

**Міністерство освіти і науки України**  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд і технологій  
(назва факультету)

Кафедра будівельної механіки  
(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

**магістр**

(назва освітнього ступеня)

на тему:

**Проект 13-поверхового житлового**

**будинку з дослідженням залізобетонних**

**конструкцій**

Виконав(ла): студент(ка) 2 курсу, групи МБд-2  
спеціальності 192

Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

Павло ФЕДОРИШИН

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Ігор КОВАЛЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Ольга МЕЩЕРЯКОВА

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

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

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

Кафедра Будівельної механіки  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

В.П. ЯСНІЙ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

2022 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Магістр  
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Павло ФЕДОРИШИН  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект 13-поверхового житлового будинку з дослідженням залізобетонних конструкцій

Керівник роботи К.т.н. доц. Ігор КОВАЛЬ  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 14 » 11 2022 року № 4/7-907

2. Термін подання студентом завершеної роботи 14.11.2022р.

3. Вихідні дані до роботи Завдання на проектування

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

Вступ, Архітектурно-будівельна частина, Розрахунково-конструктивна частина

Наукова частина, Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях, Висновки,

Бібліографія

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Генплан, Фасади, Розрізи, Плани поверхів, Конструктивні схеми, Схеми армування,

Детальні вузли, Календарний план, Технологічні карти

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	<b>К.т.н., доц. Володимир КАСПРУК</b>		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	<b>Ст. викл. Володимир СТРУЧОК</b>		
Нормоконтроль	<b>Ст. викл. Ольга МЕЩЕРЯКОВА</b>		

7. Дата видачі завдання 14.11.2022р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
<b>1</b>	Архітектурно-будівельний розділ	<b>18.11.22</b>	
<b>2</b>	Креслення до розділу	<b>20.11.22</b>	
<b>3</b>	Розрахунково-конструктивний розділ	<b>25.12.22</b>	
<b>4</b>	Креслення до розділу	<b>30.12.22</b>	
<b>5</b>	Наукова частина	<b>05.12.22</b>	
<b>6</b>	Безпека в надзвичайних ситуаціях	<b>10.12.22</b>	
<b>7</b>	Охорона праці	<b>13.12.22</b>	
<b>8</b>			
<b>9</b>			
<b>10</b>			
<b>11</b>			
<b>12</b>			
<b>13</b>			
<b>14</b>			
<b>15</b>			
<b>16</b>			
<b>17</b>			
<b>18</b>			

Студент

(підпис)

Павло ФЕДОРИШИН

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Ігор КОВАЛЬ

(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

### ВСТУП 5

<b>РОЗДІЛ 1 Архітектурно-будівельний розділ.....</b>	<b>7</b>
1.1 Дані про район і ділянку будівництва .....	7
1.1.1 Коротка характеристика району та майданчику будівництва.....	7
1.1.2 Кліматичні умови .....	8
1.1.3 Інженерно-геологічні та гідрологічні умови ділянки .....	8
1.2 Генеральний план .....	9
1.2.1 Обґрунтування прийнятого рішення .....	9
1.2.2 Розпланування, забудова та організація рельєфу ділянки.....	9
1.2.3 Техніко-економічні показники по генплану .....	11
1.3 Архітектурно-планувальні рішення.....	11
1.3.1 Характеристика технологічного чи функціонального процесу .....	11
1.3.2 Опис прийнятого рішення та його обґрунтування .....	11
1.3.3 Забезпечення доступності маломобільних груп населення.....	12
1.4 Опорядження будинку .....	12
1.5 Енергоефективність.....	12
1.5.1 Заходи щодо підвищення енергоефективності.....	12
1.6 Конструктивні рішення.....	14
1.7 Інженерні мережі і обладнання .....	15
1.8 Техніко-економічні показники будівлі.....	16
<b>РОЗДІЛ 2 Розрахунково-конструктивний розділ .....</b>	<b>17</b>
2.1 Розрахункові характеристики матеріалів .....	17
2.1.1 Матеріали .....	17
2.2 Визначення навантажень на усі конструкції, складання розрахункових схем	17
2.3 Підготовка даних для розрахунку.....	21
2.3.1 Визначення розрахункових зусиль в перерізах конструкції .....	21
2.4 Розрахунок фундаментів.....	34
<b>РОЗДІЛ 3 Науково-дослідний розділ.....</b>	<b>36</b>

3.1	Постановка задач дослідження.....	36
3.2	Методика дослідження.....	38
3.3	Результати дослідження.....	44
3.4	Висновки і узагальнення за результатами дослідження .....	52
<b>РОЗДІЛ 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях .....</b>		<b>53</b>
4.1	Охорона праці .....	53
4.1.1	Техніка безпеки при роботі із механізмами .....	55
4.1.2	Охорона праці під час виконання основних технологічних процесів.....	57
4.2	Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	62
<b>БІБЛІОГРАФІЯ .....</b>		<b>68</b>

## ВСТУП

**Актуальність теми.** На нову забудову міста вказують поточні проекти будівництва Житомира. Швидкі темпи будівництва в поєднанні з архітектурною складністю та виразністю кожної споруди свідчать про зміну фокусу міста. Для заповнення або резервування місця на ділянці використовується якомога більше будівельного матеріалу, що поглинає сонячне світло. Сюди входять ліси, під'їзди та прилеглі будинки, які можуть бути пошкоджені будівництвом. Будівництво нового будинку вимагає розуміння того, як розподіляється простір. Багато сучасних уявлень про будівельні конструкції виходять з цього міркування. Крім того, пріоритетним завданням для будь-якого архітектора є створення нових будинків швидше, ніж сільське населення виїжджає.

**Мета роботи:** Розробити актуальний проєкт житлового будинку з дослідженням залізобетонних конструкцій.

**Об'єктом дослідження** є уточнення моделі утворення та росту тріщин в залізобетонних конструкціях.

**Предметом дослідження** є уточнення методики симуляції зародження та росту тріщин в залізобетонних конструкціях.

**Доцільність проведення досліджень** викликана тим, що отримані уточнені результати додадуть можливість покращити методику наступних досліджень, а також підвищать точність моделювання будівель.

Відповідно до поставленої мети потрібно вирішити такі **завдання**:

1. Розробити об'ємно-планувальні рішення будівлі відповідно до заданих умов на ділянці в м. Житомир.

2. Проаналізувати данні отримані в процесі інженерних вишукувань, а саме: інженерно-геологічні умови, кліматичні умови, містопланувальні вимоги.

3. Розробити необхідний комплекс конструктивних рішень щодо усіх елементів конструкції будівлі.

4. Розробити скінченно-елементу модель будівлі.

5. Запропонувати варіант уточнення методики моделювання та симуляції зародження то росту тріщин.

6. Розробити заходи з охорони праці, техніки безпеки під час зведення будівлі.

7. Розробити план заходів при надзвичайних ситуаціях.

**Методи досліджень.** Аналітичне моделювання та симуляції зародження то росту тріщин.

**Наукова новизна.** Удосконалена методика симуляції зародження то росту тріщин в ЗБ конструкціях.

**Практичні результати роботи** можуть використовуватися для наступних досліджень пошкоджень конструкцій будівель.

**Апробація результатів роботи** проведено на XI Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій»

**Публікація результатів магістерської роботи** здійснена у збірнику тез вищезазначеної конференції.

Робота виконана згідно з тематикою науково-дослідних робіт кафедри будівельної механіки ТНТУ та державними програмами надійності і економічності будівельних виробів, матеріалів і конструкцій.

**Ключові слова:** реконструкція, тріщини, моделювання.

## РОЗДІЛ 1

### АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ

#### 1.1 Дані про район і ділянку будівництва

Запроектований будинок для спорудження в м. Житомирі, розташований на перехресті вулиць Довженка та 15-го Травня, являє собою житловий будинок з офісами на першому та другому поверхах та паркінгом у підвалі.

Територія забудови – місто Житомир, розташоване на півночі України. На півночі область межує з Білоруссю, на сході — з Київською, на півдні — з Вінницькою, на південному заході — з Хмельницькою, на заході — з Рівненською областями.

Географічні координати Житомира: 50°15 північної широти і 28°39 східної довготи. За географічними координатами можна зробити висновок, що ця територія розташована в середині помірною поясу, а зона мішаних лісів переходить у зону лісостепу.

##### 1.1.1 Коротка характеристика району та майданчику будівництва

Транспорт Житомирської області забезпечує державно-господарський комплекс області в частині перевезень вантажів і пасажирів, впливає на господарську спеціалізацію окремих регіонів, з кожним днем зростає його значення в міжнародних відносинах. Сукупність усіх видів транспорту утворює транспортний комплекс Житомирської області.

Житомирська залізниця – потужний транспортний вузол. Залізниця з'єднує Житомир (станція Житомир) з Києвом, Кишиневом, Вінницею, Рівним та іншими містами.

На залізничній лінії Фастів-Житомир щодня курсують електрички. У 2016-2020 роках планувалася електрифікація ліній Житомир-Новоград-Волинський та Коростень-Житомир-Бердичів.



Через місто проходить важлива європейська траса Київ-Чоп, а також інші другорядні дороги, що з'єднують Житомир з містами України та за кордоном.

Наразі триває реконструкція житомирського аеропорту. Його введення в експлуатацію планується найближчим часом.

### **1.1.2 Кліматичні умови**

Відповідно до ДСТУ-НБ В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» територія забудови має такі умови:

- середньорічна температура +6,8 °С;
- мінімальна температура -35 °С;
- максимальна температура +38 °С;
- середня температура найспекотнішого місяця +24,9 °С;
- середній максимум +28 °С;
- температура найхолоднішого дня -29°С;
- температура найхолодніших п'яти днів становить -25°С;
- глибина промерзання ґрунту 0,8 м;
- середньомісячна відносна вологість повітря;
- найхолодніший місяць - 83%;
- найспекотніший місяць - 53%;
- річна кількість опадів - 666 мм

### **1.1.3 Інженерно-геологічні та гідрологічні умови ділянки**

Проектування та будівництво цього проекту має нормальні геологічні умови, сейсмічна активність може досягати рівня 7, відноситься до кліматичної зони класу I, вага снігу становить 0,7 кН/м<sup>2</sup>, а вітрова зона класу III має відносно високий тиск вітру.  $p = 0,45$  кН/м<sup>2</sup>.

За даними вітрової зони району будівництва оцінюється діаграма троянди вітрів.

Таблиця 1.1-Вихідні дані для проектування троянди вітрів:

Період	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх
Зимовий	18	14	12	4	7	12	15	18
Літній	21	9	4	5	14	13	13	21

Ступінь довговічності будівлі – II.

## 1.2 Генеральний план

### 1.2.1 Обґрунтування прийнятого рішення

Будучи важливою частиною будь-якого проекту, генеральне планування є комплексним рішенням планування, будівництва та благоустрою об'єкта проектування.

Насамперед, він виконується на основі розрахунку містобудівних умов, тобто безпосередньо розташування об'єктів на території забудови.

### 1.2.2 Розпланування, забудова та організація рельєфу ділянки

Генеральний план розроблено на основі геодезичних та топографічних даних.

Рельєф місцевості відображається по горизонталі в абсолютних і відносних величинах. Висота абсолютного нуля позначена 24,210 м, що на 0,5 м більше горизонтальної лінії.

Ділянка під будівництво житлового будинку з офісами та підземним паркінгом розташована в центральній частині Житомира, на перехресті вул. Довженка та вул.15-го Травня, розміри 27×43м.

Ділянки обмежені: зі сходу вул. Довжинка; з півдня – вул. 15 травня; із заходу та півночі - існуюча житлова забудова. Місцевість рівнинна. Система висот - Балтійське море, координати - місцеві.

Генпланом передбачено вхід у двір з боку вул. 15 травня. Вхід до житлової частини будинку запроектовано з внутрішнього двору. Вхід в офіс з боку вул. Довженка та вул.15 Травня.

Ділянка дуже компактна, тому проектом зроблено лише мінімальні благоустрої території (газон навколо будівель по вул. Довженка та вул.15 Травня), враховуючи використання будинків мешканцями, в пішохідній доступності функціонує система дозвілля та паркової діяльності в центрі міста. На даній ділянці земельної ділянки не проводилось будівництво, влаштовано якісну бруківку, газон та вертикальне озеленення.

Вертикальна прив'язка є ознакою врахування існуючого рельєфу. Рельєф ділянки спокійний.

Проект передбачає максимальне збереження існуючого рельєфу. Плануванням ділянки належним чином забезпечується стік дощової води з внутрішньої подвір'я в лотки на проїжджій частині на прилеглій частині вулиці, а потім через відстійник у зливову каналізацію на розі вулиць Довженка та 15-го Травня.

На генеральному плані наноситься розмітка для проектної будівлі, над стелажми - червона (проектна) розмітка, під стелажми - чорна (наземна).

Орієнтацію будівлі щодо частини горизонту вибирали, виходячи із забезпечення найбільш сприятливих умов для природного освітлення будинку.

Архітектурний проект відповідає вимогам проекту, оскільки будівля належить до II класу вогнестійкості, стіни, перегородки та перекриття виконані з негорючих матеріалів. У разі виникнення пожежі забезпечити евакуацію людей, що знаходяться в будівлі, за допомогою евакуаційних виходів. Двері на шляхах евакуації повинні відкриватися в напрямку виходу з будівлі.

Проект передбачає максимальне збереження існуючого ландшафту під час будівництва.

Проектований житловий будинок обладнаний всіма видами інженерного обладнання: система гарячого та холодного водопостачання, електро- та газопостачання, вентиляції, опалення та зв'язку, відведення стічних вод здійснюється в закриту міську каналізацію.

Озеленення повинно бути не менше 40-45% загальної площі загального планування земельної ділянки. Площа дороги та ділянки визначається як різниця між площею ділянки та площею забудови та ландшафту.

### **1.2.3 Техніко-економічні показники по генплану**

Генплан характеризується техніко-економічними показниками.

- Площа ділянки	2.45 га
- Площа забудови	8849.3 м <sup>2</sup>
- Площа вимощення	1766.8 м <sup>2</sup>
- Площа автодоріг і транспортних площадок	3667.8 м <sup>2</sup>
- Щільність забудови	25,64 %
- Площа озеленення	9564.1 м <sup>2</sup>
- Коефіцієнт забудови	0.31
- Коефіцієнт озеленення	0,51

## **1.3 Архітектурно-планувальні рішення**

### **1.3.1 Характеристика технологічного чи функціонального процесу**

Будівля 13-поверхова. Виконана по індивідуальному проекту. Конфігурація в плані представляє собою прямокутник. Вхід здійснюється зі сторони двору.

### **1.3.2 Опис прийнятого рішення та його обґрунтування**

На першому поверсі розташовані: вхід в житлову зону з холлом, місцем охорони та санвузлом, диспетчерська з санвузлом, розподільною та службовими приміщеннями. Вхід в офіс з боку вул. У кожному кабінеті Довженка є внутрішні сходи, що ведуть на другий поверх. З 3-го по 13-й поверхи в секції знаходиться 4 трикімнатні квартири. Всі квартири мають покращене планування, кімнати просторі.

Висота поверху 3,2м. У підвалі розташовані технічні приміщення.

Забезпечується механічна припливно-витяжна вентиляція. Підвальне приміщення з постійною механічною вентиляцією.

Рівень чистої підлоги першого поверху – 0,000 як оцінка стану.

### **1.3.3 Забезпечення доступності маломобільних груп населення**

Будівля обладнана для користування маломобільними групами. Виконано пандуси в необхідних місцях, а також ліфт.

## **1.4 Опорядження будинку**

Внутрішнє оздоблення включає: оштукатурювання внутрішніх стін і перегородок, швів на поверхні плит перекриття, крім того, ретельне оштукатурювання плит перекриття, щоб всі закладні деталі після зварювання і фарбування були надійно приховані під шаром штукатурки. Після оштукатурювання стіни та перегородки пошпаклювати гіпсово-мінеральною шпаклівкою, а потім пофарбувати стіни в два шари водоемульсійною фарбою. У житлових приміщеннях слід клеїти шпалери.

Вологі приміщення, такі як ванні кімнати та кухні, облицьовані плиткою, а також сходові клітки.

Фасад оброблений декоративною штукатуркою, а потім пофарбований силіконовою сумішшю. Основу обмазують цементно-піщаним розчином і декорують натуральним гравієм на всю висоту основи.

Після остаточного завершення всіх малярно-оздоблювальних робіт на об'єкті приступають до благоустрою території, який включає: остаточне планування прилеглої території, укладання бруківки, облаштування ландшафту у вигляді посіву газону, а також посадки необхідної кількості дерев і кущів.

## **1.5 Енергоефективність**

### **1.5.1 Заходи щодо підвищення енергоефективності**

Тепловий розрахунок стіни включає наступні моменти:

1. Вибір нормативних показників мікроклімату приміщення:

- температура повітря в приміщенні  $t_{в}=18^{\circ}\text{C}$ ;
- відносна вологість повітря в приміщенні  $\phi_{в}=55\%$ ;
- стандартний перепад температур  $\Delta t_{н}=6^{\circ}\text{C}$ ;

2. Вибір нормативного значення  $R_{0tr}$  (необхідний опір теплопередачі  $[\text{м}^2\text{°C}/\text{Вт}]$  огороження в залежності від матеріалу та типу будівлі) для міста Житомира, розташованого в температурній зоні - I (згідно з картою) - схема температурних зон України). Вибираємо  $R_{0tr}=1,6 [\text{м}^2\text{°C}/\text{Вт}]$  – зовнішні стіни будинку.

