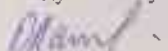


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ АРХІТЕКТУРИ, БУДІВНИЦТВА ТА ДИЗАЙНУ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ БУДІВНИЦТВА ТА  
РЕКОНСТРУКЦІЇ АЕРОПОРТІВ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач випускової кафедри

 О.І. Лапенко

"16" / листопада 2022 р.

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)  
ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР  
ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 192 «БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ»  
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА  
«ПРОМИСЛОВЕ І ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО»

**Тема:** «Забезпечення живучості будівельних конструкцій при надзвичайних ситуаціях»

**Виконавець:** студент групи ФАБД-204М Бармін Ілля Валерійович  
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

**Керівник:** професор, д.т.н. професор кафедри «комп'ютерних технологій будівництва та реконструкції аеропортів» Барабаш Марія Сергіївна  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант розділу «Охорона праці»:



Федина В.П.  
(ПІБ)

Консультант розділу

«Охорона навколишнього середовища»:



Радомська М.М.  
(ПІБ)

Нормоконтролер:



Родченко О.В.  
(ПІБ)

Київ 2022

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет архітектури, будівництва та дизайну


Кафедра комп'ютерних технологій будівництва та реконструкції аеропортів

Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Освітньо-професійна програма: «Промислове і цивільне будівництво»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

 - О.І. Лапенко  
« 29 » серпня 2022 р.

## ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

Бармін Ілля Валерійович

(П.І.Б. випускника)

1. Тема роботи «Забезпечення живучості будівельних конструкцій при надзвичайних ситуаціях»

затверджена наказом ректора від «20» вересня 2022р. №1583/СТ

2. Термін виконання роботи: з «29» серпня 2022р. по «30» листопада 2022р.

3. Вихідні дані роботи:

3.1. Характеристика будинку

3.1.1. Призначення будинку та технологічна потужність: житловий будинок.

3.1.2. Матеріал головних конструкцій: головними матеріалами будинку є залізобетон, металеві елементи каркасу та перекриття, скло, газобетонні блоки, цегла.

3.1.3 Інші загальні дані: будинок, що проектується, є багатоповерховий багатоквартирний будинок із вбудованими приміщеннями громадського призначення

який складається з двох 17-поверхових секцій із підвалом та технічним поверхом. Площа забудови складає приблизно - 1840м<sup>2</sup>.

3.2. Навантаження: згідно діючих норм ДБН В.1.2-2-2006 "Навантаження і впливи" Короткочасні: снігові 205,2 кг/м<sup>2</sup>, вітрові 580,5 кг/м<sup>2</sup>; постійні: на 1 м<sup>2</sup> перекриття 300 кг/м<sup>2</sup>, на 1 м<sup>2</sup> покриття 0,4 тс/м<sup>2</sup>; тимчасові – 200 кг/м<sup>2</sup>.

3.3. Район будівництва місто Бровари

3.4. Геологічна характеристика будівельного майданчика

Таблиця 3.1 - Зведений інженерно-геологічний розріз

Номер ІГЕ	Опис ґрунтів	Потужність ІГЕ, м	
		Мін. розкрита	Макс. розкрита
НС	Насипний ґрунт суліщаного складу коричневий, з включенням щебеню карбонатних порід.	0,9	2,5
3А	Суглинок напівтвердий псчаний світло-коричневий, коричневий з включенням гнізд, прошарків піску	0,8	11,0
3Б	Суглинок тугопластичний піщаний коричневий, з включенням прошарків піску, супіску, ділянками залізний	0,5	8,5
4А	Супесь коричневий, світло-коричневий, з включенням гнізд, прошарків піску	0,7	5,5
7	Пісок середньої крупності маловологий, світло-коричневий, ділянками залізний, з прошарками суглинку, супіски.	0,6	10,2

Ґрунтові води відсутні.

3.5. Топографічна характеристика будівельного майданчика пояснюється ситуаційним планом розташування будівлі.

3.6. Джерела постачання будівництва головними матеріалами та засобами їх транспортування відбуваються за допомогою місцевих організацій та підприємств, які мають необхідні засоби.

3.7. Додаткові дані зазначені у розділах.

4. Зміст пояснювальної записки:

4.1. Вступ містить загальну інформацію щодо необхідності врахування впливу від надзвичайних ситуацій, а саме від ракетного обстрілу пов'язаного із руйнуванням залізобетонних колон(пілонів) внаслідок вибуху.

4.2. Аналітичний огляд містить інформацію щодо сучасного стану питання конструктивної безпеки і живучості експлуатуючих будівель і споруд, що проєктуються та експлуатуються.

4.3. Науковий розділ містить інформацію щодо опору прогресуючому обваленню залізобетонних конструктивних систем, змінюючих розрахункову схему при форс-мажорній ситуації.

4.4. Архітектурний розділ містить креслення будинку та архітектурно-планувальні рішення плани всіх поверхів, розрізів, фасадів.

Обсяг графічного матеріалу 10 листів.

4.5. Конструктивний розділ містить креслення елементів будинку та розрахункову частину конструювання колони, плити, балки та діафрагми жорсткості, а також загальний розрахунок житлового будинку у програмному комплексі САПФІР та ЛІРА-САПР.

Обсяг графічного матеріалу 4 листи.

4.6. Основи і фундаменти містить підбір фундаментів. Інженерно-геологічні умови. Склад та фізико-механічні властивості ґрунтів. Розрахунок залізобетонного фундаменту.


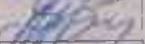






Обсяг графічного матеріалу 3 листи.

4.7. Охорона праці містить перелік чинників, що діють при експлуатації будівлі в заданих умовах.

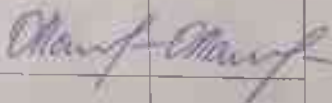
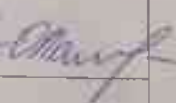


4.8. Охорона навколишнього середовища містить заходи щодо забезпечення захисту довкілля.

5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу: таблиці, рисунки, діаграми, графіки.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
	Вступ		
1.	Аналітичний огляд		
2.	Науково-дослідна частина		
3.	Архітектурна частина		
4.	Конструктивна частина		
5.	Основи і фундаменти		
6.	Охорона праці		
7.	Охорона навколишнього середовища		

7. Консультація з окремих розділів:

Назва розділу	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Федина Василь Петрович		
Охорона навколишнього середовища	к. т. н., доц. Радомська Маргарита Мирославівна.		

8. Дата видачі завдання: « 23 » 09 2022 р.

Керівник дипломної роботи:

  
(підпис керівника)

Барабаш М.С.

(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання:

  
(підпис випускника)

Бармін І.В.

(П.І.Б.)

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	<b>8</b>
<b>РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД</b> .....	<b>11</b>
<b>1. Сучасний стан питання конструктивної безпеки і живності експлуатуючих будівель і споруд</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1. Аналіз досліджень з проблеми конструктивної безпеки та живучості будівельних систем</b> .....	<b>11</b>
<b>1.2. Розрахункові моделі опору залізобетону в граничних та позамежних станах</b> .....	<b>20</b>
<b>1.2.1. Арматурна сталь</b> .....	<b>27</b>
<b>1.2.2. Бетон</b> .....	<b>30</b>
<b>1.3. Дослідження залізобетонних фізично та конструктивно нелінійних систем</b> .....	<b>32</b>
<b>РОЗДІЛ 2 НАУКОВА ЧАСТИНА</b> .....	<b>38</b>
<b>2. Опір прогресуючому обваленню залізобетонних конструктивних систем, що змінюють розрахункову схему при форс-мажорній ситуації</b> .....	<b>38</b>
<b>2.1 Енергетична основа оцінки динамічних ефектів в елементах конструктивних систем, що раптово ушкоджуються.</b> .....	<b>38</b>
<b>2.2. Визначення збільшень напруги в елементах стрижневих статично невизначених конструкцій при раптових вимкненнях елементів</b> .....	<b>40</b>
<b>РОЗДІЛ 3 АРХІТЕКТУРНА ЧАСТИНА</b> .....	<b>43</b>
<b>3.1 Основні характеристики будівлі:</b> .....	<b>43</b>
<b>3.2. Кліматичні умови будівництва</b> .....	<b>45</b>
<b>3.3. Об'ємно-планувальне рішення будівлі</b> .....	<b>45</b>
<b>3.4. Архітектурно-конструктивне рішення</b> .....	<b>46</b>
<b>РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА</b> .....	<b>51</b>
<b>4.1 Основні налаштування аналітичної моделі</b> .....	<b>51</b>
<b>4.2. Особливості розрахунку на стійкість до прогресуючого обвалення в ПК ЛІРА-САПР</b> .....	<b>53</b>
<b>4.3. Розрахунок вторинної конструктивної системи</b> .....	<b>54</b>
<b>4.4. Результати розрахунків</b> .....	<b>56</b>
<b>РОЗДІЛ 5 ОСНОВИ І ФУНДАМЕНТИ</b> .....	<b>58</b>
<b>5.1 Інженерно-геологічні умови</b> .....	<b>58</b>
<b>5.2 Склад та фізико-механічні властивості ґрунтів</b> .....	<b>59</b>
<b>5.3 Розрахунок залізобетонного свайного фундаменту</b> .....	<b>62</b>
<b>5.3.1 Створення довільного фрагмента схеми за допомогою системи «САПФІР»</b> .....	<b>62</b>
<b>5.3.2 Коректування властивостей паль к ПК ЛІРА-САПР</b> .....	<b>63</b>
<b>РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ</b> .....	<b>65</b>

6.1 Небезпечні та шкідливі фактори при виконанні бетонувальних робіт при заливці перекриття.....	65
6.2. Технічні та організаційні заходи та засоби для зниження рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	65
6.3 Забезпечення пожежної та вибухової безпеки при виконанні бетонувальних робіт .....	71
6.4. Інструкція з охорони праці при виконанні бетонувальних робіт .....	73
6.4.1. Загальні вимоги.....	73
6.4.2. Вимоги безпеки перед початком роботи.....	73
6.4.3. Вимоги безпеки під час виконання робіт.....	74
6.4.4. Вимоги безпеки після закінчення роботи.....	75
6.4.5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.....	75
<b>РОЗДІЛ 7 ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ .....</b>	<b>77</b>
7.1. Екологічна безпека у будівельній галузі.....	77
7.1.1. Заходи щодо екологічної безпеки в календарному плані .....	78
7.1.2. Заходи щодо екологічної безпеки на будженплані.....	79
7.1.3. Заходи щодо екологічної безпеки в технологічній карті на монолітні роботи.....	79
7.1.4. Загальні заходи щодо екологічної безпеки, що передбачаються в період будівництва проектного об'єкту .....	79
7.2. Організація природоохоронної діяльності на будівельних підприємствах .....	80
7.3. Природоохоронні заходи при будівництві будівель і споруд .....	83
<b>СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>91</b>
<b>ДОДОТОК А .....</b>	<b>96</b>
<b>ДОДАТОК Б.....</b>	<b>106</b>

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Поняття запобігання прогресуючому руйнуванню (обвалення) та живучості будівель в умовах воєнних дій набуває нової актуальності. Незалежно від джерела виникнення та характеру впливу прогресуюче руйнування кваліфікується як процес розвитку деформацій від локальних – до глобальних. У поточних реаліях стає необхідним враховувати у розрахунках та проектуванні всілякі можливості запобігання прогресуючій руйнації, особливо при проектуванні багатопверхових каркасів будівель.

Знос і пошкодження несучої конструкції або її з'єднань, а отже, зміна міцності і жорсткості елементів розрахункової схеми призводять до зниження конструктивної безпеки конструкції. У найгіршому поєднанні негативних ситуацій вони призводять до раптового провалу та прогресуючого руйнування.

Прогресуюче руйнування - це коли початкове локалізоване пошкодження поширюється як ланцюгова реакція від елемента до елемента, зрештою призводячи до обвалення всієї будівлі або великих її ділянок. Підходи до запобігання або зменшення наслідків прогресуючого руйнування поділяються на три категорії: другорядні заходи (запровадження додаткових заходів захисту, які зазвичай не підвищують стійкість конструкції), дотичне або не пряме проектування (на основі мінімальних вимог до конструкції для забезпечення захисту від прогресуючих обвалень) та пряме проектування. Пряме проектування далі поділяється на: метод локальної протидії і метод можливих пошкоджень.

