дослідного інституту будівельних конструкцій» **Мар'єнков Микола Григорович**;
кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри будівництва Національного університету біоресурсів і природокористування України **Бакулін Євгеній Анатолійович**

Навчально-методичне видання

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт за дисциплінами «САПР у будівництві», «Моделювання будівель та споруд сільськогосподарського призначення» підготовки фахівців ОС «Магістр» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 «Архітектура та будівництво»

**Автори: ДМИТРЕНКО Євген Анатолійович,
ЯКОВЕНКО Ігор Анатолійович,
ФЕСЕНКО Олег Анатолійович**

Відповідальний за випуск – ст. викладач Є.А. Дмитренко

Підписано до друку 10.04.23.

Формат 60×84\16.

Ум. друк. арк. 6,0

Наклад 100 пр.

Зам. № 230201.

Віддруковано у редакційно-видавничому відділі НУБіП України.
Вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041
Тел. 527-81-55

Загальні вказівки

Моделювання та розрахунків несучих конструкцій будівель та споруд за методом скінченних елементів за допомогою сучасних САПР є складовим елементом при вивченні дисциплін «САПР у будівництві», «Моделювання будівель та споруд сільськогосподарського призначення» підготовки фахівців ОС «Магістр» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 «Архітектура та будівництво».

У методичних вказівках передбачено вивчення методики моделювання роботи залізобетонних конструкцій несучого каркасу багатоповерхової будівлі під навантаженням із застосуванням елементів технології ВІМ. Вони містять наступні основні завдання:

- опанувати методики побудови архітектурної та аналітичної моделей будівлі у ПК «САПФІР» зі створенням навантажень;
- набути навичок створення таблиць розрахункових сполучень навантажень (РСН) та зусиль (РСЗ);
- опанувати технологію імпорту/експорту даних між ПК «САПФІР» та ПК «ЛІРА-САПР»;
- набути навичок аналізу розрахунків та конструювання арматурних каркасів у відповідальних залізобетонних конструкціях;
- засвоїти методику створення готових креслень марки КЗ за допомогою модуля «САПФІР-ЗБК».

«Розрахунок залізобетонного монолітного каркасу багатоповерхової будівлі у середовищі ПК «ЛІРА САПР» містить **чотири** лабораторних роботи, в яких у стислій формі викладені всі основні вказівки та положення щодо успішного виконання поставлених завдань.

Успішне виконання будь-якої лабораторної роботи можливе за дотримання вимог відповідних нормативних актів і нормативних документів [1–5] із використанням довідкової літератури [6–18].

Вступ

На сьогоднішній час метод скінченних елементів (МСЕ) є найпоширенішим інструментом, який є базою в основі значної кількості сучасних програмних комплексів, таких як ЛІРА-САПР [6, 8–10, 16], MicroFe, STARK ES, SCAD і т.д.

Вибір у якості програмного комплексу для розрахунків ПК «ЛІРА-САПР» із вбудованим препроцесором «САПФІР-КОНСТРУКЦІЇ» [9] обумовлено наявністю загальнодоступної некомерційної версії даного продукту, розміщеного на офіційному сайті виробника даного програмного забезпечення (<https://www.liraland.com/services/forstudents.php>).

Також даний продукт має тісний зв'язок з архітектурними програмами ArchiCAD, Revit, Allplan та постійно розвиває самостійний потужний інструментарій формоутворення і побудови різних аналітичних моделей [33, 34]. Слід зазначити, що розробка і подальше вдосконалення ПК «ЛІРА-САПР» ведеться з урахуванням його інтеграції у технологічну лінію BIM-технологій (принципово новий підхід в архітектурно-будівельному проектуванні, який полягає у створенні комп'ютерної моделі будівлі, що містить у собі необхідні відомості щодо майбутнього об'єкту будівництва – *Building Information Model*).

У сучасному та хаотичному будівництві понад шістьдесят відсотків за обсягом зведених конструкцій становлять будівлі і споруди з монолітного залізобетону [7, 11, 12]. Розрахунок таких споруд у даний час проводиться за допомогою програмних засобів, які дозволяють в автоматизованому режимі виконувати величезну кількість складних неординарних чисельних обчислень [19, 21–32], включаючи визначення напружено-деформованого стану та стійкості конструкцій із урахуванням різних видів навантажень [1, 5], послідовності зведення конструкції, особливостей взаємодії її окремих елементів [26, 35, 36] і т.п.

У більшості розрахункових комплексів закладений метод скінченних елементів, який дозволяє перейти від простих спрощених розрахункових схем

або моделей до більш складніших. Це надає можливість користувачу найбільш повно врахувати геометрію конструкції [21], параметри матеріалів [22], фізико-механічні характеристики ґрунтової основи [14, 20], умови завантаження [35, 36] тощо. Усі ці фактори спонукають користувача отримувати результати, які досить точно узгоджуються з дійсною роботою конструкцій у реальних умовах [6, 8, 16 та ін.]. Крім того, застосування програмних комплексів дозволяє значною мірою скоротити час проведення розрахунків.

У методичних вказівках подані загальні вимоги і рекомендації до виконання розрахункової роботи з дисципліни «САПР в будівництві», наведено навчальний приклад формування розрахункової моделі монолітного залізобетонного каркасного будинку з плитним фундаментом у структурі програм «САПФІР» [9] і «ЛІРА-САПР» [8, 10, 16]. Побудова таких моделей дозволяє майбутнім фахівцям засвоїти інтерфейс програм, а також вивчити механізми створення комп'ютерних моделей будівель та інженерних споруд, розглянути особливості проведення аналізу результатів розрахунку [23, 25, 30, 31, 35]. Наведені також довідкові відомості щодо виконання збору навантажень на будівлю, представлений приклад оформлення пояснювальної записки.

Методичні вказівки є продовженням циклу навчально-методичних робіт кафедри будівництва [17, 18], можуть бути використані студентами усіх будівельних спеціальностей під час виконання дипломних робіт і курсових проєктів.

1. Завдання до лабораторних робіт

Дано багатопверховий будинок з плитним фундаментом, виконаний з монолітного залізобетону [15]. Будівля має каркасну конструктивну систему. Несучими елементами будівлі є колони, стіни сходових клітин та безригельні (які забезпечують «гладкі» стелі) плити перекриття і покриття. Несучі елементи виконані з важкого бетону, армованого сталевую арматурою. Плити перекриттів мають отвори у місцях влаштування сходових клітин.

В якості основи плитного фундаменту служить суглинок (ІГЕ–1), рис. 1.1.

На будівлю діють постійні і тимчасові навантаження [1]. **Постійні навантаження** включають у себе:

→ власну вагу монолітних залізобетонних конструкцій (визначаються автоматично в залежності від геометричних параметрів, об'ємної ваги матеріалу і коефіцієнта надійності);

→ вагу покрівлі на покриття (q_1);

→ вагу підлог і перегородок на перекриття і фундамент (q_2, q_3);

→ вагу зовнішнього стінового огородження, парапету (визначається автоматично у ПК «САПФІР» [9] в залежності від наявних віконних та дверних прорізів, об'ємної ваги матеріалів і коефіцієнта надійності) ($Q, Q/2$).

Тимчасові навантаження включають у себе [1]:

→ снігове навантаження на покриття (v_1) відповідно до району будівництва;

→ тимчасове корисне навантаження на перекриття (v_2);

→ тимчасове корисне навантаження на фундамент (v_3);

→ вітрові навантаження на будівлю (w_1, w_2) відповідно до району будівництва.

Параметри будівлі, характеристики несучого шару ґрунту і значення діючих навантажень відображені у таблиці 1.1. Вибір вихідних даних здійснюється на підставі варіантів рис. 1.2–1.8 та наступного шифру. В якості шифру можуть бути прийняті **три останні цифри** номера залікової книжки.

Наприклад, шифру 123 відповідають: № плану – 4; $a = 3,6$ м; $b = 5,4$ м; $c = 6,6$ м; $d = 5,2$ м і т.п.

Довідкові дані:

→ питома вага важкого залізобетону – 2500 кг/м³;

→ матеріал огорожувальних конструкцій – цегла керамічна, об'ємна вага 1800 кг/м³;

→ віконні отвори – $1,5 \times 2,0$ м.

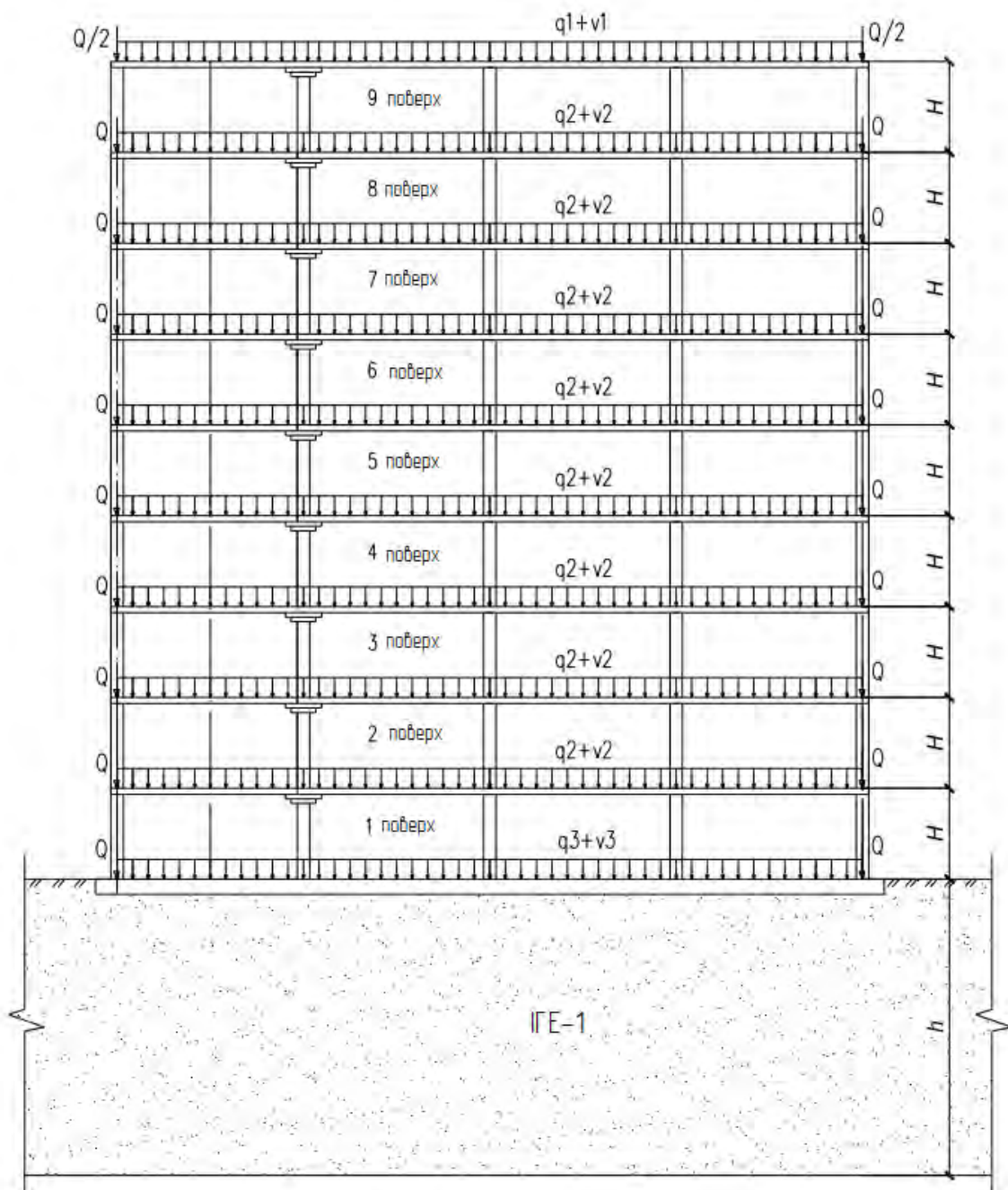


Рис. 1.1. Схематичний поперечний розріз будівлі

Таблиця 1.1

Вихідні дані до проєктування

Цифра шифру	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Параметри будівлі										
№ плану (3 цифра шифру)	1	2	3	4	5	6	7	3	4	5
<i>a</i> , м (2 цифра шифру)	3	3,3	3,6	3,9	4,0	4,2	4,5	3,4	3,5	3,8
<i>b</i> , м (3 цифра шифру)	6	6,6	5,7	5,4	5,1	6,9	7,2	6,4	6,2	5,9
<i>c</i> , м (1 цифра шифру)	6,5	6,8	6,9	6,3	6,6	7,2	6,2	5,8	7,0	6,4
<i>d</i> , м (2 цифра шифру)	6,2	4,8	5,2	6,6	6,8	5,7	7,2	6,4	5,0	5,8
Висота поверху <i>H</i> , м (3 цифра шифру)	3,0	3,3	3,6	3,9	3,5	4,2	4,5	3,4	3,7	4,0
Товщина плит перекриття, покриття, мм (2)	200	250	220	240	260	180	210	220	230	190
Товщина фундаментної плити, мм (1)	500	600	700	550	650	750	800	850	900	950
Переріз колон, м (3)	0,4×0,4	0,5×0,5	0,6×0,6	0,35×0,35	0,45×0,45	0,3×0,3	0,4×0,4	0,5×0,5	0,6×0,6	0,4×0,4
Товщина монолітних стін (2)	200	220	340	260	280	300	250	270	230	210
Кількість поверхів, шт. (1)	8	9	10	11	12	14	15	16	9	10
Місто будівництва (3)	Київ	Миколаїв	Чернігів	Полтава	Львів	Чернівці	Дніпро	Запоріжжя	Харків	Суми
Навантаження										
Постійні навантаження :										
→ від ваги покрівлі <i>q1</i> , кН/м ² (2)	3,65	2,99	3,12	3,00	3,98	4,00	2,50	3,5	3,89	2,78
→ від ваги підлог і перегородок <i>q2</i> , кН/м ² (3)	2,39	2,10	3,00	2,90	1,50	1,00	2,56	3,12	2,70	1,98
→ від ваги підлог на фундамент <i>q3</i> , кН/м ² (1)	3,00	2,00	1,00	3,00	2,00	1,00	3,00	2,00	1,00	3,00
Тимчасові навантаження:										
→ на перекриття <i>v2</i> , кН/м ² (1)	1,95	2,4	3,6	4,2	1,95	2,4	3,6	4,2	1,95	2,4
→ на фундамент <i>v3</i> , кН/м ² (2)	2,4	3,6	4,2	4,8	2,4	3,6	4,2	4,8	4,2	3,6
Характеристики ґрунтів										
ГЕ-1: пісок середньої щільності										
Коефіцієнт постелі <i>C1</i> , кН/м ³ (3)	3000	3800	4000	3980	4300	3500	4200	3200	4100	3600

Примітка: Глибина закладання фундаменту приймається рівною товщині фундаментної плити. Виліт консолей фундаменту приймається рівним його товщині. Вітрове та снігове навантаження приймається у відповідності до розташування об'єкту будівництва [1].

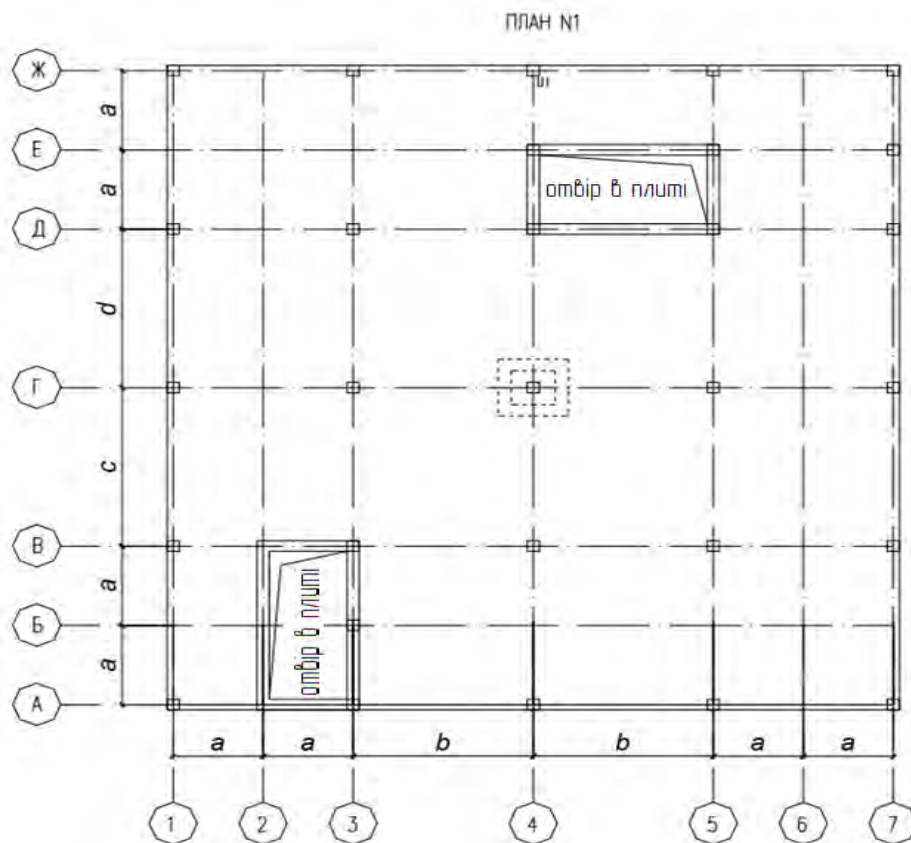


Рис. 1.2. Схема плану будівлі за варіантом №1

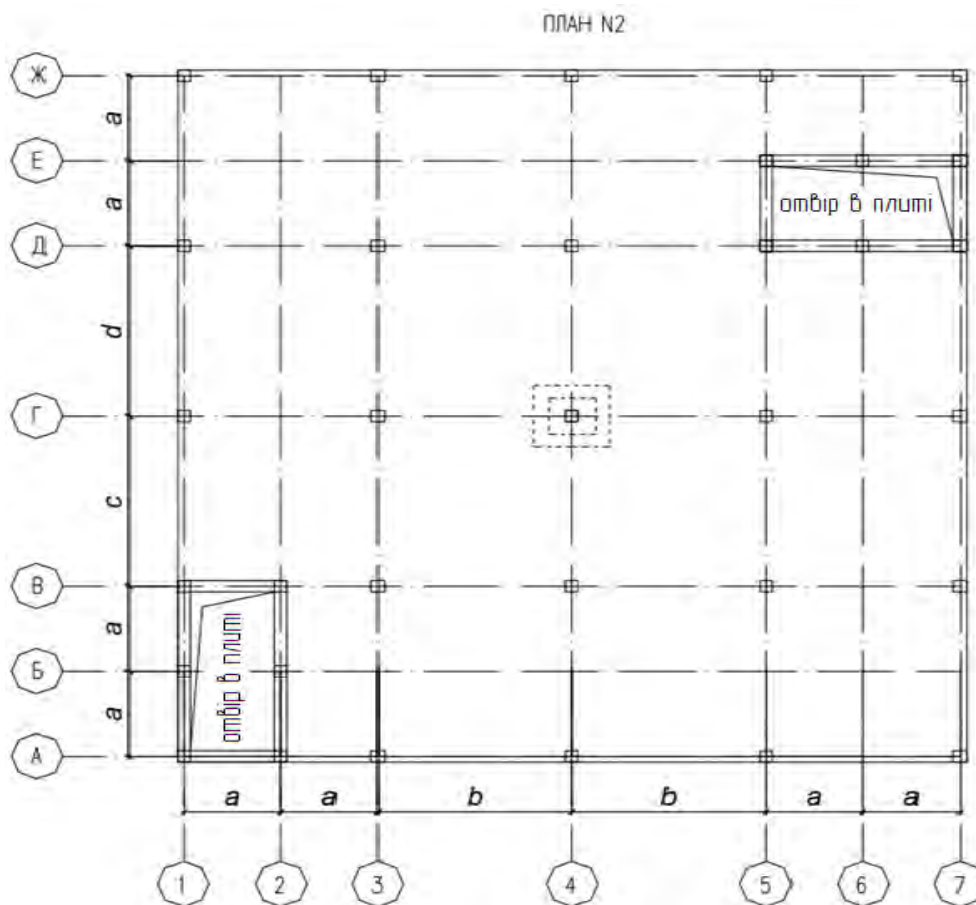


Рис. 1.3. Схема плану будівлі за варіантом №2

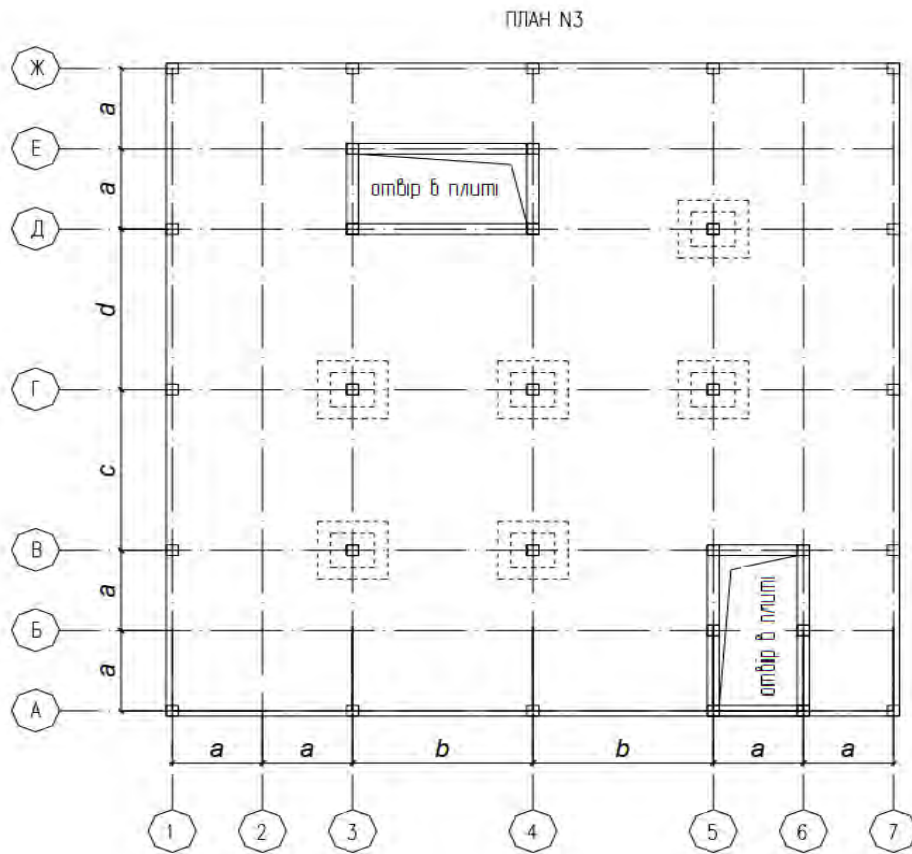


Рис. 1.4. Схема плану будівлі за варіантом №3

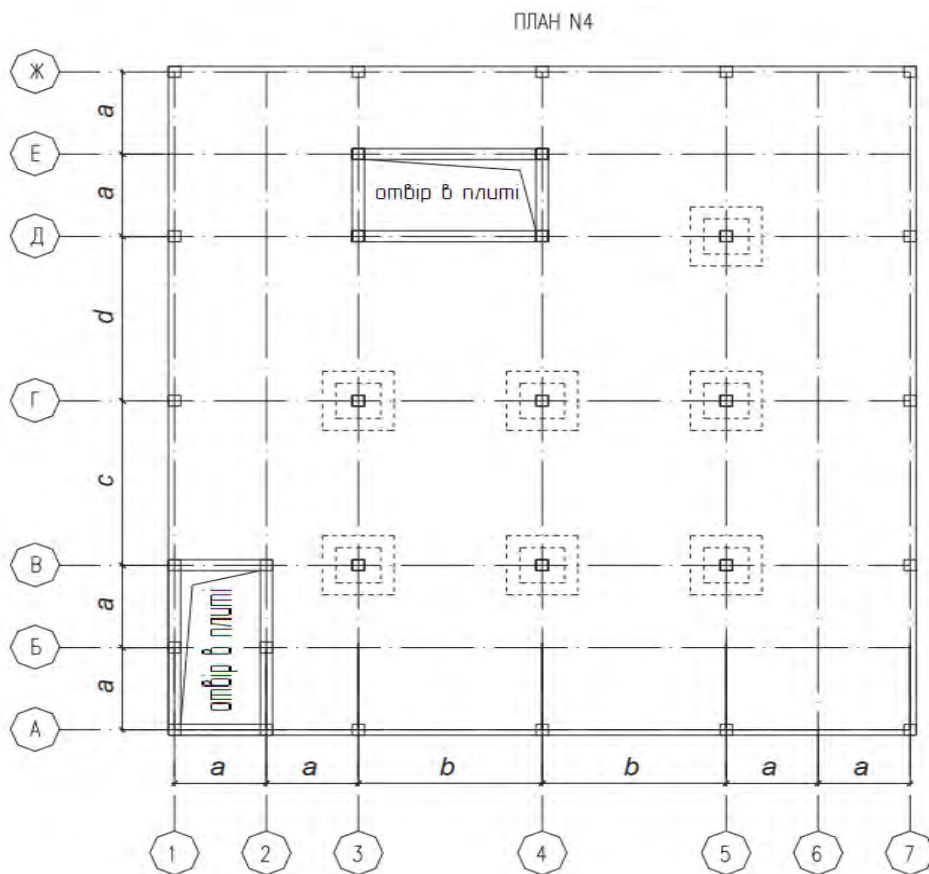


Рис. 1.5. Схема плану будівлі за варіантом №4

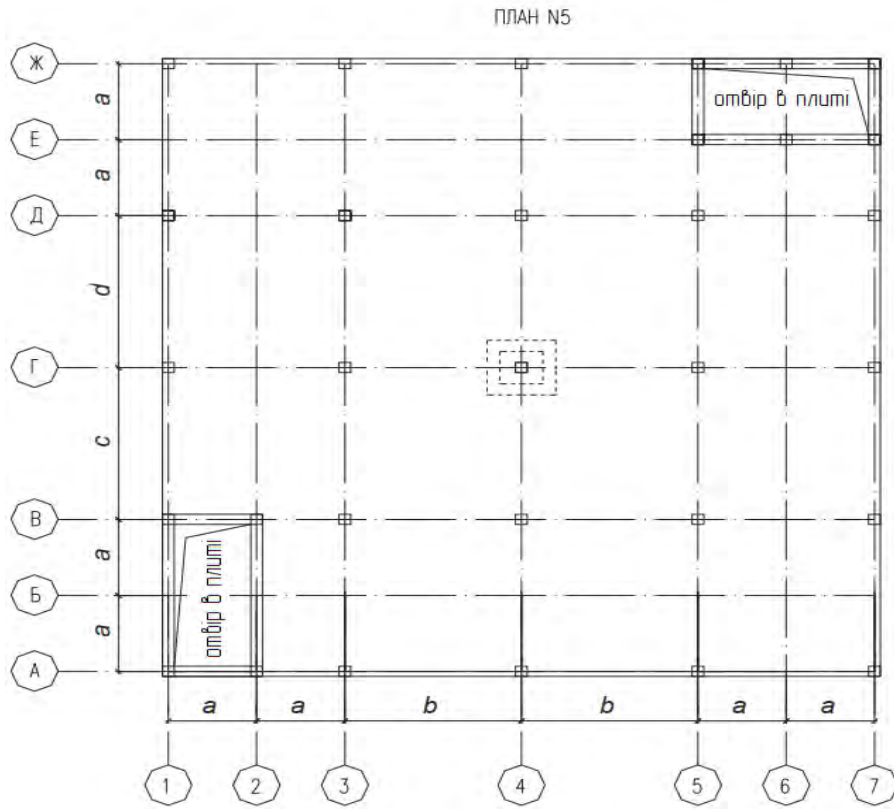


Рис. 1.6. Схема плану будівлі за варіантом №5

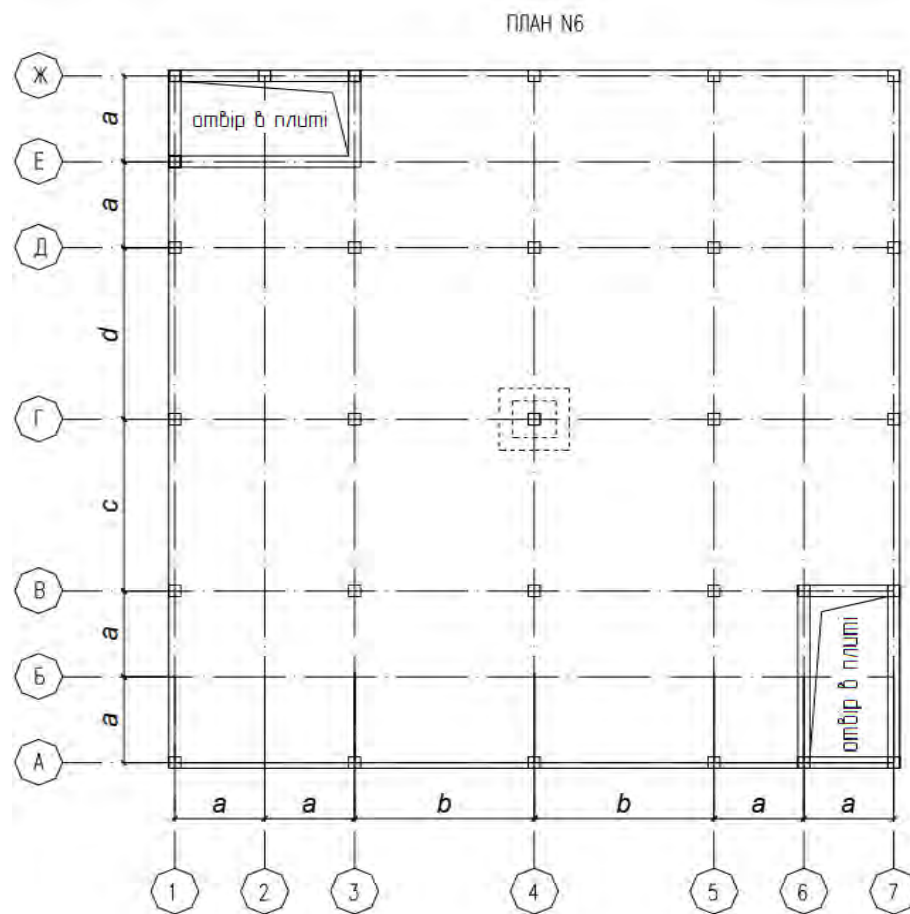


Рис. 1.7. Схема плану будівлі за варіантом №6

ПЛАН №7

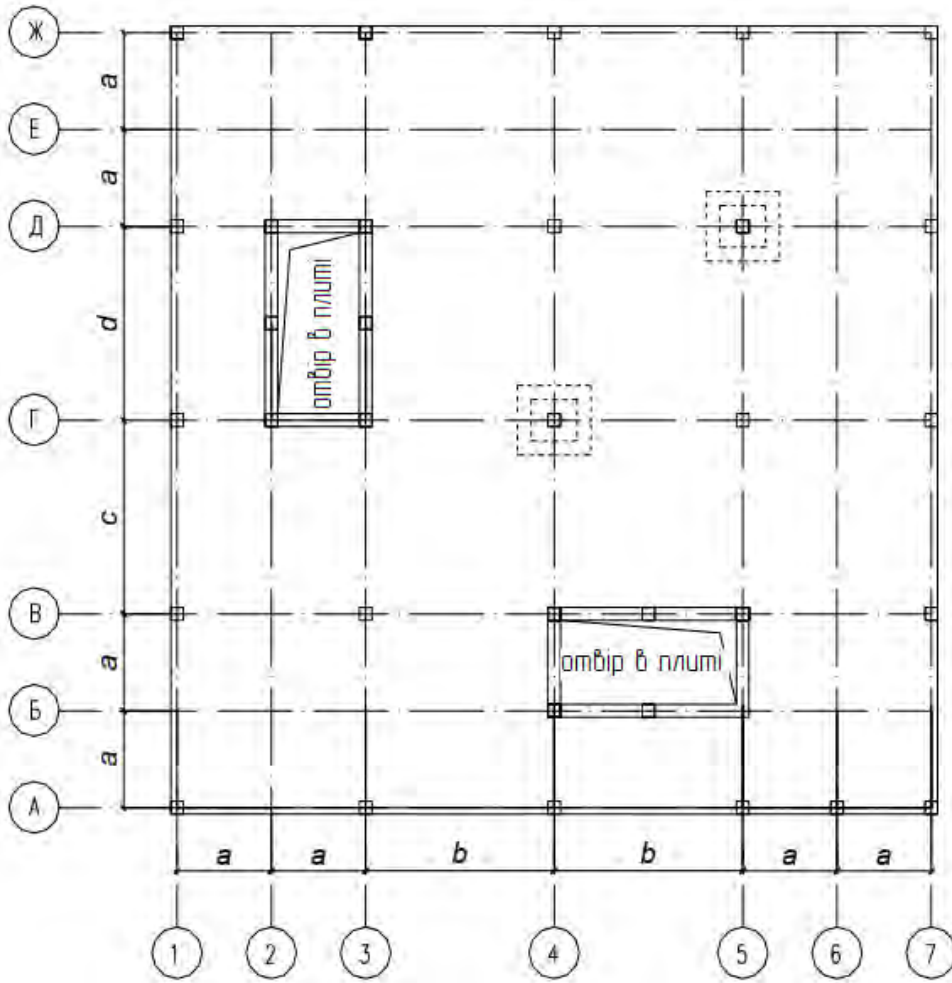


Рис. 1.8. Схема плану будівлі за варіантом №7

2. Вимоги до виконання лабораторних робіт

Виконання розрахункової роботи має на меті створення просторової розрахункової моделі каркасу у структурі ПК «САПФІР» [9]. Задати параметри жорсткості несучих залізобетонних елементів, опорні закріплення (зв'язки), навантаження. При формуванні навантажень необхідно створити **шість завантажень**.

У *першому завантаженні* задається власна вага монолітних залізобетонних конструкцій; у *другому* – навантаження від ваги покрівлі, підлог, перегородок, зовнішнього стінового огородження, парапетів ($q1, q2, q3, Q$); у *третьому* – тимчасові навантаження на перекриття, фундамент ($v2, v3$); у *четвертому* – снігове навантаження на покриття ($v1$), у *п'ятому та шостому* – вітрове навантаження під 0^0 ($w1$) та 90^0 ($w2$), відповідно.

Провести генерацію таблиці розрахункових сполучень зусиль (*РСЗ*). Для врахування роботи ґрунтової основи визначити коефіцієнти постелі для плитного фундаменту (методика визначення коефіцієнтів постелі показана в додатку 2). У структурі програми розрахувати, і отримати напружено-деформований стан (НДС) несучих елементів каркасу і, додатково, необхідне армування фундаментної плити. Для відображення результатів розрахунку сформувані розрахункові сполучення навантажень (*РСН*). Після закінчення роботи з використанням програми MS Word зробити формування пояснювальної записки, яка містить необхідні компоненти:

- зміст;
- вихідні дані;
- опис комп'ютерної розрахункової моделі будівлі;
- результати розрахунку;
- список використаної літератури.

Вихідні дані повинні містити план і розріз будівлі, опис її конструктивного рішення, перелік навантажень і параметри ґрунтової основи. Опис розрахункової моделі будівлі має включати: вид просторової моделі, створеної

у ПК «САПФІР»; опис типів використовуваних скінченних елементів; інформацію про задані завантаження.

Результати розрахунку повинні відображати:

→ деформований стан каркасу;

→ епюри внутрішніх зусиль в колонах;

→ вертикальні переміщення і мозаїки згинальних моментів в плиті покриття або перекриття;

→ вертикальні переміщення і мозаїки згинальних моментів в плиті фундаменту;

→ необхідне і прийняте армування верхньої і нижньої зони плити фундаменту.

Оформлення пояснювальної записки слід виконувати на аркушах формату А4. Відображення зображень допускається проводити як у кольоровому, так і в чорно-білому варіанті. Сторінки повинні бути пронумеровані поцентру знизу сторінки.

Разом із пояснювальною запискою студентом викладачеві здається на перевірку в електронному вигляді робочий файл розв'язуваної задачі. Файл повинен мати розширення **.spf* (формується в структурі програми САПФІР) і **.lir* (формується у структурі програми ЛІРА-САПР). Імена файлів повинні відображати **прізвище, номер групи і шифр студента**.

Наприклад: *Косенко_ЗАП304_123.spf, Косенко_ЗАП304_123.lir*.

3. Лабораторна робота №1.

Побудова архітектурної моделі будівлі у ПК «САПФІР»

Мета роботи: ознайомитися із методикою побудови архітектурної моделі у середовищі ПК «САПФІР» та основними елементами графічного інтерфейсу програми, створити архітектурну модель будівлі згідно завдання.

Хід виконання роботи:

1. *Визначити параметри вихідних даних із табл. 1.1 згідно шифру, отриманого від викладача. Для кращого розуміння вихідних даних пропонується викреслити ескіз плану типового поверху та розрізу будівлі (рис. 3.1, 3.2).*

Вихідні дані

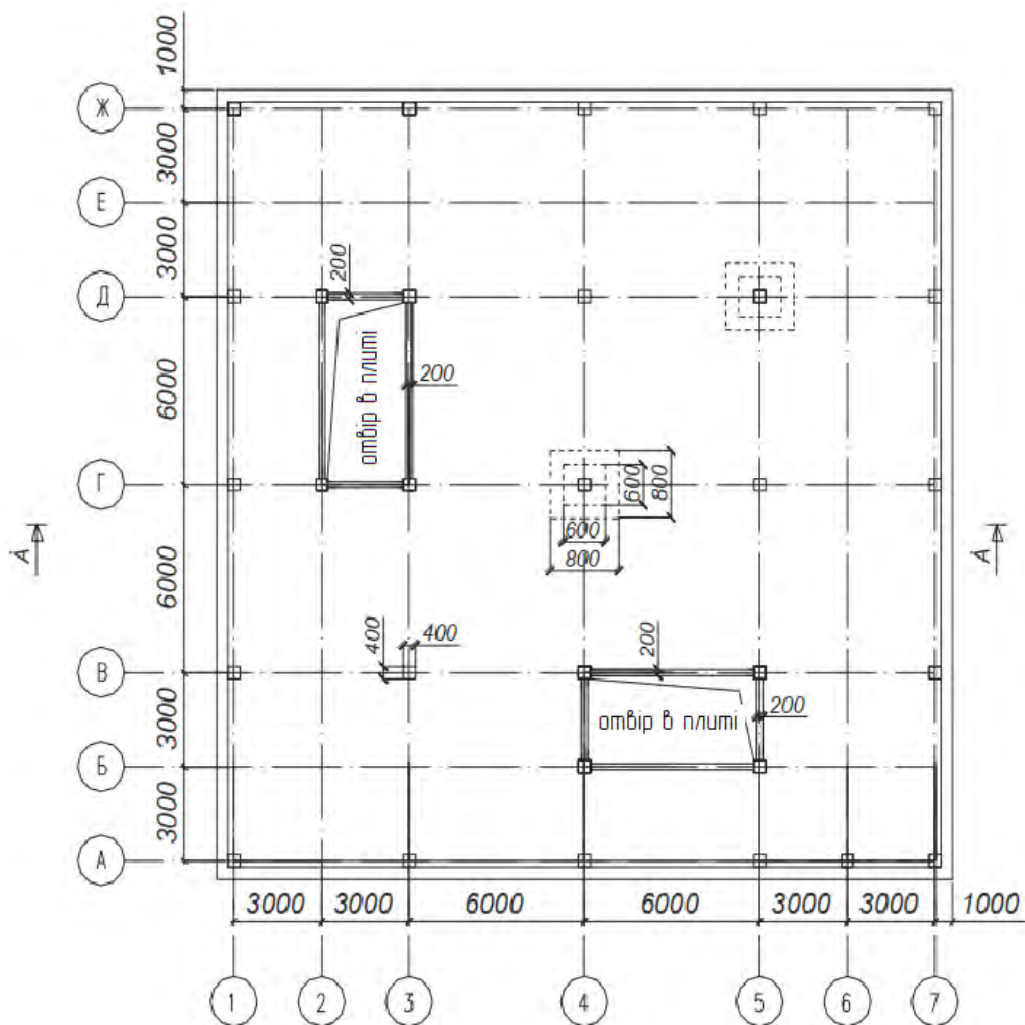


Рис. 3.1. План будівлі

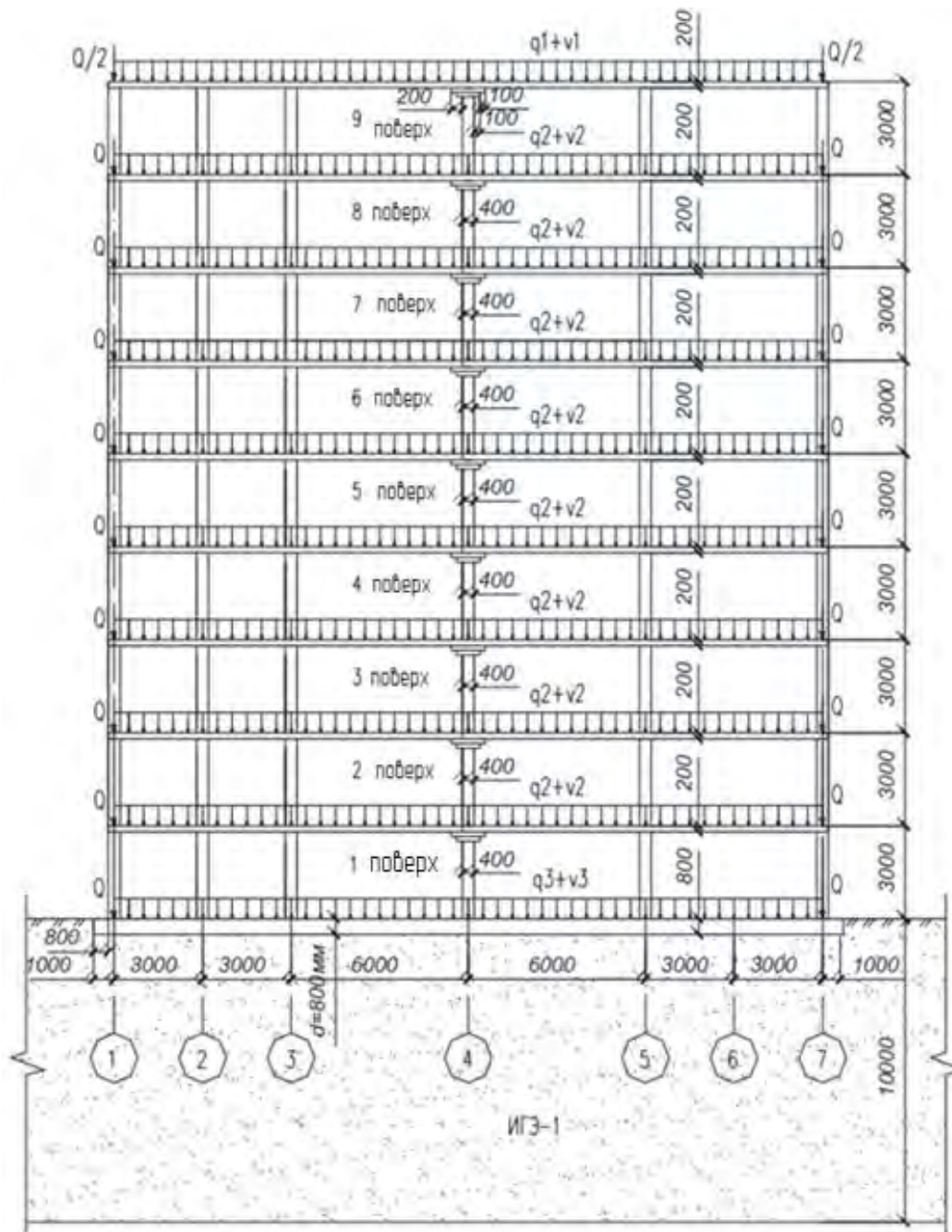


Рис. 3.2. Розрахункова схема будівлі (розріз А-А)

Конструктивне рішення будівлі

Будівля має каркасну конструктивну систему. Виконана з монолітного залізобетону. В якості несучих елементів каркасу виступають колони, стіни ядра жорсткості, безбалкові (плоскі) плити перекриття і покриття. Фундамент – плитний суцільного перерізу.