3. Розрахувати загальний опір теплопередачі стінки— $R_0$ .

Для забезпечення параметрів мікроклімату в приміщенні огорожувальна конструкція повинна мати відповідні теплоізоляційні показники (не нижче необхідного значення) і задовольняти наступним нерівностям:

$$R_0 \geq R_{0tr},$$

де  $R_0 [\text{м}^2\text{°C}/\text{Вт}]$  – загальний опір теплопередачі огороження, що характеризує теплоізоляційні показники закритої конструкції, визначається за виразом:  $R_0 = R_{в} + R_{к} + R_{н} [\text{м}^2\text{°C}/\text{Вт}]$

У формулі  $R_{в}=0,114$  - опір теплопередачі внутрішньої поверхні оболонки;

$R_{н}=0,043$  - Опір теплопередачі зовнішньої поверхні оболонки;

$R_{к}$  - термічний опір корпусу.

4. Розрахувати тепловий  $R_k$  і загальний опір теплопередачі  $R_0$  для тришарової оболонки.

$$R_k = R_1 + R_2 + R_3 [\text{м}^2\text{°C}/\text{Вт}]$$

Серед них 1, 2 і 3 - кількість шарів з трьох шарів;

$R_1, R_2, R_3$  - тепловий опір кожного шару.

$$\text{або } R_k = (\delta_1/\lambda_1) + (\delta_2/\lambda_2) + (\delta_3/\lambda_3) [\text{м}^2 \text{°C} / \text{Вт}]$$

де  $\delta_1, \delta_2, \delta_3$  – товщини цих шарів, м;

$\lambda_1, \lambda_2$  і  $\lambda_3$  – коефіцієнти теплопровідності матеріалів кожного шару.

Тоді загальний опір теплопередачі тришарового корпусу визначається:

$$R_k = R_n + (\delta_1/\lambda_1) + (\delta_2/\lambda_2) + (\delta_3/\lambda_3) + R_v$$

1й шар: внутрішня штукатурка  $\delta_1=0,02\text{м}; \lambda_1=0,93 \text{ Вт/м } 0\text{С}$

2й шар: З/Б стіна  $\gamma=2500 \text{ кг/м }^3, \lambda_3 = 0,81 \text{ Вт/м } 0$

3й шар: (утеплювач) пінополістирол  $\gamma=100\text{кг/м}^3; \delta_2=0,06\text{м}; \lambda_2=0,04 \text{ Вт/м } 0\text{С}$ .

4й шар: штукатурка  $\delta_1=0,02\text{м}; \lambda_1=0,93 \text{ Вт/м } 0\text{С}$

$$R_k = 0,114 + (0,04/0,93) + (0,06/0,04) + (0,51/0,81) + 0,043 = 3,307 \text{ м}^2\text{°с/Вт}$$

$$R_0 \geq R_{0tr} 3,307 \text{ м}^2\text{°с /Вт} > 3,2 \text{ м}^2\text{°с /Вт}$$

## 1.6 Конструктивні рішення

За конструктивним планом будівля являє собою каркасну конструкцію з горизонтальними та вертикальними несучими стінами. В межах першого та другого поверхів частково зведені колони.

Облаштування внутрішніх поперечних стін і стінок сходової клітки забезпечує просторову жорсткість, з'єднаних з поздовжніми стінами міжповерховими перекриттями, які з'єднують стіни між собою і ділять їх на різновисотні рівні. Накладка схожа на монолітний жорсткий диск. Просторова жорсткість може бути досягнута також влаштуванням каркасів, утворених комбінацією колон і ригелів, а також стінок сходових кліток і ліфтових шахт. Для підвищення жорсткості всі елементи повинні бути надійно з'єднані в стиках і вузлах.

Проектом передбачається, що для фундаменту використовуються збірні залізобетонні палі перетином 500x500мм, а на вершині палі проектується цільний залізобетонний ростверк. Розрахункове навантаження на палі було прийнято на рівні 67 тонн і мало бути підтверджено природним статичним дослідженням, перш ніж паля істотно опуститься.

Відповідно до ДСТУ Б В.2.6-108:2010 стіни підземної частини запроектовані зі збірних залізобетонних блоків товщиною 500 та 400 мм, по периметру зовнішніх стін підвалу, вертикальної гідроізоляції та глиняних замків. влаштовані ззовні.

## 1.7 Інженерні мережі і обладнання

Ще до початку малярних робіт професійна корпоративна команда приступає до облаштування будинку необхідною інженерною мережею.

Водопровід - господарсько-питна вода з міської мережі, з необхідним тиском до 22 метрів на вході. Водопостачання та водовідведення будівлі централізоване. Водопостачання будівлі здійснюється енергоефективними трубами Ekoflex Thermo.

Для водовідведення використовуються багатошарові труби Nepso, а стічні води скидаються у зовнішню мережу міської мережі.

Для обліку водоспоживання будівель передбачені:

- прилади обліку води для холодного водопостачання будівель;
- прилад для вимірювання калорій.

Крім того, в кожній квартирі встановлені лічильники гарячої та холодної води.

Залежно від тиску води у системі водопостачання насосна станція працює в автоматичному режимі.

Для водопостачання санітарно-технічних приладів, спринклерів і пожежних гідрантів використовуються господарсько-питні та протипожежні водопроводи.

Опалення та гаряче водопостачання кожної квартири здійснюється за допомогою індивідуальних настінних газових конвекторів NECTRA, встановлених на кухні. Конвектор оснащений малошумним циркуляційним насосом системи опалення, вхідним водяним теплообмінником гарячого водопостачання, мембранним розширювальним баком і запобіжним клапаном. Система опалення виконана у вигляді двох рядів труб у вигляді горизонтальної петлі.

Параметр теплоносія 80-60С. Опалювальне обладнання – сталевий радіатор ПНРМО типу ВКО (нижнє підключення) з вбудованим термостатом



Труби вентиляційної системи квартирної опалення виконані з поліетиленових труб ПЕК з дифузійним захистом системи КАН-трен.

Вентиляція — припливно-витяжна, механічний привід, вентиляційні канали в санвузлах. Вентиляція підземного паркінгу припливно-витяжна, яка спрямована на розбавлення забруднюючих речовин до гранично допустимої концентрації. Встановити прилад для вимірювання концентрації СО та відповідний сигналізатор для контролю забруднюючих речовин та встановити його в місці чергування персоналу цілодобового чергування та автоматично вмикати подачу та витяжку повітря.

Місце приєднання газопроводу – газопровід середнього тиску діаметром 377 мм на перехресті вулиць Довженка та вул. 15-го Травня. Постачання природного газу здійснюється ПАТ «Житомиргаз».

Електропостачання будинку здійснюється централізовано від існуючої мережі напругою 380/220 В. Споживачами електроенергії будівель є: електроприводи ліфтів, пожежні насоси та питне водопостачання, сантехнічна вентиляція, технічні споживачі струму для офісів. Всі споживачі електричного струму будівлі живляться від ввідно-розподільного обладнання.

Ліфт — ліфтова установка складається з кабіни, підвішеної на сталевих тросах і рухається у вертикальному напрямку всередині вогнетривкої шахти. Мотогондола переміщається за допомогою електричної лебідки, розташованої всередині мотогондоли. Шахта ліфта монолітна.

### **1.8 Техніко-економічні показники будівлі**

- Будівельний	54481,7 м <sup>3</sup>
- Площа забудови	1162 м <sup>2</sup>
- Житлова площа	3122 м <sup>2</sup>
- Загальна площа	5212 м <sup>2</sup>
- Площа офісів	2101 м <sup>2</sup>
- Коефіцієнт К1 (житл. пл. /заг. пл.)	0,71
- Коефіцієнт К2 (будівельний об'єм/ житл. пл.)	5,78

## РОЗДІЛ 2

### РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

#### 2.1 Розрахункові характеристики матеріалів

##### 2.1.1 Матеріали

Таблиця 2.1 Матеріали

Назва	Тип	Модуль пружності, МПа	Коеф. Пуассона	Об'ємна вага, кН/м <sup>3</sup>	Примітка
1. Фундамент	Залізо-бетон	29300.0	0.22	24.42	C16/20, A400C,
2. Колони	Залізо-бетон	29300.0	0.22	25.32	C25/30, A500C,
3. Плити	Залізо-бетон	29300.0	0.22	25.32	C25/30, A500C,

#### 2.2 Визначення навантажень на усі конструкції

Таблиця 2.2 - Вітер

Назва	Напрямок	Коефіцієнт
Вітер 1	81°	1,03
Вітер 2	139°	1,03

Таблиця 2.3 - Вітер (параметри)

Вітрова зона	1
Тиск $W_0$	0.295 кН/м <sup>2</sup>
Тип місцевості	1
Коеф. Географічної висоти $C_{alt}$	1,03
Коеф. динамічності $C_d$	1,33
Коеф. Надійності за експлуатаційним значенням $\gamma_{fe}$	0,23

Таблиця 2.4 - Сумарні вертикальні навантаження

Постійні, кН	Довготрив., кН	Короткочас., кН
Навантаження на відмітці низу колон - 1-го пов.		
97844.0	14628.0	23417.7
Власна вага фундаментної плити і додаткове навантаження на неї		
49837.9	4585.0	6383.2

Таблиця 2.5 - Зусилля в фундаментах

№	Завантажен.	Комбін.	N(кН)	Mx(кН*м)	My(кН*м)	Rx(кН)	Ry(кН)
Фундамент Ф1 b=1.2м, S=2721.61м <sup>2</sup> , 2. фундамент, C1Min=1932.31кН/м <sup>3</sup> , C1Max=1892.58кН/м <sup>3</sup> , C1Ave=1892.31кН/м <sup>3</sup> , C2Min=18528.4кН/м <sup>2</sup> , C2Max=19518.6кН/м <sup>2</sup> , C2Ave=19518.72кН/м <sup>2</sup>							
1_1	Постійне		227764.698	36518.976	7099.934	-0.005	0.003
	Довготрив.		28942.455	-4964.508	12948.698	0.000	0.000
	Короткоч.		43157.414	-5944.314	7770.809	-0.002	0.000
	Вітер 1		0.000	3205.476	-0.146	-0.030	-267.935
	Вітер 2		0.000	735.774	747.615	59.414	-58.440
	Поєднання 1		299864.489	28815.626	27819.291	-0.035	-267.930
	Поєднання 2		337060.836	43107.672	32672.621	-0.152	-1339.664
	Поєднання 3		337060.836	11052.908	32674.053	0.138	1339.671
	Поєднання 4		337060.836	30759.156	36411.410	297.062	-292.196
	Поєднання 5		337060.836	23401.412	28935.266	-297.075	292.205

Таблиця 2.6 - Зусилля в колонах

Колона К1 b=0.4м, H=3.2м, $\mu=0.61\%$								
1	Постійне		0	-954.620	6.179	-13.652	-8.963	-18.990
			3.2	-932.597	6.179	12.296	-8.963	18.648
	Довготрив.		0	-108.623	-1.269	2.643	-3.713	-7.715
			3.2	-108.623	-1.269	-2.690	-3.713	7.874
	Короткоч.		0	-228.168	-2.588	5.279	-5.259	-11.076
			3.2	-228.168	-2.588	-5.586	-5.259	11.018
	Вітер 1		0	-0.596	-0.261	0.548	-0.024	-0.050

			3.2	-0.596	-0.261	-0.549	-0.024	0.050
	Вітер 2		0	-0.123	-0.063	0.131	-0.002	-0.002
			3.2	-0.123	-0.063	-0.131	-0.002	0.003
	Поєднання 1		0	-1292.009	2.060	-5.183	-17.957	-37.830
			3.2	-1269.986	2.060	3.473	-17.957	37.587
	Поєднання 2		0	-1457.216	0.861	-2.768	-20.741	-43.686
			3.2	-1432.986	0.861	0.849	-20.741	43.427
	Поєднання 3		0	-1451.255	3.476	-8.255	-20.505	-43.185
			3.2	-1427.025	3.476	6.342	-20.505	42.939
	Поєднання 4		0	-1454.850	1.856	-4.854	-20.630	-43.448
			3.2	-1430.621	1.856	2.937	-20.630	43.196
	Поєднання 5		0	-1453.619	2.483	-6.168	-20.619	-43.425
			3.2	-1429.392	2.483	4.254	-20.619	43.169
Колонна Ф2 b=0.4м, Н=3.2м, $\mu=0.61\%$								
6	Постійне		0	-608.685	-4.259	8.717	3.200	5.186
			3.2	-586.661	-4.259	-9.171	3.200	-8.250
	Довготрив.		0	-121.121	-0.747	1.553	1.034	1.949
			3.2	-121.121	-0.747	-1.584	1.034	-2.388
	Короткоч.		0	-174.776	-1.262	2.607	1.722	3.141
			3.2	-174.776	-1.262	-2.691	1.722	-4.085
	Вітер 1		0	0.144	-0.599	1.238	0.038	0.075
			3.2	0.144	-0.599	-1.283	0.038	-0.083
	Вітер 2		0	0.038	-0.138	0.284	0.020	0.039
			3.2	0.038	-0.138	-0.294	0.020	-0.042
	Поєднання 1		0	-904.439	-6.867	14.112	5.990	10.350
			3.2	-882.413	-6.867	-14.727	5.990	-14.805
	Поєднання 2		0	-1023.912	-10.091	20.762	7.010	12.188
			3.2	-999.684	-10.091	-21.626	7.010	-17.253
	Поєднання 3		0	-1025.346	-4.097	8.396	6.636	11.433
			3.2	-1001.120	-4.097	-8.813	6.636	-16.431
	Поєднання 4		0	-1024.442	-7.784	16.001	6.918	12.005
			3.2	-1000.215	-7.784	-16.691	6.918	-17.049
	Поєднання 5		0	-1024.815	-6.405	13.158	6.726	11.616

			3.2	-1000.589	-6.405	-13.745	6.726	-16.634
Колона К1 $b=0.4$ , $H=3.2\text{м}$ , $\mu=0.65\%$								
1	Постійне		0	-267.452	17.906	-45.251	3.587	22.766
			3.2	-168.866	17.906	29.952	3.587	7.704
	Довготрив.		0	-9.281	1.829	-0.941	1.344	-0.530
			3.2	-9.281	1.829	6.735	1.344	-6.167
	Короткоч.		0	-23.706	2.996	-2.325	1.617	-1.176
			3.2	-23.706	2.996	10.259	1.617	-7.967
	Вітер 1		0	0.230	-0.033	0.167	-0.083	-0.155
			3.2	0.230	-0.033	0.033	-0.083	0.191
	Вітер 2		0	0.056	-0.116	0.389	0.098	0.311
			3.2	0.056	-0.116	-0.098	0.098	-0.096
	Поєднання 1		0	-300.206	22.698	-48.350	6.462	20.906
			3.2	-201.620	22.698	46.976	6.462	-6.239
	Поєднання 2		0	-332.633	25.325	-52.863	7.085	22.218
			3.2	-224.184	25.325	53.496	7.085	-7.532
	Поєднання 3		0	-334.925	25.644	-54.525	7.908	23.774
			3.2	-226.478	25.644	53.181	7.908	-9.441
	Поєднання 4		0	-333.510	24.906	-51.744	7.977	24.545
			3.2	-225.062	24.906	52.856	7.977	-8.963
	Поєднання 5		0	-334.049	26.064	-55.643	7.016	21.449
			3.2	-225.600	26.064	53.823	7.016	-8.010
Колонна К2 $b=0.4\text{м}$ , $H=3.2\text{м}$ , $\mu=0.61\%$								
2	Постійне		0	-337.725	0.098	0.617	3.689	4.055
			3.2	-325.337	0.098	1.020	3.689	-11.438
	Довготрив.		0	-89.406	0.308	-0.428	0.552	0.402
			3.2	-89.406	0.308	0.860	0.552	-1.916
	Короткоч.		0	-120.407	0.464	-0.683	0.696	0.420
			3.2	-120.407	0.464	1.265	0.696	-2.502
	Вітер 1		0	-0.020	-0.188	0.396	-0.005	-0.012
			3.2	-0.020	-0.188	-0.392	-0.005	0.008
	Вітер 2		0	-0.014	-0.039	0.083	-0.002	-0.003
			3.2	-0.014	-0.039	-0.083	-0.002	0.003

	Поєднання 1		0	-547.559	0.680	-0.098	4.932	4.868
			3.2	-535.167	0.680	2.757	4.932	-15.846
	Поєднання 2		0	-623.366	0.093	1.325	5.532	5.391
			3.2	-609.738	0.093	1.718	5.532	-17.840
	Поєднання 3		0	-623.186	1.965	-2.631	5.577	5.505
			3.2	-609.555	1.965	5.630	5.577	-17.924
	Поєднання 4		0	-623.345	0.837	-0.242	5.546	5.435
			3.2	-609.717	0.837	3.267	5.546	-17.862
	Поєднання 5		0	-623.205	1.226	-1.064	5.564	5.462
			3.2	-609.578	1.226	4.080	5.564	-17.903

### 2.3 Підготовка даних для розрахунку

Розрахунок тривимірного каркасу будинку виконується в ПК «Autodesk Robot Structural Analysis Pro» версії 2022.