Відповідно до методу локальної протидії критичні елементи конструкції повинні бути достатньо стійкими до деяких заздалегідь відомих спеціальних навантажень. Недоліком є те, що особливе навантаження на обчислення має бути апріорним. Насправді може виникнути зовсім інше навантаження.

Детальний аналіз поведінки системи після виключення елемента з функціонування, за методом можливого пошкодження. Основна ідея цього методу полягає в тому, що при пошкодженні одного або декількох несучих елементів вся конструкція повинна витримувати діючі на них навантаження. Відповідно до цього методу один з несучих елементів будівлі повинен бути негайно видалений і



розрахований таким чином, щоб виключити можливість руйнування. Цей спосіб в даний час є найбільш поширеним.

Каркасна будівля має несучі елементи, які неможливо захистити від прогресуючого руйнування ні допоміжними заходами, ні за допомогою непрямого проектування. Це ключові елементи каркаса (переважно колони). Для розрахунків будівель від прогресуючого обвалення сучасні нормативні документи (ДБН В.2.2-41:2019 “Висотні будівлі. Основні положення”) рекомендують використовувати різні програмні комплекси. Розрахунок будівлі на прогресуюче обвалення в програмних комплексах необхідно виконувати з урахуванням фізичної і геометричної нелінійності конструктивних елементів, щоб забезпечити максимальну достовірність розрахунків і зменшити додаткові матеріальні витрати. Для розрахунку необхідно використовувати просторову розрахункову модель. Модель може містити елементи, які не є несучими в нормальних умовах експлуатації (зовнішні стіни), але в аварійних ситуаціях можуть сприймати аварійні навантаження та активно брати участь у перерозподілі сил між елементами конструктивної системи.

**Мета і завдання виконання дипломного проекту.** забезпечення безаварійного стану будівлі протягом усього періоду її експлуатації та мінімізація збитків у разі надзвичайних ситуацій, а також дослідити методи прогресуючого обвалення та живучості будівель, дати оцінку стійкості конструктивній системі.

**Об'єкт дослідження.** Прогресуюче обвалення багатоповерхової висотної будівлі внаслідок надзвичайних ситуацій.

**Предмет дослідження.** Багатоповерховий багатоквартирний будинок із вбудованими приміщеннями громадського призначення який складається з двох 17 поверхових секцій із підвалом та технічним поверхом.

**Методи дослідження.** Розрахунок на прогресуюче обвалення математичним моделюванням процесу в програмному комплексі САПФІР та ЛІРА-САПР.

**Наукова новизна отриманих результатів.** В результаті розрахунку ми довели можливість пристосування конструктивної системи до форс-мажорних ситуацій при особливих заходах проектування. Аналізували статично невизначену

систему з двокомпонентного композиційного фізично нелінійного крихкопластичного матеріалу типу залізобетон, розглянули два можливі варіанти миттєвого руйнування елементів системи після запроектного впливу: повного та часткового.

**Практичне значення отриманих результатів.** Результати розрахунків можна використовувати для подальшого аналізу живучості окремих елементів при відмові одного із конструктивних елементів.

**Особистий внесок випускника:**

- Реалізація розрахунку на стійкість до прогресуючого обвалення;
- Аналіз результатів та оцінка ефективності конструктивних рішень для підвищення стійкості від прогресуючого обвалення.

**Публікації:**

X Всесвітньому конгресі "Авіація у XXI столітті" – "Безпека в авіації та космічні технології"

«Забезпечення живучості будівельних конструкцій при надзвичайних ситуаціях»

Бармін І.В., Барабаш М.С.

## РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

### **1. Сучасний стан питання конструктивної безпеки і живності експлуатуючих будівель і споруд.**

#### **1.1. Аналіз досліджень з проблеми конструктивної безпеки та живучості будівельних систем**

Чинна нормативна база та практика забезпечення конструктивної безпеки будівель та споруд здебільшого базується на результатах наукових досліджень, що виконуються у 60-70-ті роки. минулого сторіччя. У сучасних умовах, коли багаторазово зросли впливи техногенного та природного характеру, значна кількість існуючих в Україні будівель та споруд зношена на 50-70%, а десятки тисяч об'єктів вичерпали свій ресурс, необхідні нові знання про методи захисту будівель та споруд від зазначених, так званих запроектних впливів.

Традиційне вирішення завдань конструктивної безпеки ґрунтується на методі граничних станів. Активізації досліджень у галузі конструктивної безпеки будівельних конструкцій сприяла низка руйнувань, аварій та техногенних катастроф в Україні та в усьому світі. Це свідчить про актуальність проблеми нових досліджень з теорії конструктивної безпеки та живучості споруд та експлуатації для запобігання небезпечним аварійним наслідкам.

В останні роки виконано низку досліджень, пов'язаних не тільки з проблемою конструктивної безпеки як характеристики неруйнівності несучої системи при експлуатації об'єкта нерухомості, але і з вирішенням проблеми живучості як характеристики опірності конструктивної системи прогресуючого руйнування при раптових запроектних впливах. Є необхідність у їх аналізі та узагальненні.

Існує кілька підходів до вирішення проблеми протидії прогресуючій руйнації: забезпечення ключових елементів від руйнування шляхом збільшення їх міцності або застосування захисних заходів; підвищення загальної структурної цілісності, пластичності, нерозрізності, додавання зайвих зв'язків;

розрахунки на адаптаційну пристосовність при уявному видаленні кожного елемента, що несе. Останній підхід є найбільш поширеною формою захисту будівель і споруд, що експлуатуються, так як при цьому розрахунком промірюються всі небезпечні варіанти локальних пошкоджень. При цьому постає питання, як виконувати розрахунок, щоб при забезпеченні захисту від прогресуючого руйнування вийшло економічно прийнятне технічне рішення. Для цього в першу чергу необхідно досить суворо аналізувати поведінку конструктивної системи при видаленні в ній ключових елементів.

Необхідність розвитку досліджень живучості конструктивних систем будівель та споруд пов'язана із необхідністю актуалізації нормативних документів до цього регламенту. Відповідно до регламенту, якщо будівля чи споруда має підвищений рівень відповідальності, необхідно виконувати розрахунок на відмову при виключенні одного з елементів системи (має бути враховано аварійну розрахункову ситуацію, у тому числі поза межний стан при цій ситуації, що виникає у зв'язку з вибухом зіткненням, з аварією, пожежею, а також безпосередньо після відмови однієї з несучих будівельних конструкцій). Тобто, по суті, йдеться про розрахунок будівель та споруд на живучість при та відмові ключового елемента споруди від раптового запроектного впливу. Реалізація цього завдання неможлива без створення теоретичних основ та обґрунтування пропозицій щодо розрахунку живучості конструктивних систем та включення їх до новоактуалізованих нормативних документів. Очевидно, що розробка теорії живучості озброєнь пов'язана з накопиченням відповідних статистичних даних про особливості аварій споруд при відмові окремих конструкцій або їх елементів, аналізом даних результатів обстеження споруд, що експлуатуються, а головне - цілеспрямовано поставленими експериментальними дослідженнями.

В даний час питання дослідження і, тим більше, питання нормування параметрів живучості будівель і споруд носять переважно постановочний фрагментарний характер. Деякий аналіз вже виконаних досліджень зроблено на роботах. З цього аналізу випливає, що в Україні та інших європейських країнах

конструктивна безпека будівель та споруд у різній постановці та на різній концептуально-методологічній основі забезпечується нормами цих країн. В основу цих нормативних документів покладено метод розрахунку конструкцій за граничними станами У зв'язку зі щорічним збільшенням техногенних і природних катастроф і відповідно з дедалі більшим розривом між рівнем захисту, що забезпечується нормативними вимогами, і рівнем небезпеки. США, Канада, Англія та деякі інші європейські країни у свої стандарти тією чи іншою мірою внесли доповнення, спрямовані на облік самої можливості та потенційних наслідків аварійних впливів і, як наслідок, прогресуючого обвалу, а також передбачили окремі заходи щодо забезпечення короткочасної (на період евакуації) безпеки людей. Ці доповнення містять підвищені вимоги до ключових несучих елементів системи, що відповідають за їх конструктивну безпеку та живучість, а також методи створення резервних шляхів передачі зусиль при раптовому вимиканні найбільш навантажених несучих елементів конструктивної системи, але обмежуються ці доповнення лише приватними конструктивними вимогами щодо запобігання прогресуючого обвалення будівель. В обов'язковому переліку стандартів та склепінь правил до технічного регламенту з безпеки будівель та споруд такі документи відсутні.

Тим часом за останні два десятиліття в цьому напрямі виконано низку теоретичних та експериментальних досліджень, серед них роботи, Національного авіаційного університету України та інших організацій.

Необхідно відзначити, що за останнє десятиліття виконано та накопичено досвід спеціально поставлених експериментально – теоретичних досліджень у межах аналізованої проблеми. У цьому напрямі проведено дослідження В.М. Бондаренко, М.С. Барабаш, А.М. Бамбурою, Г.А. Генієвим, О.С. Городецьким, В.І. Колчуновим, К.П. П'ятикрестовським, В.А. Гордоном, Ю. Отрошем. Ці дослідження були спрямовані на вивчення силового опору різних типів залізобетонних статично невизначених конструктивних систем у пограничних станах, спричинених раптовим руйнуванням окремих елементів, перерізів, вузлів конструктивної системи. Основною метою проведених випробувань

було експериментальне обґрунтування теорії динамічних довантажень конструктивних систем, у тому числі і при одночасному прояві силових та корозійних запроектних впливів, та створення на цій основі методів синтезу адаптаційно пристосовуваних до таких впливів споруд.

Програма спеціально підготовлених експериментальних досліджень включила випробування та аналіз схем руйнування та дослідних параметрів живучості наступних груп конструктивних систем наведено в Таблиці 1.1:

- перша група - фрагменти трипрогонових нерозрізних балок із збірних залізобетонних елементів суцільного та складового перерізу з переднапруженою арматурою і без (схема 1 - конструкція балки суцільного перерізу, схема 2 - конструкція балки складного перерізу, схема 3 - конструкція балки суцільного перерізу з переднапруженою арматурою);

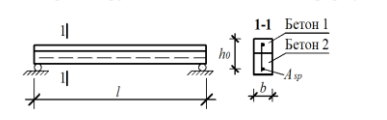
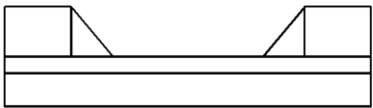
- друга група - фрагменти двопрогонових нерозрізних плоскої та просторової рам із збірних залізобетонних елементів суцільного та складового перерізу (схема 4 - конструкція рами з елементами суцільного перерізу, схема 5 - конструкція рами з елементами шаруватого перерізу, схема 6 - конструкція плоскої рами з рама переднапруженого перерізу, схема 7 - конструкція плоскої рами з гнучкою розкріпленою зв'язками крайньої стійкою);

- третя група - ненапружені та попередньо напружені балки суцільного та складового перерізу (схема 8 - балка ненапружена складового перерізу, схема 9 - попередньо напружена балка складного перерізу з двох залізобетонних елементів, з'єднаних пружно-крихкопластичним податливим швом зсуву, схема 10 - залізобетонна балка складового перерізу при дії позацентрово доданого навантаження);

- четверта група - фрагменти просторових конструкцій та їх окремі вузли (схема 11 - фрагмент двогранної складки у складі складчастого покриття з дефектами та пошкодженнями, схема 12 - ребриста плита складки з корозійними пошкодженнями бетону та арматури).

