



Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд і технологій  
(повна назва факультету)

Кафедра Будівельної механіки  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ясній В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«    »

2022 р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Бею Михайлу Ігоровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження спільної роботи залізобетонного каркасу та стінового заповнення при дії сейсмічного навантаження

Керівник роботи Чорномаз Наталія Юріївна, к.т.н.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «4» квітня 2022 року № 4/7-207

2. Термін подання студентом завершеної роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Огляд літератури за темою досліджень. 2. Вибір програмного забезпечення та розробка методики проведення досліджень. 3. Проведення розрахунків. 4. Обробка результатів.

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)  
60-80 аркушів пояснювальної записки формату А4, 20 слайдів презентації.



# Зміст

ВСТУП .....	5
РОЗДІЛ 1. Теоретичні передумови .....	7
РОЗДІЛ 2. Методика та матеріали дослідження.....	9
2.1 Вибір прикладного розрахункового пакету та методика скінченно-елементного дослідження.....	9
2.2 Аналітичний розрахунок.....	12
2.2.1 Залізобетонні конструкції .....	12
2.2.2 Кам'яні конструкції.....	13
2.3 Визначення жорсткісних характеристик елементів каркасу .....	14
2.3.1 Жорсткісні характеристики колон.....	15
2.3.2 Жорсткісні характеристики ригелів .....	16
РОЗДІЛ 3 Результати розрахунків .....	19
3.1. Результати розрахунку фрагменту каркасу із заповненням .....	19
3.2 Порівняння величин зусиль і переміщень у схемах із заповненням і без нього .....	26
3.2.1 Розрахунок схеми без заповнення.....	26
3.2.2 Порівняння роботи схем із заповненням і без нього.....	28
3.3. Розрахунок варіантів схем з отворами в заповненні .....	29
3.3.1 Розрахунок схеми з віконним отвором у центрі.....	29
3.2.2 Розрахунок схеми з віконним отвором зліва.....	32
3.2.3 Розрахунок схеми з віконним отвором праворуч .....	34
3.3. Висновки до розділу .....	37
РОЗДІЛ 4. Статистична обробка результатів розрахунків .....	38
4.1. Висновки до розділу .....	64

РОЗДІЛ 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	65
5.1. Охорона праці.....	65
5.1.1. Організація охорони праці працівників на підприємстві .....	65
5.1.2. Охорона праці при монтажних роботах .....	66
5.1.3. Охорона праці при влаштуванні монолітних залізобетонних конструкцій .....	69
5.1.4. Висновки до підрозділу .....	70
5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях .....	71
5.2.1 Оцінка стійкості об'єкту (цеху) до впливу ударної хвилі ядерного (техногенного) вибуху і заходи щодо підвищення стійкості .....	71
5.2.2. Розробка заходів щодо підвищення стійкості промислового об'єкту .....	73
5.2.3. Висновки до підрозділу .....	75
ВИСНОВКИ.....	76
Список літератури.....	77

## ВСТУП

У нормах проектування каркасних будівель з дрібноштучним заповненням прийнята методика розрахунку досить умовна і обмежена лише розрахунком на міцність цегляного заповнення, що викликає певні складності при розрахунку конструкцій каркасу при розрахунку будівель на сейсмічні впливи.

Виконання розрахунку конструкцій каркасу із включенням у роботу дрібноштучного заповнення при дії сейсмічного навантаження досить трудомістке завдання навіть за використання сучасних розрахункових програм.

**Мета роботи:** дослідження впливу дрібноштучного заповнення на роботу монолітного залізобетонного каркасу при дії сейсмічних навантажень.

**Об'єкт дослідження** – монолітний залізобетонний каркас із дрібноштучним стіновим заповненням.

**Предмет дослідження** – напружено-деформівний стан монолітного залізобетонного каркасу із дрібноштучним стіновим заповненням при дії сейсмічного навантаження.

**Завдання дослідження:**

- розробити скінченно-елементну модель панелі монолітного залізобетонного каркасу із дрібноштучним заповненням;
- розробити методику визначення впливу кам'яного заповнення для каркасних будівель з дрібноштучним заповненням засобами електронно-обчислювальної техніки.
- з'ясувати характер роботи дрібноштучного заповнення у будинках із залізобетонним каркасом при дії сейсмічних сил.
- визначити ступінь впливу віконних отворів у дрібноштучному заповненні на жорсткість панелі заповнення.

- дати оцінку ефективності використання дрібноштучного заповнення в каркасних залізобетонних будівлях у районах, що піддаються сейсмічним впливам.

- розробити заходи охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

**Методи дослідження** – аналіз літературних джерел, експериментальні на основі методу скінченних елементів.

**Наукова новизна отриманих результатів**-отримала подальший розвиток методика визначення впливу кам'яного заповнення для каркасних будівель з дрібноштучним заповненням засобами електронно-обчислювальної техніки.

**Практичне значення отриманих результатів.** Отримані результати можуть бути використані для проектування нових та реконструкції існуючих будівель та споруд різноманітного функціонального призначення, а також в лекційних і практичних курсах.

**Апробація.** Основні положення та окремі результати даного дослідження доповідались на V Міжнародній студентській науково - технічній конференції "ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ НАУКИ. АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ", ТНТУ 28-29.04.2022.

## РОЗДІЛ 1. Теоретичні передумови

У нашій країні і за кордоном проводилися ряд досліджень з вивчення поведінки цегляних стовпів, панелей і простінків при впливі на них навантажень, що повторюються. Одна з таких робіт, виконана С. В. Поляковим, наводиться в [11].

Зразки – цегляні стіни розміром  $3 \times 2 \times 0.12$  м, викладалися в сталевій 4-шарнірній рамі, на рівні верхнього ригеля, що завантажується у своїй площині в одному або двох напрямках горизонтальними домкратами (рис. 1.1 а). Було випробувано 3 групи зразків. Два зразки 1 та 2 групи, 1 були еталонними, їх зазнавали навантаженням в одному напрямку. У групу 2 входили зразки 21 і 22, навантаження на них подавали в одному напрямку, східчасто до величини  $S_1$ , після чого робили повне розвантаження і знову навантажували до  $S_1$ . Після деякої кількості повторень навантаження підвищувалася до  $S_2$ , і знову повторювали циклів і т. д. Цикл при випробуванні зразків групи 3 включав навантаження в одному напрямку і розвантаження, навантаження в іншому напрямку і розвантаження і т. д.

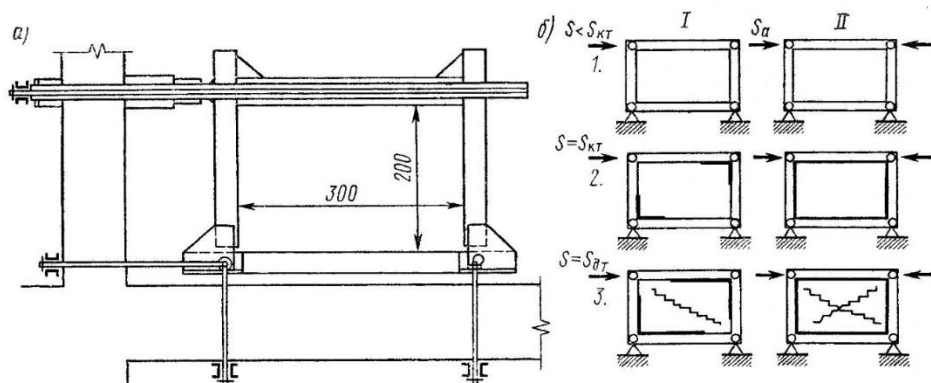


Рисунок 1.1 - До випробувань заповнення з цегляної кладки

Послідовність розвитку пошкоджень зразків була наступною (рис. 1.1 б):

- 1) заповнення без пошкоджень, монолітно з рамою;
- 2) при невеликому горизонтальному навантаженні  $S_{к.т}$  в одному напрямку «а» на кутових ділянках, що примикають до кінців діагоналі



заповнення, що видовжується, виникали тріщини, що відокремлюють кладку від рами, - контурні тріщини; при дії  $S_{к.т}$  в іншому напрямку "б" такі ж тріщини виникали поблизу кінців іншої діагоналі, кладка виявлялася відокремленою від каркасу;

3) збільшення навантаження до  $S_{д.т}$  викликає діагональну тріщину вздовж стиснутої діагоналі у напрямку «а», а при дії  $S$  у напрямку «б» – уздовж іншої діагоналі. Потім зростання навантаження або його повторення призводять до розвитку діагональних тріщин або виникнення паралельних (останнє зазвичай при слабких розчинах).

## **РОЗДІЛ 2. Методика та матеріали дослідження**

### **2.1 Вибір прикладного розрахункового пакету та методика скінченно-елементного дослідження**

Для цієї роботи прийнято використання віртуальної моделі, тобто дослідження проводитиметься на конструкціях, створених на комп'ютері за допомогою сучасних засобів автоматизованого проектування.

Як основну програму для створення розрахункової моделі обрано програмний комплекс StructureCAD (SCAD Group, Україна, Київ), оскільки цей засіб дозволяє забезпечити достатню точність побудови моделі, при максимальній простоті розрахункової схеми.

Для розрахунку багатоповерхової будівлі обраний програмний комплекс STARK (Eurosoft, Німеччина), оскільки цей засіб автоматизованого проектування дає найбільш наочну картину спільної роботи каркасу та заповнення.

Даний програмний засіб найбільш просто у використанні стосовно розрахунку монолітних залізобетонних конструкцій і в даний час використовується багатьма великими організаціями, що спеціалізуються на проектуванні таких конструкцій.

Тому в результаті даної роботи була вдосконалена методика з врахування дрібноштучного заповнення при розрахунку будівель з монолітним залізобетонним каркасом стосовно найбільш популярних програмних засобів.

Оскільки простежити роботу кам'яного заповнення залізобетонного каркасу в усьому будинку досить складно та трудомістко, то щоб спростити завдання, виділимо фрагмент стіни.

Оскільки в даному випадку нас цікавить одна панель заповнення, тож вибираємо відповідний фрагмент (див. рис. 1.1). До нього входять (рис. 1.2) два сегменти колон 1, два сегменти ригелів 2 та одна панель заповнення 3.

Для того, щоб ввести цю схему в програмний комплекс StructureCAD (далі ПК SCAD), необхідно привести елементи конструкції до скінченних елементів.

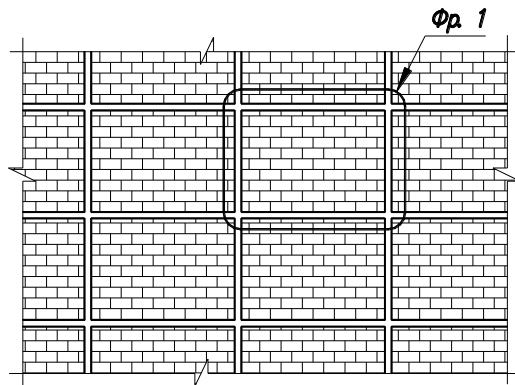


Рисунок 2.1 – Фрагмент каркасу зі стіновим заповненням

У ПК SCAD основні скінченні елементи поділяються на стрижневі скінченні елементи (далі КЕ) та пластини. Для кожного КЕ існує певний набір характеристик (тип елемента та жорсткі характеристики), які необхідно задати.

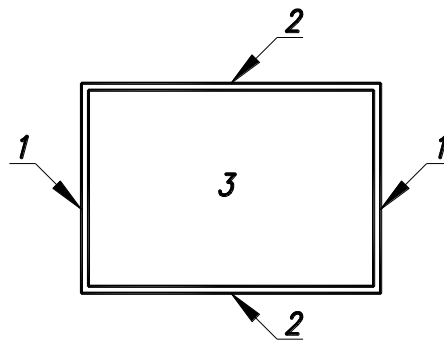


Рисунок 2.2 – Схема розрахункової моделі

У цьому випадку спільна робота залізобетонного каркасу та цегляного наповнення має складний характер. Необхідно врахувати, що кам'яна кладка заповнення не може бути жорстко пов'язана з конструкціями каркасу, отже, і в розрахунковій схемі передбачено податливість зв'язків між каркасом та заповненням. Для цього умовно вводимо між каркасом та заповненням стрижневі елементи, які шарнірно пов'язані як із каркасом, так і із заповненням

(рис. 2.3). Оскільки дані стрижні встановлені умовно, їх жорсткості приймемо нескінченно великими.

У нижніх вузлах рами встановлено зв'язки, інакше при прикладанні навантаження всі точки системи матимуть однакові переміщення. Для цих вузлів заборонимо всі переміщення, крім повороту щодо осі перпендикулярної площини рами. ( $U_y$ ).

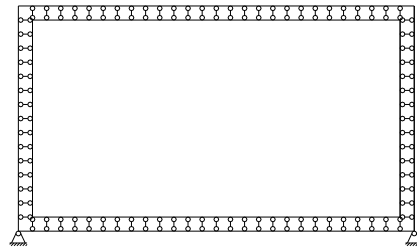


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема

Дана схема аналогічна схемі, для якої проводилися випробування в [11] (за винятком того, що шарнірні вузли тут замінені на жорсткі), однак дана система не враховує роботи елементів каркасу у складі всього будинку.

Так як епюра моментів каркасу будівлі з жорсткими вузлами відповідає епюрі рис. 2.4, то, користуючись можливостями обчислювальної техніки, ускладнимо схему (рис. 2.5).

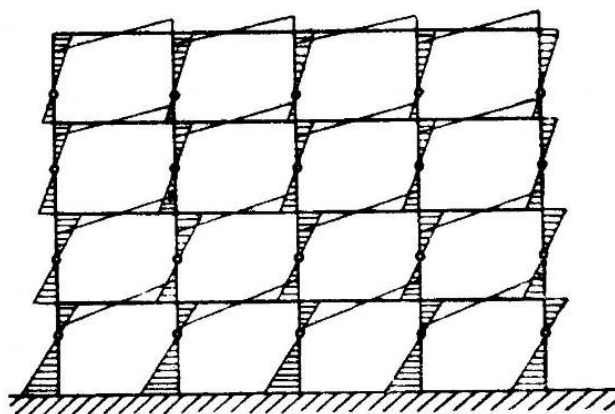


Рисунок 2.4 - Приклад епюри моментів у рамі із жорсткими вузлами

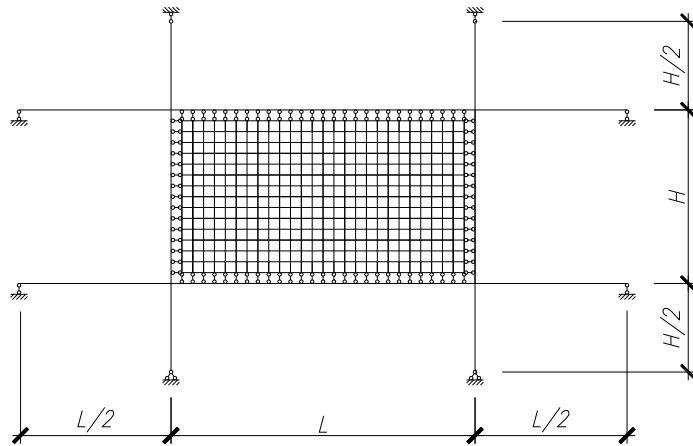


Рисунок 2.5 - Розрахункова схема фрагмента каркасу із заповненням

Введемо стрижні, що моделюють суміжні елементи каркасу, але обмежимо їх половиною довжини. На кінцях даних стрижнів встановимо зв'язок. Причому для нижніх вузлів дозволимо поворот навколо осі перпендикулярної площини рами ( $U_y$ ), а в інших ще й лінійне переміщення вздовж горизонтальної осі ( $X$ ). В даному випадку епюри моментів і переміщення обраної системи найбільш точно відповідатимуть реальним, тому що в точках з нульовими моментами встановлені шарніри.

Зазначимо, що панель заповнення та елементи каркасу необхідно розбити на деяку кількість скінченних елементів, це пов'язано з тим, що число вузлів панелі та каркаса має відповідати числу вузлів стрижнів, що моделюють податливі зв'язки між заповненням та каркасом.

## 2.2 Аналітичний розрахунок

### 2.2.1 Залізобетонні конструкції

Конструкції залізобетонного каркасу приймаємо з досвіду будівництва багатоповерхових каркасних будівель із монолітного залізобетону в сейсмонебезпечних районах:

Колони квадратного перерізу, розмірами 400x400 мм, армовані стрижневою арматурою класу А400с, діаметр арматури орієнтовно прийнятий рівним 25 мм. Робоча арматура розміщується згідно з рис. 2.6.

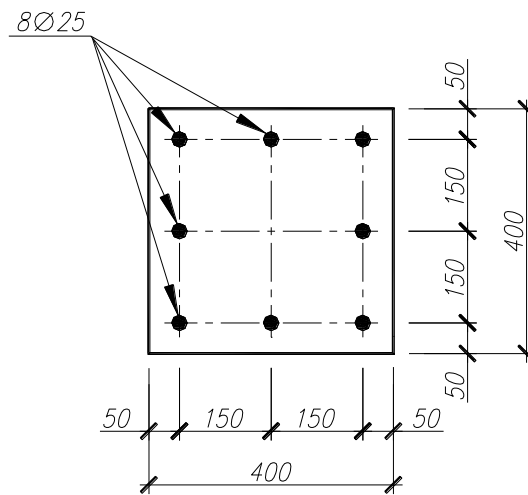


Рисунок 2.6. - Переріз колони каркасу

Ригелі квадратного перерізу 400×400 (без урахування перекриття), арматура ригелів стрижнева класу А400с, діаметром 28 та 32 мм розташовується згідно з рис. 2.6.

Перекриття монолітні завтовшки 160 мм (див. рис. 2.7).

Бетон для всіх залізобетонних конструкцій каркаса прийнятий важкий клас за міцністю на стиск С20/25 [1]. Початковий модуль пружності бетону при стисканні та розтягуванні  $E_b = 30 \times 10^3$  МПа ( $306 \times 10^3$  кг/см<sup>2</sup>).

Модуль зсуву бетону  $G_b = 0.4E_b = 0.4 \times 306000 = 122\,400$  кг/см<sup>2</sup>.

Для прийнятої арматури класу А400с модуль пружності  $E_s = 20 \times 10^4$  МПа:

Модуль зсуву арматури  $G_s = 80 \times 10^4$  кг/см<sup>2</sup>.

Об'ємна вага залізобетонних конструкцій  $\rho = 2500$  кг/м<sup>3</sup>

Початковий коефіцієнт поперечної деформації (коефіцієнт Пуассона) для залізобетонних конструкцій = 0.2.

### 2.2.2 Кам'яні конструкції

Для кам'яної кладки прийнята цегла пустотіла марки 100. Розчин прийнятий марки 50. Модуль деформацій кладки [6, п. 3.22]  $E = 0.8 E_0$ .

Для неармованої кладки:  $E_0 = \alpha R_u$ , (3.1)

$\alpha=1200$  – пружна характеристика кладки [6, п. 3.21]

$$R_u = kR, (3.2)$$

$$k = 2.0 [6, \text{табл. 14}]$$

$$R=1.5 \text{ МПа (15 кг/см}^2\text{)} [6, \text{табл. 2}]$$

$$R_u=2.0 \times 1.5=3.0 \text{ (МПа)},$$

$$E_0 = 1200 \times 3.0 = 3600 \text{ (МПа)},$$

$$E = 0.8 \times 3600 = 2880 \text{ (МПа)}.$$

$$G=0.4E_0=0.4 \times 3600=1440 \text{ (МПа)}$$

Модуль пружності кладки з сітчастим армуванням приймається таким, як для неармованої кладки.

Об'ємна вага кладки прийнята  $\rho=1800 \text{ кг/м}^3$

Коефіцієнт Пуассона для керамічного каміння згідно з дослідженнями, наведеними в [14]  $\nu=0.1$ .

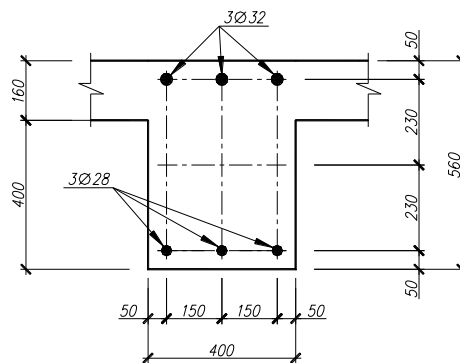


Рисунок 2.7 - Переріз ригеля каркаса

### 2.3 Визначення жорсткісних характеристик елементів каркасу

Для розрахунку стрижневих конструкцій необхідно задати поздовжню, згинальну, зсувну та жорсткість на кручення, а також ядрові відстані. Визначимо дані величини.