У якості основи плитного фундаменту слугує суглинок (ІГЕ-1) з розрахунковими характеристиками:

- потужність $h = 10 \text{ м}$;
- модуль деформації $E = 12000 \text{ кПа}$;
- питома вага $\gamma = 20, \text{ кН} / \text{м}^3$;
- коефіцієнт Пуассона $\mu = 0,35$;
- коефіцієнт постелі $CI = 3000 \text{ кН} / \text{м}^3$.

Примітка. Коефіцієнт постелі CI , відображає податливі властивості ґрунту. Приклад розрахунку коефіцієнту постелі представлений в додатку 2.

Параметри несучих елементів:

- колони перерізу $400 \times 400 \text{ мм}$;
- стіни ядра жорсткості товщиною 200 мм ;
- плити перекриття і покриття товщиною 200 мм ;
- плитний фундамент товщиною 800 мм ;
- виліт консолей фундаменту відносно осей крайніх колон 1000 мм ;
- глибина закладення фундаменту 800 мм .

Матеріали:

- бетон класу $C25/30$;
- арматура класу $A400C$.

Навантаження

Постійні нормативні навантаження:

- від власної ваги монолітних конструкцій (враховується автоматично в структурі програми САПФІР);

- від ваги покрівлі на покриття $q1 = 3,5 \text{ кПа}$;
- від ваги підлог і перегородок на перекриття $q2 = 2,0 \text{ кПа}$;
- від ваги підлог на фундамент $q2 = 1,9 \text{ кПа}$;

- від ваги стін огорожувальних конструкцій (враховується автоматично в структурі програми САПФІР).

Тимчасові нормативні навантаження:

- від ваги снігу на покриття $v1 = 3,2 \text{ кПа}$;
- тимчасове на перекриття $v2 = 1,95 \text{ кПа}$;
- тимчасове на фундамент $v3 = 4,8 \text{ кПа}$.

Примітка. Нормативні тимчасові навантаження приймаються згідно ДБН [1].

Розрахунок каркасу виконується на основі сполучення навантажень, в склад яких входять:

- *завантаження 1* – власна вага монолітних конструкцій будівлі;
- *завантаження 2* – вага покрівлі, підлог, перегородок, зовнішнього стінового огороження ($q1, q2, q3, Q$);
- *завантаження 3* – тимчасове навантаження на перекриття, фундамент ($v2, v3$);
- *завантаження 4* – снігове навантаження на покриття ($v1$).
- *завантаження 5* – знакозмінне вітрове навантаження під кутом 0^0 до вісі OX глобальної системи координат($w1$).
- *завантаження 6* – знакозмінне вітрове навантаження під кутом 90^0 до вісі OX глобальної системи координат($w2$).

2. Запустити ПК «САПФІР» на персональному комп'ютері, створити новий проєкт та виконати базові налаштування проєкту

Для того, щоб відкрити ПК «САПФІР» необхідно виконати наступну команду Windows:

Пуск → Програми → LIRA-SAPR → ЛІРА-САПР 2016 → САПФІР 2016

Примітки

Можливо у комп'ютерному класі встановлена старіша версія програми, наприклад, САПФІР 2014 року, 2015 і т.д. Після узгодження з викладачем можливе використання будь-якої з версій.

Відкриття програми також можливо за допомогою ярлика, встановленого на робочому столі.

2.1. Створення нового завдання

Для створення нового завдання відкрийте меню **Програми** (верхній лівий кут екрану) і виберіть пункт **Новий Створити новий проєкт**.

На **Проект** натисніть  – **Властивості проекту**.

У відкритому вікні відзначте ДБН В.2.6-98:2009, далі вниз натисніть кнопку **Застосувати**, після чого стане активна кнопка **Поточний норматив**, натисканням на яку необхідно встановити в якості поточного нормативу ДБН В.2.6-98:2009 (рис. 3.3).

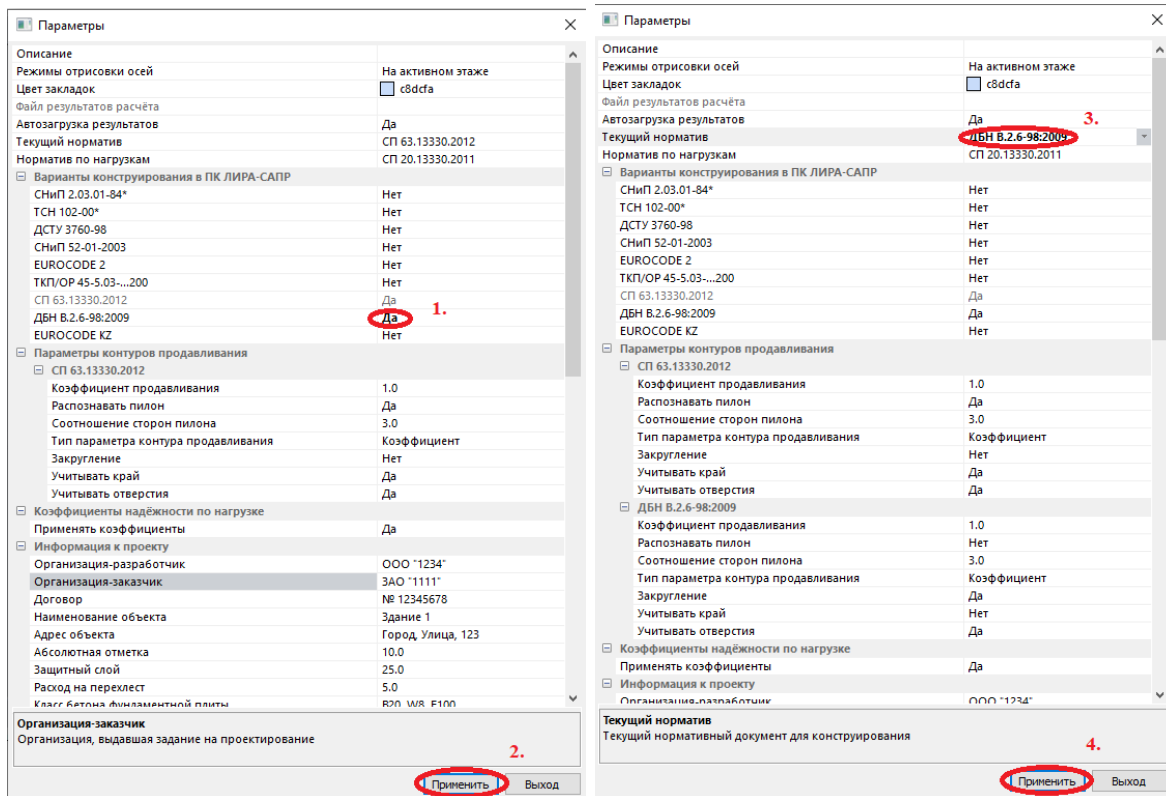


Рис. 3.3. Діалогове вікно «Параметри»

- Натисніть **Застосувати**.
- У рядку **Варіант конструювання** відзначте для СНиП 2.03.01-84* – немає (рис. 3.4).

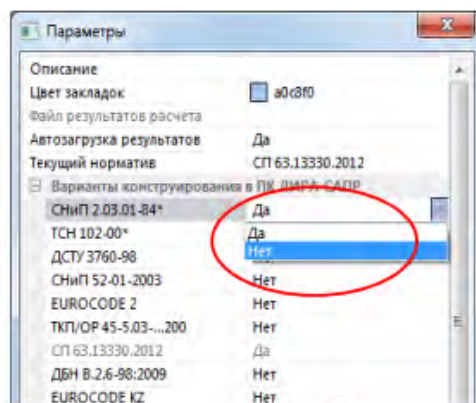


Рис. 3.4. Діалогове вікно «Параметри»

- Натисніть **Застосувати**.

➤ Інші параметри залиште за замовчуванням.

Налаштування візуалізації робочого простору

➤ Натисніть  **Налаштування візуалізації** (рис. 3.5).

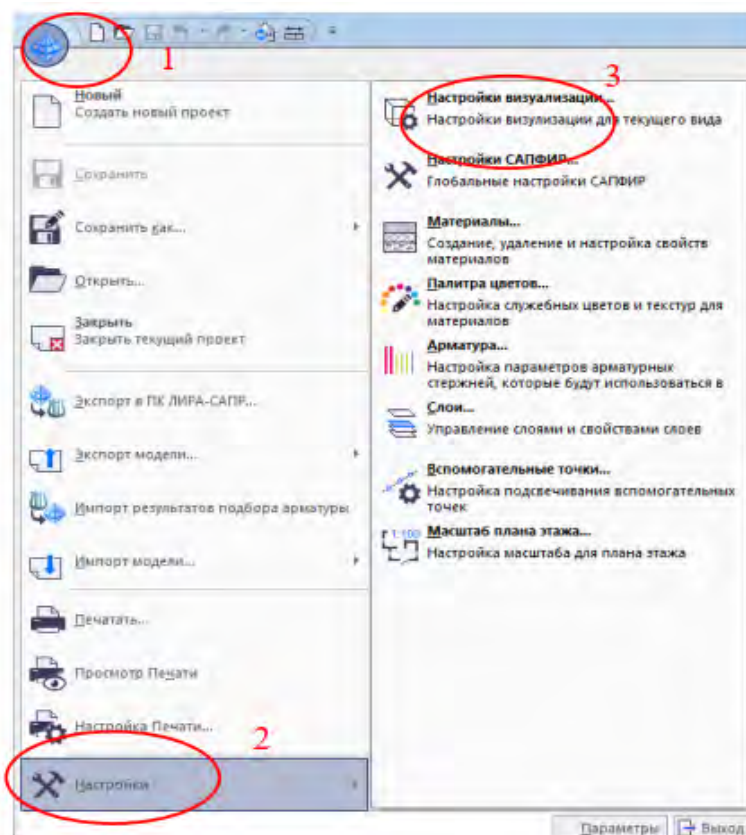


Рис. 3.5. Діалогове вікно «Налаштування»

➤ У вікні (рис. 3.6) задайте наступні характеристики:

→ прапорець метричної сітки – **Тільки в 1-му квадраті**;

→ кількість комірок – **40**.

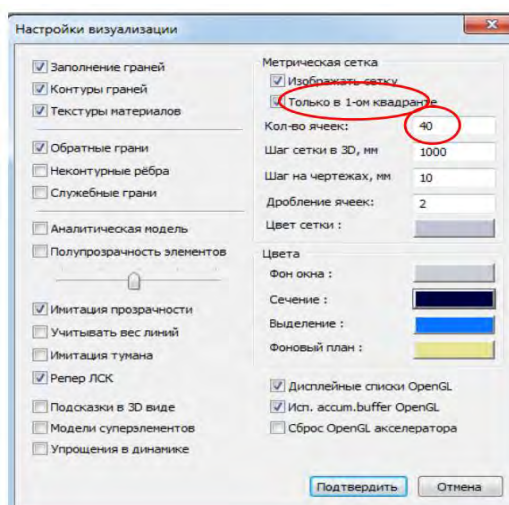


Рис. 3.6. Діалогове вікно «Налаштування візуалізації»

➤ Натисніть **Підтвердити**.

Збереження зроблених змін

➤ У меню додатків (рис. 3.7) виберіть – **Зберегти як**.

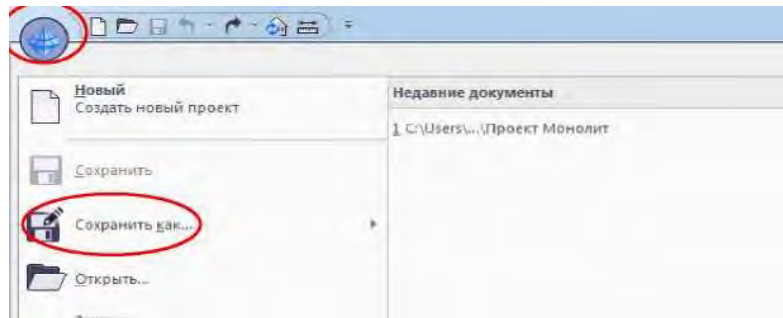


Рис. 3.7. Діалогове вікно «Збереження»

➤ Задайте ім'я створюваного проекту – **Косенко_ЗБЦІ_304_123** (при виконанні розрахункової роботи вказується прізвище, номер групи і три останні цифри залікової книжки (шифр)).

➤ Вкажіть папку, в якій буде збережений проект.

➤ Після натисніть на кнопку - **Зберегти**.

3. Відкоригувати властивості поверху

➤ У вікні (рис. 3.8) **Структура**, натисніть на **1-й этаж**

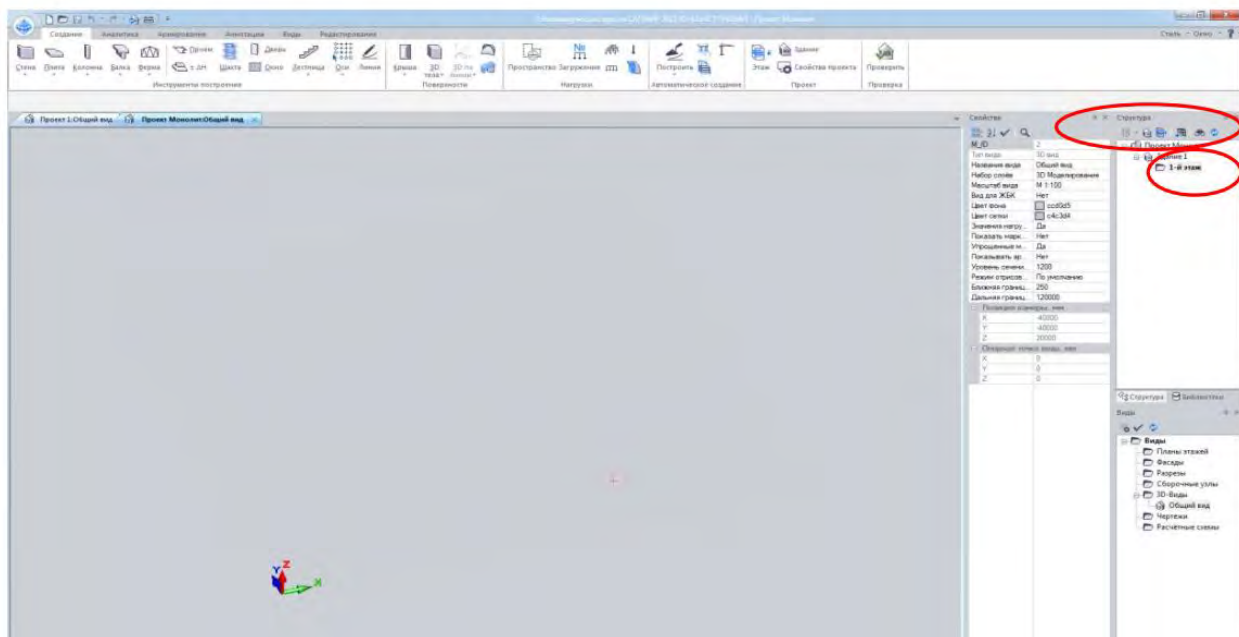


Рис. 3.8. Діалогове вікно «Налаштування поверху»

- Задайте висоту поверху 3000 мм (відповідно до свого завдання), (рис. 3.9).

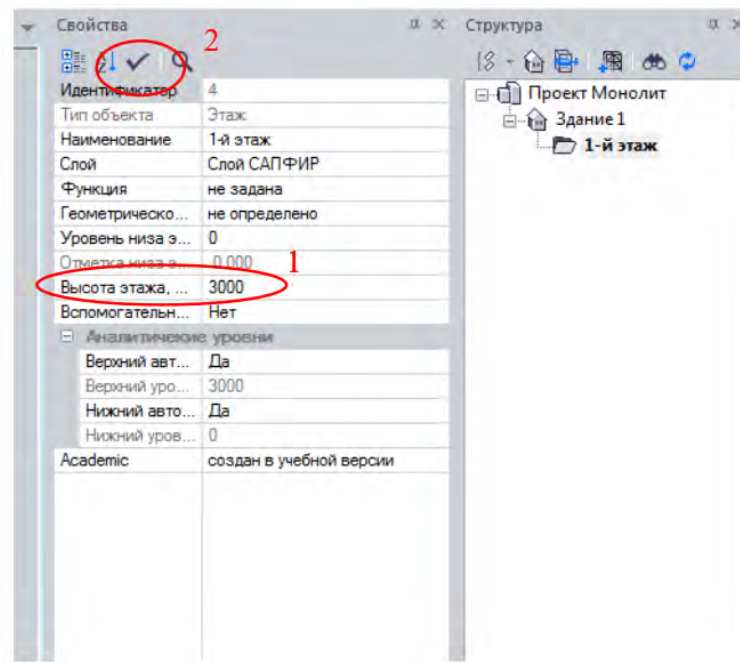






Рис. 3.9. Діалогове вікно «Властивості»

- Інші параметри залишаються за замовчуванням.
- Натисніть на **Застосувати**  на вкладці **Властивості** (або Enter на клавіатурі).

4. Створити координаційні осі

- У вкладці **Створення**, панелі **Інструменти побудови** натисніть на вкладку **Осі** , і на вкладку **Параметри** (рис. 3.10), відкриється діалогове вікно **Координаційні осі** (рис. 3.11).
- У цьому вікні задаємо:
 - тип сітки – **Прямокутна сітка осей**;
 - подовження осей – $D = 3000$ мм;
 - додати інтервал  вертикальних ліній сітки (значення задаються в мм, редагуються клацанням курсора на введеному значенні). Задаємо значення інтервалів 3000, 3000, 6000, 6000, 3000, 3000 мм;

→ додати інтервал  горизонтальних ліній сітки (значення задаються у мм, редагуються клацанням курсора на введеному значенні). Задаємо значення інтервалів 3000, 3000, 6000, 6000, 3000, 3000 мм;
 → натисніть на **ОК**.

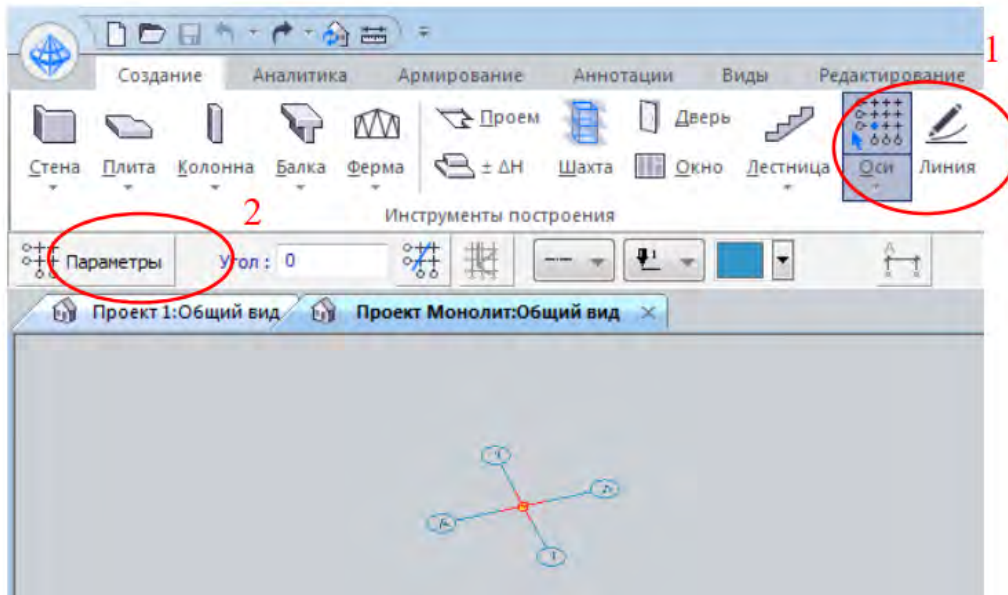


Рис. 3.10. Діалогове вікно «Оси»

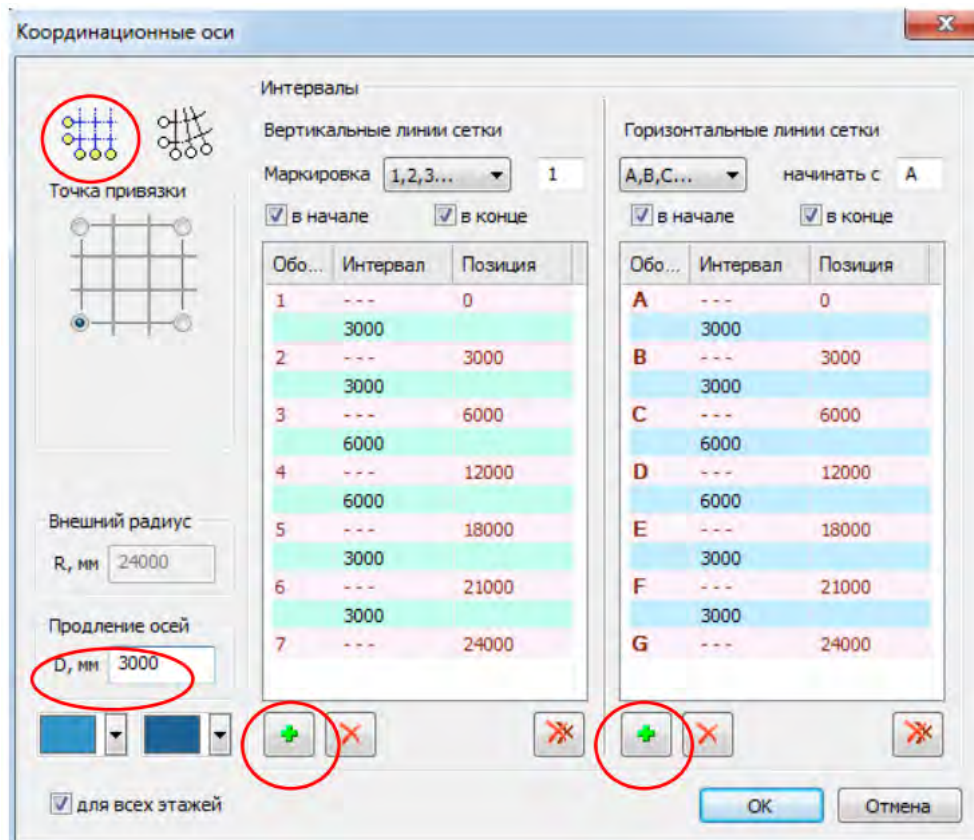

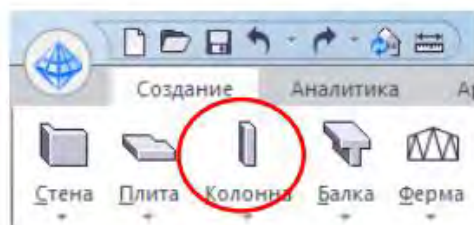


Рис. 3.11. Діалогове вікно «Координаційні осі»

- Виділіть сітку координаційних осей курсором (сітка забарвиться в прийнятий для сітки колір).
- Натисніть на кнопку - **Окреслити розміри** .
- Розміри автоматично проставляються на сітці координаційних осей.
- Натисніть **Esc** для зняття виділення з осей.
- При необхідності, для коригування розмірної лінії, потрібно виділити її курсором, активується вкладка **Редагування**, з активною кнопкою **Перенести**.

5. Створити колони типового поверху

- На вкладці **Створення** натисніть на кнопку **Колонна**.



- У діалоговому вікні властивостей позначаються властивості колони (рис. 3.12).

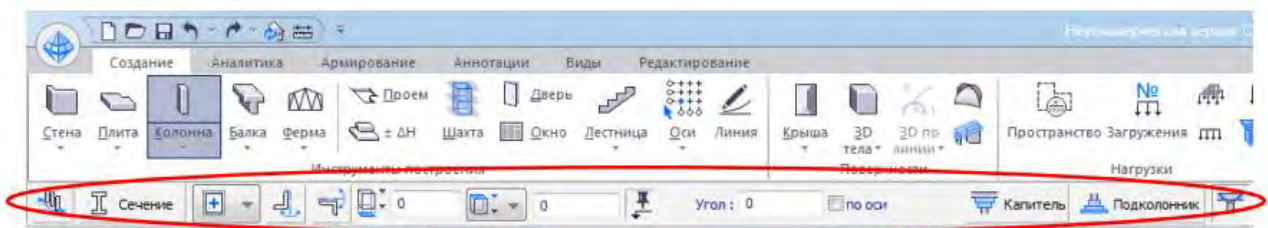


Рис. 3.12. Діалогове вікно «Властивості колон»

- Натисніть кнопку **Переріз** діалогового вікна **Інструменти побудови колон** (рис. 3.13).

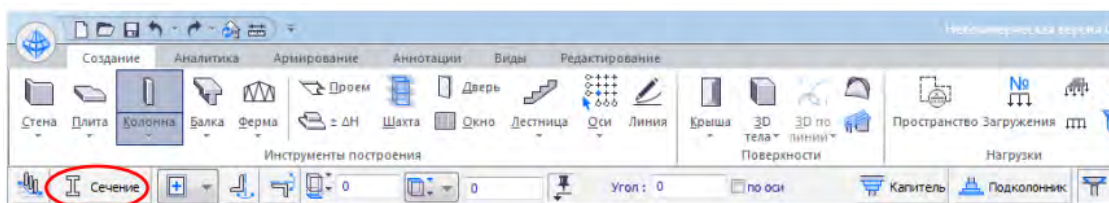


Рис. 3.13. Діалогове вікно «Інструменти побудови колон»

- У діалоговому вікні **Параметри перерізу** виберіть **Прямокутник** з розмірами перерізу **400×400 мм** (рис. 3.14).

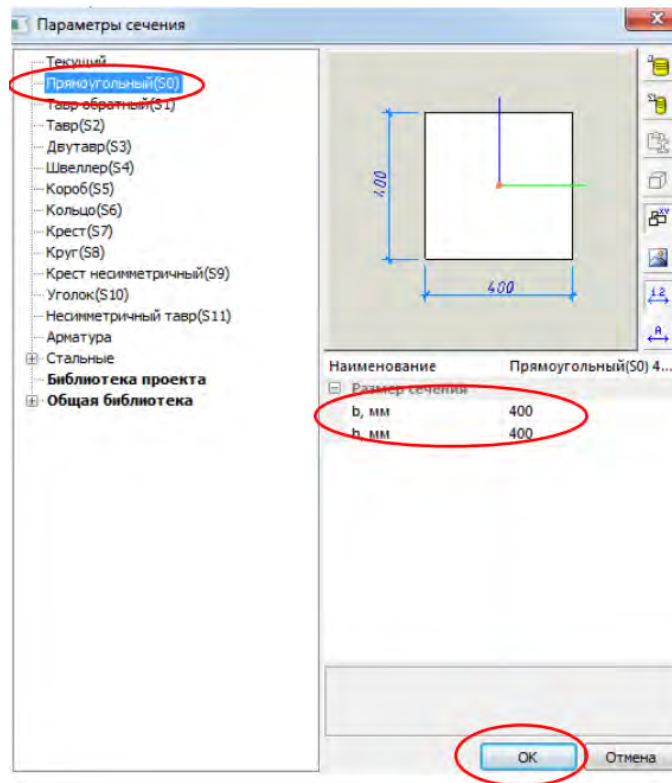


Рис. 3.14. Діалогове вікно «Параметри перерізу»

- Натисніть кнопку **ОК**.
- Розмістіть колони згідно плану типового поверху, встановленням колон (без капітелей) на перетинах осей координат (рис. 3.15).

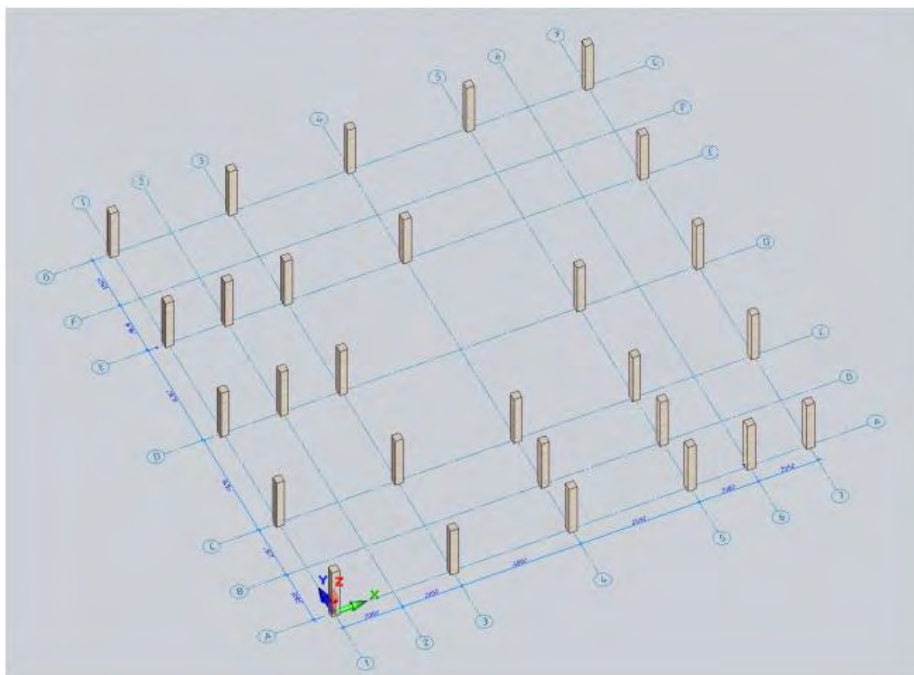


Рис. 3.15. Розташування колон (без капітелей)

- Для встановлення колон з капітелями натисніть на кнопку **Капітель** (рис. 3.16).

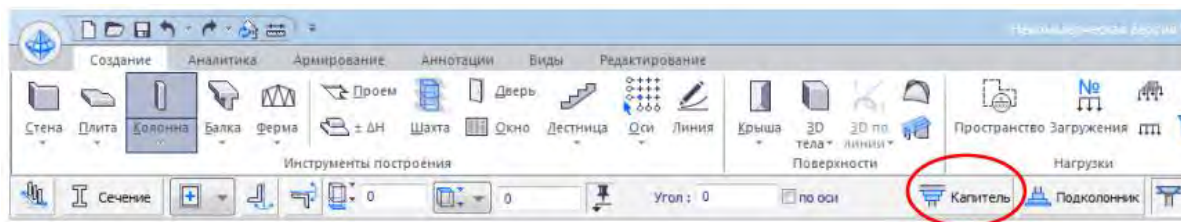


Рис. 3.16. Діалогове вікно «Властивості колон»

- У вікні, натисніть на кнопку **Додати виступ**, для створення першого виступу капітелі **100×100 мм** введіть відповідні значення, аналогічно вводяться значення для другого виступу капітелі (рис. 3.17). Редагування розмірів здійснюється клацанням курсора на заданому розмірі.
- Встановіть прапорець **Аналітична модель** для візуалізації капітелі в аналітиці.

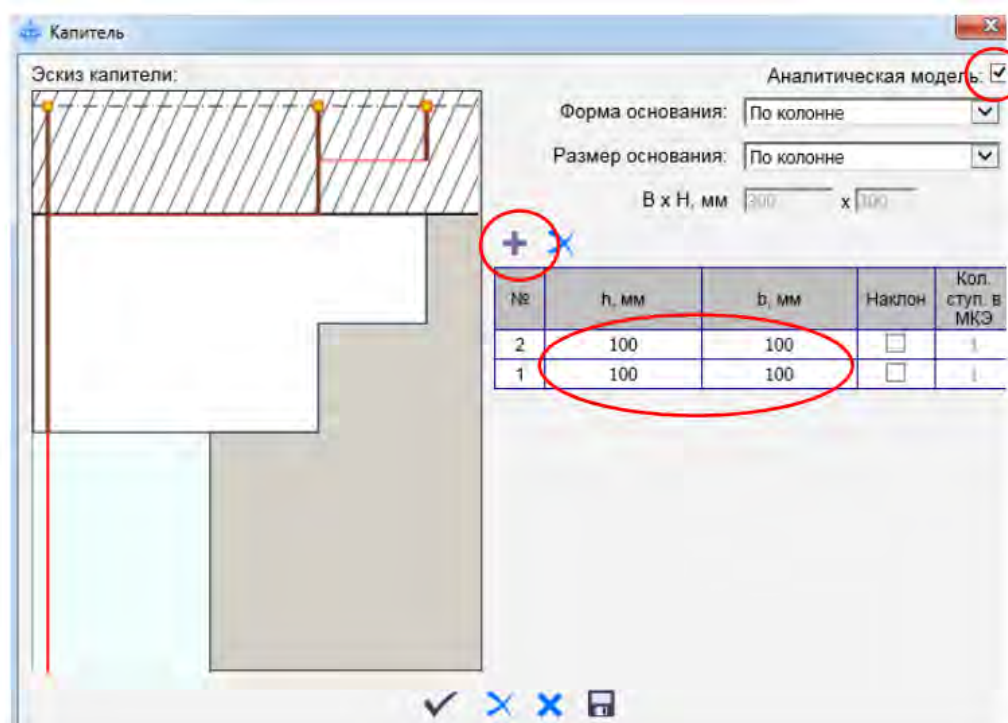


Рис. 3.17. Діалогове вікно «Капітель»

- Натисніть для підтвердження прийнятих змін.
- Розмістіть колони згідно плану типового поверху, встановленням колон з капітелями на перетинах осей координат (рис. 3.18).

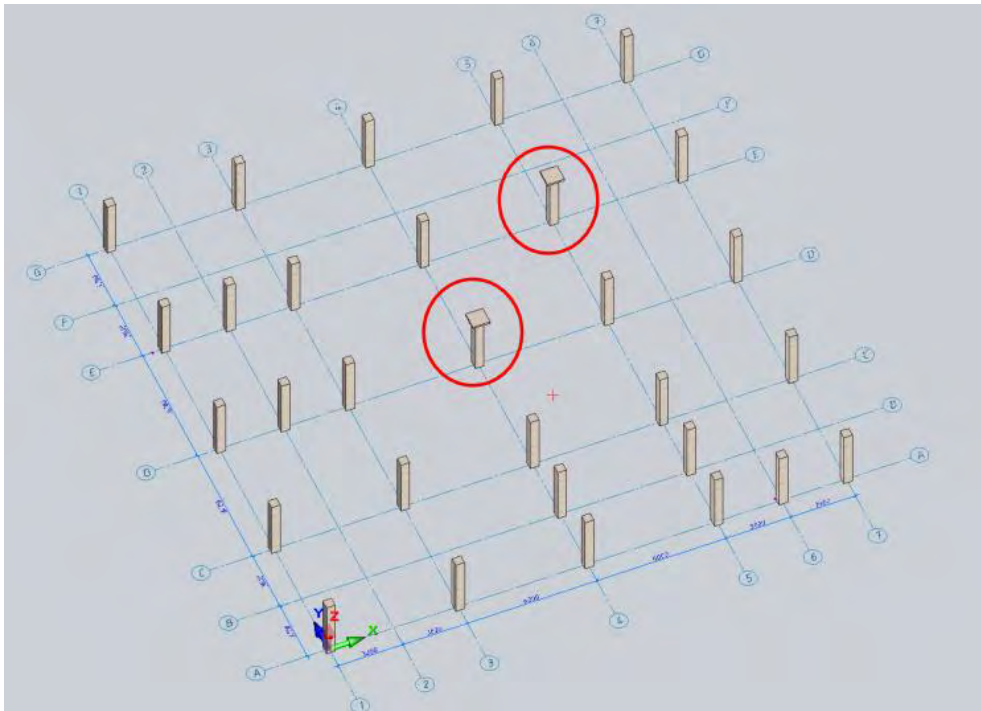
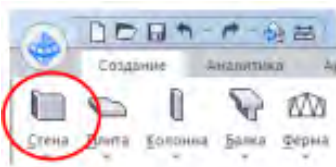


Рис. 3.18. Розташування колон з капітелями

6. Створити несучі стіни

- На вкладці **Створення** натисніть на кнопку **Стіна**.



- У діалоговому вікні **Інструменти побудови Стіна** послідовно виберіть спосіб побудови **Відрізок** (рис. 3.19), активуйте **Ланцюжок** і **Замикати**, встановіть товщину згідно завдання (наприклад, 200 мм), прив'язку **Вісь** посередині стіни, **рівень основи – 0 мм**, **верхня позначка – 0 мм** від верху поверху.

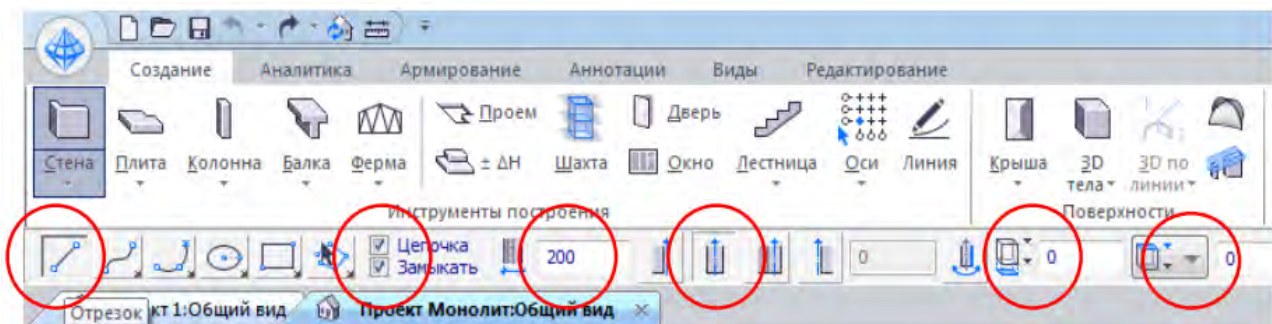


Рис. 3.19. Діалогове вікно «Інструменти побудови стін»

- Виконайте побудову ядер жорсткості плану типового поверху (згідно завдання), встановленням стін на перетинах осей координат (рис. 3.20).

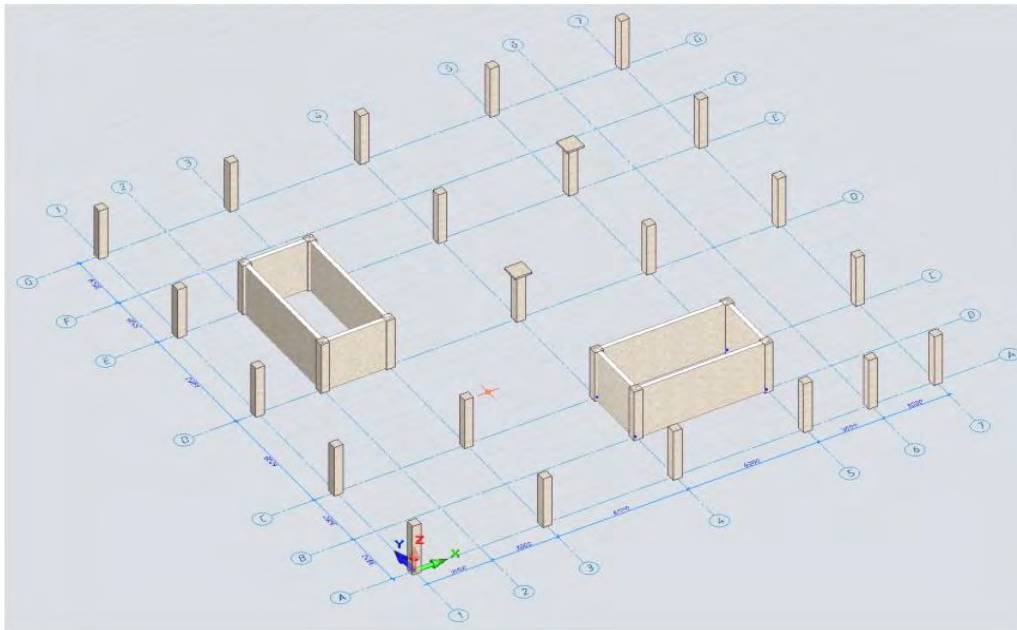


Рис. 3.20. Розташування ядер жорсткості будівлі

7. Встановити дверні прорізи

- Натисніть кнопку **Двері** панелі **Інструменти побудови** вкладки **Створення**. У рядку властивостей інструментів побудови натисніть на **Параметри** дверей. У вікні, виберіть **Прямокутний проріз**, змініть значення розмірів дверного прорізу на **900×2100 мм** (рис. 3.21).

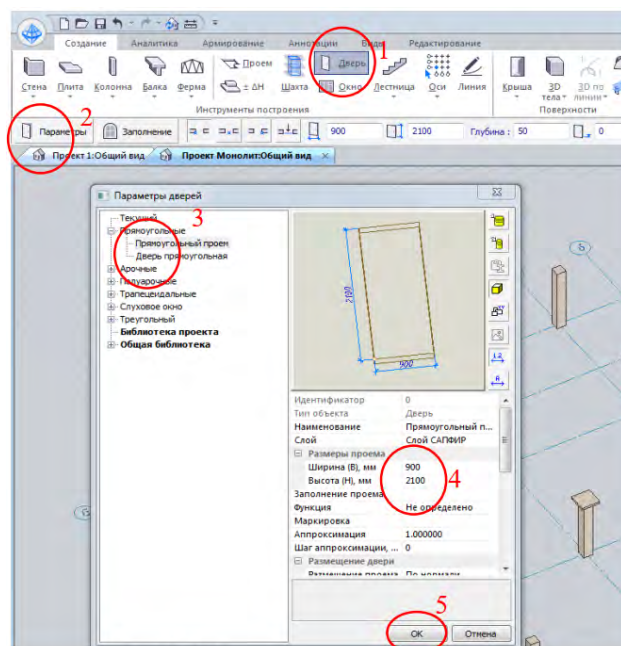


Рис. 3.21. Порядок призначення дверного прорізу

- Натисніть кнопку **ОК**, підтверджуючи зроблені зміни.
- Встановлення дверей проводиться наведенням курсора миші на стіну, в якій передбачається розмістити отвір. Фіксація прорізу виконується одинарним клацанням лівої кнопки миші (рис. 3.22).

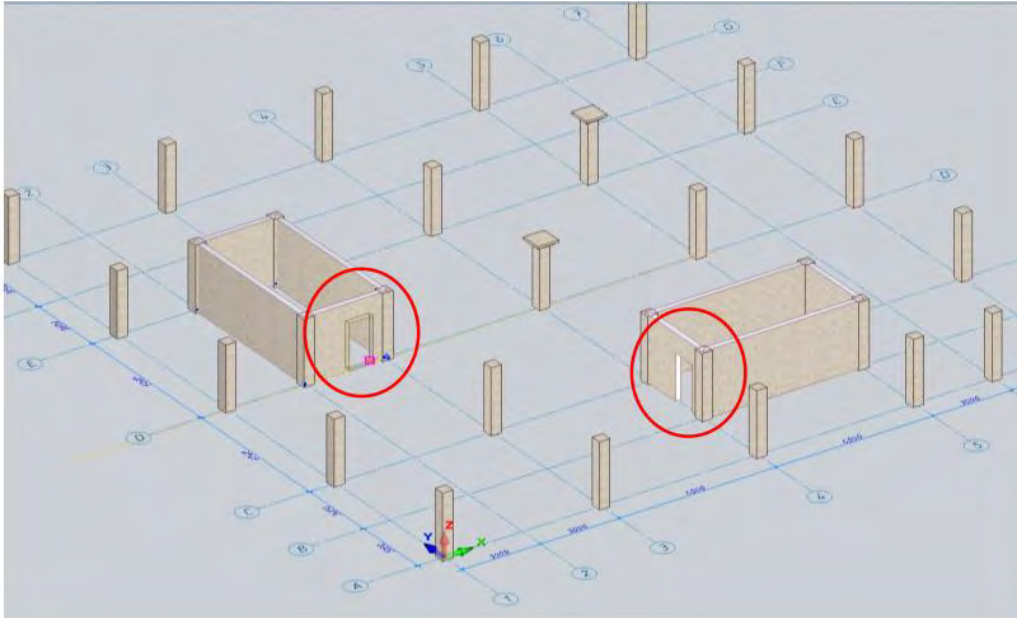


Рис. 3.22. Встановлені дверні прорізи

8. Створити несучі стіни (огорожувальні конструкції).

- Натисніть на **Перегородка** в списку **Стіна** в панелі **Інструменти побудови** вкладки **Створення**, рис. 3.23.