Таблиця 1.1

№ п/п	Конструктивна схема дослідної конструкції	Кільк. досл. констр.	Вид проектного навантаження	Вид запроектої дії
1	Трипролітна балка суцільного перерізу  Вісь симетрії	4	По дві зосереджені сили у кожному прольоті	Раптове вимкнення моментного зв'язку в перерізі опорою 1
2	Трипролітна балка складового перерізу 	2	По дві зосереджені сили у кожному прольоті	Раптове вимкнення моментного зв'язку в перерізі опорою 1
3	Трипролітна балка преднапружена 	2	По дві зосереджені сили у кожному прольоті	Раптове вимкнення моментного зв'язку в перерізі над опорою 1
4	Рама суцільного перерізу 	2	По дві зосереджені сили у кожному прольоті ригеля	Раптове вимкнення моментного зв'язку лівої стійки з ригелем
5	Рама шарового перерізу 	2	По дві зосереджені сили у кожному прольоті	Раптове вимкнення моментного зв'язку лівої стійки з ригелем
6	Рама преднапруги 	2	По дві зосереджені сили у кожному прольоті ригеля	Раптове вимкнення моментного зв'язку лівої стійки з ригелем

7	<p>Рама з гнучкою розкріпленою стійкою</p> 	6	<p>По дві зосереджені сили у кожному прольоті ригеля</p>	<p>Раптове вимкнення зв'язків та збільшення вільної довжини крайньої стійки рами</p>
8	<p>Балки складового перерізу</p> 	8	<p>Розподілена в середній частині прольоту</p>	<p>Раптове вимкнення зв'язків зсуву</p>
9	<p>Переднапружені балки складного перерізу</p> 	8	<p>По дві зосереджені сили у кожному прольоті ригеля</p>	<p>Раптове вимкнення моментного зв'язку лівої стійки з ригелем</p>
10	<p>Балки складового перерізу</p> 	8	<p>Позацентрово прикладене навантаження</p>	<p>Крихке руйнування по стислій зоні та шву контакту різних бетонів</p>
11	<p>Фрагмент двогранної складки</p> 	2	<p>Рівномірно розподілена</p>	<p>Руйнування внаслідок розриву робочої арматури одного з поздовжніх ребер через недостатню міцність зварного з'єднання гладкої поперечної арматури з робочою в приопорній зоні</p>
12	<p>Ребриста плита складки з корозійними ушкодженнями</p> 	2	<p>Рівномірно розподілена</p>	<p>Раптова структурна зміна, викликана корозійним пошкодженням</p>



Випробуваннями встановлено ряд принципів особливостей деформації і руйнування залізобетонних конструктивних систем з елементами (зв'язками), що раптово вимикаються в них. Найважливіші такі. Встановлено, що раптове застосування до навантаженої статично невизначеної системи запроектного впливу викликає динамічні довантаження у всіх елементах системи. При цьому найбільші довантаження виникають на першій півхвилі коливань. Інтенсивність цих довантажень залежить від топології конструкції, схеми та рівня прикладеного проектного навантаження, схем та інтенсивності армування елементів, граничних умов. Важливими параметрами, що визначають інтенсивність динамічних довантажень фізично нелінійних залізобетонних конструкцій, є рівень навантаження конструктивної системи проектним навантаженням, швидкість запроектного впливу, рівень напруги конструкцій, клас бетону, міцнісні та деформативні характеристики матеріалів.

При цьому встановлено, що небезпечним стає не тільки руйнування вимикається з роботи системи несучого елемента, але і ефект імпульсного впливу на інші елементи конструкції, що виникає при цьому. Внаслідок чого ці елементи можуть також досягати граничного стану. У разі можливо, як локальне, і прогресуюче (лавиноподібне) руйнація всієї системи. У процесі руйнування змінюються конструктивна та розрахункова схеми конструктивної системи. Для оцінки таких змін конструктивної системи у роботах запропоновано методику кількісної оцінки живучості за допомогою параметра живучості  $\lambda$ . В якості такого параметра прийнята величина навантаження, що діє на неї, рівна величині навантаження, при якій в аналізованій конструктивній системі починається процес структурних перетворень, що викликають послідовну зміну її статичної невизначеності від виключення першого зв'язку до перетворення системи в змінну.

Наявні окремі дослідження, присвячені живучості багатоповерхових та висотних будівель при запроектних впливах, умовно можна поділити на два напрямки. Перше – це експериментально-теоретичні дослідження з урахуванням моделювання фрагментів каркасів багатоповерхових будинків. До

другого виправлення належать дослідження, в яких розроблені спеціальні багаторівневі комп'ютерні моделі, що адаптують особливі впливи на існуючу будівлю, наприклад, вибух або падіння літака та удар автотранспорту. Проте динамічна поведінка багатоповерхових будівель при локальних ушкодженнях вивчена вкрай недостатньо. Немає теоретично обґрунтованих методів практичного розрахунку багатоповерхових будівель на прогресуючу руйнацію з урахуванням особливості їх роботи у пограничних станах. Вітчизняне висотне будівництво можна порівняти, за часом свого існування, із Західним і, тим більше, з будівництвом Китаю. Проте досі єдиних і правил проектування таких об'єктів у Росії майже розроблено. Можна лише відзначити помітне збільшення інтересу до наукових досліджень з цього питання у вітчизняній будівельній науці протягом останнього десятиліття. Тут можна назвати роботи А.М. Білостойцького, В.М. Бондаренко, Г.А. Генієва, О.С. Городецького, В.А. Ігнат'єва, В.П. Назарова, С.М. Карпенка, Б.С. Расторгуєва, В.І. Травуша, А.Г. Тамразяна та ін. У більшості цих досліджень конструктивно нелінійні розрахункові моделі будуються до і після раптового виключення зв'язку, проте вплив динамічних довантажень на інші неруйновані елементи конструктивної системи в цих роботах майже не розглядаються.

Виникнення поза межних станів можливе на будь-якому етапі експлуатації конструкції, в тому числі і після тривалого впливу факторів, що знижують характеристики матеріалів конструкції. У зв'язку з розрахунку конструктивної безпеки і живучості споруд виникає проблема корозійної диспозиції при одночасному прояві силового опору конструктивних елементів. Корозійні пошкодження супроводжуються зменшенням ресурсу силового опору конструкцій та їх відмовами за першим або другим граничним станам. У першому випадку це призводить до вирішення конструкцій, а для статично невизначених систем і до раптових довантажень та зміни розрахункових схем споруди; у другому - до зниження жорсткості конструкцій, розвитку великих деформацій і тріщин, що ускладнює або виключає подальшу експлуатацію будівельних об'єктів.

Багаторічними зусиллями вітчизняних та зарубіжних наукових шкіл будівельного матеріалознавства (роботи С.М. Леоновича, А.І. Попеско, Н.К. Розенталя, С. Atkins, М. F. Dan, А. С. Estes, Т. Hakkinen, V. Hogg, К.-Y. Lin, М.В. Roberts та ін) сьогодні досягнуто високого рівня досліджень з розвитку теорії середового опору бетону та арматури. З іншого боку, сьогодні є значні досягнення теоретично силового опору залізобетону. В Україні та країнах СНД пов'язані переважно з роботами В.М. Бондаренко, В.І. Колчунова, А.М. Бамбури, Г.А.Генієва, Н.І. Карпенка, В.І. Мурашова та їх послідовників. У тому числі в технічній теорії зчеплення арматури з бетоном широко відомі праці Т. Kanakubo, В. Martin-Perez, Т. Rabczuk, А. Yasojima та ін. Це створює хорошу основу для розвитку корозійної диспозиції силового опору та живучості будівельних конструкцій при запроектних впливах. Фізичною основою створення такої теорії, може стати специфічна посилка В.М. Бондаренко про феноменологічну однаковість кінетики нерівноважних процесів ушкоджень та розвитку нелінійних деформацій, а також про константність режимних, фізико-механічних та термодинамічних факторів зовнішніх впливів на бетон.

Міждисциплінарний характер проблеми, що розглядається, зумовив маловивченість завдань спільного прояву середовищного та силового опору залізобетону в граничних і, тим більше, пограничних станах (В.М. Бондаренко, А.І. Попеско, А. А.І. Castellani, D. Coronelli та ін.). Досі мало досліджено особливості корозійного зчеплення арматури з бетоном. На шкоду надійності проектних рішень або з невиправданим запасом комплексний підхід до оцінки силового опору залізобетонних елементів силовим і агресивним впливам середовищ замінюється переважно рішенням окремих, хоча і важливих, завдань приватного характеру (А.А. Землянський, Л.М. Пухонто, Б.А Ягупов, С. Norrignoe та ін.).

При розрахунку параметра живучості конструктивної системи  $\lambda$  з'являється необхідність визначення коефіцієнта динамічності в конкретному розрахунковому перерізі елементів конструктивної системи. Найбільш достовірні значення цього коефіцієнта можуть бути отримані проведенням

динамічного нелінійного розрахунку, який є вкрай складним для практичного застосування. У зв'язку з цим у роботі замість повного динамічного розрахунку рекомендується виконувати квазістатичний розрахунок на енергетичній основі для визначення коефіцієнта динамічності в елементах конструктивної системи.

Він має простий фізичний зміст: показує, на скільки разів потрібно помножити статичне навантаження, щоб отримати таке значення динамічного переміщення. Очевидно, що визначення величини коефіцієнта динамічності є ключовим завданням практичного розрахунку конструкцій на руйнування, що прогресує. У зв'язку з цим формулювання рішень класу теоретичних завдань живучості в рамках зазначеної проблеми про динамічне деформування фізично та конструктивно нелінійних систем із залізобетону у пограничних станах базуються на енергетичному підході без залучення апарату динаміки споруд та видаються перспективними.

Наведений аналіз дозволяє зробити висновок про те, що, виходячи з наявної на сьогоднішній день нормативної бази та вкрай обмеженої кількості цілеспрямованих експериментальних досліджень проблему живучості, мабуть, не слід виносити за межі методу граничних станів, і, можливо, запровадити нове (для залізобетону) третій граничний стан. Це дозволить вже найближчим часом нормувати третій граничний стан з позиції локальної та прогресуючої руйнації при одночасному прояві середовищних та силових запроектних впливів.

## **1.2. Розрахункові моделі опору залізобетону в граничних та позамежних станах**

Більшість відомих методів розрахунку залізобетонних конструкцій суцільного та складового перерізу базуються на загальних положеннях та підходах механіки твердого деформованого тіла та основних закономірностей роботи складових конструкцій.

В даний час метод кінцевих елементів (МКЕ) вже досяг щодо високого рівня використання, включаючи дослідження складної поведінки матеріалу

конструкції. Тому немає нічого дивного в тому, що збільшується кількість дослідників та проектувальників, які використовують дні вирішення різних завдань, пов'язаних з оцінкою напружено-деформованого стану залізобетонної конструкції, метод кінцевих елементів у різних постановках.

У низці досліджень щодо напружено-деформованого стану проєктованих залізобетонних конструкцій використовують поєднання методу кінцевих елементів і деформаційної теорії пластичності бетону і залізобетону Г.А. Генієва та інших авторів.

Істотно менше робіт присвячено дослідженням конструкцій експлуатованих будівель і споруд, що мають зношування та отримали пошкодження в процесі експлуатації та при їх демонтажі. Тут, як показано у роботах, виникає низка серйозних додаткових проблем, пов'язаних із зміною властивостей матеріалів, схем впливів, мігруванням граничних умов та зміною конструктивних схем. До нечисленних досліджень цього напрямку можна зарахувати роботи А.Г. Тамразяна, Р.С. Санжаровського. У них розглядаються питання статичної та динамічної міцності та стійкості залізобетонних конструкцій, а останнім часом і питання надійності. В якості фізичних моделей силового опору залізобетону, що найбільш часто застосовуються, тут використовуються моделі жорстко-пластичного типу, каркасно-стрижневі, блокові та ін.

Історично склалося так, що найбільш вивченими як для об'єктів, що знову проєктуються, так і для експлуатованих, виявилися стрижневі та балкові залізобетонні конструкції. Для них були запропоновані різні за своїми вихідними передумовами та параметрами, що враховуються, фізичні моделі опору залізобетону.

Вперше у вітчизняних дослідженнях розрахунок залізобетонних конструкцій із тріщинами у вигляді системи пружних блоків було запропоновано А.А. Гвоздевим, а пізніше розвинений стосовно згинальних і позацентрово стислих елементів у роботах, К.А. Пірадова, В.І. Колчунова та ін. У роботах цих авторів пропонується модель, в якій на зміну звичній нормованій

сьогодні характеристики міцності бетону вводиться енергія, що витрачається на руйнування його структури, та її робочий параметр – критичний коефіцієнт інтенсивності напруг. З цим основним параметром механіки руйнування пов'язується і поняття довговічності конструкції, оскільки довговічність - це структурна характеристика бетону, що змінюється в часі, яку можна визначати критичним коефіцієнтом інтенсивності напруг.

При всіх, на перший погляд, широких можливостях цих моделей у сенсі деталізації процесів деформування видається, що найбільше ефективно їх застосування в слабо армованих залізобетонних елементах, а також елементах з одиничними тріщинами. При цьому завдання визначення напруги і деформації розглядається як контактна для суміжних блоків із задоволенням граничних умов по довжині блоку, що враховують зчеплення арматури з бетоном, і по лінії контакту між блоками, що включають особливість поля напруг у вершині тріщини.