У програмі "Autodesk Robot Structural Analysis Pro" кожен структурний елемент формується приблизно. Тобто: колони, стіни, цілісні плити, дахи та фундаменти пов'язані з планом будівлі.

#### 2.3.1 Визначення розрахункових зусиль в перерізах конструкції

Таблиця 2.7 - Колона К1

Максимальний розрахунковий діаметр поздовжньої арматури, мм	35
Захисний шар бетону, мм	30
Прив'язка поздовжньої арматури, мм	75
Використаний сортамент арматури	12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 35

Каркас – в'язаний. Модуль зменшення кроку поперечної арматури 55 мм

## Перетин

Розміри, мм: b	400
Площа, см <sup>2</sup>	1600

Таблиця 2.8 - Відмітки

Колона	К-1 (1_1)	К-1 (2_1)	К-1 (3_1)
Висота поверху, мм	3250	3150	3150
Товщина перекриття, мм	350	350	350
Відмітки, м:			
низу колони	-3,250	0,000	+3,100
верху перекриття	0,000	+3,250	+3,350

Таблиця 2.9 - Розрахункова довжина

Колона	К-1 (1_1)	К-1 (2_1)	К-1 (3_1)
Коефіцієнти розрахункової довжини:			
m X	0.71	1.01	1.01
m Y	0.71	1.01	1.01
Розрахункова довжина, мм:			
Lo X	3,528	3150	3150
Lo Y	3,528	3150	3150
Гнучкість:			
Lo/i Y	36,28	42.40	42.70

Таблиця 2.10 - Результати МСЕ розрахунку

Колона К-1 (1_1)	N, тс	Mx, тс*м	My, тс*м	Qx, тс	Qy, тс	T, тс*м	Перет.
Постійне	135.419	-0.122	-0.570	-0.386	-0.077	0.000	1.161
	133.106	0.221	1.139	-0.386	-0.077	0.000	2.324
Довготривале	23.496	-0.017	-0.144	-0.098	-0.009	0.000	1.161
	23.496	0.029	0.287	-0.098	-0.009	0.000	2.324
Короткочасне	37.616	-0.032	-0.197	-0.134	-0.021	0.000	1.161

	37.616	0.059	0.399	-0.134	-0.021	0.000	2.324
Вітрове 1	-0.020	-0.006	0.000	0.000	-0.002	0.000	1.161
	-0.020	0.006	0.000	0.000	-0.002	0.000	2.324
Вітрове 2	-0.003	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	1.161
	-0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	2.324
Колона К-1 (2_1)	N, тс	Mx, тс*м	My, тс*м	Qx, тс	Qy, тс	T, тс*м	сеч
Постійне	98.498	-0.416	-1.830	-0.879	-0.224	0.000	1.161
	96.993	0.522	1.865	-0.879	-0.224	0.000	2.324
Довготривале	15.510	-0.050	-0.452	-0.215	-0.027	0.000	1.161
	15.510	0.063	0.449	-0.215	-0.027	0.000	2.324
Короткочасне	26.738	-0.111	-0.632	-0.302	-0.059	0.000	1.161
	26.738	0.137	0.633	-0.302	-0.059	0.000	2.324
Вітрове 1	-0.017	-0.011	0.000	0.000	-0.005	0.000	1.161
	-0.017	0.011	0.002	0.000	-0.005	0.000	2.324
Вітрове 2	-0.003	-0.002	0.000	0.000	-0.002	0.000	1.161
	-0.003	0.002	0.000	0.000	-0.002	0.000	2.324
Колонна К-1 (3_1)	N, тс	Mx, тс*м	My, тс*м	Qx, тс	Qy, тс	T, тс*м	сеч
Постійне	62.270	-0.729	-1.932	-0.930	-0.378	0.000	1.161
	60.765	0.861	1.967	-0.930	-0.378	0.000	2.324
Довготривале	7.583	-0.081	-0.477	-0.233	-0.039	0.000	1.161
	7.583	0.090	0.509	-0.233	-0.039	0.000	2.324
Короткочасне	15.972	-0.185	-0.660	-0.320	-0.096	0.000	1.161
	15.972	0.215	0.684	-0.320	-0.096	0.000	2.324
Вітрове 1	-0.011	-0.014	-0.002	0.000	-0.006	0.000	1.161
	-0.011	0.014	0.002	0.000	-0.006	0.000	2.324
Вітрове 2	-0.002	-0.002	0.000	0.000	-0.002	0.000	1.161
	-0.002	0.002	0.000	0.000	-0.002	0.000	2.324



## Коефіцієнти

Таблиця 2.11 - Надійність за категорією відповідальності 1

	Пост.	Довг.	Корот.	Вітр.	Сейсм.
Надійність	1,13	1,23	1,23	5,02	1,02
Довготривалість	1,02	1,02	1,02	1,02	0,0
Короткочасність	1,02	1,02	1,02	0,0	0,0

Враховується в розрахунку:

Автоматичне формування РПН

РПН, сформоване для випадків а, б

Таблиця 2.12 - Коефіцієнти розрахункових поєднань навантажень (РПН)

	Пост.	Длит.	Кр.вр.	Ветр.	Сейсм.
1-ше, основне	1,02	1,02	1,02	1,02	0,0
2-ге, основне	1,02	0,95	0,95	0,95	0,0
3-є, особливе	0,95	0,85	0,55	0,0	1,02

Враховується при автоматичному формуванню РПН:

Зміна напрямку вітрових та сейсмічних навантажень

Таблиця 2.13 - Розрахункове армування

Колона	К-1 (1_1)	К-1 (2_1)	К-1 (3_1)
$A_{s1}$	23.39	15.49	13.35

Поздовжня арматура, см<sup>2</sup>/м:

повна	23.39	15.49	13.35
за міцністю	23.39	15.49	13.35
Відсоток армування	3.04	2.44	2.24
Поперечна арматура, см <sup>2</sup> /м	7.5	5.5	4.5

## Конструювання поздовжньої арматури

Таблиця 2.14 - Армуння симетричне. Випуски в колону

Колона	К-1 (1_1)	К-1 (2_1)	К-1 (3_1)
Паралельно до грані	8Ø28	4Ø26	4Ø22
Всього	8Ø28	4Ø26	4Ø22
Площа арматури, см <sup>2</sup>	24,65	16,06	13,55
Відсоток армування	5,16	4,05	3,46

Таблиця 2.15 - Анкерування поздовжньої арматури

Діаметр стержня, мм	Довжина анкерів, мм	Довжина перевязки, мм	
28	560	780	

Таблиця 2.16 - Конструювання поперечної арматури

Колона	К-1 (1_1)	К-1 (2_1)	К-1 (3_1)
Зона анкерування, мм:	5Ø12	5Ø12	5Ø12
Крок	120	120	120
Прив'язка 1-го стержня	50	50	50
Зона розкладки	200	200	200
Привязка останнього	300	300	300
Основна зона, мм:	24Ø12	22Ø12	22Ø12
Крок	120	120	120
Прив'язка 1-го стержня	400	400	120
Зона розкладки	3260	3110	3110
Привязка останнього	3510	3460	3460
Додаткові, мм:	2Ø12		
Крок	75		
Прив'язка	3710		
Відстань до верх. грані	45	45	45
Площа арматури, см <sup>2</sup> /м	5,73	4,68	3,51

Режим встановлення шпильок:

відсутній

Таблиця 2.17 - Колона К2

Максимальний розрахунковий діаметр поздовжньої арматури, мм	35
Захисний шар бетону, мм	30
Прив'язка поздовжньої арматури, мм	40
Використаний сортамент арматури	12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28,35

Каркас – в'язаний. Модуль зменшення кроку поперечної арматури 55 мм

## Перетин

Розміри, мм: b	500
Площа, см <sup>2</sup>	2500

Таблиця 2.18 - Відмітки

Колона	К-2 (1_1)	К-2 (2_1)	К-2 (3_1)
Висота поверху, мм	3370	3150	3150
Товщина перекриття, мм	350	350	350

Відмітки, м:

низу колони	-3,370	0,000	+3,150
верху перекриття	0,000	+3,150	+3,300

Таблиця 2.19 - Розрахункова довжина

Колона	К-2 (1_1)	К-2 (2_1)	К-2 (3_1)
--------	-----------	-----------	-----------

Коефіцієнти розрахункової довжини:

m X	0.71	1.03	1.03
m Y	0.71	1.03	1.03

Розрахункова довжина, мм:

Lo X	3,528	3150	3150
Lo Y	3,528	3150	3150

Гнучкість:

Lo/i Y	34,38	35.30	33.30
--------	-------	-------	-------

Таблиця 2.20 - Результати МСЕ розрахунку

Колона К-2 (1_1)	N, тс	Mx, тс*м	My, тс*м	Qx, тс	Qy, тс	T, тс*м	Перет.
Постійне	142.190	-0.128	-0.599	-0.405	-0.081	0.000	1.220
	139.761	0.231	1.196	-0.405	-0.081	0.000	2.439
Довготривале	24.671	-0.018	-0.152	-0.102	-0.009	0.000	1.220
	24.671	0.030	0.302	-0.102	-0.009	0.000	2.439
Короткочасне	39.497	-0.033	-0.207	-0.140	-0.023	0.000	1.220
	39.497	0.062	0.419	-0.140	-0.023	0.000	2.439
Вітрове 1	-0.021	-0.006	0.000	0.000	-0.002	0.000	1.220
	-0.021	0.006	0.000	0.000	-0.002	0.000	2.439
Вітрове 2	-0.003	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	1.220
	-0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	2.439
Колона К-2 (2_1)	N, тс	Mx, тс*м	My, тс*м	Qx, тс	Qy, тс	T, тс*м	сеч
Постійне	103.422	-0.437	-1.922	-0.923	-0.234	0.000	1.220
	101.843	0.548	1.958	-0.923	-0.234	0.000	2.439
Довготривале	16.286	-0.053	-0.474	-0.225	-0.029	0.000	1.220
	16.286	0.066	0.471	-0.225	-0.029	0.000	2.439
Короткочасне	28.074	-0.117	-0.663	-0.317	-0.062	0.000	1.220
	28.074	0.144	0.665	-0.317	-0.062	0.000	2.439
Вітрове 1	-0.018	-0.011	0.000	0.000	-0.005	0.000	1.220
	-0.018	0.011	0.002	0.000	-0.005	0.000	2.439
Вітрове 2	-0.003	-0.002	0.000	0.000	-0.002	0.000	1.220
	-0.003	0.002	0.000	0.000	-0.002	0.000	2.439
Колонна К-2 (3_1)	N, тс	Mx, тс*м	My, тс*м	Qx, тс	Qy, тс	T, тс*м	сеч
Постійне	65.384	-0.765	-2.028	-0.977	-0.398	0.000	1.220
	63.804	0.905	2.066	-0.977	-0.398	0.000	2.439
Довготривале	7.962	-0.086	-0.501	-0.245	-0.041	0.000	1.220
	7.962	0.095	0.534	-0.245	-0.041	0.000	2.439
Короткочасне	16.770	-0.194	-0.693	-0.336	-0.101	0.000	1.220
	16.770	0.225	0.719	-0.336	-0.101	0.000	2.439

Вітрове 1	-0.011	-0.014	-0.002	0.000	-0.006	0.000	1.220
	-0.011	0.014	0.002	0.000	-0.006	0.000	2.439
Вітрове 2	-0.002	-0.002	0.000	0.000	-0.002	0.000	1.220
	-0.002	0.002	0.000	0.000	-0.002	0.000	2.439

### Коефіцієнти

Таблиця 2.21 - Надійність за категорією відповідальності 1

	Пост.	Довг.	Корот.	Вітр.	Сейсм.
Надійність	1,12	1,22	1,22	3,02	1,02
Довготривалість	1,02	1,02	1,02	1,02	0,0
Короткочасність	1,02	1,02	1,02	0,0	0,0

Враховується в розрахунку:

Автоматичне формування РПН

РПН, сформоване для випадків а, б

Таблиця 2.22 - Коефіцієнти розрахункових поєднань навантажень (РПН)

	Пост.	Длит.	Кр.вр.	Ветр.	Сейсм.
1-ше, основне	1,02	1,02	1,02	1,05	0,0
2-ге, основне	1,02	0,95	0,95	0,92	0,0
3-є, особливе	0,95	0,85	0,52	0,0	1,02

Враховується при автоматичному формуванні РПН:

Зміна напрямку вітрових та сейсмічних навантажень

Таблиця 2.23 - Розрахункове армування

Колона	К-2 (1_1)	К-2 (2_1)	К-2 (3_1)
$A_{s1}$	23.39	15.49	13.35

Поздовжня арматура, см<sup>2</sup>/м:

повна	23.39	15.49	13.35
за міцністю	23.39	15.49	13.35
Відсоток армування	4.04	2.44	1.24

Поперечна арматура, см <sup>2</sup> /м	0	0	0
---	---	---	---

### Конструювання поздовжньої арматури

Таблиця 2.24 - Армуння симетричне. Випуски в колону

Колона	К-2 (1_1)	К-2 (2_1)	К-2 (3_1)
Паралельно до грані	8Ø28	4Ø28	4Ø28
Всього	8Ø28	4Ø28	4Ø28
Площа арматури, см <sup>2</sup>	24,65	17,06	17,06
Відсоток армування	4,16	4,05	3,05

Таблиця 2.25 - Анкерування поздовжньої арматури

Діаметр стержня, мм	Довжина анкерів, мм	Довжина перевязки, мм	
28	560	780	

Таблиця 2.26 - Конструювання поперечної арматури

Колона	К-2 (1_1)	К-2 (2_1)	К-2 (3_1)
Зона анкерування, мм:	5Ø8	5Ø8	5Ø8
Крок	120	120	120
Прив'язка 1-го стержня	50	50	50
Зона розкладки	200	200	200
Привязка останнього	300	300	300
Основна зона, мм:	21Ø8	20Ø8	20Ø8
Крок	120	120	120
Прив'язка 1-го стержня	400	400	120
Зона розкладки	7260	7110	7110
Привязка останнього	7510	7460	7460
Додаткові, мм:	2Ø6		
Крок	75		
Прив'язка	3710		

Відстань до верх. грані	45	45	45
Площа арматури, см <sup>2</sup> /м	3,78	3,78	3,78

Режим встановлення шпильок:

відсутній

Таблиця 2.27 - Колона К3

Максимальний розрахунковий діаметр поздовжньої арматури, мм	35
Захисний шар бетону, мм	35
Прив'язка поздовжньої арматури, мм	45
Використаний сортамент арматури	12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 35

Каркас – в'язаний. Модуль зменшення кроку поперечної арматури 40 мм

Перетин

Розміри, мм: b	500
Площа, см <sup>2</sup>	2500

Таблиця 2.28 - Відмітки

Колона	К-3 (1_1)	К-3 (2_1)	К-3 (3_1)
Висота поверху, мм	3350	3150	3150
Товщина перекриття, мм	350	350	350

Відмітки, м:

низу колони	-7,350	0,000	+3,150
верху перекриття	0,000	+3,150	+3,350

Таблиця 2.29 - Розрахункова довжина

Колона	К-3 (1_1)	К-3 (2_1)	К-3 (3_1)
--------	-----------	-----------	-----------

Коефіцієнти розрахункової довжини:

m X	0.70	1.00	1.00
m Y	0.70	1.00	1.00

Розрахункова довжина, мм:

Lo X	3780	3350	3350
Lo Y	3780	3350	3350

Гнучкість:

Lo/i Y	34,38	35.30	35.30
--------	-------	-------	-------

Таблиця 2.30 - Результати МСЕ розрахунку

Колона К-3 (1_1)	N, тс	Mx, тс*м	My, тс*м	Qx, тс	Qy, тс	T, тс*м	Перет.
Постійне	92.423	-0.083	-0.389	-0.264	-0.053	0.000	0.792
	90.845	0.150	0.777	-0.264	-0.053	0.000	1.586
Довготривале	16.037	-0.012	-0.099	-0.066	-0.006	0.000	0.792
	16.037	0.020	0.197	-0.066	-0.006	0.000	1.586
Короткочасне	25.673	-0.021	-0.135	-0.090	-0.015	0.000	0.792
	25.673	0.041	0.272	-0.090	-0.015	0.000	1.586
Вітрове 1	-0.014	-0.005	0.000	0.000	-0.002	0.000	0.792
	-0.014	0.005	0.000	0.000	-0.002	0.000	1.586
Вітрове 2	-0.002	-0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.792
	-0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	1.586
Колона К-3 (2_1)	N, тс	Mx, тс*м	My, тс*м	Qx, тс	Qy, тс	T, тс*м	сеч
Постійне	67.224	-0.284	-1.250	-0.600	-0.152	0.000	0.792
	66.198	0.356	1.272	-0.600	-0.152	0.000	1.586
Довготривале	10.586	-0.035	-0.308	-0.147	-0.018	0.000	0.792
	10.586	0.044	0.306	-0.147	-0.018	0.000	1.586
Короткочасне	18.248	-0.077	-0.431	-0.206	-0.041	0.000	0.792
	18.248	0.093	0.432	-0.206	-0.041	0.000	1.586
Вітрове 1	-0.012	-0.008	0.000	0.000	-0.003	0.000	0.792
	-0.012	0.008	0.002	0.000	-0.003	0.000	1.586
Вітрове 2	-0.002	-0.002	0.000	0.000	-0.002	0.000	0.792
	-0.002	0.002	0.000	0.000	-0.002	0.000	1.586
Колонна К-3 (3_1)	N, тс	Mx, тс*м	My, тс*м	Qx, тс	Qy, тс	T, тс*м	сеч
Постійне	42.500	-0.498	-1.319	-0.635	-0.258	0.000	0.792



	41.472	0.588	1.343	-0.635	-0.258	0.000	1.586
Довготривале	5.175	-0.056	-0.326	-0.159	-0.027	0.000	0.792
	5.175	0.062	0.347	-0.159	-0.027	0.000	1.586
Короткочасне	10.901	-0.126	-0.450	-0.219	-0.066	0.000	0.792
	10.901	0.147	0.467	-0.219	-0.066	0.000	1.586
Вітрове 1	-0.008	-0.009	-0.002	0.000	-0.005	0.000	0.792
	-0.008	0.009	0.002	0.000	-0.005	0.000	1.586
Вітрове 2	-0.002	-0.002	0.000	0.000	-0.002	0.000	0.792
	-0.002	0.002	0.000	0.000	-0.002	0.000	1.586

### Коефіцієнти

Таблиця 2.31 - Надійність за категорією відповідальності 1

	Пост.	Довг.	Корот.	Вітр.	Сейсм.
Надійність	1,10	1,20	1,20	4,00	1,03
Довготривалість	1,03	1,03	1,03	1,03	0,0
Короткочасність	1,03	1,03	1,03	0,0	0,0

Враховується в розрахунку:

Автоматичне формування РПН

РПН, сформоване для випадків а, б

Таблиця 2.32 - Коефіцієнти розрахункових поєднань навантажень (РПН)

	Пост.	Длит.	Кр.вр.	Ветр.	Сейсм.
1-ше, основне	1,03	1,03	1,03	1,03	0,0
2-ге, основне	1,03	0,93	0,93	0,93	0,0
3-є, особливе	0,93	0,83	0,53	0,0	1,03

Враховується при автоматичному формуванні РПН:

Зміна напрямку вітрових та сейсмічних навантажень

Таблиця 2.33 - Розрахункове армування

Колона	К-3 (1_1)	К-3 (2_1)	К-3 (3_1)
$A_{s1}$	16.39	7.47	4.34
Поздовжня арматура, см <sup>2</sup> /м:			
повна	6.39	7.47	4.34
за міцністю	6.39	7.47	4.34
Відсоток армування	1.04	1.44	4.34
Поперечна арматура, см <sup>2</sup> /м	0	0	0

## Конструювання поздовжньої арматури

Таблиця 2.34 - Армування симетричне. Випуски в колону

Колона	К-3 (1_1)	К-3 (2_1)	К-3 (3_1)
Паралельно до грані	8Ø12	4Ø12	4Ø12
Всього	8Ø12	4Ø12	4Ø12
Площа арматури, см <sup>2</sup>	10,65	5,06	5,06
Відсоток армування	1,16	1,05	1,05

Таблиця 2.35 - Анкерування поздовжньої арматури

Діаметр стержня, мм	Довжина анкерів, мм	Довжина перевязки, мм
12	240	480

Таблиця 2.36 - Конструювання поперечної арматури

Колона	К-3 (1_1)	К-3 (2_1)	К-3 (3_1)
Зона анкерування, мм:	10Ø6	10Ø6	10Ø6
Крок	150	150	150
Прив'язка 1-го стержня	50	50	50
Зона розкладки	200	200	200
Привязка останнього	300	300	300
Основна зона, мм:	12Ø6	10Ø6	10Ø6
Крок	120	120	120
Прив'язка 1-го стержня	400	400	120
Зона розкладки	3260	3110	3110

Привязка останнього	3510	3460	3460
Додаткові, мм:	2Ø8		
Крок	75		
Прив'язка	3710		
Відстань до верх. грані	45	45	45
Площа арматури, см <sup>2</sup> /м	1,78	1,78	1,78

Режим встановлення шпильок:  
відсутній

## 2.4 Розрахунок фундаментів

Грунтова основа нижнього шару супіски, тонкий шар, пил, прошарові суглинки.

З урахуванням всіх властивостей ґрунту товщина фундаментної плити становить 650 мм. Плити перекриття виготовлені з бетону С16/20, армованого сталевими прутками А400С.

Таблиця 2.37 - Характеристики матеріалів

Клас бетону	С16/20
Вид бетону	- важкий
Розрахунковий опір на стиск	12474
Модуль пружності бетону	$2.63 \cdot 10^7$
Клас поздовжньої арматури (паралельно осі Х)	А400С
Розрахунковий опір поздовжньої арматури на розтяг	345755
Модуль пружності арматури	$2.06 \cdot 10^8$
Клас поздовжньої арматури (в паралельно осі Y)	А400С
Розрахунковий опір поздовжньої арматури на розтяг	367535
Модуль пружності арматури	$2.04 \cdot 10^8$
Клас поперечної арматури	А400С
Розрахунковий опір поперечної арматури на розтяг	147723

Модуль пружності арматури	2.04*10 <sup>8</sup>
Об'ємна вага	24.657
Жорсткість пружної основи ґрунту на стиск:	1879.36
Жорсткість пружної основи ґрунту на зсув:	18783.6
Відстань до центрів тяжіння арматури:	
від нижньої грані	7,15
від верхньої грані	7,15

Таблиця 2.38 - Характеристики матеріалів

№ вузла	X (см)	Y (см)	Переміщення Z (мм)	№ вузла	X (см)	Y (см)	Переміщення Z (мм)
2	5144.12	4320.12	-65.23	613.25	157.76	1931.71	-31.64

Таблиця 2.39 - Поєднання зусиль (екстремуми)

№ тр.	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>xy</sub>	Q <sub>x</sub>	Q <sub>y</sub>	R
2695	531.56	495.89	5.34	-605.76	262.76	-23.77
5338	515.30	508.53	-4.89	625.41	166.70	-5.92
6267	155.47	-156.29	169.40	114.59	180.03	-17.88
2537	423.99	413.75	-12.70	1302.04	171.16	-5.31
6257	321.85	-144.14	0.76	414.24	1358.32	-17.66
750	33.99	16.92	-0.06	3.79	36.76	-31.88

Таблиця 2.40 - Армуння (екстремуми)

№ тр.	X <sub>c</sub> (см)	Y <sub>c</sub> (см)	кут	A <sub>X</sub> низ (см)	A <sub>Y</sub> низ (см)	A <sub>X</sub> верх (см)	A <sub>Y</sub> верх (см)	A <sub>X</sub> поп. (см)	A <sub>Y</sub> поп. (см)
2696	3611.63	1374.54	0.00	27.45	25.74	3.47	2696	3611.63	1374.54
5318	4422.72	2764.68	0.00	26.54	26.09	3.47	5318	4422.72	2764.68
3876	20.02	2185.39	0.00	3.47	3.47	14.90	3876	20.02	2185.39
6580	2858.64	3865.29	0.00	3.47	3.47	6.13	6580	2858.64	3865.29
2538	657.29	2069.55	0.00	21.94	21.44	3.47	2538	657.29	2069.55
6257	615.29	3519.06	0.00	16.24	3.47	3.47	6257	615.29	3519.06

## РОЗДІЛ 3

### НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1 Постановка задач дослідження

У традиційному сейсмічному проектуванні використовуються показники деформації, такі як переміщення підлоги або коефіцієнти пластичності. Розробка програми проектування ґрунтується на неявному припущенні, що ці показники обґрунтовано відображають тяжкість сейсмічного пошкодження конструкції. Однак цього припущення не завжди достатньо, оскільки кожен елемент конструкції може бути пошкоджений по-різному, навіть якщо будівля піддається однаковому ступеню деформації. Останні досягнення в залізобетонні (RC) нелінійного методу кінцевих елементів (FEM) дозволили передбачити зростання тріщини та максимальну ширину тріщини. З іншого боку, будівельні норми переходять до проектування, заснованого на продуктивності, де необхідно оцінювати міцність відновлення та пошкодження конструкції. Тому ширина тріщини стає можливим критерієм проектування на додаток до традиційного індексу деформації.

Нелінійна кінцево-елементна формулювання RC поділяється на модель дискретної тріщини та модель дифузної тріщини. З точки зору оцінки ширини тріщини модель розмазаної тріщини далі поділяється на метод смуг тріщин і метод ковзання зчеплення. Перший оцінює ширину тріщини з енергетичних еквівалентів у напівлокальних зонах руйнування (зони тріщин), тоді як другий розраховує ковзання зчеплення вздовж арматури класичним способом. Обидва методи можна звести до спрощеного методу, щоб ширину тріщини можна було оцінити шляхом множення базової деформації розтягування бетону на деяку ефективну довжину. Наприклад, в алгоритмах на основі злому ефективна довжина задається як функція максимального розміру сукупності. Векцію, з іншого боку, приймає задану функцію відстані між тріщинами як ефективну довжину. Функція відстані між тріщинами визначається з положення арматури, яке спочатку було визначено СЕВ-FIP. Метод смуги тріщин може обґрунтовано оцінити поведінку розтріскування легкого

залізобетону або звичайного бетону, тоді як метод ковзання зв'язку може ефективно передбачити відстань між тріщинами відносно важкого залізобетону.

У цій роботі розглядаються методи оцінки тріщин у контексті нечітких моделей тріщин, які дозволяють отримати дискретні моделі тріщин. У цій роботі для оцінки ширини тріщини замість методу смуг тріщин використовувався метод ковзання. Замість використання фіксованого інтервалу між тріщинами процес безпосередньо розраховує ковзання зчеплення та, таким чином, явно обчислює ширину тріщини.

На додаток до спрощення з використанням відстані між тріщинами як ефективною довжини, зв'язки ковзання зазвичай розраховуються в кінцево-елементному аналізі шляхом накладання елементів розділу між арматурою та бетоном. У більш складному алгоритмі кінцевих елементів, розробленому Барзегаром і Маддіпуді, автоматично генеруються вбудовані елементи посилення, пов'язані з ковзними вузлами. Алгоритм Барзегара чітко обчислює ширину тріщини, хоча накладені зв'язані вузли трохи збільшують обчислення.

Одним із недоліків підходу з розмазаними тріщинами може бути складність візуалізації реалістичних візерунків тріщин. На практиці, при використанні цього підходу, центроїд кожної площини тріщини розташований у точці вибірки (тобто гаусовій точці інтегрування) елемента. Розрахований малюнок розмазаних тріщин зазвичай відрізняється від фактичного, який є групою суцільних площин тріщин. Ця невідповідність іноді викликає плутане визнання у інженерів і конструкторів. У цьому відношенні підхід до дискретних тріщин, очевидно, має перевагу в тому, що можна отримати більш реалістичні моделі тріщин. Проте моделі тріщин, що надаються дискретною моделлю тріщин, сильно залежать від меж елементів. Ingraffea та Saouma розробили автоматичну процедуру перемішування для оцінки точних напрямків розтріскування. Але виникло занепокоєння, що безперервне перемішування може порушити аналітичну топологію. де Борст та ін. розробив «метод когезійних сегментів», який підвищує ступінь свободи, накладаючи додаткові вузли до кожного тріщинного елемента. Цей метод успішно локалізував

деформацію через розтріскування в алгоритмі розмазаної тріщини, але метод не був включений у підхід зчеплення. Але є побоювання, що постійне змішування може порушити топологію аналізу. «Методі когезійного сегмента» був розроблений для збільшення ступенів свободи шляхом накладання додаткових вузлів на кожен елемент тріщини. Цей метод успішно визначає деформацію через тріщину в алгоритмі мазка тріщини, але цей метод не включено в сполучений метод.

Автори розробляють двовимірну чисельну процедуру в контексті методу мастильних тріщин, яка перерозподіляє напруги внаслідок утворення тріщин. Процес автоматично визначає безперервність армування в моделі кінцевих елементів. На кожному етапі розраховується з'єднання сталі і бетону з однією або кількома тріщинами. Цей процес не накладає додаткових вузлів для розрахунку ковзання зв'язку. Розрахунок ковзання виконується вибіркою по довжині арматури (приблизно 10 мм). Замість фіксованої кривої деформаційного зміцнення явище зміцнення під напругою в ЗБК розраховується безпосередньо.

У цій роботі розширено процедуру 3D аналізу. За удосконаленою схемою перегруповано положення досліджуваних берегів тріщин. Таким чином, процедура забезпечує дискретну безперервну орієнтацію тріщини та елементи нескінченної моделі тріщини, а також точні прогнози ширини тріщини. Перевірка цієї процедури була досліджена лише для бетонних елементів з коефіцієнтом армування 0,1% або більше, хоча концептуально вона застосовна до простого або менш армованого бетону.

### **3.2 Методика дослідження**

Розтріскування бетону призводить до ковзання клею через тріщину вздовж арматури. На рисунку 3.1(а) показана ситуація навколо тріщини, яка з'являється в довільному місці на RV компонента, що піддається навантаженню на зсув і згин. Довжина, на якій відбувається ковзання зв'язку, визначається як чиста довжина зв'язку  $l_{nb}$ . Чисті довжини зв'язків охоплюють кілька елементів сітки і часто використовуються для поелементного аналізу. Наприклад, на малюнку 3.1(а),

сумарна довжина зв'язку  $l_{nb}(x)$  смуги в напрямку  $x$  охоплює чотири елементи (елементи 1, 2, 3 і 4), тоді як  $l_{nb}(y)$  охоплює два елементи в  $y$  напрямку (елементи 1 і 5). Чисельні процедури повинні вибирати ті суміжні елементи, які містять безперервні смуги. Запропонована процедура включає процедуру попередньої обробки для автоматичної ідентифікації елементів, де відбуваються з'єднання, і збереження інформації про безперервність армування. Програма оцінює компоненти панелі в суміжних елементах як "безперервні", якщо виконуються такі умови:

1. Діаметри брусків збігаються.
2. Крива текучості та модуль пружності злитка збігаються.
3. Різниця в орієнтації між сусідніми смугами становить менше  $5^\circ$ .

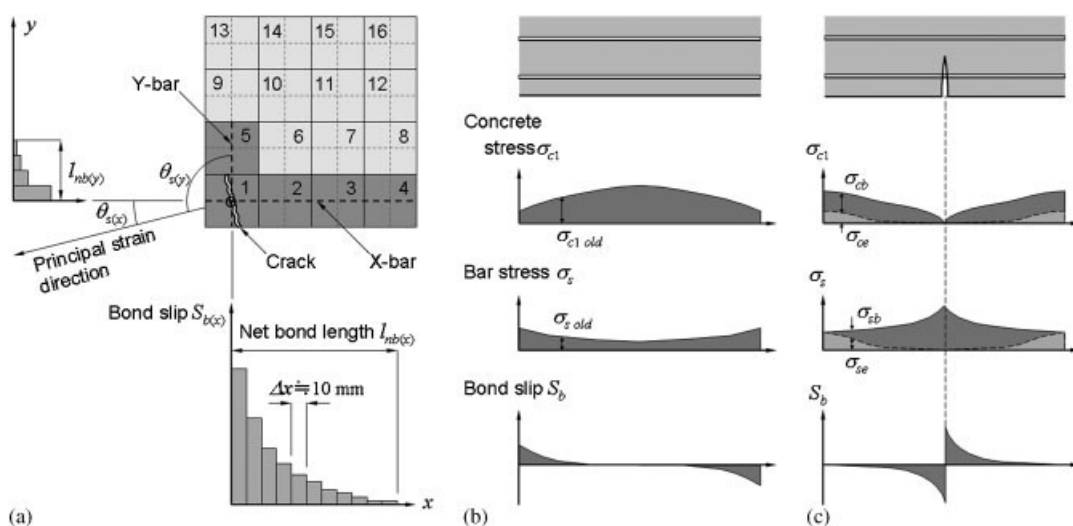


Рис. 3.1. Процес перерозподілу напружень: (а) напружений перерозподілений елемент, (б) напруження перед розтріскуванням і ковзанням, (в) напруження після розтріскування і ковзання.