Так як жорсткісні характеристики бетону і арматури різні, необхідно привести до загальної величини. Для цього визначимо коефіцієнт наведення  $\alpha$

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b} = \frac{2000000}{306000} = 6.53595.$$

### 2.3.1 Жорсткісні характеристики колон

Площа арматури колони становить  $8\emptyset 25=3927 \text{ мм}^2$ , тобто

$$F_s = 0.0039 \text{ м}^2.$$

Площа бетону перерізу колони:

$$F_b = 0.4 \times 0.4 - 0.0039 = 0.156 \text{ м}^2.$$

Таким чином, приведена площа перерізу колони становитиме:

$$F_{\text{прив}} = F_b + \alpha F_s, \quad (4.1)$$

$$F_{\text{прив}} = 0.156 + 6.536 \times 0.0039 = 0.18149 \text{ м}^2.$$

Поздовжня жорсткість перерізу визначається як  $E_x F$ , в даному випадку наведена жорсткість колони:

$$E F_{\text{кол}} = E_b \times F_{\text{прив}}, \quad (4.2)$$

$$E F_{\text{кол}} = 306000 \times 0.182 = 555360 \text{ т.}$$

Визначимо осьові моменти інерції перерізу колони:

Осьові моменти інерції одного, віддаленого від осі перерізу колони, стрижня арматури щодо загального центру тяжкості залізобетонного перерізу

$$J_x^{s1} = J_y^{s1} = \frac{\pi D^4}{64} + 15^2 \cdot \frac{\pi D^2}{4}, \quad (4.3)$$

$$J_x^{s1} = J_y^{s1} = \frac{3.14 \cdot 2.5^4}{64} + 15^2 \cdot \frac{3.14 \cdot 2.5^2}{4} = 1.9165 + 1103.90625 = 1105.823 \text{ см}^4.$$

Осьові моменти інерції одного арматурного стрижня лежачого на осі колони щодо цієї осі:

$$J_x^{s2} = J_y^{s2} = \frac{\pi D^4}{64}, \quad (4.4)$$

$$J_x^{s2} = J_y^{s2} = \frac{3.14 \cdot 2.5^4}{64} = 1.9165 \text{ см}^4.$$

Осьові моменти інерції восьми стрижнів арматури щодо осей колони

$$J_x^s = 6J_x^{s1} + 2J_x^{s2} = 6634.937 + 3.833 = 6638.77 \text{ см}^4,$$

$$J_y^s = J_x^s = 6638.77 \text{ см}^4.$$



Осьові моменти інерції бетону:

$$J_x^b = \frac{40^4}{12} - J_x^s = 213333 - 6638.795 = 206694.564 \text{ см}^4,$$

$$J_y^b = J_x^b = 206694.564 \text{ см}^4.$$

Осьові моменти інерції наведеного перерізу:

$$J_x^{\text{прив}} = J_{xb} + \alpha J_{xs} = 206694.564 + 6.536 \times 6638.77 = 250085.214 \text{ см}^4.$$

$$J_y^{\text{прив}} = J_x^{\text{прив}} = 250085.214 \text{ см}^4.$$

Згинальні жорсткості наведеного залізобетонного перерізу:

$$E_b J_x^{\text{прив}} = 306000 \times 0.00250085 = 7652.601 \text{ тхм}^2,$$

$$E_b J_y^{\text{прив}} = 7652.601 \text{ тхм}^2.$$

Зважаючи на незначність впливу арматури на крутильну жорсткість перерізу, приймаємо крутильну жорсткість колони по бетону.

$$G_b J_{\text{кр}} = 1224000 \times 0.00361 = 4418.15 \text{ тхм}^2.$$

Наведена зсувна жорсткість перерізу:

$$G_b F_{\text{прив}} = 1224000 \times 0.156 = 191033 \text{ т.}$$

Ядрові відстані в обох напрямках становитимуть:

$$c_x; y = b/6 = 0.4/6 = 0.667 \text{ м.}$$

### 2.3.2 Жорсткісні характеристики ригелів

Площа арматури ригеля становить  $3\emptyset 28 + 3\emptyset 32 = 1847 + 2413 = 4260 \text{ мм}^2$ , тобто :

$$F_s = 0.0043 \text{ м}^2.$$

Площа бетону перерізу ригеля (з урахуванням перекриття):

$$F_b = 0.56 \times 0.4 - 0.0043 = 0.22 \text{ м}^2.$$

Таким чином наведена площа перерізу колони

$$F_{\text{прив}} = F_b + \alpha F_s, \quad (4.5)$$

$$F_{\text{прив}} = 0.22 + 6.536 \times 0.0043 = 0.2355 \text{ м}^2.$$

Поздовжня жорсткість перерізу ригеля:

$$E F_{\text{риг}} = E_b \times F_{\text{прив}}, \quad (4.6)$$

$$E F_{\text{кол}} = 306000 \times 0.2355 = 720604 \text{ т.}$$

Осьові моменти інерції арматурних стрижнів щодо осі, що проходить через центр стрижня.

$$J_{x;y}^{32} = \frac{\pi D^4}{64} = \frac{3.14 \cdot 3.2^2}{64} = 5.145 \text{ см}^4,$$

$$J_{x;y}^{28} = \frac{\pi D^4}{64} = \frac{3.14 \cdot 2.8^2}{64} = 3.016 \text{ см}^4.$$

Осьові моменти віддалених стрижнів щодо осей, що проходять через центр тяжкості перерізу ригеля (див. рис. 2.3):

$$J_x^{32+y^2A^{32}} = 5.145 + 232 \times 8.043 = 4259.89 \text{ см}^4,$$

$$J_x^{28+y^2A^{28}} = 3.016 + 232 \times 6.158 = 3260.60 \text{ см}^4,$$

$$J_y^{32+x^2A^{32}} = 5.145 + 152 \times 8.043 = 1814.82 \text{ см}^4$$

$$J_y^{28+x^2A^{28}} = 3.016 + 152 \times 6.158 = 1388.57 \text{ см}^4.$$

Осьові моменти інерції всієї робочої арматури ригеля щодо осей, що проходять через центр тяжкості перерізу (центр тяжкості перерізу умовно прийнятий у точці геометричного центру прямокутного перерізу через те, що різниця мас верхніх та нижніх арматурних стрижнів незначна):

$$J_x^s = 3(J_x^{32+y^2A^{32}}) + 3(J_x^{28+y^2A^{28}}) = 3 \times 4259.89 + 3 \times 3260.60 = 22561.47 \text{ см}^4$$

$$\begin{aligned} J_y^s &= J_y^{32} + J_y^{28} + 2(J_y^{32} + b^2A^{32}) + 2(J_y^{28} + x^2A^{28}) = \\ &= 5.145 + 3.016 + 2 \times 1814.82 + 2 \times 1388.57 = 6414.93 \text{ см}^4. \end{aligned}$$

Осьові моменти інерції бетону:

$$J_x^b = \frac{40 \cdot 56^3}{12} - J_x^s = 585386.67 - 22561.47 = 562825.20 \text{ см}^4,$$

$$J_y^b = \frac{56 \cdot 40^3}{12} - J_y^s = 298666.67 - 6414.93 = 292251.74 \text{ см}^4.$$

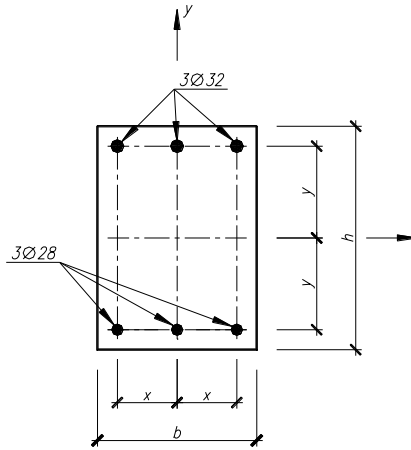


Рисунок 2.8 – До визначення моментів інерції ригеля

Осьові моменти інерції наведеного перерізу:

$$J_x^{\text{прив}} = J_{xb} + \alpha J_{xs} = 562825.20 + 6.536 \times 22561.47 = 710285.83 \text{ см}^4,$$

$$J_y^{\text{прив}} = J_{yb} + \alpha J_{ys} = 292251.74 + 6.536 \times 6414.93 = 334179.40 \text{ см}^4.$$

Згинальні жорсткості наведеного залізобетонного перерізу:

$$E_b J_x^{\text{прив}} = 306000 \times 0.00710285 = 21734.75 \text{ тхм}^2,$$

$$E_b J_y^{\text{прив}} = 306000 \times 0.00334179 = 10225.89 \text{ тхм}^2.$$

Крутильна жорсткість ригеля:

$$G_b J_{\text{кр}} = 1224000 \times 0.00663 = 8115.61 \text{ тхм}^2.$$

Наведена зсувна жорсткість перерізу:

$$G_b \Gamma^{\text{прив}} = 1224000 \times 0.2355 = 288242 \text{ т.}$$

Ядрові відстані:

$$c_x \pm = b/6 = 0.667 \text{ м,}$$

$$c_y \pm = h/6 = 0.933 \text{ м.}$$

## РОЗДІЛ 3 Результати розрахунків

### 3.1. Результати розрахунку фрагменту каркасу із заповненням

Для розрахунку вибираємо панель завдовжки 6м (в осях) та висотою поверху 3.6 м (рис. 3.9). Конструкції каркасу та кладки панелі прийняті відповідно до п.3. Товщина стінової панелі 250 мм.

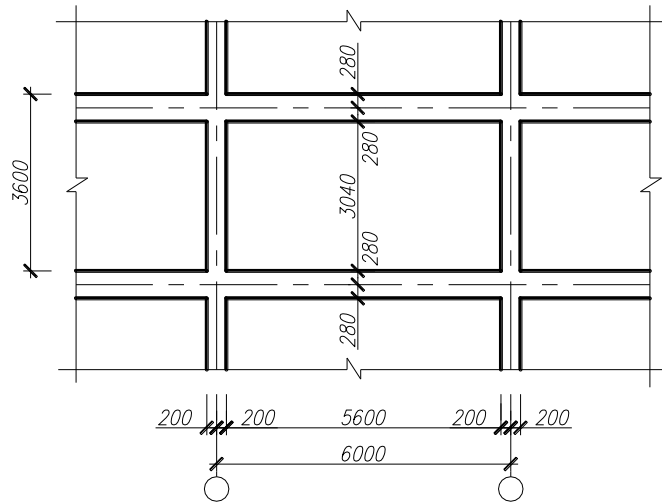


Рисунок 3.9 – Геометрична схема до розрахунку фрагмента

Після введення даних у ПК SCAD система набуде вигляду (рис. 3.10).

Розрахунок виконуватиметься на дію одиничних сил прикладених у верхніх вузлах згідно з рис. 3.11, оскільки методика розрахунку сейсмічного впливу передбачає, що інерційні маси від ваги конструкцій будівлі розташовуються (умовно) у вузлах каркасу.

Деформації системи у разі відповідатимуть рис. 3.12. Верхня частина системи переміститься у горизонтальному напрямку (по осі X). У панелі заповнення, при цьому, виникне напруження (рис. 3.10); SCAD автоматично розкладає їх на нормальне напруження до осі X ( $N_x$ ), нормальне напруження до осі Y ( $N_y$ ) і дотичні напруження в площині панелі ( $T_{xy}$ ).

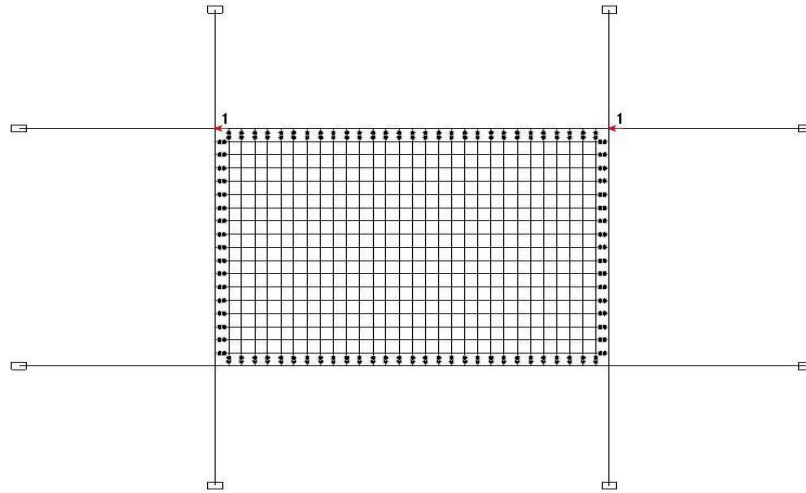


Рисунок 3.10 - Розрахункова схема у SCAD

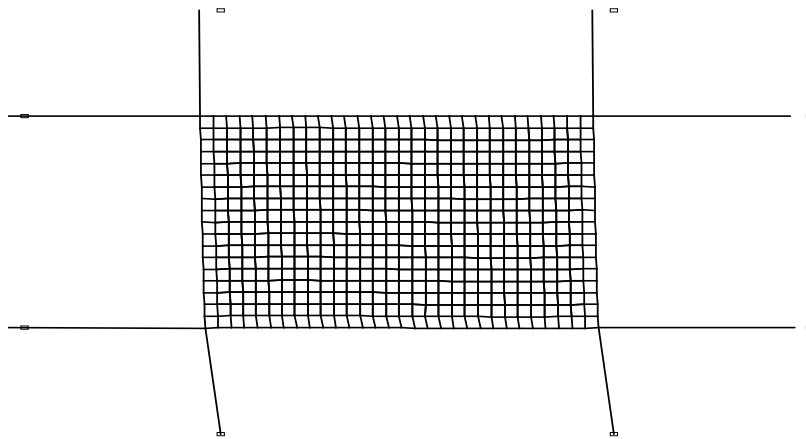
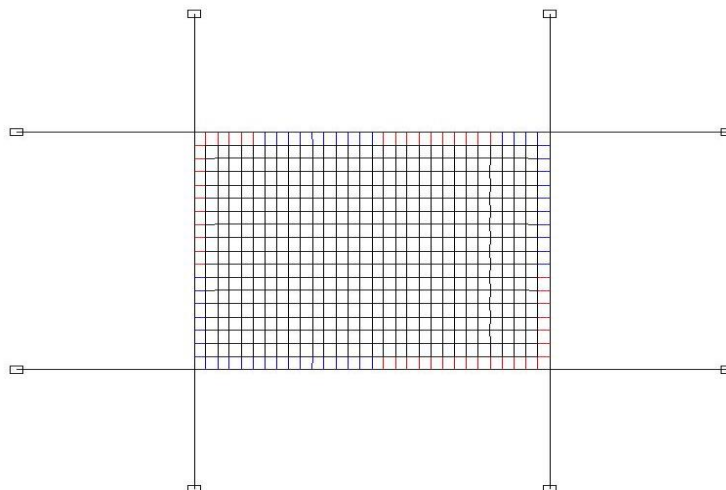
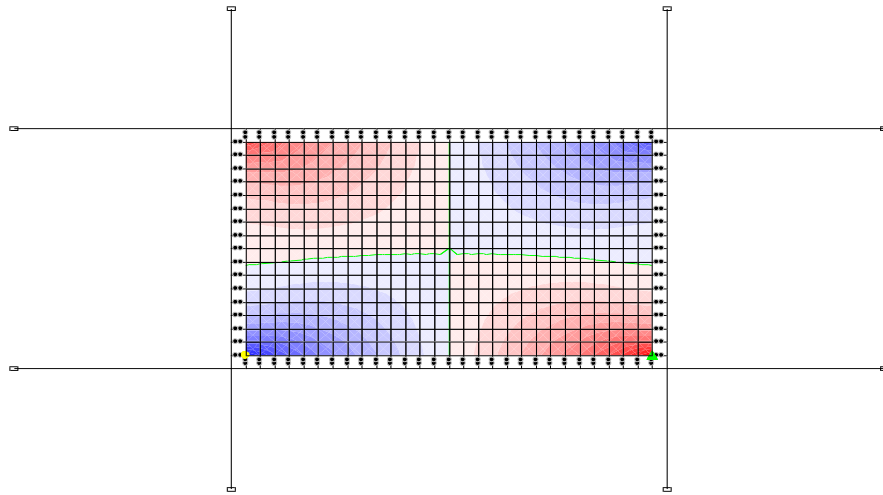


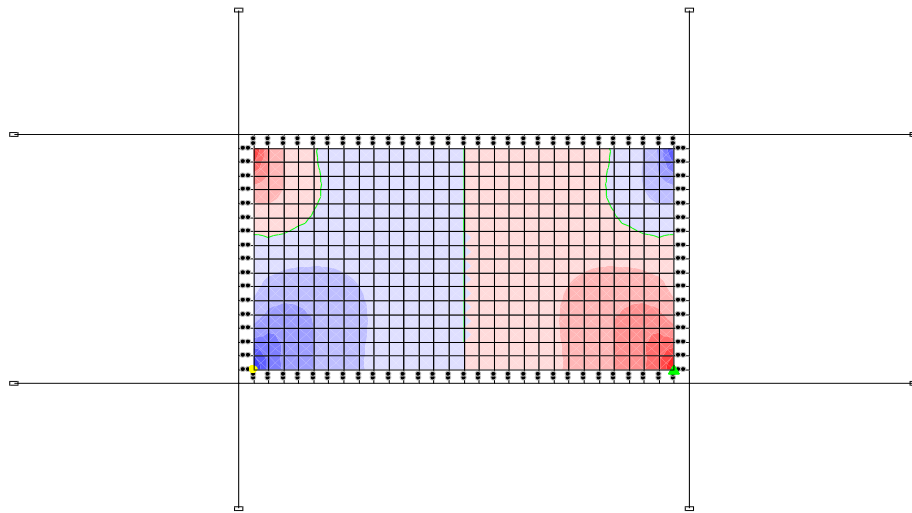
Рисунок 3.11 – Деформації системи



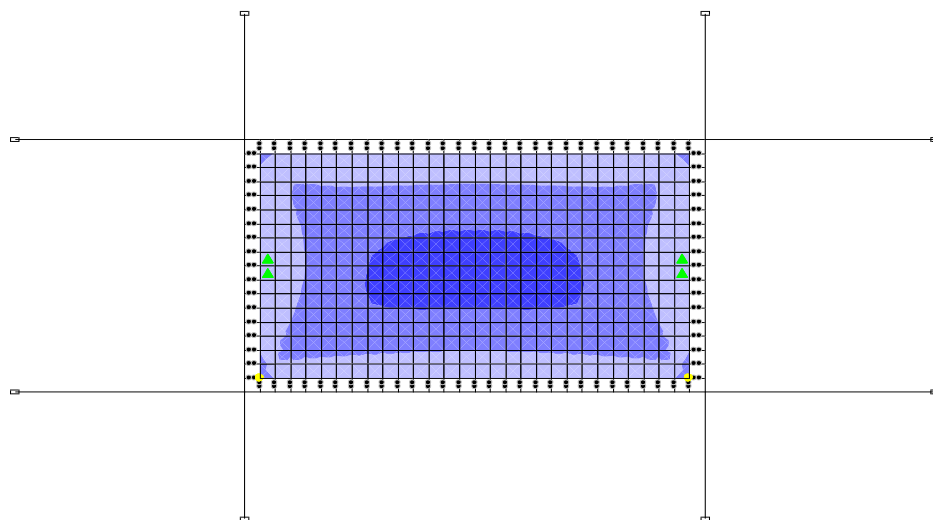
a)



б)



в)



Червоним кольором показані розтягнуті зв'язки, синім – стиснуті

Рисунок 3.12 - Зусилля у зв'язках

Однак у стрижнях, що моделюють податливі зв'язки між каркасом та заповненням, виникають поздовжні сили ( $N$ ). Причому в одних з'являються стискаючі зусилля, а інших – розтягуючі (рис. 3.12). З цього випливає, що частина панелі відривається від каркасу, а це відповідає картині випробування заповнення цегляної кладки. Ділянки, у яких з'являються розтягнуті стрижні, відповідають ділянкам, у яких утворюються контурні тріщини.

Крім того, в самій кладці панелі, відповідно (рис. 3.12) також виникають напруження різних знаків, і розтягнуті стрижні зв'язків примикають до розтягнутих ділянок кладки.

Однак цегляна кладка не може працювати на розтяг і тому необхідно виключити з розрахункової схеми розтягнуті зв'язки.

Після видалення стрижнів-зв'язків в яких спостерігалися зусилля, що розтягують, а також близькі до нуля стискаючі, в системі відбувається перерозподіл зусиль і частина зв'язків, які раніше були стиснутими виявилися розтягнутими. Дані стрижні також потрібно видалити. Ця процедура виконується кілька разів - до виключення розтягнутих зв'язків зі схеми. Можна спостерігати таку картину (рис. 3.12).

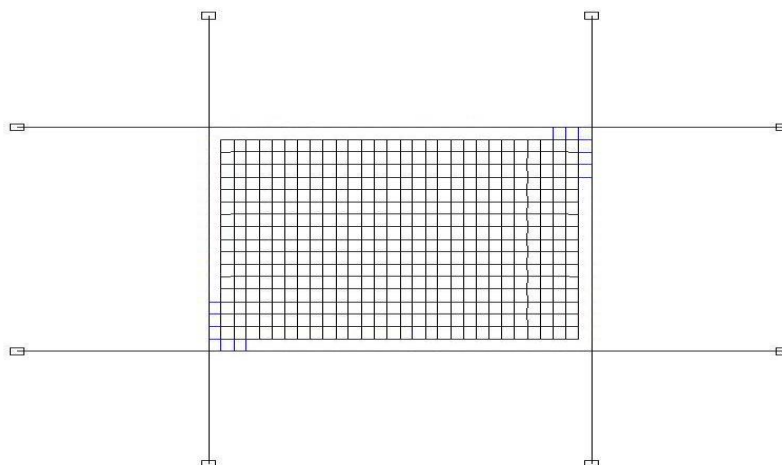


Рисунок 3.13 - Підсумкова розрахункова схема

З рисунку видно, що стискаючі зусилля, передаються на кладку на ділянках невеликої довжини в протилежних кутах панелі.

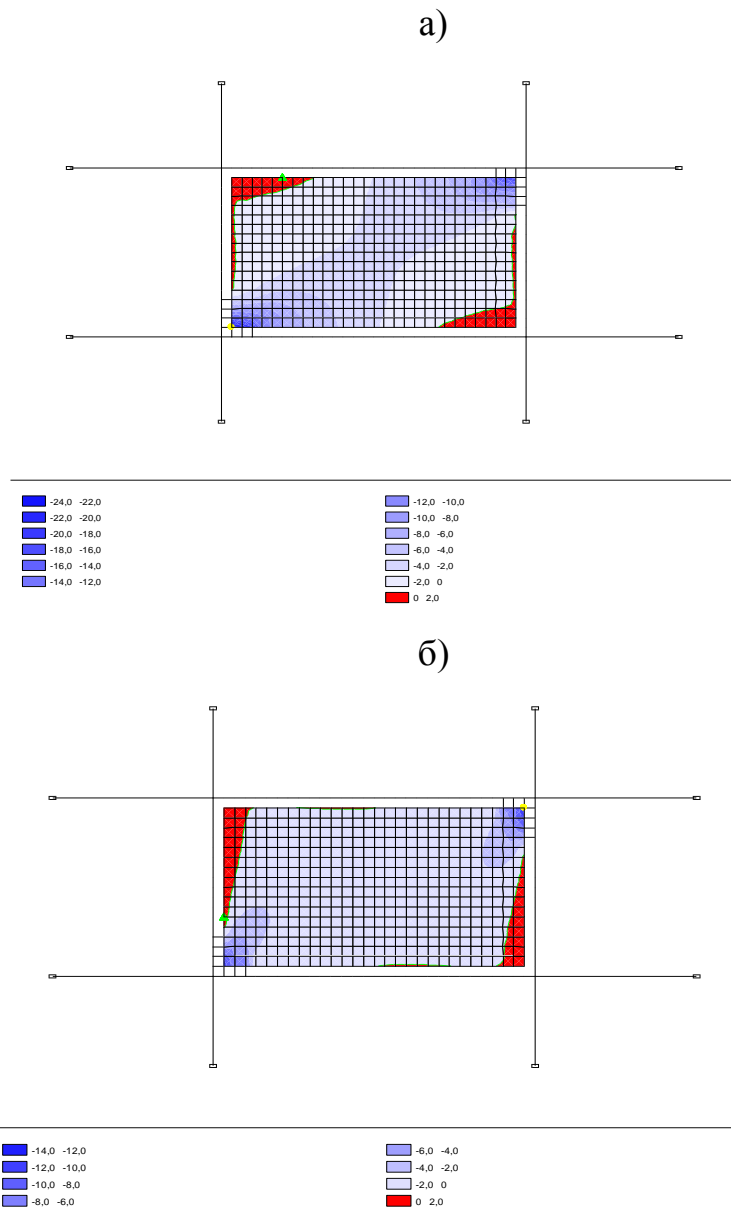


Рисунок 3.14 - Поля нормальних напружень у підсумковій схемі панелі заповнення: а -  $N_x$ ;  
б -  $N_y$

Ці ділянки є кінцями стиснутої діагоналі панелі заповнення. На рис. 3.14 показані поля нормальних напружень в самій панелі заповнення після виключення зі схеми розтягнутих зв'язків. Порівнюючи з рис. 3.13 можна бачити, що напруження в панелі значно змінилися. Величини максимальних та мінімальних напружень складуть  $N_{x+}=0.4$ ;  $N_x - = -20.01$ ;  $N_{y+}=0.88$ ;  $N_{y-}=-13.00$ . Розтягнуті зони на панелі зменшилися. Їхнє розташування тепер найточніше відповідає місцям утворення контурних тріщин при проведенні



випробувань над зразками цегляної кладки. Звідси можна зробити висновок, що ці зони (показані червоним кольором) і будуть місцями потенційної небезпеки утворення контурних тріщин,

Розглянемо тепер поля дотичних напружень у панелі заповнення (рис. 3.15).