Крім того, чисельна реалізація блокових моделей навіть для традиційних залізобетонних балок сьогодні утрудняється недостатньою вивченістю найважливіших характеристик процесу тріщиноутворення бетону і, отже, неможливістю їх нормування.

Поява деформаційних розрахункових моделей стало, по суті, наслідком об'єднання пружної моделі та пластичної моделі розрахунку за граничними станами. З самого початку їх поява та розвиток йшло за двома основними напрямками.

До першого напрямку відносяться моделі, в яких розглядається ПДВ у точці для кожного з матеріалів композиту на основі їх дійсних діаграм стану. Фізичні співвідношення для перерізу або характерного елемента записуються в цьому випадку виходячи із спільності деформацій бетону та арматури.

Однією з найбільш розроблених моделей цього напрямку є теорія пластичності бетону та залізобетону Г.А. Генієва. Відповідно до цієї теорії залізобетон з тріщинами розглядається як трансверсально-ізотропний матеріал з площиною ізотропії, паралельної площині тріщин. Полагається, що розміри

тіла великі проти відстанями між арматурними стрижнями, що дозволяє нехтувати місцевими напругами в контакту арматури з бетоном і «розмазати» арматуру, забиваючи її коефіцієнтами армування як безперервних функцій координат. Теорія має досить коректне математичне обґрунтування та задовільно узгоджується з численними експериментальними даними, що належать до різних видів напруженого стану.

До другого напрямку належать так звані деформаційні моделі, в основі яких є макроструктурна інтегральна теорія В.І. Мурашова. В її основі - схема усереднень деформацій бетону та арматури на певній характерній ділянці.

Завдяки своїй простоті та чіткій механічній інтерпретації ця модель отримала найбільш широке застосування у дослідженнях та практиці проектування залізобетонних конструкцій і дотепер є основою діючих норм.

Узагальнення та розвитку цієї моделі у різний час були присвячені дослідження В.М. Байкова, Б.С. Расторгуєва, В.М. Бондаренко, А.А. Гвоздева, С.А. Дмитрієва, Я.М. Немировського, А.Б. Голишева, В.Я. Бачинського, В.П. Поліщука, А.С. Залєсова, Н.І. Карпенка, Р.ІІ. Маїляна, В.О. Алмазова, та багатьох інших вчених.

Огляди цих та інших досліджень цього напрямку широко і досить повно освячені у багатьох кандидатських та докторських дисертаціях та монографіях, написаних за останнє десятиліття. Тому торкнемося лише деяких сучасних досягнень деформаційних моделей і застосовуваних у них діаграм станів, які становлять інтерес у світлі розглянутої проблеми.

У дослідженнях В.М. Бондаренко, В.І. Колчунова, Р.С. Санжаровського, С.В. Бондаренко із цієї проблеми розвивається загальна теорія розрахунку залізобетонних конструкцій з урахуванням спільного впливу різних чинників. Авторами пропонується узагальнена характеристика оцінки деформативності залізобетонного елемента – інтегральний модуль деформацій. Введення такої інтегральної характеристики дозволяє звести складне фізично нелінійне завдання з урахуванням режиму та тривалості завантаження до розрахунку стрижня змінної жорсткості на основі добре розробленого апарату будівельної

механіки. З метою створення єдиної методологічної основи деформаційного розрахунку по всьому можливому діапазоні зміни навантаження авторами запропоновано узагальнений вираз визначення коефіцієнта  $\psi_s$ .

З погляду практичного використання деформаційної моделі В.І. Мурашова цікава запропонована А.Б. Голишев, В.Я. Бачинським, Б.С. Розторгуєва модель квазісуцільного тіла, що забезпечує усунення розривної функції жорсткості після утворення тріщин. За розрахунковий приймається не перетин із тріщиною, а перетин між тріщинами з лінійним розподілом деформацій у перерізі за його висотою. Тріщиноутворення моделюються зниженням напруг у розтягнутій зоні за допомогою узагальненого коефіцієнта  $\psi_R$ . Основний недолік моделі - емпіричний характер залежності визначення коефіцієнта  $\psi_R$ , що не дозволяє рекомендувати цю модель для розрахунку широкого класу залізобетонних конструкцій.

Аналізуючи сучасні пропозиції щодо деформаційних моделей, можна відзначити, що при всій величезній кількості наявних пропозицій їх новизна пов'язана, як правило, з варіантами опису аналітичних залежностей діаграм стану матеріалів, а також з методиками представлення характерних точок та основних параметрів нелінійності відповідних кривих.

Відомий широкий спектр пропозицій до опису закону деформування бетону в тому чи іншому ідеалізованому вигляді, від діаграм типу Прандтля з обмеженою горизонтальною гілкою стосовно бетону (пропозиція В.І. Мурашова) до парабол різного виду, дробно-раціональних функцій, статечних поліномів та сплайн-функцій.

У плані використання диференційованого застосування діаграм станів стосовно різних видів напружених станів елементів конструкцій цікаві пропозиції ряду авторів про введення в розрахункову модель поняття про неоднорідне деформування бетону при складному напруженому стані. При цьому для розрахунку рекомендується використання трансформованих дослідних діаграм, отриманих випробуванням зразків при центральному стисканні.



Розглянуті та інші фізичні моделі опору залізобетонних конструкцій розроблялися стосовно аналізу деформування залізобетонних конструкцій на різних рівнях навантаження, включаючи і граничні стани. При розрахунку з використанням цих моделей навантаження передбачаються, як правило, відомими величинами, що приймаються відповідно до чинних норм. Завдання розрахунку зводиться зазвичай аналізу стану конструкцій з позицій вимог граничних станів. Такий розрахунок не дозволяє прогнозувати поведінку конструкцій при запроектних впливах у разі аварій та надзвичайних ситуацій, коли, як зазначалося, виникають пограничні стани в конструктивних системах. Важливим є завдання оцінки ступеня пошкодження і залишкового ресурсу окремих елементів конструкцій чи його груп після таких впливів. При розрахунку деформування та руйнування конструкцій у позаграничних станах, крім інших складнощів, пов'язаних з одномоментним (миттєвим) характером запроектних впливів та зміною властивостей матеріалів при таких впливах, певні складності виникають з необхідністю обліку подвійної, а іноді й потрійної нелінійності деформування конструкцій у пограничних станах.

Основні дослідження у цьому напрямі належать до аналізу напружено-деформованого стану конструктивних систем у стадіях роботи, близьких до граничних. Стадії деформування у позамежних станах другої групи, і особливо у позамежних станах першої групи, досліджені недостатньо. У той же час загальною ознакою потенціалу силового опору в стадіях роботи до граничних станів є збереження геометричної незмінності при одномоментному і послідовному виключенні зв'язків, перерізів елементів, зміні граничних умов. Приватними ознаками - здатність до пристосовності та перерозподілу зусиль, що задовольняють нормативним вимогам щодо несучої здатності, довговічності, експлуатаційної придатності окремих елементів конструкцій або їх груп.

Незначна кількість робіт присвячена проблемі обліку силового режимного навантаження, накопичення корозійних ушкоджень, еволюції граничних умов та розрахункових схем споруд з урахуванням зносу, а також

вікових режимних, незворотних, анізотропних та спадкових факторів. Тут найвідомішими є роботи В.М. Бондаренко, В.В. Болотіна, Р.С. Санжаровського.

У той же час і в цих роботах реалізація загальної та приватної ознак силового опору конструкцій розглядається в рамках виконання вимог методу граничних станів і не аналізується стан конструкцій після одномоментного виключення зв'язків перерізів елементів, якщо це призводить до часткового або прогресуючого руйнування всієї конструктивної системи, справедливо вважаючи, що при настанні пограничних стан конструкції не може йтися про її подальшу експлуатацію. Однак цілком очевидно, що якщо йдеться про оцінку безпеки будівельних систем загалом, то тим, хто користується будинками і спорудами, зовсім не байдуже, який буде характер руйнування їх основних несучих конструкцій при можливих запроектних впливах - локальний або прогресуючий (лавиноподібний). Крім того, представляє інтерес та стан окремих елементів конструкцій або їх груп після запроектних впливів з позицій можливості та доцільності їх відновлення чи посилення.

У дослідженнях з будівельної механіки І.М. Рабінович, Г.А. Генієва, В.А. Баженова та інших не лише показано доцільність та принципову можливість вирішення таких завдань, а й надано вирішення окремих практично важливих завдань з подвійною і навіть потрійною нелінійністю. Встановлено, що основним визначальним видом нелінійності при дослідженні конструктивних систем у стадії руйнування є конструктивна нелінійність.

Можна припустити, що при дослідженні позамежних станів конструкцій можливе використання цих моделей опору, і в першу чергу деформаційних. По-перше, криві станів матеріалів та перерізів при статичному навантаженні та при імпульсивних навантаженнях афінноподібні. По-друге, у позамежних станах другої та першої груп механіка деформування якісно однакова з механікою деформування при короткочасному статичному навантаженні. Підтвердженням служить і те, що при вирішенні подібних завдань, пов'язаних з ударними та динамічними впливами, використовуються фактично ті самі фізичні моделі опору залізобетонних конструкцій, що і при статичних навантаженнях.

Нарешті, з усього діапазону імпульсного впливу з точки зору максимального впливу на конструктивну систему найбільший інтерес представляє лише перший напівперіод навантаження від такого впливу.

Це створює можливість не тільки єдиної методологічної основи деформаційного розрахунку конструктивних систем із залізобетону при проектних та запроектованих навантаженнях, а й проведення такого розрахунку без залучення апарату динаміки споруд.

У зв'язку з тим, що при аналізі живучості конструктивних систем використовуються моделі режимного опору та статико-динамічного деформування залізобетону, наведемо короткий аналіз досліджень з цього питання.

При проектуванні залізобетонних елементів найважливіше значення має розрахунок за деформаціями. Актуальність визначення прогинів у залізобетонних конструкціях значно зросла останніми роками і пов'язана зі збільшенням прольотів сучасних конструкцій, переходом до високоміцних матеріалів та тонкостінних перерізів з обмеженою висотою. Оцінка кривизни і переміщень необхідні і визначення внутрішніх зусиль в статично невизначених системах як у експлуатаційних стадіях, і підході до руйнації. Це особливо стосується розрахунку статично невизначених систем на вплив невантажних факторів, тобто температурних коливань, усадки бетону, зміщення опор. При цьому сучасні методи розрахунку міцності та деформативності залізобетонних конструкцій ґрунтуються на залежностях « $\sigma - \epsilon$ » бетону та арматурної сталі.

### **1.2.1. Арматурна сталь**

Систематичні дослідження динамічних властивостей м'якої арматурної сталі розпочато ще наприкінці XIX ст. Гопкінсоном, а 30-ті гг. минулого століття Н.Н. Давиденкова, А.А. Іллюшин проводилися дослідження при високих швидкостях деформування. При цьому дослідниками були виявлені особливості поведінки сталі за різних режимів навантаження.

Експериментальними дослідженнями за постійної швидкості деформацій, проведеними в Науково-дослідному інституті будівельних конструкцій було виявлено збільшення динамічної межі плинності  $\sigma_{yd}$  зафіксовано подовження майданчика плинності зі збільшенням швидкості деформування  $\varepsilon$ . Різними авторами були запропоновані лінійні, статечні та логарифмічні залежності  $\sigma_{yd}(\varepsilon)$ . Так, Л. Прандтль на основі фізичної теорії пластичного перебігу обґрунтував формулу:

$$\sigma_{yd} = \sigma_y + \sigma_1 \cdot \ln(\varepsilon/\varepsilon_y), \quad (1.1)$$

де,  $\sigma_y$  - статична межа плинності;  $\sigma_1$  - константа,  $\varepsilon_y$  - швидкість деформування при статичному навантаженні.

Залежність (1.1) може застосовуватися у ширшому діапазоні, на відміну від лінійної залежності, що дозволяє визначати  $\sigma_{yd}$  множенням величини  $\sigma_y$  на коефіцієнт динамічного зміцнення  $k_d$ :

$$\sigma_{yd} = k_d \sigma_y. \quad (1.2)$$

Залежно  $k_d$  від  $\varepsilon$  для сталей різних класів наведено у монографії Н.Н. Попова та Б.С. Расторгуєва.