Звичайні програми кінцевих елементів на основі мазків тріщин оцінюють утворення тріщин у кількох елементах одночасно на кожному кроці. Запропонована процедура також оцінює одну або більше тріщин на кожному кроці, але не одночасно. Процес починається з пошуку елемента без тріщин, на якому буде розвиватися максимальна головна деформація бетону при розтягуванні. Потім оцінку утворення тріщин і перерозподілу напруги повторювали в порядку основних деформацій розтягування бетону. Тому існує стільки перерозподілів,



скільки нових розкладених елементів. Це не означає, що перерозподіл обмежується новими тріщинами, але також стосується клітин із ковзанням зв'язку, викликаним відповідними новими тріщинами. Напруга розтягу перерозподіленого бетону є сумою залишкової напруги  $\sigma_{ce}$  після розтріскування та напруги  $\sigma_{cb}$ , що відновлюється під дією в'язучого (рис. 3.1(b) і (c)):

$$\sigma_{cl} = \sigma_{ce} + \sigma_{cb} \quad (1)$$

Подібним чином, перерозподілене напруження арматури є сумою залишкового напруження  $\sigma_{se}$  та нового викликаного напруження  $\sigma_{sb}$  (рис. 3.1(b) і (c)):

$$\sigma_s = \sigma_{se} + \sigma_{sb} \quad (2)$$

На малюнку 3.2(a) схематично показано розподіл напруги перпендикулярно до тріщини на основі пружного кінцево-елементного аналізу натягнутої струни. Аналіз проводився за двома параметрами: (1) коефіцієнт глибини тріщини  $rcr/g$  (1/12, 4/12, 6/12 і 9/12) і (2) коефіцієнт підсилення (0, 0,5, 1 і 8). %. Розм'якшення при розтягуванні було пропущено під час розкриття тріснутої поверхні, оскільки аналіз зразка в Розділі 3 розглядав зразки ЗБ з відносно великою кількістю посилень. Результати аналізу показують, що збільшення напруги розтягу  $\sigma_{ce}$ , викликане концентрацією напружень, становить у середньому близько  $0,5\sigma_{cr}$ , а його розмах приблизно дорівнює довжині тріщини  $a$ . Довжина кінцевого елемента збігається з довжиною тріщини  $a$ , а довжина сусідніх елементів практично дорівнює  $a$  у звичайній кінцево-елементній сітці. Тому до елемента з одного боку тріщини додається розтягуюча напруга  $0,5\sigma_{cr}$  (рис. 3.2(b)):

$$\sigma_{ce} = 0,5\sigma_{cr} \quad (\text{для елемента, розташованого збоку від тріщини}) \quad (3)$$

Постпроцесор зміщує центроїд площини тріщини, щоб візуалізувати безперервність серії тріщин. Тріщини переміщуються лише тоді, коли виникає концентроване напруження, визначене рівнянням (3). Координати точки відбору (тобто точки інтегрування Гауса) блоку зберігання. Іншими словами, зміщення нової тріщини вказує на те, що тріщина була ініційована концентрованим напругою навколо сусідньої старої тріщини.

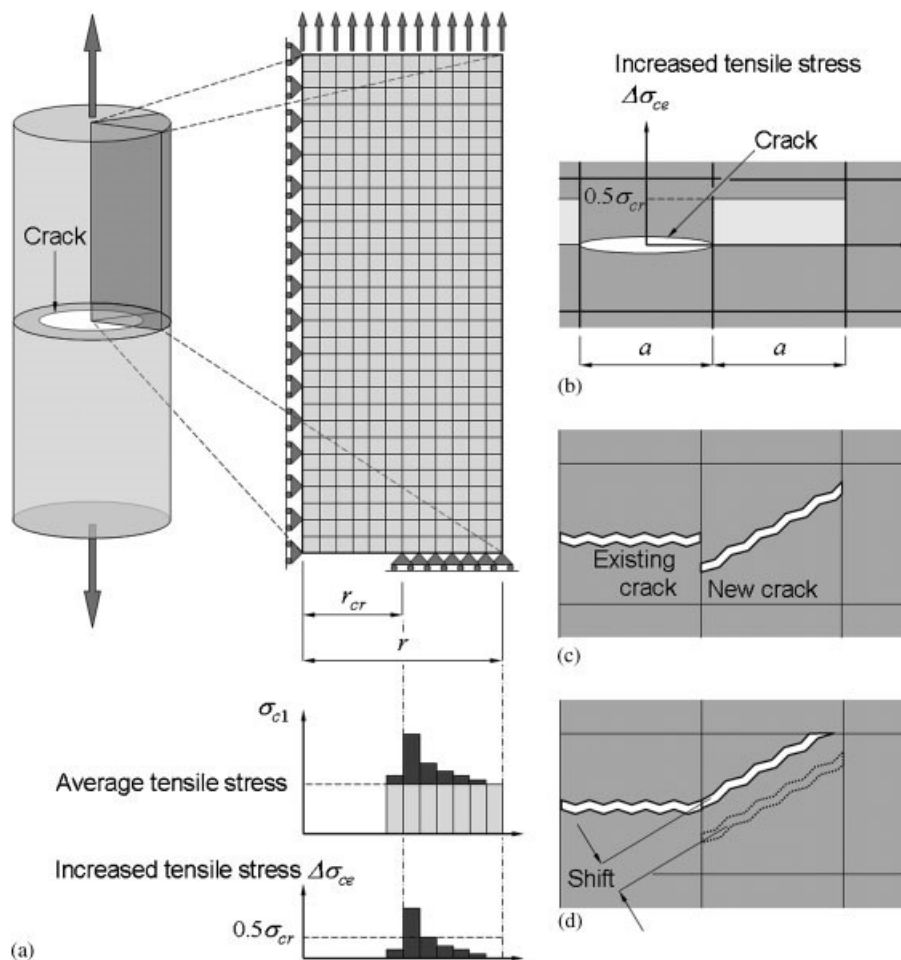


Рис. 3.2. Моделювання тріщин: (а) пружний кінцево-елементний аналіз натягнутих струн; (б) додана апроксимація напруги; (в) розрив між існуючими та новими тріщинами; (г) зміщення нових місць тріщин.

Це рівняння (4) дає напруги в бетоні, спричинені ковзанням зв'язку вздовж арматури

$$\sigma_{cb \text{ new}} = - \int_0^{l_{nb}} \frac{4\rho\tau_b \cos^2 \theta_s}{d_b} dx \quad (4)$$

Де  $d_b$  — діаметр стержня; вздовж осі  $x$  сталевго стержня ( $x = 0$  у місці тріщини); коефіцієнт зміцнення;  $s$  — кут між напрямком основної деформації розтягу та віссю стержня;  $b$  — напруга з'єднання.

Розрахунки дискретизації, виражені рівняннями (5) і (6), дають ковзання зв'язку  $S_b$ :

$$dS_b/dx]_{k+1} = [dS_b/dx]_k + \Delta x \tau_b / (E_s d_b) \quad (5)$$

$$S_{b,k+1} = S_{b,k} + \Delta x [dS_b/dx]_k \quad (6)$$

де нижній індекс  $k$  позначає дискретизовану частину вздовж осі  $x$ , а  $E_s$  – модуль пружності стрижня. Розрахунок починається з тріщини ( $x = 0$ ) і продовжується на окремих довжинах приблизно 10 мм. При розрахунку відстань між сусідніми елементами необхідно дискретизувати як мінімум на дві частини. У аналізі зразка, представленою в розділі 3, використовувався розмір елемента щонайменше 25 мм. Таким чином, довжина вибірки повинна бути меншою за 12,5 мм. Якщо використовується більш дрібна сітка, потрібні менші довжини, але такі дрібні сітки рідко використовуються в кінцевих елементах на основі нечітких тріщин. Відстань між сусідніми комірками ділиться на парну кількість дискретизованих ділянок постійної довжини, найближчих до 10 мм. Наприклад, якщо відстань між елементами 66 мм, довжина вибірки  $66 \text{ мм} / 2 / 2 = 8,25 \text{ мм}$ . Якщо 38 мм, то  $38 \text{ мм} / 2 / 2 = 9,5 \text{ мм}$ . Розрахунок припиняється, коли ковзання  $S_b$  становить менше 10-6 мм, а відстань від цієї точки до тріщини визначається як чиста довжина зв'язку  $l_{nb}$ . Наступне рівняння визначає залежність між деформацією стрижня  $s$ , деформацією бетону  $s$  уздовж стрижня та ковзанням  $S_b$ :

$$dS_b/dx = \varepsilon_s - \varepsilon_c \quad (7)$$

Наступне рівняння показує залежність між шириною тріщини та ковзанням зчеплення:

$$w_{cr} = S_{b1} + S_{b2} \quad (8)$$

де  $S_{b1}$  і  $S_{b2}$  – ковзання зв'язку на лівій і правій поверхнях тріщини відповідно. Якщо крізь тріщину проходить більше одного стрижня, вважається, що ковзає вузол із найбільшим сумарним опором. Цей компонент вибирається з використанням коефіцієнта опору зв'язку  $C_B$ , який визначається в наступному рівнянні:

$$C_B = \cos^2 \theta_s \rho E_s / d_b \quad (\text{Н/мм}^3) \quad (9)$$

Коефіцієнт  $C_B$  опосередковано представляє максимально можливу силу розтягування вздовж опору зв'язку відповідної арматури. Міцність визначається за формулою  $\cos 2\theta_s \rho t_{bm} l_{nb} / (4d_b)$ , де  $t_{bm}$  є середнім напруженням з'єднання вздовж загальної довжини з'єднання  $l_{nb}$ . Попередня експериментальна робота авторів [12]

показала, що  $\ln b$  зростає зі збільшенням жорсткості арматури. Цю силу можна порівняти за величиною  $\cos 2\theta s E_s / db$ , якщо врахувати, що  $\ln b$  збільшується пропорційно модулю пружності  $E_s$  арматури в діапазоні  $E_s = 184$  МПа до 245 МПа, і якщо вважати  $t_{bm}$  однаковим для всієї арматури.

Цикл перерозподілу напруги повторюється з використанням наведеного вище рівняння, доки не буде задоволено баланс сил і сумісність деформацій.

Обидва рівняння 10 і 11 вимірюють напругу з'єднання та тертя, спричинені ковзанням уздовж армованого сталевго стрижня:

$$\tau_b = 2f'_t e \frac{\ln[(e-1)S_b/S_{by} + 1]}{(e-1)S_b/S_{by} + 1} \quad (10)$$

$$S_{by} = f'_t / k_b \quad (\text{mm}) \quad (11)$$

де  $k_b$  — емпірична константа = 7,7 Н/мм<sup>3</sup>;  $S_b$  — ковзання,  $S_{by}$  — ковзання, що відповідає максимальному напруженню зв'язку;  $f'_t$  — міцність бетону на розрив.

Жорсткість на зсув,  $G_{cr}$ , бетону з тріщинами наведена в роботі Аль Махайді. Однак ця жорсткість відкалібрована за програмою кінцевих елементів на основі розмазування тріщин і не сумісна із запропонованою процедурою. Наступне рівняння змінює жорсткість на зсув тріснутого елемента, щоб визначити деформацію зсуву:

$$G'_{cr} = \frac{\varepsilon_n \sqrt[3]{V_{elm}}}{w_{cr}} G_{cr} \quad (12)$$

де  $G_{cr}$  — початкова жорсткість на зсув елемента з тріщиною на основі роботи Аль-Махайді;  $n$  — деформація, перпендикулярна до тріщини;  $V_{elm}$  — об'єм елемента;  $w_{cr}$  — ширина тріщини.

Рівняння (12) зменшує жорсткість до зсуву на величину, яка приблизно дорівнює відношенню розміру елемента до сумарної довжини з'єднання  $\ln b$ . Це зменшення має на меті локалізувати деформацію шляхом концентрації деформації зсуву вздовж загальної довжини зв'язку у відповідному зламаному елементі.

### 3.3 Результати дослідження

Запропонована процедура реалізована в нелінійній кінцево-елементній програмі FINAL. У цьому розділі представлено приклад тривимірного статичного аналізу шестиколонної балки з трьох колонок, що піддається монотонному зсуву та вигину. Основні деталі цих тестів показано на рисунку 3-9 і в таблиці 3.1. Поперечний переріз зразків C4s-3-00, C4s-3-15 та C4s-3-30 становить 470 мм × 470 мм з розмахом 1410 мм. Зразки піддавалися осьовим зусиллям різної пропорції 0,0, 0,15 або 0,30. Зразки S0, S1, S4F, L0, L1 і L4F мають поперечні перерізи від 200 мм × 300 мм до 200 мм × 600 мм і проміжки від 900 до 1800 мм. Одна восьма частина кожного зразка була змодельована з використанням симетричних і антисиметричних умов навантаження. Сітка складається з гексаедричних суцільних елементів із вісьмома вузлами з вісьмома точками інтеграції Гауса та 24 ступенями свободи.

Таблиця 3.1. Властивості матеріалів аналізованих зразків.

Матеріал	Властивість	Одиниці	C4s-3-00	L0	S0
			C4s-3-15	L1	S1
			C4s-3-30	L4F	S4F
Бетон	Міцність на стиск $f_c$	MPa	36.4	35.5	30.6 (S0, S1) 35.5 (S4F)
	Міцність на розрив $f_t$	MPa	2.9	2.9	2.9
	Strain at peak $\epsilon_c$	$\times 10^{-6}$	2716	2745	2568 (S0, S1) 2745 (S4F)
Поздовжня арматура	Кількість в 1му шарі		4	4	4
	Кількість в 2му шарі		2	2	0
	Діаметр стержня $d_b$	mm	25	16	16
	Міцність $f_y$	MPa	951	796	796
	Модуль пружності $E_s$	GPa	184	186	186
Хомут	Співвідношення площ поперечного перерізу $\rho_w$ Діаметр стержня $d_{bw}$	% mm	0.43 10	0.27 (L0, L4F) 0.57 (L1) 6	0.26 (S0, S4F) 0.57 (S1) 6
	Міцність $f_{yw}$	MPa	362	302	302
	Модуль пружності $E_{sw}$	GPa	193	189	189
FRP	Cross-sectional area ratio $\rho_F$ Thickness $f_F$ Rupture stress $f_{Fu}$	% mm MPa		0.11 (L4F) 0.17 3117	0.11 (S4F) 0.17 3117
	Elastic modulus $E_F$	GPa		245	245

Щоб зменшити обчислення, жорсткість кожного елемента оцінюється лише в центроїді елемента. Таким чином, як показано на рисунку 3.2(c), (d), одиниця центроїда також оцінюється щодо розтріскування. Поздовжня арматура, поперечна арматура та FRP моделюються двовузловими кроквяними елементами. З іншого боку, арматура в подовженнях з обох боків прольоту моделюється за допомогою промазуваної арматури, вбудованої в гексагональний масив. Зразки C4c-3-00, C4c-3-15 і C4c-3-30 навантажували з контролем переміщення, а кут повороту збільшували на  $1,6 \times 10^{-4}$ . Тут кут повороту  $R$  визначається як відносне зміщення між верхньою та нижньою частинами колони (або правою та лівою сторонами балки), видаленими на довжину прольоту. Збільшення кута повороту становить  $0,9 \times 10^{-4}$  для зразків L0, L1 і L4F і  $2,5 \times 10^{-4}$  для зразків S0, S1 і S4F. Таблиця I підсумовує властивості матеріалу. У таблиці наведено конститутивні моделі, використані в аналізі. Для зразків S4F і L4F листи вуглецевого волокна були обгорнуті. Коефіцієнт площі поперечного перерізу листа склав 0,11%. Криві напруги-ковзання між плитою та бетоном для зразків L4F та S4F були визначені за наступним рівнянням:

$$\tau_b = \tau_{by} S_b / S_{by} \quad (\text{для } 0 \leq S_b < S_{by}) \quad (13)$$

$$\tau_b = \tau_{by} - \tau_{by} (S_b - S_{by}) / (S_{bu} - S_{by}) \quad (\text{for } S_{by} \leq S_b < S_{bu}) \quad (14)$$

$$\tau_b = 0 \quad (\text{for } S_{bu} \leq S_b) \quad (15)$$

де  $\tau_{by} = 6.21$  МПа;  $S_{by} = 0.053$  mm; та  $S_{bu} = 1.71$  mm.

Для кожного зразка було виконано чотири випадки аналізу з використанням двох параметрів: (1) аналіз із/без перерозподілу та (2) щільність сітки (дрібна сітка/груба сітка). Загальна кількість ступенів свободи коливається від мінімуму 1642 до максимуму 17750. Для аналізу з перерозподілом поведінка після тріщини вважалася обмеженням розтягування, тоді як для аналізу без перерозподілу використовувалась модель зміцнення на розрив Ідзумо.

На рисунку 3.3 показана проаналізована структура тріщини зразка C4s-3-00 при куті повороту 0,50% з використанням грубої сітки. Картина тріщин моделі однієї восьмої (рис. 3.3(b)) була відтворена симетрично до решти семи восьмих і

візуалізована як монтаж сполучених градієнтів на армуванні. Аналіз без перерозподілу створює неоднозначні тріщини в загальних областях, тоді як аналіз із перерозподілом створює дискретні моделі тріщин. На рисунку 3.4 порівнюються перерозподілені структури тріщин біля поверхні бетону між аналізом дрібної сітки та аналізом грубої сітки для зразків C4s3-00, C4s-3-15 та C4s-3-30. Товщина лінії тріщини градується по ширині через кожні 0,5 мм. Аналіз добре імітує зростання тріщини під впливом змінної осьової сили, при цьому тріщина стає крутішою, коли осьова сила стає більшою. Однак, оскільки сітка кінцевих елементів стає дрібнішою, площа без тріщин має тенденцію до зменшення. Цей результат вказує на те, що залежності від сітки не повністю усунені.