Величини максимальних та мінімальних значень дотичних напружень становитимуть:  $T_{xy+}=0.1$ ;  $T_{xy-} = -4.66$ .

З рисунку видно, що з лінії стиснутої діагоналі виникають дотичні напруження одного напрямку, а розтягнутих зонах кладки вони змінюють знак. У ПК SCAD прийнято таке правило знаків дотичних напружень (рис 3.16).

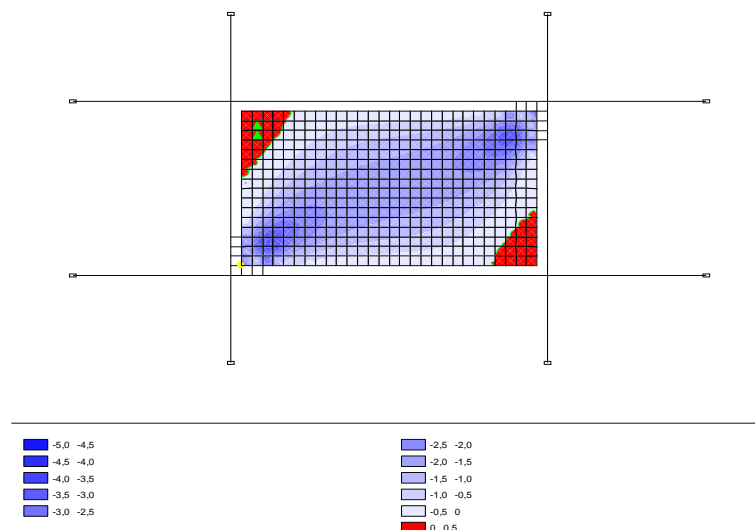


Рисунок 3.15 - Поля дотичних напружень  $T_{xy}$  у підсумковій схемі панелі заповнення

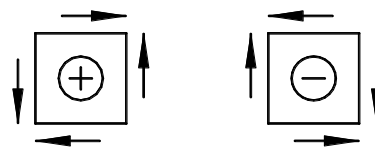


Рисунок 3.16 - Правило знаків для дотичних напружень

Звідси випливає, що у зоні стиснутої діагоналі виникають дотичні напруження, розривають кладку у бік перпендикулярному до стиснутої діагоналі. Це положення підтверджується результатами випробувань [11],

оскільки характер утворення тріщини в панелі рис. 3.14 збігається з характером розвитку дотичних напружень в панелі заповнення (рис. 3.15).

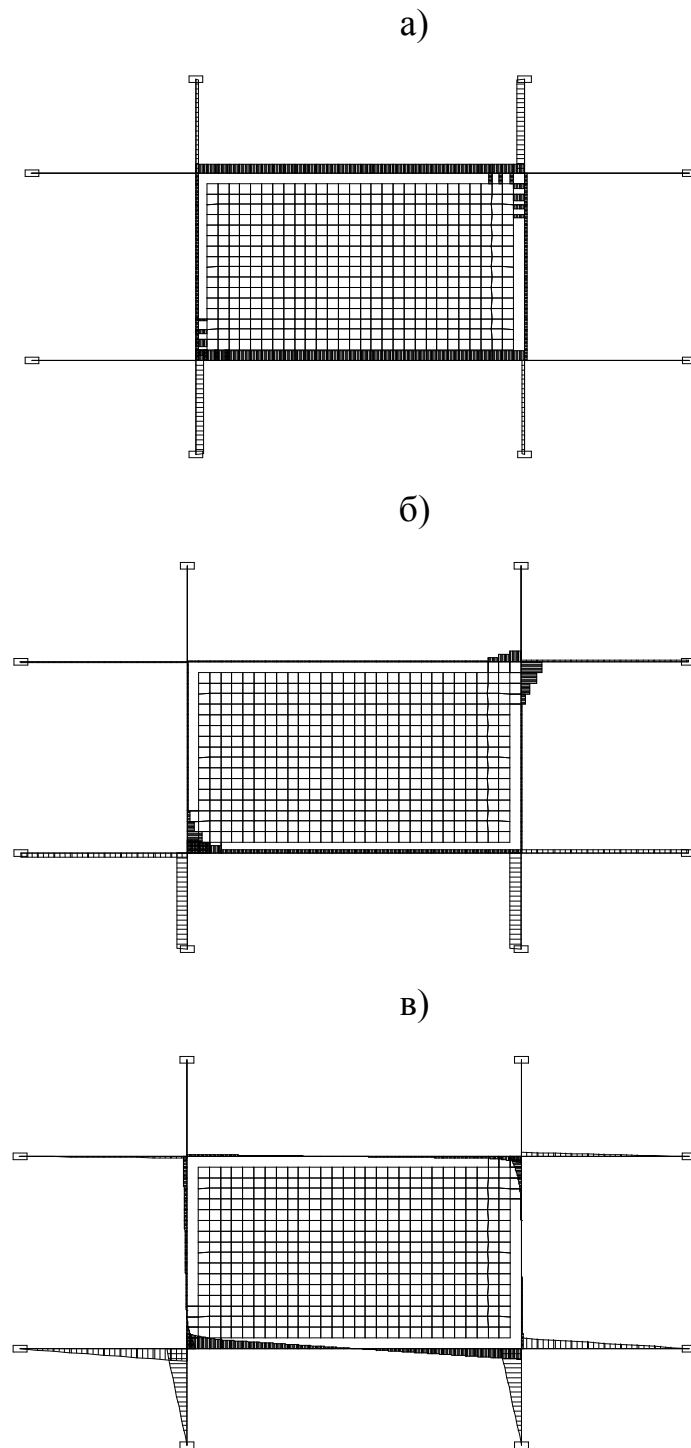


Рисунок 3.17 – Епюри зусиль в елементах каркасу: а - N; б -Qz; в - My

Таким чином, можна зробити висновок, що модель, прийнята для розрахунку засобами електронно-обчислювальної техніки, відповідає дійсній роботі конструкції під впливом горизонтальних сил, прикладених у вузлах конструкції.

Розглянемо зусилля, що у елементах каркаса (рис. 3.17). Поздовжні сили ( $N$ ) і згинальні моменти ( $M_y$ ) у разі не становлять інтересу. Щодо поперечних зусиль ( $Q_z$ ) можна сказати, що наявність цегляного заповнення дещо змінило характер роботи елементів каркасу. Стрибок величини поперечних зусиль у колонах і ригелях поблизу вузлів, що примикають до кінців стиснутої діагоналі панелі, викликаний перерозподілом зусиль через включення в роботу жорсткого заповнення.

### 3.2 Порівняння величин зусиль і переміщень у схемах із заповненням і без нього

Порівняємо отримані результати з роботою аналогічної каркасної залізобетонної конструкції без заповнення. Для цього видалимо з розрахункової схеми елементи заповнення та податливих зв'язків та здійснимо розрахунок.

#### 3.2.1 Розрахунок схеми без заповнення

У цьому випадку величини поздовжніх зусиль ( $N$ ) в елементах каркасу будуть близькими до нуля, характер епюри згинальних моментів ( $M_y$ ) зміниться, як і передбачалося, незначно. Епюри поперечних сил ( $Q_z$ ) матимуть дещо інший вид (рис. 3.18).

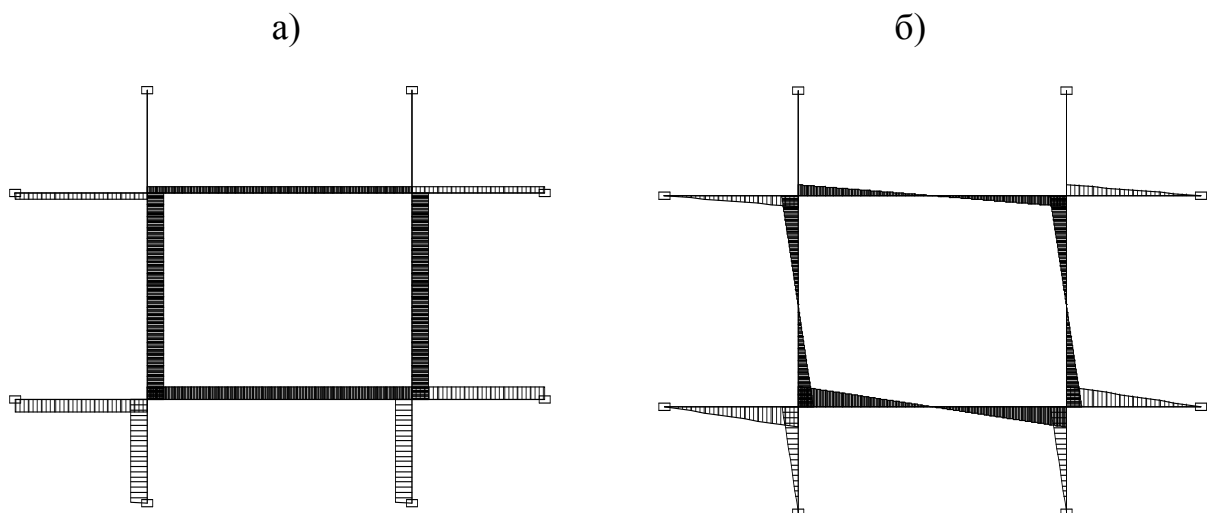


Рисунок 3.18 – Епюри в елементах каркасу у схемі без заповнення а -  $Q_z$ ; б -  $M_y$

Для того, щоб можна було порівняти зміни зусиль у стрижнях, визначимося, в яких місцях та яких елементів зусилля будуть максимальні (або мінімальні). Так як досліджується одна панель заповнення, то будемо розглядати лише зусилля в елементах, що обрамляють цю панель. Зусилля у додаткових стрижнях брати до уваги не будемо.

На рис. 3.19 зображені місця максимальних (мінімальних) зусиль в елементах каркасу як у схемі без заповнення, так і із заповненням.

Для цього випадку максимальні (мінімальні) зусилля в елементах каркасу у схемі без заповнення становитимуть:  $N \approx 0$ ;  $Q_z = 1$ ;  $M_{y+} = 1.66$ ;  $M_{y-} = -1.71$ .

Те саме у схемі із заповненням:  $N = 0.9$ ;  $Q_z = 1.89$ ;  $M_{y+} = 1.00$ ;  $M_{y-} = -1.50$ .

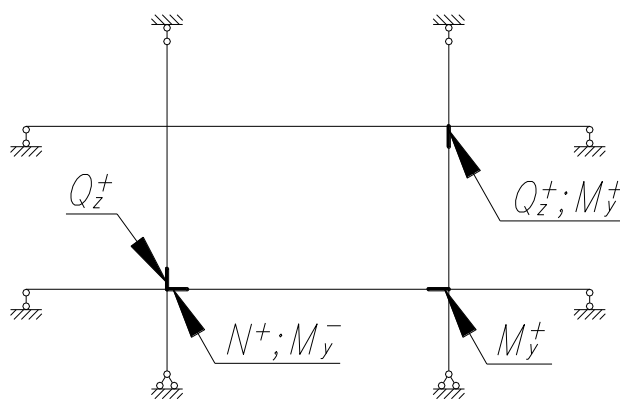


Рисунок 3.19 - Місця виникнення максимальних та мінімальних зусиль в елементах каркасу

З порівняння даних величин видно, що з наявності цегляного заповнення елементах досліджуваної конструкції з'являються нормальні сили ( $N$ ), що розтягують. В даному випадку вони не становлять значного інтересу, тому що роблять на конструкцію розвантажувальну дію.

Величини згинальних моментів ( $M_y$ ) в елементах рами, як видно з розрахунку, дещо зменшилися (як позитивні, і негативні). Оскільки це явище можна як позитивне, тобто знижувальне напруги у елементах каркаса, то них також буде загострюватися у цій роботі.

Поперечні ж сили ( $Q_z$ ) в елементах каркасу у схемі із заповненням значно вищі, ніж без заповнення. Такий стрибок зусиль у колонах та ригелях (майже вдвічі) може призвести до руйнування елемента, якщо не взяти необхідних конструктивних заходів щодо посилення його перерізу.

Викликано таке збільшення поперечних сил тим, що за наявності у схемі цегляного заповнення відбувається перерозподіл зусиль, і значна частина навантаження сприймається жорсткою панеллю. Оскільки цегляна панель з конструктивних особливостей неспроможна сприймати і передавати зусилля у вузлах з'єднання колон і ригелів, то поперечні сили спричинятимуть стрибки значев з деякою відстані від геометричного центру вузла.

### **3.2.2 Порівняння роботи схем із заповненням і без нього**

З огляду на те, що панель цегляного заповнення досить жорстка конструкція, деформації схем із заповненням і без нього значно відрізняються.

Величина переміщення вузлів, в які прикладено одиничне навантаження, для схеми без заповнення становитиме  $\delta=1.1$ , а для схеми із заповненням  $\delta=0.5$ . Така різниця (більш ніж у два рази) може вплинути на жорсткість всієї будівлі при дії на неї горизонтального сейсмічного навантаження.

Таким чином, з одного боку наявність заповнення негативно впливає на елементи каркасу, значно збільшуючи поперечні сили в них, але з іншого боку воно діє позитивно, підвищуючи жорсткість конструкції, тим самим знижуючи її деформації.

Жорсткість кам'яного заповнення досить складно врахувати у розрахунку конструкцій. Раніше робилися спроби визначити величину, що характеризує жорсткість заповнення каркасу з цегли та дрібноштучного каміння [9]. Однак, у зв'язку з тим, що виконати такий розрахунок без використання програмних засобів – це дуже складне та трудомістке завдання, то формули, за якими визначалися жорсткі та деформаційні характеристики заповнення, є значною мірою наближеними.

### 3.3. Розрахунок варіантів схем з отворами в заповненні

Виконаємо розрахунок для схеми аналогічної наведеної вище, але з отвором у заповненні. Навантаження залишається колишнім: одиничні сили, прикладені у вузлах рами, геометричні розміри схеми та закріплення вузлів також не змінюється.

#### 3.3.1 Розрахунок схеми з віконним отвором у центрі

Для розрахунку прийемо панель із прорізом розмірами  $1.6 \times 1.6$  м, розташованим згідно з рис. 3.20.

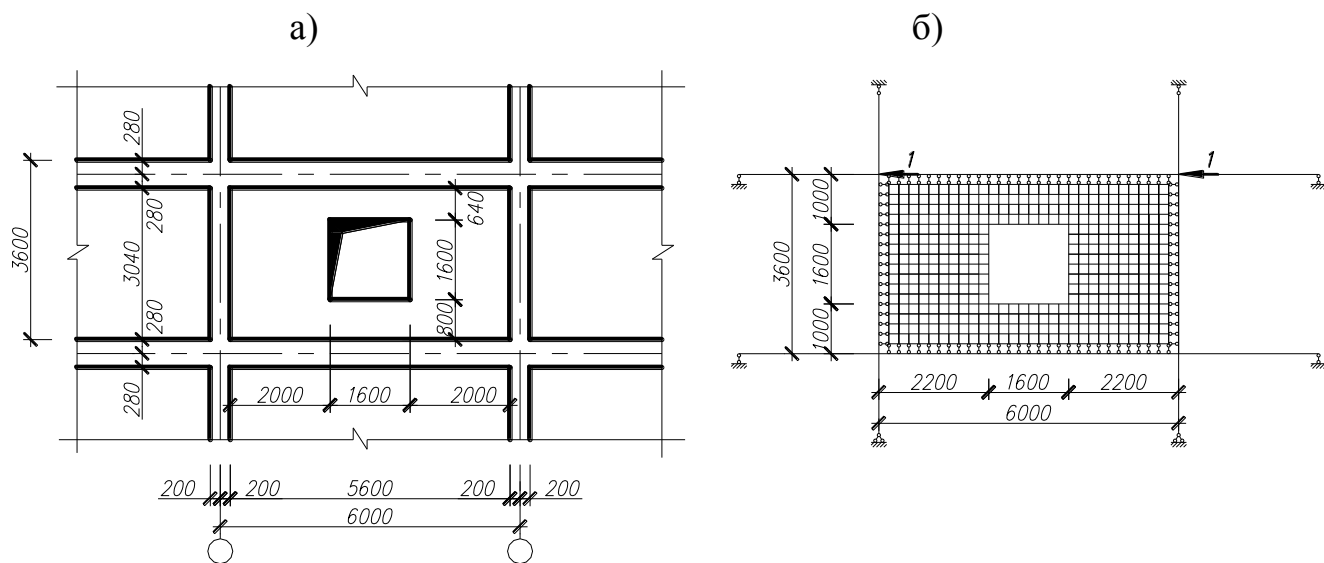


Рисунок 3.20 - До розрахунку схеми з отвором  $1.6 \times 1.6$

а - Геометрична схема; б - Розрахункова схема

З огляду на те, що конструкція розбита на скінченні елементи розрахункова схема (рис. 3.20, б) дещо відрізняється від геометричної схеми (рис.3.20, а).

Розрахунок показав, що для такої схеми переміщення вузлів буде дещо більше, ніж для схеми з глухою панеллю. У вузлах, до яких прикладені одиничні навантаження  $\delta=0.6$ . Тобто переміщення збільшились у 1.2 рази. Так як жорсткість є величина зворотна переміщенню, отже, можна судити про вплив наявності отвору на жорсткі характеристики панелі заповнення.

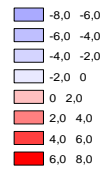
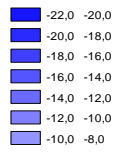
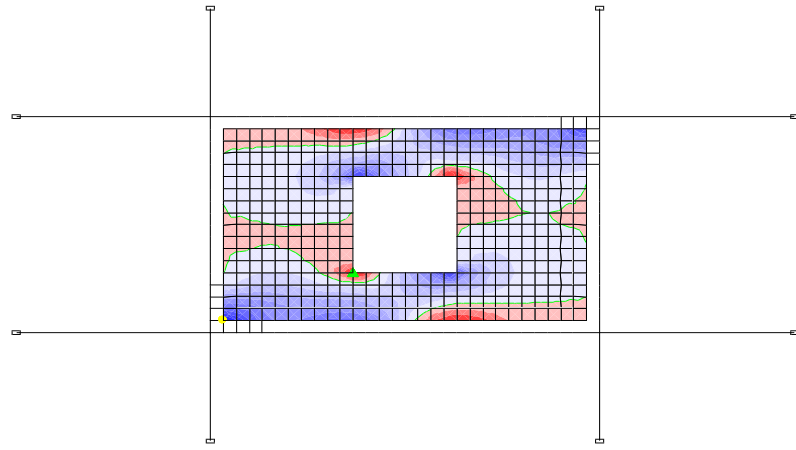
Зусилля у стрижнях рами також трохи змінилися за величиною, проте характер епюр залишився колишнім (див. рис. 3.18). У разі поздовжні зусилля становитимуть  $N=0.8$ ; поперечні зусилля  $Q_z = 1.8$ ; згинальні моменти  $M_{y+} = 1.1$ ;  $M_{y-} = -1.5$ ).

Дещо інша картина буде спостерігатися щодо полів напружень, що виникають безпосередньо в панелі заповнення. Як видно із рис. 3.21, в панелі більше немає однієї стиснутої діагоналі, що чітко простежується. Проте за характером розвитку напружень можна зробити висновок, що в цьому випадку стиснення в панелі відбувається по двох лініях, що огинають отвір по краях. Судячи з величини напружень в цих умовних лініях можна сказати, що вони рівнозначні і панель завантажена симетрично.

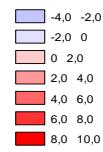
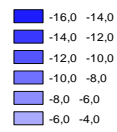
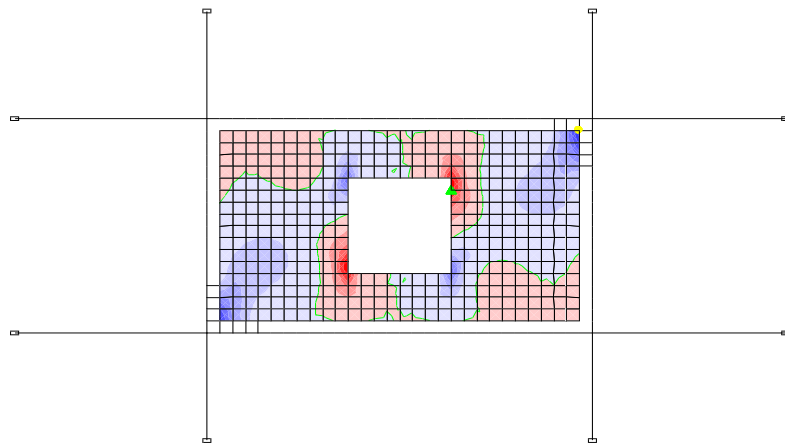
Зазначимо, що нормальні розтягуючі напруження у кладці мають свої максимальні значення на ділянках поблизу кутів отвору.

На рис. 3.22 зображені поля дотичних напружень цієї схеми. У зв'язку з наявністю отвору в панелі, поля дотичних напружень також зазнали деяких змін, але в цілому залишилася та ж закономірність, що і для глухої панелі: лінії найбільших дотичних напружень збігаються з лініями найбільших стискаючих нормальних напружень. Отже, можна зробити висновок, що потенційними місцями утворення тріщин у панелі є ділянки поблизу кутів отвору.

Розглянемо тепер чисельні значення напружень в панелі заповнення. Вони становитимуть:  $N_{x+}=6.43$ ;  $N_{x-} = -20.9$ ;  $N_{y+}=9.30$ ;  $N_{y-} = -15.2$ ;  $T_{xy+}=1.1$ ;  $T_{xy-} = -5.9$ . Оскільки величина дотичних напружень підвищилася, й у панелі з'явилися концентратори напружень (отвір), то можливість утворення тріщин зросла, а несуча здатність панелі знизилася.



a)



б)

Рисунок 3.21 - Поля нормальних напружень у схемі з отвором  $1.6 \times 1.6$  а -  $N_x$ ; б -  $N_y$



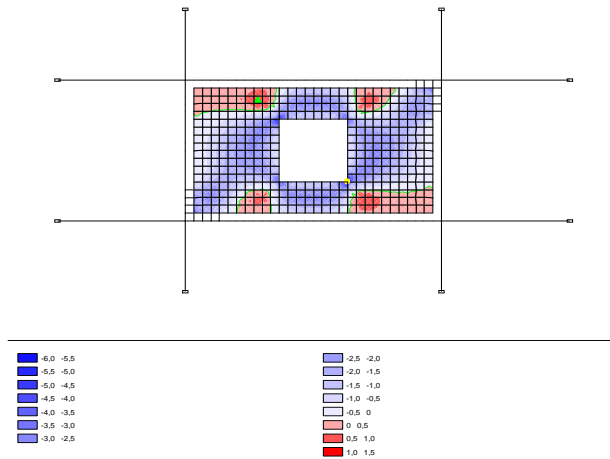


Рисунок 3.22 - Поля дотичних напружень  $T_{xy}$  у схемі з прорізом  $1.6 \times 1.6$

### 3.2.2 Розрахунок схеми з віконним отвором зліва

Далі розглянемо випадок, коли отвір у панелі заповнення зміщений від центру до однієї з колон (у цьому разі до лівої). Інші умови залишаються колишніми. Геометричну та розрахункову схеми див. рис. 3.23.

У цьому випадку переміщення у схемі дорівнюватимуть переміщенням у схемі з прорізом по центру і складуть  $\delta=0.65$  у вузлах, в які прикладені одиничні сили.