Е. Девісом були проведені експериментальні дослідження арматурної сталі за постійної швидкості навантаження  $\sigma = d\sigma/dt = const$ . Вони спостерігалося, що майданчик плинності має кут нахилу до осі  $\varepsilon$  тим більший, чим більше  $\sigma$ .

Випробування м'яких сталей при раптовому застосуванні постійної напруги ( $\sigma = const > \sigma_y$ ) виявили новий ефект - запізнення пластичних деформацій, показником якого є час, що минув від моменту виникнення напруги, що перевищує  $\sigma_y$ , на початок пластичних деформацій.

Дж. Кемпбелл використовував молекулярно-кінетичну теорію руйнування твердих тіл, висунуту Д. Тейлором, Орованом і Полянці, запропоновано універсальний критерій динамічної плинності сталі. Для м'якої сталі критерій Кемпбелла записується як:

$$\int_0^t [\sigma(t)/\sigma_y]^\alpha dt = t_0 \quad (1.3)$$

де,  $\tau$  - час запізнення пластичної деформації, що відраховується від початку навантаження;  $\alpha, t_0$  - постійні.

У критерії Кемпбелла закладено принцип лінійного підсумовування елементарних часів запізнення пластичної деформації, що виражається у вигляді:

$$\int_0^{t_{yd}} \left\{ [\sigma(t)/\sigma_y]^\alpha / t_0 \right\} dt = 1 \quad (1.4)$$

Цей принцип без застосування теорії дислокацій використовувався Р. Смітом, Г. Паддю та І. Вігнесом, які запропонували логарифмічну залежність для режиму  $\sigma = const$ :

$$(\sigma - \sigma_y)/\sigma_y = m \cdot \ln(\tau_0/\tau_n), \quad (1.5)$$

де,  $m, \tau_0$  - константи для даної температури.

З використанням цього виразу отримано критерій Сміта:

$$(l/\tau_0) \times \int_0^{t_{зап}} \exp\left\{ [\sigma(t_1)/\sigma_y]^\alpha / (m\sigma_y) \right\} dt_1 = 1, \quad (1.6)$$

де,  $t_1$  и  $t_{зап}$  - відраховуються від моменту, коли напруга стає рівною статичній межі плинності  $\sigma_y$ .

Ю.М. Работнов, В.А. Котляревський, Н.Н. Попов та Б.С. Расторгуєв у своїх роботах використали критерій Кемпбелла, Ю.Я. Волошенко-Климовицький – критерій Сміта. Експериментальні дослідження мали на меті встановлення значення констант критеріїв. Незважаючи на те, що критерії Кемпбелла і Сміта не вільні від недоліків, обидва критерії прийнятні для потреб практики.

Зважаючи на те, що розтягнута арматура динамічно навантаженого залізобетонного елемента в перерізі з тріщиною в граничному стані може зазнавати значних пластичних деформацій, важливим завданням є вивчення поведінки сталі за пружністю. На увагу серед робіт цього напрямку заслуговують дослідження Д. Келлі, В.А. Котляревського. Ними запропоновано закони деформування м'якої арматурної сталі за межами плинності.

При цьому наголошується, що матеріал працює пружно до напруги.  $\sigma_{ds}$  (верхня динамічна межа плинності), а потім різко напруги зменшуються і стабілізуються до рівня, названого динамічною межею плинності.

Г.І. Поповим проведено численні дослідження як м'якої сталі, так і арматури підвищеної та високої міцності. Виявлено специфічні особливості деформування останніх. Результати експериментальних досліджень та створені на їх основі розрахункові моделі механічних властивостей стали, вільні від недоліків раніше описаних законів, широко описані в. Основні висновки досліджень такі:

- збільшення верхньої межі плинності зі зростанням швидкості деформування відбувається набагато інтенсивніше у арматури без витяжки, ніж зміцненою витяжкою;

- попередня напруга не має значення величини меж плинності та міцності;

- при допущенні великих пластичних деформацій арматури можна не враховувати верхню межу плинності.

Також у вищеописаних дослідженнях зазначено, що величина модуля пружності при динамічному навантаженні практично не відрізняється від отриманої при статичному випробуванні.

### **1.2.2. Бетон**

Експериментальні дослідження динамічних властивостей бетону проводились А.А. Гвоздевим, Ю.М. Баженовим, А.Л. Амбарцумяном, а також Д. Ватштейном, Т. Хатано, Х. Цуцумі та ін.

Експериментально підтверджено, що при одноразовому динамічному навантаженні бетон руйнується крихкіше, причому не спостерігається суцільного об'ємного руйнування матеріалу. Руйнуються більш перенапружені обсяги, тоді як сусідні ділянки зберігають свою суцільність. Хоча при динамічному навантаженні процес деформування проходить рівномірніше, відзначається афінноподібність кривих деформування при статичному і динамічному навантаженні. Це пояснюється тим, що з підвищенням швидкості

навантаження процесу релаксації напруг у місцях їх концентрації та зміна вторинного поля напруг не встигають протікати в повному обсязі, створюється більш нерівномірне поле напруг.

У дослідах японських дослідників отримано більш значне зростання міцності бетону в залежності від часу випробування, ніж в експериментах вітчизняних вчених. Однак за наявними даними встановити фізичну природу і причину цього розходження не є можливим.

І.К. Білобровим виявлено «аномалію» деформаційних властивостей - у міру збільшення швидкості деформації граничні укорочення спочатку зменшуються, а потім збільшуються. Дослідження Ю.М. Баженова граничних деформацій бетону показали, що їхня величина не залежить від швидкості навантаження. Тому при практичних розрахунках можна використовувати гіпотезу про те, що тріщина відриву з'являється при певному розпушенні матеріалу та виникненні достатньої кількості мікротріщин.

Як правило, це відбувається при досягненні граничної деформації незалежно від того, як це досягається і з якою швидкістю протікає процес деформування. Величина граничної деформації більшою мірою залежить від структури бетону і для важких бетонів постійна.

Для важких бетонів Ю.М. Баженовим отримано залежність коефіцієнтів динамічного зміцнення бетону  $k_{bd} = R_{bd}/R_b$  від часу навантаження до руйнування  $\tau$ :

$$k_{bd} = 1.58 - 0.35 \ln \tau_{max} + 0.07 (\ln \tau_{max})^2. \quad (1.7)$$

Було досліджено явище запізнення руйнування бетону, подібне за природою із запізненням пластичних деформацій у сталі. Так, після збудження в бетоні з високою швидкістю напруг, що перевищують статичний межа міцності, але менших за динамічний, руйнація відбувається не відразу, а після закінчення певного часу, причому для цього вже не потрібно збільшувати навантаження. В.С. Удальцова запропоновано формулу, що пов'язує час затримки руйнування  $\tau_{з.р.}$  з перенапругою:

$$\ln \tau_{з.р.} = 7.55 - 4.88 R_{bd}/R_b. \quad (1.8)$$

Ю.М. Баженов та А.Л. Амбарцумян показали, що межа пружності  $R_{bd}$  і межа тріщиноутворення чутливо залежить від режиму навантаження. У роботі зафіксовано помітне зростання модуля пружності зі збільшенням швидкості деформації. Для аналізу упругов'язкопластичного деформування бетону за різних видів навантаження Ю.М. Баженов, А.Л. Амбарцумян, А.Є. Шейкін використовували рівняння А.Ю. Ішлінського

$$a_1\varepsilon + a_2\varepsilon + a_3\sigma + a_4\sigma = 0, \quad (1.9)$$

де,  $a_1 = E$ ;  $a_2 = \mu_1(E + E_1)/E_1$ ;  $a_3 = 1$ ;  $a_4 = -(\mu_1/E_1)$ ;

$E_1, \mu_1$  - коефіцієнти пружності та в'язкості пружно-в'язкого елемента.

Це рівняння відповідає реологічній моделі з паралельно з'єднаними пружним та в'язким елементами. Точність розрахунків за цією моделлю невисока, що пов'язано з постійністю коефіцієнтів, проте збільшення числа пружних елементів моделі, запропоноване деякими авторами, не надає їй необхідної гнучкості, ускладнюючи розрахунковий апарат.

### **1.3. Дослідження залізобетонних фізично та конструктивно нелінійних систем**

У ряді наукових праць В.М. Бондаренко, В.В. Болотіна, Р.С. Санжаровського приділяється увага проблемі обліку силового режимного навантаження, накопичення корозійних ушкоджень, еволюції граничних умов та розрахункових схем споруд з урахуванням зносу, а також вікових режимних, незворотних, анізотропних та спадкових факторів.

У той же час і в цих роботах реалізація загальної та часткової ознак силового опору конструкцій розглядається в рамках виконання вимог методу граничних станів і не аналізується поведінка конструкцій після одномоментного виключення зв'язків або перерізів елементів, якщо це призводить до часткового або прогресуючого руйнування всієї конструктивної системи, справедливо вважаючи, що при настанні поза межних станів конструкції не може йтися про її подальшу експлуатацію. Однак цілком очевидно, що якщо йдеться про оцінку безпеки будівельних систем в цілому,



то зовсім не байдуже, який буде характер руйнування їх основних несучих конструкцій при можливих запроектних впливах - локальний або прогресуючий (лавиноподібний). Крім того, представляє інтерес та ступінь пошкоджень окремих елементів конструкцій або їх груп після запроектних впливів з позицій можливості та доцільності їх відновлення чи посилення.

Встановлено, що основним визначальним видом нелінійності при дослідженні статично невизначених систем у стадії руйнування є конструктивна нелінійність.

Системи такого типу з ідеальними зв'язками без тертя часто називаються конструктивно нелінійними, які мають єдине джерело нелінійності - наявність односторонніх зв'язків.

Початком загальної постановки питання розрахунку будівельних конструкцій з односторонніми зв'язками очевидно вважатимуться роботу М. Геллера. Об'єктом досліджень служили лише статично невизначені системи, у яких зайві зв'язки чи деякі з них - односторонні. М. Геллер вперше ввів важливе поняття про працюючу «часткову» систему, яка утворюється з «повної» системи вимиканням деяких односторонніх зв'язків. Основну складність розрахунку він цілком правильно вбачав у тому, щоб знайти серед можливих часткових систем дійсну, робочу систему, що відповідає заданому навантаженню. Можливі зусилля односторонніх зв'язків та переміщення за напрямом цих зв'язків, які можуть бути при їх вимиканні, він сприйняв як позитивні. За характеристику працюючої системи взято наступні її властивості або групи факторів:

- 1) зусилля у всіх її односторонніх зв'язках при виключенні інших односторонніх зв'язків повинні вийти позитивними виходячи з рівнянь пружності;

- 2) включення до приватної системи будь-яких додаткових зв'язків з числа відкинутих має призвести до негативних значень зусиль у них;

- 3) переміщення за напрямом односторонніх зв'язків, які не входять до складу робочої системи, повинні виявитися позитивними.

Проте основна проблема - розробка методу, що дозволяє знаходити робочу систему, залишилася невирішеною. Вказівки М. Геллера зводяться до того, що спочатку потрібно визначити зусилля в частковій системі, утвореній видаленням всіх односторонніх зайвих зв'язків, після чого обстежити системи, утворені додаванням тієї чи іншої кількості цих зв'язків. Для практичного подолання цих труднощів потрібен був теоретично обґрунтований оптимальний алгоритм, який у роботі М. Геллера був відсутній.

Своєрідний внесок у розрахунок систем з односторонніми зв'язками внесено 1925 р. М. Грюнінгом. У його книзі розрахунок стрижневих систем, що містять односторонні зв'язки, розібраний на двох нескладних прикладах - чотиришарнірної двопрогонової арки та кабель-крану. Система втілює в собі дві різні тришарнірні статично невизначені арки. Розібрано різні навантаження та відповідні їм статично визначальні системи.

У вужчому аспекті представлена теорія розрахунку систем з односторонніми зв'язками у монографії М.С. Бернштейна.