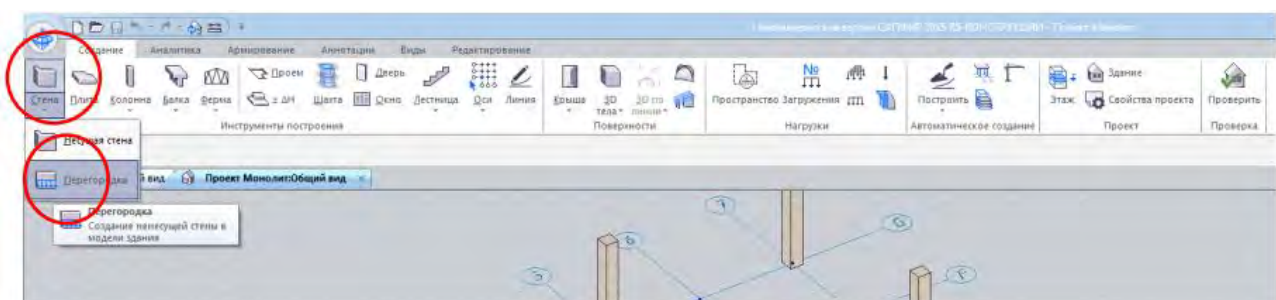


Рис. 3.23. Моделювання перегородок

- У вікні **Властивості побудови: Перегородка** задайте:
 - у вікні **Матеріали** відзначте **Цегла силікатна**;
 - інтерпретація: **Навантаження**;
 - натисніть **Застосувати** (рис. 3.24).

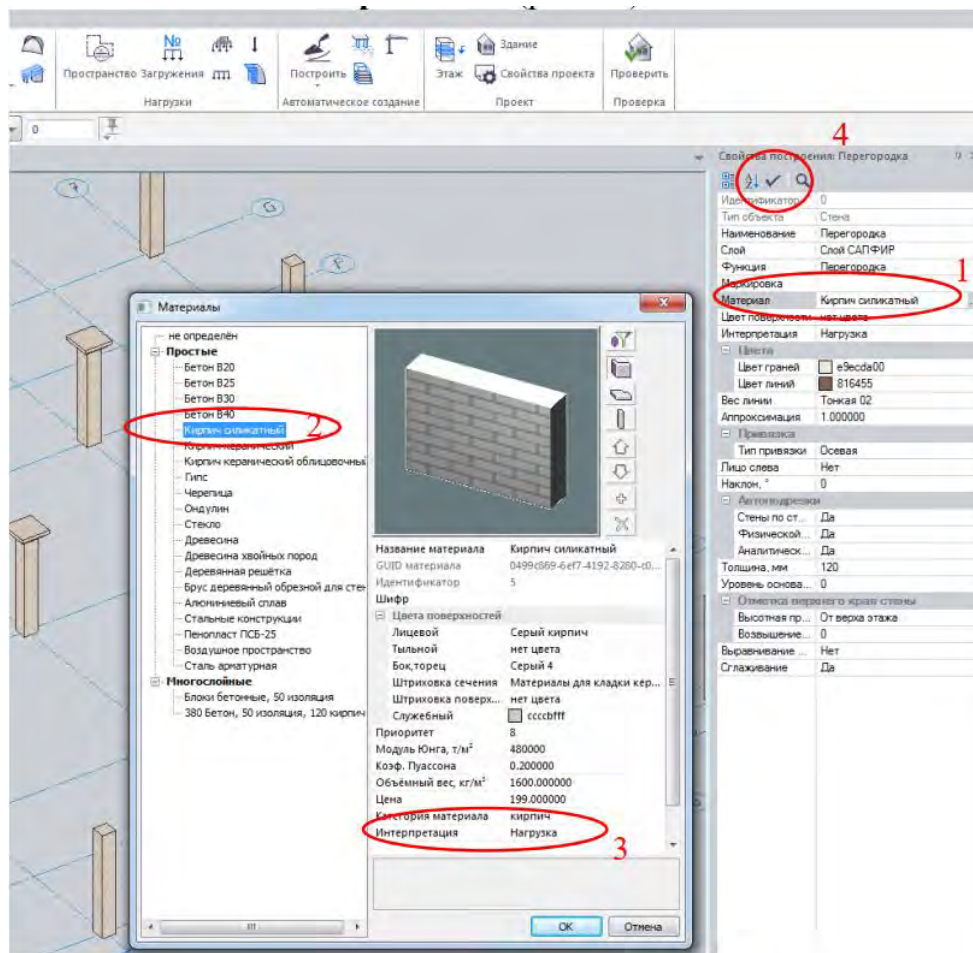


Рис. 3.24. Створення ненесучих стін

- У властивостях інструментів Стіна задайте:
 - спосіб побудови - **відрізок**;
 - зніміть галочки **Ланцюжок** і **Замикати**;
 - встановіть товщину **250 мм**;
 - прив'язка – **зліва від осі**;
 - зміщення – **50 мм**;
 - рівень основи - **0**;
 - верхня позначка - **0** від верха поверху (рис. 3.25).

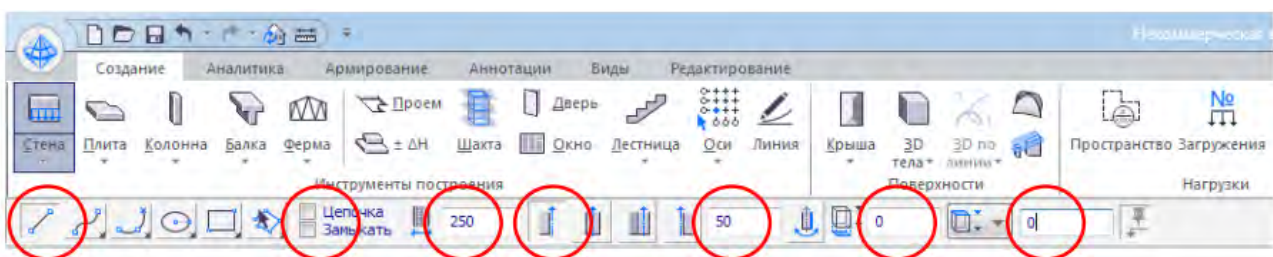


Рис. 3.25. Властивості інструментів Стіна

- Виконайте побудову зовнішніх несучих огорожувальних стін (рис. 3.26), клацаючи курсором на гранях перерізів з несучими елементами (стіни, колони).

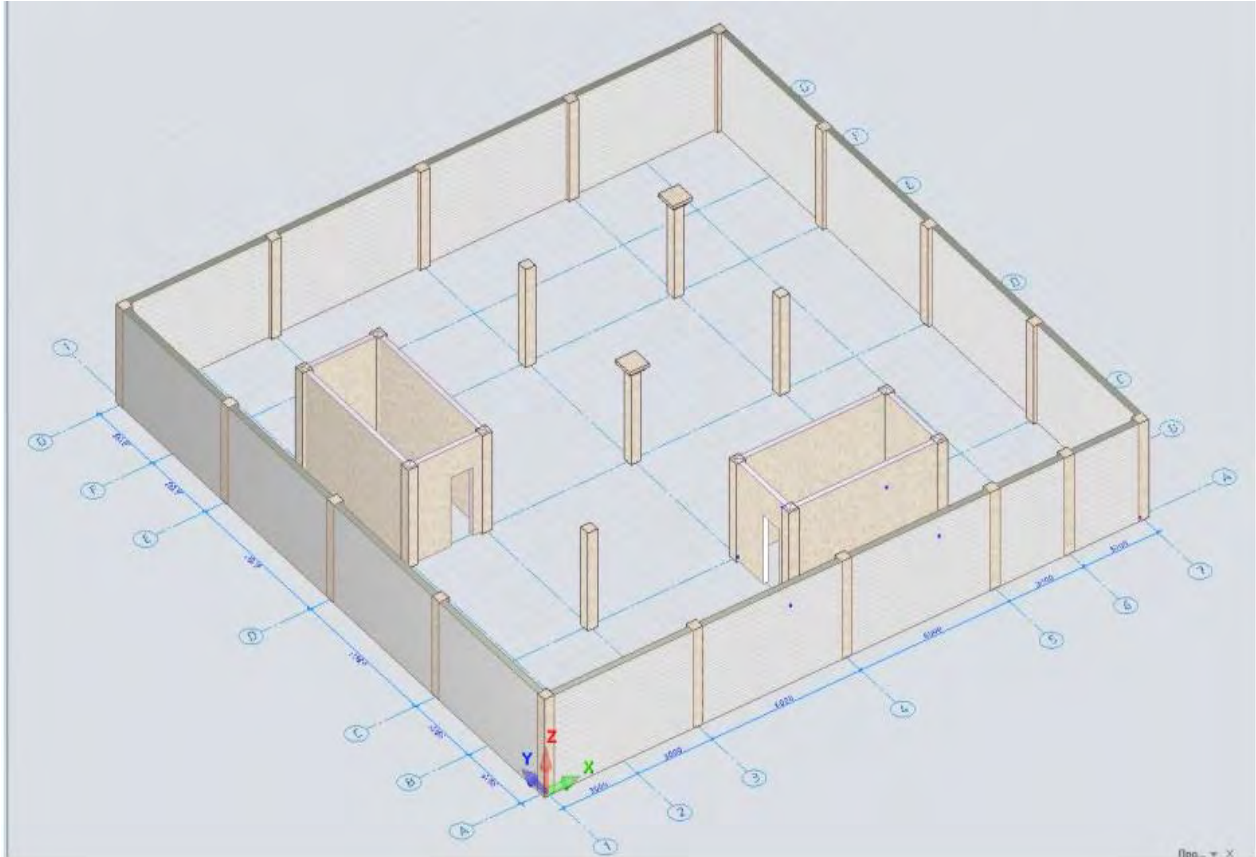


Рис. 3.26. Вигляд створених несучих стін

9. Встановити віконні прорізи.

- Натисніть кнопку – **Вікно** (вкладка **Створення**, панелі **Інструменти побудови**).
- Оберіть **Параметри**.
- У вікні **Параметри вікон** задайте геометрію вікон: ширина (**B**) – 1200 мм; висота (**H**) – 1500 мм.
- Натисніть **ОК** (рис. 3.27).
- Встановіть віконні прорізи в несучих стінах, відповідно до обраного архітектурного вигляду будівлі.

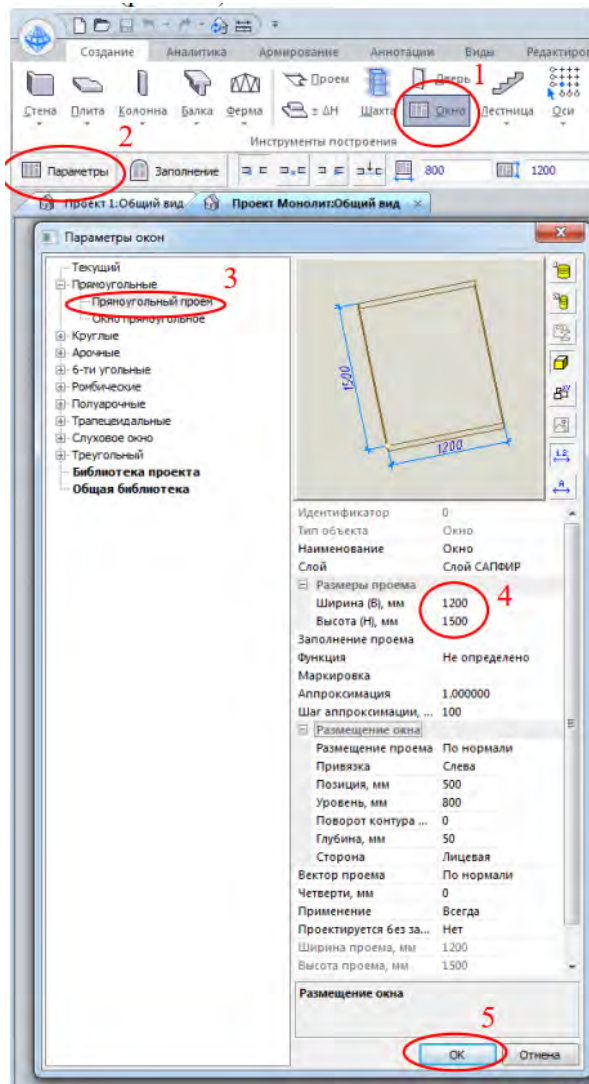


Рис. 3.27. Встановлення віконних прорізів

10. Створення фундаментної плити

- Клацніть на кнопку **Фундаментна плита** (вкладка **Створення**, панелі **Інструменти побудови**).
- Оберіть **Прямокутник**.
- Задайте товщину плити **800 мм** (за завданням).
- Задайте навантаження від ваги підлог на фундамент ($q_2 = 1,9 \text{ кПа} = 0,194 \text{ т/м}^2$).
- Задайте тимчасове навантаження на фундамент ($v_3 = 4,8 \text{ кПа} = 0,489 \text{ т / м}^2$), див. рис. 3.28.
- Виконайте побудову фундаментної плити, прив'язуючи курсор до зовнішніх граничних точок перерізів колон.

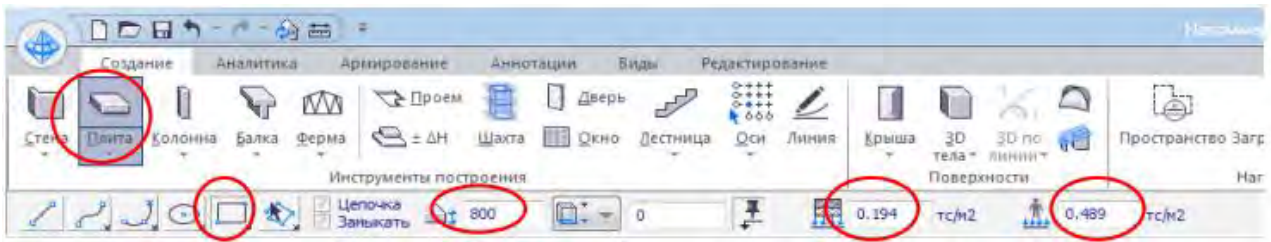


Рис. 3.28. Створення фундаментної плити

- Для створення вильоту консолей фундаменту щодо осей крайніх колон виділіть курсором фундаментну плиту. На вкладці **Редагування** натисніть **Еквідистанта** і задайте відступ – **800 мм** (так як виліт консолей фундаменту щодо **осей** крайніх колон повинен бути – 1000 мм, віднімаємо половину товщини колони).
- Натисніть **Виконати** (рис. 3.29).

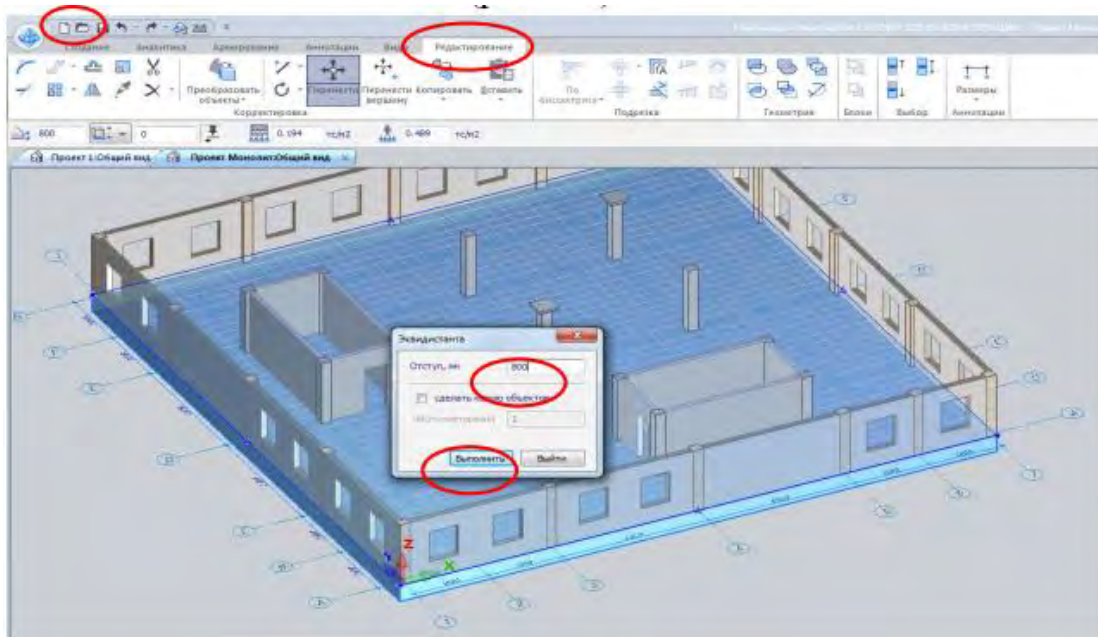


Рис. 3.29. Створення вильоту консолей фундаменту

11. Створити плити перекриття

- Клацніть на кнопку **Плита** (вкладка **Створення**, панелі **Інструменти побудови**).
- Натисніть **Прямокутник**.
- Задайте товщину плити **200 мм**.
- Відзначте прив'язку плити – **від верха поверху**.

- Задайте постійне навантаження від ваги підлог і перегородок на перекриття ($q_2 = 2,0 \text{ кПа} = 0,204 \text{ т/м}^2$).
- Задайте тимчасове навантаження на перекриття ($v_2 = 1,95 \text{ кПа} = 0,198 \text{ т/м}^2$), (рис. 3.30).
- Виконайте побудову плити перекриття, прив'язуючи курсор до зовнішніх граничних точок перерізів колон.

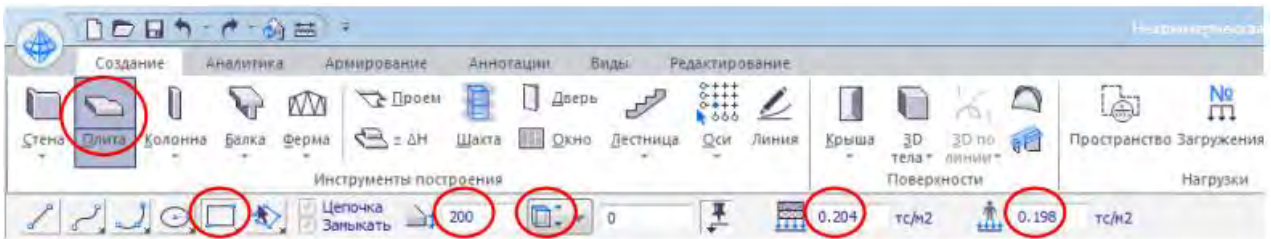


Рис. 3.30. Створення плити перекриття

- Для створення отворів в плиті перекриття відобразіть модель в проекції на горизонтальну площину XOY , натиснувши кнопку – **Вид зверху** на панелі інструментів **Проекції**.

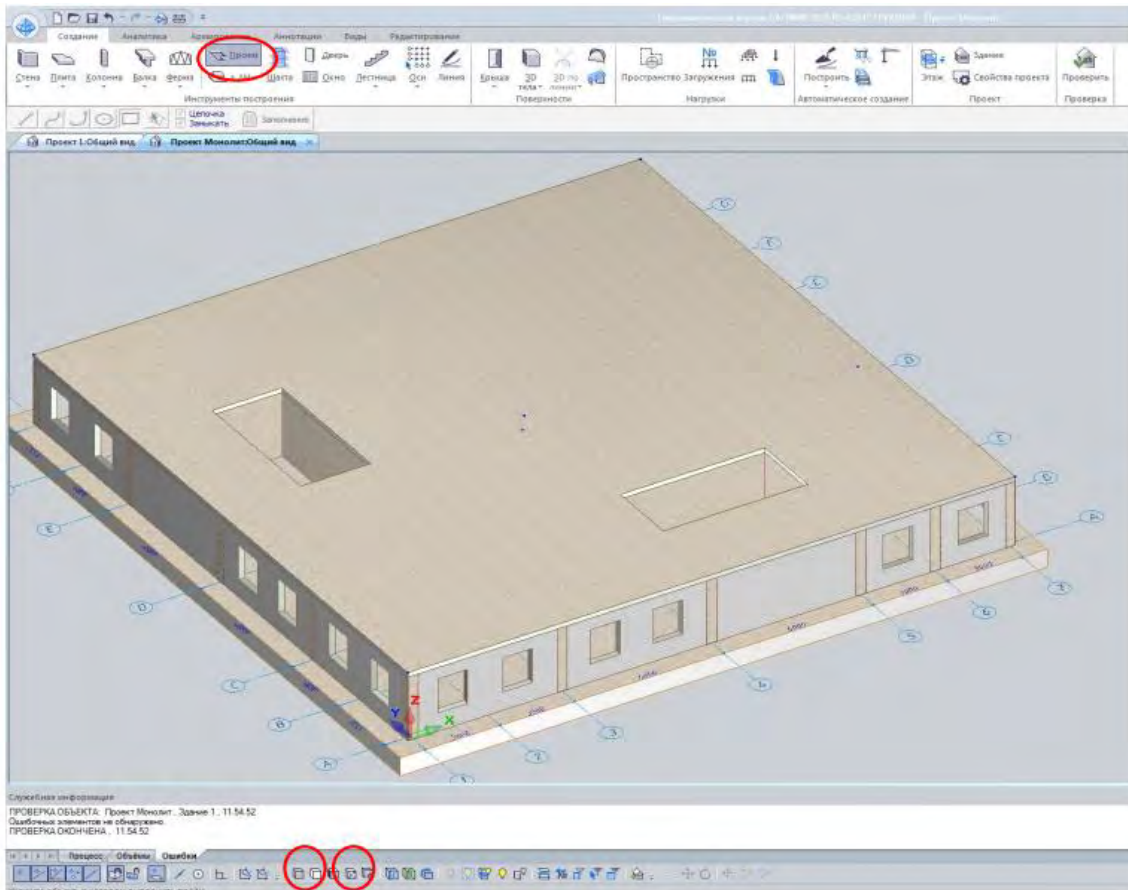


Рис. 3.31. Створення отворів у плитах перекриття

- Виділіть плиту перекриття.
- Натисніть на кнопку **Каркас**.
- Перейдіть на вкладку **Створення** (панель **Інструменти побудови**) і клацніть по кнопці **Отвір**.
- У рядку властивостей інструменту **Отвір** виберіть спосіб побудови – **Прямокутник**.
- Задайте прямокутний отвір для сходових клітин в ядрах жорсткості, вводючи послідовно пару точок вершин прямокутника по діагоналі.
- Натисніть на кнопку **Текстура** (рис. 3.31).
- Натисніть **Esc** на клавіатурі, щоб зняти виділення з плити.

12. Скопіювати поверхи.

- Відкрийте діалогове вікно **Створити новий поверх** (рис. 3.32) клацанням по кнопці – Поверх (панель **Проект** вкладки **Створення**).

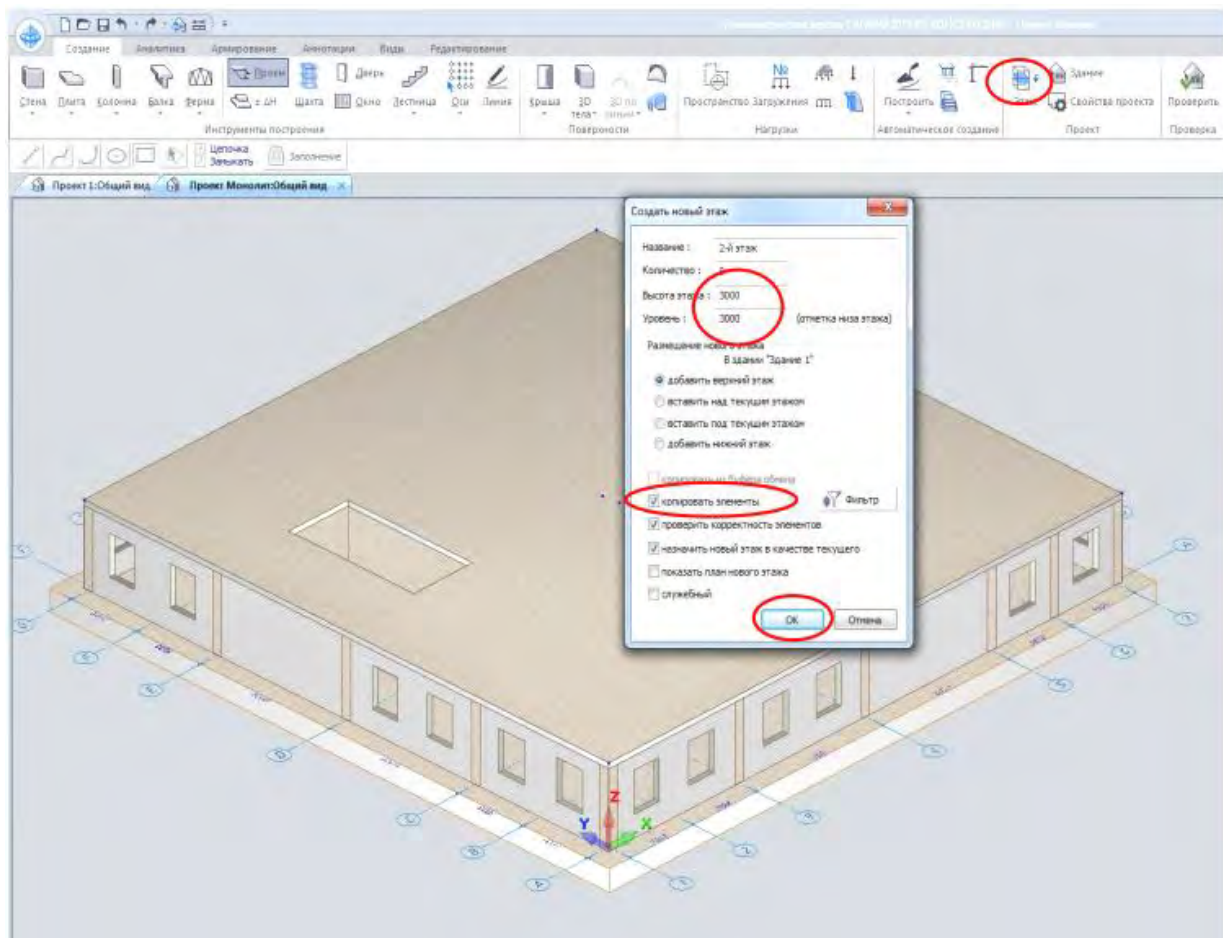


Рис. 3.32. Створення нового поверху

- У діалоговому вікні введіть наступні дані: кількість – **8**; висота поверху – **3000 мм** (приймати згідно завдання)
- Поставте галочку **Копіювати елементи**.
- Після цього натисніть на кнопку **Ок**.

Вид будівлі представлений на рис. 3.33.

Для видалення отворів в плиті покриття (верхня плита) виділіть курсором твори, натисніть **Delete** на клавіатурі.

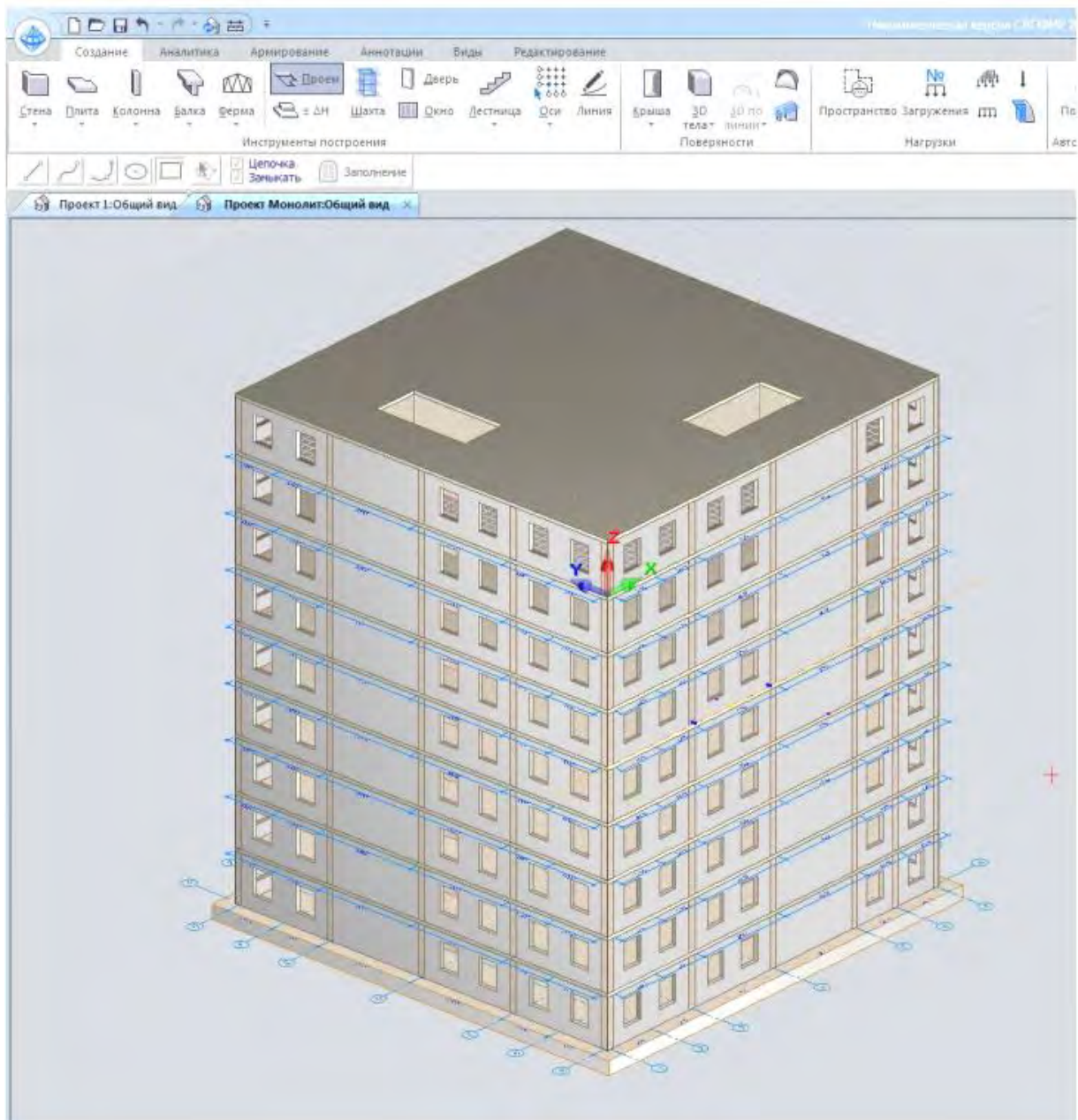


Рис. 3.33. Просторова модель монолітної залізобетонної будівлі після проведення копіювання поточного поверху

Контрольні запитання

1. Які конструктивні елементи використовують для створення просторової моделі будівлі?
2. Який нормативний документ слід обирати для проєктування залізобетонних конструкцій будівлі?
3. Яким чином забезпечена жорсткість конструктивної системи будівлі у горизонтальному напрямку?
4. Назвіть інструменти для побудови стін.
5. Якою може бути інтерпретація стін у просторовій моделі будівлі?
6. Які розрахункові характеристики елементів необхідно задати, щоб надати геометричним об'єктам властивості конструктивних елементів?
7. Який тип армування поперечного перерізу слід обирати для колон?
8. Якими є мінімальний і максимальний відсотки армування конструктивних елементів?
9. Які конструктивні заходи слід вжити для запобігання продавлюванню плити перекриття колонами?
10. Які характеристики необхідно задавати для створення граничних умов фундаментної плити?

4. Лабораторна робота №2.

Задавання навантажень та перетворення архітектурної моделі у скінченно-елементну розрахункову схему

Мета роботи: ознайомитися із методиками задавання навантажень, редагування таблиць сполучень РСН / РСЗ та підготовки архітектурної моделі в середовищі ПК «САПФІР» до розрахунку у ПК «ЛІРА-САПР» на прикладі архітектурної моделі, побудованої у лабораторній роботі №1.

Хід виконання роботи:

1. Задати снігове завантаження.

- Змініть навантаження на плити покриття:
 - постійні від ваги покрівлі на покриття ($q1 = 3,5 \text{ кПа} = 0,356 \text{ т/м}^2$);
 - тимчасові навантаження встановіть 0 т/м^2 .
- Після цього натисніть на кнопку **Enter** на клавіатурі.
- Для створення снігового навантаження на покриття натисніть на кнопку - **Штамп навантаження** (панель **Навантаження** на вкладці **Створення**).
- У рядку властивостей інструменту **Навантаження** задайте наступне:
 - спосіб побудови – **Прямокутник**;
 - відкрийте діалогове вікно **Редактор завантажень** клацанням по кнопці;
 - в діалоговому вікні клацніть по рядку **Завантаженість інше**;
 - натисніть на цей рядок ще раз та перейменуйте його в **Сніг**;
 - клацанням в колонці **Коефіцієнт надійності** по рядку **Сніг** введіть значення коефіцієнта надійності для снігового навантаження 1,14 і частку тривалості 0,7 (рис. 4.1);
 - клацніть по кнопці **ОК**.
- Задайте навантаження на початку і в кінці: тимчасові від ваги снігу на покриття ($v1 = 3,2 \text{ кПа} = 0,326 \text{ т/м}^2$).

Характеристичне значення снігового навантаження слід приймати у залежності від району (міста) зведення будівлі (див. табл. вихідних даних) за дод. Е, ДБН [1].

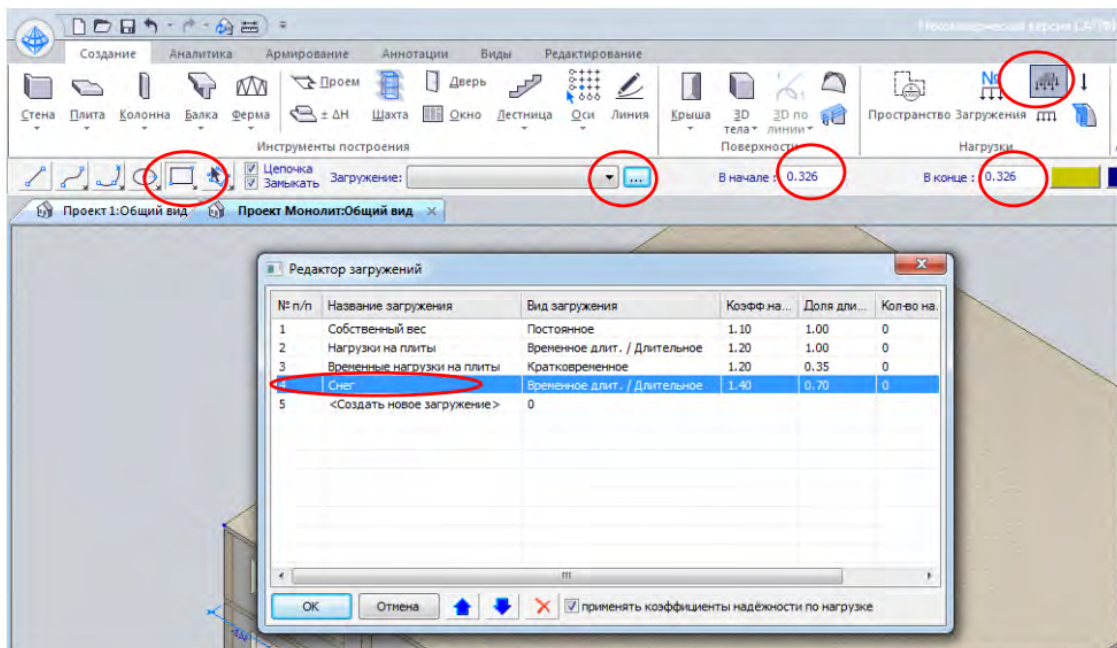


Рис. 4.1. Створення завантаження від ваги снігу

- Для задання навантаження зніміть галочку з «0» ЛСК.
- Відзначте крайню точку плити покриття і їй протилежну точку на плиті (рис. 4.2).

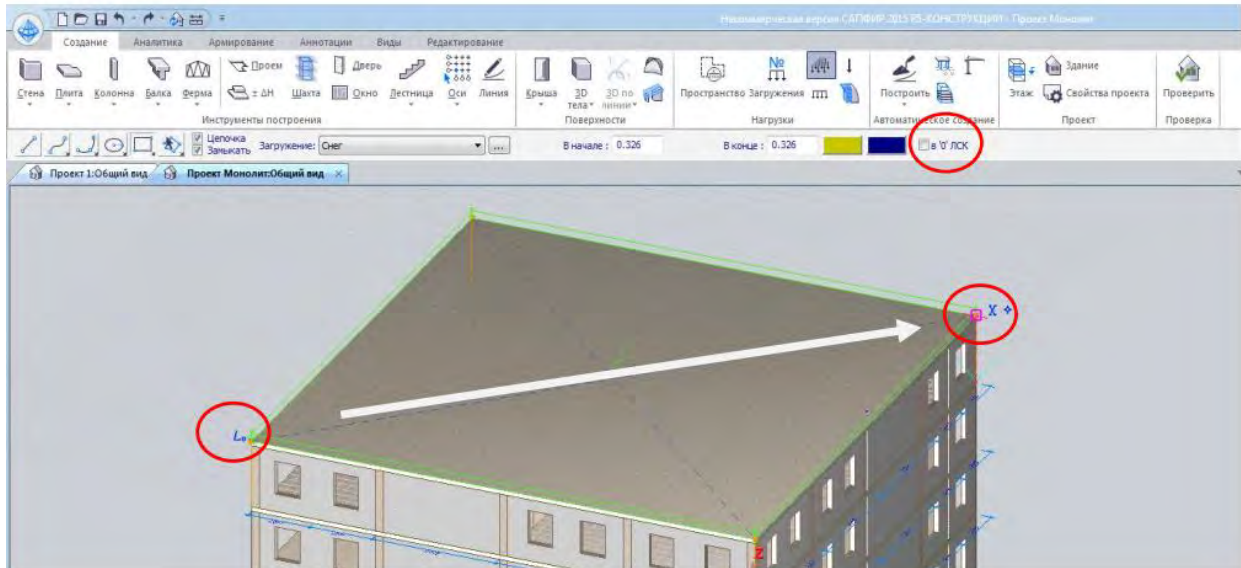


Рис. 4.2. Задавання навантаження на плиту покриття

2. Задати вітрове завантаження

Характеристичне значення вітрового навантаження слід приймати в залежності від міста будівництва будівлі (див. табл. вихідних даних) за вітровим районом, рис 9.1, ДБН [1].

- Для створення першого варіанту вітрового навантаження натисніть на кнопку – **Вітрове навантаження** (панель **Навантаження** на вкладці **Створення**).
- У діалоговому вікні **Параметри моделі вітру** (рис. 4.3) в полі **Нормативний документ** оберіть **ДБН В.1.2.-2.2006**.

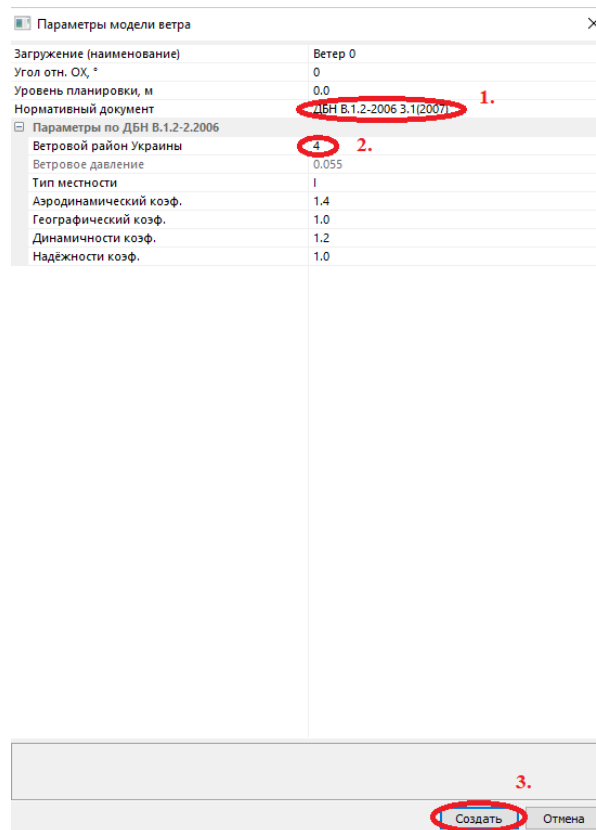


Рис. 4.3. Задавання першого варіанту вітрового навантаження

- В полі **Вітровий район України** оберіть один із 6 вітрових районів в залежності від міста будівництва (згідно завдання).
- Після цього натисніть на кнопку **Створити**. З'явиться повідомлення про успішне створення вітрового навантаження (рис. 4.4).

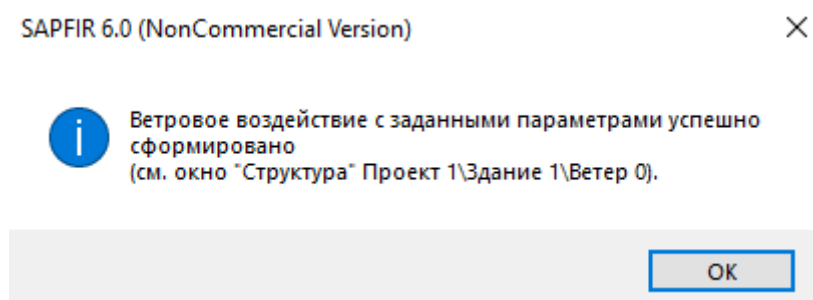


Рис. 4.4. Повідомлення про успішне створення вітрового навантаження

- Для створення другого варіанту вітрового завантаження слід знову натиснути на кнопку – **Вітрове навантаження** (панель **Навантаження** на вкладці **Створення**).
- В полі **Кут відн. ОХ, °** задати значення кута напряму дії вітрового завантаження 90° .
- Всі інші параметри прийняти по аналогії із першим варіантом завантаження.
- Після натискання на кнопку **Створити**, і отримання повідомлення про успішне створення вітрового навантаження буде створений другий варіант вітрового завантаження.

3. Задати коефіцієнт постелі

- Два рази клацніть на папці **1 поверх**, панелі **Структура**.
- Виділіть фундаментну плиту і у вкладці **Граничні умови** панелі **Властивості** введіть значення коефіцієнт жорсткості пружної основи на стиск $CI = 3000 \text{ кН/м}^3 = 305,8 \text{ тс/м}^3$ (приймати за завданням).
- Після цього натисніть на кнопку **Enter** на клавіатурі.

(Коефіцієнт постелі CI , який відображає податливі властивості ґрунтової основи плитного фундаменту, може бути розрахований студентом самостійно по моделі Вінклера. Приклад даного розрахунку представлений у додатку Б.)

4. Створити скінченно-елементну модель

- Відкрийте діалогове вікно **Розрахункова модель** (вкладка **Аналітика**).
- У діалоговому вікні натисніть на кнопку **ОК** (рис. 4.5).
- Відкрийте діалогове вікно **Параметри** (рис. 4.6) клацанням по кнопці – **Властивості розрахункової моделі** (панель **Розрахункова модель: Створення** на вкладці **Аналітика**).
- У діалоговому вікні задайте **Видаляти вушка - так**.
- **R** пошуку *мм* – **50**; **R_m** *мм* – **100**.

➤ Після цього натисніть на кнопку **ОК**.