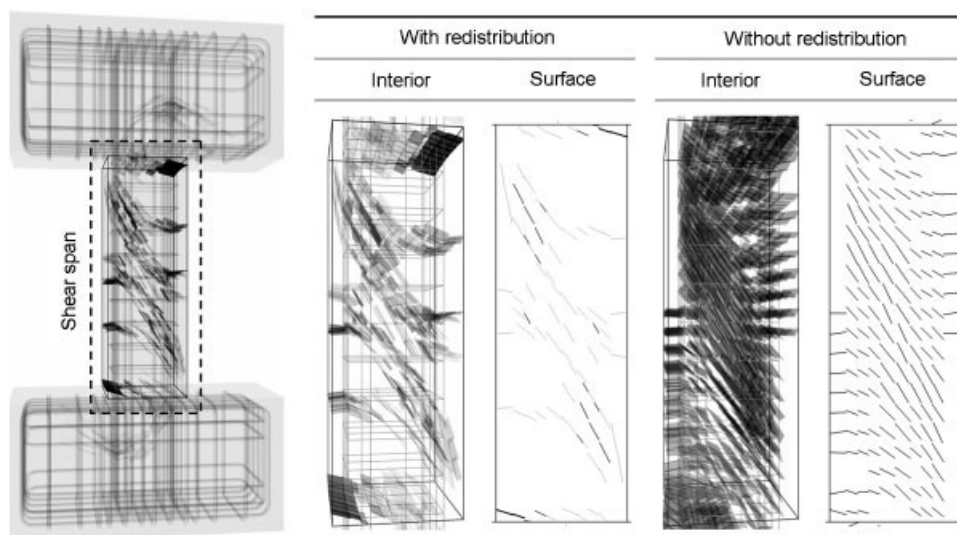


Рис. 3.3. Результати аналізу тріщин зразка C4s-3-00 (крупна сітка,  $R=0,5\%$ ).

На малюнку 3.5(a) показано залежність сили зсуву від кута повороту для аналізованих зразків C4s-3-00, C4s-3-15 та C4s-3-30. Цей аналіз переоцінив максимальну силу зсуву на 9-37%. Існувала різниця у співвідношенні сили зсуву та кута повороту між аналізами з перерозподілом і без нього. Ці відмінності в основному зумовлені різними властивостями розтягування та жорсткості. На малюнку 3.5(c) порівнюються властивості міцності на розтяг (тобто співвідношення між основним напруженням розтягування бетону та деформацією) елемента, у якому розвинулася тріщина з найбільшою шириною. Суцільні лінії представляють проаналізовані співвідношення, розраховані безпосередньо за

запропонованою процедурою, а пунктирні лінії представляють модель Ідзумо, використану в аналізі без повторного призначення. Порівняно з моделлю Ідзумо, криві, отримані в результаті аналізу перерозподілу, демонструють непостійну поведінку, іноді перетворюючись на зигзагоподібні лінії. Подібна поведінка також спостерігалася під час аналізу зразків L0, L1, L4F, S0, S1 і S4F, як показано на малюнках 3.6(с) і 3.7(с). Розраховані властивості жорсткості на розтяг цих зразків порівнювали з даними випробувань, які оцінювали на основі вимірювань за допомогою датчиків переміщення та тензодатчиків. Експериментальні криві розтягування-посилення на малюнках 3.6(с) і 3.7(с) також показують нестабільну поведінку зуба пилки, подібну до результатів перерозподіленого аналізу.

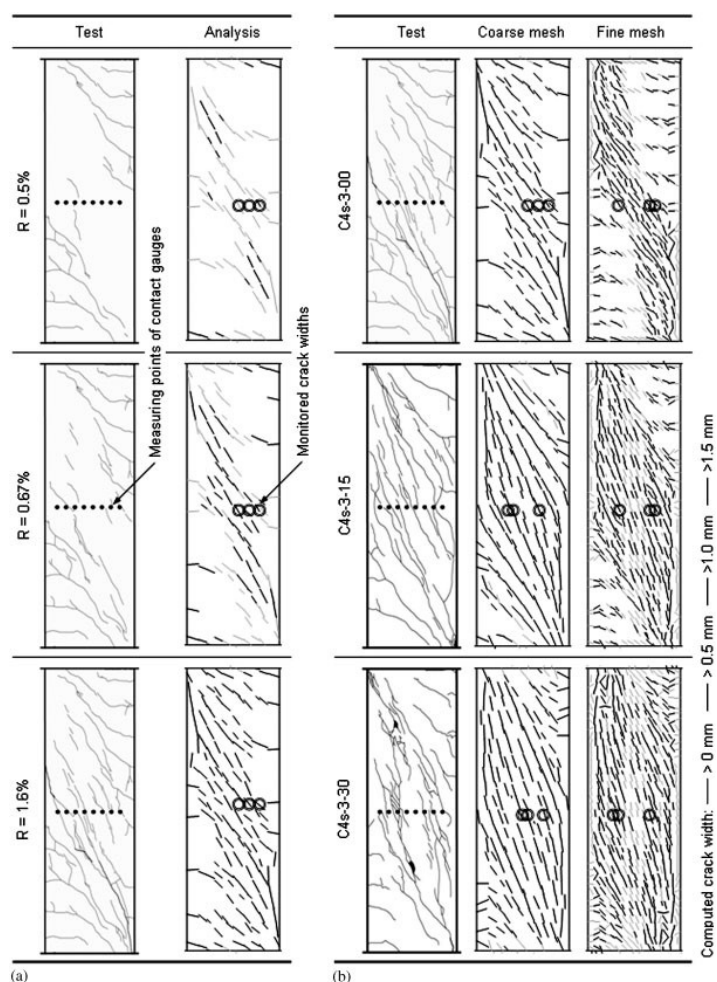


Рис. 3.4. Порівняння типів тріщин: (а) Поширення тріщини зразка C4s-3-00 (груба сітка) і (б) кінцеві види тріщин з грубою та дрібною сіткою.



На малюнку 3.5(b) порівнюється ширина тріщини між випробуванням і аналізом. Сірі лінії вказують експериментальну ширину тріщини, яка є трьома максимумами в прольотах зразків C4s3-00, C4s-3-15 і C4s-3-30. Суцільними лініями позначені три найбільші тріщини в елементах у центральній частині зразка. Розташування цих тріщин показано на рис. 3.5(a). Для зразка C4s-3-00 початкова коса тріщина в цьому місці виникає при куті повороту  $R = 0,18\%$  у випробуванні,  $0,22\%$  у аналізі з крупною сіткою та  $0,24\%$  у аналізі з дрібною сіткою. У випробуванні ширина тріщини збільшилася до  $0,12$  мм при  $R = 0,5\%$ , до  $0,49$  мм при  $R = 0,67\%$  і до  $3,26$  мм при  $R = 1,6\%$ . Аналіз грубої сітки показав ширину тріщини  $0,36$  мм при  $R = 0,5\%$ ,  $1,07$  мм при  $R = 0,67\%$  і  $4,20$  мм при  $R = 1,6\%$ . Аналіз дрібної сітки дав  $0,49$ ,  $0,58$  і  $3,18$  мм відповідно. Наведене вище порівняння показує, що аналіз добре прогнозує появу тріщин косою зсуву та ширину тріщини для кутів повороту більше  $0,67\%$ . З іншого боку, коли кут кручення менший за  $0,67\%$ , точність аналізу ширини тріщини низька, механізм зсуву незрілий, а стан напруги/деформації нестабільний. Ця тенденція також спостерігалася в зразках C4s-3-15 і C4s-3-30.

На рисунках 3.6(b) і 3.7(b) показано ширину тріщини зразків L0, L1, L4F, S0, S1 і S4F. Ширину тріщин усереднювали по кожній чверті діапазону зсуву під час випробування шести зразків. Ширина тріщин, що спостерігалася в дев'яти зразках, змінювалася від  $1$  до  $4$  мм. Перерозподілені аналітичні моделі добре змоделювали нахили в цих співвідношеннях ширини тріщини та кута повороту, а також результуючу ширину тріщини. На малюнках 3.6(d) і 3.7(d) показані приклади результуючих моделей тріщин для зразків L0, L1, L4F, S0, S1 і S4F, отриманих за допомогою аналізу перерозподілу (груба сітка). Під час випробування вздовж діагональної площі зрізаного прольоту залишається зона без тріщин. Аналітична орієнтація тріщин загалом узгоджується з випробуваннями, хоча аналіз показує відмінності в індукції тріщин навіть у діагональних областях.

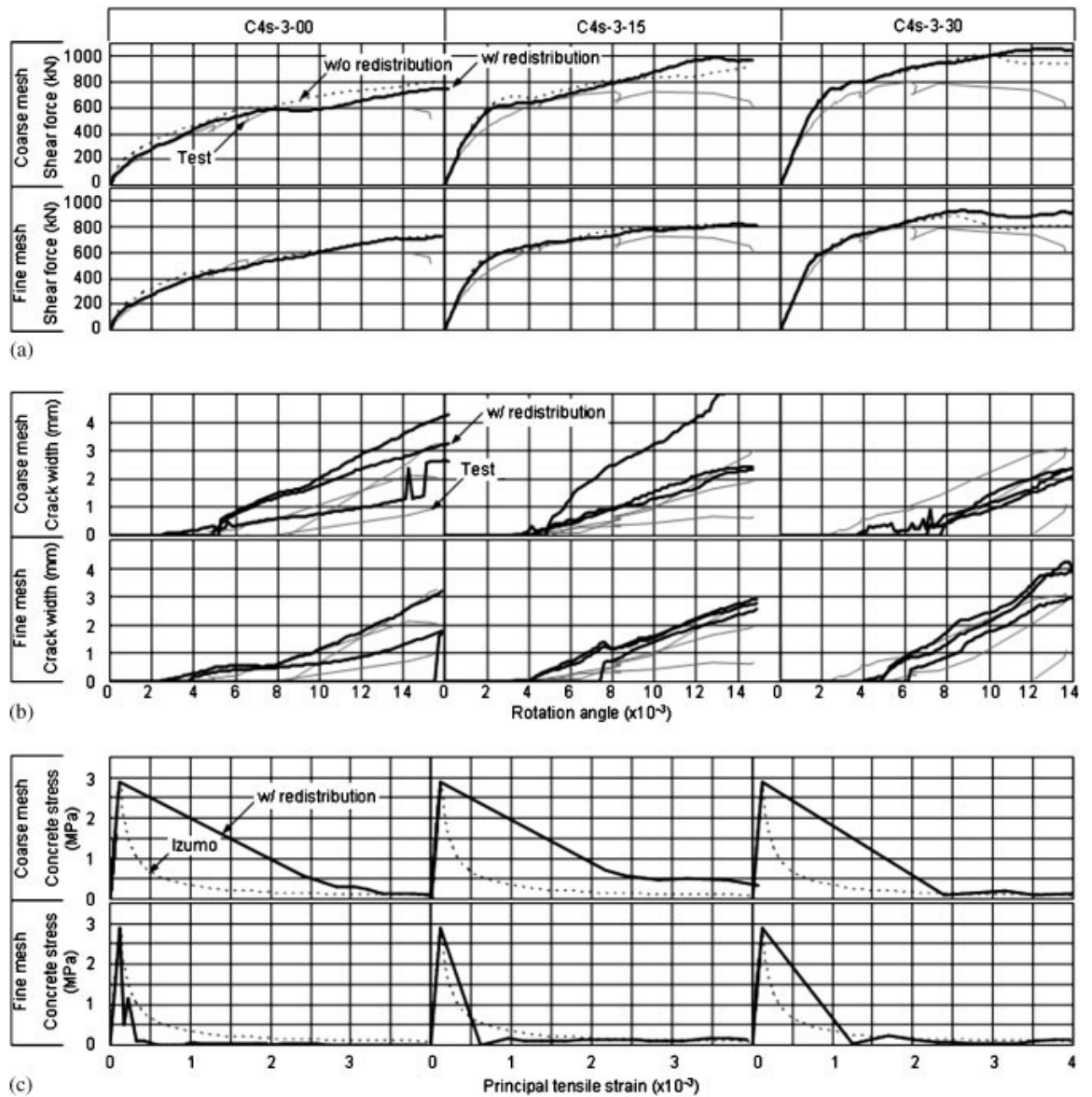


Рис. 3.5 Результати аналізу зразків C4s-3-00, C4s-3-15 та C4s-3-30: (а) відношення сили зсуву до кута повороту, (б) ширина тріщини, (в) властивості розтягування та жорсткості.

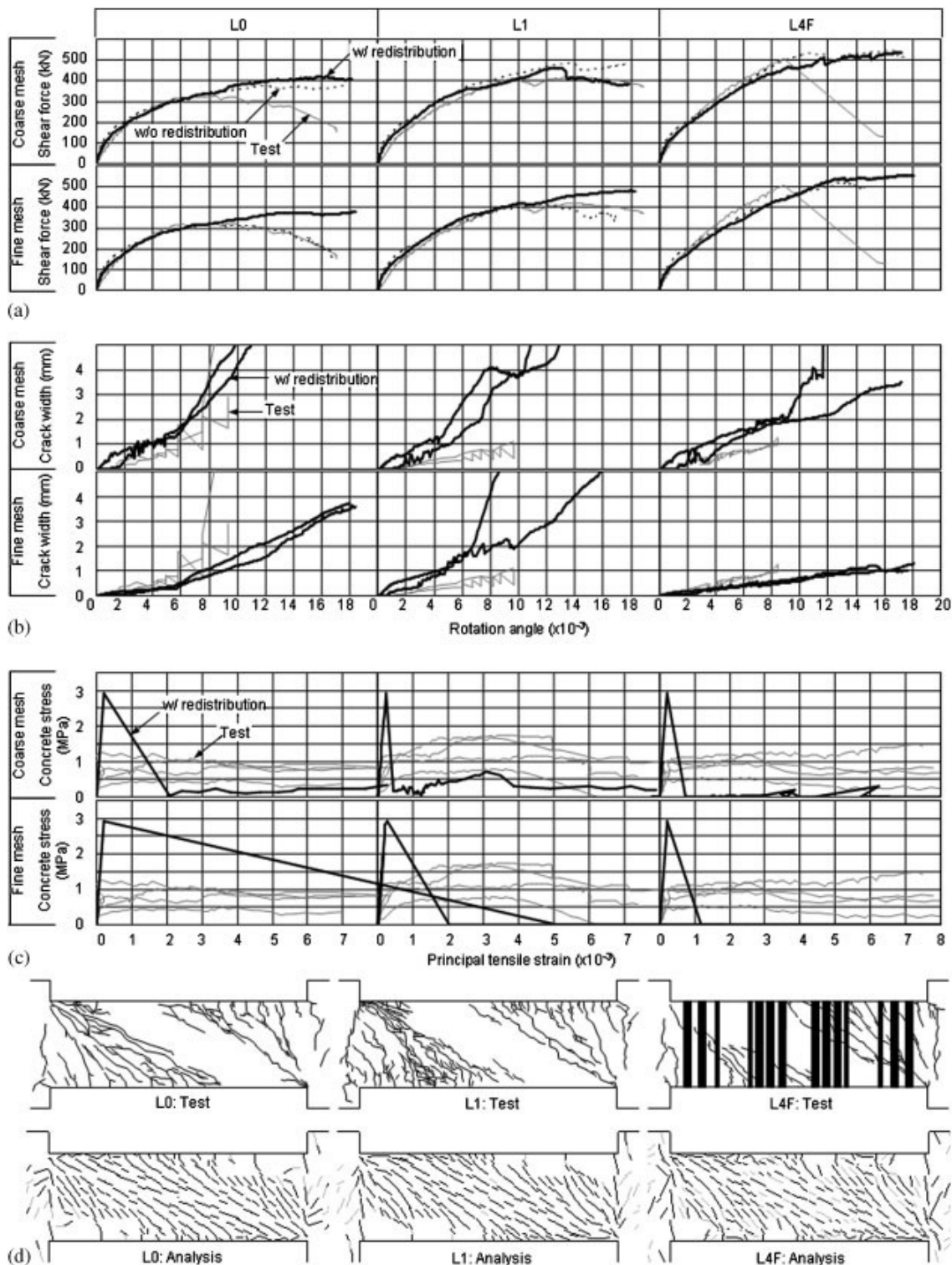


Рис. 3.6 Аналіз результатів для зразків L0, L1 і L4F: (а) відношення сили зсуву до кута повороту; (б) ширина тріщини; (в) властивості розтягування та жорсткості; (г) структура тріщини (груба сітка).