Зусилля у стрижнях рами також залишилися близькими до зусиль у попередній схемі і за величиною та характером епюр. У разі поздовжні зусилля становитимуть  $N=0.83$ ; поперечні зусилля  $Q_z = 1.81$ ; згинальні моменти  $M_{y+} = 1.13$ ;  $M_{y-} = -1.53$ .

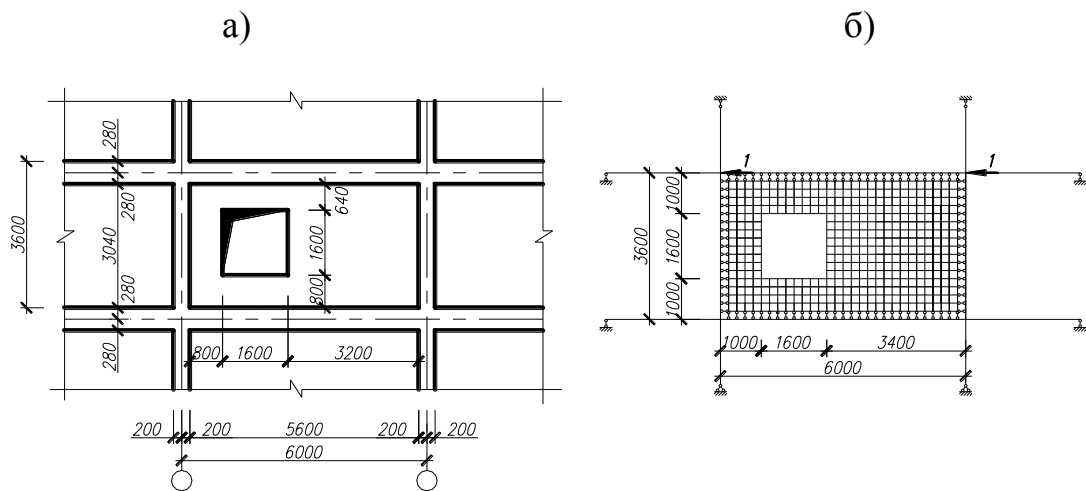


Рисунок 3.23 - До розрахунку схеми з прорізом  $1.6 \times 1.6$  зліва

а - Геометрична схема; б - Розрахункова схема

Поля напружень в панелі заповнення (рис. 3.22, 3.23) будуть відрізнятися від тих, що були показані раніше. В даному випадку можна бачити проміжний варіант між картинами полів напружень з глухим заповненням і заповненням з прорізом по центру. Напруження розкладаються на дві лінії, але одна з них більш виражена. Це пояснюється тим, що панель розділяється отвором на дві умовні панелі (пілони) і кожен із них сприймає навантаження пропорційне своїй жорсткості.

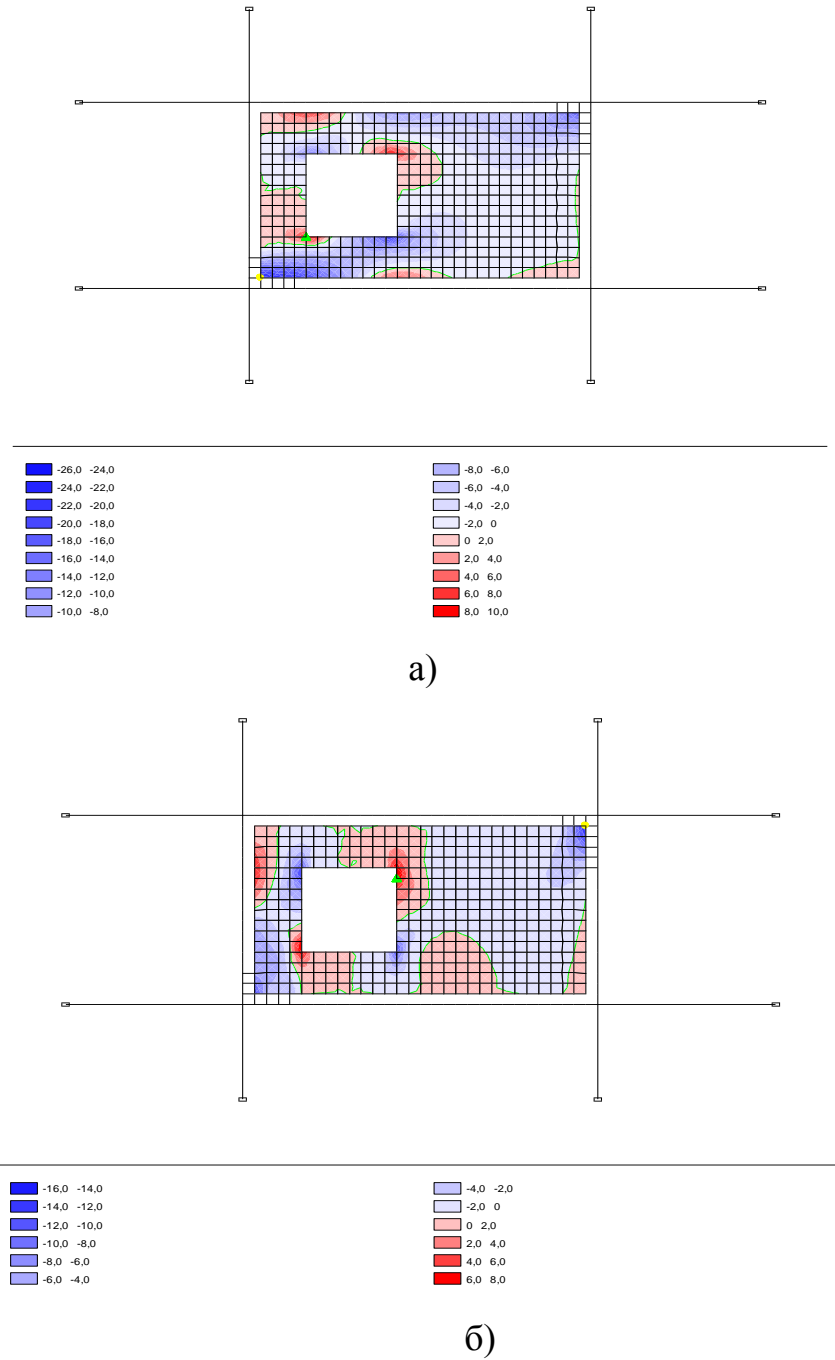


Рисунок 3.24 - Поля нормальних напружень у схемі з прорізом 1.6×1.6 зліва: а -  $N_x$ ; б -

$N_y$

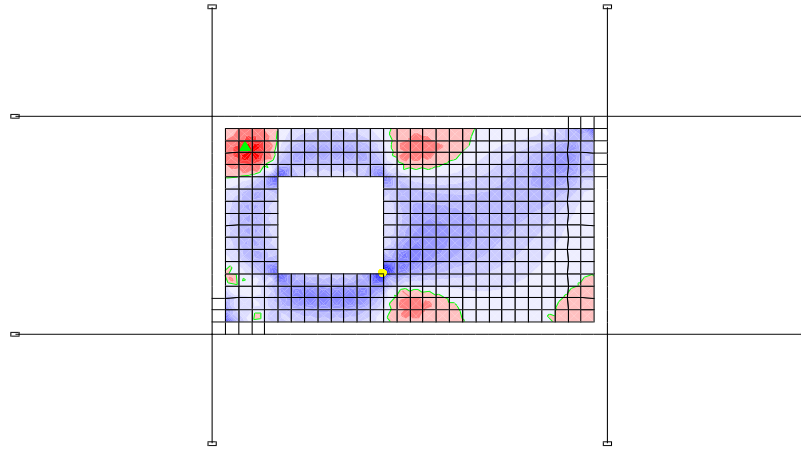


Рисунок 3.25 - Поля дотичних напружень  $T_{xy}$  у схемі з прорізом  $1.6 \times 1.6$  зліва

Напруження в панелі заповнення за даної схеми дорівнюватимуть:  
 $N_{x+}=8.13$ ;  $N_{x-} = -24.11$ ;  $N_{y+}=8.19$ ;  $N_{y-} = -15.36$ ;  $T_{xy+}=1.77$ ;  $T_{xy-} = -7.03$ .

### 3.2.3 Розрахунок схеми з віконним отвором праворуч

Наступний розглянемо випадок аналогічний даному, але з прорізом, зміщеним до правої колони.

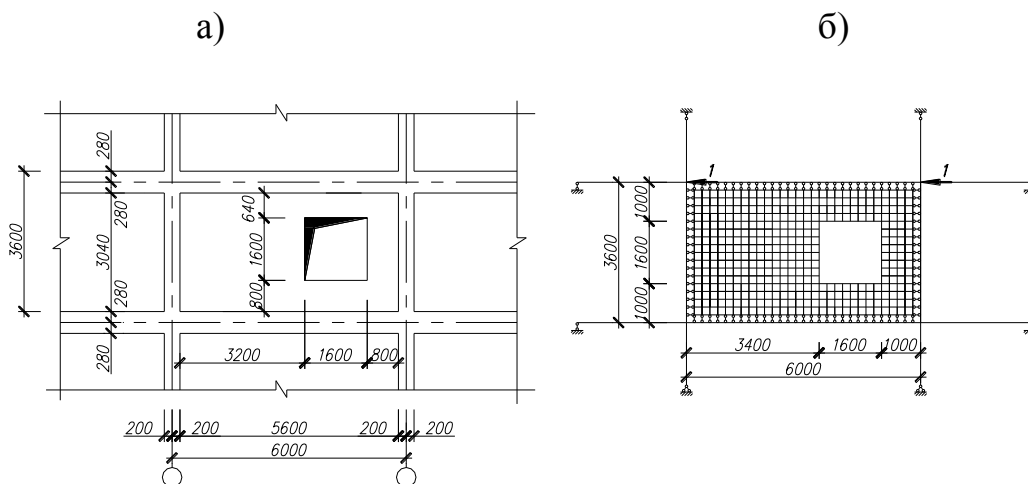


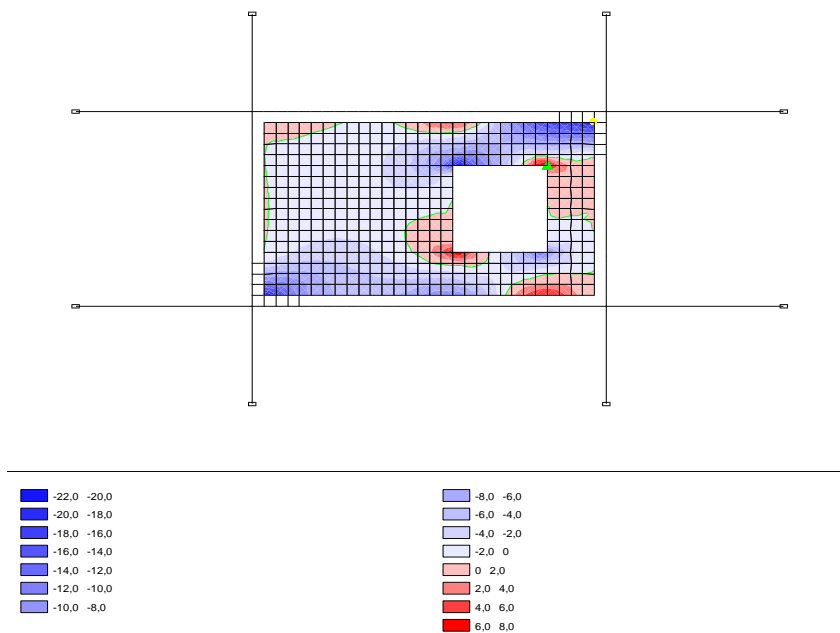
Рисунок 3.26 - До розрахунку схеми з прорізом  $1.6 \times 1.6$  зліва

а - Геометрична схема; б - Розрахункова схема

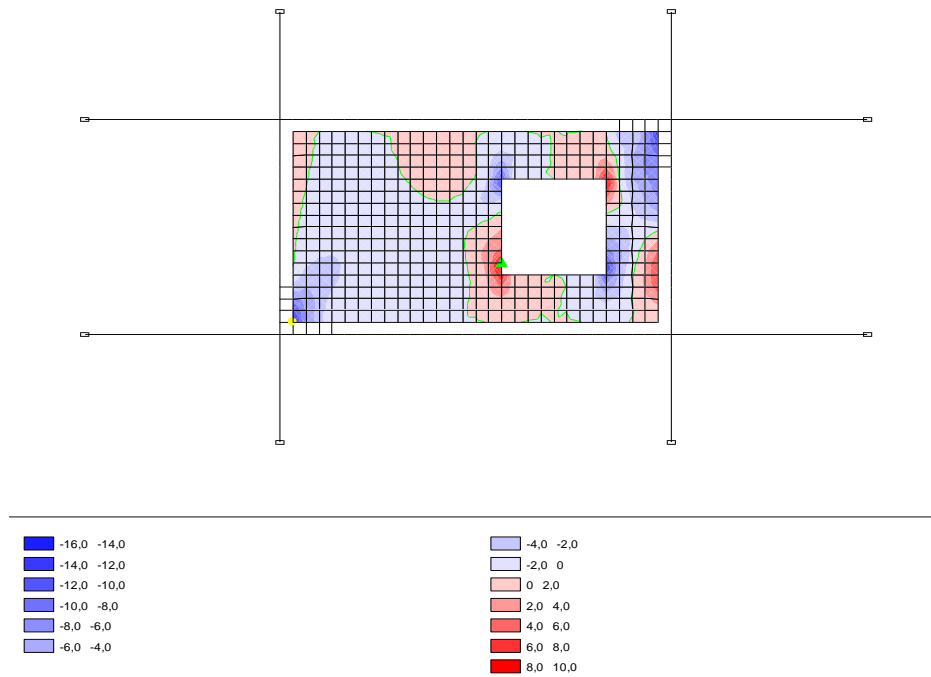
У такому прикладі розрахункової схеми переміщення у вузлах, які прикладені одиничні сили, рівні також  $\delta=0.61$ , що говорить про близькі значення жорстких характеристик для всіх трьох варіантів панелей заповнення з прорізами.

Поздовжні зусилля у стрижнях рами становитимуть  $N=0.86$ ; поперечні зусилля  $Q_z=1.77$ ; згинальні моменти  $M_{y+}=1.13$ ;  $M_{y-}=-1.54$ . Дані значення, як і переміщення, близькі до значень, отриманих у попередніх схемах. З цього можна зробити припущення, що жорсткі характеристики панелі цегляного заповнення не залежать від розташування отвору.

Що ж до полів напружень в панелі заповнення (рис.3.27,3.28), можна сказати, що хоч і незначно, але залежно від розташування отвору змінюються їх величини. У разі вони складуть:  $N_{x+}=7.75$ ;  $N_{x-}=-20.96$ ;  $N_{y+}=8.22$ ;  $N_{y-}=-14.11$ ;  $T_{xy+}=1.93$ ;  $T_{xy-}=-6.89$ .



a)



б)

Рисунок 3.27 - Поля нормальних напружень у схемі з прорізом  $1.6 \times 1.6$  справа: а -  $N_x$ ; б -  $N_y$

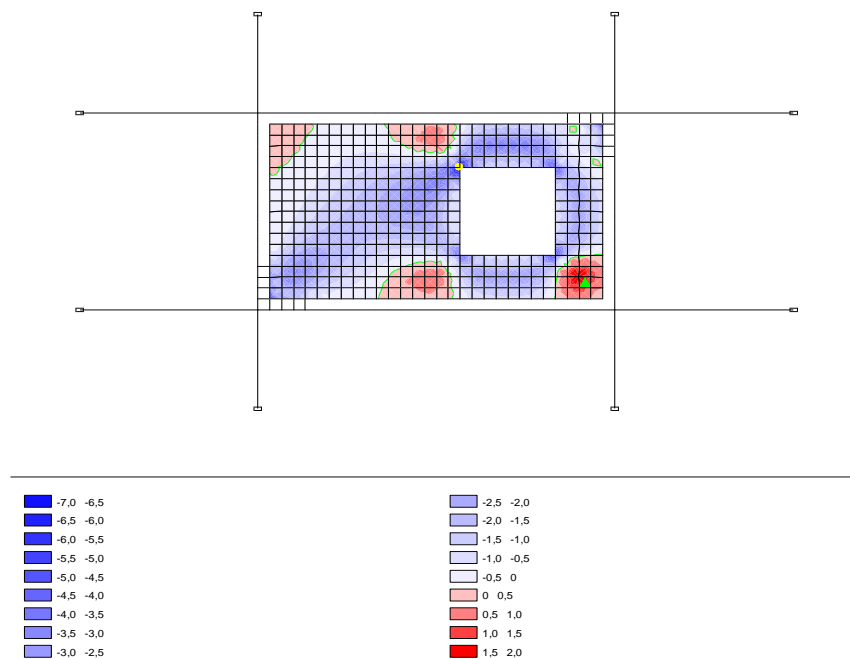


Рисунок 3.28 - Поля дотичних напружень  $T_{xy}$  у схемі з прорізом  $1.6 \times 1.6$  праворуч

### 3.3. Висновки до розділу

З використанням програмних розрахункових засобів було побудовано поля напружень у панелях цегляного заповнення. Товщина панелей була прийнята 120 мм, 250 мм та 380 мм. Розміри панелей прийняті для часто використовуваних при проектуванні багатоповерхових житлових і громадських будівель габаритних схем. Крок колон прийнято 3.0 м, 3.6 м, 4.2 м, 4.8 м, 5.4 м, 6.0 м. Висота поверху 3.0 м, 3.3 м, 3.6 м, 3.9 м, 4.2 м.

Залежно від можливого розташування отворів прийнято такі схеми:

- суцільне заповнення;
- з одним віконним отвором у середині панелі;
- з одним віконним прорізом, зміщеним до краю панелі;
- з двома віконними отворами.

Всього при виконанні роботи було оброблено 376 схем залежно від товщини панелей, розмірів та розташування отворів. Для визначення характеру розподілу напружень форми деформацій задавалися горизонтальні одиничні сили у верхній кутовій точці панелі, і визначалася величина деформацій різних точок панелей та характер перерозподілу зусиль між елементами каркасу та панеллю заповнення.

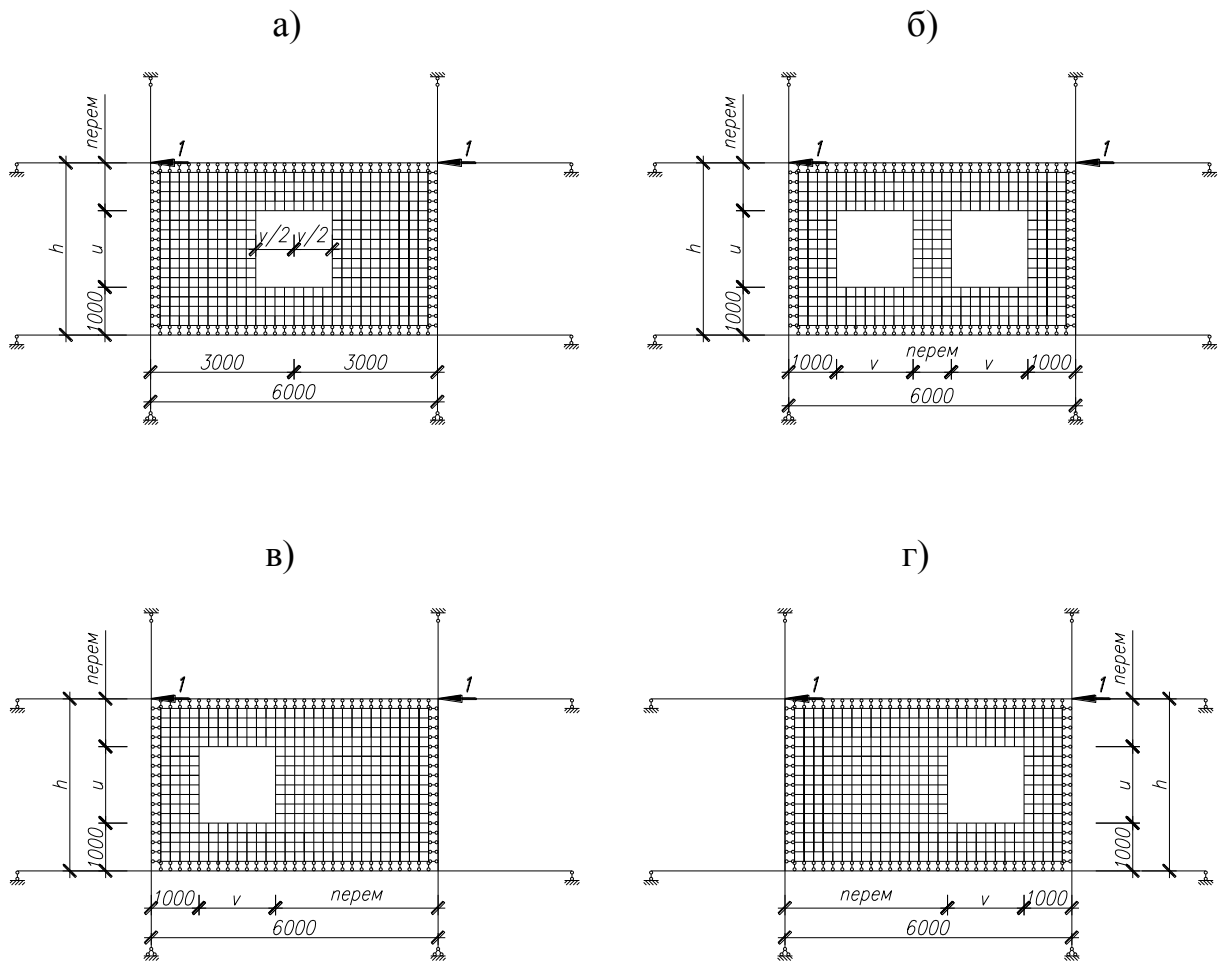
## РОЗДІЛ 4. Статистична обробка результатів розрахунків

Так як зробити висновки про роботу всіх конструкцій типу, що розглядається, на прикладі декількох схем не можна, то були зроблені розрахунки для більшої кількості варіантів (табл. 1).

Для всіх схем у табл. 1 характерні такі геометричні параметри (рис. 4.29).

У всіх випадках конструкції та каркасу залишаються колишніми. Матеріали також прийняті без змін. Розрахунок проводиться на одне завантаження одиничними силами, прикладеними в ті самі вузли.

Дані розрахунки дозволять отримати точніші дані про роботу конструкцій каркасу та заповнень при різних схемах. З табл. 1 будуть побудовані графіки залежності зусиль та напружень від деформацій (жорсткості). Це дозволить використовувати отримані дані у реальних розрахунках подібних конструкцій.