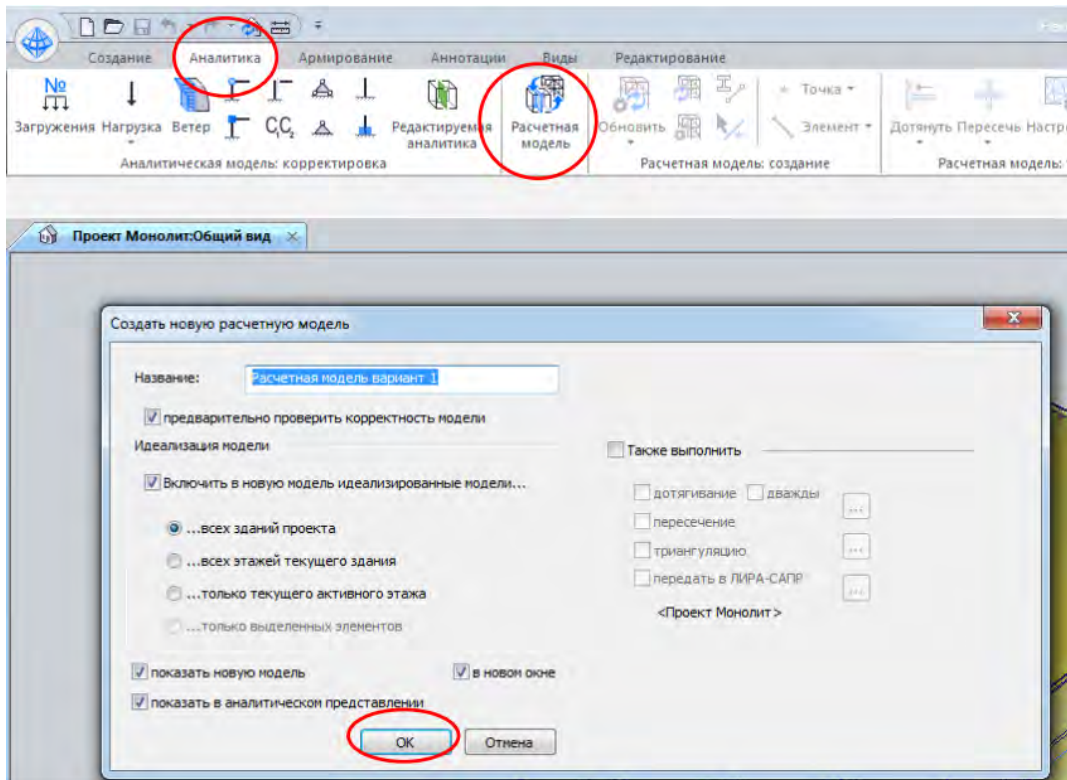


Рис. 4.5. Створення нової розрахункової схеми

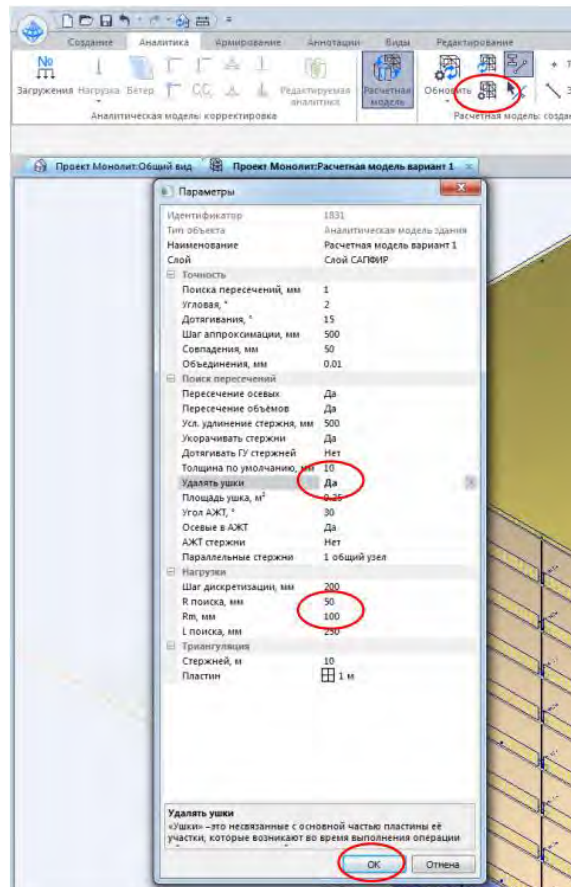


Рис. 4.6. Коригування властивостей розрахункової схеми

- Для коректності подальшого пошуку перетинів і усунення дрібних архітектурних невідповідностей натисніть на кнопку – **Дотягнути двічі** в списку **Дотягнути** (панель **Розрахункова модель: триангуляція** на вкладці **Аналітика**).
- У діалоговому вікні клацніть по кнопці **Так** (рис. 4.7).

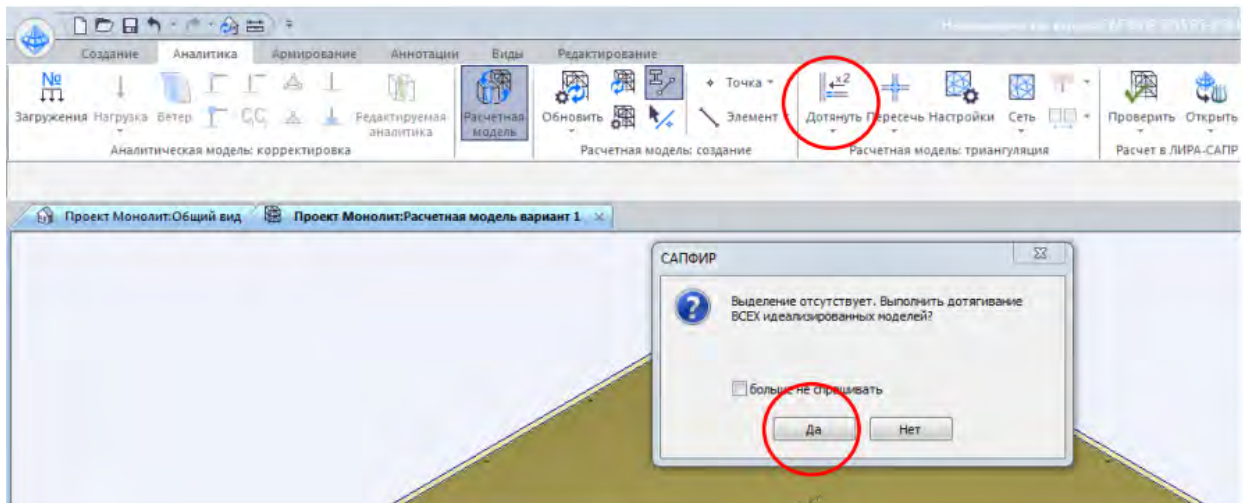


Рис. 4.7. Идеализация модели

- Натисніть кнопку - **Знайти перетин** в списку **Перетнути** (панель **Розрахункова модель: триангуляція** на вкладці **Аналітика**).
- У діалоговому вікні клацніть по кнопці **Так** (рис. 4.8).

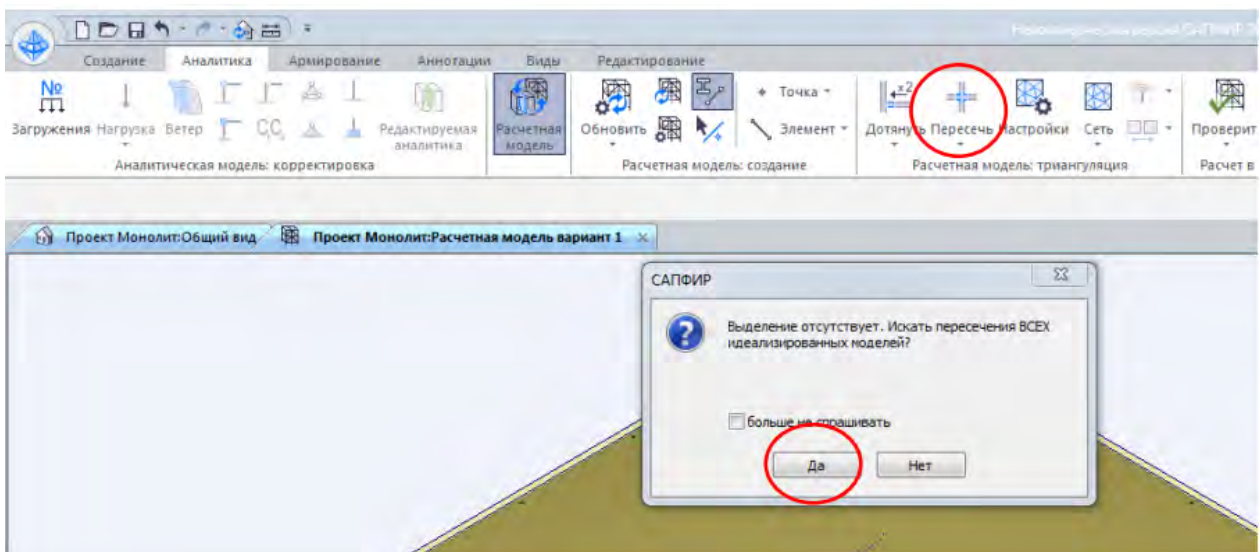


Рис. 4.8. Поиск перетинів ідеалізованої моделі

- Розрахункова модель з виконаними перетинами, рис. 4.9.

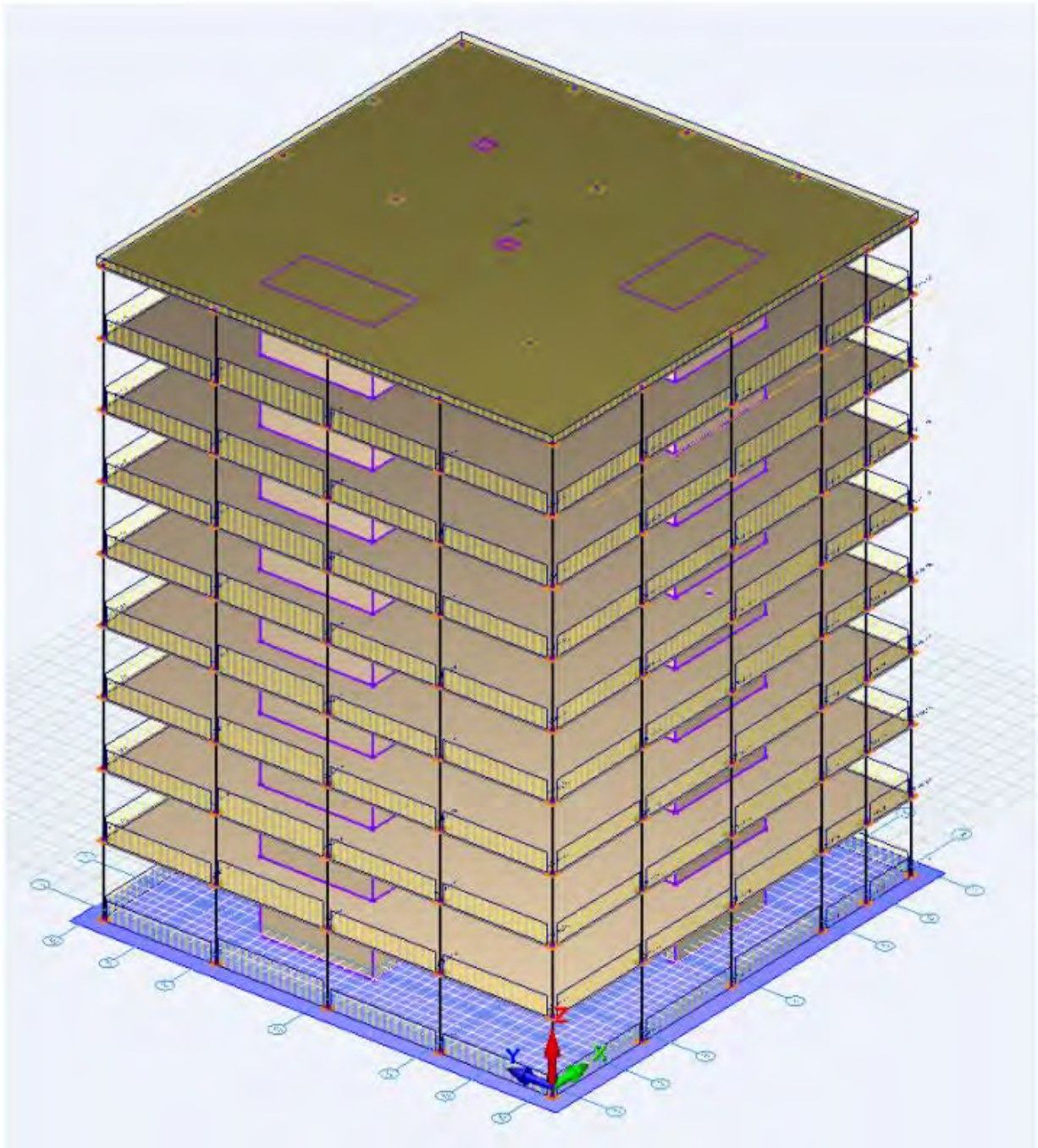


Рис. 4.9. Розрахункова модель із знайденими перетинами

- Відкрийте діалогове вікно **Налаштування тріангуляції** клацанням по кнопці - **Налаштування** (панель **Розрахункова модель: тріангуляція** на вкладці **Аналітика**).
- У діалоговому вікні задайте наступне:
 - **тріангуляція пластин** – адаптивна чотирикутна;
 - **крок, м - 0.4**.
- Після цього натисніть на кнопку **Призначити** (рис. 4.10).

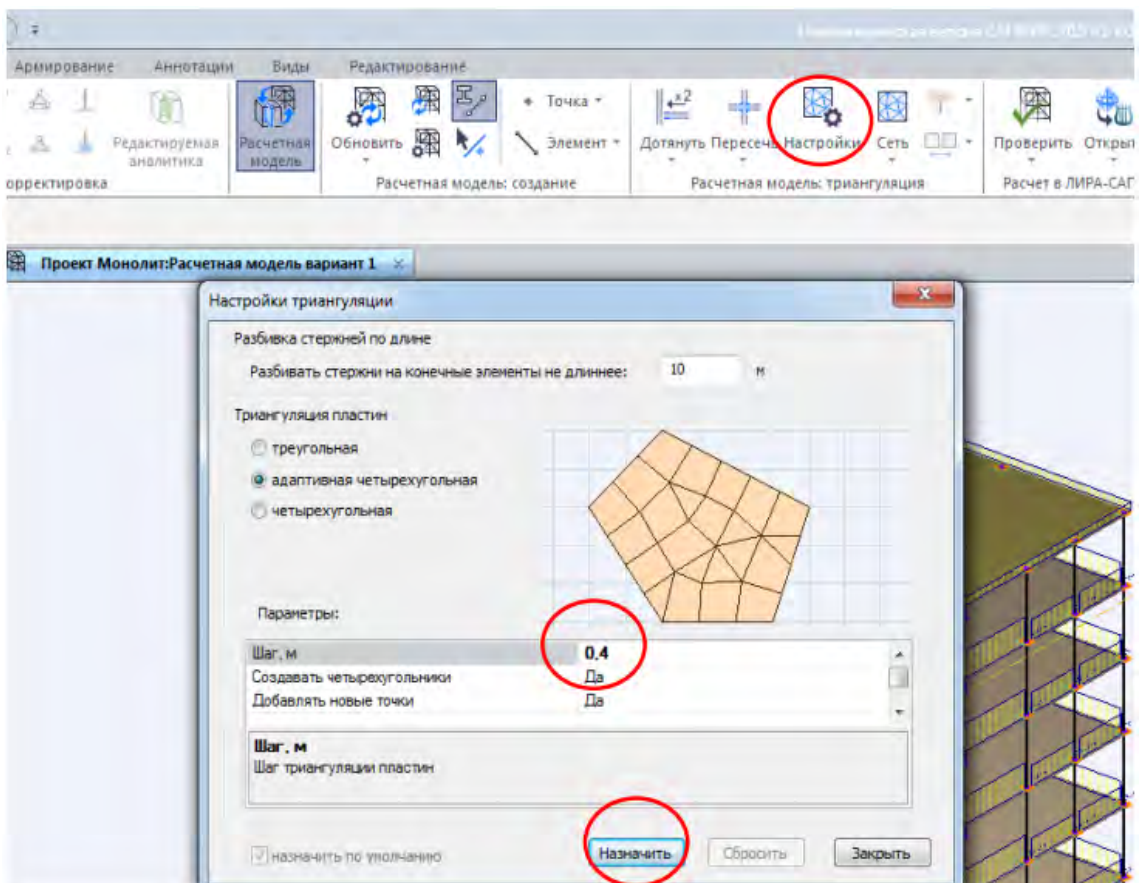


Рис. 4.10. Налаштування триангуляції розрахункової моделі

- Для розбивки на СЕ натисніть на кнопку – **Створити триангуляційну сітку** в списку **Сітка** (панель **Розрахункова модель: триангуляція** на вкладці **Аналітика**), рис. 4.11.

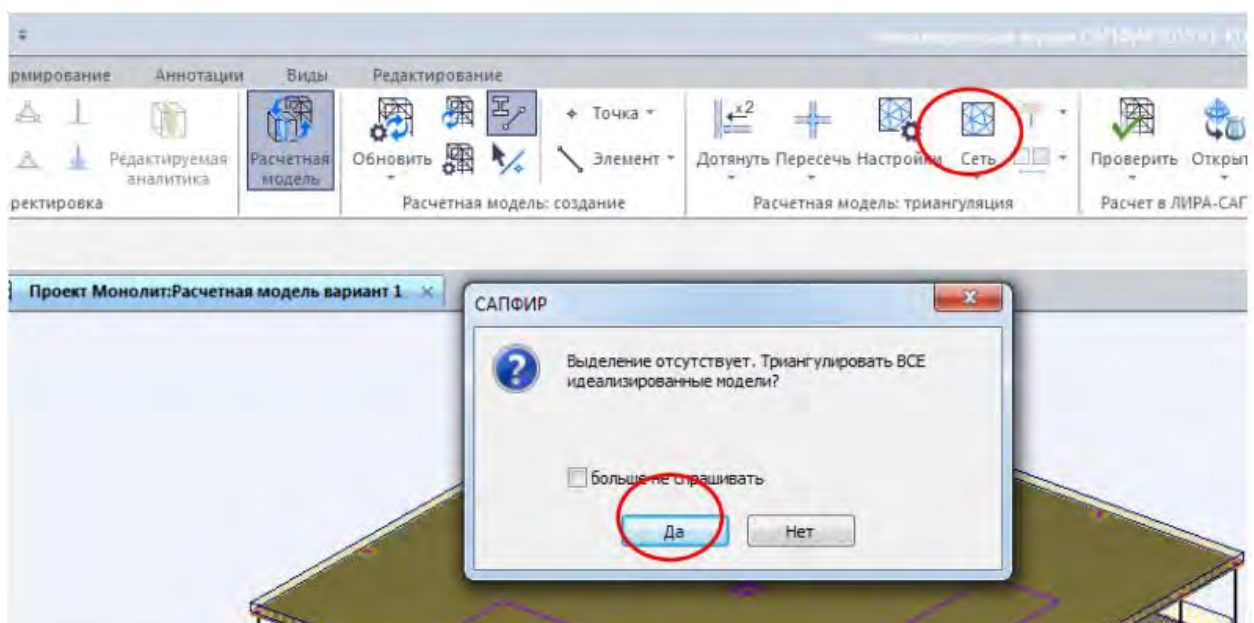


Рис. 4.11. Створення триангуляційної сітки розрахункової моделі

5. Відредагувати завантаження

- Відкрийте діалогове вікно **Редактор завантажень**.
- Для кожного завантаження вводимо відповідні: **Вид завантаження**, **Коефіцієнт надійності** і **Частку тривалості** (рис. 4.12).
- Для вітрового навантаження додатково вказуємо знакозмінність «+/-» у стовпчику **Знак**.
- Натискаємо кнопку **«ОК»**.

№ п/...	Колір	Назва завантаження	Вид завантаження	Підвид	Частка три...	Инжен...	Взає...	Об'єд...	Супутні...	Знак
<input checked="" type="checkbox"/> 1:1		Власна вага	Постійне	пост 1.10	1.00					+
<input checked="" type="checkbox"/> 2:2		Постійні навантаження на плити	Постійне	пост 1.10	1.00					+
<input checked="" type="checkbox"/> 3:3		Тривалі навантаження на плити	Тривале	тимч.трив 1.20	1.00					+
<input checked="" type="checkbox"/> 4:4		Короткочасні навантаження на плити	Короткочасне	тимч.коротк 1.20	0.35					+
<input checked="" type="checkbox"/> 5:5		Снігове	Тривале	тимч.трив 1.00	1.00					+
<input checked="" type="checkbox"/> 6:6		Навантаження від стін	Постійне	пост 1.10	1.00					+
<input checked="" type="checkbox"/> 7:7		Вітер 0	Миттєве	$\gamma_{fm}/\gamma_{fe} = 5.43$	0.00		1			+/-
<input checked="" type="checkbox"/> 8:8		Вітер 90*	Миттєве	$\gamma_{fm}/\gamma_{fe} = 5.43$	0.00		1			+/-
<input type="checkbox"/> 9		<Створити нове завантаження>								

Рис. 4.12. Редактор завантажень

Коефіцієнт надійності за навантаженням і його **Частку тривалості** слід визначати за будівельними нормами на навантаження і впливи. Відповідно до чинного на даний період часу ДБН [1]:

Коефіцієнт надійності для навантаження від власної ваги несучих залізобетонних конструкцій $\gamma_{fm} = 1,1$.

Для рівномірно розподілених навантажень:

→ для конструкції підлог (постійне навантаження) $\gamma_{fm} = 1,2$;

→ для тимчасових корисних навантажень $\gamma_{fm} = 1,2$.

Коефіцієнти надійності для снігового навантаження слід приймати рівним $\gamma_{fm} = 1,14$.

Частка тривалості для постійних навантажень **1**.

6. Створити файл для ПК «ЛІРА-САПР»

- У вкладці **Аналітика**, на панелі **Розрахунок** у **ЛІРА-САПР** натисніть на кнопку **Перевірити**. Після виконання перевірки у САПФІР вікні

Службова інформація на вкладці Помилки з'являється повідомлення, в кінці яких може з'явитися фраза:

«Сніг. Для частини навантаження не знайдені елементи, до яких воно застосоване. Загублено 0,21% (0.584 *тс*). Для 1 навантажень або моментів не вдалося знайти елементи, до яких вони, або їхніх частини, застосовані (втрачено 0,584 *тс*)».

Корекція втрачених навантажень

- Виконуємо подвійне клацання по рядку службової інформації: **«Для *n* навантажень або моментів не вдалося знайти кінцеві елементи, до яких вони, або їхні частини, додані»** виділяючи елементи, до яких відноситься ця інформація.
- Відкрийте діалогове вікно **Параметри** клацанням по кнопці - **Властивості розрахункової моделі** (панель **Розрахункова модель: створення** на вкладці **Аналітика**), рис. 4.13.
- У діалоговому вікні задайте ***R* пошуку – 150 мм.**
- ***R_m* – 150 мм.**
- Триангуляція пластин – **0.3 м.**
- Після цього натисніть на кнопку **ОК.**
- Клацніть правою кнопкою миші по тексту помилок службової інформації і у вікні, натисніть кнопку **Очистити.**
- Натисніть кнопку **Оновити розрахункову модель** (панель **Розрахункова модель створення** у вкладці **Аналітика**).
- Знову натисніть на кнопку – **Створити триангуляційну сітку** в списку **Сітка** (панель **Розрахункова модель: триангуляція** на вкладці **Аналітика**).
- У вкладці **Аналітика**, на панелі **Розрахунок в ЛІРА-САПР**, натисніть на кнопку **Перевірити.**

Після виконання перевірки в САПФІР у вікні **Службова інформація на вкладці Помилки** не має з'явитися нових повідомлень, тобто помилки були усунені.

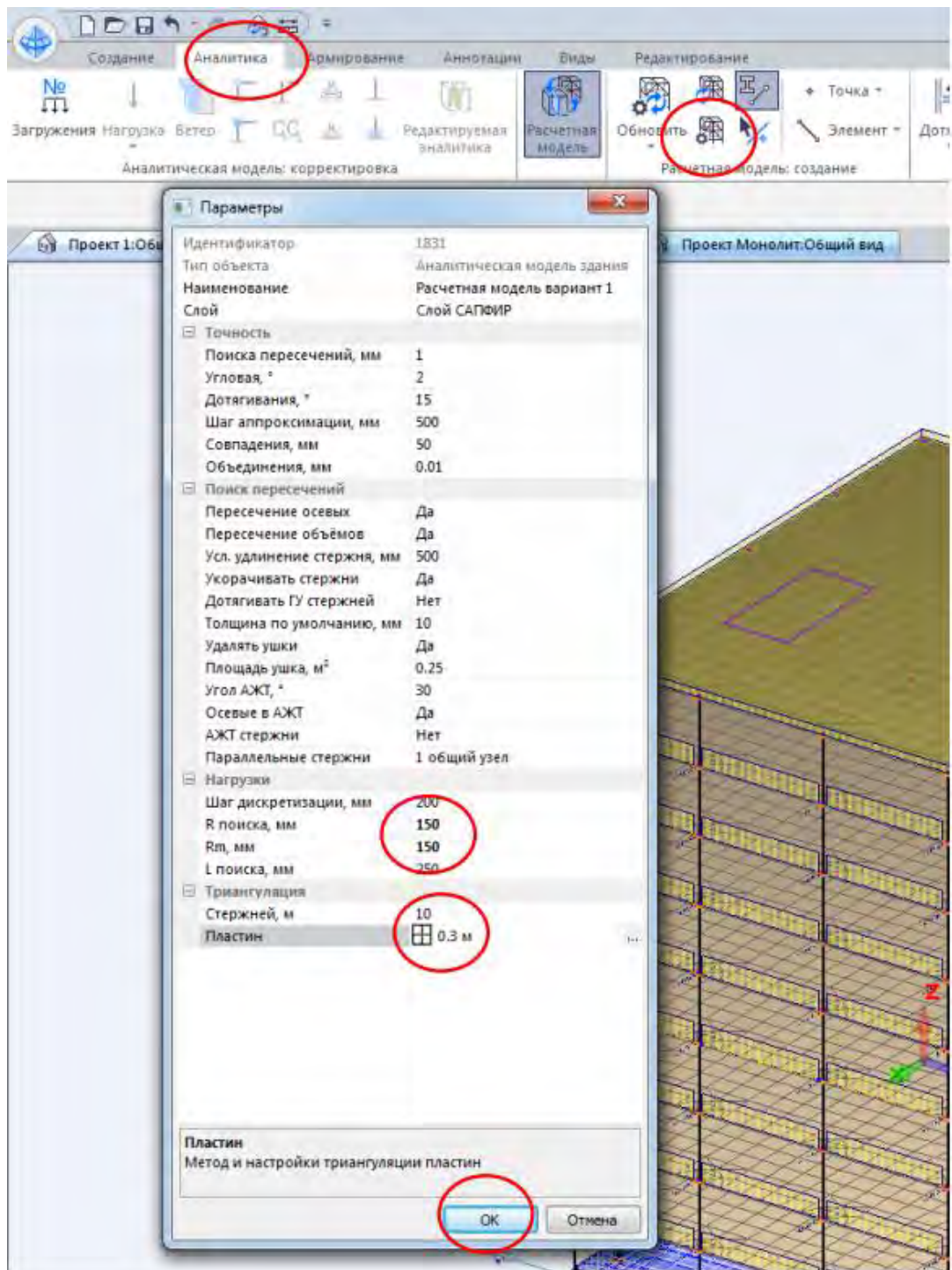


Рис. 4.13. Параметры розрахункової моделі

7. Створити проміжний файл для експорту у ПК «ЛІРА-САПР»

- Щоб зберегти файл САПФІР для ЛІРА-САПР натисніть на кнопку – **Зберегти** в списку **Відкрити** (панель **Розрахунок** в ЛІРА-САПР на вкладці **Аналітика**).
- У відкритому діалозі можна задати ім'я для файлу в форматі (* .S2L) і вибрати папку для збереження.

Контрольні запитання

1. Які типи завантажень реалізовані в Редакторі завантажень?
2. Які варіанти триангуляції пластин реалізовані в ПК ЛІРА-САПР і САПФІР?
3. Які варіанти сполучення навантажень реалізовані в Редакторі завантажень?
4. Які є способи прикладання вітрового навантаження на елементи розрахункової моделі будівлі?
5. Чи можливо у САПФІР обрати типи скінченних елементів для апроксимації конструктивних елементів у Розрахунковій моделі?
6. Яким чином перевірити правильність Розрахункової моделі у САПФІР?
7. Який нормативний документ є актуальним для моделювання навантажень і впливів на конструкції будівлі?
8. Яким чином можна врахувати клас наслідків будівлі для прикладення навантажень і впливів на конструкції?
9. Яким чином враховують взаємовиключення і знаковмінність навантажень і впливів?
10. Як визначити коефіцієнти жорсткості пружної основи фундаменту будівлі?

5. Лабораторна робота №3.

Розрахунок моделі у ПК «ЛІРА-САПР»

Мета роботи: ознайомитися із методиками коригування розрахункової схеми після імпорту із ПК «САПФІР», задавання матеріалів конструювання, редагування таблиць сполучень РСН / РСЗ, а також вирішення найбільш розповсюджених проблем при розрахунку у ПК «ЛІРА-САПР», на прикладі розрахункової моделі, побудованої у лабораторній роботі №2.

Хід виконання роботи:

1. Відкриття розрахункової схеми в ПК ЛІРА-САПР

Запустіть ЛІРА-САПР.

- Закрийте стартовий діалог **Опис схеми**.
- Зайдіть в меню Програми. В даному діалозі слід клікнути лівою клавішею миші по рядку Імпорт файлів S2L (рис. 5.1). У відкритому діалозі слід вказати шлях до збереженого файлу S2L.

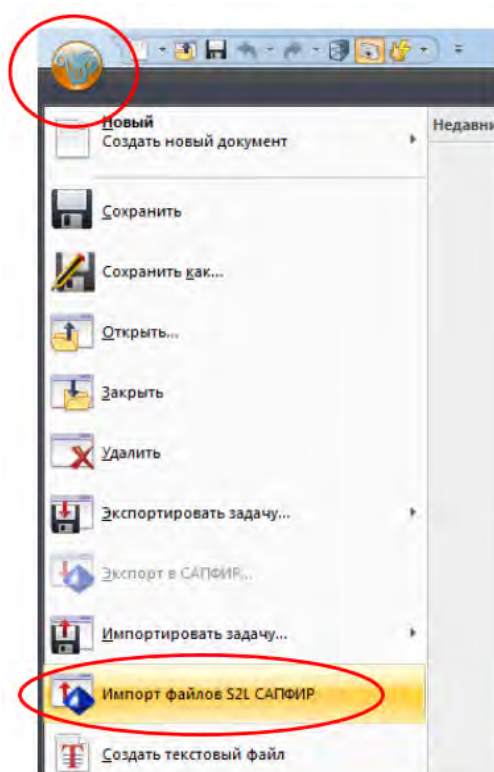


Рис. 5.1. Меню Програми

Після відкриття файлу слід налаштувати візуалізацію розрахункової схеми.

Для цього:

- на панелі Вибору (знаходиться біля нижньої межі вікна програми) слід відкрити вікно **Параметри відображення**;
- В даному вікні перейдіть у вкладку **Загальні**, зніміть «галочку» **Візуалізація навантажень** і натисніть знизу **Перемалювати**.

Встановіть галочку **Застосовувати автоматично**. Розрахункова схема повинна виглядати так як показано на рис. 5.2.

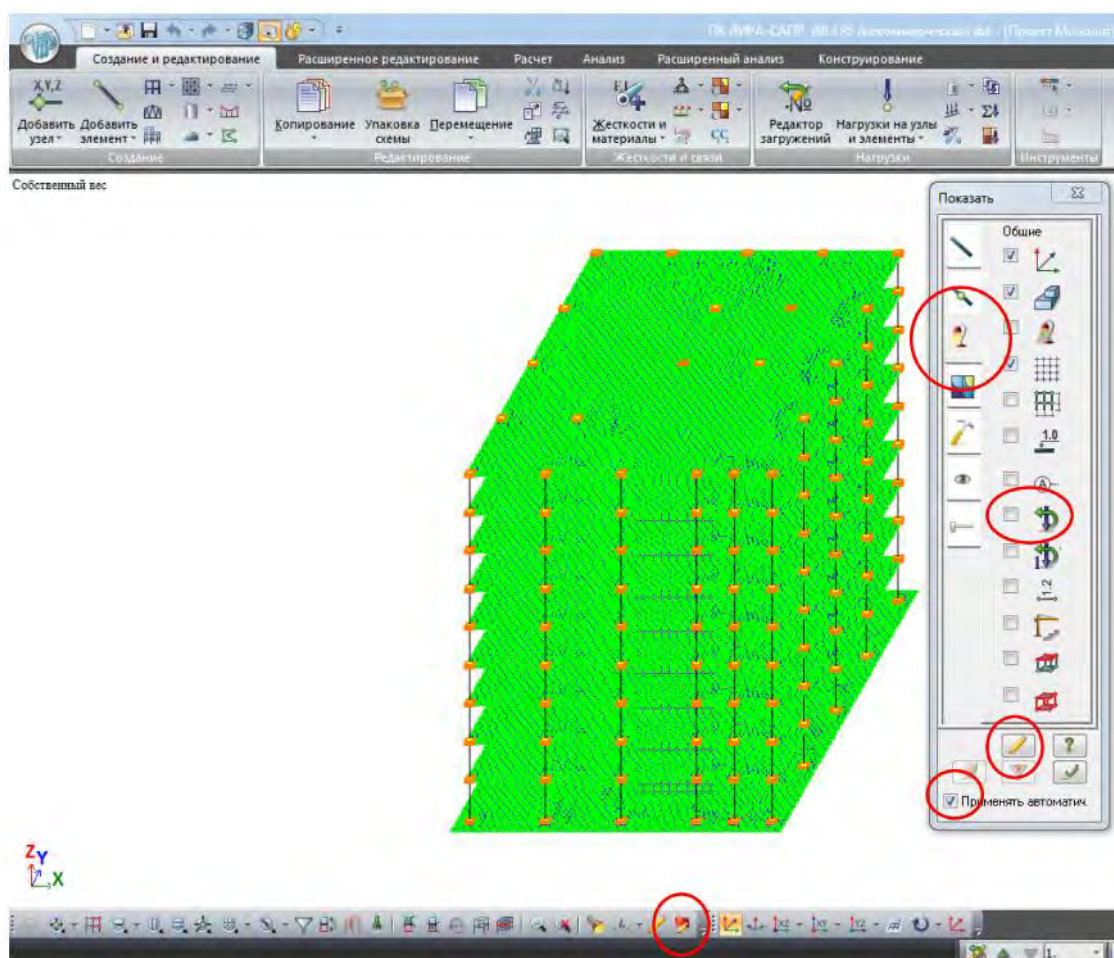


Рис. 5.2. Розрахункова схема будівлі

2. Створити таблиці розрахункових сполучень навантажень

Для перегляду результатів розрахунку від комбінацій навантажень, а також підбору арматури слід створити розрахункові сполучення навантажень **РСН**.

- На панелі **Доп. розрахунки** у вкладці **Розрахунок** слід клікнути на кнопку **РСН**.

- У лівому верхньому кутку змініть норми з СНиП 2.01.07-85* на ДБН В.1.2-2:2006 [1].
- Відкорегуйте стовпці **Вид**, **Знакозмінн.**, **Коефіцієнт надійності** і **Частка тривалості**, як це показано на рис. 5.3.
- У лівому нижньому кутку вікна потрібно натиснути кнопку **Додати**. Генеруються варіанти 1-го основного поєднання навантажень для розрахунку по першій групі граничних станів.
- У тому ж кутку вікна слід обрати **2 основне** та натиснути кнопку **Додати**. Генеруються варіанти 2-го основного поєднання навантажень.
- Натисніть кнопку **Зберегти** і закрийте вікно.

Розрахункові сполучення навантажень

Номер таблиці РСН: 1 Ім'я таблиці РСН: Імпорт з САПФІР: ДБН В. 1.2 - 2:2006 (Укр)

ДБН В. 1.2 - 2:2006

1. Коеф. надійності за відповідальністю:
 для I-го ГС: 1
 для II-го ГС: 1
 для аварійних сполучень: 1

У розрахунковій схемі задані:
 розрахункові навантаження
 нормативні навантаження

Не враховувати сейсміку для II-го ГС
 Не враховувати особливе завантаж. для II-го ГС

2.

N завантаж.	Найменування	Вид	Знакозмінн.	Взаемовикл.	Yfm / Yfe	P q / P ch
1	Власна вага	Постійне(П)	+		1.1	1.0
2	Постійні навантаження на плити	Постійне(П)	+		1.1	1.0
3	Тривалі навантаження на плити	Тривале(Т)	+		1.2	1.0
4	Короткочасні навантаження на плити	Короткочасне(К)	+		1.2	0.35
5	Снігове	Тривале(Т)	+		1.0	1.0
6	Навантаження від стін	Постійне(П)	+		1.1	1.0
7	Вітер 0	Миттєве(М)	+/-	1	1.0	0.0
8	Вітер 90*	Миттєве(М)	+/-	1	1.0	0.0

1 основне ΣП+Д+К+А (Кр+Т)+М
 2 основне
 Аварійне (С)
 Аварійне (Б/С)

Рис. 5.3. Розрахункові поєднання навантажень

3. Задати параметри матеріалів елементів схеми

Задавання даних для конструктивного розрахунку слід починати із створення варіантів конструювання схеми.

Кількість варіантів конструювання і норми для конструктивного розрахунку імпортуються з програми САПФІР. При необхідності користувач може внести свої корективи.

- Клацанням по кнопці **Варіанти** на панелі **Конструювання** відкрийте діалогове вікно **Варіанти конструювання**. В даному вікні слід проконтролювати дані, імпортовані з САПФІР, і при необхідності внести поправки.
- У вікні **Розрахунок перерізів** за слід задати розрахунок за **РСН**.
- У вікні **Залізобетонний розрахунок Норми** слід вибрати **ДБН В.2.6-98:2009** [2].
- Після коригування натисніть **Застосувати** перед закриттям вікна (рис. 5.4).

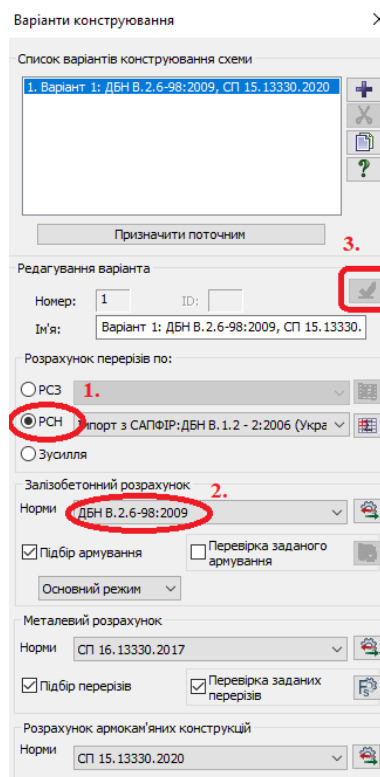


Рис. 5.4. Варіанти конструювання

Далі необхідно переглянути і скоригувати Матеріали для розрахунку залізобетонних конструкцій.

- Відкрийте діалогове вікно **Жорсткості і матеріали** (панель **Конструювання** на вкладці **Створення та редагування**) і натисніть на кнопку - **3 / 6** (рис. 5.5).
- Після цього виділіть рядок **стержень Балка** та натисніть на кнопку **Змінити**.

- На екрані відкриється діалогове вікно **Загальні характеристики**, в якому задайте наступні параметри для балок:
- Встановіть «галочку» **Виділяти кутові арматурні стержні**.

Дана ознака дозволяє отримати ефективне армування при косому згині стержня.

- У полі **Розрахунків за граничними станами II-ї групи** в списку виберіть рядок, відповідний діаметру арматури 25 мм.

Розрахункова ширина розкриття тріщин залежить від діаметра арматурного стержня, тому необхідно вказати, стержнями якого діаметру, приблизно, буде армуватися даний елемент.

- Всі інші параметри залишаються заданими по замовчуванню.
- Після цього натисніть на кнопку – **Підтвердити**.

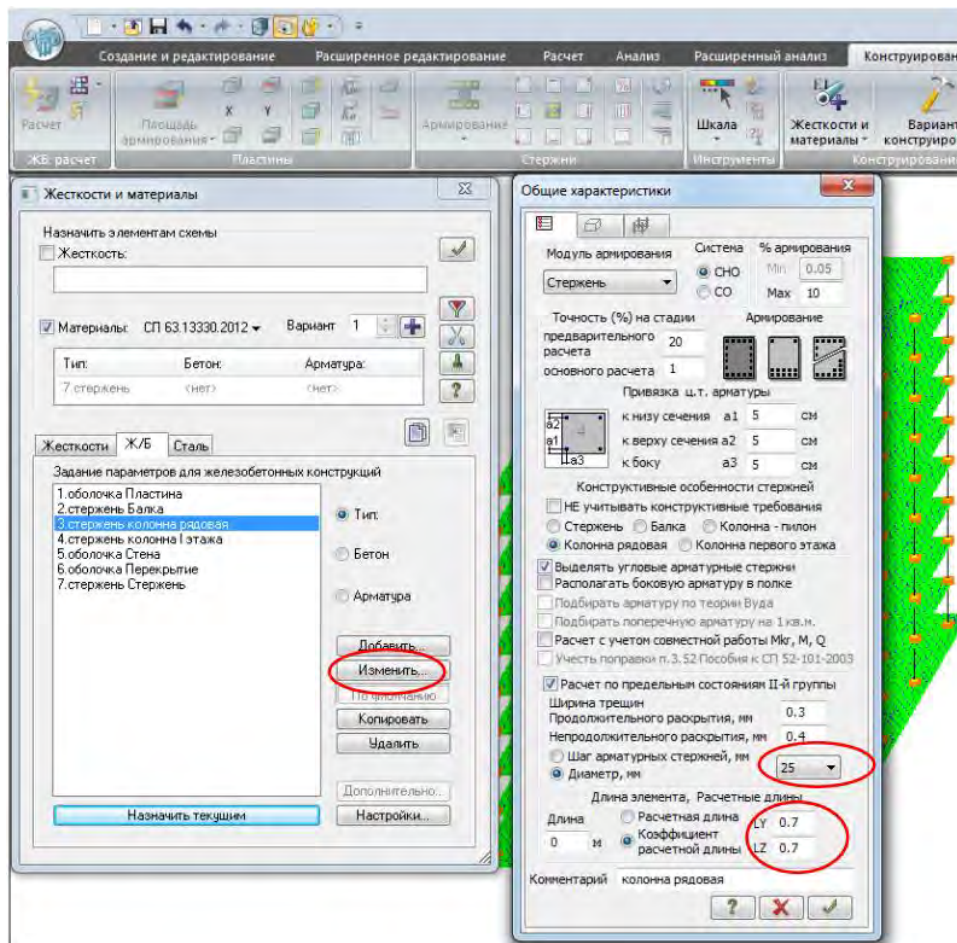


Рис. 5.5. Жорсткості і матеріали

- Виділіть рядок **стержень Колонна звичайна** і натисніть на кнопку **Змінити**.

- В полі **Розрахунок за граничними станами II-ї групи** в списку виберіть рядок, відповідний діаметру арматури **25 мм**.
- В полі **Довжина елемента, Розрахункові довжини** змініть коефіцієнти розрахункової довжини **$LY = 0,7$, $LZ = 0,7$** .

Коефіцієнти розрахункової довжини приймаються в залежності від умов сполучення колон з горизонтальними конструкціями і конструктивного виконання каркаса відповідно до ДБН [2], ДСТУ[3]. У розрахунково-графічній роботі допускається розрахункові довжини приймати для рядових колон багатопверхових будівель, при числі прольотів не менше двох і жорстких вузлах сполучень, рівними – $l_0 = 0,7 H$. Для колон першого поверху $l_0 = H$.

- Всі інші параметри залишаються заданими по замовчуванню (рис. 5.6).
- Після цього натисніть на кнопку - **Підтвердити**.