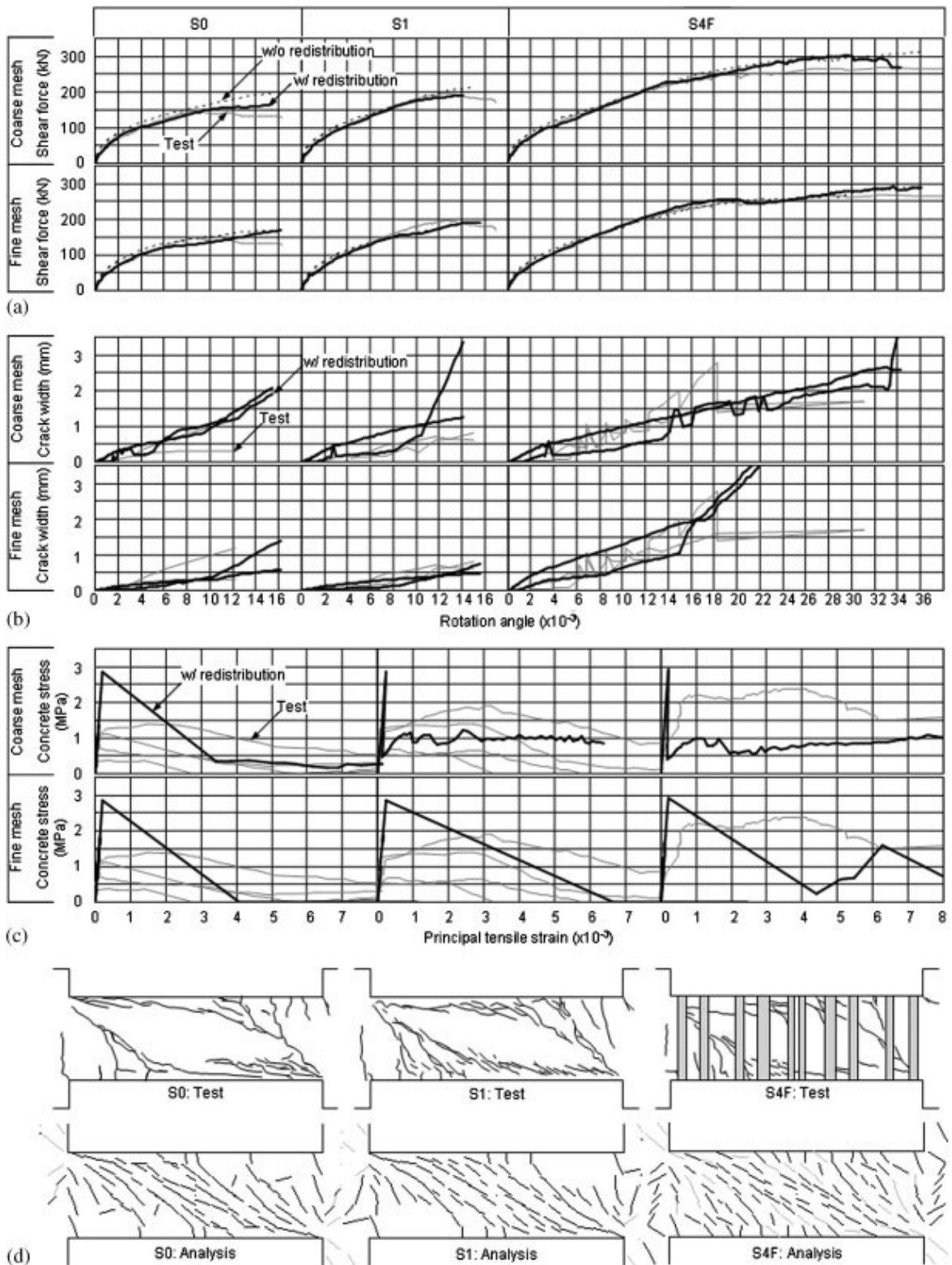


Рис. 3.7 Результати аналізу зразків S0, S1, S4F: (а) відношення сили зсуву до кута повороту; (б) ширина тріщини; (в) властивості розтягування та жорсткості; (г) малюнок тріщини (груба сітка).

### 3.4 Висновки і узагальнення за результатами дослідження

У даній роботі представлена чисельна процедура перерозподілу напружень внаслідок розтріскування конструкцій ЗВ. Процес автоматично визначає безперервність арматури в FEM і обчислює зв'язок між арматурою та бетоном. Ця процедура не потребує додаткового вузла для обчислення ковзання облігацій. Незалежно від розміру елемента, уздовж арматури підтримується постійна дискретна довжина приблизно 10 мм. Розрахунок перерозподілу повторюється для однієї або кількох тріщин на кожному кроці. Алгоритм не вимагає фіксованої моделі деформаційного зміцнення, оскільки всі процеси механізму деформаційного зміцнення безпосередньо розраховуються.

Потім цей процес було включено в алгоритм кінцевих елементів на основі розмазування та тріщин і підтверджено за допомогою тривимірного статичного аналізу зразків дев'яти бетонних зразків, що піддалися монотонному зсуву та вигину. Зразки містили відносно рівномірний розподіл сталевих прутків і плит FRP з коефіцієнтом армування від 0,11 до 0,57%. Ця процедура добре моделює зв'язок між силою зсуву та кутом повороту та зростанням ширини тріщини. Аналіз із застосуванням процесу перерозподілу призвів до елементів дискретного, безперервного та нескінченного режимів тріщини в напрямку тріщини, хоча були виявлені розбіжності між аналізом і випробуванням. Подальші дослідження авторів покращать процес перерозподілу шляхом зменшення залежності розміру елемента, тим самим підвищуючи точність розрахунків зростання тріщин. Ефективність запропонованого процесу слід досліджувати шляхом аналізу малих бетонних елементів з коефіцієнтом армування нижче 0,1%. Аналітична точність структур з низьким ЗВ також буде обговорюватися в майбутніх дослідженнях.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### 4.1 Охорона праці

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Вирішення питань з охорони праці в ході проектної розробки має на меті зменшити виробничі травми та професійні захворювання, які виникають в результаті дії небезпечних та шкідливих факторів, таких як вплив шкідливих речовин, неналежні умови праці, погана освітленість робочого місця, шум та вібрація, оптимізувати метеорологічні умови на робочому місці працівників.

Розробка вимог до охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях є невід'ємною частиною проекту на будівництво. Додержання і виконання вимог охорони праці має гарантувати розроблена система, що вміщує комплекс задач. Основи цієї комплексної системи становлять такі необхідні умови:

- використання захисних засобів і приладів, що забезпечує оптимальні санітарно-гігієнічні умови і виключає травматизм та професійні захворювання;
- комплексна механізація;
- впровадження нової безпечної техніки діючих методів організації праці і технології будівельного виробництва;
- створення систем оповіщення про надзвичайні ситуації, ознайомлення працівників із порядком дій при їх виникненні тощо.

Поруч з розвитком промисловості найважливішим є створення здорових та безпечних умов роботи. Завдання охорони праці потрібно звести до мінімальної ймовірності можливості ураження або захворювання працюючих із забезпеченням комфорту та нормальної працездатності.

Сучасний спеціаліст будівництва повинен мати достатній обсяг знань в галузі охорони праці, та вміти з їх допомогою вирішувати практичні інженерні задачі, щодо створення безпечних і здорових умов праці в будівельній галузі.

Забезпечення безпечної життєдіяльності у надзвичайних ситуаціях (НС) базується на комплексі організаційних, інженерно-технічних заходів і засобів, спрямованих на збереження життя і здоров'я людини у всіх сферах її діяльності. Для цього необхідно:

- спрогнозувати та оцінити можливі наслідки;
- заздалегідь спланувати заходи із запобігання та зменшення вірогідності виникнення НС
- скорочення масштабів прояву результатів НС;
- організація робіт в умовах НС та ліквідація її наслідків.

Також в наш час особливо гостро постало питання про охорону природи і захист навколишнього середовища. Стрімкий розвиток науки і техніки протягом останнього століття призвів до значного виснаження природних ресурсів. Тому дуже важливим є застосування заходів, які би сприяли раціональному використанню природних ресурсів. Захисту від шкідливих викидів в атмосферу, забрудненню земель, поверхневих і підземних вод.

При земляних роботах основними причинами травматизму є обвали ґрунту. У більшості випадків обвали ґрунту виникають із-за порушення крутизни відкосів. Зовнішнє додаткове навантаження при розробці виїмок (відвал землі, встановлення на краю відкосів будівельних машин та ін.) може викликати обвали ґрунту, якщо їх розташування не буде враховуватись. Знаходження посторонніх людей в зоні роботи екскаватора може бути небезпечним для їх життя та здоров'я. Крім того, роботи нульового циклу (земляні, влаштування фундаменту) виконуються в основному з допомогою землерийно-транспортної техніки. Машиністи і оператори цієї техніки піддаються дії таких шкідливих факторів, як вібрація, шум, запиленість, загазованість повітря, переохолодження чи перенагрівання організму. Робота водіїв іноді може супроводжуватись значною перевтомою.

При роботі будівельних машин та механізмів небезпечними та шкідливими виробничими факторами є дія механічної сили, ураження електрострумом,

несприятливі фактори виробничого середовища (мікроклімат, шум, вібрація, запиленість та загазованість повітря).

При монтажних роботах небезпечними виробничими факторами є: несправність такелажного обладнання, що може викликати падіння монтованих конструкцій; несправність засобів індивідуального захисту, що призводить до падіння людей з висоти; несправність та втрата стійкості засобів підмоцвання. Зварювальні роботи супроводжуються забрудненням повітря газами (окиси азоту, вуглецю, фтористого водню і таке інше) і аерозолями металів і їх з'єднань.

При покрівельних роботах небезпечним виробничим фактором є падіння робочих з висоти, погані метеорологічні умови. Для зменшення їх впливу робочі повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту, а при поганих кліматичних умовах роботи на покрівлі не проводяться.

При оздоблюваних роботах небезпечними та шкідливими виробничими факторами є дія токсичних речовин будівельних матеріалів (клеї, фарби тощо).

При роботі з електроінструментом (електродрелі, електрорубанки, електроножиці, пневмотрамбовки, шліфувальні машини) основними небезпечними та шкідливими виробничими факторами є:

- можливість нанесення оператору механічних травм;
- електронебезпека, що може призвести до ураження оператора струмом при пробиванні ізоляції струмопровідних частин машини;
- шумонебезпека, вібрація.

Машини, що працюють абразивними кругами (шліфувальні машини), складають небезпеку через великих швидкостей обертання робочого інструменту.

#### **4.1.1 Техніка безпеки при роботі із механізмами**

Усі працівники, які приймаються на постійну чи тимчасову роботу, і при подальшій роботі, повинні проходити навчання в формі інструктажів з питань охорони праці, надання першої допомоги потерпілим від нещасних випадків, а



також з правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій, пожеж і стихійних лих.

Робітники можуть бути допущені до виконання будівельно-монтажних робіт тільки після проходження ними вступного інструктажу з техніки безпеки, а також первинного інструктажу на робочому місці з відповідними записами в журнал по техніці безпеки. Перед виконанням окремих видів робіт (електрозварювання, монтаж конструкцій, висотні роботи, робота з шкідливими речовинами) проводиться цільовий інструктаж безпосередньо на робочому місці.

Такелажники-стропувальники і транспортні робітники, які зайняті на навантажувально-розвантажувальних роботах і обслуговують транспортні і вантажопідйомні машини, допускаються до самостійного виконання цих робіт після проходження цільового інструктажу.

На будівельному майданчику передбачено такі санітарно-побутові приміщення: гардеробні, умивальні, туалети, душові, приміщення для сушіння та знепилення одягу, приміщення для гігієни жінок, приміщення для обігріву та відпочинку, укриття від сонячної радіації і атмосферних опадів, пункти харчування, медпункт та інші приміщення, встановлені і обладнані відповідно до норм з проектування споруд і приміщень, медпункти і пункти харчування будівельно-монтажних організацій.

Санітарно-побутові приміщення розміщені в одному районі біля входу на будівельний майданчик і обладнані аптечками з медикаментами, наборами фіксуємих шин та інших засобів, які необхідні для надання першої медичної допомоги, засобами надання першої медичної допомоги. Розміщення санітарно-побутових приміщень показані на листі креслення 10.

На будівельному майданчику передбачено забезпечення всіх працюючих питною водою відповідно до санітарних норм. Питні установки розміщуються на віддалі до 75 м від робочих місць. Якщо в сирому вигляді води немає в наявності з технічних причин, то працюючих слід забезпечувати питною кип'яченою водою. Розміщення питних установок показані на листі креслення 10.

Всім працюючим видається спецодяг, спецвзуття, захисні каски, рукавиці. Робітники, що працюють у запилених приміщеннях мають респіратори. При роботі на висоті робітникам видаються запобіжні пояси. Також забезпечується захист робітників від протягу, шкідливих випаровувань, газів.

На території будмайданчика влаштовані вказівники проходів та проїздів, а в темний період доби будівельний майданчик забезпечений електроосвітленням (лист креслення 10).

#### **4.1.2 Охорона праці під час виконання основних технологічних процесів**

Земляні роботи повинні бути максимально механізовані. Перед їх початком встановлюють знаки, що показують розміщення підземних комунікацій.

Із наближенням до лінії цих комунікацій земляні роботи проводять під наглядом виконавця робіт, а якщо це електрокабелі, то і в присутності працівників електрогосподарства. Грунт у таких місцях розробляють землекопними лопатами, обережно, без ударів. Не можна користуватись ломами і кирками.

До початку проведення земляних робіт відводять поверхневі та ґрунтові води, відкачують або влаштовують дренажі. Вибраний із виїмки ґрунт розміщують не ближче, ніж за 0,5 м від верхньої бровки котлованів. Для спускання і піднімання робітників у широких виїмках встановлюють драбини завширшки не менш як 0,6 м з поручнями заввишки 1 м і бортовою дошкою заввишки 15 см, а для вузьких траншей застосовують приставні драбини. Спускання робітників по розпірках кріплень заборонено. Всі виїмки треба огороджувати на відстані 1 м від бровки, а вночі освітлювати, на огорожах треба встановити попереджувальні знаки і написи.

Для переходу через траншеї будують містки завширшки 0,6 м з поручнями заввишки 1 м, бортовою дошкою і освітленням.

Під час перевірки в роботі стрілу екскаватора потрібно відвести в сторону від забою, а ківш опустити на ґрунт. Під час руху екскаватора ківш встановлюють за напрямком руху і піднімають його на висоту 0,5 – 0,7 м. Пересування екскаватора

з наповненим ковшем забороняється. Завантаження автосамоскидів екскаватором повинно виконуватись через задню або бокову сторону кузова, і ні в якому разі ківш не може подаватися через кабіну водія. Забороняється перебування людей між екскаватором і автосамоскидом під час навантаження.

Для запобігання обвалу ґрунту котлован копається з відкосом 1:0,85 відповідно до інженерно-геологічних умов району будівництва. Не допускається стоянка і рух машин і обладнання, а також розміщення матеріалів і конструкцій в межах призми обвалу ґрунту.

Робітників, які виконують бетонні роботи, забезпечують спецодягом, окулярами і респіраторами. Виконуючи роботи, пов'язані із заготовкою арматури, місця для її розташування та виправлення обгороджують.

Конструкції опалубки для вкладання арматури і бетонної суміші у монолітні конструкції будівель повинні бути надійними. Опалубні роботи складаються із встановлення підтримувальних риштувань, виготовлення опалубки та її монтажу. Опалубку, підтримувальні риштування, а також робочі настили виконують відповідно до робочих креслень (7).

При виробництві арматурних робіт забороняється:

- перебувати на остаточно не закріплених арматурно-опалубних блоках;
- залишати в конструкціях не закріплені арматурні елементи;
- проводити будь-які роботи на висоті, стоячи на арматурних хомутиках або на стрижнях конструкції і переміщатися по них.

Опалубку з готових елементів збирають так, щоб під час подання монтажним механізмом наступного елемента не пошкоджувались раніше встановленні конструкції чи їхні частини. При встановленні елементів опалубки в кілька ярусів, кожний наступний ярус слід установити після закріплення нижнього. Перед бетонуванням конструкції кожної зміни перевіряють стан опалубки, помостів огорож і драбин. Виявлені недоліки ліквідовують до початку виконання робіт.

Розбирати опалубку можна після того, як бетон набере необхідної міцності. Для цього повинні бути відсутні навантаження і дефекти у роботі, а також вжиті заходи проти падіння елементів опалубки і обвалення риштувань.

При ущільненні бетонної суміші електровібраторами перевіряють їхню надійність і вживають заходів щодо захисту від ураження електричним струмом. Під час роботи потрібно стежити за надійністю кріплення самого вібратора. Не можна проводити з вібратором, який працює, будь-які операції. Переміщують його тільки за допомогою гнучких тяг. Вібратори виключають через кожні 30-35хв для охолодження, а також під час перерв чи при переході на інше місце роботи.