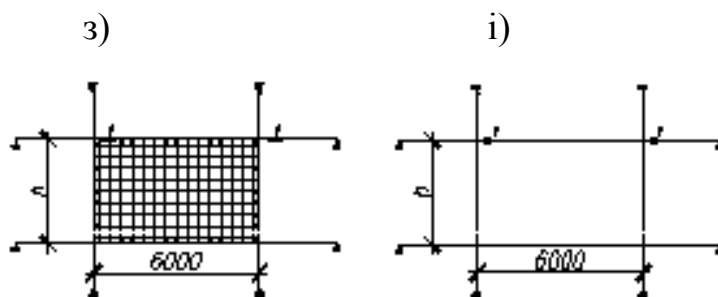


Рисунок 4.29 – Розрахункові схеми до табл. 1

а – з віконним отвором у центрі; б – з двома віконними отворами; в – з віконним отвором ліворуч; г – з віконним отвором праворуч; з - з глухою панеллю; і – без заповнення

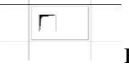

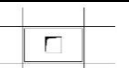
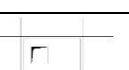
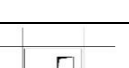

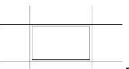
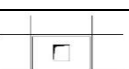
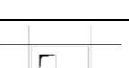

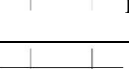
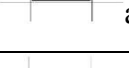


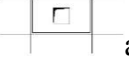
Таблиця 1 – Результати розрахунку різних варіантів конструктивних схем

Габарит h, мм	Товщина панелі заповнення t, мм	№ пп	Ескіз та посилання на розрахункову схему поз. Рис. 9.1	Розміри віконних отворів, v×u, м	Переміщення δ, умовн. од.	Максимальні зусилля в елементах каркасу, умовні. од.			Максимальна напруга в панелі заповнення, умовн. од.		
						N	Qz	My+ My-	x+ Nx-	y+ Ny-	xу+ Txy-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3000	120	1	i	—	0.7	—	1.0	1.58 -1.46	—	—	—
		2	з	—	0.47	0.62	1.61	1.15 -1.29	0.93 -28.93	2.6 -15.96	0.28 -5.92
		3	а	1.4x1.4	0.53	0.45	1.44	1.25 -1.31	7.21 -25.02	12.31 -17.21	1.71 -7.75
		4	б	1.4x1.4	0.52	0.47	1.47	1.23 -1.33	9.69 -29.54	8.68 -17.43	1.5 -8.64
		5	г	1.4x1.4	0.55	0.41	1.4	1.26 -1.32	8.06 -26.67	11.27 -17.85	2.46 -6.79
		6	а	1.6x1.6	0.56	0.38	1.38	1.31 -1.33	10.5 -23.82	13.26 -17.21	2.08 -8.38
		7	б	1.6x1.6	0.54	0.42	1.41	1.27 -1.35	10.12 -29.57	11.61 -17.73	1.84 -9.52

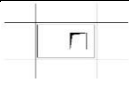
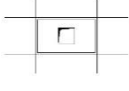

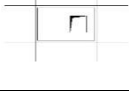
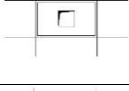

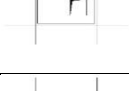


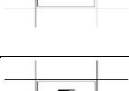

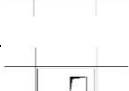






3000	250	8		1.6x1.6	0.58	0.34	1.33	1.34 -1.34	9.44 -27.74	11.79 -18.2	2.9 -7.34
		9		1.8x1.8	0.65	0.11	1.11	1.46 -1.41	15.79 -24.15	1.69 -11.06	2.63 -9.39
		10		1.8x1.8	0.57	0.32	1.33	1.34 -1.42	13.0 -31.68	12.33 -18.21	3.69 -10.03
		11		1.8x1.8	0.68	0.04	1.04	1.53 -1.44	9.6 -13.56	8.11 -10.84	2.79 -3.81
	12		—	0.39	0.81	1.81	1.39 -1.3	0.78 -20.72	2.63 -11.07	0.26 -4.89	
	13		1.4x1.4	0.45	0.67	1.65	1.41 -1.24	5.31 -19.66	8.93 -12.81	1.23 -5.64	
	13		1.4x1.4	0.44	0.69	1.69	1.4 -1.27	6.85 -22.56	5.93 -12.76	1.06 -6.17	
	14		1.4x1.4	0.46	0.62	1.61	1.22 -1.24	6.05- 19.74	8.32 -13.49	1.82 -5.5	
	15		1.6x1.6	0.48	0.6	1.58	1.41 -1.25	8.03 -19.4	10.05 -13.31	1.58 -6.36	
	16		1.6x1.6	0.46	0.63	1.63	1.39 -1.3	7.64 -23.13	8.26 -13.41	1.35 -7.04	
	17		1.6x1.6	0.5	0.54	1.53	1.38 -1.26	7.38 -21.75	9.25 -14.53	2.28 -5.99	
18		1.8x1.8	0.61	0.2	1.2	1.5 -1.36	14.34 -22.26	1.53 -10.04	2.38 -8.53		
19		1.8x1.8	0.5	0.52	1.54	1.2 -1.39	10.18 -25.68	9.96 -14.5	3.05 -7.83		
380	20		—	0.35	0.92	1.91	0.87 -1.18	0.57 -17.50	1.98 -8.52	0.15 -3.95	
	27		1.4x1.4	0.4	0.78	1.91	0.87 -1.18	0.57 -17.50	1.98 -8.52	0.95 -4.61	
	22		1.4x1.4	0.39	0.81	1.8	0.94 -1.24	5.28 -18.62	4.42 -10.15	0.82 -4.8	
	23		1.4x1.4	0.42	0.74	1.73	0.97 -1.2	4.87 -16.04	6.6 -10.91	1.45 -4.73	
	24		1.6x1.6	0.43	0.72	1.7	1.03 -1.21	6.53 -16.64	8.1 -10.91	1.27 -5.13	


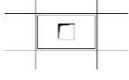


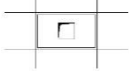
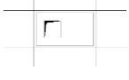

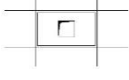

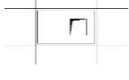
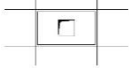
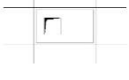
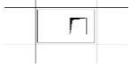
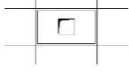
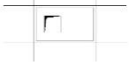
Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3000	380	24	 В	1.6x1.6	0.41	0.75	1.75	0.99 -1.26	6.18 -19.29	6.32 -10.85	1.18 -5.59
		25	 Г	1.6x1.6	0.45	0.66	1.65	1.08 -1.21	6.06 -17.9	7.62 -12.15	1.88 -5.19
		26	 аХ	1.8x1.8	0.58	0.28	1.28	1.26 -1.32	13.13 -20.38	1.4 -9.19	2.18 7.81
		27	 вХ	1.8x1.8	0.45	0.64	1.66	1.06 -1.37	8.36 -21.77	8.42 -12.09	2.63 -6.42
		28	 гХ	1.8x1.8	0.65	0.12	1.12	1.44 -1.4	8.9 -12.57	7.52 -10.05	2.59 -3.53
3300	—	29	 і	—	0.9	—	1.0	1.71 -1.61	—	—	—
	120	30	 з	—	0.56	0.71	1.7	1.19 -1.46	0.96 -29.8	3.24 -17.31	0.29 -6.27
		31	 а	1.4x1.5	0.64	0.53	1.52	1.29 -1.41	7.66 -27.18	13.31 -19.6	1.59 -8.38
		32	 в	1.4x1.5	0.63	0.55	1.54	1.27 -1.42	9.83 -33.17	10.4 -19.78	2.52 -9.49
		33	 г	1.4x1.5	0.65	0.5	1.49	1.27 -1.42	9.27 -28.48	11.99 -19.04	2.6 -8.34
		34	 а	1.6x1.5	0.66	0.51	1.49	1.31 -1.42	9.1 -25.99	13.4 -19.95	1.8 -8.42
		35	 в	1.6x1.5	0.65	0.52	1.51	1.3 -1.42	10.78 -32.38	11.05 -20.14	2.74 -9.47
		36	 г	1.6x1.5	0.66	0.48	1.47	1.3 -1.43	10.5 -28.6	12.28 -19.5	2.81 -8.08
		37	 а	1.4x1.7	0.66	0.5	1.48	1.32 -1.42	9.68 -26.67	15.4 -20.14	2.16 -9.37
		38	 в	1.4x1.7	0.65	0.52	1.51	1.3 -1.43	12.94 -34.31	12.62 -20.31	2.01 -10.45


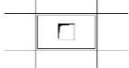




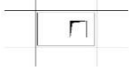
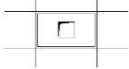
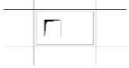
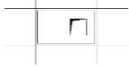

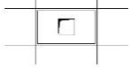

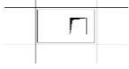
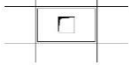
Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3300	120	39		1.4x1.7	0.68	0.45	1.44	1.33 -1.43	10.97 -32.0	13.91 -20.65	3.04 -8.02
		40		1.6x1.7	0.68	0.47	1.45	1.35 -1.43	11.35 -26.08	15.45 -20.09	2.19 -9.38
		41		1.6x1.7	0.66	0.49	1.48	1.33 -1.44	13.53 -33.5	13.42 -20.57	2.06 -10.41
		42		1.6x1.7	0.69	0.42	1.41	1.36 -1.44	12.25 -31.05	14.06 -20.67	3.25 -8.17
		43		1.8x1.7	0.69	0.44	1.43	1.37 -1.44	12.35 -27.15	15.41 -20.03	2.16 -9.4
		44		1.8x1.7	0.68	0.45	1.45	1.36 -1.45	13.95 -32.53	14.03 -20.47	2.08 -10.28
		45		1.8x1.7	0.71	0.4	1.39	1.39 -1.45	13.35 -29.91	14.07 -20.69	3.41 -8.25
		46		1.4x1.9	0.68	0.45	1.44	1.36 -1.44	12.01 -27.54	16.78 -20.13	2.6 -10.24
		47		1.4x1.9	0.66	0.49	1.48	1.32 -1.44	11.55 -36.11	15.31 -20.72	2.38 -11.53
		48		1.4x1.9	0.71	0.39	1.38	1.41 -1.45	11.16 -35.63	14.57 -21.72	3.55 -8.58
		49		1.6x1.9	0.7	0.42	1.41	1.39 -1.44	13.47 -27.98	16.54 -20.08	2.55 -10.1
		50		1.6x1.9	0.68	0.45	1.45	1.36 -1.45	12.17 -34.75	16.2 -20.65	2.4 -11.43
		51		1.6x1.9	0.73	0.36	1.36	1.43 -1.46	12.35 -32.91	14.54 -21.8	3.55 -8.63
		52		1.8x1.9	0.71	0.4	1.39	1.41 -1.45	14.35 -28.87	16.44 -20.04	2.44 -10.03
		53		1.8x1.9	0.7	0.42	1.41	1.39 -1.46	13.8 -33.27	16.8 -20.57	2.38 -11.18
		54		1.8x1.9	0.74	0.34	1.33	1.46 -1.47	13.24 -3.03	14.36 -21.66	3.71 -8.59

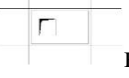

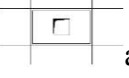
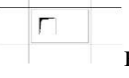
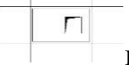
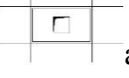
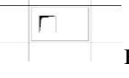
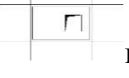
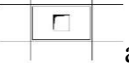
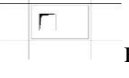

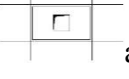
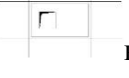
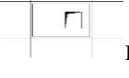



Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
250	55		—	0.46	0.89	1.89	1.0	0.61	2.27	0.19	
	56		1.4x1.5	0.53	0.75	1.74	1.08	5.38	9.13	1.09	
	57		1.4x1.5	0.52	0.71	1.7	1.08	6.48	8.26	1.79	
	58		1.4x1.5	0.54	0.71	1.7	1.08	6.48	8.26	1.79	
	59		1.6x1.5	0.55	0.72	1.71	1.1	6.46	9.33	1.25	
	60		1.6x1.5	0.54	0.74	1.73	1.09	7.39	7.4	1.89	
	61		1.6x1.5	0.55	0.69	1.67	1.1	7.46	8.61	1.97	
	62		1.4x1.7	0.55	0.71	1.7	1.11	6.89	10.83	1.5	
	63		1.4x1.7	0.54	0.74	1.73	1.09	8.87	8.38	1.38	
	64		1.4x1.7	0.57	0.66	1.65	1.12	7.97	10.0	2.19	
	65		1.6x1.7	0.57	0.68	1.67	1.14	8.22	11.06	1.55	
	66		1.6x1.7	0.55	0.71	1.7	1.12	9.49	9.14	1.45	
	67		1.6x1.7	0.59	0.63	1.62	1.15	9.06	10.3	2.38	
	68		1.8x1.7	0.58	0.66	1.64	1.17	9.09	11.21	1.56	
	69		1.8x1.7	0.57	0.67	1.66	1.15	10.01	9.8	1.49	

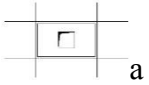
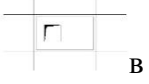
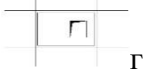

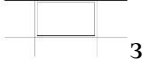
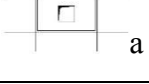
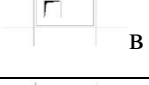

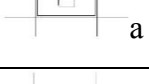

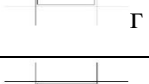
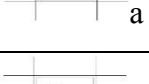
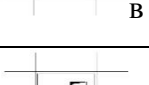
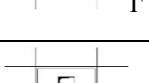
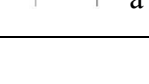
Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3300	250	70		1.8x1.7	0.6	0.61	1.59	1.19	10.06	10.49	2.54
		71		1.4x1.9	0.57	0.67	1.66	1.16	8.76	12.15	1.88
		72		1.4x1.9	0.55	0.71	1.7	1.12	8.16	10.64	1.68
		73		1.4x1.9	0.61	0.6	1.59	1.21	8.54	11.01	2.67
		74		1.6x1.9	0.59	0.64	1.63	1.19	10.62	12.21	1.88
		75		1.6x1.9	0.57	0.67	1.67	1.16	8.9	11.56	1.73
		76		1.6x1.9	0.62	0.57	1.56	1.25	9.58	11.15	2.71
		77		1.8x1.9	0.61	0.61	1.6	1.22	10.85	12.32	1.83
		78		1.8x1.9	0.59	0.63	1.63	1.2	10.28	12.29	1.77
		79		1.8x1.9	0.64	0.55	1.54	1.28	10.43	11.2	2.89
	80		—	0.41	0.96	1.96	0.89	0.46	2.03	0.14	
	82		1.4x1.5	0.47	0.85	1.84	0.96	1.19	6.95	0.83	
	83		1.4x1.5	0.46	0.87	1.86	0.9	4.95	5.04	1.28	
	84		1.4x1.5	0.48	0.82	1.81	0.97	5.0	6.3	1.37	
	85		1.6x1.5	0.49	0.83	1.82	0.99	5.05	7.16	0.95	



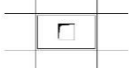


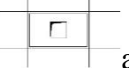



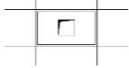

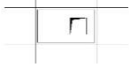
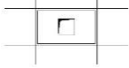

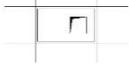
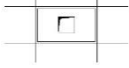
Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3300	380	86		1.6x1.5	0.48	0.85	1.84	0.97 -1.3	5.65 -19.77	5.48 -11.27	1.43 -5.04
		87		1.6x1.5	0.49	0.79	1.78	1.01 -1.29	5.81 -16.25	6.63 -11.16	1.52 -4.75
		88		1.4x1.7	0.49	0.82	1.81	0.99 -1.3	5.38 -17.13	8.36 -11.53	1.15 -5.13
		89		1.4x1.7	0.48	0.85	1.84	0.97 -1.31	6.72 -20.7	6.16 -11.37	1.05 -5.53
		90		1.4x1.7	0.51	0.78	1.76	1.03 -1.3	6.29 -18.03	7.82 -12.12	1.71 -4.94
		91		1.6x1.7	0.51	0.8	1.78	1.02 -1.29	6.46 -16.85	8.62 -11.79	1.2 -5.26
		92		1.6x1.7	0.49	0.82	1.81	1.0 -1.31	7.29 -20.7	6.82 -11.81	1.12 -5.7
		93		1.6x1.7	0.52	0.75	1.74	1.05 -1.3	7.22 -18.03	8.14 -12.47	1.88 -5.11
		94		1.8x1.7	0.52	0.77	1.76	1.05 -1.13	7.24 -16.69	8.81 -12.07	1.22 -5.43
		95		1.8x1.7	0.51	0.79	1.78	1.03 -1.32	7.8 -20.63	7.44 -12.12	1.24 -5.82
		96		1.8x1.7	0.54	0.73	1.71	1.06 -1.3	8.11 -17.88	8.36 -12.83	2.03 -5.29
		97		1.4x1.9	0.51	0.79	1.78	1.03 -1.31	6.93 -17.44	9.53 -11.97	1.47 -5.84
		98		1.4x1.9	0.49	0.82	1.82	1.0 -1.33	6.31 -21.56	8.11 -11.91	1.29 -6.31
		99		1.4x1.9	0.55	0.72	1.71	1.09 -1.31	6.96 -21.6	8.86 -13.29	2.15 -5.33
		100		1.6x1.9	0.53	0.76	1.75	1.07 -1.31	8.0 -17.19	9.68 -12.29	1.49 -5.93
		101		1.6x1.9	0.51	0.79	1.78	1.03 -1.34	7.07 -21.43	8.94 -12.27	1.39 -6.49
		102		1.8x1.7	0.56	0.7	1.68	1.13 -1.31	7.86 -20.49	9.06 -13.68	2.2 -5.5

Продовження таблиці 1



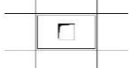


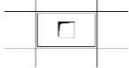

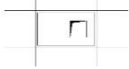
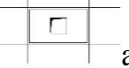
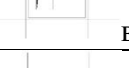

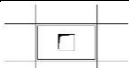





1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
3600		103	 a	1.8x1.9	0.54	0.73	1.72	1.1 -1.31	8.76 -17.33	9.86 -12.57	1.47 -6.05	
		104	 b	1.8x1.9	0.53	0.75	1.75	1.07 -1.35	8.2 -21.19	9.65 -12.65	1.47 -6.59	
		105	 r	1.8x1.9	0.58	0.67	1.66	1.16 -1.32	8.66 -19.37	9.19 -13.98	2.38 -5.7	
		—	106	 i	—	1.13	—	1.0	1.76 -1.76	—	—	—
		120	107	 z	—	0.66	0.77	1.76	1.17 -1.49	0.62 -32.87	1.14 -20.62	0.17 -6.16
	108		 a	1.4x1.4	0.74	0.64	1.63	1.28 -1.52	7.22 -28.69	13.04 -21.19	1.0 -8.6	
	109		 b	1.4x1.4	0.74	0.64	1.63	1.29 -1.53	9.5 -33.43	11.04 -21.47	2.25 -9.92	
	110		 r	1.4x1.4	0.73	0.63	1.64	1.24 -1.52	9.23 -30.49	10.02 -20.19	2.21 -10.14	
	111		 a	1.6x1.6	0.77	0.58	1.57	1.33 -1.52	9.28 -27.58	14.15 -22.01	1.56 -8.81	
	112		 b	1.6x1.6	0.77	0.59	1.58	1.34 -1.55	11.66 -33.31	12.19 -22.28	2.82 -10.51	
	113		 r	1.6x1.6	0.77	0.56	1.56	1.3 -1.53	11.16 -30.05	12.53 -21.17	2.88 -10.32	
	114		 a	1.8x1.8	0.82	0.51	1.5	1.4 -1.54	12.81 -28.72	16.17 -22.95	2.45 -9.91	
	115		 b	1.8x1.8	0.81	0.53	1.52	1.4 -1.57	13.93 -33.23	13.64 -23.26	3.62 -11.17	
	116		 r	1.8x1.8	0.83	0.43	1.42	1.49 -1.57	16.39 -31.42	18.19 -22.84	2.81 -10.71	
	117	 a	2.0x2.0	0.87	0.43	1.42	1.49 -1.57	16.39 -31.42	18.19 -22.84	2.81 -10.71		

Продовження таблиці 1


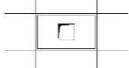




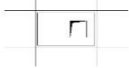
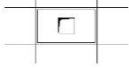

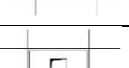
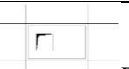
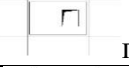





1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3600	120	118	 в	2.0x2.0	0.86	0.45	1.45	1.48 -1.59	17.62 -36.05	16.56 -23.24	2.66 -11.87
		119	 г	2.0x2.0	0.89	0.39	1.38	1.5 -1.58	18.38 -33.06	16.42 -24.52	4.27 -9.38
		120	 а	2.2x2.2	0.92	0.36	1.36	1.57 -1.59	18.77 -33.38	18.92 -22.82	3.23 -11.04
		121	 в	2.2x2.2	0.91	0.38	1.38	1.58 -1.63	19.27 -38.13	19.16 -23.19	3.19 -12.22
		122	 г	2.2x2.2	0.95	0.32	1.31	1.61 -1.61	19.26 -29.17	16.21 -25.35	4.66 -9.48
		123	 ах	2.4x2.4	1.04	0.17	1.17	1.77 -1.66	24.97 -42.4	18.31 -23.24	7.21 -11.56
		124	 вх	2.4x2.4	1.03	0.14	1.14	1.66 -1.67	23.91 -36.24	1.67 -16.93	3.87 -13.5
		125	 гх	2.4x2.4	1.11	0.04	1.04	1.83 -1.74	11.29 -15.29	10.18 -13.35	3.38 -4.31
	126	 з	—	0.54	0.94	1.94	1.01 -1.52	0.38 -23.05	0.92 -13.19	0.1 -4.76	
	127	 а	1.4x1.4	0.6	0.84	1.83	1.06 -1.44	4.78 -21.24	8.32 -14.28	0.65 -5.51	
	128	 в	1.4x1.4	0.6	0.84	1.83	1.06 -1.45	6.43 -23.78	7.01 -14.61	1.43 -6.43	
	129	 г	1.4x1.4	0.59	0.83	1.82	1.04 -1.45	6.05 -23.78	6.35 -12.9	1.4 -6.46	
	130	 а	1.6x1.6	0.63	0.79	1.78	1.12 -1.43	6.33 -20.87	9.33 -15.19	1.06 -5.86	
	131	 в	1.6x1.6	0.63	0.8	1.79	1.1 -1.47	8.03 -24.13	7.99 -15.46	1.85 -7.0	
	132	 г	1.6x1.6	0.63	0.76	1.76	1.11 -1.44	7.65 -20.93	8.26 -14.01	1.91 -6.87	
133	 а	1.8x1.8	0.68	0.73	1.71	1.17 -1.44	9.02 -20.46	11.16 -16.39	1.69 -6.88		
	250										




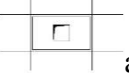
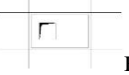

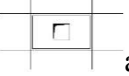
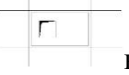

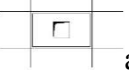
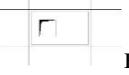
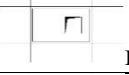