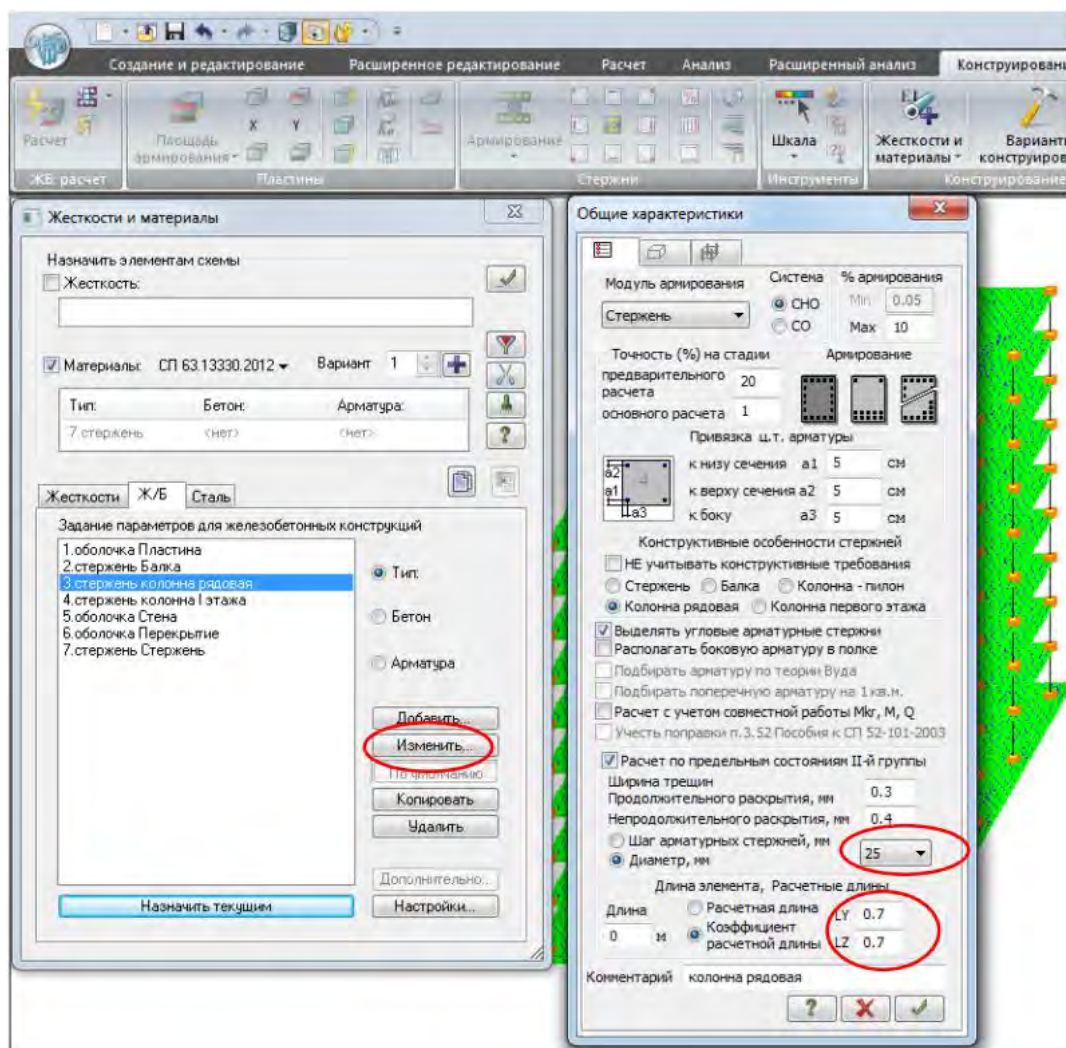


Рис. 5.6. Загальні характеристики колон

- У діалоговому вікні **Жорсткості і матеріали** увімкніть радіо-кнопку **Бетон**.
- Виділіть рядок **Бетон C20/25** і натисніть на кнопку **Змінити**.
- Замініть клас бетону на **C25/30**. В коментарі змініть C20/25 на C25/30.
- Після цього натисніть кнопку – **Підтвердити** (рис. 5.7).

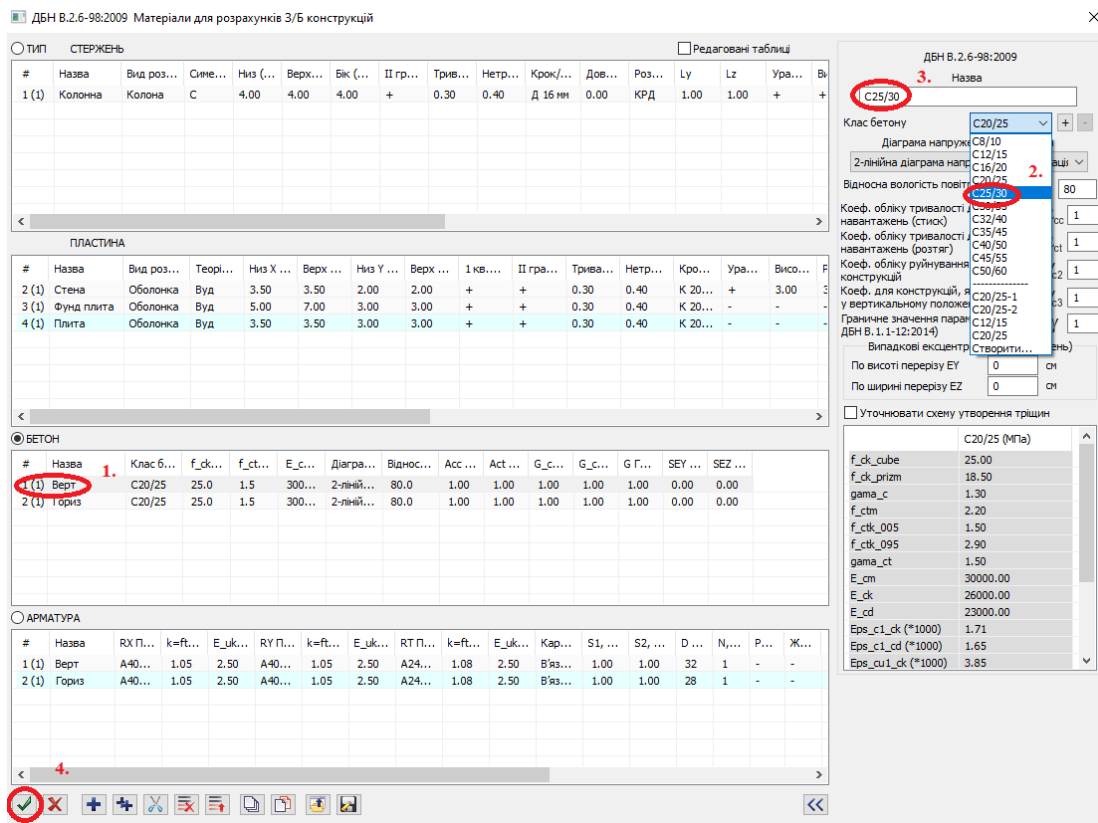


Рис. 5.7. Характеристики бетону

- У діалоговому вікні **Жорсткості і матеріали** увімкніть кнопку **Арматура**
- Натисніть кнопку **Змінити**.
- На екран виводиться діалогове вікно **Характеристики арматури** (рис. 5.8), в якому з'явиться список **Поперечна арматура** виберіть клас **A240C**, а в рядку **Максимальний діаметр арматурних стержнів** виберіть рядок, відповідний діаметру арматури **25 мм**.
- Після цього натисніть на кнопку – **Підтвердити**.

Згідно ДБН [2] розрахунок залізобетонних конструкцій за граничними станами першої і другої груп виконують по зусиллям і переміщенням, обчисленим з урахуванням непружних деформацій бетону і арматури і

можливого утворення тріщин. При відсутності методів розрахунку, що враховують непружні властивості залізобетону, статично невизначені залізобетонні конструкції допускається розраховувати в припущенні пружної роботи елементів. При цьому вплив фізичної нелінійності рекомендується враховувати на основі даних експериментальних досліджень, нелінійного моделювання, результатів розрахунку аналогічних об'єктів і експертних оцінок. На цій підставі для обліку тривалої дії навантажень, можливо приймати знижені значення модулів пружності для різних елементів конструкції.

Для залізобетонних монолітних конструкцій будівель, значення понижувальних коефіцієнтів щодо початкового модуля пружності бетону з урахуванням тривалості дії навантаження рекомендується приймати: для вертикальних несучих елементів - $0,6$, а для плит перекриттів (покриттів) при наявності тріщин - $0,2$.

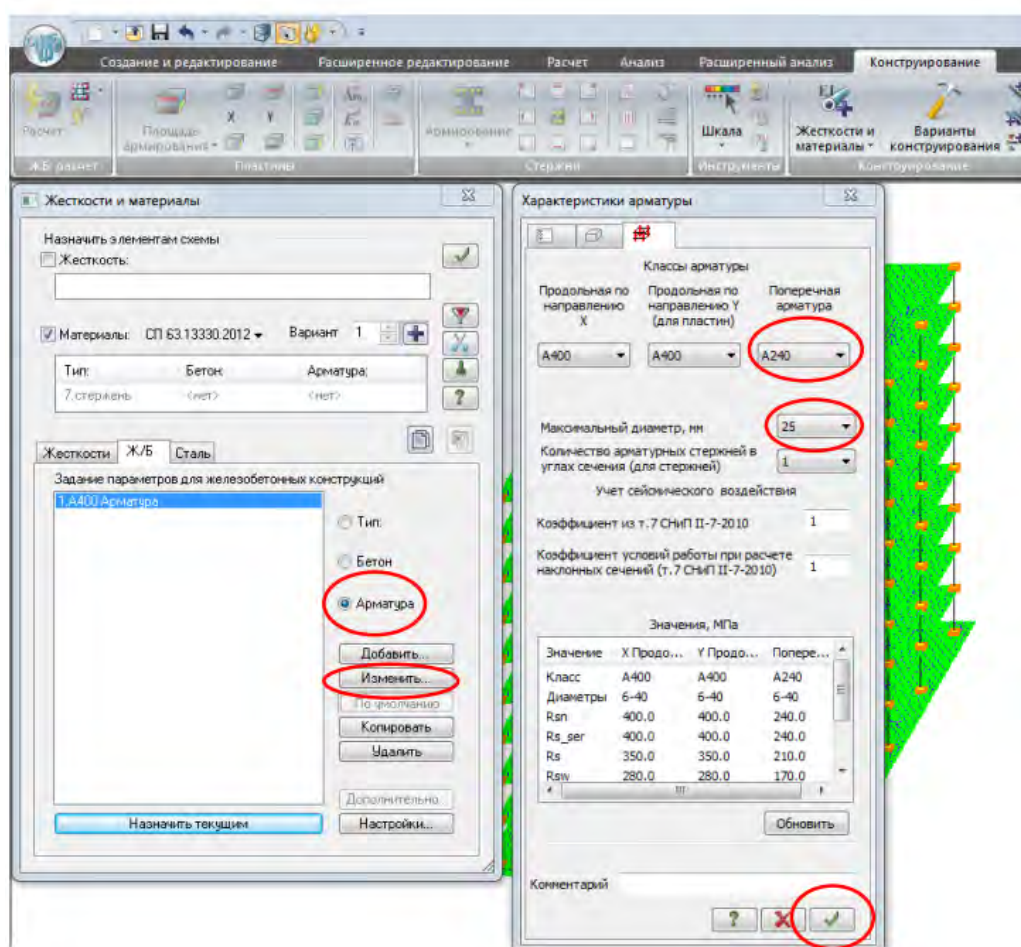


Рис. 5.8. Характеристики армування

Якщо раніше у програмі «САПФІР» не були змінені початкові модулі пружності бетону, то їх коригування необхідно виконати у програмі «ЛПР-САПР».

У діалоговому вікні **Жорсткості і матеріали** клацніть по кнопці **Жорсткості**.

- У вікні, яке з'явилося, в списку типів жорсткості, виділіть тип жорсткості **1 Брус 40×40**, а потім клацніть по кнопці **Змінити**.
- Відкриється вікно **Задавання стандартного перерізу**. В даному вікні змініть модуль пружності на $E = 1986000 \text{ тс/м}^2$ ($E = 3310000 \text{ тс/м}^2 \times 0.6 = 1986000 \text{ тс/м}^2$), а в рядку **Коментар** напишіть **Колонна**.
- Натисніть галочку **Застосувати** (рис. 5.9).

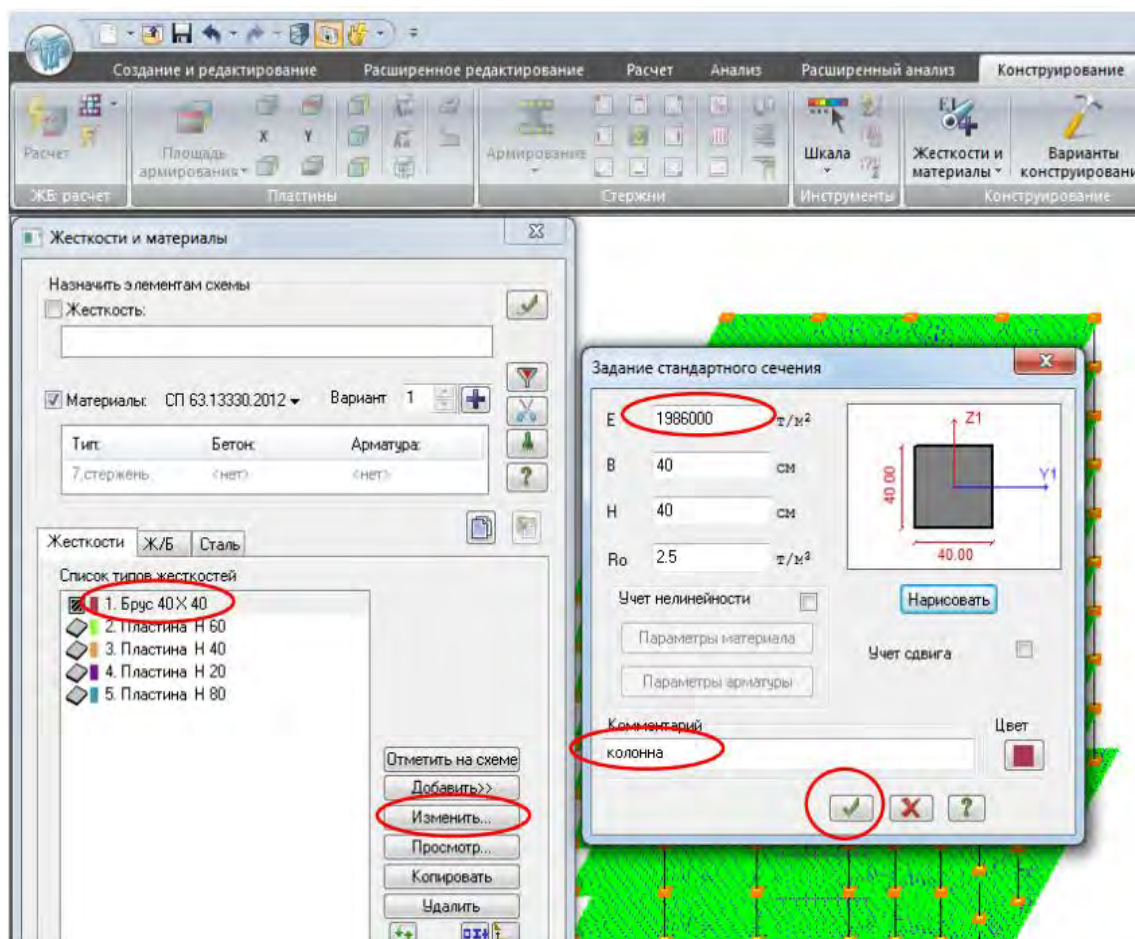


Рис. 5.9. Задавання стандартного перерізу

- Натисніть кнопку **2 Пластина Н 60**, потім на рядку **Змінити**. У вікні, яке з'явилося змініть модуль пружності на $E = 1986000 \text{ тс/м}^2$, а в рядку **Коментар** напишіть **Капітель 1**. Натисніть галочку **Застосувати**.

- Натисніть кнопку **3 Пластина Н 40**, потім на рядку **Змінити**. У вікні, яке з'явилося змініть модуль пружності на $E = 1986000 \text{ т/м}^2$ ($E = 3310000 \text{ тс/м}^2 \times 0.6 = 1986000 \text{ тс/м}^2$), а в рядку **Коментар** напишіть **Капітель 2**. Натисніть галочку **Застосувати**.
- Натисніть кнопку **4 Пластина Н 20**, потім на рядку **Змінити**. У вікні, яке з'явилося змініть модуль пружності на $E = 1986000 \text{ т/м}^2$, а в рядку **Коментар** написати **Стіна**. Натисніть галочку **Застосувати**.
- Натисніть кнопку **Копіювати**, має додатися тип жорсткості **6 Пластина Н20**.
- Натисніть кнопку **5 Пластина Н 80**, потім на рядку **Змінити**. У вікні, яке з'явилося змініть модуль пружності на $E = 662000 \text{ т/м}^2$ ($E = 3310000 \text{ тс/м}^2 \times 0.2 = 662000 \text{ тс/м}^2$), а в рядку **Коментар** написати **Фундаментна плита**. Натисніть галочку **Застосувати**.
- Натисніть кнопку **6 Пластина Н 20**, потім на рядку **Змінити**. У вікні, яке з'явилося змініть модуль пружності на $E = 662000 \text{ т/м}^2$, а в рядку **коментар** **Перекриття**. Натисніть галочку **Застосувати**.

Закрийте діалогове вікно Жорсткості і матеріали, клацанням по кнопці – **Закрити**.

4. Закріпити будівлю від значних горизонтальних зміщень при дії вітрового навантаження

З метою виконання вимог стосовно геометричної незмінюваності розрахункової схеми будівлі при дії вітрового навантаження та інших горизонтальних впливів, в розрахункову схему необхідно додати додаткові в'язі, які заборонятимуть переміщення уздовж глобальних осей координат OX , OY .

Додаткові в'язі додаємо у вузли фундаментної плити, розташовані приблизно уздовж осей симетрії плити у плані (рис. 5.10).

- Для додавання в'язей слід спочатку відфрагментувати фундаменту плиту, попередньо виділивши її скінченні елементи через команду **Жорсткості**

та матеріали. Виділяти вузли необхідно завдяки команді **Відмітка вузлів**, яка знаходиться в лівій нижній частині екрану програми.

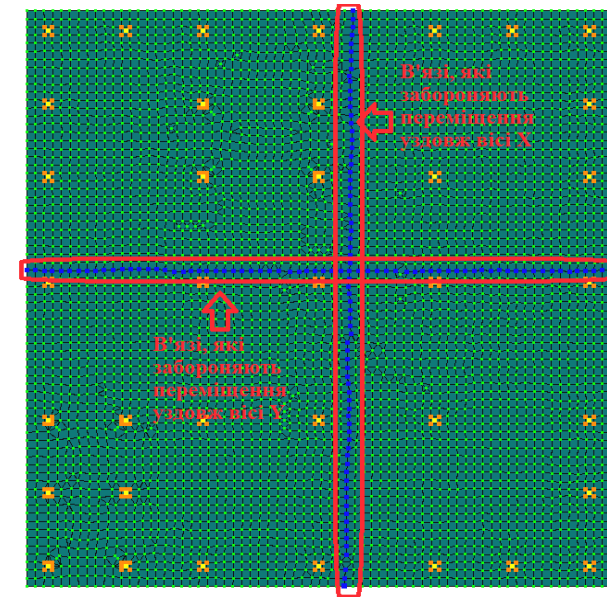


Рис. 5.10. Закріплення фундаментної плити будівлі від лінійних зміщень

- Після виділення вузлів треба задати в'язі за допомогою команди **В'язі** (рис. 5.11) (вкладка **Створення та редагування**, панель **Жорсткості та в'язі**).

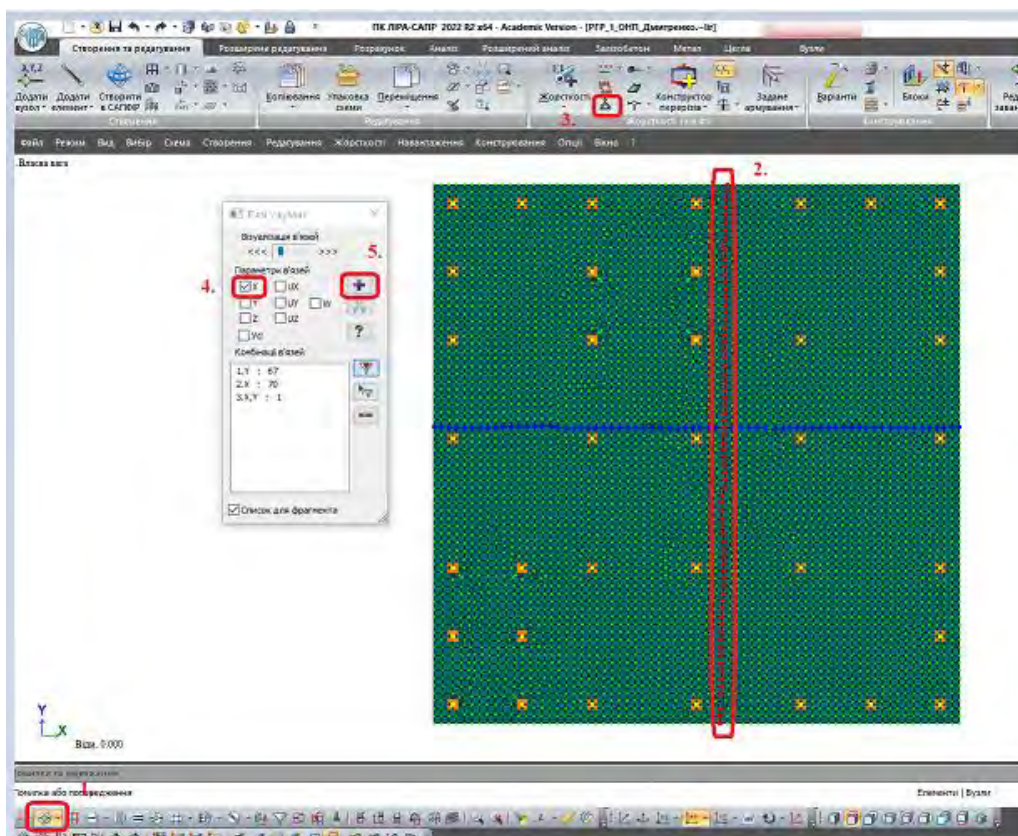


Рис. 5.11. Задавання в'язей за напрямком Ox глобальної системи координат

5. Виконати розрахунок будівлі

- Запустити завдання на розрахунок клацанням по кнопці – **Виконати розрахунок** (панель **Розрахунок** на вкладці **Розрахунок**, рис. 5.12).

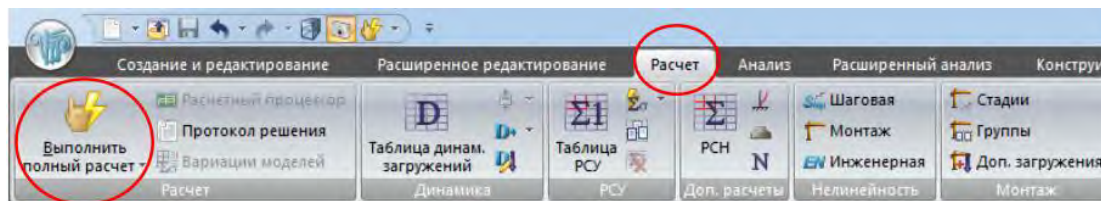


Рис. 5.12. Виконання розрахунку

Контрольні запитання

1. Які характеристики жорсткості елементів Розрахункової моделі можна редагувати?
2. Якими є значення коефіцієнтів розрахункової довжини елементів колон?
3. Якими є Варіанти конструювання елементів розрахункової схеми будівлі?
4. Граничні значення ширини розкриття тріщин?
5. Які параметри можна контролювати і змінювати у Розрахунковому процесорі ПК ЛІРА-САПР?
6. Які параметри напружено-деформованого стану конструкцій можна визначити і переглянути у ПК ЛІРА-САПР?
7. У яких системах координат можна переглядати результати розрахунку?
8. Скільки ступенів вільності має просторова розрахункова схема будівлі?
9. Чи можливо змінити в ПК ЛІРА-САПР значення навантажень, які задані в САПФІР?
10. У яких форматах можна переглядати результати розрахунку в ПК ЛІРА-САПР?

6. Лабораторна робота №4.

Аналіз результатів розрахунку у середовищі ПК «ЛІРА-САПР».

Конструювання елементів каркасу

Мета роботи: ознайомитися із методиками проведення аналізу результатів розрахунку, елементами інтерфейсу графічного аналізу, засобами створення готових креслень типових конструкцій каркасу в середовищі ПК «ЛІРА-САПР» на прикладі розрахункової схеми, розрахованої в лабораторній роботі №3.

Хід виконання роботи:

1. Виконати аналіз розрахунку, переглянувши протокол розрахунку, деформовану схему будівлі та переміщення у вузлах елементів розрахункової схеми

Перегляд і аналіз результатів статичного розрахунку здійснюється на вкладці **Аналіз**.

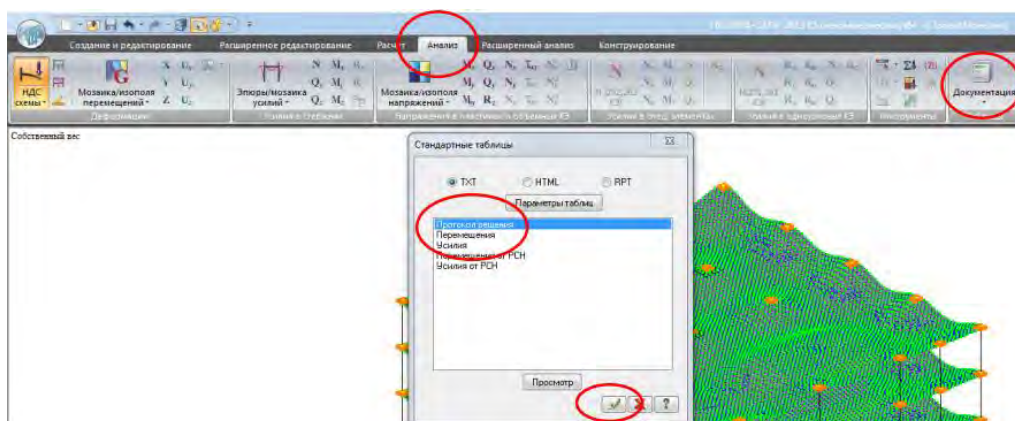


Рис. 6.1. Протокол рішення

- На вкладці **Аналіз** виберіть панель **Таблиці**, натисніть вікно **Документація** (рис. 6.1) і на вкладці **Стандартні таблиці** перегляньте **Протокол рішення**. Якщо завдання виконане правильно, в кінці протоколу має бути зазначено, **Розрахунок успішно завершено**.

У режимі перегляду результатів розрахунку, за замовчуванням відображається деформована розрахункова схема.

- Результати розрахунку можна переглядати як по кожному завантаженню (навантаженню), так і за основним розрахунковим поєднанням навантажень РСН (сумі всіх навантажень).
- Для перегляду результатів по кожному завантаженню необхідно в рядку стану (знаходиться в нижній області робочого вікна), у відкритому списку **Змінити номер завантаження (РСН)**, обрати рядок, який відповідає номеру і виду навантаження.

Номер відповідного завантаження можна також задати за допомогою стрілок, розташованих зліва від віконця **Змінити номер завантаження** (рис. 6.2).

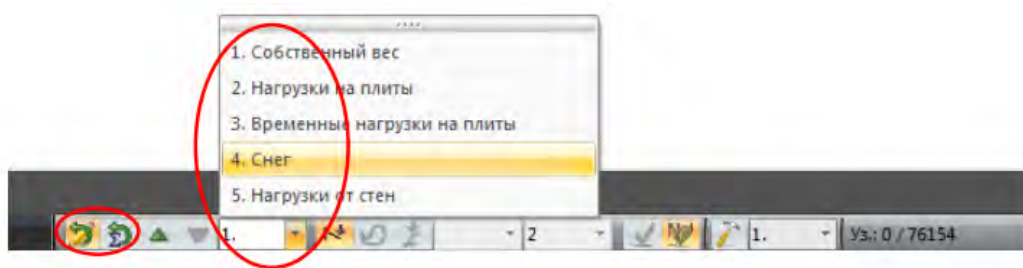


Рис. 6.2. Вибір необхідного виду завантаження

При перегляді результатів розрахунку за основними розрахунковими сполученням навантажень (РСН), необхідно клікнути на піктограму **Перейти до аналізу результатів розрахунку за РСН** (рис. 6.3).

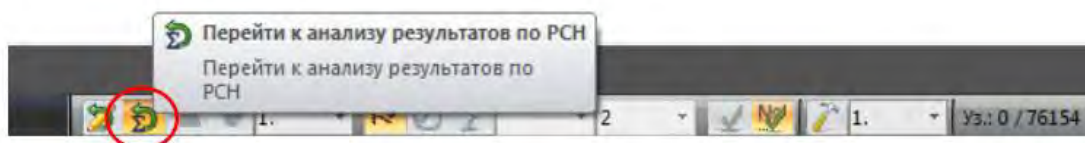


Рис. 6.3. Результати розрахунку за РСН

- Вивід на екран ізополів переміщень.

Для перегляду ізополів переміщень необхідно обрати відповідний напрям на панелі **Деформації** в режимі **Ізополя переміщень**.

- Щоб вивести на екран ізополя переміщень за напрямком Z , виберіть команду – **Ізополя переміщень в глобальній системі** в списку **Мозаїка / ізополя переміщень** (панель **Деформації** на вкладці **Аналіз**), і після

цього натисніть на кнопку **Z** – вертикальні переміщення. Ізополя переміщень за **Z** (рис. 6.4).

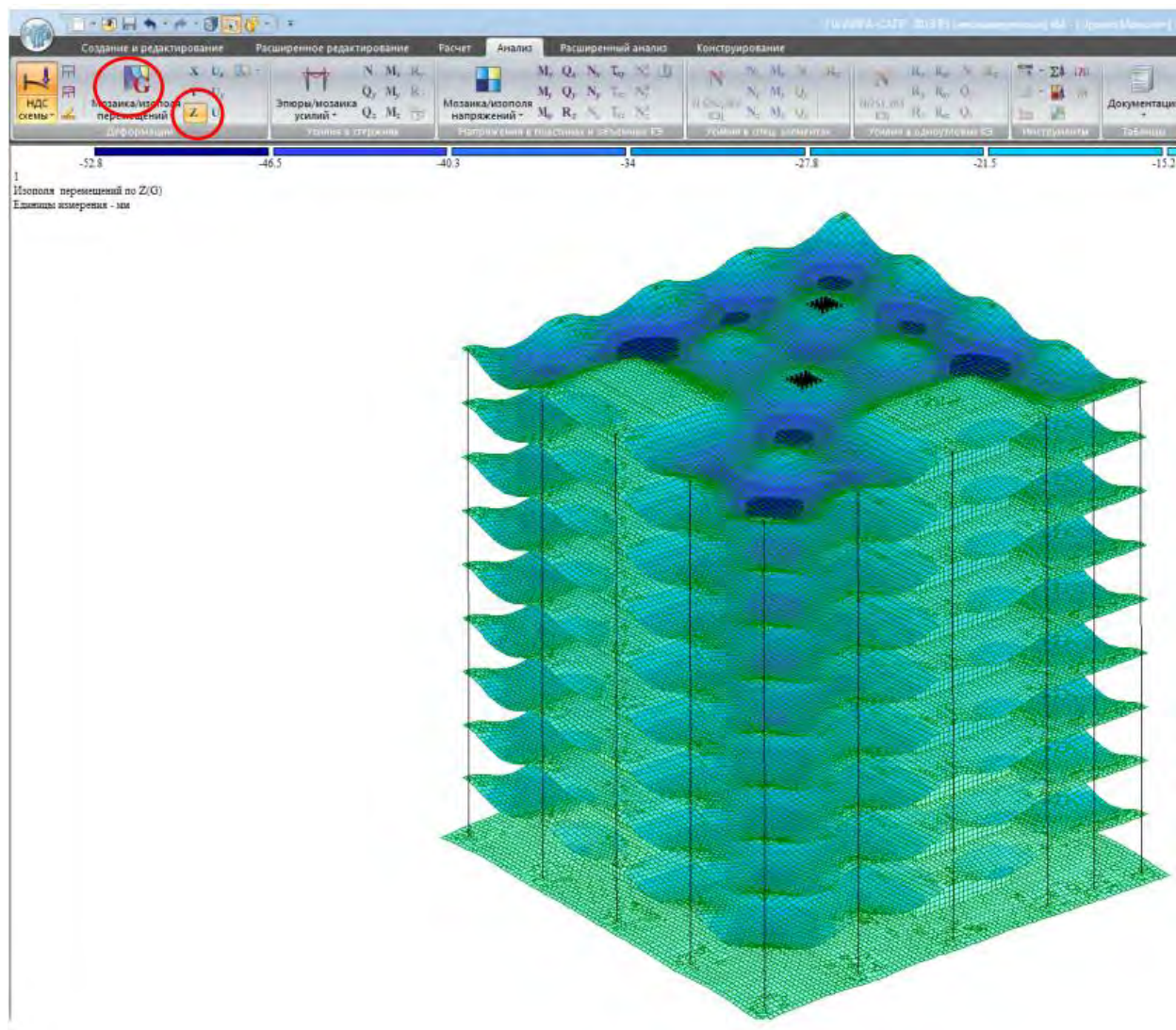


Рис. 6.4. Изополюса вертикальных перемещений плит перекрытий від РСН 1

Відображення і аналіз зусиль в стержнях і напружень в пластинах (плитах перекрытий, стінах і оболонках) виконується за допомогою вкладки **Аналіз**, а відображення армування за допомогою вкладки **Конструювання**.

2. Проаналізувати результати розрахунку і конструювання колон

- Натисніть **Відмітка вертикальних стержнів**, виділіть всю схему, відмічені колони забарвляться в червоний колір (рис. 6.5). Натисніть **Фрагментация** (відсікання частини конструкції).

- Виберіть у меню **Епюри / Мозаїка** зусиль **Мозаїку зусиль** на панелі **Зусилля в стержнях**, вкладка **Аналіз**. Оберіть **Мозаїка N**, на екрані відобразиться мозаїка зусиль в колонах (рис. 6.6).

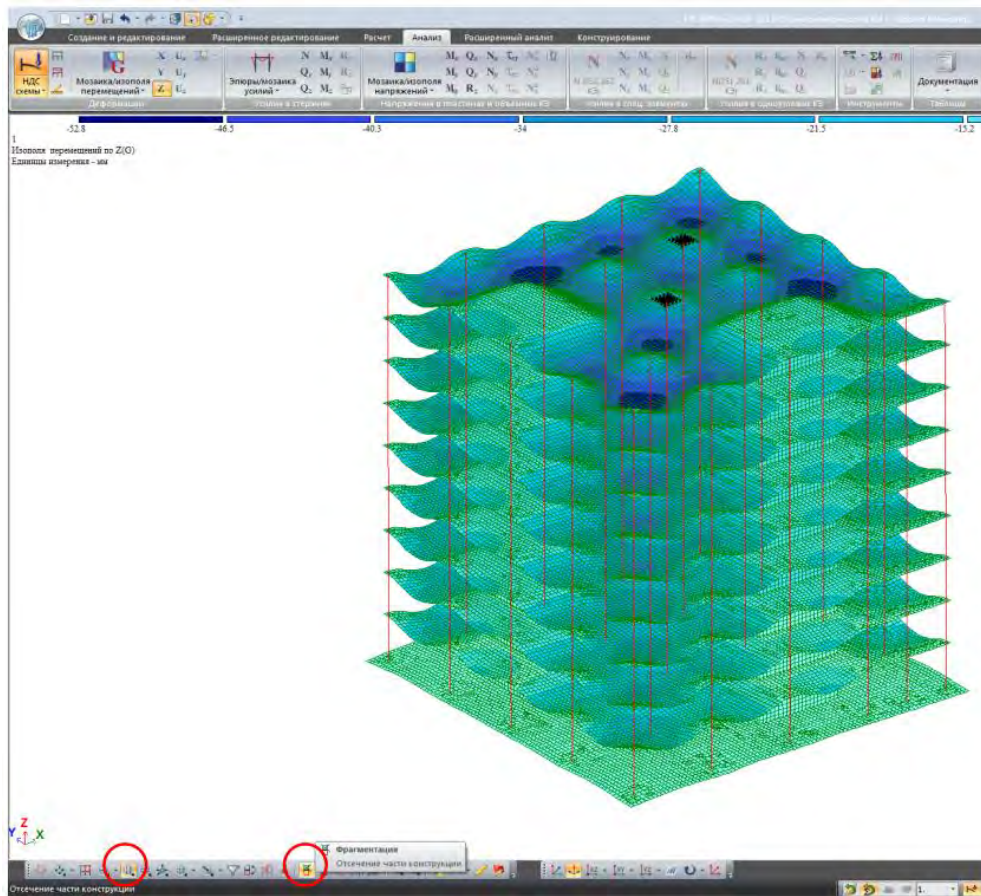


Рис. 6.5. Відмітка вертикальних елементів

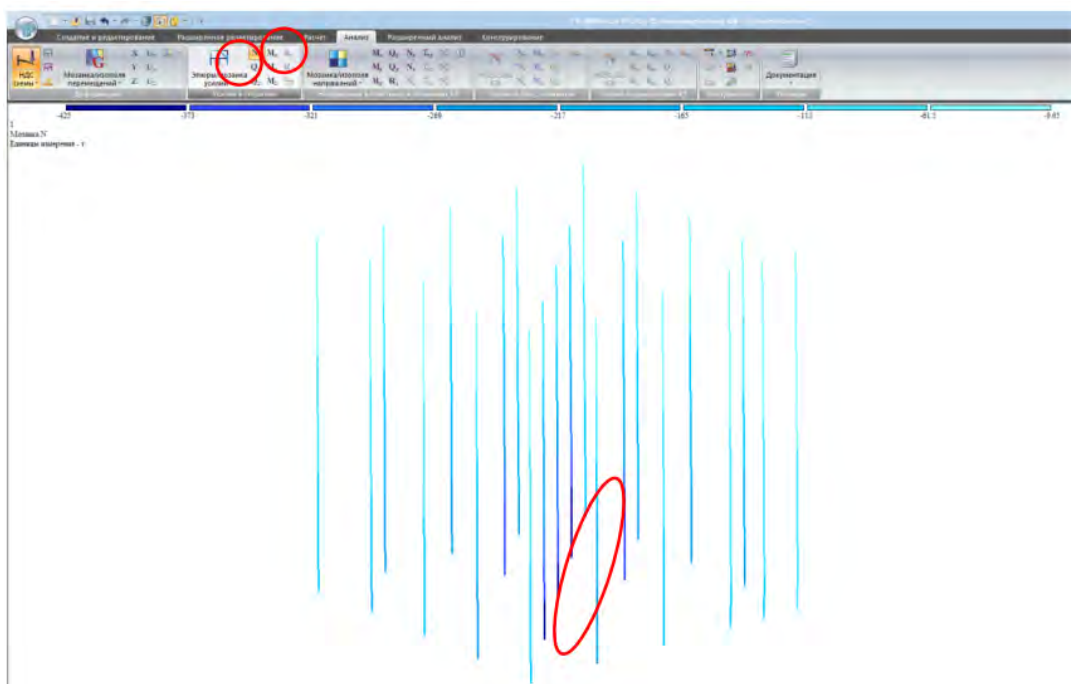


Рис. 6.6. Зусилля в стержнях, мозаїка N

- На схемі видно, що найбільш навантаженими колонами є внутрішні колони першого поверху. Виділіть найбільш навантажені колони, натисніть **Фрагментація** (рис. 6.7). Виділіть найбільш навантажену колону, натисніть **Фрагментація** (рис. 6.8).

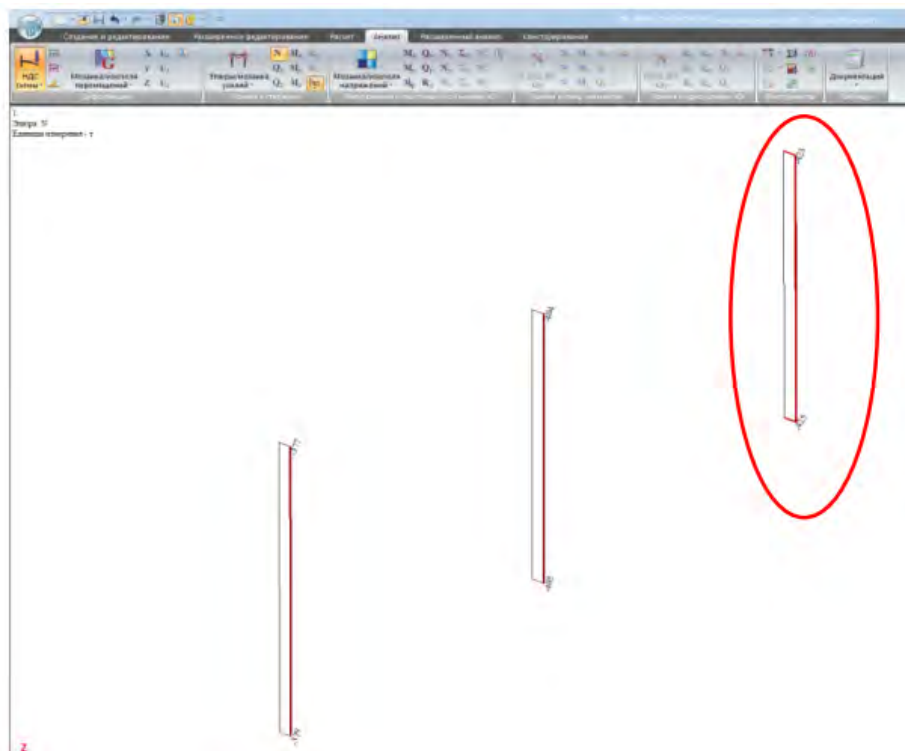


Рис. 6.7. Зусилля у найбільш навантажених колонах 1-го поверху, мозаїка N

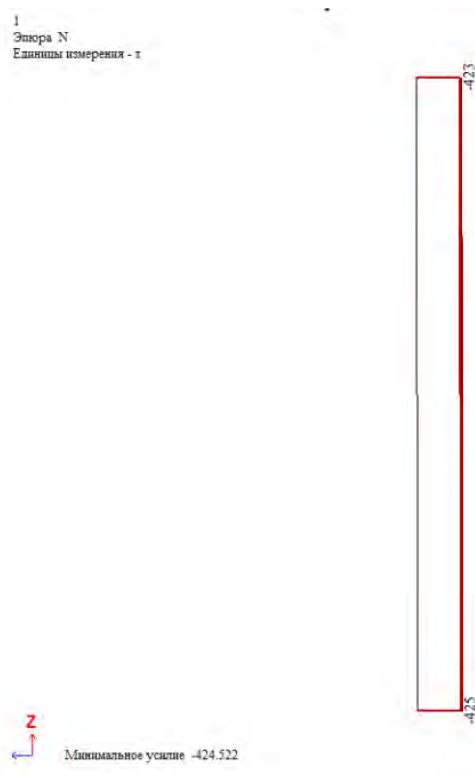


Рис. 6.8. Епюра нормальних зусиль у найбільш навантаженій колоні

- Для перегляду інформації про підбрану арматуру в колоні, натисніть на кнопку – **Інформація про вузол або елемент** на панелі інструментів **Панель вибору**, і клацніть курсором на вибрану колонку. У діалоговому вікні **Елемент** перейдіть на закладку **Інформація про підбрану арматуру**. У цьому вікні міститься повна інформація про вибраний елемент, в тому числі і з результатами підбору арматури, позначте галочку **Показати переріз** (рис. 6.9).

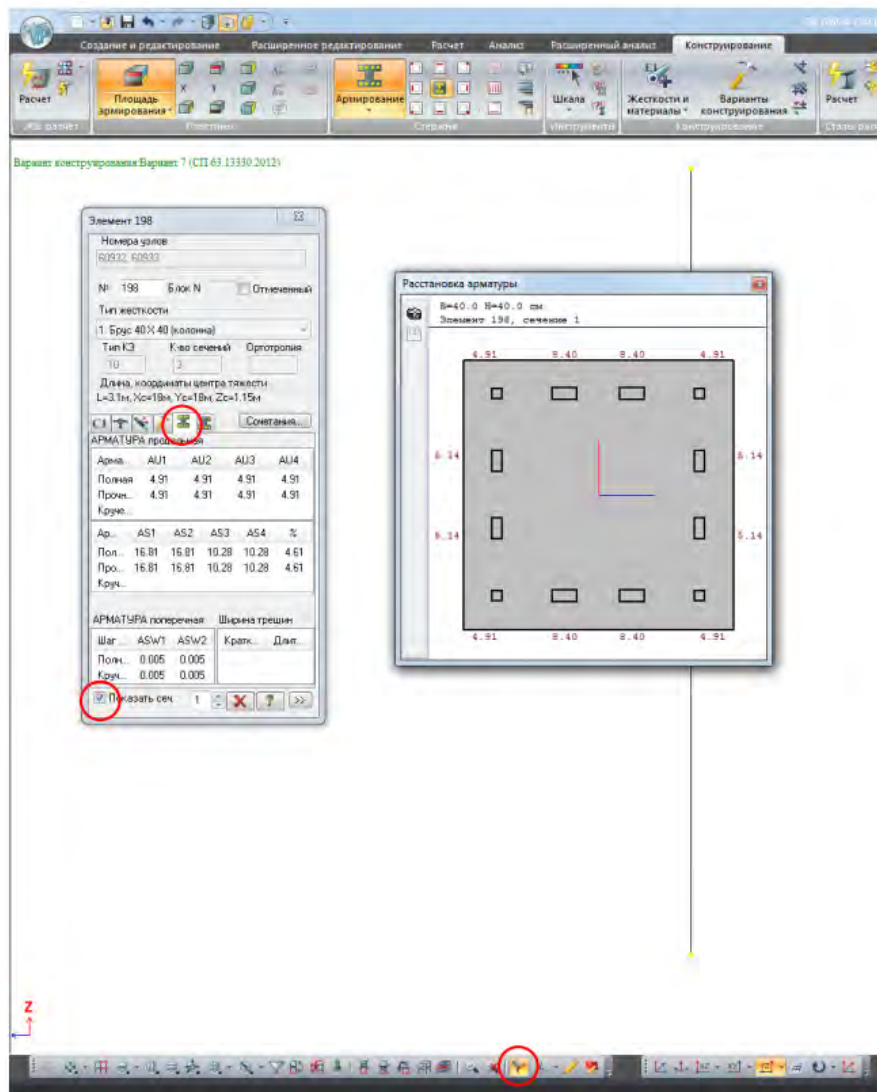


Рис. 6.9. Армование железобетонной колонны

- Натисніть кнопку **Конструювання колонни**, і позначте обрану колонку (рис. 6.10). Натисніть **Розрахунок**, далі **Креслення колонни**. Підібрані діаметри арматурних стержнів і розташування арматури див. на рис. 6.11.
- Клікніть рядок **Відновлення конструкції**. На екрані відновиться розрахункова схема всієї будівлі.