У ньому розглядаються пружні властивості матеріалу систем. Автором поставлено завдання показати несучу здатність статично невизначених систем, що містять односторонні зв'язки. Основна мета роботи - з'ясувати методом граничної рівноваги ті умови, за яких система стає змінною. Йдеться про системи, що складаються з жорстких ланок, з'єднаних односторонніми зв'язками, - кам'яні склепіння, які складені на слабкому розчині, а також про рівновагу та рух сипких тіл. Автор показує, що з таких систем потрібні два розрахунку - звичайний розрахунок на міцність і розрахунок, з'ясовує ступінь небезпеки руйнації можливого вимикання односторонніх зв'язків. У тих випадках, коли механізм руйнування зрозумілий, легко визначити граничне навантаження, що виводить цей кінематичний ланцюг з рівноваги. Труднощі виникають тоді, коли механізм руйнування невідомий. Для пошуку цього механізму автор користується тим самим способом, який використаний визначення несучої можливості пружнопластичних систем - принцип граничної рівноваги. У книзі М.С. Бернштейна, мабуть, вперше розглянуто

граничний стан статично невизначених систем поза пружністю з урахуванням односторонніх зв'язків.

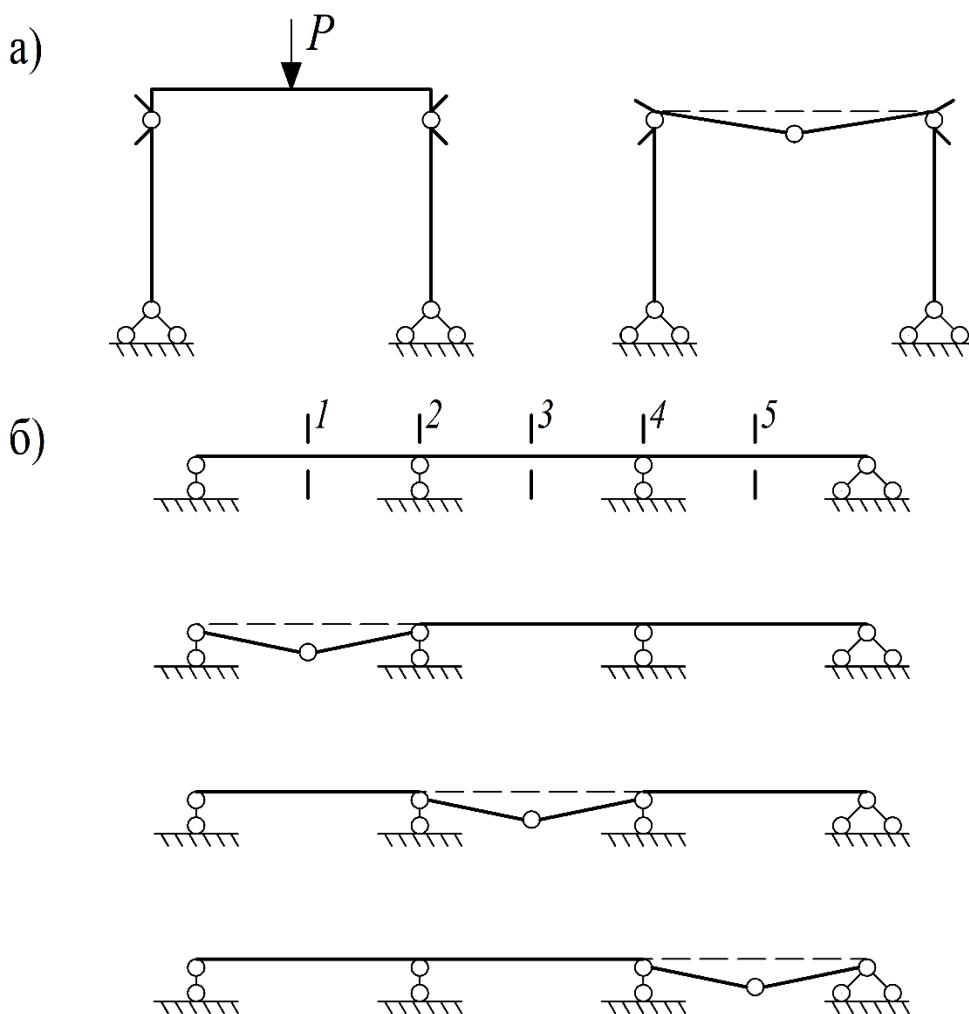
За всієї важливості завдань знайти робочої системи загальна теорія систем з односторонніми зв'язками неспроможна обмежитися рішенням однієї цього завдання (рис. 1.1, а). Доречно зауважити, що для найпростішої системи у вигляді трипрогонової нерозрізної балки, що має п'ять критичних перерізів, можливі три механізми руйнування на основі ймовірності. Тому необхідно вивчити характерні особливості систем з односторонніми зв'язками: питання геометричної змінності, незмінності, ступенів свободи, трансформації статичних і кінематичних методів і загальних теорем про лінійно-деформовані системи. Це важливо і для вирішення задачі про робочу систему. Деякі з цих питань загальної теорії висвітлено у роботах І.М. Рабіновича.

Наприклад, у його роботах доведено, що кінематичний ланцюг з  $p$  ступенями свободи завжди можна перетворити на геометрично незмінну систему за допомогою відповідної установки  $p+1$  односторонніх зв'язків. Доведено єдиність рішення, що відповідає всім умовам завдання (рис. 1.1, б). Вказано деякі зміни, які слід внести у вираз потенційної енергії та принцип взаємності переміщень, коли йдеться про системи, що містять односторонні зв'язки. Розглянуто деякі особливості, що виникають у розрахунку у зв'язку з можливим розкриттям або закриттям проміжків. Показано окремі випадки, що дозволяють відразу знайти робочу систему. Даний спосіб полегшення перерахунків при пошуках робочої системи.

Новий етап у розвитку теорії розрахунку статично невизначених систем, до складу яких входять односторонні зв'язки, розпочався з періоду, коли почали використовувати методи математичного програмування. Представники цього напрямку – О.С. Городецький, А.В. Перельмутер та Н.В. Гордєєв.

Підставою для зведення завдання до математичного квадратичного програмування при розрахунку за методом сил служить те, що система канонічних рівнянь висловлює умову екстремуму потенційної енергії як квадратичної функції зайвих невідомих, а нерівності, що відносяться до знаків

зусиль і переміщень, накладають на функцію, що мінімізується. Еквівалентна задача квадратичного математичного програмування виникає при розрахунку за методом переміщень або змішаним методом. У роботах О.С. Городецького досліджено також умови, за яких можливі геометрична змінність, незмінність, миттєва змінність, миттєва жорсткість і т.д. систем, що містять односторонні зв'язки.



**Рис. 1.1. Схеми рамної (а), балкової (б) трипрогонової систем та механізми їх руйнування**

Можна припустити, що при дослідженні поза межних станів конструкцій також можливе використання тих моделей опору, особливо деформаційних, що і при граничних станах. По-перше, криві станів матеріалів та перерізів при статичному навантаженні та при імпульсному впливі афінноподібні. По-друге, у поза межних станах другої та першої груп механіка деформування

залізобетонних конструкцій якісно збігається з механікою їх деформування при короткочасному статичному навантаженні. Підтвердженням служить і те, що при вирішенні подібних завдань, пов'язаних з ударними та динамічними впливами, використовуються фактично ті самі фізичні моделі опору залізобетонних конструкцій, що і при статичних навантаженнях. Нарешті, з усього діапазону імпульсних впливів з точки зору максимального навантаження конструктивної системи найбільший інтерес представляє лише перший період такого впливу.

Необхідно також зауважити, що облік геометричної нелінійності статично невизначених систем у позамежних станах може змінити оцінку поведінки системи на порядок, якщо схема конструкції і місце локального пошкодження такі, що можуть сприйняти зусилля, що виникли в результаті руйнування. Порівняно з урахуванням фізичної нелінійності, тут розкриваються значно більші резерви.

Це створює можливість не лише єдиної методологічної основи для деформаційного розрахунку конструктивних систем із залізобетону при проектних та запроектних впливах, а й проведення такого розрахунку без залучення апарату динаміки споруд.

Ще одним найважливішим аспектом при аналізі деформування та руйнування залізобетонних конструктивно нелінійних систем при запроектних впливах є дослідження зміни структури перерізу. В роботах В.М. Бондаренко, Мігаль Р.Е. показано, що в результаті корозійного пошкодження змінюються структура та ресурс силового опору стиснутої зони бетону. За рахунок цього можуть виникати тендітна руйнація, односторонні зв'язки, зміна структури всієї системи. В даний час глибокі дослідження за цим напрямком відсутні.

## РОЗДІЛ 2 НАУКОВА ЧАСТИНА

### 2. Опір прогресуючому обваленню залізобетонних конструктивних систем, що змінюють розрахункову схему при форс-мажорній ситуації

#### 2.1 Енергетична основа оцінки динамічних ефектів в елементах конструктивних систем, що раптово ушкоджуються.

Аналізуючи статично невизначену систему з двокомпонентного композиційного фізично нелінійного крихкопластичного матеріалу типу залізобетон, розглянемо два можливі варіанти миттєвого руйнування одного з елементів системи після запроектного впливу: повне або часткове.

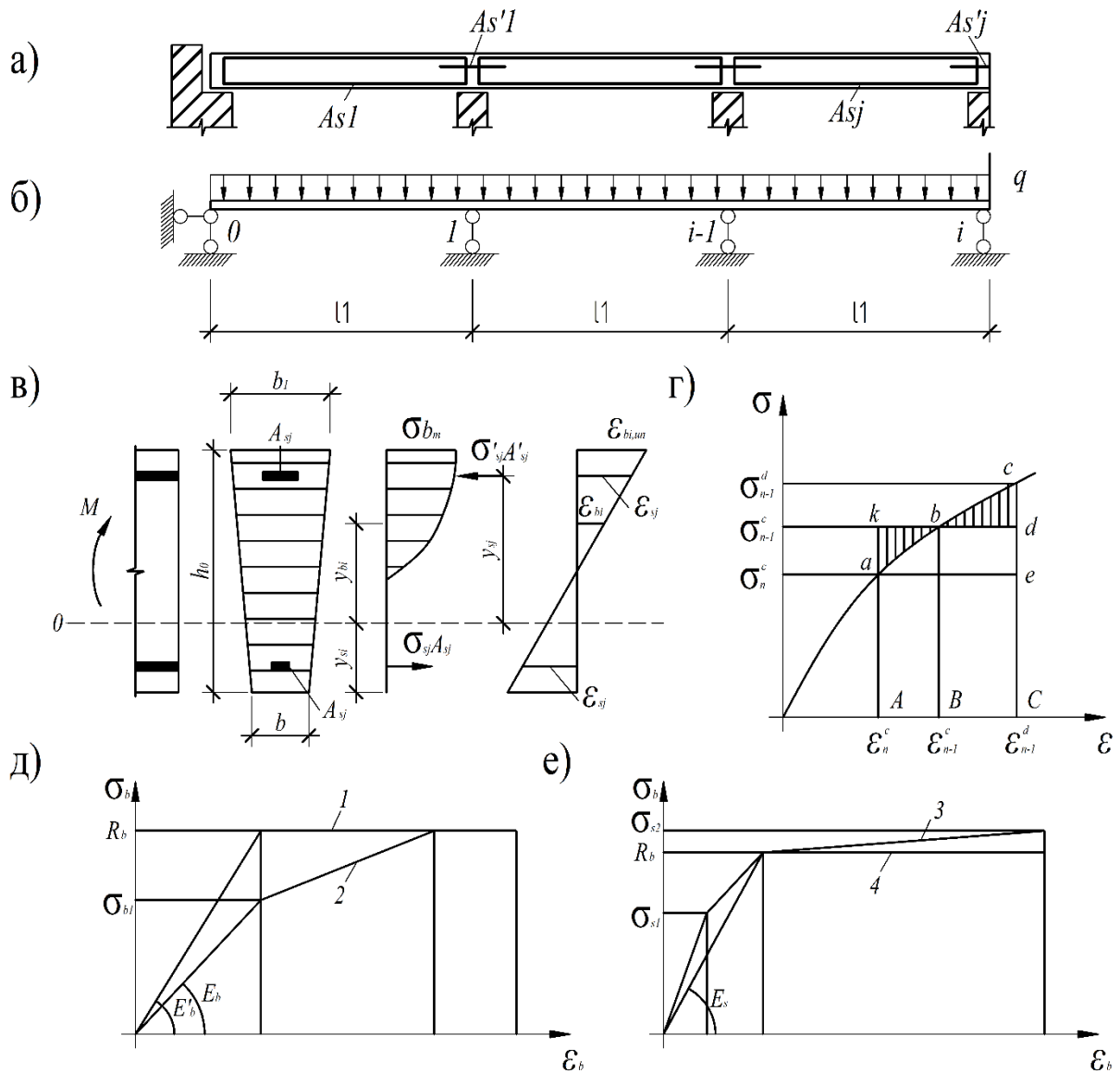
Прикладом реалізації першого випадку руйнування може бути крихке по зварному шву руйнування сполучних або заставних елементів у стрижневій системі або крихке руйнування стисненого бетону при вичерпанні ресурсу моментного силового опору.