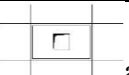





Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
3600	250	134	 в	1.8x1.8	0.67	0.74	1.74	1.16 -1.48	9.8 -24.68	9.11 -16.62	2.48 -7.72	
		135	 г	1.8x1.8	0.69	0.68	1.67	1.2 -1.45	10.36 -23.18	10.37 -15.98	2.49 -6.44	
		136	 а	2.0x2.0	0.73	0.65	1.64	1.27 -1.46	12.05 -22.92	13.24 -17.12	2.07 -7.83	
		137	 в	2.0x2.0	0.72	0.67	1.66	1.26 -1.52	12.77 -26.12	11.78 -17.39	1.94 -8.63	
		138	 г	2.0x2.0	0.76	0.6	1.58	1.28 -1.48	13.85 -24.79	12.27 -18.39	3.2 -6.99	
		139	 а	2.2x2.2	0.79	0.57	1.56	1.37 -1.49	14.49 -25.59	14.48 -17.93	2.49 -8.48	
		140	 в	2.2x2.2	0.78	0.59	1.59	1.38 -1.57	14.87 -29.13	14.49 -18.26	2.59 -9.36	
		141	 г	2.2x2.2	0.83	0.51	1.5	1.43 -1.52	15.42 -23.16	12.86 -20.18	3.7 -7.51	
		142	 ах	2.4x2.4	0.96	0.31	1.31	1.67 -1.57	22.06 -37.4	16.23 -20.91	6.38 -10.17	
		143	 вх	2.4x2.4	0.95	0.26	1.26	1.51 -1.59	21.02 -31.85	1.47 -14.88	3.4 -11.86	
	144	 гх	2.4x2.4	1.08	0.08	1.07	1.75 -1.71	10.9 -14.76	9.83 -12.88	3.26 -4.16		
	380	145	 з	—	—	0.49	1.01	2.0	0.91 -1.37	0.28 -18.55	0.92 -9.95	0.08 -4.03
		146	 а	1.4x1.4	0.54	0.92	1.92	0.97 -1.4	3.62 -17.46	6.1 -10.97	0.49 -4.54	
		147	 в	1.4x1.4	0.54	0.92	1.92	0.97 -1.42	4.95 -19.09	5.11 -11.26	1.05 -4.78	
		148	 г	1.4x1.4	0.53	0.91	1.9	0.96 -1.41	4.54 -17.08	4.65 -9.53	1.03 -4.75	
		149	 а	1.6x1.6	0.57	0.88	1.87	1.02 -1.39	4.85 -17.3	6.96 -11.76	0.81 -4.72	
		150	 в	1.6x1.6	0.56	0.89	1.89	0.99 -1.43	6.2 -19.48	5.92 -11.99	1.37 -5.26	




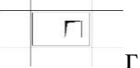



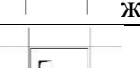
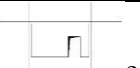
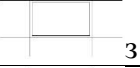
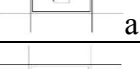
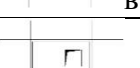

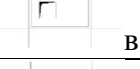




Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
3600	380	151	 r	1.6x1.6	0.56	0.86	1.85	1.02	5.88	6.18	1.43	-1.39	-16.72	-10.51	-5.16
		152	 a	1.8x1.8	0.06	0.83	1.82	1.06	7.0	8.51	1.29	-1.39	-17.17	-12.87	-5.29
		153	 b	1.8x1.8	0.59	0.84	1.84	1.03	7.66	6.76	1.88	-1.44	-20.11	-13.05	-5.91
		154	 r	1.8x1.8	0.62	0.79	1.78	1.09	8.06	7.99	1.92	-1.39	-17.85	-12.6	-5.16
		155	 a	2.0x2.0	0.65	0.77	1.75	1.14	9.55	10.41	1.64	-1.4	-18.06	-13.79	-6.18
		156	 b	2.0x2.0	0.64	0.78	1.78	1.12	10.01	9.08	1.54	-1.48	-20.8	-14.0	-6.8
		157	 r	2.0x2.0	0.68	0.72	1.7	1.17	11.15	9.81	2.56	-1.42	-19.86	-14.74	-5.84
		158	 a	2.2x2.2	0.71	0.69	1.68	1.23	11.83	11.73	2.04	-1.42	-20.77	-14.84	-6.89
		159	 b	2.2x2.2	0.7	0.71	1.71	1.24	12.13	11.62	2.21	-1.53	-23.59	-15.14	-7.6
		160	 r	2.2x2.2	0.75	0.64	1.63	1.3	12.91	10.68	3.07	-1.45	-19.23	-16.8	-6.53
		161	 ax	2.4x2.4	0.89	0.41	1.42	1.59	19.75	14.59	5.72	-1.5	-33.46	-19.04	-9.08
		162	 bx	2.4x2.4	0.88	0.35	1.35	1.43	18.75	1.31	3.04	-1.54	-28.42	-13.28	-10.58
		163	 rx	2.4x2.4	1.05	0.11	1.11	1.7	10.54	9.5	3.15	-1.69	-14.27	-12.45	-4.02
4200	120	164	 i	—	1.71	—	1	2.16	—	—	—	-2.06	—	—	—
		165	 z	—	0.87	0.88	1.88	1.25	0.54	0.14	-1.82	-32.87	-22.39	-6.81	0.14
		166	 a	1.4x1.4	0.96	0.77	1.76	1.3	8.35	13.17	1.06	-1.73	-31.07	-24.3	-10.2
		167	 b	1.4x1.4	0.99	0.74	1.74	1.33	11.22	12.95	1.66	-1.74	-35.48	-24.97	-11.06

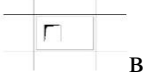
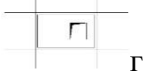
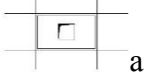




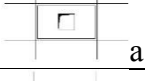

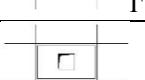
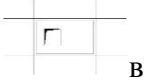



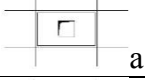



Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4200	120	168		1.4x1.4	0.92	0.79	1.81	1.28 -1.8	7.21 -31.3	7.06 -23.21	1.65 -10.72
		169		1.6x1.6	1.0	0.73	1.72	1.33 -1.73	10.53 -30.24	15.38 -25.03	1.38 -10.88
		170		1.6x1.6	1.03	0.7	1.7	1.37 -1.75	13.4 -35.47	14.68 -26.13	2.22 -11.47
		171		1.6x1.6	0.97	0.74	1.76	1.3 -1.77	10.62 -30.93	9.77 -24.32	2.33 -12.48
		172		1.8x1.8	1.05	0.68	1.67	1.4 -1.74	12.94 -29.49	17.49 -25.83	1.98 -11.26
		173		1.8x1.8	1.08	0.66	1.65	1.42 -1.75	15.46 -35.67	16.02 -27.41	2.98 -11.91
		174		1.8x1.8	1.03	0.67	1.69	1.38 -1.76	13.4 -31.51	12.0 -26.15	2.99 -13.66
		175		2.0x2.0	1.12	0.61	1.6	1.47 -1.75	15.34 -31.24	19.0 -26.57	2.37 -11.52
		176		2.0x2.0	1.14	0.6	1.6	1.5 -1.77	17.77 -37.73	16.97 -27.87	3.91 -12.3
		177		2.0x2.0	1.12	0.58	1.6	1.46 -1.76	16.99 -36.21	16.98 -27.15	3.95 -13.37
		178		2.2x2.2	1.2	0.54	1.53	1.55 -1.77	17.69 -34.71	19.1 -28.09	3.11 -11.3
		179		2.2x2.2	1.2	0.54	1.53	1.58 -1.8	20.62 -39.66	18.71 -28.7	4.66 -12.66
		180		2.2x2.2	1.21	0.49	1.5	1.58 -1.79	20.94 -38.95	20.02 -28.0	4.72 -12.41
		181		2.4x1.4	1.11	0.63	1.62	1.46 -1.75	15.25 -33.29	21.97 -27.15	2.99 -12.66
		182		2.4x1.4	1.09	0.64	1.64	1.45 -1.8	15.8 -40.31	17.37 -27.75	4.03 -14.96
		183		2.4x1.4	1.13	0.57	1.58	1.47 -1.76	17.56 -42.48	21.19 -28.4	4.17 -12.89
		184		2.4x1.6	1.14	0.59	1.59	1.5 -1.76	16.45 -34.82	22.01 -27.64	3.23 -12.66
185		2.4x1.6	1.13	0.61	1.61	1.5 -1.81	18.22 -41.65	18.46 -28.34	4.72 -14.77		

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
4200	120	186		Г	2.4x1.6	1.17	0.53	1.54	1.51	19.34	21.42	4.5
		187		а	2.4x1.8	1.18	0.56	1.55	1.54	18.0	22.03	3.47
		188		в	2.4x1.8	1.17	0.57	1.57	1.55	20.13	19.35	5.01
		189		Г	2.4x1.8	1.21	0.5	1.5	1.57	21.35	21.49	4.77
		190		а	2.4x2.4	1.29	0.45	1.45	1.68	22.08	20.89	4.07
		191		в	2.4x2.4	1.29	0.46	1.46	1.7	23.1	20.96	5.35
		192		Г	2.4x2.4	1.31	0.4	1.4	1.65	24.82	20.77	5.37
		193		ж	—	1.16	0.54	1.6	1.54	15.95	8.27	3.39
		194		д	—	1.57	0.13	1.13	1.94	8.68	30.36	5.48
		195		е	—	0.93	0.76	1.8	1.28	2.0	3.58	0.44
	196		з	—	0.73	0.99	2.0	1.03	0.3	0.78	0.08	
	197		а	1.4x1.4	0.79	0.93	1.92	1.12	5.08	7.7	0.64	
	198		в	1.4x1.4	0.81	0.91	1.91	1.12	6.79	7.67	0.98	
	199		Г	1.4x1.4	0.76	0.93	1.94	1.07	4.35	4.21	0.98	
	200		а	1.6x1.6	0.82	0.9	1.89	1.14	6.51	9.17	0.85	
	201		в	1.6x1.6	0.84	0.88	1.88	1.15	8.3	8.91	1.34	
	202		Г	1.6x1.6	0.79	0.9	1.91	1.12	6.37	5.85	1.4	
	203		а	1.8x1.8	0.86	0.86	1.85	1.21	8.22	10.76	1.25	





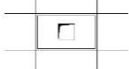

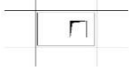
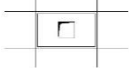
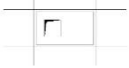
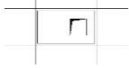
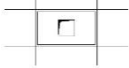

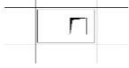
Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4200	250	204		1.8x1.8	0.88	0.85	1.84	1.2 -1.66	9.95 -25.09	10.07 -17.99	1.87 -7.85
		205		1.8x1.8	0.84	0.84	1.86	1.17 -1.66	8.25 -21.07	7.43 -16.3	1.85 -8.32
		206		2.0x2.0	0.91	0.81	1.8	1.27 -1.64	10.08 -21.12	12.11 -17.97	1.54 -7.42
		207		2.0x2.0	0.93	0.8	1.8	1.25 -1.67	11.69 -25.42	11.04 -19.11	2.54 -8.09
		208		2.0x2.0	0.91	0.78	1.79	1.27 -1.65	11.03 -23.26	10.95 -17.67	2.55 -8.61
		209		2.2x2.2	0.98	0.74	1.73	1.32 -1.65	12.25 -23.47	12.78 -19.67	2.12 -7.67
		210		2.2x2.2	0.99	0.74	1.74	1.31 -1.69	14.13 -27.04	12.28 -20.31	3.16 -8.68
		211		2.2x2.2	1.0	0.69	1.7	1.35 -1.66	14.42 -26.57	13.62 -19.19	3.24 -8.48
		212		2.4x1.4	0.9	0.82	1.82	1.25 -1.64	9.93 -22.41	14.02 -18.35	1.88 -8.15
		213		2.4x1.4	0.89	0.84	1.84	1.18 -1.71	10.07 -27.63	10.61 -18.66	2.73 -9.54
		214		2.4x1.4	0.93	0.76	1.77	1.29 -1.65	11.52 -27.59	13.72 -18.55	2.72 -8.41
		215		2.4x1.6	0.94	0.79	1.79	1.28 -1.64	10.9 -22.72	14.33 -18.97	2.09 -8.31
		216		2.4x1.6	0.92	0.81	1.81	1.22 -1.72	11.88 -27.63	11.6 -19.41	3.05 -9.65
		217		2.4x1.6	0.96	0.73	1.74	1.31 -1.66	12.99 -28.32	14.18 -19.45	3.0 -8.27
		218		2.4x1.8	0.97	0.77	1.76	1.32 -1.65	12.18 -24.2	14.61 -19.71	2.3 -8.52
		219		2.4x1.8	0.96	0.77	1.77	1.27 -1.72	13.46 -28.19	12.15 -20.2	3.23 -9.68
		220		2.4x1.8	1.0	0.7	1.7	1.36 -1.66	14.68 -28.72	14.56 -20.12	3.26 -8.09
		221		2.4x2.4	1.07	0.67	1.66	1.41 -1.68	16.05 -26.5	14.87 -20.65	2.87 -8.59
		222		2.4x2.4	1.07	0.67	1.67	1.43 -1.72	16.7 -29.82	14.8 -21.23	3.85 -9.37

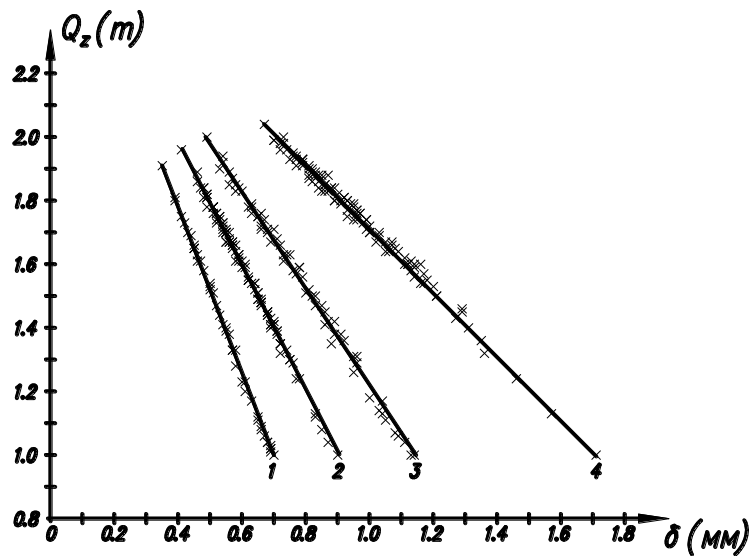
Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4200	380	223		2.4x2.4	1.11	0.6	1.6	1.47 -1.71	18.25 -28.66	15.04 -21.11	3.93 -7.8
		224		—	0.67	1.03	2.04	0.93 -1.69	1.56 -18.32	1.25 -11.3	0.35 -4.47
		225		1.4x1.4	0.72	0.99	1.98	1.03 -1.62	3.69 -17.96	5.43 -11.68	0.47 -4.66
		226		1.4x1.4	0.73	0.98	1.98	1.05 -1.61	5.18 -19.6	5.42 -12.36	0.69 -4.88
		227		1.4x1.4	0.7	0.98	1.99	1.0 -1.66	3.16 -17.84	3.04 -11.08	0.7 -4.54
		228		1.6x1.6	0.74	0.96	1.96	1.06 -1.6	4.75 -17.87	6.53 -12.04	0.62 -4.74
		229		1.6x1.6	0.76	0.95	1.95	1.08 -1.61	6.35 -19.82	6.37 -12.96	0.95 -5.21
		230		1.6x1.6	0.72	0.96	1.96	1.03 -1.63	4.59 -17.59	4.21 -10.92	1.01 -5.22
		231		1.8x1.8	0.77	0.93	1.93	1.1 -1.59	6.08 -17.82	7.76 -12.85	0.93 -5.06
		232		1.8x1.8	0.79	0.93	1.93	1.11 -1.61	7.51 -20.08	7.33 -13.74	1.35 -5.59
		233		1.8x1.8	0.75	0.92	1.93	1.08 -1.61	6.02 -17.31	5.41 -11.84	1.34 -5.98
		234		2.0x2.0	0.81	0.89	1.88	1.17 -1.58	7.56 -17.61	8.87 -13.78	1.15 -5.48
		235		2.0x2.0	0.83	0.89	1.89	1.15 -1.62	8.93 -20.49	8.17 -14.74	1.87 -6.05
		236		2.0x2.0	0.81	0.87	1.87	1.17 -1.59	8.2 -17.33	8.11 -13.05	1.89 -6.36
		237		2.2x2.2	0.87	0.84	1.83	1.21 -1.58	9.49 -17.77	9.59 -15.29	1.62 -5.82
		238		2.2x2.2	0.88	0.85	1.84	1.2 -1.63	10.77 -21.11	9.09 -15.88	2.39 -6.62

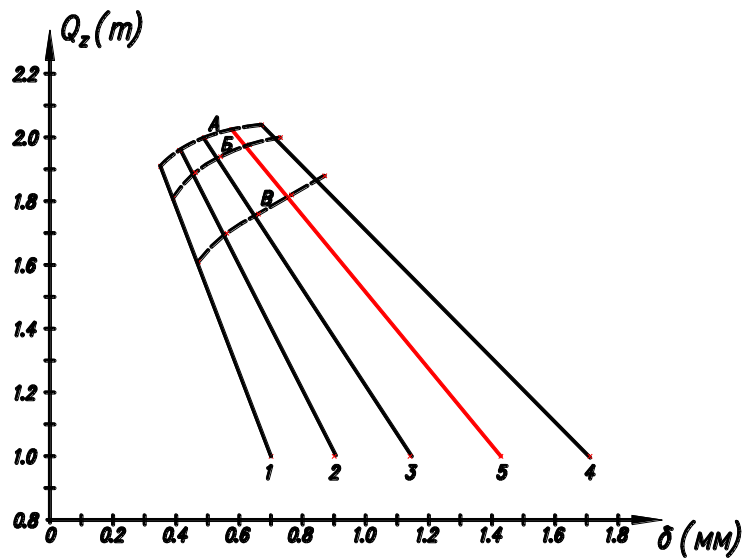
Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4200	380	239		2.2x2.2	0.89	0.8	1.8	1.26 -1.59	11.04 -20.17	10.33 -14.52	2.47 -6.46
		240		2.4x1.4	0.81	0.91	1.9	1.14 -1.59	7.41 -18.41	10.29 -14.08	1.37 -6.03
		241		2.4x1.4	0.79	0.92	1.93	1.07 -1.67	7.61 -21.93	7.5 -14.29	1.98 -7.02
		242		2.4x1.4	0.82	0.86	1.86	1.17 -1.59	8.6 -20.43	10.13 -13.8	2.02 -6.25
		243		2.4x1.6	0.83	0.88	1.88	1.16 -1.58	8.21 -18.16	10.62 -14.64	1.55 -6.2
		245		2.4x1.6	0.82	0.9	1.9	1.11 -1.67	8.82 -22.06	8.32 -14.97	2.25 -7.18
		246		2.4x1.6	0.85	0.83	1.83	1.22 -1.59	9.82 -21.22	10.59 -14.63	2.26 -6.22
		247		2.4x1.8	0.86	0.86	1.85	1.21 -1.58	9.25 -18.21	10.91 -15.31	1.72 -6.43
		248		2.4x1.8	0.85	0.87	1.87	1.15 -1.67	10.12 -22.14	9.1 -15.69	2.48 -7.29
		249		2.4x1.8	0.89	0.8	1.8	1.23 -1.59	11.22 -21.79	11.0 -15.33	2.48 -6.16
		250		2.4x2.4	0.96	0.78	1.77	1.29 -1.61	12.67 -20.64	11.53 -16.52	2.22 -6.7
		251		2.4x2.4	0.95	0.78	1.78	1.27 -1.67	13.11 -23.32	11.37 -17.05	3.01 -7.35
252		2.4x2.4	0.99	0.71	1.71	1.35 -1.63	14.48 -22.57	11.78 -16.69	3.1 -6.59		

a)



б)



1 – для схеми із габаритом  $h=3$  м; 2 – для схеми  $h = 3.3$  м; 3 – для схеми  $h = 3.6$ ; 4 – для схеми  $h = 4.2$  м; 5 – для схеми  $h = 3.9$  м; А – для схем із глухою панеллю товщиною  $t=380$  мм; Б - для схем  $t = 250$  мм; В – для схем  $t=120$  мм

Рисунок 4.30 - Залежність між поперечними силами  $Q_z$  та переміщеннями  $\delta$

а – на підставі розрахунків; б – усереднені значення

На підставі даних розрахунків були побудовані графіки (рис. 4.30), які характеризують залежність між переміщеннями у вузлах, в які прикладаються одиничні сили і максимальними поперечними силами  $Q_z$  в елементах каркасу.



З графіків рис. 4.30 видно, що поперечні сили в елементах каркасу та переміщення системи знаходяться у зворотній залежності. Іншими словами, чим жорсткіша панель заповнення, що знаходиться у складі системи, тим більші поперечні сили виникатимуть у колонах та ригелях рам.

Можна зробити висновок про те, що зі збільшенням товщини панелі її жорсткість зростає нерівномірно, а отже, і зусилля в стрижнях теж.

Крім того, для схем з однаковою товщиною панелі заповнення жорсткість системи залежно від співвідношення габаритів панелі  $h/l$  також змінюється непропорційно (лінії а – в). Переміщення системи без кам'яного заповнення прямо пропорційно залежать від величини габариту  $h$ , при постійній величині габариту  $l$ .

Незважаючи на це, скориставшись даними графіка рис. 4.30 а, можна побудувати графіки для проміжних значень габариту  $h$ . Виконавши інтерполяцію для координат рівноцінних точок (з однаковими параметрами, крім габариту  $h$ ), отримаємо графік залежності поперечних сил і переміщень для схеми з габаритом  $h=3.9$  м (лінія 5). Даний графік з достатньою точністю відповідатиме результатам розрахунку схем з даними параметрами.

При проектуванні будівель і споруд необхідно точно враховувати величину, яку змінюються зусилля в каркасі (зокрема поперечні сили) залежно від жорсткості заповнення. Графік рис. 4.30 показують, що за зміни деяких параметрів залежність поперечних сил від жорсткості заповнення буде змінюватися. Підбір оптимальних значень даних параметрів (товщини панелі, габаритів схеми, застосовуваних матеріалів та ін.) дозволить забезпечити необхідну надійність конструкції та скоротити витрати.