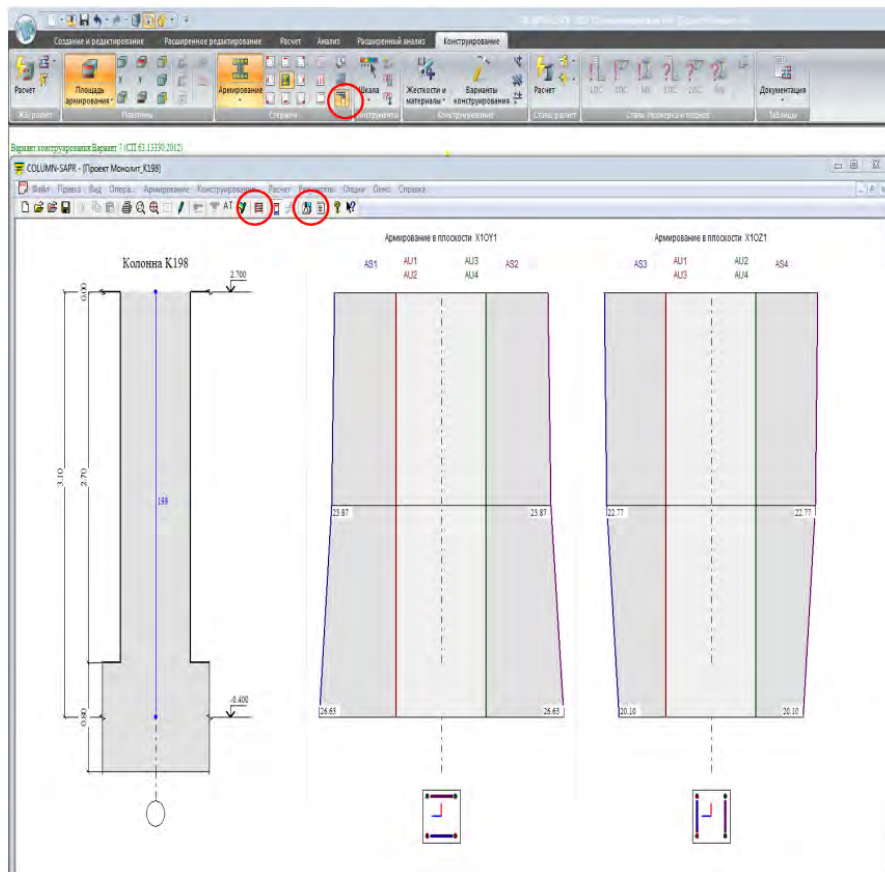


Рис. 6.10. Конструювання залізобетонної колони

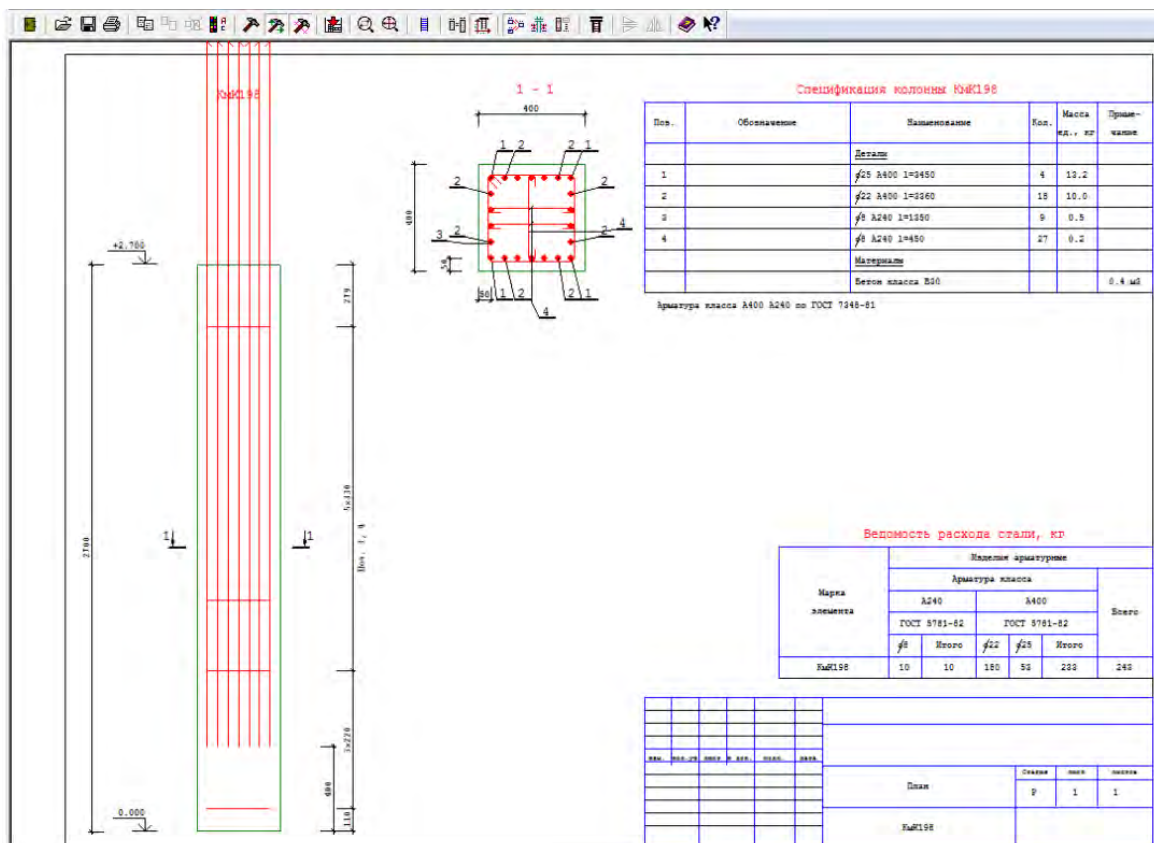


Рис. 6.11. Креслення залізобетонної колони з підібраним армуванням

3. Проаналізувати результати розрахунку і конструювання плит перекриттів

Для перегляду **мозаїк** або **ізополей** зусиль у пластинах, необхідно обрати відповідне вікно на панелі **Напруження в пластинах і об'ємних СЕ**, рис. 72 (для об'ємних елементів програма обчислює напруження, для пластин – зусилля).

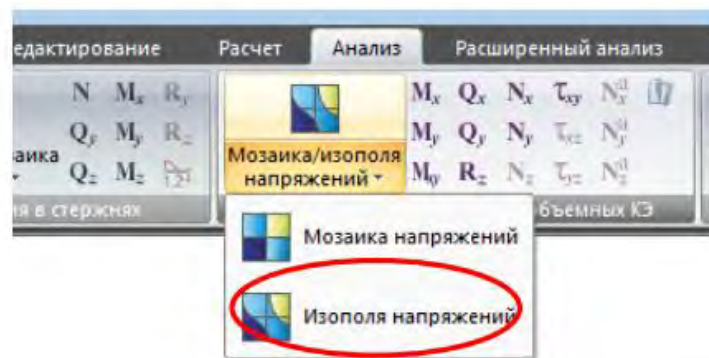


Рис. 6.12. Панель напружень у пластинах і об'ємних СЕ

Аналіз результатів розрахунку і конструювання плит перекриттів проведемо на прикладі плити перекриття першого поверху.

- Клацніть в панелі інструментів **Вибір** для активації кнопки **Вибір вузлів і Вибір елементів**.
- В панелі інструментів **Вид** активізуємо кнопку **Проекція на XOZ**. Оберемо плиту перекриття першого поверху, виділяючи її рамкою, рис. 6.13. Зазначені елементи забарвляться в червоний колір. Клацніть правою кнопкою миші по графічній зоні екрану.
- У контекстному меню активуємо рядок **Фрагментація**. На екрані залишаться тільки відмічені елементи.
- В панелі інструментів **Вид** активізуємо кнопку **Проекція на XOY**. На екрані з'явиться горизонтальна проекція плити.
- Натисніть кнопку **Перейти до аналізу результатів розрахунку за РСН** на рядку **Стан** (рис. 6.13). Схема зусиль, які діють на пластину, представлена на рис. 6.14.

- Щоб вивести на екран ізополя зусиль за M_x , виберіть команду в списку Мозаїка / ізополя напружень і після цього клацніть по кнопці M_x – ізополя напружень за M_x (панель Напруження в пластинах і об'ємних СЕ на вкладці Аналіз). На екрані відобразиться поле згинальних моментів M_x (рис. 6.15).

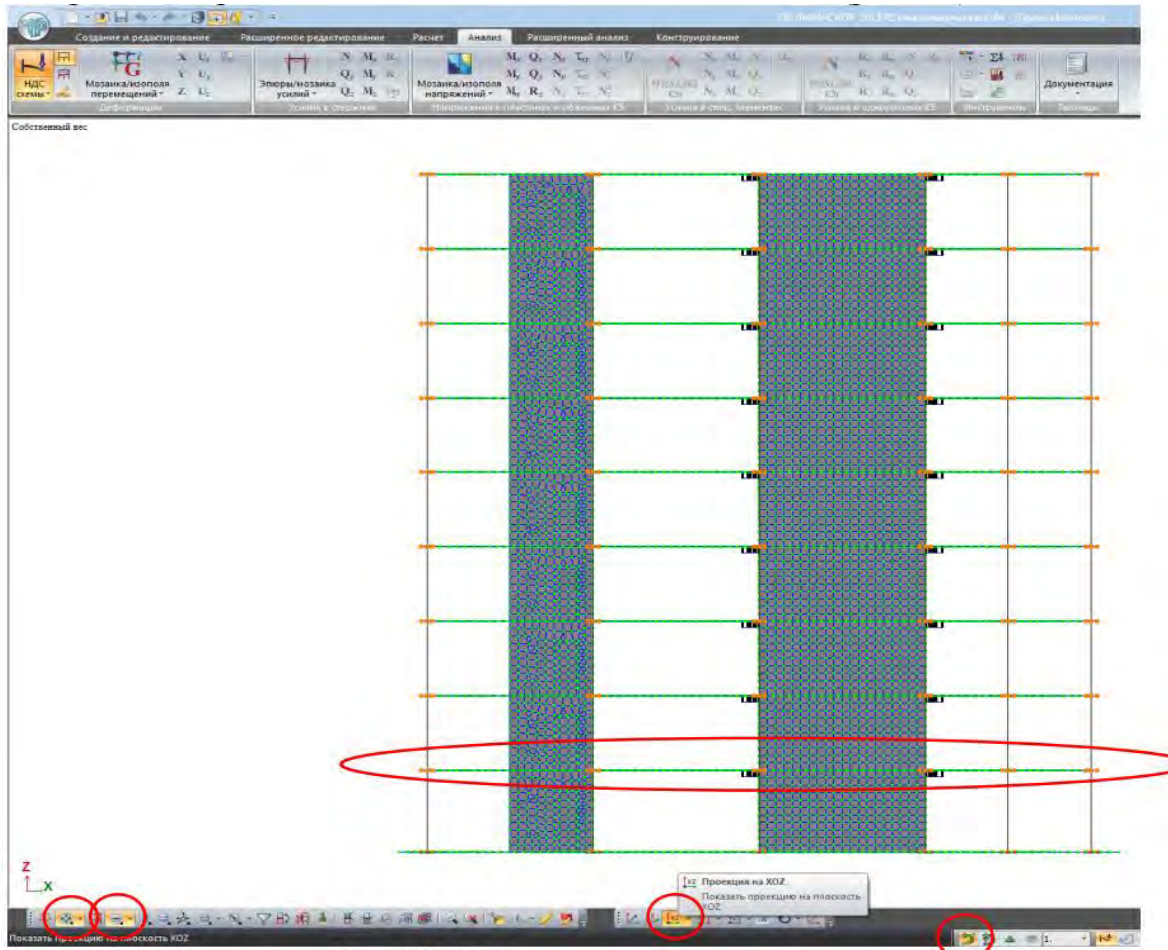


Рис. 6.13. Вибір плити міжповерхового перекриття

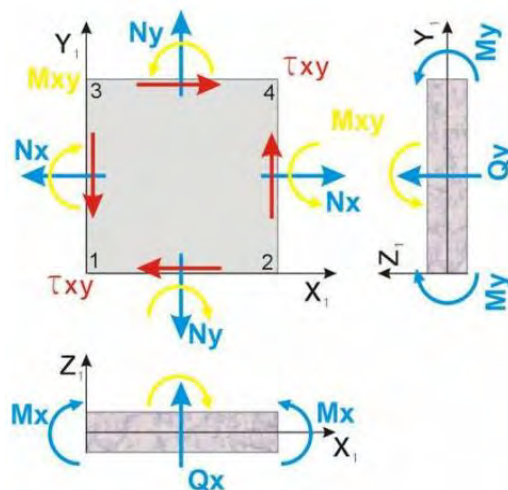


Рис. 6.14. Схема зусиль, які діють на пластину

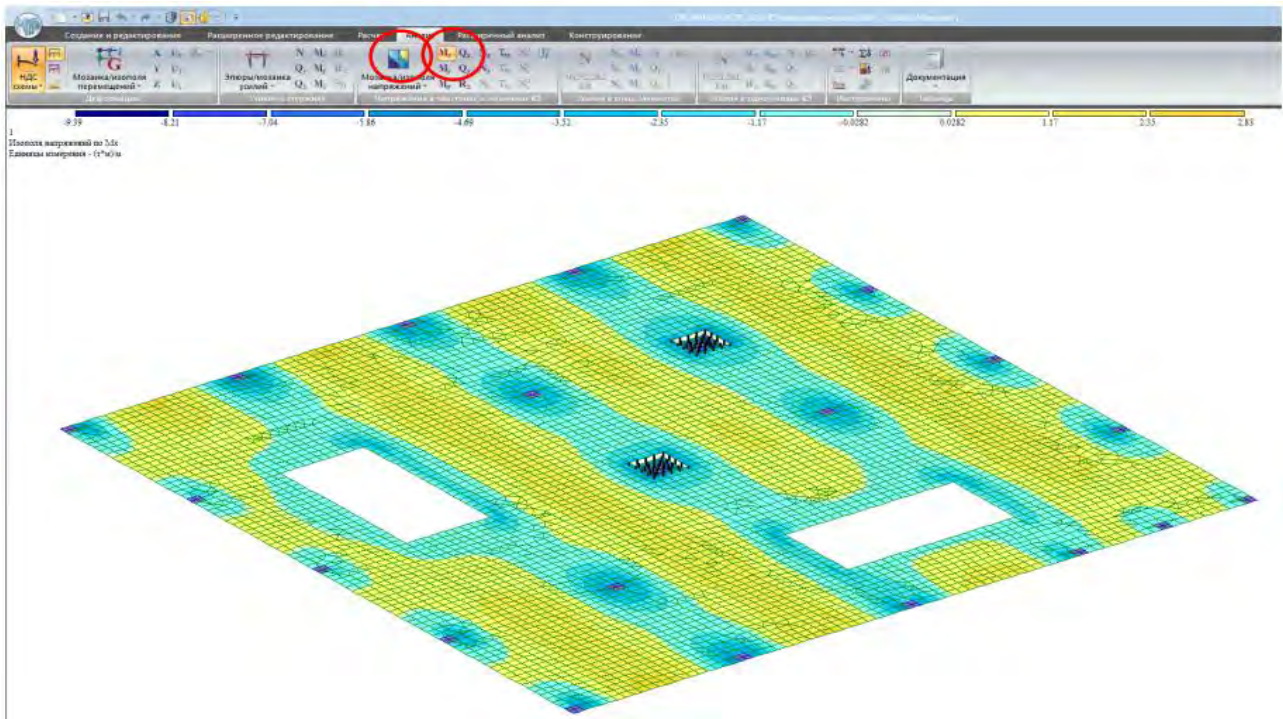


Рис. 6.15. Ізополя згинальних моментів M_x залізобетонної плити перекриття першого поверху від РСН 1

Аналогічно виводяться на екран ізополя згинальних моментів M_y (рис. 6.16).

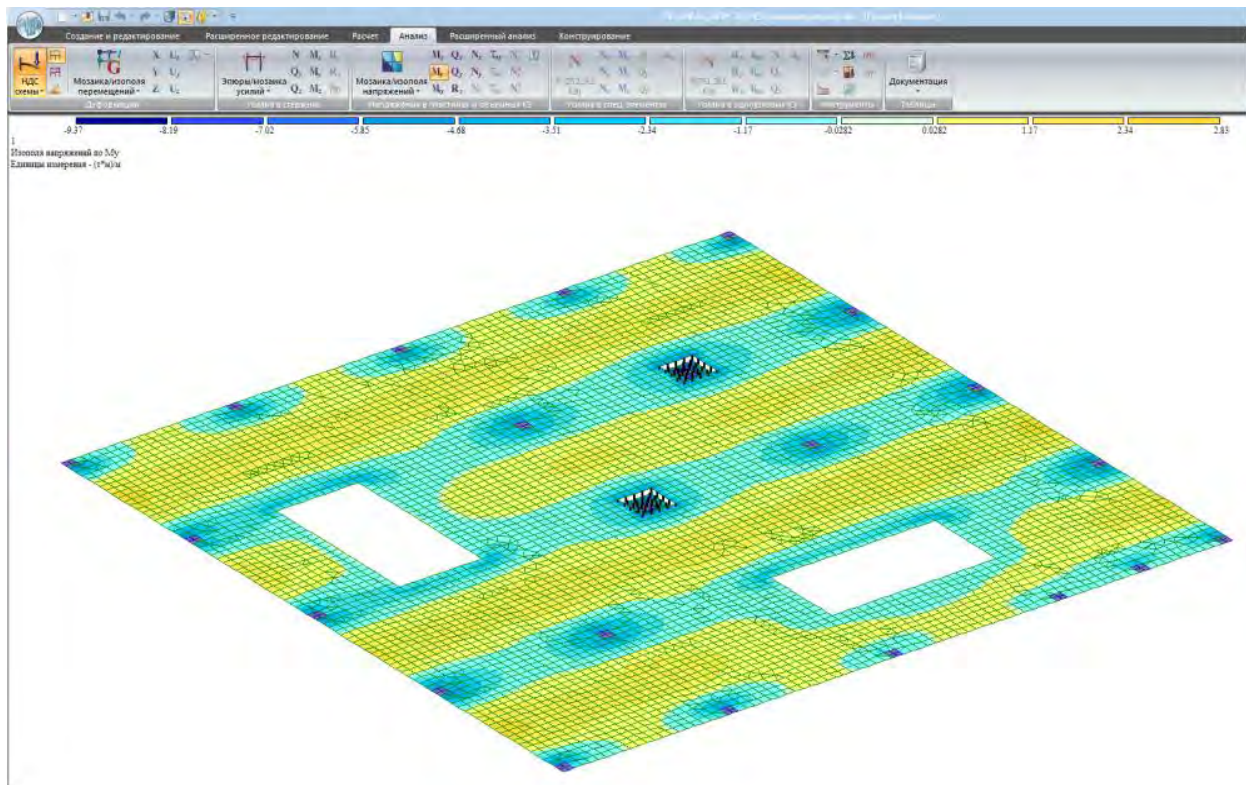


Рис. 6.16. Ізополя згинальних моментів M_y залізобетонної плити перекриття першого поверху від РСН 1

Згідно даним ізополів згинальних моментів M_x і M_y , армувати плиту необхідно двома арматурними сітками – нижньою сіткою біля нижньої поверхні плити і верхньою сіткою біля верхньої поверхні плити.

- Деактивуйте вікно моментів M_y і перейдіть на вкладку **Конструювання**.
- Для перегляду інформації про армування плити слід на панелі **Пластини** обрати актуальний напрям і орієнтацію армування щодо місцевої вісі Z елемента – нижня або верхня (рис. 6.17).

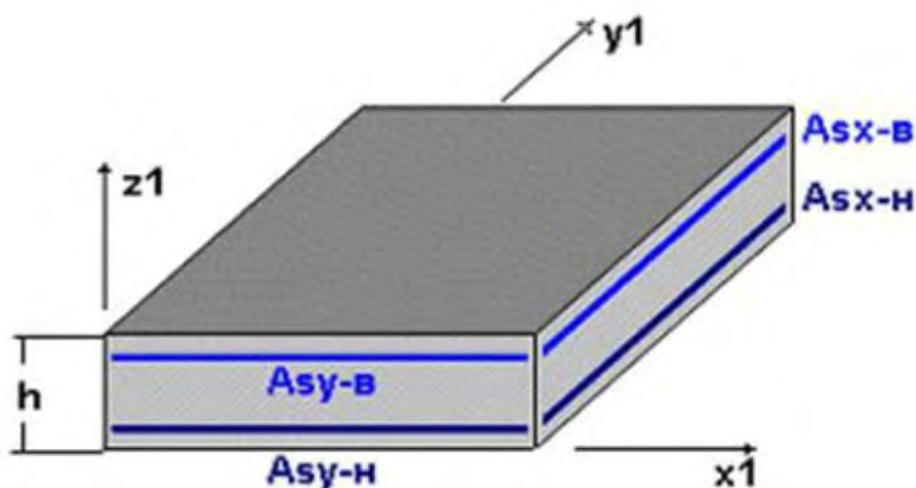


Рис. 6.17. Схема розташування арматури в поперечному перерізі пластини

Доступні результати підбору:

а) поздовжньої арматури ($см^2$) на погонний метр:

→ $As1$ ($As_{x-н}$) – площа нижньої арматури за напрямом X ;

→ $As2$ ($As_{x-в}$) – площа верхньої арматури за напрямом X ;

→ $As3$ ($As_{y-н}$) – площа нижньої арматури за напрямом Y ;

→ $As4$ ($As_{y-в}$) – площа верхньої арматури за напрямом Y ;

б) поперечної арматури ($см^2$) на погонний метр:

→ $Asw1$ – поперечна арматура за напрямом X ;

→ $Asw2$ – поперечна арматура за напрямом Y .

Оскільки в даному прикладі товщина плити менша, ніж 300 мм, поперечна арматура не розглядається.

Для розгляду мозаїки відображення площі нижньої арматури в пластинах за напрямом вісі $X1$, натисніть на кнопку – **Нижня арматура в пластинах по**

вісі X1 (панель **Пластини** на вкладці **Конструювання**). Розподіл арматури показано на рис. 6.18 (розподіл теоретично необхідного армування пластини).

Аналогічно виконайте дії для відображення **Верхньої арматури в пластинах по вісі X1**, рис. 6.19.

На практиці влаштування армування вимагає врахування як конструктивних, так і технологічних вимог.

Технологія монтажу монолітних плит передбачає укладання двох арматурних сіток – **фонові** і **додаткової**.

Фонова арматура укладається по всій поверхні плити, а **додаткова** у місцях, які вимагають збільшення площі перерізу арматури у порівнянні із фоновим арматурою.

Необхідно також задовольнити конструктивні вимоги мінімального армування.

Згідно із вимогами ДБН [2] мінімальний відсоток армування для елементів, які згинаються повинен бути більше $\rho_{smin} > 0,1\%$. За цією умовою для розглянутого прикладу при товщині плити $h=20$ см і шириною перерізу, для якого підбирається арматура $b=100$ см, впливає: мінімальна площа поперечного перерізу арматури на смугу шириною 1 м – $A_{smin} = h \times b \times \rho_{smin} = 20 \times 100 \times 0,001 = 2$ см². Цій вимозі відповідає армування 5 стержнями Ø8 мм, із загальною площею поперечного перерізу $A_s=2,52$ см².

Далі необхідно задати максимальний крок стержнів S із технологічних вимог по влаштуванню арматурних сіток. Крок необхідно прийняти таким, щоб, по-перше, при влаштуванні верхньої арматури нога робочого у взутті не провалювалася між арматурними стержнями, і, по-друге, щоб арматура під ногами робітників не деформувалася.

Цим умовам задовольняє крок стержнів не більше 200 мм. Стосовно діаметру арматури, для нижніх сіток можна застосувати стержні Ø10 мм, а для верхніх – Ø12 мм.

У прикладі приймаємо крок стержнів для всіх сіток $S = 200$ мм. Таким чином, для армування розглянутої плити перекриття приймаємо нижню фонову

арматуру із стержнів $\varnothing 10$ мм із кроком 200 мм ($A_s=3,93$ см²), і верхню фонову арматуру зі стержнів $\varnothing 12$ мм із кроком 200 мм ($A_s = 5,65$ см²).

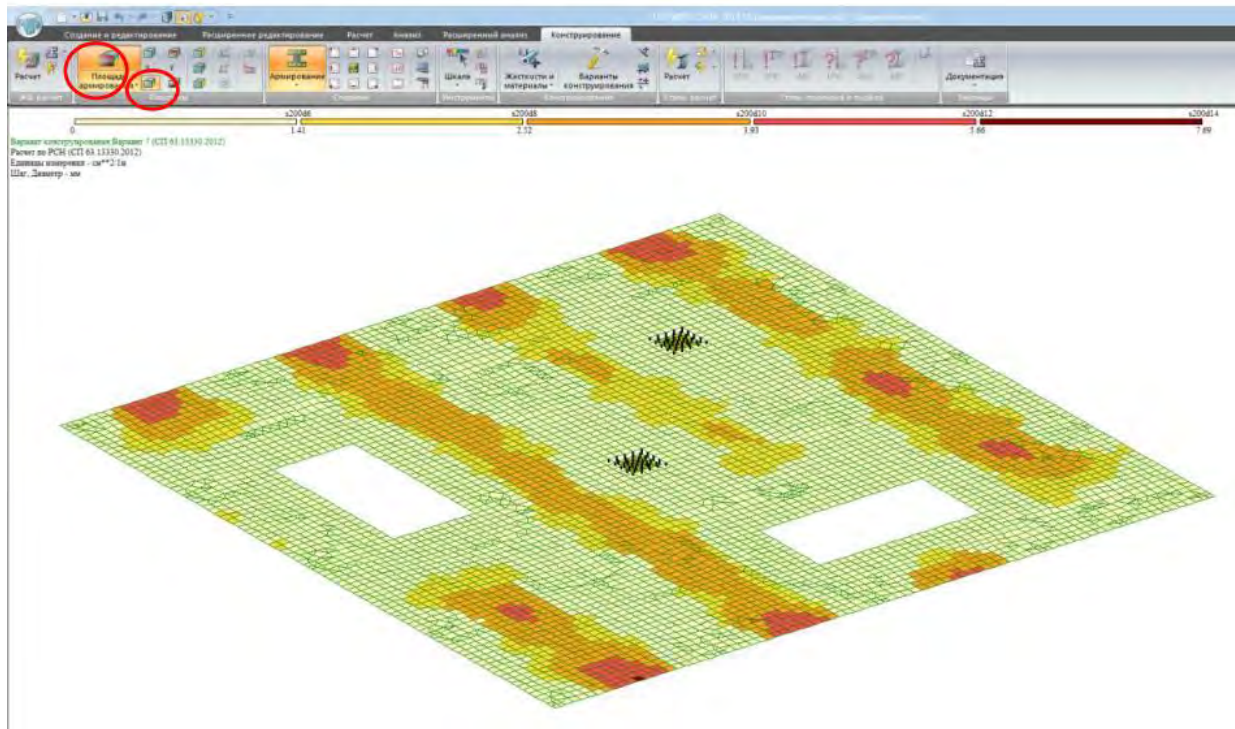


Рис. 6.18. Мозаїка розподілу нижньої арматури уздовж вісі X

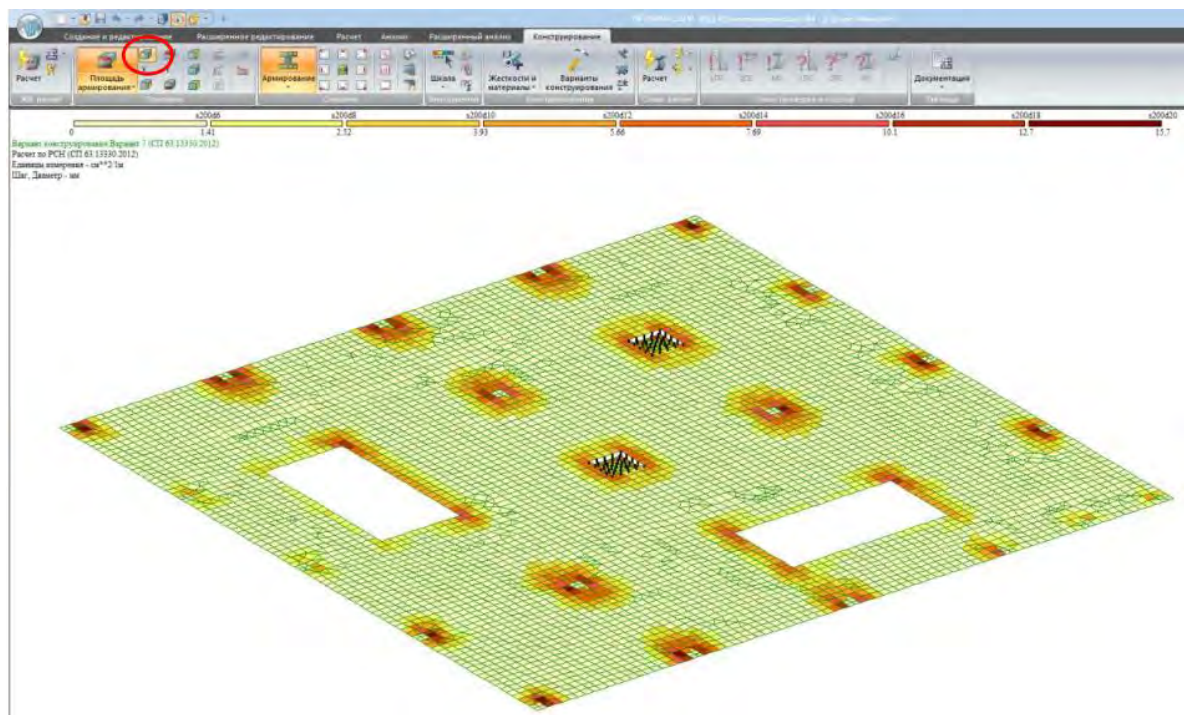


Рис. 6.19. Мозаїка розподілу верхньої арматури уздовж вісі X

Перегляд мозаїки відображення площі нижньої арматури в пластинах у напрямку вісі Y_1 доступний при натисканні на кнопку – **Нижня арматура в**

пластинах по вісі Y_1 (панель **Пластини** на вкладці **Конструювання**).
Розподіл арматури показано на рис. 6.20.

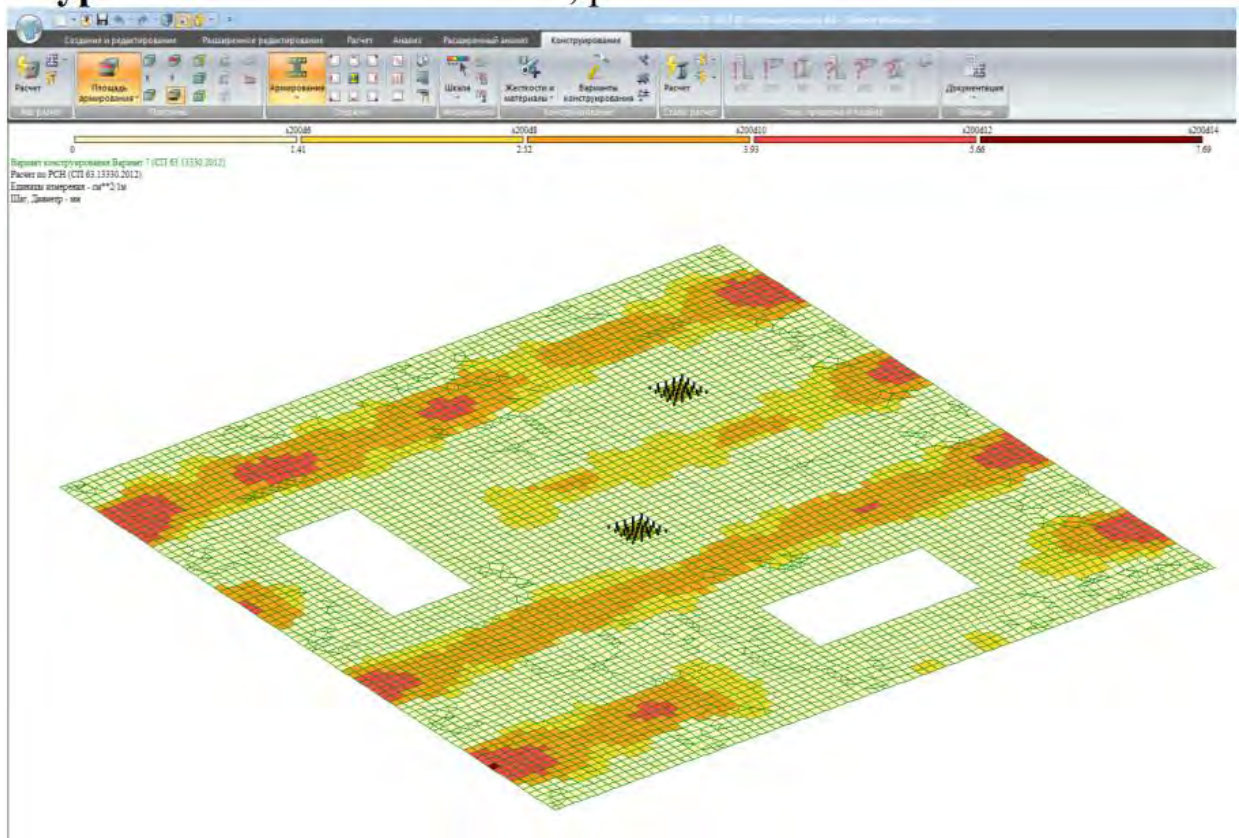


Рис. 6.20 Мозаїка розподілу нижньої арматури уздовж вісі Y

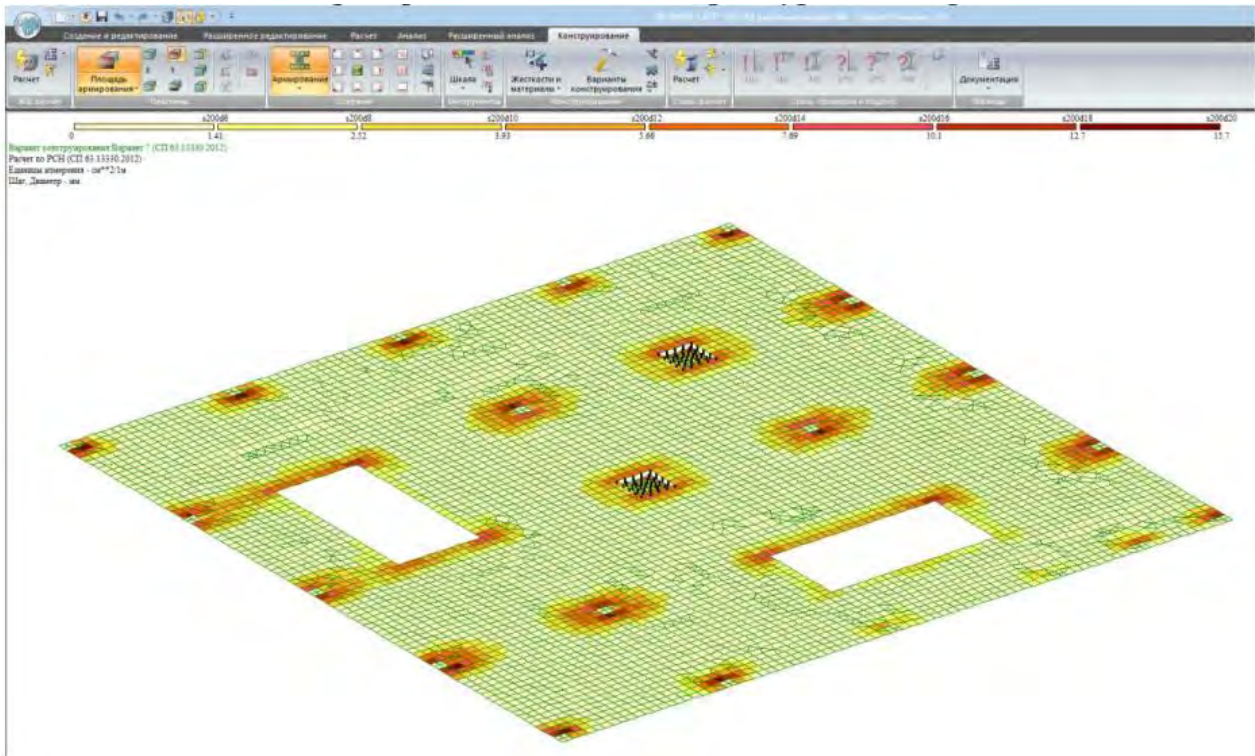


Рис. 6.21. Мозаїка розподілу верхньої арматури уздовж вісі Y

- Відредагувати крок і діаметр відображеної арматури можна у вікні **Шкала**, панелі **Інструменти** (вкладка **Конструювання**). На екрані з'явиться таблиця **Параметри шкали** (рис. 6.22).

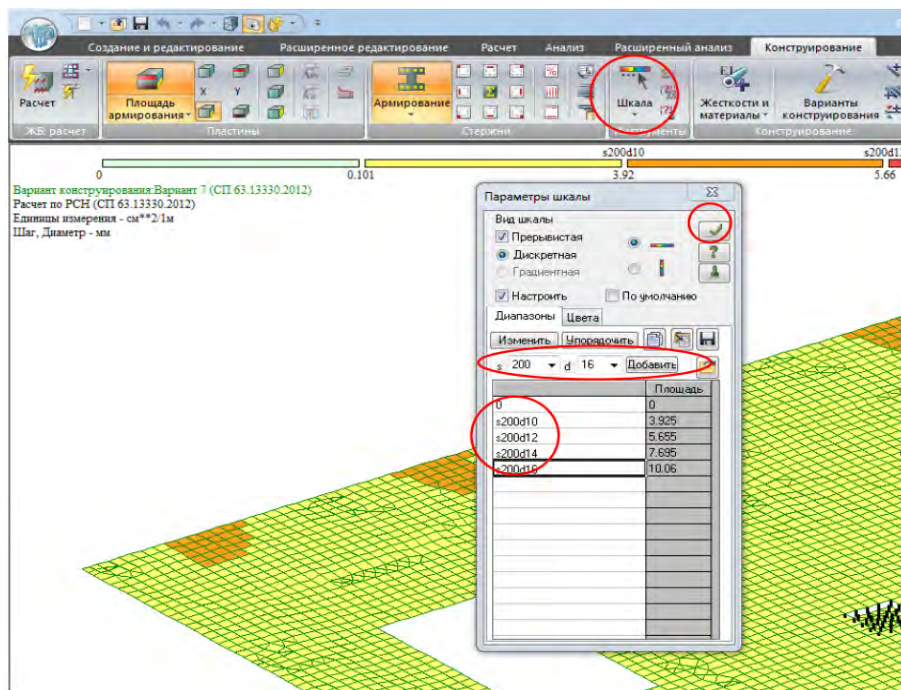


Рис. 6.22. Параметры шкали

Аналогічно виводяться ізополя згинальних моментів M_x і M_y для фундаментної плити (рис. 6.23, 6.24).

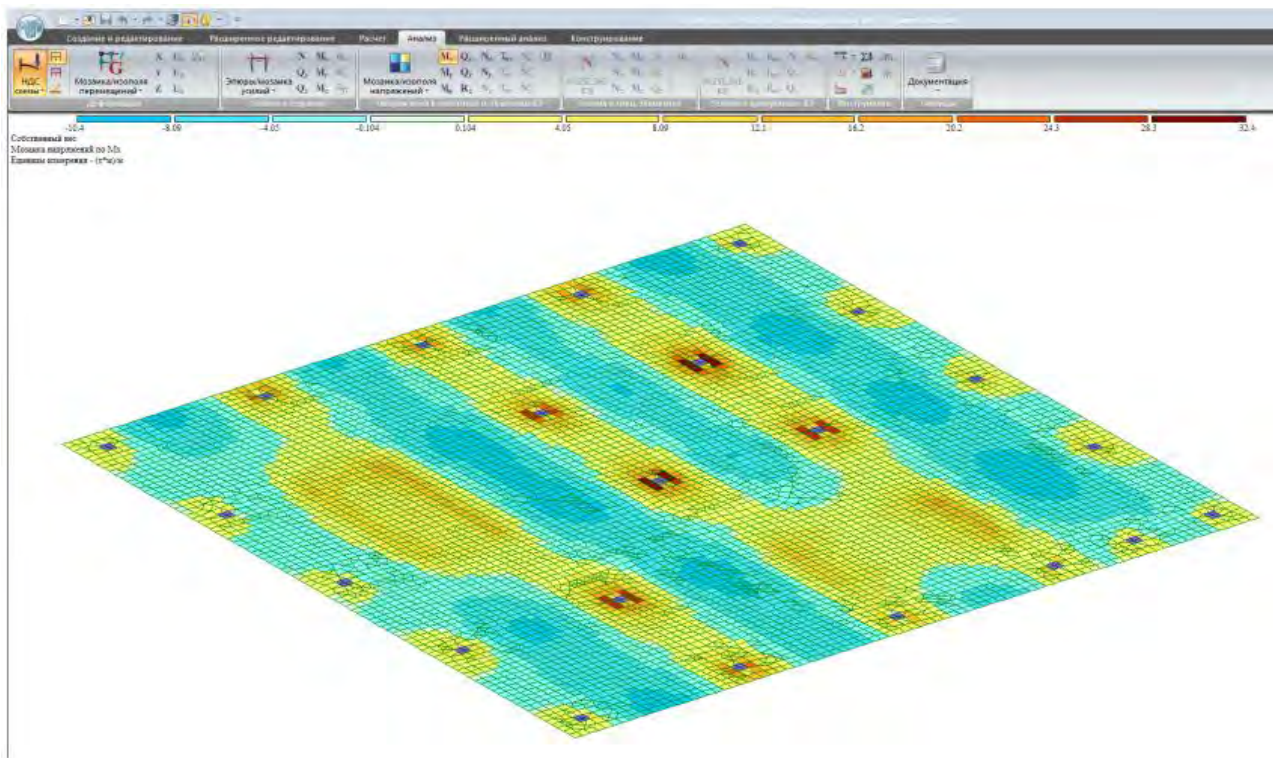


Рис. 6.23. Ізополя згинальних моментів M_x фундаментної плити від РСН 1

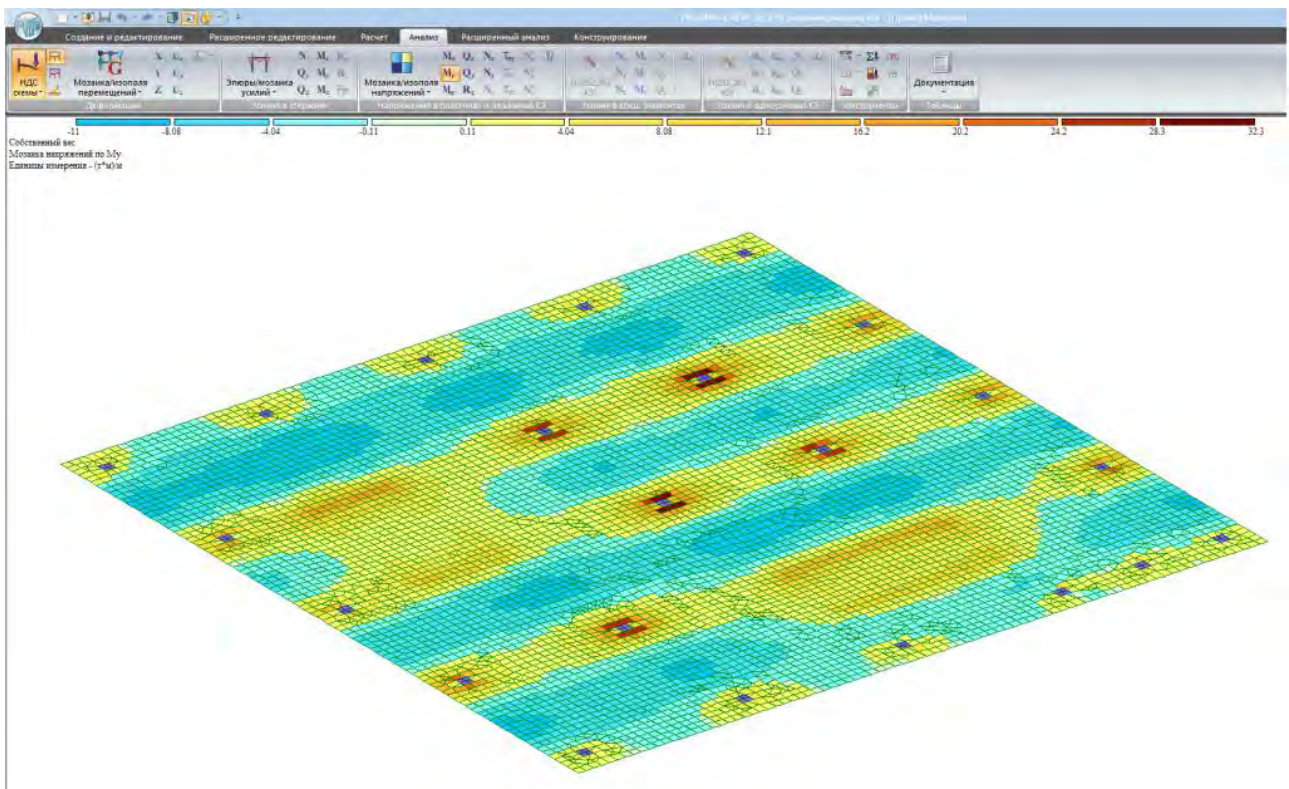


Рис. 6.24. Изополя згинальних моментів M_y фундаментної плити від РСН 1

Аналогічно можна відобразити розподіл армування фундаментної плити у верхній і нижній зонах уздовж осей X і Y (рис. 6.25–6.28).