Прикладом другого випадку є миттєве утворення тріщин у розтягнутій зоні залізобетонного елемента та подальший перерозподіл зусиль у двокомпонентному елементі, що викликає перерозподіл зусиль у такій системі, а потім її часткове або повне руйнування. Особливо показовим є цей випадок для переднапружених залізобетонних конструкцій при високих рівнях напруженого стану. Навіть при незначному збільшенні в них навантаження відбувається перехід із стадії **I** напружено-деформованого стану залізобетонного елемента до стадії **II**.

Нехай після запроектної дії при значенні параметра навантаження  $\lambda = \lambda_k$  відбулося локальне руйнування деякого перерізу  $k$  ( $k = 0, 1, 2, \dots, m$ )  $n$  раз статично невизначеної стрижневої системи, наприклад, нерозрізної залізобетонної балки, навантаженої однопараметричним навантаженням  $q$  (рис. 2.1 а, б). В результаті цього балка стає  $(n - 1)$  раз статично невизначеною.

Позначимо  $\sigma_{ni}^c$  максимальна напруга на елементарній ділянці бетону стиснутої зони (рис. 2.1, в) для  $i$ -го прольоту вихідного  $n$  раз статично

невизначеної системи в момент, що передує руйнуванню елемента  $i = k$  (де індекс « $n$ » вказує ступінь статичної невизначеності, індекс « $c$ » - статичний характер діючих зусиль)



**Рис. 2.1.** До визначення динамічних напруг у перерізах елементів  $(n - 1)$  раз статично невизначеної стрижневої системи у запроектованому стані: а, б - конструктивна та розрахункова схеми; в - епюри напруг та деформацій; г, д - загальна теоретична та спрощені розрахункові двох - (1) та трилінійна (2) діаграми роботи бетону; е - розрахункові стани арматури з фізичною (3) та умовною (4) межею плинності

Якщо б перехід  $n$ - системи у систему  $(n - 1)$  здійснювався не внаслідок миттєвого руйнування деякого перерізу  $k$ , а шляхом його повільного примусового розвантаження від деякого значення граничного згинального моменту і відповідно зменшення напруги в цій зоні бетону  $\sigma_{nk}^c$  до нульових значень при незмінному зовнішньому навантаженні на систему, що відповідає значенню її параметра  $\lambda = \lambda_k = const$ , то узагальнені внутрішні зусилля і відповідно максимальна напруга в стислому бетоні елементів інших прольотів  $(n - 1)$  раз статично невизначеної балки дорівнювали б відповідним узагальненим внутрішнім зусиллям у заданій нелінійно пружній системі із заздальгідь віддаленим елементом  $k$  при повільному статичному зростанні параметра  $\lambda$  от нуля до  $\lambda_k$ .

При миттєвому руйнуванні елемента  $k$  в системі неминуче виникають динамічний ефект і збільшення згинальних моментів, відповідно напруг в стислій зоні бетону і в розтягнутій арматурі елементів  $(n - 1)$  раз статично невизначеній системі, які протягом першого півперіоду її коливань перевищуватимуть напруги  $\sigma_{(n-1)i}^c$ , відповідні статичному навантаженню системи  $(n - 1)$ . Надалі позначатимемо величини цих динамічних напруг у довільних перерізах неруйнованих частин  $(n - 1)$  раз статично невизначеної системи  $\sigma_{(n-1)i}^d$ .

## **2.2. Визначення збільшень напруги в елементах стрижневих статично невизначених конструкцій при раптових вимкненнях елементів**

Розглянемо визначення динамічних довантажень у загальному вигляді стосовно статично невизначеної стрижневої системи, наприклад, фермі. Найпростіша нелінійна діаграма стану матеріалу при короткочасному навантаженні елемента, згідно з прийнятими гіпотезами, може бути описана деякою кривою, представленою на *рис. 2.1*, г. Не обмежуючи спільності виведення та не конкретизуючи аналітичний вираз для нелінійної діаграми роботи матеріалу, позначимо величини характерних напруг  $\sigma_n^c$ ,  $\sigma_{n-1}^c$ ,  $\sigma_{n-1}^d$  та



відповідних їм деформацій  $\varepsilon_n^c, \varepsilon_{n-1}^c, \varepsilon_{n-1}^d$ . Значення  $\sigma_n^c(\varepsilon_n^c)$  и  $\sigma_{n-1}^c(\varepsilon_{n-1}^c)$  можуть бути отримані попереднім розрахунком  $n$  і  $(n - 1)$ -систем. Шуканою величиною є  $\sigma_{n-1}^d(\varepsilon_{n-1}^d)$ .

Крихке руйнування елемента  $k$ , наприклад, вичерпання міцності одного зі стрижнів ферми, призведе до виникнення загасаючих у часі коливань, що залишилися не зруйнованими стрижнів, у тому числі і розглядається  $i$ -го елемента (від точки А до точки С на *рис. 2.1*, г, коли відбувається його активне навантаження).

Не вдаючись до складання та вирішення диференціальних рівнянь, динаміки стрижневих систем, для вирішення задачі складемо умову сталості повної питомої енергії для  $i$ -го елемента. Вимірюючи рівень його потенційної енергії щодо точки статичної рівноваги А величиною  $\Phi$ , визначається виразом:

$$\Phi(\varepsilon) = \int_0^\varepsilon \sigma(\varepsilon) d\varepsilon, \quad (2.1)$$

величину питомої роботи зовнішніх сил визначимо як добуток  $\sigma_{n-1}^c$ , на відповідне переміщення. Умова постійності повної питомої енергії елемента призводить до наступного аналітичного виразу для значень  $\sigma_{n-1}^d$  або  $\varepsilon_{n-1}^d$ :

$$\Phi(\varepsilon_{n-1}^d) - \Phi(\varepsilon_n^c) = \sigma_{n-1}^d(\varepsilon_{n-1}^d - \varepsilon_n^c). \quad (2.2)$$

Залежність (2.1) означає рівність площі криволінійної трапеції  $AacC$  площі прямокутника  $AkdC$  (см. *рис. 2.1*, з), загальною ділянкою для яких є площа фігури  $AabdC$ . Таким чином, дійсне значення деформації  $\varepsilon_{n-1}^d$  відповідає рівності площі заштрихованих криволінійних трикутників  $akb$  и  $bdc$ .

Для аналізованої нелінійної діаграми роботи «пластичного» типу умова (2.1) призводить до співвідношень:

$$\varepsilon_{n-1}^d - \varepsilon_{n-1}^c > \varepsilon_{n-1}^c - \varepsilon_n^c, \quad (2.3)$$

$$\sigma_{n-1}^d < 2\sigma_{n-1}^c - \sigma_n^c. \quad (2.4)$$

Для матеріалу, що зміцнюється, має місце зворотна картина. Для суто пружного (фізично лінійного) матеріалу умова  $f(akb) = f(bdc)$  визначає рівність:

$$\varepsilon_{n-1}^d - \varepsilon_{n-1}^c = \varepsilon_{n-1}^c - \varepsilon_n^c, \quad (2.5)$$

$$\sigma_{n-1}^d = 2\sigma_{n-1}^c - \sigma_n^c. \quad (2.6)$$

Справді, за  $\sigma = \varepsilon E$  и  $\Phi(\varepsilon) = \varepsilon E^2/2$  залежність (2.2), записана в напругах, набуває вигляду:

$$\frac{1}{2} \left[ (\sigma_{n-1}^d)^2 - (\sigma_n^c)^2 \right] = \sigma_{n-1}^c (\sigma_{n-1}^d - \sigma_n^c). \quad (2.7)$$

звідки випливає вираз (2.6).

Для чисельної оцінки динамічного ефекту, що досліджується, що виникає в конструкціях з фізично нелінійного крихкого матеріалу, розглянемо наступний числовий приклад.

Нехай  $\sigma = B\varepsilon^{0.5}$ ,  $\varepsilon = (\sigma/B)^2$ , де  $B = \text{const}$ . В цьому випадку:

$$\Phi(\varepsilon) = \int_0^\varepsilon \sigma(\varepsilon) d\varepsilon = \frac{2}{3} B \varepsilon^{1.5} = \frac{2}{3} \sigma^3 / B^3, \quad (2.8)$$

та залежність (2.2) наводиться до виду:

$$\frac{2}{3} \left[ (\sigma_{n-1}^d)^3 - (\sigma_n^c)^3 \right] = \sigma_{n-1}^c \left[ (\sigma_{n-1}^d)^2 - (\sigma_n^c)^2 \right]. \quad (2.9)$$

При  $\sigma_{n-1}^c = 1.5\sigma_n^c$  вираз (2.9), що зводиться до квадратного рівняння щодо шуканої напруги  $\sigma_{n-1}^d$  визначає значення:

$$\sigma_{n-1}^d = 1,90\sigma_n^c = 1,27\sigma_{n-1}^c.$$

У випадку ідеально пружного матеріалу, при тому ж співвідношенні між  $\sigma_{n-1}^c$  и  $\sigma_n^c$  отримаємо:

$$\sigma_{n-1}^d = 2,00\sigma_n^c = 1,33\sigma_{n-1}^c.$$

Це свідчить про те, що наявність у матеріалі конструкції непружних деформацій, за інших рівних умов, призводить до зниження величини коефіцієнта динамічності  $\varphi$ , рівного відношенню  $\sigma_{n-1}^d/\sigma_{n-1}^c$

Після визначення динамічних напруг у стрижнях ферми статично невизначеної системи слід здійснювати перевірку виконання для них критерію вичерпання міцності конструкції шляхом порівняння  $\sigma_{n-1}^d$  з відповідними динамічними межами міцності бетону, арматури, що визначаються відповідно до рекомендацій.

Аналогічні залежності можуть бути отримані для визначення прирощень деформацій в елементах систем, що реконструюються, для яких необхідно враховувати особливості їх силового опору при корозійних пошкодженнях.

## РОЗДІЛ 3 АРХІТЕКТУРНА ЧАСТИНА

### 3.1 Основні характеристики будівлі:

Клас наслідків – СС3.

Коефіцієнт надійності щодо відповідальності будівлі – 1,0.

Термін служби будівлі – не менше ніж 50 років.

Клас функціональної пожежної небезпеки – Ф 1.3

Клас конструктивної пожежної небезпеки – СІ;

Рівень відповідальності – ІІ;

Ступінь вогнестійкості – ІІ;

Кліматичний район – ІІ;

Розрахункова температура зовнішнього повітря – 22 °С;

Розрахункове снігове навантаження - 70 кг/м<sup>2</sup>

Нормативне вітрове навантаження - 30 кг/м<sup>2</sup>

Багатоповерхова частина будівлі:

Проектований будинок є 17-поверховою будівлею із підвалом та технічним поверхом.

Розміри будівлі в осях – 1-й поверх - 22,36×101,115м;

2-й поверх – 19,96×101,115м;

Типовий поверх – 19,96×101,115м;

Висота поверхів:

Підвалу – 4,525 м;

1-го поверху – 4,05 м;

2-го поверху – 3,745 м;

Типового поверху – 2,95 м;

Технічного поверху – 1,95 м;

Кількість типів квартир:

1-кімнатні квартири – 120 шт.

2-кімнатні квартири – 90 шт.

3-кімнатні квартири – 30 шт.

Квартири-студії – 30 шт.

Загальна кількість квартир – 270 шт

Секція БС-1:

Кількість житлових поверхів – 15.

Кількість квартир на поверсі – 9

Загальна кількість квартир у секції – 135, зокрема:

- квартир-студій – 15 шт.

- однокімнатних – 60 шт.

- двокімнатні – 45 шт.

- трикімнатні – 15 шт.

Секція БС-2:

Кількість житлових поверхів – 15.

Кількість квартир на поверсі – 9

Загальна кількість квартир у секції – 135, зокрема:

- квартир-студій – 15 шт.

- однокімнатних – 60 шт.

- двокімнатні – 45 шт.

- трикімнатні – 15 шт.

Конструктивна схема будівлі – зі стінами із монолітного залізобетону орієнтованими в обох напрямках осей. Геометрична незмінність будівлі забезпечується роботою монолітних стін та монолітних дисків перекриттів.