Таблиця 2 – Результати розрахунку додаткової серії з різними габаритами схеми з глухою панеллю заповнення

Габарити $h \times l$ , мм	Товщина панелі заповнення $t$ , мм	№ пп	Переміщення $\delta$ , умовн. од.	Максимальні зусилля елементах каркасу, умовні. од.			Максимальна напруга в панелі заповнення, умовн. од.			
				N	Qz	My+ My-	Nx+ Nx-	Ny+ Ny-	Txy+Txy-	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
3000×3000	120	1	0.41	0.51	1.69	1.23 -1.44	0.34 -23.44	0.34 -24.59	0.07 -6.75	
	250	2	0.35	0.7	1.97	1.07 -1.4	0.22 -17.97	0.22 -17.97	0.04 -5.62	
	380	3	0.31	0.79	2.11	0.98 -1.36	0.16 -14.97	0.16 -14.42	0.03 -4.94	
3300×3000	120	4	0.52	0.55	1.93	1.3 -1.58	0.45 -24.17	0.39 -28.48	0.08 -7.28	
	250	5	0.43	0.73	2.24	1.12 -1.53	0.27 -18.42	0.23 -20.46	0.05 -5.97	
	380	6	0.39	0.82	2.39	1.01 -1.48	0.42 -15.28	0.17 -16.28	0.04 -5.2	
3600×3000	120	7	0.64	0.57	2.17	1.38 -1.71	0.61 -24.85	0.51 -32.47	0.11 -7.78	
	250	8	0.53	0.75	2.5	1.17 -1.65	0.36 -18.78	0.3 -22.93	0.06 -6.33	
	380	9	0.48	0.83	2.65	0.89 -1.6	0.25 -15.53	0.34 -18.1	0.04 -5.48	
4200×3000	120	10	0.95	0.61	2.62	1.53 -1.96	1.41 -25.92	0.79 -40.42	0.22 -8.75	
	250	11	0.79	0.77	3.0	1.27 -1.89	0.74 -19.34	0.46 -27.79	0.12 -7.03	
	380	12	0.71	0.84	3.17	1.14 -1.83	0.5 -15.92	0.33 -21.68	0.08 -6.07	
3600×3600	120	13	0.61	0.64	1.84	1.42 -1.57	0.37 -26.93	0.36 -27.9	0.07 -7.07	
	250	14	0.5	0.81	2.11	0.87 -1.52	0.22 -19.58	0.22 -19.05	0.04 -5.73	
	380	15	0.46	0.89	2.22	1.19 -1.48	0.16 -16.0	0.15 -14.92	0.03 -5.0	
3600×4200	120	16	0.56	0.74	1.74	1.11 -1.42	0.69 -28.99	2.11 -24.19	0.11 -6.3	
	250	15	0.48	0.87	1.87	1.0 -1.38	0.25 -20.17	0.27 -16.04	0.05 -5.21	
	380	16	0.45	0.92	1.93	0.94 -1.36	0.15 -16.3	0.15 -12.99	0.03 -4.63	

Продовження таблиці 2

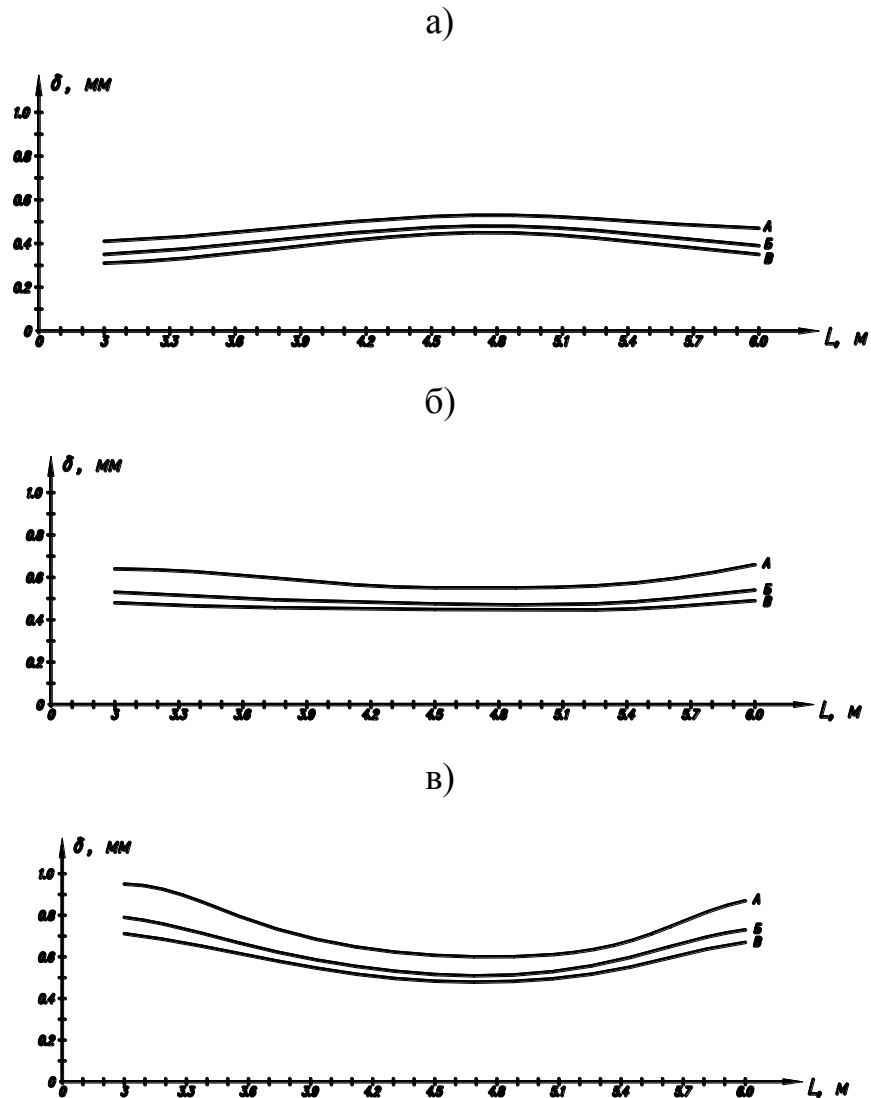
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3600×4800	120	17	0.55	0.78	1.78	1.05 -1.31	0.84 -29.43	0.5 -21.89	0.12 -5.92
	250	18	0.48	0.89	1.89	0.96 -1.28	0.28 -20.3	0.29 -14.12	0.07 -4.93
	380	19	0.45	0.94	1.95	0.92 -1.25	0.17 -16.4	0.2 -11.65	0.04 -4.39
3600×5400	120	20	0.57	0.76	1.76	1.08 -1.21	0.85 -29.19	2.13 -19.72	0.14 -5.88
	250	21	0.48	0.89	1.89	0.97 -1.19	0.33 -20.32	0.45 -12.69	0.08 -4.79
	380	22	0.45	0.95	1.95	0.91 -1.17	0.21 -16.42	0.37 -10.68	0.06 -4.21
3000×4800	120	23	0.53	0.73	1.73	1.1 -1.47	1.41 -28.98	1.19 -17.46	0.16 -5.74
	250	24	0.48	0.85	1.85	0.99 -1.43	0.41 -20.91	1.05 -11.34	0.12 -4.86
	380	25	0.45	0.92	1.92	0.95 -1.4	0.37 -17.23	1.05 -9.83	0.09 -4.35
4200×4800	120	26	0.6	0.87	1.87	1.04 -1.65	0.41 -32.37	0.84 -26.58	0.08 -7.09
	250	27	0.51	0.95	1.97	0.96 -1.6	0.2 -21.66	0.22 -16.38	0.04 -5.22
	380	28	0.48	0.98	2.02	0.93 -1.56	0.13 -17.37	0.14 -13.38	0.03 -4.67

Проте у практичних розрахунках застосування схем рис. 9.1 стає дуже важко, тому що при розрахунку великих будівель та споруд використання цієї методики дуже трудомістке.

Для того, щоб оцінити характер залежності жорсткості конструкцій від різних габаритів панелі, а також від розмірів прорізів, було проведено розрахунки додаткової серії.

У цій серії розрахунків була досліджена робота схем з глухим заповненням з різним кроком колон і висотою поверху (табл. 2), а також з віконним прорізом змінних розмірів у середині заповнення з кроком колон 6.0 м та висотою поверху 4.2 м (табл. 3).

Отримані результати розрахунків схем із глухим наповненням дозволяють з'ясувати характер залежності переміщень у вузлах, а також поперечних сил в елементах каркасу залежно від габаритів схеми.



А– для схем із панеллю товщиною  $t=120$  мм; Б - для схем  $t = 250$  мм;

В- Для схем  $t = 380$  мм

Рисунок 4.31 - Залежність переміщень від кроку колон  $L$  при постійній висоті поверху

а – при висоті поверху 3 м; б – за висотою поверху 3.6 м;

в – при висоті поверху 4.2 м

Ці залежності виражені графіками рис. 4.30, 4.31. Тут також використано результати, отримані в табл. 1.

З графіків рис. 4.31 видно, що залежність переміщень в схемах, що розраховуються, від кроку колон при постійній висоті поверху має складний характер.

Згідно з цими графіками для поверхів з більшою висотою (3.6 м, 4.2 м) краще приймати для проектування варіанти з кроком колон середньої величини (4.2 м - 5.4 м). Це дозволить отримати найжорсткішу конструктивну схему.

Навпаки, застосування для цих висот поверху схем з великими і малими кроками колон небажано, оскільки викликає стрибок переміщень, тобто жорсткість такої конструкції значно зменшиться.

Для варіанта рис. 4.31, а з висотою поверху 3.0 м навпаки найбільш вигідними стають варіанти з малим та великим кроком колон, тоді як середня величина кроку колон у такій схемі є причиною найбільших деформацій.

Розрахунок схем із постійним кроком колон дозволив встановити залежність деформацій системи від висоти поверху для схем із глухим заповненням.

Як показано на рис. 4.31 дана залежність близька до прямої, тобто зі збільшенням висоти поверху переміщення у системі зростають пропорційно.

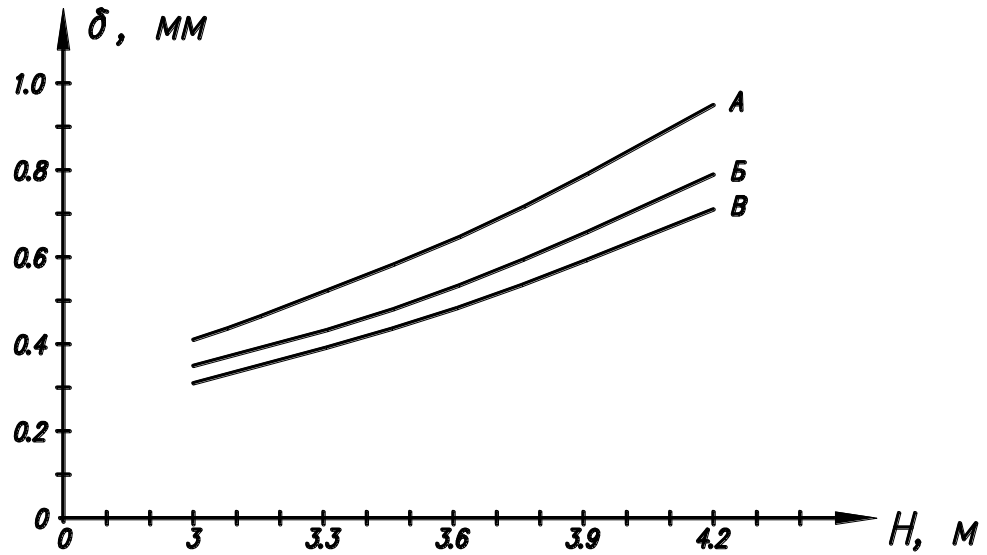
Такий характер цієї залежності зберігається як для схем з кроком колон  $L=3.0$  м, так і для  $L=6.0$  м.

Це говорить про те, що схеми з меншою висотою поверху найефективніші для підвищення жорсткості конструкції. Це тим, що з більшої висоти колон її гнучкість збільшується і схема має великі деформації.

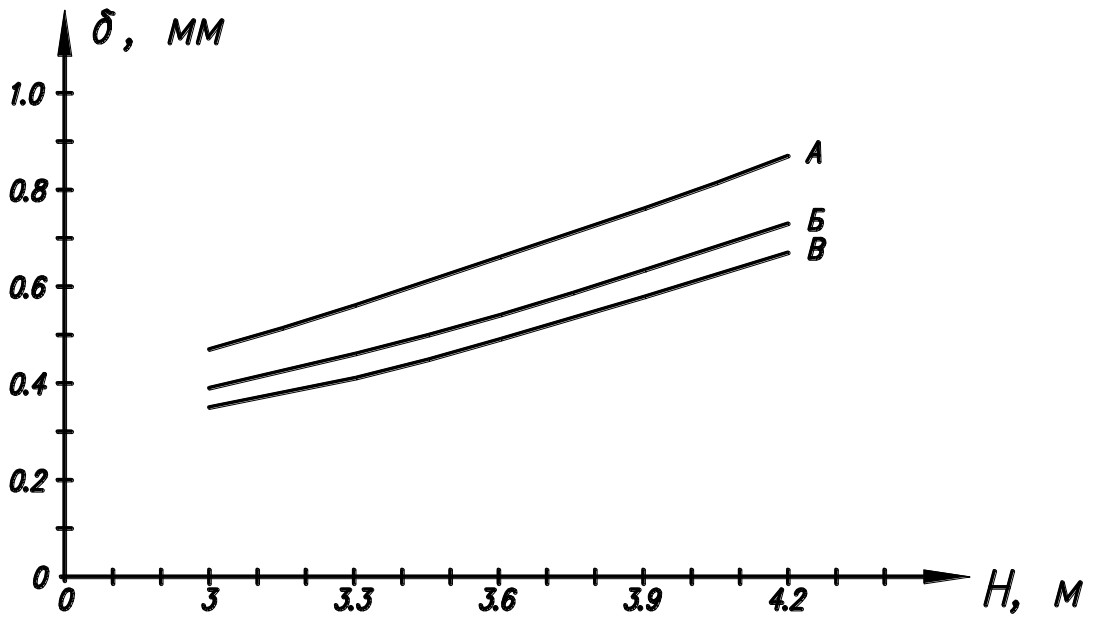
Таким чином можна зробити висновок про те, що найбільш доцільними при будівництві будівель із монолітним залізобетонним каркасом з використанням кам'яної кладки в якості заповнення є схеми з меншими розмірами висоти поверху і кроку колон. Однак каркасні будівлі з монолітним залізобетонним каркасом часто проектуються як громадські та адміністративні будівлі, а в таких будівлях, як правило, з архітектурних міркувань

приймаються великі габарити конструктивних схем, що значно знижує жорсткість конструкцій.

а)



б)



А- для схем із панеллю товщиною  $t=120$  мм; Б - для схем  $t = 250$  мм;

В- Для схем  $t = 380$  мм

Рисунок 4.32 - Залежність переміщень від висоти поверху  $H$  при постійній величині кроку колон

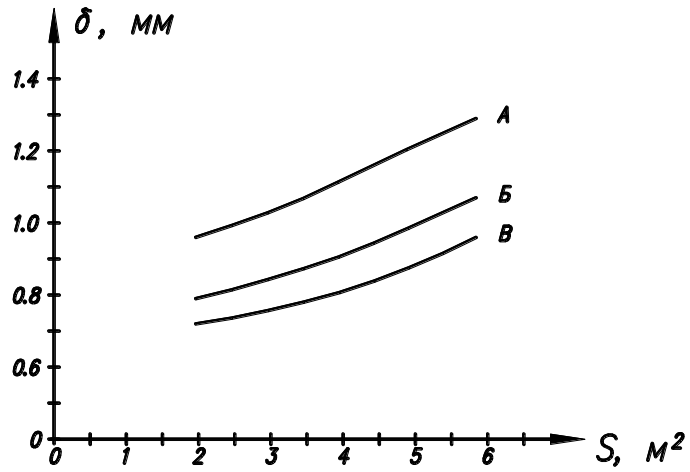
а - при кроці колон 3.0 м; б - при кроці колон 6.0 м

Таблиця 3 - Результати розрахунку додаткової серії схем з кроком колон

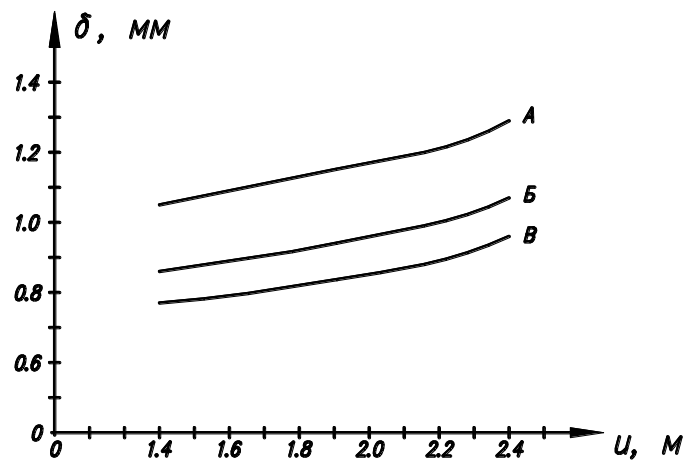
6.0 м та висотою поверху 4.2 м

Розміри отвору u×v, мм	Товщина панелі заповнення t, мм	№ пп	Переміщення $\delta_s$ умовн. од.	Максимальні зусилля в елементах каркасу, умовні. од.			Максимальна напруга в панелі заповнення, умовн. од.		
				N	Qz	My+y-	Nx+x-	Ny+y-	Txy+Txy-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2400×2000	120	1	1.22	0.52	1.52	1.57 -1.78	19.14 -36.58	21.69 -28.75	3.72 -12.47
	250	2	1.0	0.73	1.72	1.34 -1.65	13.21 -25.01	14.72 -20.42	2.52 -8.55
	380	3	0.89	0.83	1.82	1.22 -1.58	10.22 -19.03	11.12 -15.98	1.9 -6.53
2400×2200	120	4	1.25	0.49	1.48	1.63 -1.79	20.19 -37.32	21.46 -29.35	3.85 -12.29
	250	5	1.04	0.7	1.69	1.39 -1.66	14.5 -26.1	14.82 -21.22	2.67 -8.63
	380	6	0.92	0.81	1.8	1.27 -1.59	11.4 -20.1	11.29 -16.75	2.04 -6.66
1400×2400	120	7	1.05	0.68	1.66	1.4 -1.71	14.68 -28.51	15.56 -27.69	2.27 -11.77
	250	8	0.86	0.85	1.84	1.23 -1.6	9.28 -20.98	9.59 -17.2	1.41 -7.31
	380	9	0.77	0.93	1.92	1.13 -1.56	6.84 -17.29	6.95 -12.43	1.04 -5.3
1600×2400	120	10	1.09	0.64	1.63	1.46 -1.7	15.29 -28.3	17.03 -27.98	2.86 -11.64
	250	11	0.89	0.83	1.81	1.26 -1.59	9.91 -21.01	10.72 -17.63	1.59 -7.38
	380	12	0.79	0.91	1.9	1.17 -1.54	7.39 -17.35	7.83 -12.8	1.19 -5.42
1800×2400	120	13	1.13	0.6	1.59	1.51 -1.7	15.64 -29.43	18.45 -28.15	3.44 -11.38
	250	14	0.92	0.79	1.78	1.31 -1.58	10.44 -21.1	11.76 -18.03	1.84 -7.4
	380	15	0.82	0.88	1.87	1.19 -1.53	7.91 -17.46	8.67 -13.46	1.35 -5.5
2000×2400	120	16	1.17	0.56	1.55	1.55 -1.7	15.61 -31.27	19.71 -28.31	4.03 -10.88
	250	15	0.96	0.76	1.74	1.33 -1.57	10.78 -21.26	12.89 -18.98	2.42 -7.29
	380	16	0.86	0.85	1.84	1.24 -1.51	8.32 -17.64	9.56 -14.37	1.67 -5.5
2200×2400	120	17	1.21	0.52	1.51	1.6 -1.7	16.35 -33.12	20.02 -30.19	5.78 -10.42
	250	18	1.0	0.73	1.71	1.4 -1.56	11.83 -22.83	13.47 -20.46	3.63 -7.22
	280	19	0.89	0.82	1.81	1.29 -1.49	9.41 -17.88	10.14 -15.5	2.57 -5.57

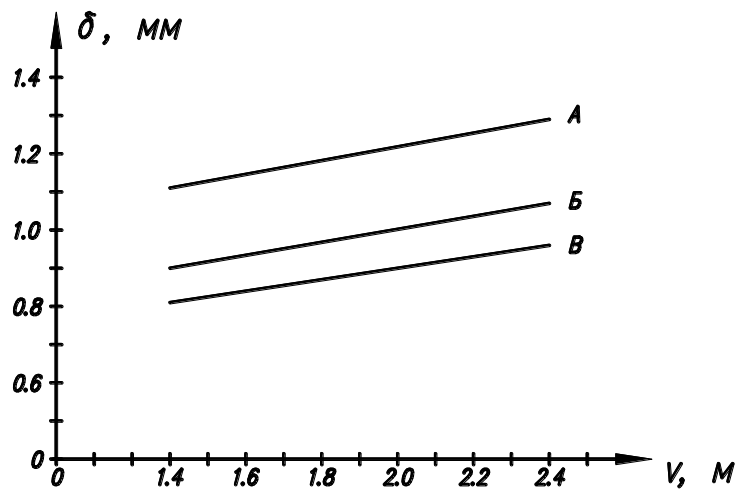
a)



б)



в)



а– для схем із панеллю товщиною  $t=120$  мм; б - для схем  $t = 250$  мм; в – для схем  $t=380$  мм

Рисунок 4.33 - Залежність переміщень від розмірів отвору при постійному кроці колон і висоті поверху

а – від площі; б - від висоти отвору  $u$  при постійній ширині; в - від ширини отвору  $v$  при постійній висоті



У зв'язку з цим необхідно оцінювати доцільність тієї чи іншої величини габаритів схеми кожного окремого випадку залежно від конкретних умов.

За результатами розрахунку табл. 1 та табл. 3 були побудовані графіки, що відображають залежність переміщень від площі отвору (рис. 4.32 а), від висоти отвору  $u$  при постійній ширині (рис. 4.33 б), від ширини отвору  $v$  при постійній висоті (рис. 4.33 в). Всі три графіки побудовані у трьох варіантах залежно від товщини панелі (120 мм, 250 мм, 380 мм).

Залежності, відбиті усім трьох графіках свідчать, що переміщення аналізованої системи залежить від розмірів отвору і це залежність близька до прямої.

Проте із графіків рис. 4.33 б можна бачити, що після досягнення висоти прорізу  $u$  величини рівної половині висоти панелі заповнення крива переміщень змінює кут нахилу, а значить, прорізи такої величини знижують жорсткість схеми значно сильніше.

Якщо розглядати дані графіки разом із графіками рис. 4.23 і 4.33, то вибір оптимальної схеми зводиться до вирішення складної задачі, при вирішенні якої необхідно врахувати безліч факторів, що впливають на деформативність досліджуваної конструкції.

З цього випливає, що для досягнення максимальної жорсткості конструкцій потрібно обмежувати висоту прорізів.

#### **4.1. Висновки до розділу**

Узагальнюючи зроблені раніше висновки, можна сказати, що робота монолітного залізобетонного каркаса в поєднанні з цегляним заповненням має дуже складний характер. Залежно від різноманітних факторів, жорсткість подібної системи може змінюватися нелінійно. Це вносить труднощі під час виборів найбільш економічної та доцільної схеми.

## **РОЗДІЛ 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях**

### **5.1. Охорона праці**

#### **5.1.1. Організація охорони праці працівників на підприємстві**

З метою забезпечення сприятливих для здоров'я умов праці, високого рівня працездатності, профілактики травматизму і професійних захворювань, отруєнь та відвернення іншої можливої шкоди для здоров'я на підприємствах, в установах і організаціях різних форм власності повинні встановлюватися єдині санітарно-гігієнічні вимоги до організації виробничих процесів, пов'язаних з діяльністю людей, а також до якості машин, обладнання, будівель та інших об'єктів, які можуть мати шкідливий вплив на здоров'я. Всі державні стандарти, технічні умови і промислові зразки обов'язково погоджуються з органами охорони здоров'я в порядку, встановленому законодавством. Власники і керівники підприємств, установ та організацій зобов'язані забезпечити в їхній діяльності виконання правил техніки безпеки, виробничої санітарії та інших вимог щодо охорони здоров'я, передбачених законодавством, не допускати шкідливого впливу на здоров'я людей (ст. 28 Основ законодавства України про охорону здоров'я).