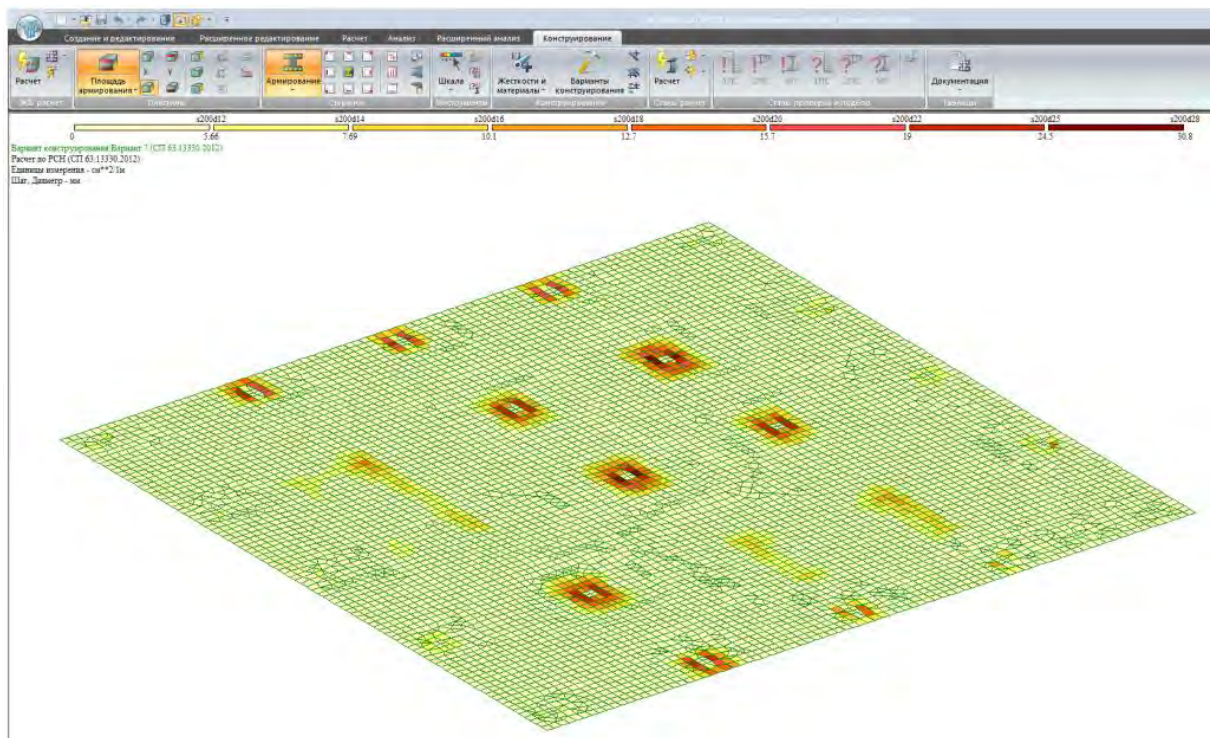


Рис. 6.25. Мозаїка розподілу нижньої арматури фундаментної плити уздовж вісі OX

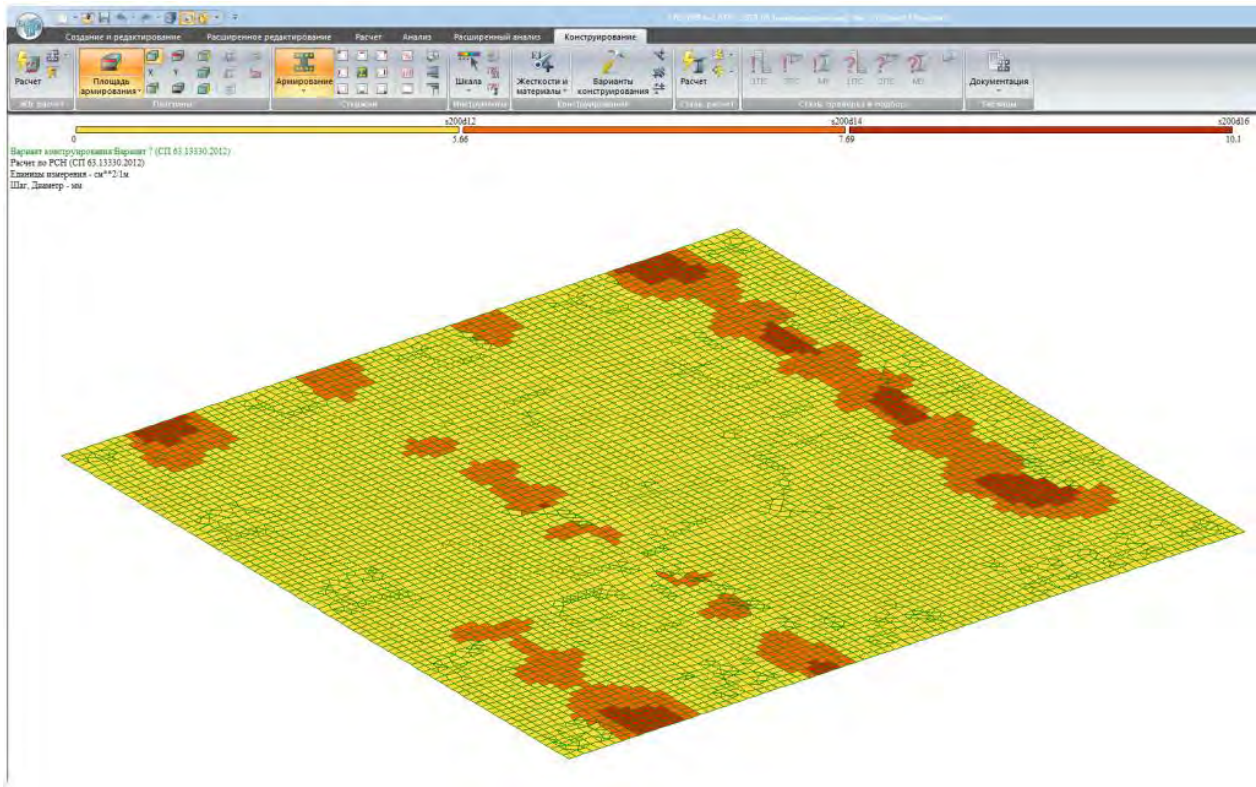


Рис. 6.26. Мозаїка розподілу верхньої арматури фундаментної плити уздовж вісі OX

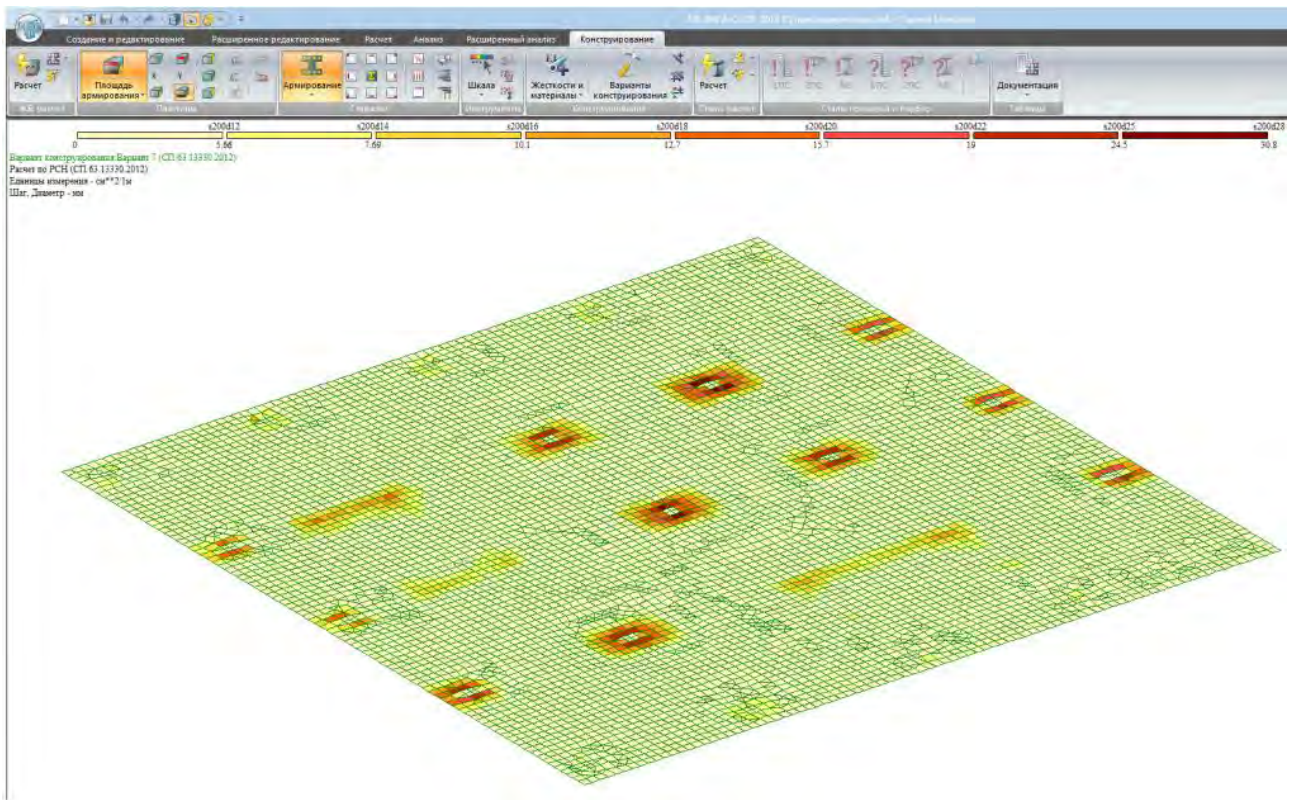


Рис. 6.27. Мозаїка розподілу нижньої арматури фундаментної плити уздовж вісі OY

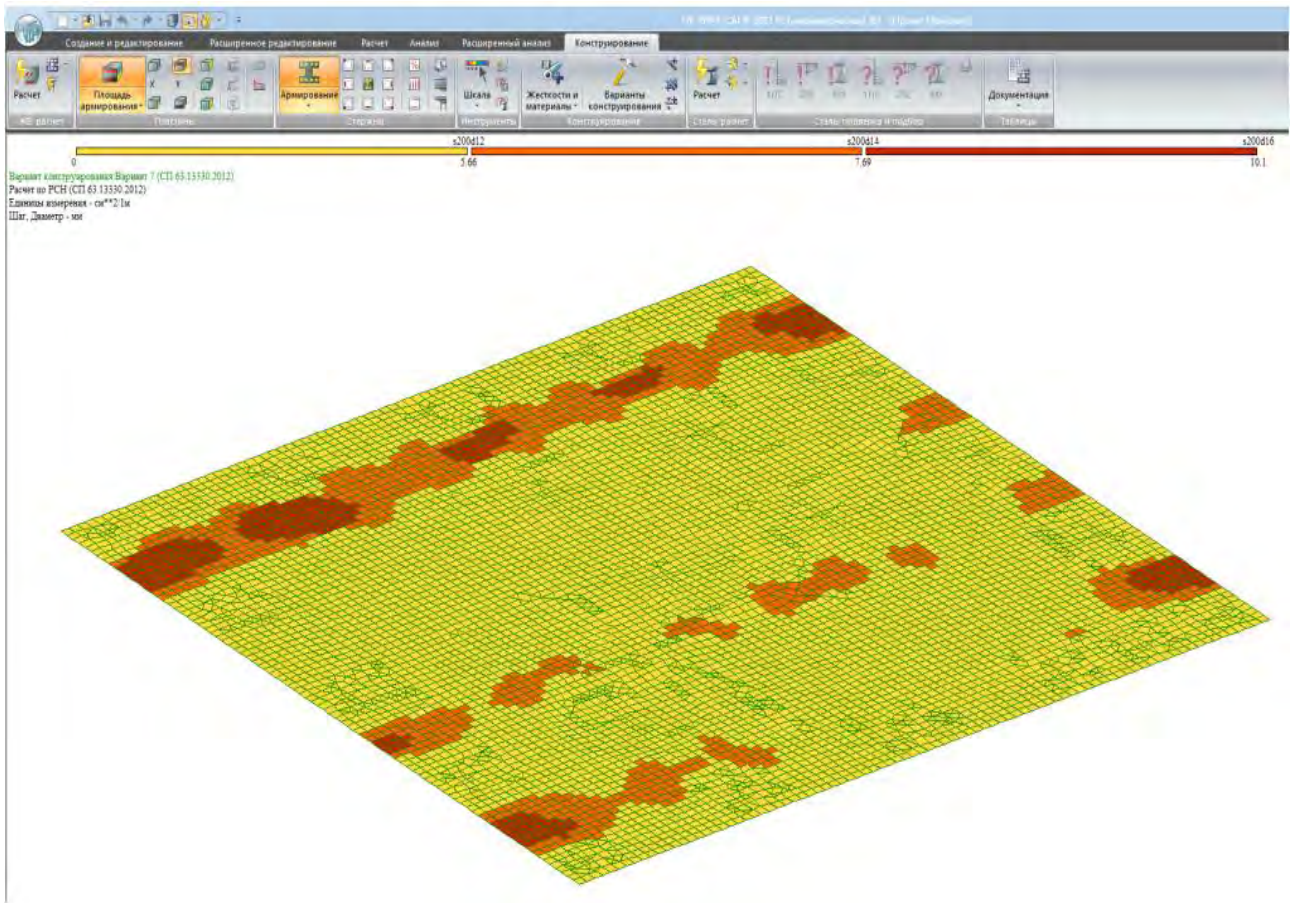


Рис. 6.28. Мозаїка розподілу верхньої арматури фундаментної плити уздовж вісі OY

Контрольні запитання

1. Які можливості фрагментації розрахункової схеми надає ПК ЛІРА-САПР?
2. Яку інформацію про вузли і елементи розрахункової схеми можна переглянути інструментами ПК ЛІРА-САПР?
3. Які зусилля або напруження в елементах є визначальними для підбору арматури у нормальних перерізах при згині?
4. У яких перерізах згинальних елементів дотичні напруження є визначальними для підбору арматури?
5. Яке призначення абсолютно жорстких тіл (вставок) в елементах колон?
6. Які форми візуалізації переміщень у вузлах і напруження в елементах реалізовані в ПК ЛІРА-САПР?

7. Які параметри конструювання плит можна редагувати у ПК ЛІРА-САПР?

8. Чи можливо автоматизувати розроблення креслень у ПК ЛІРА-САПР?

9. Яким чином можна контролювати витрати сталі для армування конструкцій у ПК ЛІРА-САПР?

10. Чи можливо у ПК ЛІРА-САПР виконати конструювання залізобетонних конструкцій за вимогами Єврокоду 2?

Визначення навантажень на будівлю

Визначення навантажень на будівлю здійснюється згідно ДБН [1].

Таблиця А.1

Навантаження на фундаментну плиту на позн. 0.000

№	Найменування навантаження	Навантаження нормативне, $кг / м^2$	Коефіцієнт надійності за навантаженням	Навантаження розрахункове, $кг / м^2$
1	Фундаментна залізобетонна плита товщиною 800 мм щільністю 2500 $кг / м^3$	2000	1,1	2200
Навантаження від ваги підлог				
2.1	Підлога із легкого бетону щільністю до 1200 $кг / м^3$ товщиною 50 мм	60	1,3	78
2.2	Керамограніт товщиною 10 мм на клею Ветоніт	30	1,2	36
ВСЬОГО				114
3	Тимчасове навантаження в місцях розміщення торгових приміщень	400	1,2	480

Таблиця А.2

Навантаження на перекриття на позн. 3.300

№	Найменування навантаження	Навантаження нормативне, $кг / м^2$	Коефіцієнт надійності за навантаженням	Навантаження розрахункове, $кг / м^2$
1	Монолітна залізобетонна плита товщиною 200 мм щільністю 2500 $кг / м^3$	500	1,1	550
2	Навантаження від ваги підлог і перегородок			
2.1	Стяжка із цементно-піщаного розчину товщиною до 40 мм, щільністю до 1800 $кг / м^3$	72	1,3	93,6
2.2	Лінолеум	10	1,3	13
2.3	Вага перегородок	100	1,2	120
ВСЬОГО				226,6
3	Тимчасове навантаження в місцях розміщення житлових приміщень	150	1,3	195

Таблиця А.3

Навантаження на покриття

№	Найменування навантаження	Навантаження нормативне, кг / м ²	Коефіцієнт надійності за навантаженням	Навантаження розрахункове, кг / м ²
1	Плита із залізобетону товщиною 200 мм, щільністю 2500 кг / м ³	500	1,1	550
2	Вага конструкції покрівлі			
2.1	Пароізоляція	5	1,3	6,5
2.3	Утеплювач товщиною 120 мм, щільністю 30 кг / м ³	3,6	1,2	4,4
2.4	Утеплювач із керамзитобетону щільністю 600 кг / м ³ товщиною до 200 мм	120	1,3	156
2.5	Цементно-піщана стяжка товщиною 40 мм, щільністю 1800 кг / м ³	72	1,3	93,6
2.6	Гідроізоляція	30	1,3	36
ВСЬОГО				296,5
3	Снігове навантаження (IV район)	—	-	280

Таблиця А.4

Навантаження від ваги зовнішнього стінового огородження

№	Найменування навантаження	Навантаження нормативне, кг / м ²	Коефіцієнт надійності за навантаженням	Навантаження розрахункове, кг / м ²
1	Блоки з газобетону товщиною 400 мм щільністю 400 кг / м ³ ;	160	1,2	192
2	Утеплювач товщиною 150 мм, щільністю до 65 кг / м ³	10	1,2	12
3	Навісний фасад із керамограниту	60	1,2	72
4	Шар цементно-піщаної штукатурки товщиною 20 мм щільністю 1800 кг / м ³	36	1,3	46,8
ВСЬОГО				322,8

Навантаження від ваги стін при висоті поверху 3,3 м з урахуванням коефіцієнта отворів 0,8 становить: $0,8 \cdot 322,8 - (3,3 - 0,2) = 825,4$ кг/м (у розрахунках 0,2 – товщина перекриття).

Навантаження від ваги парпетів заввишки 1000 мм з керамічної цегли з товщиною кладки 380 мм щільністю 1800 кг / м²: 0,38-1800-1,1-1,0 = 752,4 кг/м (у розрахунках 1,1 – коефіцієнт надійності по навантаженні).

Таблиця А.5

Зведена таблиця навантажень

Найменування навантаження	Од. вим.	Розрах. значення	Середній коеф-т надійності за навантаженням	Тривала частина	Номер завантаження, в якому задане навантаження
Постійні навантаження					
Власна вага залізобетонних несучих конструкцій	кг/м ³	2750	1,1	1,0	1
Вага підлог і перегородок - на фундамент; - на плиту перекриття	кг/м ²	936 312	1,2	1,0	2
Вага зовнішніх стін	кг/м	2750	1,2	1,0	2
Вага парпетів	кг/м	752,4	1,2	1,0	2
Вага конструкції покрівлі	кг/м ²	365,4	1,2	1,0	2
Тимчасові навантаження					
У місцях монтажу торгових приміщень (на фундамент)	кг/м ²	480	1,2	0,35	3
У місцях монтажу житлових приміщень (на перекриття)	кг/м ²	195	1,3	0,35	3
Снігове навантаження (на покриття)	кг/м ²	240	1:0,7= =1,43	0,7	4

Визначення коефіцієнтів постелі плитного фундаменту

Обчислення коефіцієнтів постелі може проводитися на основі таких методів.

Метод	Розрахункові формули
Метод Пастернака	$c_1 = \frac{E_{гр}}{H_c(1-2\mu_{гр})}, c_2 = \frac{c_1 \cdot H_c (1-2\mu_{гр})}{6(1+\mu_{гр})} \quad (1)$ <p>де C_1 - коефіцієнт стиснення (пов'язує інтенсивність вертикальної відсічі ґрунту з його осадкою); C_2- коефіцієнт зсуву (характеризує вертикальні сили зсуву, що виникають в сипучих і малозв'язних ґрунтах внаслідок зачеплення і внутрішнього тертя між частинками ґрунту); H_c - потужність стиснутої товщини ґрунту під подошвою фундаменту, що визначається на підставі СП 22.13330.2011 «Основи будівель і споруд»; $E_{гр}$ та $\mu_{гр}$ - середній модуль деформації і коефіцієнт Пуассона в межах стиснутої товщі H_c, визначаються за формулами:</p> $E_{зр} = \frac{0.8 \sum_{i=1}^n \sigma_{зр,i} \cdot h_i}{s}, \quad \mu_{зр} = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i \cdot h_i}{H_c},$ <p>де $\sigma_{зр,i} \cdot h_i$.</p>
Метод Пастернака модифікований	<p>Коефіцієнти постелі обчислюються як і в звичайному методі Пастернака за формулами (1). Відмінність полягає в тому, що для визначення середнього модуля деформації вводиться поправочний коефіцієнт і до величини модуля деформації i-го підшару. Цей коефіцієнт змінюється від $i = 1$ на рівні подошви фундаменту до $i = 12$ на рівні вже обчисленої кордону стиснутої товщі. Прийнято, що коефіцієнт змінюється за законом квадратної параболи.</p> $u = \frac{11z^2}{H_c^2} + 1$ <p>Тоді u, а середній модуль деформацій обчислюється за формулою:</p> $E_{зр} = \frac{H_c}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{u_i E_i}}$
Метод Вінклера	$c_1 = \frac{p}{s}$ <p>Коефіцієнт стиснення : де p – середній тиск під подошвою фундаменту, s – осад від тиску p.</p>

Приклад оформлення пояснювальної записки

ЗМІСТ

1	Вихідні дані.....
2.	Опис розрахункової моделі каркаса
3.	Результати розрахунку.....
3.1.	Деформований стан каркаса
3.2.	Епюри внутрішніх зусиль в колонах
3.3.	Напружено-деформований стан і необхідне армування плити перекриття
3.4.	Напружено-деформований стан і необхідне армування плитного фундаменту.
	Висновки.....
	Перелік використаної літератури

В1. ВИХІДНІ ДАНІ

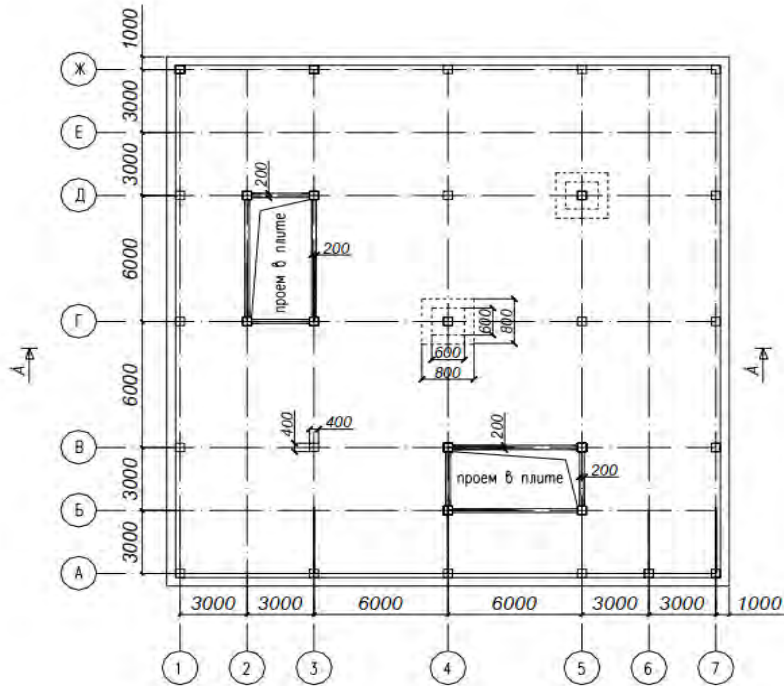


Рис. В1.1. План будівлі

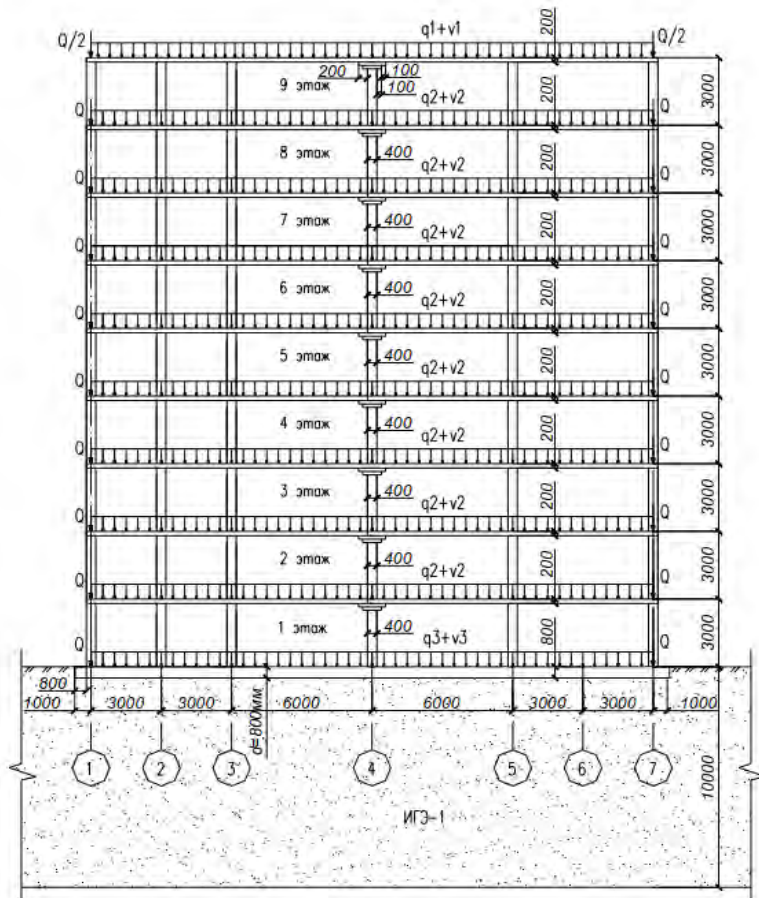


Рис. В1.2. Поздовжній розріз будівлі

Конструктивне рішення будівлі

Будівля має каркасну конструктивну систему. Виконана із монолітного залізобетону. В якості вертикальних несучих елементів виступають колони перерізом 400×400 мм і стіни сходових клітин товщиною 200 мм. Плити перекриттів плоскі товщиною 200 мм. Фундамент плитний товщиною 800 мм. Податливі властивості ґрунтової основи враховуються за допомогою коефіцієнта постелі $C=3000$ кН/м³. Для залізобетонних конструкцій прийнятий бетон класу С25/30, арматура класу А400С.

Навантаження

Постійні нормативні навантаження:

- від власної ваги монолітних конструкцій (враховується автоматично в структурі програми САПФІР);
- від ваги покрівлі на покриття $q1 = 3,5$ кПа;
- від ваги підлог і перегородок на перекриття $q2 = 2,0$ кПа;
- від ваги підлог на фундамент $q2 = 1,9$ кПа;
- від ваги стін огорожувальних конструкцій (враховується автоматично в структурі програми САПФІР).

Тимчасові нормативні навантаження:

- від ваги снігу на покриття $v1 = 3,2$ кПа;
- тимчасова на перекриття $v2 = 1,95$ кПа;
- тимчасова на фундамент $v3 = 4,8$ кПа.

Примітка: Нормативні тимчасові навантаження приймаються у відповідності до ДБН В.1.2-2:2006 [1].

В2. ОПИС РОЗРАХУНКОВОЇ МОДЕЛІ КАРКАСУ

Визначення зусиль в несучих елементах будівлі від постійних і тимчасових навантажень проводилося з використанням розрахункового комплексу ЛПРА-САПР. При цьому була створена просторова модель із використанням розрахункового комплексу САПФІР. Пружні властивості ґрунтів основи враховувалися за допомогою коефіцієнтів постелі. Розрахункова модель каркасу показана на рис. В2.1.

Розрахунок зроблений на основі сполучення навантажень, до складу яких увійшли наступні групи зусиль:

- завантаження 1 – власна вага монолітних конструкцій будівлі;
- завантаження 2 – вага покрівлі, підлог, перегородок, зовнішнього стінового огороження ($q1, q2, q3, Q$);
- завантаження 3 – тимчасове навантаження на перекриття, фундамент ($v2, v3$);
- завантаження 4 – снігове навантаження на покриття ($v1$).
- завантаження 5 – вітрове навантаження уздовж меншої сторони будівлі ($w1$).
- завантаження 6 – вітрове навантаження уздовж більшої сторони будівлі ($w2$).

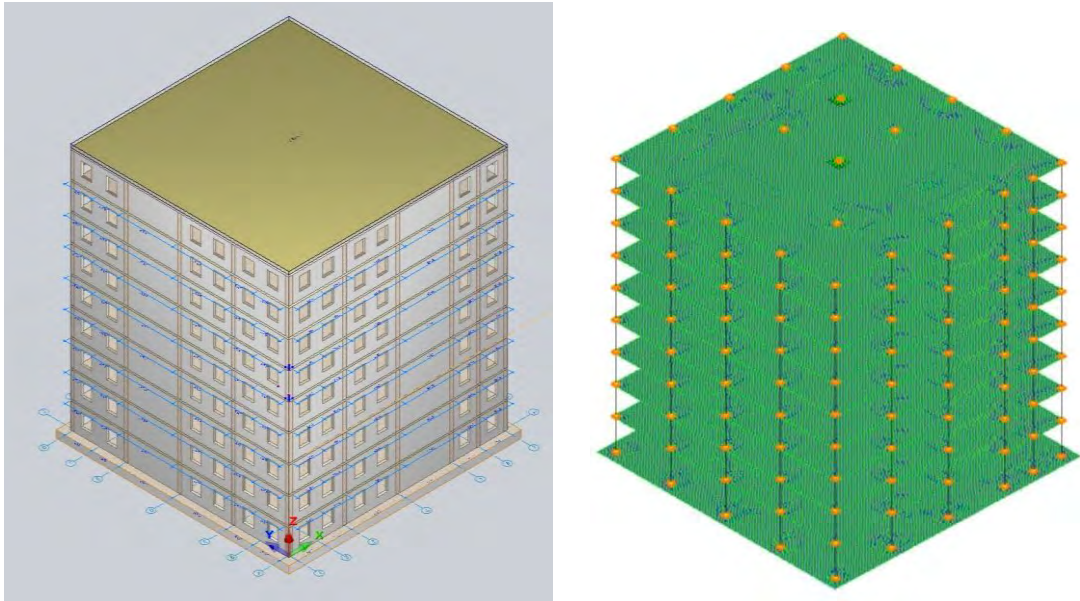


Рис. В.2.1. Розрахункова модель каркаса

В3. РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ

В3.1. Деформований стан каркаса

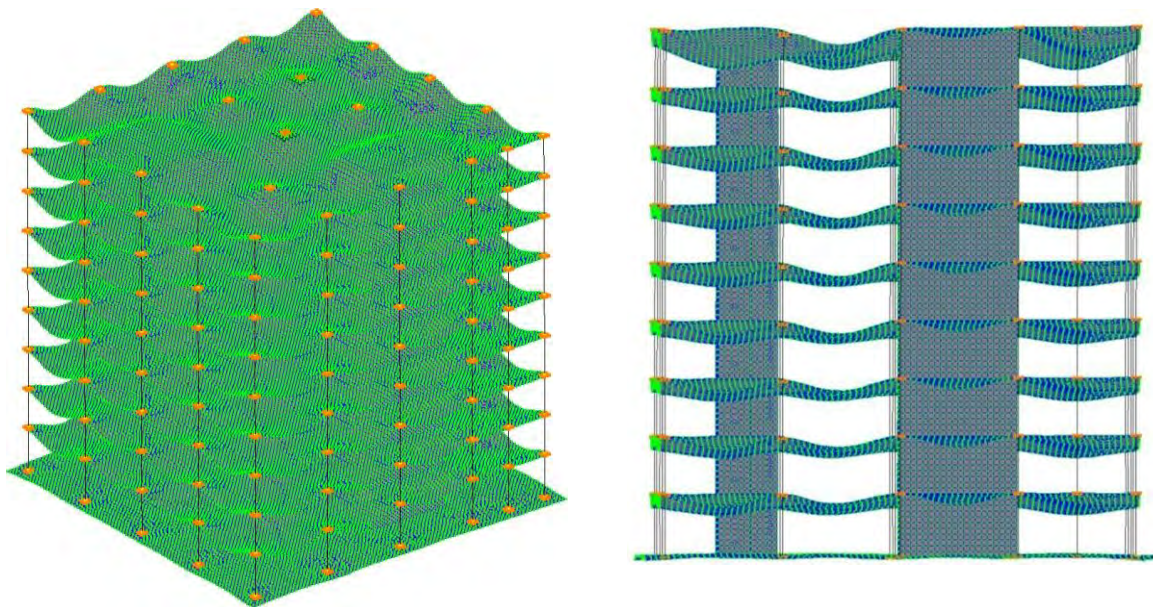


Рис. В3.1. Напружено-деформований стан каркаса

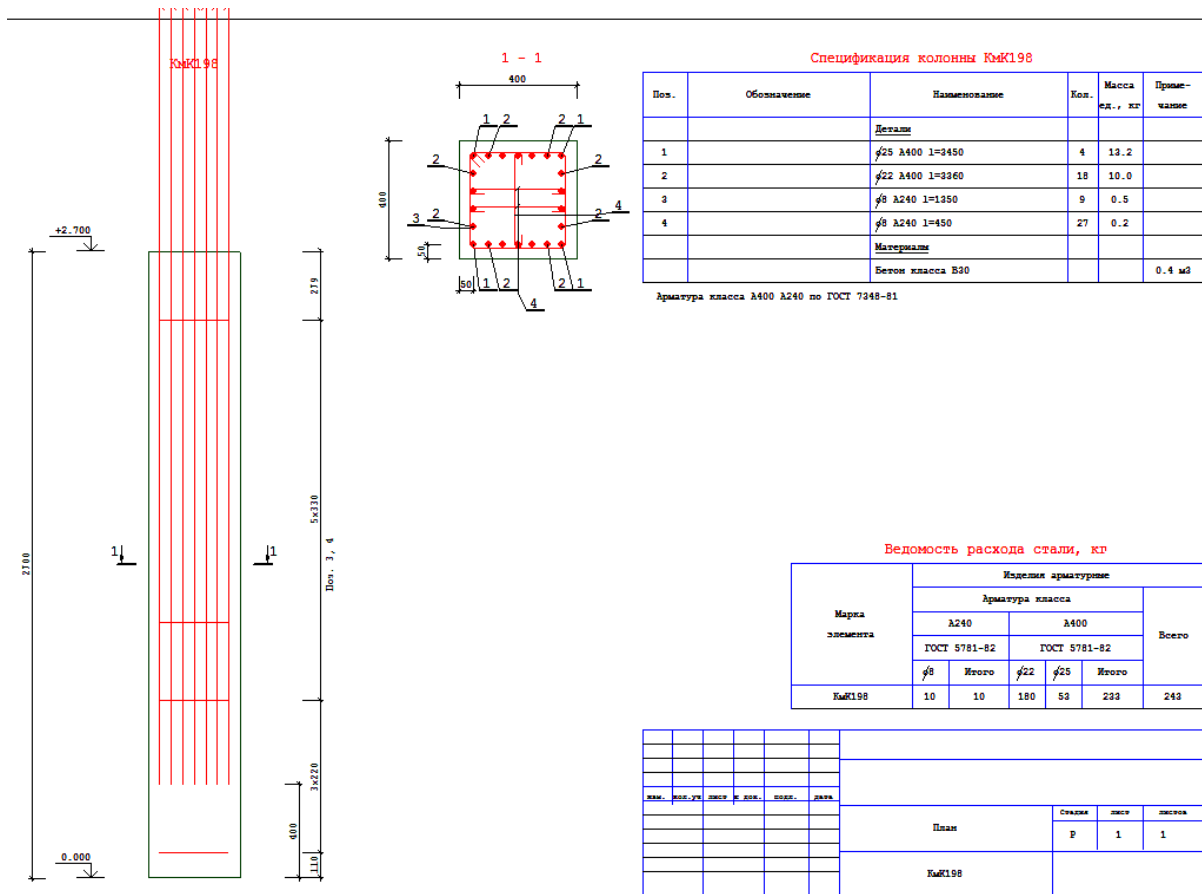


Рис. В3.4. Креслення колони з підібраним армуванням

В3.3 Напружено-деформований стан і необхідне армування залізобетонної плити перекриття

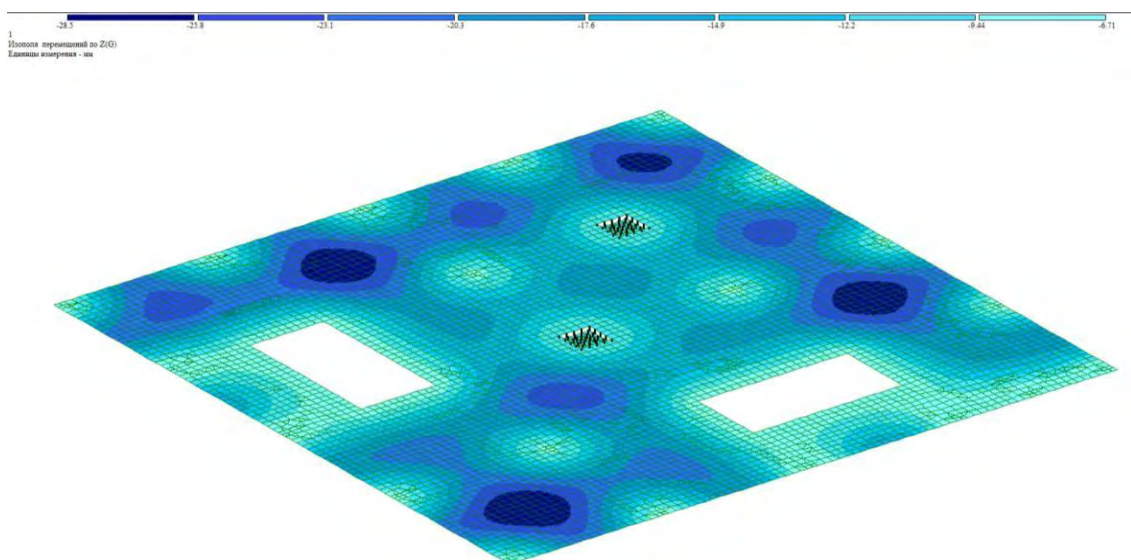


Рис. В3.5. Вертикальні переміщення в плиті перекриття

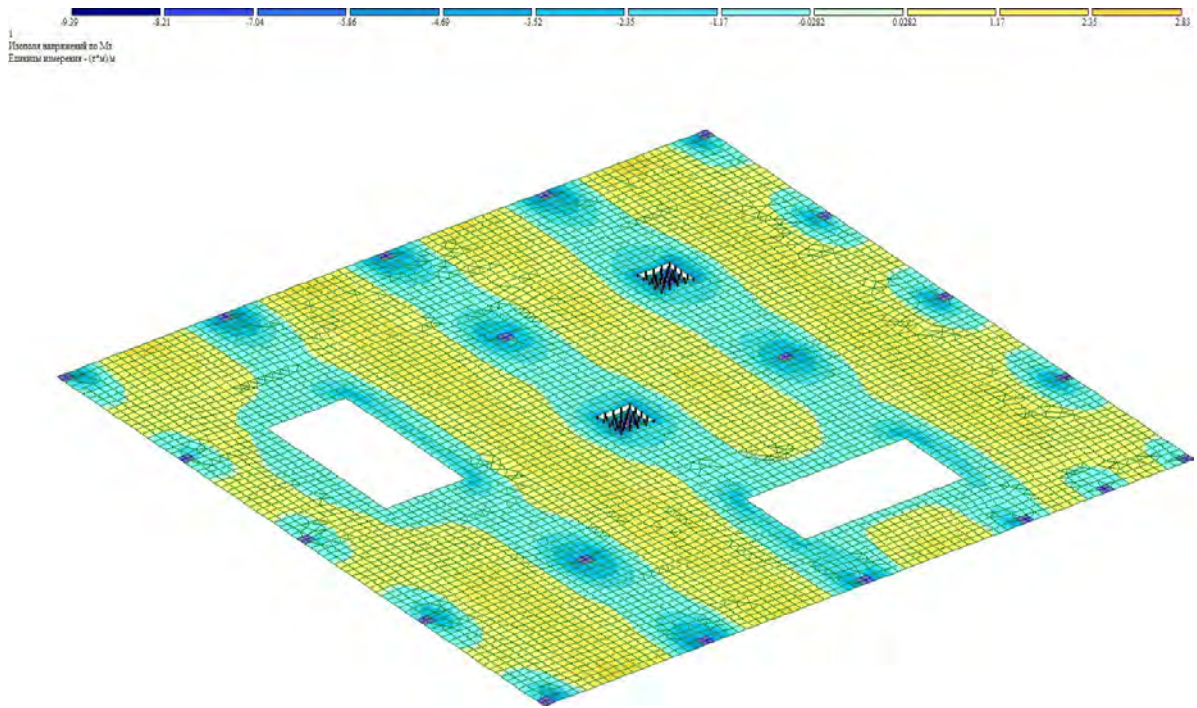


Рис. В3.6. Ізополя згинальних моментів M_x плити перекриття першого поверху від РСН 1