Для проєктованого об'єкта громадської будівлі прийняли кран СКГ30/7,5. Безпечне ведення монтажних робіт передбачено при розробці технологічних карт на виконання робіт (листи креслень 7, 8 ), в яких особливу увагу надано методу монтажних робіт, технологічності послідовності монтажних операцій, обладнання робочих місць монтажників, розробці строповочних і захватних пристроїв та монтажних засобів.

Для підйому і установки вантажів в основному застосовують універсальні і полегшені стропи, які періодично проходять перевірку на міцність. Вантажний канат крана перед підйомом повинен перебувати у вертикальному положенні над центром ваги вантажу. Підтягувати вантаж канатом, що знаходяться під косим кутом, забороняється. При необхідності положення центру ваги встановлюють шляхом пробних підвішувань. Для забезпечення безпечних умов праці при підйомі і розкладці будівельних матеріалів їх стропування виконують за допомогою траверси. Стropи знімають з встановлених елементів каркасу і блоків тільки після їх закріплення. Забороняється вантажі залишати у висячому положенні.

Проєктом передбачено рішення питань безпечної роботи крана відносно будівлі, яка зводиться. До початку робіт на будівельному майданчику облаштовуються підїздні шляхи і тимчасові дороги. Ширина доріг – 6 м, радіус закруглення – 12 м (лист 10). При трасуванні доріг повинні виконуватись наступні вимоги по дотриманню мінімальних відстаней:

- між дорогою і складським майданчиком: 0,5 – 1 м;
- між парканом будмайданчика і дорогою - 2 м;

На майданчику позначаються монтажна і небезпечна зони роботи крана.

На період будівництва для забезпечення пожежної безпеки передбачені пожежні гідранти, які знаходяться на відстані 0,5 м. від тимчасової дороги.

Засоби підмоцнення, риштування, які застосовуються для малярних робіт, у місцях, під якими ведуться інші роботи чи є проходи, повинні мати настил без зазорів.

Для просушування приміщень будівлі при неможливості використання систем опалення, застосовують повітрянагрівачі.

Малярні склади готують централізовано у приміщеннях, розташованих на будівельному майданчику і обладнаних вентиляцією, водою.

Тару з вибухонебезпечних матеріалів (лаки, фарби) під час перерв у роботі необхідно закривати кришками і відкривати інструментом, що не викликає іскроутворення.

Забороняється застосування розчинників, на які немає сертифікатів, де вказано характер шкідливих речовин.

Місце, над яким виконуються склярські роботи, необхідно огороджувати, і до початку робіт перевірити міцність і справність віконних рам.

Піднімання і перенесення скла до місця його встановлення виконують за допомогою відповідних безпечних пристроїв, або в спеціальній тарі.

Допуск робочих до виконання покрівельних робіт дозволяється після огляду майстром або прорабом спільно з бригадиром справності несучих конструкцій покриття.

Для переходу робочих, що виконують роботи на покрівлі, встановити трапи шириною не менше 0,5 м. Трапи на час роботи повинні бути закріплені.

Під час перерв технологічний інструмент та будівельні матеріали повинні бути забрані з покрівлі.

Перед виконанням зварювальних робіт робітники повинні пройти цільовий інструктаж безпосередньо на робочому місці. При електрозварюванні арматури необхідно перевірити справність електрозварювального апарату, ізоляцію його корпусу і надійність заземлення, відсутність легкозаймистих речовин на відстані до 5 м від місця зварювання. Провід, яким під'єднують зварювальний агрегат до мережі, щоб уникнути механічного пошкодження поміщають в гумовий шланг. Довжина проводів не повинна перевищувати 15 м.

Місця електрозварювальних робіт на даному, а також нижче розташованому ярусах, повинні бути звільнені від горючих матеріалів у радіусі не менше 5м, а від вибухонебезпечних матеріалів – не менше 10м.

При різці конструкцій та їх елементів приймаються заходи, направлені проти випадкового обвалу відрізаних елементів.

Виконувати зварювання, різання, нагрів відкритим полум'ям апаратів, трубопроводів, що утримують під тиском будь-які рідини чи газу, заповненні горючими речовинами, не допускається без узгодження з експлуатаційною організацією заходів із забезпечення безпеки.

Робочі місця зварювальників у приміщенні при зварюванні відкритою дугою відділяються від інших робочих місць і проходів екранами висотою до 1,8м.

Блискавкозахист – це система захисних приладів та міроприємств, які застосовують в промислових та громадських будівлях для захисту їх від аварій, пожеж при попаданні в них блискавки.

Вихідні дані: Висота будівлі 30,6 м, довжина 24,2 м, ширина 30 м. Одиночний стержньовий блискавковідвід встановлюємо на даху будівлі.

Житлова будівля знаходиться у м. Львові. Для цієї місцевості інтенсивність грозової діяльності становить  $K = 50... 70$  год. / рік.

Середньорічна кількість ударів блискавки в 1 км 5,1 шт.

Визначаємо очікувану кількість уражень блискавкою в рік за формулою:

$$N = [(S+6 \cdot h) \cdot (L+6h) - 7,7 \cdot h^2] \cdot n \cdot 10^{-6},$$

де  $S$ ,  $L$  – ширина і довжина споруди, м;  $h$  – висота споруди,  $n$  – кількість ударів блискавки.

$$N = [(24,2+6 \cdot 30,6) \cdot (30+6 \cdot 30,6) - 7,7 \cdot 30,6^2] \cdot 5,1 \cdot 10^{-6} = 0,19.$$

Так як отримана величина  $N < 1$ , слід встановлювати блискавковідвід типу Б (ступінь надійності  $\geq 95\%$ ).

Необхідну висоту блискавковідводу знаходимо по формулі

$$h = (r_x + 1,63h_x) / 1,5$$

Значення  $r_x$  знаходимо з геометричних міркувань:

$$r_x = \sqrt{24,2^2 + 30^2} = 38,5 \text{ (м)}$$

$$h = (38,5 + 1,63 \cdot 30,6) / 1,5 = 58,9 \text{ (м)}.$$

Приймаємо висоту блискавковідводу від поверхні землі  $h = 60$  м.

## 4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Надзвичайна ситуація (НС) - це порушення нормальних умов життя та діяльності людей на об'єкті чи території, спричинених аварією, катастрофою, стихійним лихом, епідемією, епізоотією, великою пожежею, використання засобів ураження, що призвели чи можуть призвести до людських чи матеріальних втрат.

На будівництві щороку виникають тисячі надзвичайно складних ситуацій природного та техногенного характеру, внаслідок яких гине велика кількість людей, а матеріальні збитки сягають кількох мільярдів гривень. Сьогоднішня ситуація щодо небезпечних природних явищ, аварій і катастроф характеризується як дуже складна. Тенденція зростання кількості природних і особливо техногенних НС, складність цих наслідків змушують розглядати їх як серйозну загрозу безпеці окремої людини, суспільству та навколишньому середовищу, а також стабільності розвитку економіки країни. Для роботи в районі надзвичайної ситуації потрібно залучати значну кількість людських, матеріальних і технічних ресурсів.

Запобігання надзвичайним ситуаціям, ліквідація їх наслідків, максимальне зниження масштабів втрат та збитків перетворилося на загальнодержавну

проблему і є одним з найважливіших завдань органів виконавчої влади і управління всіх рівнів.

Відповідно до географічного розміщення району будівництва можуть виникнути наступні НС: сильний вітер, хуртовини, підтоплення, замикання електромережі, пожежі.

З метою недопущення загибелі людей, забезпечення їх нормальної життєдіяльності у надзвичайні ситуації передусім повинно бути проведено сповіщення населення про можливу загрозу, а якщо необхідно, – організовано евакуацію. Ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій проводиться з метою відновлення роботи. Вона включає:

- розвідку осередків надзвичайних ситуацій;
- аварійно-рятувальні й лікувально-евакуаційні заходи;
- локалізацію й гасіння пожеж;
- відбудову споруд і шляхів сполучення;

Надзвичайні ситуації, що можуть виникнути на будівельному майданчику і дії робітників в разі їх виникнення:

Пожежа. При виникненні пожежі необхідно: евакуювати людей, зателефонувати в пожежну службу, застосувати первинні засоби пожежогасіння із пожежних щитів. Для гасіння пожежі використовувати воду із пожежних гідрантів (див будгенплан).

Ураження електричним струмом. При ураженні робітника електричним струмом необхідно надати йому першу медичну допомогу та викликати швидку медичну допомогу.

Сильний вітер. Якщо швидкість вітру перевищує 15 м/с забороняється: робота кранів та інших вантажопідійомних механізмів; будь-яка робота на висоті; робота з легкими матеріалами, що мають значну площу (фанера, пінопласт).



Падіння вантажів з висоти, у тому числі крана. Небезпечні зони позначені знаками безпеки і написами встановленої форми; границі небезпечних зон поблизу рухомих частин і робочих органів машин визначають відстанню у межах 5м.

На будгенплані небезпечна зона роботи крану виділена штрихпунктирною лінією із прапорцями, а на місцевості встановлюють сталеві обгороджування.

На будівництві при недотриманні техніки безпеки можливі падіння з висоти, опіки, ураження електричним струмом. Найбільш характерними травмами при цьому є: переломи кісток, хребта, тазу, черепа, нижніх кінцівок (приземлення на ноги), ребер, верхніх кінцівок (приземлення на бік і на спину). Одночасно з кістковою травмою можуть бути важкі закриті ушкодження внутрішніх органів, ще супроводжуються кровотечами (розрив аорти, печінки, відрив жовчного міхура, розривселезінки і т.д.).

При переломах потерпілому необхідно забезпечити спокій і нерухомість поламаної кістки. Це зменшить біль, яка може бути причиною шоку і попередить можливі ускладнення за рахунок вторинного поранення кровоносних судин і м'яких тканин. При відкритих переломах на рану спочатку накладають пов'язку. Одяг і взуття при переломах знімають, для цього їх іноді розрізають по швам.

Іммобілізацію поламаної кінцівки як правило проводять за допомогою стандартних шин які накладають на зовнішню і внутрішню поверхні. Шини повинні обов'язково захвачувати два сусідніх суглоба між якими знаходиться ушкоджена кістка.

Якщо сталося падіння з великої висоти і у потерпілого болить спина (травма хребта), його краще не чіпати, а негайно викликати "Швидку". Якщо необхідно потерпілого пересунути або оглянути, то його обов'язково потрібно укласти на тверду рівну поверхню (щит або землю). Не можна переносити його на руках або на ковдрі! Це може погіршити його стан.

При переломі хребта необхідно під спину дуже обережно підкласти дошку або перевернути потерпілого обличчям вниз Заборонено допускати перегин тулоба, оскільки це може призвести до пошкодження спинного мозку.

Падіння та удари часто супроводжуються важкими пошкодженнями черепа та струсом мозку. Ознакою черепної травми є кровотеча з вух та блювання. Ознакою струсу мозку є головний біль, нудота, блювання, втрата свідомості. Потерпілого необхідно покласти на спину, накласти на голову пов'язку, прикласти до голови холодну примочку. До прибуття лікаря потерпілому необхідно забезпечити повний спокій.

Перелом і вивих ключиці супроводжується різким болем, який посилюється при русі плечового суглоба. Необхідно в під-мишечну западину покласти тампон м'якої тканини або вати і прибинтувати зігнутою під прямим кутом руку до тулуба.

Допомога при опіках, обмерзаннях. В осередках ураження внаслідок надзвичайних ситуацій велика кількість уражених може отримати опіки, обмерзання, шок, втратити свідомість.

Надання першої медичної допомоги складає, поперед усього, у гасінні одягу на потерпілому (облити водою, а якщо її нема, накинути на потерпілого ковдру, піджак або пальто та інші, щоби закінчити доступ кисню). Потім частину тіла, яка має опіки, звільнити від одягу. Якщо потрібно, одяг розрізають, частини одягу, які пристали до тіла, не зривають, а обрізають навколо і залишають на місці. Зривати і розривати пухирі неможна. При значних опіках після зняття одягу потерпілого краще всього завернути чистою білизною, прийняти заходи проти шоку і направити в лікувальний заклад.

При опіках окремих частин тіла шкіру навколо опіку необхідно протерти спиртом, одеколоном, водою, а на місце опіку накласти суху стерильну пов'язку. Змазувати поверхню опіку жиром або якою-небудь маззю не потрібно.

При невеликих опіках I ступеню на почервонілу шкіру необхідно накласти марлеву салфетку, змочену спиртом. При опіках II, а тим паче III і IV ступеню потерпілого, після надання йому першої допомоги, необхідно терміново відправити у лікувальний заклад. Перша медична допомога при опіках від світового випромінювання оказується так, як і при звичайних опіках.

При великих опіках часто розвивається шок. При таких опіках обов'язково

проводять протишокові заходи. Потім для боротьби з інфекціями використовують антибіотики (протибактеріальний засіб №1 із аптечки АІ-2, біоміцин, пеніцилін та інші). Всім потерпілим необхідно у великій кількості давати пиття - 4-5 л у перші дві доби. Для цього приготують підсолену воду (1-0,5 чайної ложки повареної солі і стільки харчової соди на 1 л води), дають її теплою або гарячою невеликими порціями.

При низькій температурі може настати пошкодження тканин. Залежно від пошкодження розрізняють: примерзання, обмороження, замерзання. Ці пошкодження виникають в результаті одноразової чи багаторазової дії низької температури на органи людини, особливо в сиру, холодну погоду.

Примерзання виявляються у вигляді синьо-багрових плям, що набувають фіолетового відтінку. Допомога полягає в змазуванні йодною настоянкою ураженої ділянки та накладанні зігрівального компресу.

Обмороження першого ступеня характеризується почервонінням з відтінком синюшності, набряклістю шкіри, жаром у тілі і болем. Допомога - розтерти побілілу ділянку чистим сукном чи хустинкою змоченою у горілці, спирті, одеколоні, змазати жиром та накладати пов'язку.

При обмороженні другого ступеня шкіра має багровий колір з пухирями. Допомога - накладання сухої стерильної пов'язки, розтирання заборонено.

При обмороженні третього і четвертого ступеня настає відносно поверхнєве та глибинне омертвіння тканини. Необхідна термінова медична допомога.

Перша долікарська допомога при пораненнях повинна забезпечувати зупинку кровотечі, закриття рани пов'язкою, нерухомість (імобілізацію) для забезпечення спокійного положення пошкодженої частини тіла.

Найбільш швидко зупинити кровотечу можна за допомогою пальцевого притискування кровеносної судини до прилеглої кістки. Сильну артеріальну кровотечу із ран на кінцівках зупиняють накладанням вище рани джгута або закрутки. Пальцеве притискування при цьому використовується тільки як допоміжний спосіб при накладанні джгута (закрутки) або при його перекладанні.

Джгут можна використовувати гумовий або із тканини, які знаходяться в аптечці. Перед накладанням такого джгута під нього обов'язково підкладається м'яка підстилка із ткани, вати або марлі.

При відсутності джгута можна використовувати підручні засоби (віршовка, косинка, бинт та інше), за допомогою яких накладається закрутка. Необхідно особливо підкреслити те, що джгут або закрутка накладається не більше ніж на 1,5-2 г, а у холодний час і при променевих (радіаційних) ураженнях - не більше як на 1 г, інакше може виникнути омертвіння кінцівки. Час накладання джгута або закрутки обов'язково повинен бути відмічений на папірці, який підкладають під джгут (закрутку), або на самій пов'язці.

Якщо з моменту накладання джгута або закрутки пройшло більше 1-2 годин, то необхідно послабити джгут (закрутку) - до появи рожевого кольору кінцівки і відновлення чутливості. Роблять це повільно, з тим щоби у випадку відновлення кровотечі тік крові не виштовхнув кров'яний згусток, який появився у рані. Опісля 5-10 хвилин після повного розслаблення джгута (закрутки) і не відновлювання кровотечі можна рахувати його зупиненим

Для захисту рани від можливого ураження бактеріями, отруйними або радіоактивними речовинами на неї потрібно накласти пов'язку. З метою боротьби з інфекцією раненим дають протибактеріальний засіб № 1 із аптечки АІ – 2-5 таблеток, які запиваються водою, і через 6 годин ще 5 таблеток

Засоби першої долікарської допомоги знаходяться в аптечці А-І, розміщеної в санітарному приміщенні.

При ураженні електричним струмом необхідно якомога швидше звільнити потерпілого від струмопровідних частин обладнання. При цьому відключають струм, використовуючи палицю, сухі рукавиці, сухий одяг, діелектричні рукавиці. Провідники перерізають інструментом з ізольованими ручками, перерубують сокирою.

Уразі відсутності дихання необхідно провести непрямий масаж серця, або штучне дихання.

## БІБЛІОГРАФІЯ

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.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. – К.: Держбуд України, 2016.
4. ДБН В.2.1-10:2018 Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. К.: Мінрегіонбуд України, 2018.
5. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2016.
6. ДБН В.2.6-98:2009 Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011.
7. ДСТУ Б В.2.1-2-96. Ґрунти. Класифікація. – К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1995.
8. ДБН А.2.1–1-2008 Інженерні вишукування для будівництва. Основні положення. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2008.
9. ДБН Б.2.2-12:2019 Планування та забудова територій. К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 2019.
10. 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