Власник зобов'язаний створити в кожному структурному підрозділі й на робочому місці умови праці відповідно до вимог нормативних актів, а також забезпечити дотримання прав працівників, гарантованих чинним законодавством.

З цією метою власник забезпечує функціонування системи управління охороною здоров'я, для чого створює на підприємстві підрозділи, які традиційно іменуються службою охорони праці. Типове положення про службу охорони праці затверджене наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 15 листопада 2004 р. № 255. Служба охорони праці створюється на підприємствах з кількістю працюючих 50 і більше осіб. На підприємстві з кількістю працюючих менше 50 осіб функції служби охорони праці можуть виконувати у порядку сумісництва (суміщення) особи,

які мають відповідну підготовку. На підприємстві з кількістю працюючих менше 20 осіб для виконання функцій служби охорони праці можуть залучатися сторонні спеціалісти на договірних засадах, які мають виробничий стаж роботи не менше трьох років і пройшли навчання з охорони праці. Служба охорони праці підпорядковується безпосередньо роботодавцю. Ліквідація служби охорони праці допускається тільки у разі ліквідації підприємства чи припинення використання найманої праці фізичною особою.[80]

На службу охорони праці покладено виконання таких завдань. У разі відсутності впровадженої системи якості відповідно до ISO 9001, опрацювання ефективної системи управління охороною праці на підприємстві та сприяння удосконаленню діяльності у цьому напрямку кожного структурного підрозділу і кожного працівника; забезпечення фахової підтримки рішень роботодавця з цих питань; організація проведення профілактичних заходів, спрямованих на усунення шкідливих і небезпечних виробничих факторів, запобігання нещасним випадкам на виробництві, професійним захворюванням та іншим випадкам загрози життю або здоров'ю працівників; вивчення та сприяння впровадженню у виробництво досягнень науки і техніки, прогресивних і безпечних технологій, сучасних засобів колективного та індивідуального захисту працівників; контроль за дотриманням працівниками вимог законів та інших нормативно-правових актів з охорони праці, положень (у разі наявності) галузевої угоди, розділу "Охорона праці", колективного договору та актів з охорони праці, що діють у межах підприємства; інформування та надання роз'яснень працівникам підприємства з питань охорони праці.

### **5.1.2. Охорона праці при монтажних роботах**

На будівельному майданчику повинна бути позначена знаками технологічна зона монтажу, тобто робоча зона, зони складування, попереднього складання і транспортування елементів з землі до місця

установки. Особлива увага повинна бути приділена зоні підвищеної небезпеки - роботі декількох монтажних механізмів на прилеглих монтажних ділянках, на одному або різних рівнях роботи по вертикалі.

До монтажу та виробництва допоміжних робіт з розвантаження, складання і строповці збірних елементів робочих допускають тільки після вступного інструктажу. До виробництва верхолазних робіт допускають монтажників не нижче 4-го розряду, старше 18 років і зі стажем роботи не менше двох років. Для отримання допуску необхідно пройти курс навчання з техніки безпеки і здати необхідні випробування. Знання перевіряють не рідше одного разу на рік, медичний огляд проводять не рідше двох разів на рік.

Вантажозахоплювальні пристрої, стропи й інший інвентар повинні бути забезпечені бирками із зазначенням вантажопідйомності. Їх випробовують на подвійне навантаження не менше двох разів на рік, за результатами огляду видають спеціальні паспорти.

При роботі на висоті монтажники обов'язково надягають монтажні пояси і за допомогою ланцюга з кріпильним пристроєм зачіпають себе до петель змонтованих конструкцій або до натягнутих і закріплених тросів. Робочий інструмент повинен бути в ящиках або сумках, щоб уникнути падінь. При підйомі елементів для запобігання їх розгойдування або крутіння вони обов'язково беруться на розтяжки. Підняті елементи забороняється залишати у висячому положенні при перервах в роботі. Підйом будь-яких вантажів дозволяють тільки при вертикальному положенні поліспасти монтажного крана, тобто без підтяжки елемента, що піднімається. Вантаж, що піднімається, повинен бути менше або відповідати вантажопідйомності монтажного крана на даному вильоті стріли; відповідна таблиця залежності вильоту і вантажопідйомності повинна бути вивішена біля робочого місця машиніста.

На будівельному майданчику влаштовують проходи і проїзди, на видних місцях закріплюють покажчики небезпечних і заборонених зон. У нічний час

будмайданчик обов'язково висвітлюють. Монтаж баштовими кранами забороняється при швидкості вітру  $10 \div 12$  м/с, кран на рейках закріплюють протиугінний; при більшій швидкості вітру кран беруть на розтяжки.

Вантажозахоплювальні пристрої після кожного ремонту повинні підлягати випробуванню на навантаження, що перевищує в 1,25 рази їх нормальну вантажопідйомність з тривалістю витримки 10 хв. Результати оглядів вантажозахоплювальних пристроїв заносять в журнал обліку. Огляди виконуються: для траверс через кожні 6 місяців; для строп і тари - через кожні 10 діб; для інших захоплень - через місяць.

Не допускається виконання монтажних і післямонтажних робіт на одній захватці, але на різних горизонтах. В окремих випадках робиться виняток, але при цьому розрив у рівнях не повинен бути меншим ніж три перекриття.

Кордон небезпечної зони визначають відстанню по горизонталі від можливого місця падіння вантажу при його переміщенні краном. Ця відстань при максимальній висоті підйому вантажу до 20 м повинна бути не менше 7 м, при висоті до 100 м - не менше 10 м, при більшій висоті розмір його встановлюють в проекті виконання робіт.

Змонтовані міжповерхові перекриття і покриття повинні бути огорожені до початку наступних робіт.

Особливі запобіжні заходи слід приймати при зміні погодних умов. Не допускається виконання монтажних робіт на висоті у відкритих місцях при швидкості вітру 15 м/с і більше, при ожеледиці, грозі і тумані. Роботи по переміщенні та встановленні великорозмірних панелей стін і подібних до них конструкцій з великою парусністю, слід припиняти при швидкості вітру 10 м/с і більше.

Велика увага при монтажі повинна бути приділена безпечним прийомам зварювальних робіт, що виключає ураження струмом і виникнення пожежної небезпеки. Забороняється вести зварювальні роботи під дощем, під час грози, сильного снігопаду і швидкості вітру більше 5 м/с.

### **5.1.3. Охорона праці при влаштуванні монолітних залізобетонних конструкцій**

#### Опалубочні роботи

При установці опалубки в декілька ярусів кожен подальший ярус встановлюється тільки після закріплення нижнього.

Щодня перед початком укладання бетону необхідно перевіряти стан опалубки і риштування, в разі виявлення несправностей їх слід негайно усунути.

Розбирати опалубку після досягнення бетоном заданої міцності можна з дозволу виконавця робіт. Отвори в перекриттях або покриттях, що залишаються після зняття опалубки, слід захищати.

#### Арматурні роботи

Заготовлювати і обробляти арматуру необхідно в спеціально призначених для цього і відповідно обладнаних для цього майстернях або цехах.

По змонтованій арматурі ходити не можна. До переходів, які роблять шириною  $0,4 \div 0,8$  м на козелках, що спираються на опалубку, необхідно встановлювати покажчики.

#### Бетонні роботи

Монтаж, демонтаж і ремонт бетоноводів, а також видалення з них пробок бетону допускається тільки після зниження тиску до атмосферного.

При ущільненні суміші електровібраторами переміщати їх за струмопровідні шланги не допускається, а при перервах в роботі і переходах з одного місця на інше вібратори слід вимикати. В процесі вібрування бетонної суміші через кожні  $30 \div 35$  хвилин вібратор вимикають на  $5 \div 7$  хвилин для охолодження. Корпуси вібраторів необхідно заземлити, працювати з ними дозволяється тільки в гумових рукавичках і чоботах. Мити водою не рекомендується.

Зона електропрогрівання бетону повинна бути огорожена, в нічний час освітлена, мати світлову сигналізацію, що включається при подачі напруги в мережу обігріву, і знаки безпеки. Перебування людей і виконання ними будь-яких робіт в цій зоні без відповідних засобів захисту не допускається. Робітники, зайняті на електропрогріві бетону, повинні бути забезпечені гумовими чобітьми і діелектричними калошами, а електромонтери ще і гумовими рукавичками. Підключення нагрівальних проводів, заміри температури бетону технічними термометрами проводиться при відключеній напрузі

#### **5.1.4. Висновки до підрозділу**

Дотримання вимог, перелічених у даному розділі, забезпечить безпечні умови праці, позбавить травматизму, профзахворювань та виникнення небезпечних факторів, аварій. Покращаться умови праці та виробниче середовище.

У разі порушення норм і правил охорони праці, невиконання колективного договору, наказів роботодавця або розпоряджень органів нагляду за станом охорони праці, внаслідок чого трапилися нещасні випадки, виникли професійні захворювання або інші важкі наслідки настає кримінальна відповідальність.

При виконанні будівельних робіт порушення нормативних і правових актів, а також правил експлуатації будівельних механізмів, якщо це завдало шкоди здоров'ю людей або могло спричинити людські жертви та інші тяжкі наслідки карається позбавленням волі на строк до одного року або виправними роботами на той самий термін, або грошовим стягненням до 20 мінімальних неоподаткованих розмірів заробітної плати.

## **5.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях**

### **5.2.1 Оцінка стійкості об'єкту (цеху) до впливу ударної хвилі ядерного (техногенного) вибуху і заходи щодо підвищення стійкості**

Шляхи та методи підвищення стійкості функціонування об'єкту (цеху) в умовах надзвичайної ситуації в мирний та воєнний час, доволі різноманітні і визначаються конкретними специфічними особливостями кожного окремого підприємства.

Вибір найбільш ефективних (в тому числі і з економічної точки зору) шляхів і способів підвищення стійкості функціонування об'єкту, можливий тільки на основі всебічної ретельної оцінки кожного підприємства, як об'єкту громадянської оборони.

За критерій стійкості об'єктів до впливу ударної хвилі ,беруть максимальне значення надлишкового тиску, при якому будинки, споруди й устаткування зберігаються, або одержують слабкі руйнування (ушкодження). При оцінці стійкості визначають наступне:

- максимальний можливий надлишковий тиск ударної хвилі  $\Delta P_{\Phi_{max}}$  очікуване на об'єкті;
- виділяють основні елементи на об'єкті, від яких залежить його працездатність;
- визначають надлишковий тиск, при яких будинки, споруди, устаткування одержують слабкі, середні, сильні і повні руйнування;
- визначають межі стійкості кожного виділеного елемента до ударної хвилі щодо надлишковому тиску  $\Delta P_{\Phi_{lim}}$ , при якому елементи одержують слабкі руйнування;
- визначають межі стійкості об'єкту в цілому до ударної хвилі по мінімальній межі стійкості його складових елементів.

Все це буде залежати від виду і потужності вибуху, відстані до об'єкта, конструкції й розмірів елементів об'єкта, орієнтації відносно вибуху,



розміщення будівель і споруд, рельєфу місцевості, характеру аварії, сили землетрусу чи бурі.

Врахувати їх разом для кожного об'єкта неможливо. Тому опір конструкцій дії вибухової хвилі прийнято характеризувати надмірним тиском у фронті ударної хвилі який призводить до слабких, середніх і сильних руйнувань.

Послідовність проведення оцінювання:

- визначення максимального надмірного тиску ударної хвилі, сейсмічної хвилі чи сили бурі, яка очікується на об'єкті;
- виділення основних елементів на об'єкті (тваринницькі ферми, склади, майстерні, комбикормовий цех, цехи переробки та ін.), від яких залежатиме функціонування об'єкта і виробництво продукції;
- оцінка стійкості кожного елемента об'єкта;
- порівняння розрахованої межі стійкості об'єкта з очікуваним максимальним надмірним тиском ударної хвилі сейсмічної хвилі чи сили бурі.
- визначення ступеня можливих руйнувань за таблицею результатів оцінки для елементів об'єкта при можливому і максимальному значенні надмірного тиску, тиску сейсмічної хвилі чи сили бурі і можливі при цьому втрати (відсотки).

На основі результатів оцінки стійкості об'єкта роблять висновки і пропозиції по кожному елементу і об'єкту в цілому: межа стійкості об'єкта, найбільш вразливі його елементи, характер і ступінь руйнувань при максимальному надмірному тиску, сильному землетрусі і урагані, можливі збитки; межа доцільного підвищення стійкості найбільш вразливих елементів об'єкта і пропозиції (заходи) для підвищення межі стійкості об'єкта.

Такими заходами можуть бути:

- укріплення несучих конструкцій та перекрить будівель установкою додаткових колон, ферм, контрфорсів або підкосів;

- розміщення обладнання на нижніх поверхах будівель або в підвалах, надійне закріплення на фундаменті.

### **5.2.2. Розробка заходів щодо підвищення стійкості промислового об'єкту**

Оцінювання стійкості роботи об'єкту – це всебічне вивчення підприємства з погляду здатності його протистояти впливу вражаючих факторів ядерного вибуху, відновлення виробництва при одержанні середніх і слабких руйнувань.

Мета дослідження складається в тому, щоб виявити уразливі місця в роботі об'єкту у воєнний час і виробити найбільш ефективні пропозиції і рекомендації, спрямовані на підвищення його стійкості. Надалі ці рекомендації включаються в план заходів щодо підвищення стійкості роботи об'єкту, що і реалізується.

Дослідження стійкості підприємств проводиться силами інженерно-технічного персоналу із залученням фахівців науково-дослідних і проектних організацій, пов'язаних із даним підприємством. Організатором і керівником дослідження є керівник підприємства – начальник ЦО об'єкту.

Весь процес планування і проведення дослідження можна розділити на три етапи: перший – підготовчий, другий – оцінка стійкості роботи об'єкту в умовах воєнного часу, третій – розробка заходів, що підвищують стійкість роботи об'єкту.

На першому етапі розробляються керівні документи, визначається склад учасників дослідження й організується їхня підготовка.

Основними документами для організації дослідження стійкості роботи об'єкту є: наказ керівника підприємства; календарний план основних заходів щодо підготовки до проведення дослідження; план проведення дослідження.

Наказ директора підприємства (керівника дослідження) розробляється на підставі вказівок старшого начальника з урахуванням особливостей і конкретних умов, пов'язаних із виробничою діяльністю об'єкту. У наказі вказуються: мета і задачі майбутнього дослідження, час проведення робіт,

склад учасників і задачі дослідницьких груп, терміни готовності звітної документації.

Календарний план підготовки до проведення дослідження визначає основні заходи і терміни їхнього проведення, відповідальних виконавців, сили і засоби, які беруть участь у поставлених задачах.

План проведення дослідження стійкості роботи об'єкту є основним документом, що визначає зміст роботи керівника дослідження і дослідницьких груп головних фахівців. У плані вказуються: тема, мета і тривалість дослідження, склад слідчих груп і зміст їхньої роботи, порядок дослідження. Тривалість дослідження встановлюється в залежності від обсягу робіт і підготовленості учасників, залучених до виконання задач, і може складати два – три місяці.

Залежно від складу основних виробничо-технічних служб на об'єкті можуть створюватися такі дослідницькі групи:

- начальника відділу капітального будівництва;
- головного енергетика;
- головного технолога;
- головного механіка;
- відділу матеріально-технічного постачання та ін.

Крім того, створюється група штабу ЦО об'єкту, в яку входять начальники служб оповіщення і зв'язку, протирадіаційного і протихімічного захисту сховищ і ПРУ, медична, охорони суспільного порядку, матеріально-технічного постачання.

Для узагальнення отриманих результатів і подання загальних пропозицій створюється група керівника дослідження на чолі з головним інженером чи начальником виробничого відділу. Чисельність дослідницьких груп залежить від обсягу розв'язуваних задач, специфіки виробництва і може складати 5 – 10 чоловік. Притягнуті до досліджень представники зовнішніх організацій беруть участь у роботі відповідних груп.

Підвищення стійкості об'єкта досягається посиленням найбільш слабких (вражаючих) елементів і ділянок об'єкту. Для цього на кожному ОНГ завчасно на основі досліджень планують і проводять відповідні організаційні й інженерно-технічні заходи. Досягнення науки і техніки дозволяють реалізувати такі рішення, при яких підприємство буде стійке до впливу дуже значних надлишкових тисків, однак це пов'язано з великими витратами засобів і матеріалів і може бути виправдано лише при захисті унікальних, особливо важливих елементів об'єкту. Заходи будуть економічно обґрунтовані, якщо вони максимально узгоджені із завданнями, які розв'язуються в мирний час для забезпечення безаварійної роботи, поліпшення умов праці, удосконалювання виробничого процесу. Особливо велике значення має розробка інженерно-технічних заходів при новому будівництві, бо у процесі проектування, як відзначалося раніше, у багатьох випадках можна домогтися логічного поєднання загальних інженерних рішень із захисними заходами ЦО, що знизить витрати на їх реалізацію.

### **5.2.3. Висновки до підрозділу**

Будівельна галузь як структурна ланка сучасної економіки України характеризується комплексом чинників, які зумовлюють колективну і індивідуальну безпеку людей як на етапі спорудження об'єктів будівництва, так і на етапі їх експлуатації. Визначальним чинником для дотримання необхідних умов безпеки є Державні будівельні норми, які охоплюють вимоги до конструкцій, матеріалів, технології спорудження будівельної продукції. Поряд з цим в країні існує мережа контролюючих інстанцій, які призначені для вчасного попередження і виявлення відхилень, які можуть негативно вплинути на експлуатаційні параметри будівель і споруд, стати причиною аварії, зумовити матеріальні витрати і людські жертви. Дотримання встановлених вимог з безпеки життєдіяльності є одним з вузлових питань будівельної галузі.

## ВИСНОВКИ

В процесі дослідження напружено-деформівного стану монолітного залізобетонного каркасу із дрібноштучним стіновим заповненням при дії сейсмічного навантаження було виконано наступне:

- розроблено скінченно-елементну модель панелі монолітного залізобетонного каркасу із дрібноштучним заповненням;
- вдосконалено методику визначення впливу кам'яного заповнення для каркасних будівель з дрібноштучним заповненням засобами електронно-обчислювальної техніки.
- з'ясовано характер роботи дрібноштучного заповнення у будинках із залізобетонним каркасом при дії сейсмічних сил.
- визначено ступінь впливу віконних отворів у дрібноштучному заповненні на жорсткість панелі заповнення та встановлено місця концентрації напружень;
- дано ефективну оцінку щодо застосування дрібноштучного заповнення в каркасних залізобетонних будівлях у районах, що піддаються сейсмічним впливам.
- розроблено заходи охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

## Список літератури

1. Ковальчук Я. О. Методичний посібник для виконання кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія” / Я. О. Ковальчук, Г. М. Крамар, О. М. Мещерякова. - Тернопіль : ТНТУ, 2020. – 56 с.
2. ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи К.: Мінбуд України, 2006.
3. ДБН В.1.17-2002 Пожежна безпека об’єктів будівництва. – К.: Держбуд України, 2003.
4. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд. К.: Мінрегіонбуд України, 2009.
5. Malezhyk, M.P., Pidhurs’kyi, M.I., Rudyak, Y.A., Pidhurs’kyi, I.M. & Voitovych, L.V. (2019) Investigation of the Fracture of an Orthotropic Plate with Circular Hole and Two Edge Cracks Under Pulsed Loading by the Method of Dynamic Photoelasticity. *Materials Science*, 55(2). P. 254-258.
6. Pidgurskyi, Mykola & Rudyak, Yuri & Pidgurskyi, Ivan. (2019). Research and Modeling of Stress-Strain State and Fracture Strength of Triplexes at Temperatures 293–213K. // *Lecture Notes in Mechanical Engineering SerProceedings of the 7th International Conference on Fracture Fatigue and Wear.*, Belgium, Ghent University, 2018. – P.135-150.
7. Pidgurskyi I. Analysis of stress intensity factors obtained with the fem for surface semielliptical cracks in the zones of structural stress concentrators // *Scientific Journal of TNTU.* - Ternopil: TNTU, 2018. - Vol. 90. - No 2. - P. 92-104. (Index Copernicus, Google Scholar)
8. Maruschak P., Degradation and cyclic crack resistance of continuous casting machine roll material under operating temperatures / P. Maruschak, D. Baran // *Iranian Journal of Science and Technology Transaction B: Engineering.* - 2011. - Vol. 35. - M2. - P. 159-165.
9. Ігнат’єва В.Б. Аналіз способів поліпшення теплотехнічних характеристик при будівництві будівель / В.Б. Ігнат’єва, Е.О. Текін // *ΛΟΓΟΣ*.

Мистецтво наукової думки, 2019. - Vol. 3. – С. 97-100. Режим доступу: <https://ojs.ukrlgos.in.ua/index.php/2617-7064/article/view/306/293> 44. Ignatyeva, V. B. (2018).

10. Yasniy, P.V., Mykhailyshyn, M.S., Pyndus, Y.I. et al. Numerical Analysis of Natural Vibrations of Cylindrical Shells Made of Aluminum Alloy. Mater Sci 55, 502–508 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11003-020-00331-2>

11. Yasniy P., Pyndus Y., Hud M. Methodology for the experimental research of reinforced cylindrical shell forced oscillations. Scientific journal of the Ternopil national technical university. 2017. Vol. 86. №. 2. P. 7–13

12. Ковальчук Я. Теплоізоляційні будівельні матеріали з місцевих технологічних відходів / Я. Ковальчук, Г. Крамар, Л. Бодрова, І. Коваль, С. Мариненко // Наукові нотатки. - 2019. - Вип. 66. - С. 165-171.

13. Mykhailo Hud, Simulation of the stress-strain state of a cylindrical tank under the action of forced oscillations, Procedia Structural Integrity, Volume 36, 2022, Pages 79-86, ISSN 2452-3216, <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2022.01.006>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2452321622000063>)

14. Ігнат'єва В.Б. Пристрій для формування стрижневих виробів з композиційних матеріалів / В.Б. Ігнат'єв, В.Б. Ігнат'єва. Патент на корисну модель № 86097, Україна, МПК (2013) В29С 55/00. Заявка № u 201308540; заявл. 08.07.2013; опубл. 10.12.2013, Бюл. № 23.

15. Ігнат'єва В.Б. Віконна система / В.Б. Ігнат'єва. Патент на корисну модель № 136285, Україна, МПК (2020) Е06В 3/00, МПК (2006) Е06В 3/68. Заявка № u 201902231; заявл. 05.03.2019; опубл. 12.08.2019, Бюл. № 15.

16. Ігнат'єва В.Б. Віконна система / В.Б. Ігнат'єва. Патент на корисну модель № 142702, Україна, МПК (2020) Е06В 3/00, МПК (2006) Е06В 3/68. Заявка № u 201911664; заявл. 05.12.2019; опубл. 25.06.2020, Бюл. № 12.

17. Ігнат'єва В.Б. Віконна система / В.Б. Ігнат'єва. Патент на корисну модель № 142703, Україна, МПК (2020) Е06В 3/00, МПК (2006) Е06В 3/68. Заявка № u 201911666; заявл. 05.12.2019; опубл. 25.06.2020, Бюл. № 12.