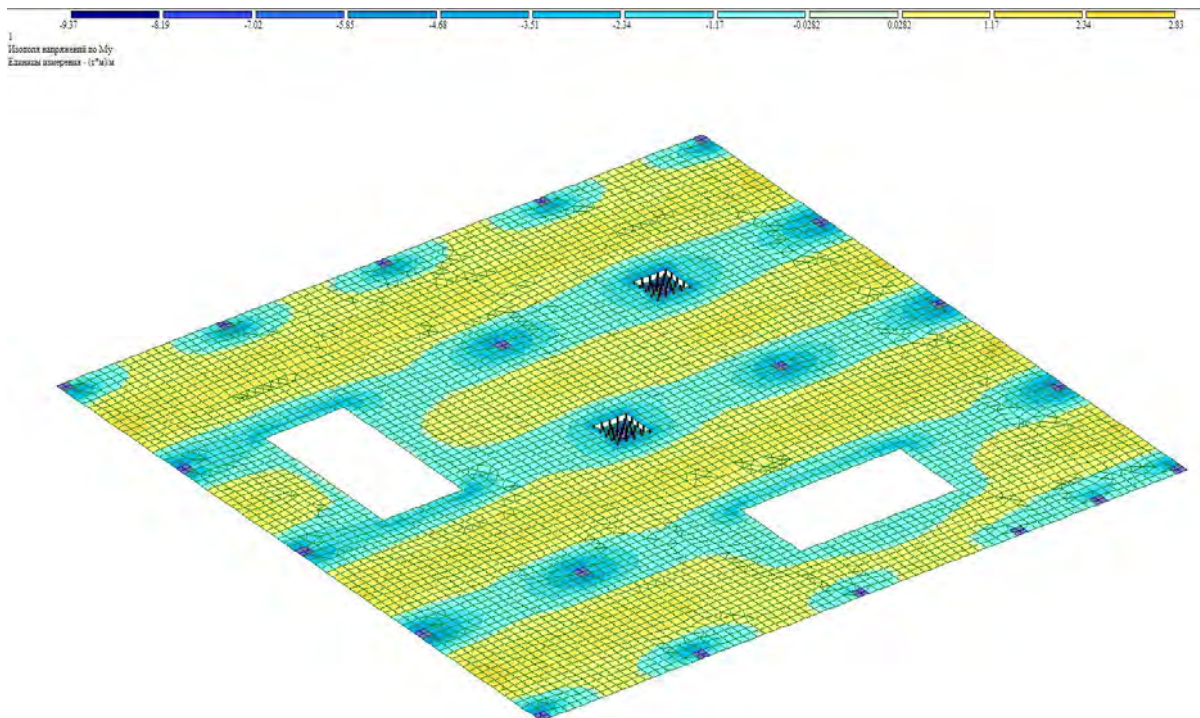


Рис. В3.7. Ізополя згинальних моментів M_y плити перекриття першого поверху від РСН 1

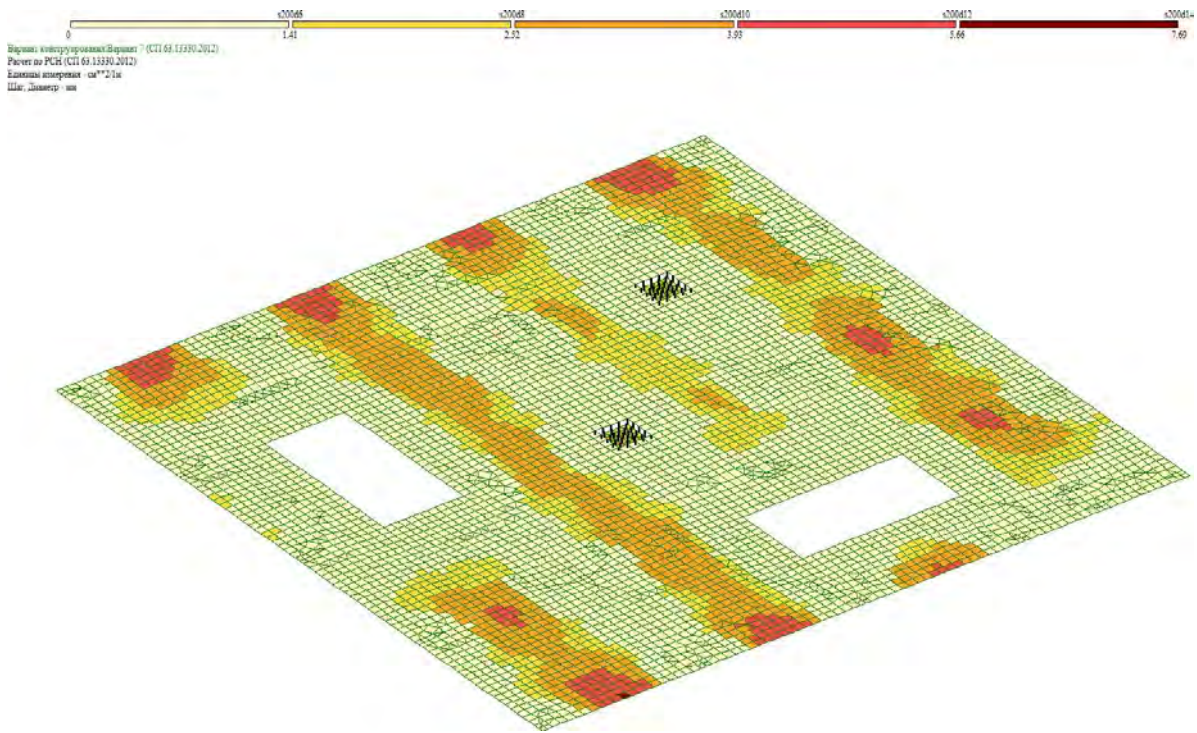


Рис. В3.8. Мозаїка розподілу нижньої арматури уздовж вісі Ox

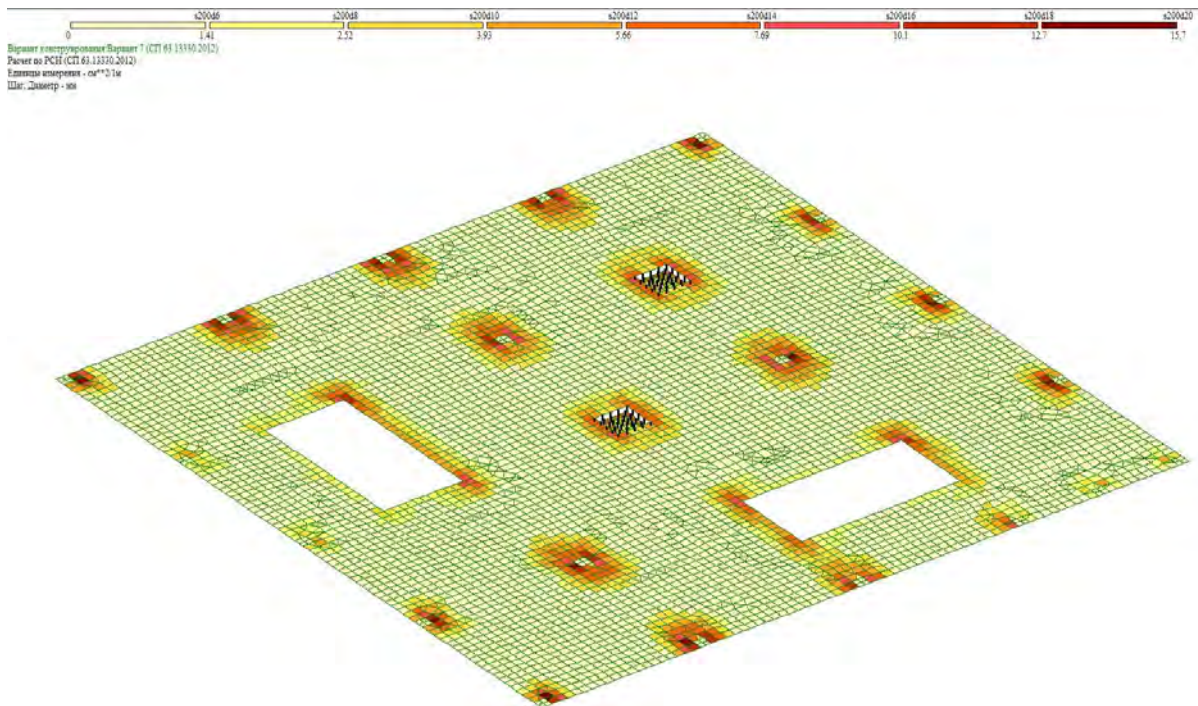


Рис. В3.9. Мозаїка розподілу верхньої арматури уздовж вісі Ox

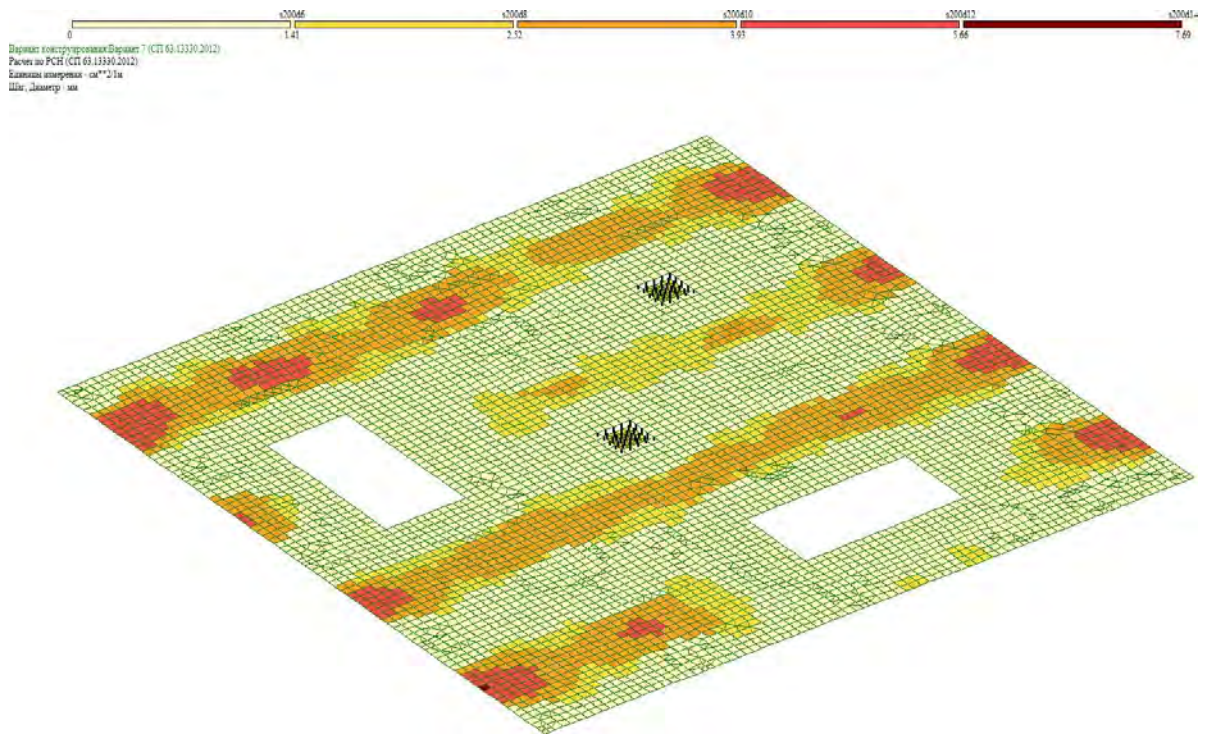


Рис. В3.10. Мозаика розподілу нижньої арматури уздовж вісі OY

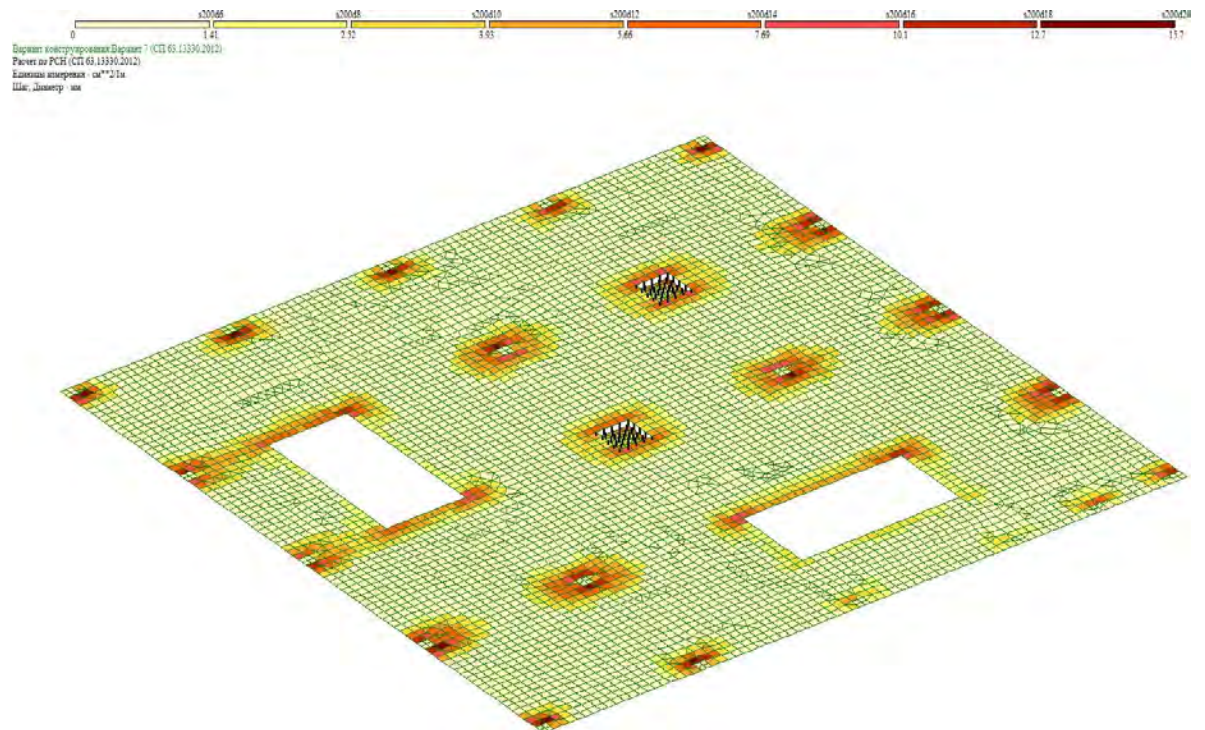


Рис. В3.11. Мозаика розподілу верхньої арматури уздовж вісі OY

В3.4. Напружено-деформований стан і необхідне армування плитного фундаменту

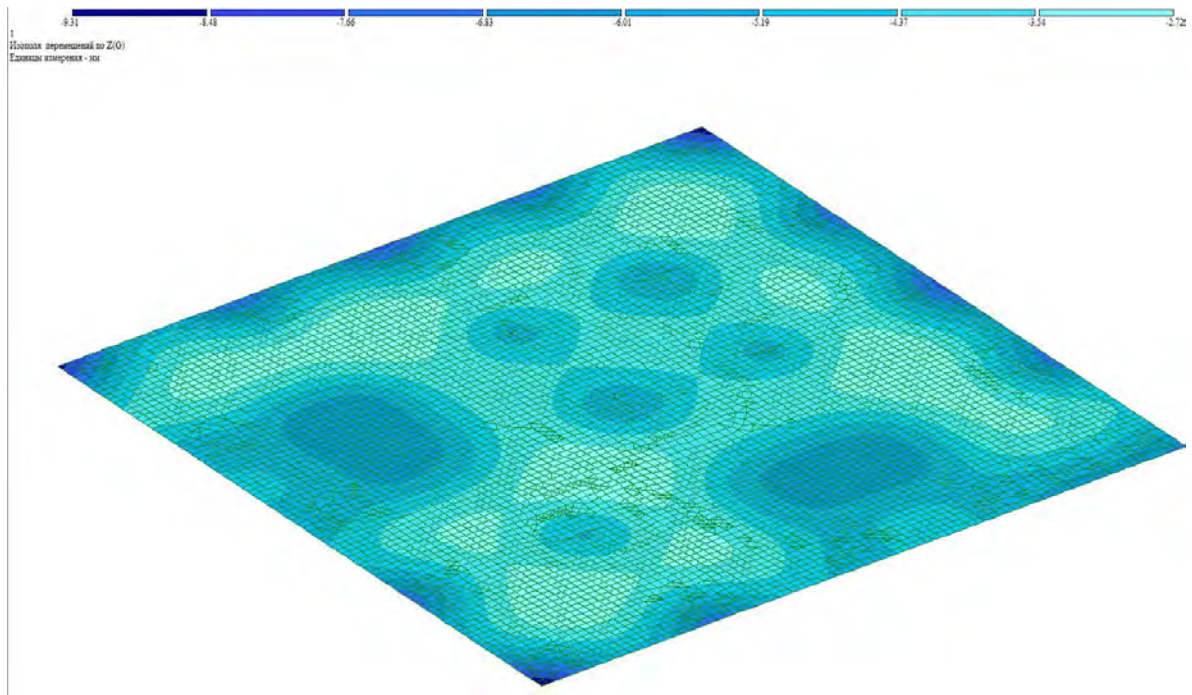


Рис. В3.12. Вертикальні переміщення фундаментної плити

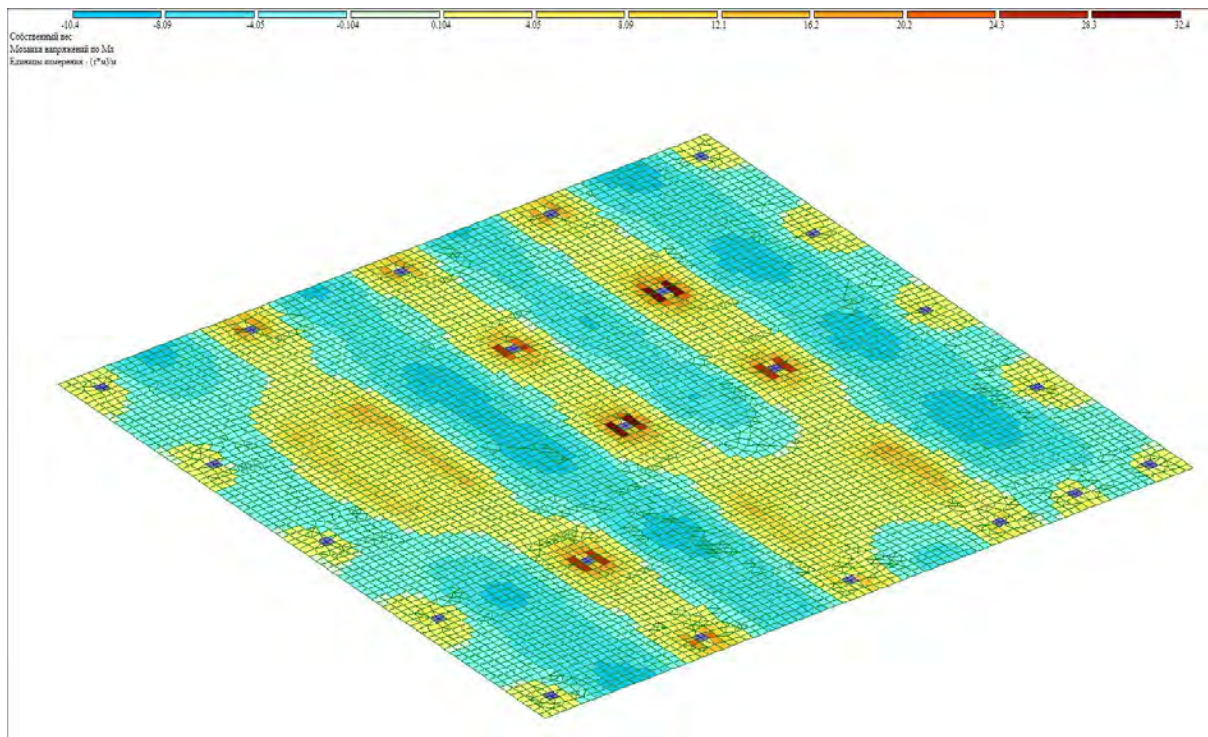


Рис. В3.13. Изополя згинальних моментів M_x фундаментної плити від РСН 1

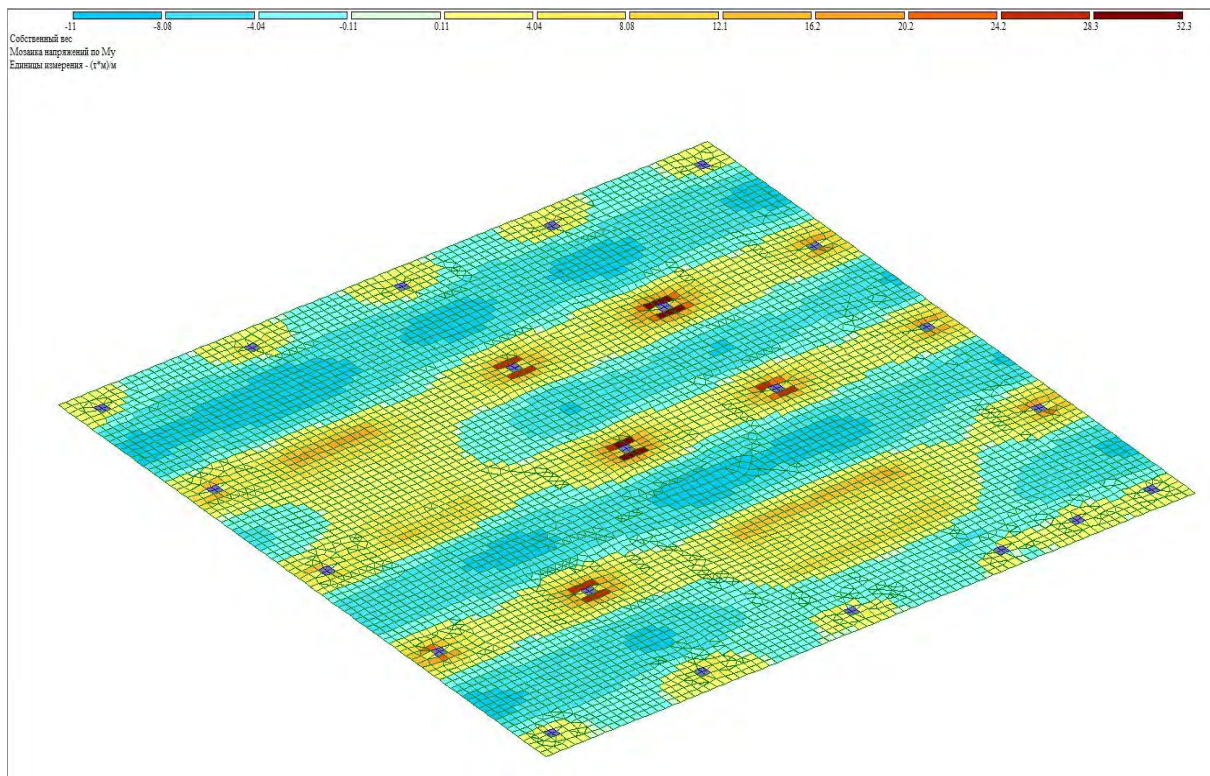


Рис. В3.14. Ізополя згинальних моментів M_y
фундаментної плити від РСН 1

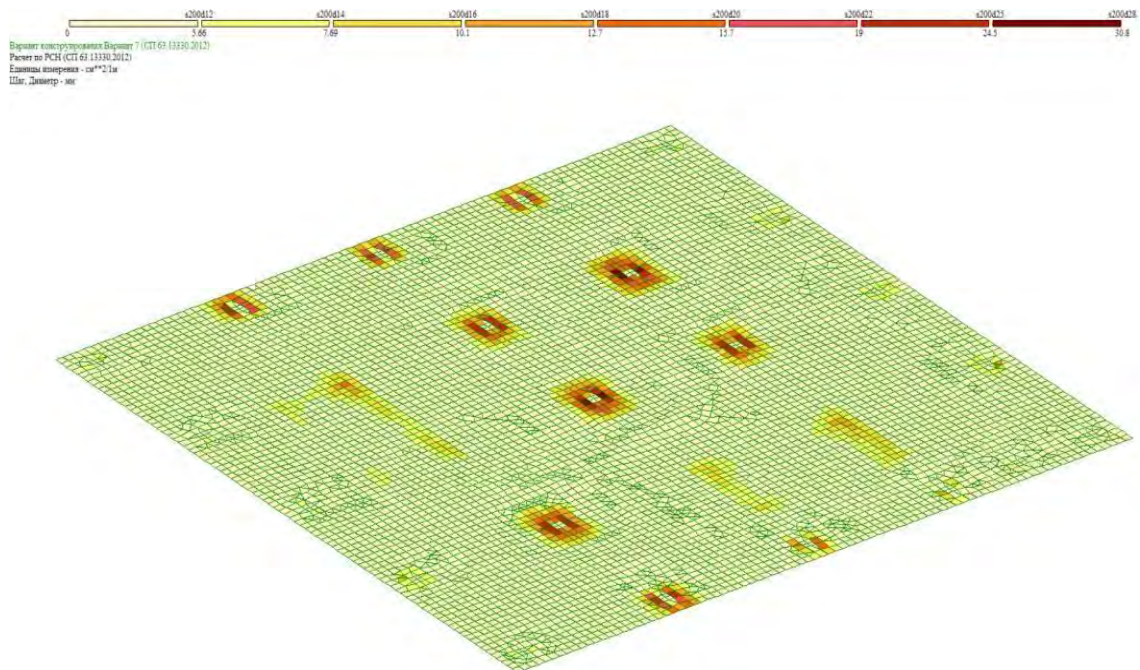


Рис. В3.15. Мозаїка розподілу нижньої арматури
фундаментної плити уздовж вісі Ox

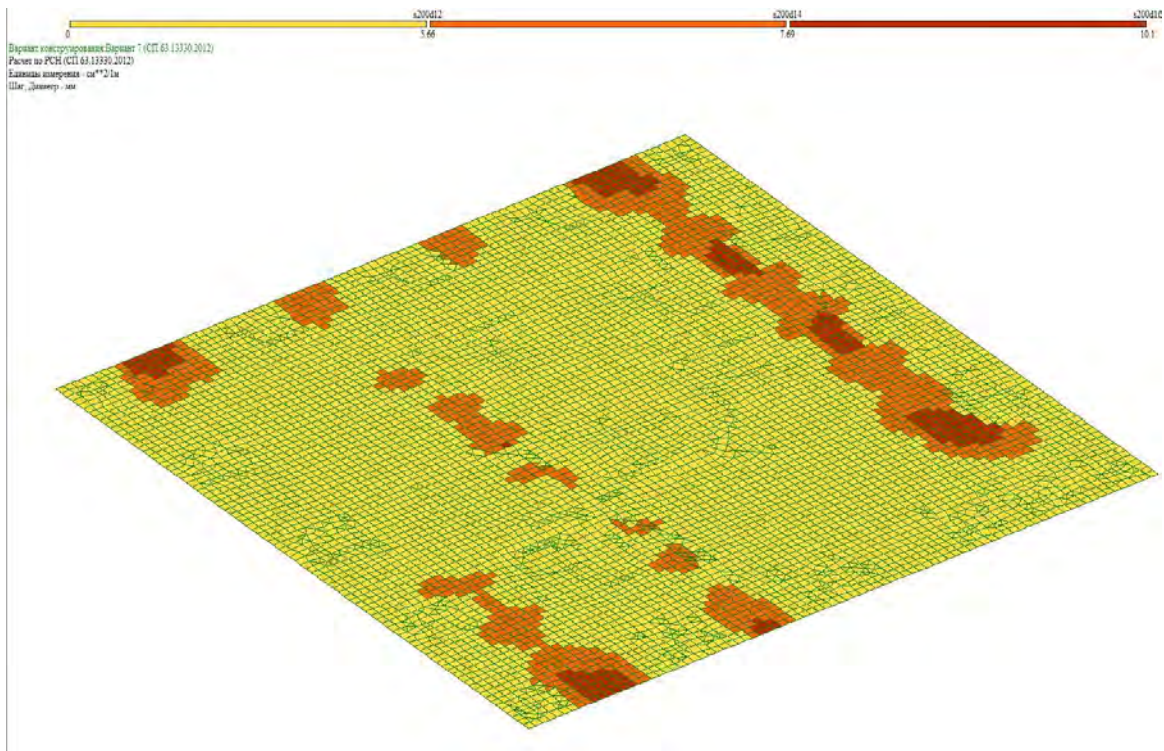


Рис. В3.16. Мозаїка розподілу верхньої арматури фундаментної плити уздовж вісі OX

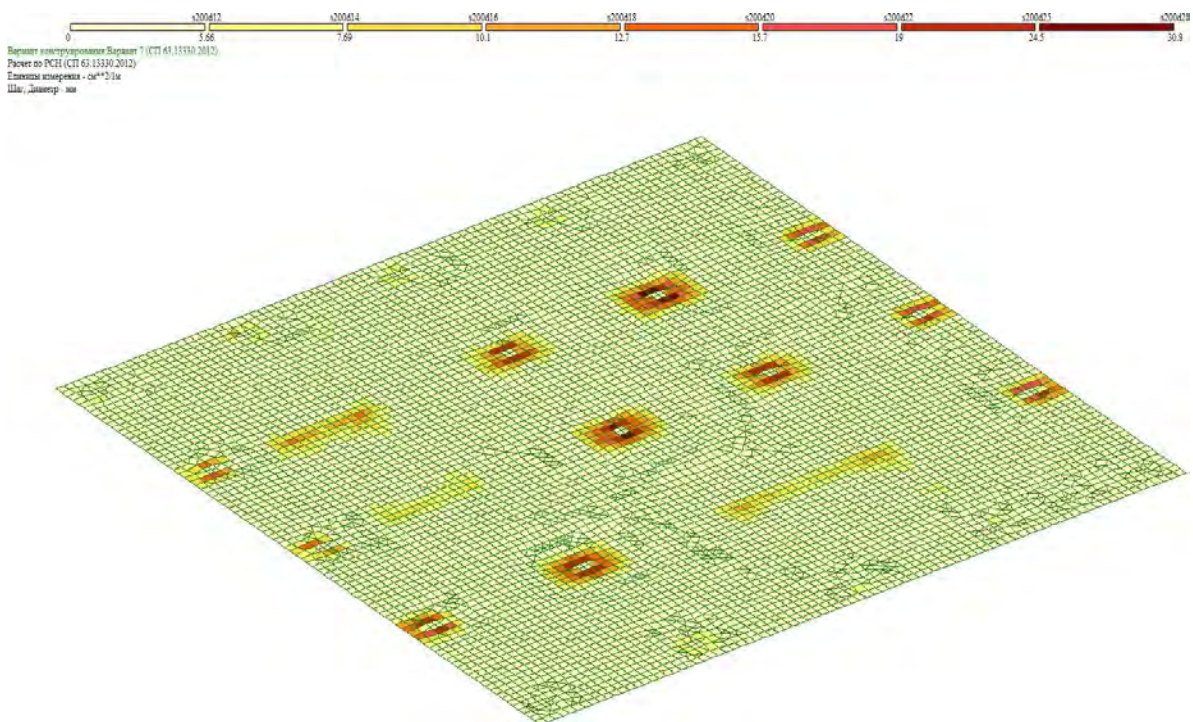


Рис. В3.17. Мозаїка розподілу нижньої арматури фундаментної плити уздовж вісі OY

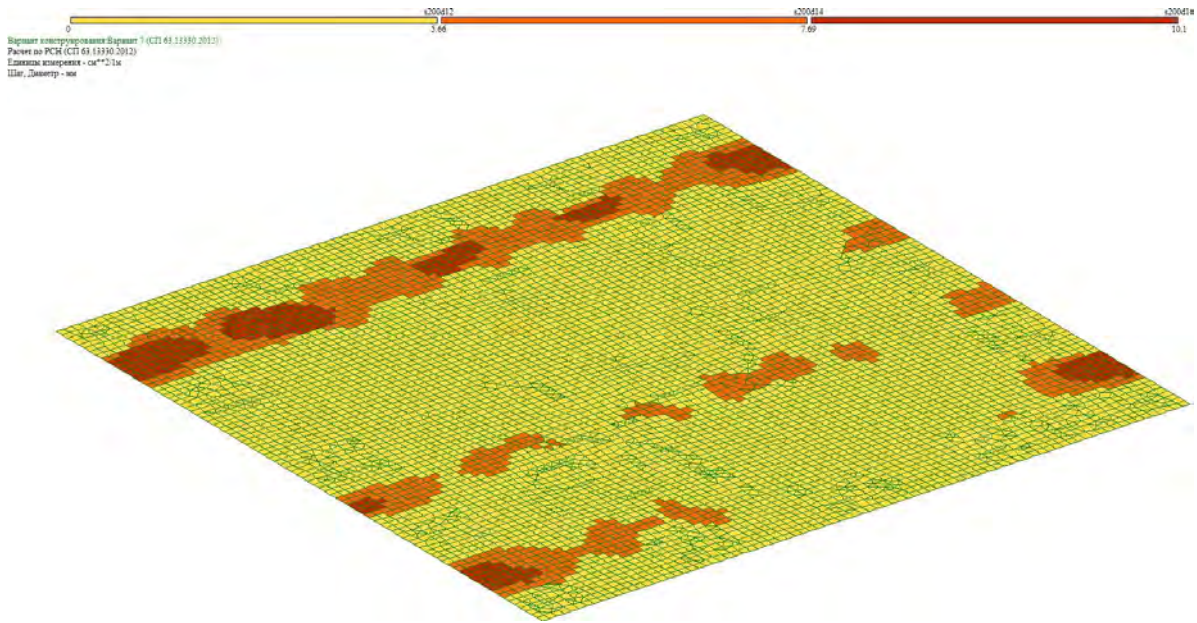


Рис. В3.18. Мозаїка розподілу верхньої арматури фундаментної плити уздовж вісі OY

ВИСНОВКИ

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Список використаної літератури

1. Навантаження і впливи. Норми проектування : ДБН В.1.2-2:2006. – [Чинні від 2007-01-01]. – К. : Мінбуд України, Державне підприємство «Украрх-будінформ», 2006. – 75 с. – (Державні будівельні норми).
2. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009. – [Чинні від 2011-06-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, Державне підприємство «Укрархбудінформ», 2011. – 71 с. – (Державні будівельні норми).
3. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування : ДСТУ Б.В.2.6–156:2010. – [Чинний з 2011-06-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 118 с. – (Національний стандарт України).
4. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення: ДБН В.2.1-10:2018. – [Чинні від 2019-01-01]. – К. : Мінрегіон України, Державне підприємство «Укрархбудінформ», 2018. – 42 с. – (Державні будівельні норми).
5. Будівництво у сейсмічних районах України : ДБН В.1.1–12–2014. – [Чинний з 2014-10-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2014. – 110 с. – (Національний стандарт України).
6. Барабаш М.С. Основи комп'ютерного моделювання : навч. посібник / М.С. Барабаш, П.М. Кір'язєв, М.А. Ромашкіна. – К. : НАУ, 2018. – 492 с.
7. Практичний посібник із розрахунку залізобетонних конструкцій за діючими нормами України (ДБН В.2.6–98:2009) та новими моделями деформування, що розроблені на їхню заміну / [Бамбура А.М., Павліков А.М., Колчунов В.І. та ін.]. – К. : Толока, 2017. – 627 с.
8. Барабаш М.С. Нелінійна будівельна механіка з ПК ЛІРА-САПР : монографія / М.С. Барабаш, М.М. Сорока, М.Г. Сур'янінов. – Одеса : Екологія, 2018. – 248 с.
9. Бойченко В.В. САПФИР-2017 : учебн. пос. / [Бойченко В.В., Медведенко Д.В., Палиенко О.И., Шут А.А.; под ред. акад. РААСН А.С. Городецкого. – К. : Издательство «LIRALAND», 2017. – 130с.

10. Программный комплекс ЛИРА-САПР. Руководство пользователя. Обучающие примеры : электр. изд. / [Водопьянов Р.Ю., Титок В.П., Артамонова А.Е. и др.]; под ред. акад. РААСН А.С. Городецкого. – 2017. – 535с.

11. Будівельні конструкції.: навч. посібник / [Клименко Є.В., Дорофєєв В.С., Довженко О.О. та ін]; за заг. ред. Клименка Є.В. – К.: Центр учбової літератури, 2012. – 426 с.

12. Бамбура А.М. Проектування залізобетонних конструкцій : посібник / А.М. Бамбура, І.Р. Сазонова, О.В. Дорогова, О.В. Войцехівський; за ред. А.М. Бамбури. – К. : Майстер книг, 2018. – 240 с.

13. Бабич Є.М. Розрахунок і конструювання залізобетонних балок : навчальний посібник / Є. М. Бабич, В. Є. Бабич. – 2-ге видання, перероблене і доповнене. – Рівне : НУВГП, 2017. – 191 с.

14. Голышев А. Б. Сопротивление железобетонных конструкций, зданий и сооружений, возводимых в сложных инженерно-геологических условиях: монография / А. Б. Голышев, В. И. Колчунов, И. А. Яковенко. – К. : «Талком», 2015. – 371 с.

15. Павліков А.М. Конструювання і розрахунок монолітних ребристих перекриттів : навчальний посібник / А.М. Павліков, О.В. Гарькава. За ред. А.М. Павлікова. – Полтава: ПолтНТУ, 2013. – 83 с.

16. Стрелец–Стрелецкий Е.Б. ЛИРА–САПР. Книга I. Основы / Е.Б. Стрелец–Стрелецкий, А.В. Журавлев, Р.Ю. Водопьянов; под ред. акад. РААСН А.С. Городецкого. – К. : Издательство "LIRALAND", 2019. – 154с.

17. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із дисципліни "Основи автоматизованого проектування в будівництві" для студентів за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія» / уклад.: Є.А. Дмитренко, І.А. Яковенко, О.А. Фесенко. – К. : НУБіП України, 2021. – 91 с.

18. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Будівельні конструкції» для студентів за напрямом підготовки 192 «Будівництво та цивільна інженерія»: розрахунок будівельних конструкцій на

міцність, жорсткість та вогнестійкість / уклад.: О. А. Фесенко, Є. А. Дмитренко.
– К. : НУБіП України, 2020. – 80 с.

19. Скребнєва С. М. Чисельні методи в розрахунках будівельних конструкцій : лабораторний практикум / С. М. Скребнєва, І. Л. Машков, І. А. Яковенко. – К. : НАУ, 2015. – 52 с.

20. Бакулін Є.А. Інженерний захист та підготовка територій : навч. посіб.; за ред. канд. техн. наук Бакуліна Є.А. / Є.А. Бакулін, І.А. Яковенко, В.М. Бакуліна. – К. : НУБіП України, 2020. – 212 с.

21. Городецкий А.С. Концепция интеграции систем автоматизированного проектирования с использованием технологии информационного моделирования / А.С. Городецкий, М.С. Барабаш // Нові технології в будівництві. – 2011. – № 1(21). – С. 67–70.

22. Городецкий А.С. Учет нелинейной работы железобетонных конструкций в практических расчетах / А.С. Городецкий, М.С. Барабаш // Строительство, материаловедение, машиностроение сб. науч. трудов. – 2014. – Вып. 77. – С. 54–58.

23. Дмитренко Є. А. Особливості розрахунку міцності нормальних перерізів згинальних залізобетонних конструкцій за методом Вуда в ПК «ЛІРА САПР» / Є. А. Дмитренко, Ю. В. Гензерський, І. А. Яковенко, Є. А. Бакулін // Український журнал будівництва та архітектури : науково-практичний журнал. – Дніпро : ДВНЗ ПДАБА, 2021. – № 5 (005). – С. 41–49.

24. Kolchunov V. I. The analytical core model formation of the nonlinear problem bond armature with concrete / V. I. Kolchunov, I. A. Yakovenko, E. A. Dmitrenko // Збірник наукових праць. Серія галузеве машинобудування, будівництво. – Полтава : ПолтНТУ, 2016. – Вып. 2(47). – С. 125–132. (*Видання входить до міжнародної наукометричної бази даних Index Copernicus*).

25. Колчунов В. И. Конечно-элементное моделирование нелинейной плоской задачи сцепления бетона и арматуры в ПК Лира-САПР / В. И. Колчунов, И. А. Яковенко, Е. А. Дмитренко // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2016. – №3. – С. 6–15.

26. Ключева Н. В. Методика расчета деформативности стержневых железобетонных составных конструкций с использованием программного комплекса «Мираж-2014» / Н. В. Ключева, И. С. Горностаев, Вл. И. Колчунов, И. А. Яковенко // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – №10. – С. 21–26.

27. Колчунов В. И. Сопротивление плосконапряженных стен перекоосу при наличии диагональной трещины с привлечением программного комплекса «Лири-Pro» / В. И. Колчунов, Н. Г. Марьенков, Т. В. Тугай, И. А. Яковенко // Зб. наук. праць (галузеви машинобудування, будівництво). – Полтава : ПолтНТУ, 2015. – Вип. 1(43). – Т. 1. – С. 178–190.

28. Kolchunov V.I., Yakovenko I.A. (2016) About the violation solid effect of reinforced concrete in reconstruction design of textile industry enterprises // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennostithis, 2016, 363 2016-January(3), pp. 258–263.

29. Dmytrenko E.A., Yakovenko I.A., Fesenko O.A. (2021). Strength of excentrically tensioned reinforced concrete structures with small eccentricities by normal sections // Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences (2021), 30 (3), 424–438.

30. Дмитренко Є.А. Чисельне моделювання моменту утворення тріщин у залізобетонних конструкціях із застосуванням ПК «САПФІР» / Є.А. Дмитренко, І.А. Яковенко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць. – Рівне : НУВГП, 2021. – Вип. 39. – С. 74–83.

31. Дмитренко Є.А. Особливості чисельного моделювання моменту утворення тріщин залізобетонних конструкцій у ПК «Сапфір» / Є.А. Дмитренко, І.А. Яковенко // Збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної онлайн конференції «Сучасні проблеми та перспективи розвитку машинобудування України», присвяченої 20-й річниці з дня створення факультету конструювання та дизайну Національного університету біоресурсів і природокористування України (23-24 вересня 2021 р.). – К.: НУБіП України, 2021. – С. 58–61

32. Колчунов В. И. Расчет жесткости плосконапряженных стен с привлечением ПК «Лира-Про» по методике новых норм / В. И. Колчунов, Т. В. Тугай, И. А. Яковенко, Н. Г. Марьенков, // Містобудування та територіальне планування : наук.-техн. збірник – К. : КНУБА, 2014. – Вип. 53. – С. 209–221.

33. Яковенко И. А. Создание информационной модели при проектировании зданий и сооружений / И. А. Яковенко, А. С. Калиниченко // Інтегровані інтелектуальні робото-технічні комплекси (ІРТК–2012) : зб. тез 5-ої міжн. наук.-практ. конф. 15–16 травня 2012р. – К. : НАУ, 2012. – С. 49–51.

34. Яковенко И. А. Проектирование зданий и сооружений с использованием BIM системы Allplan / И. А. Яковенко, А. С. Калиниченко // Мат. III міжн. наук.-практ. конф. "Аеропорти – вікно в майбутнє" 15–16 червня 2012р. / Проектування та будівництво об'єктів аеропортів : зб. тез. – К. : НАУ, 2012. – С. 14–16.

35. Численный анализ экспериментальных исследований железобетонной рамы со стеновым заполнением при сейсмических нагрузках / [Марьенков Н. Г., Гончар В. В., Недзведская О.Г. и др.] // Будівельні конструкції : міжвідом. наук.-техн. зб. наук. праць (будівництво) / ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» Міністерства регіонального розвитку та будівництва України. – К., ДП НДІБК, 2012. – Вип. 76. – С. 529–539.

36. Emelyanov, S., Nemchinov, Y., Kolchunov, V., & Yakovenko, I. (2016). Details of large-panel buildings seismic analysis. Enfoque UTE, 7(2), pp. 120 – 134.

ЗМІСТ

Загальні вказівки	3
Вступ	4
1. Завдання до лабораторних робіт	6
2. Вимоги до виконання лабораторних робіт	13
3. Лабораторна робота №1. Побудова архітектурної моделі будівлі у ПК «САПФІР»	15
4. Лабораторна робота №2. Задавання навантажень та перетворення архітектурної моделі у скінченно-елементну розрахункову схему.	38
5. Лабораторна робота №3. Розрахунок моделі у ПК «ЛІРА САПР»	50
6. Лабораторна робота №4. Аналіз результатів розрахунку у середовищі ПК «ЛІРА-САПР». Конструювання елементів каркасу	62
Додаток А	81
Додаток Б	84
Додаток В	85
Список використаної літератури	99