Фундамент будівлі – монолітна залізобетонна плита на основі паль.

Палі збірні забивні перетином 350x350мм довжиною 12м.

Несучі стіни – монолітні залізобетонні товщиною 250(200) мм, із бетону класу С20/25 W6 F150.

Перекриття та покриття:

Плита над підвальним поверхом - монолітна залізобетонна товщиною 200мм. бетону кл. С20/25 W6 F150;

Плита над 1-м поверхом - монолітна залізобетонна товщиною 180мм, з бетону кл. С20/25 W6 F150;

Плита над 2м поверхом - монолітна залізобетонна товщиною 200мм, з бетону кл. C20/25 W6 F150;

Плита типового поверху монолітна залізобетонна товщиною 180мм, з бетону кл. C20/25 W6 F100;

Плита покриття – монолітна залізобетонна товщиною 180мм, з бетону кл. C20/25 W6 F150;

Плита покриття машинного приміщення – монолітна залізобетонна товщиною 180мм, з бетону кл. C20/25 W6 F150.

Сходові марші – збірні залізобетонні.

Сходові майданчики – монолітні залізобетонні із бетону кл. C20/25 W6 F150;

### **3.2. Кліматичні умови будівництва**

Згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 комплекс розташований у зоні, що відноситься до II кліматичного району, середня температура повітря найбільш холодної п'ятиденки становить -22С.

Згідно з ДБН В.1.2-2:2006 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування.», будинок розташований в зоні, що відноситься:

до II району по нормативному значенню вітрового тиску, який складає 350 Па (30 кгс/м<sup>2</sup>);

до II району по нормативному значенню снігового навантаження, що складає 700 Па (70кгс/м<sup>2</sup>);

### **3.3. Об'ємно-планувальне рішення будівлі**

Проектований багатопверховий багатоквартирний будинок із вбудованими приміщеннями громадського призначення складається з двох 17-поверхових секцій із підвалом та технічним поверхом.

Будівля прямокутна в плані, зі дзеркально симетричними секціями одина до одної. Габарити першого та другого поверху виступають за межі висотної частини будинку.

У підвалі розміщені основні технічні приміщення та комори для мешканців.

Перший поверх складається з приміщень загального користування, вестибюльної групи для житлової частини, об'єднаної з ліфтовим холлом, технічних та вбудованих приміщень адміністративного призначення, які мають власні входи з вулиці.

Другий поверх складається з приміщень адміністративного призначення, які також мають власні входи з вулиці через сходи першого поверху.

Типові поверхи: 3-17 поверх. На кожному поверсі розташовано по 9 квартир, одно-, дво-, трикімнатних та квартир студій. Усього 270 квартир.

Над житловими поверхами запроектовано тепле технічне горище, що служить для прокладання інженерних комунікацій. На покрівлі розташовується інженерне обладнання. Вихід на горище і покрівлю для кожної секції здійснюється зі сходової клітки.

Зона безпеки маломобільних груп населення розташована у ліфтовому холі. Зона безпеки запроектована відповідно до вимог щодо конструктивних рішень та матеріалів, що застосовуються. Зона безпеки відокремлена від інших приміщень і коридорів, що примикають протипожежними перешкодами, що мають межі вогнестійкості: стіни, перегородки, перекриття – не менше REI 60, двері та вікна – першого типу. Зона безпеки незадимлювана. При пожежі в ній створюється надлишковий тиск 20 Па при одній відкриті двері евакуаційного виходу.

### **3.4. Архітектурно-конструктивне рішення**

Конструктивна схема – каркасно-стінова. Конструкції виконані із монолітного залізобетону. Плити перекриттів та покриттів – монолітні залізобетонні. Сходові марші підвалу, першого та другого поверхів – монолітні, типових поверхів – збірні.

Внутрішні міжквартирні стіни та перегородки: цегляна кладка з керамічної рядової повнотілої одинарної цегли товщиною 250x120x65 мм.

Внутрішньоквартирні (міжкімнатні) перегородки: кладка з керамічної рядової пустотілої одинарної цегли 250x120x65мм. Перегородки санвузлів виконати: кладкою керамічної рядової повнотілої одинарної цегли 250x120x65 мм.

Огороджувальні конструкції наземної частини будівлі: цегляна кладка з керамічної рядової порожнистої потовщеної цеглини - 250x120x88 мм, мінераловатний утеплювач - 150 мм, навісна фасадна система з вентиляльованим зазором з облицьовуванням фасадними алюмінієвими.

Максимальне горизонтальне переміщення (відхилення від вертикалі) будівлі не більше допустимого  $h/500$ .

Несучі стіни будівлі виконані із монолітного залізобетону кл. C20/25 W6 F150 товщиною 200, 250 мм (несучі колони монолітні перетином 400x400 мм з важкого бетону C20/25 W6 F150 з армуванням стрижнями з арматури A500).

Залізобетонні перекриття завтовшки 180, 200 мм. Матеріал перекриттів – бетон класу C20/25 W6 F150, армування арматурою класу A500, A240. Перекриття з жорстким з'єднанням з несучими стінами. Максимальні деформації перекриттів у межах допустимої  $1/200$ .

Сходові майданчики – монолітні залізобетонні із бетону кл. C20/25 W6 F150. Сходові марші - збірні залізобетонні індивідуальні.

Монтаж елементів сходів провадиться на цементно-піщаному розчині M200.

Вентиляційні шахти – з керамічних блоків.

Огородження сходів та лоджій прийняті заввишки 1200 мм.

Шахти ліфтів виконуються в монолітних залізобетонних стінах товщиною 200мм з бетону кл. C20/25 W6 F150 з армуванням сітками арматури A500.

Входи до будівлі для мешканців передбачені з боку житлового двору. Входи в приміщення, що орендуються, відокремлені, доступ здійснюється з боку вулиці. Тамбури житлової частини та адміністративного призначення заглиблені щодо площини фасаду, що забезпечує влаштування навісу над вхідними групами від опадів. Відстань від дверей квартир до виходу до ліфтового холу, що веде на незадимлювану сходову клітку, у поверхових коридорах не перевищує 25 м. Ширина поверхових коридорів не менше 1,5 м, з урахуванням доступу маломобільних груп населення. Шляхи евакуації людей під час пожежі запроектовані відповідно до чинних норм та правил пожежної безпеки.

У всіх приміщеннях адміністративного призначення проектом передбачається влаштування санвузлів та приміщень прибирального інвентарю.

Покрівля житлової частини – плоска, утеплена, традиційна, із внутрішнім водостоком. Покрівля вбудованих приміщень на 1-му та 2-му поверсі – плоска, утеплена, із зовнішнім організованим відведенням води. Водовідведення здійснюється через зливні пристрої в парапеті (скапери) з підключенням до зовнішніх водостічних труб, що спускаються по фасаду. Скидання води передбачається на прилеглу територію.

Всі житлові кімнати та кухні мають природне освітлення через отвори в зовнішній стіні. Кожна квартира має заклепани лоджію або балкон. Вікна укомплектовані замками безпеки, встановленими в нижній брусок стулки з боку ручки і що забезпечують блокування поворотного (орного) відкривання стулки, але дозволяють функціонування відкидного положення або використання паралельно-висувного відкривання стулок. Природно освітлення житлових кімнат прийнято через двокамерні склопакети з енергозберігаючим покриттям с припливними клапанами.

Для обробки всього будинку використовується сертифікована система вентильованого фасаду поверх мінераловатного утеплювача, використовуємо навісну фасадну систему з вентильованим зазором з облицюванням фасадними касетами на металевому каркасі. Для обробки фасадів використовуються п'ять основних кольорів. Перший і другий поверхи відбиті за кольором контрастним кольором, щодо житлових поверхів. Секції, у яких типові поверхи знаходяться в одній площині фасаду, мають однаковий колір. Цоколь обробляється аналогічно фасаду 1-го поверху.

Вітражі та вікна з алюмінієвих та склопластикових профілів, віконні профілі ламінуються плівкою. Віконні відливи та укуси, фартухи парапетів – з оцинкованої пофарбованої сталі.

У вікон квартир на фасаді передбачаються декоративні навісні кошики для установки блоків кондиціонерів. Кошики виконуються з оцинкованого металу з фарбуванням контрастного оздоблення фасаду на кожній ділянці, але в єдиній кольоровій гамі. Водостічні труби по фасаду першого та другого поверху виконані в тон оздоблення фасаду на кожній ділянці.



Внутрішнє оздоблення приміщень житлового будинку визначається функціональним значенням кожного приміщення, з урахуванням пожежних та санітарно-гігієнічних вимог.

У нежитлових приміщеннях передбачається оздоблення стін тамбурів із ГКЛ, стіни інших приміщень – без оздоблення. Чистове оздоблення нежитлових приміщень громадського призначення буде передбачено з дотриманням вимог санітарних норм іншою проектною документацією після введення об'єкта в експлуатацію.

Передчистове оздоблення стін квартир – штукатурка гіпсова, в санвузлах цементно піщана суміш, по стелі виконується затирання раковин та стиків. Оздоблення стін балконів та лоджій виконується декоративною фасадною тонкошаровою штукатуркою, стелі – затиркою швів та стиків.

У місцях загального користування чистове оздоблення стін виконується з утепленням сходових клітин, тамбурів мінераловатним утеплювачем, оштукатурюванням та подальшим забарвленням по дизайн-проекту. Стелі МЗК – затирання раковин та стиків.

Технічні приміщення 1-го поверху: по стінах виконується штукатурка з наступним фарбуванням водоемульсійною фарбою, в приміщеннях з «мокрими» процесами передбачена керамічна плитка на висоту 1,8 м від рівня підлоги. По стелі виконати затирання раковин і стиків, з наступним забарвленням водоемульсійною фарбою.

Оздоблення технічного горища відсутнє.

Підлоги:

У приміщеннях квартир: шумоізоляція товщиною 10 мм, гідроізоляція в 1 шар (для с\у) та напівсуха стяжка з фіброволокном (не нижче за М150) товщиною 60 мм. Підлоги лоджій: напівсуха стяжка з фіброволокном (не нижче за М150) товщиною 40 мм. У місцях загального користування: шумоізоляція товщиною 6 мм, напівсуха стяжка (не нижче за М150) товщиною 60 мм, плитковий клей – 5 мм, керамогранітна плитка – 10 мм. Підлоги вбудованих приміщень громадського призначення виконати з цементно-піщаної стяжки з фіброволокном завтовшки 40 мм за шаром теплоізоляції ЕППС 35 завтовшки 50 мм.

Усі квартири у проектованому житловому будинку мають нормативну тривалість інсоляції – не менше 2,0 годин. Природне освітлення мають усі житлові кімнати та кухні. Природне освітлення житлових кімнат прийнято через двокамерні склопакети з припливними клапанами в ПВХ переплетення. Віконні блоки виконані із застосуванням прозорого скла у склопакетах.

З метою захисту від шуму проектом передбачено:

1. Вікна сучасної конструкції з ефективним склінням та застосуванням пружних прокладок та ущільнювачів, що забезпечують у закритому положенні зниження транспортного шуму на величину не менше 26 дБ.

2. Звукоізоляція у підлогах житлових приміщень.

3. Зовнішня огорожа з ефективним мінераловатним утеплювачем якості теплозахисту з підвищеними звукоізолюючими властивостями.

4. Устаткування, що є джерелом шуму, передбачене в окремих приміщеннях із глухими перегородками.

Розрахункова величина індексу зниження наведеного рівня ударного шуму для перекриттів 21 дБ.

## РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

### 4.1 Основні налаштування аналітичної моделі

При виборі програмного забезпечення, що використовує технології інформаційного моделювання в області будівництва, слід враховувати чимало чинників: як можливості програмного комплексу в середовищі розробки, так і здатність виконувати спеціалізовані розрахунки та аналіз за даними проекту.

У дипломі розглянуто виконано розрахунок на стійкість до прогресуючого обвалення конструкцій з монолітного залізобетону, надано аналіз напружено-деформованого стану шляхом отримання розрахункової схеми будівлі при його моделюванні у ПК «Allplan» з передачею IFC моделі в ПК «САПФІР» з наступним налаштуванням та передачею даних до розрахункового комплексу «ЛІРА-САПР».

Актуальність використання ПК «САПФІР» у проектній діяльності підтверджується такими можливостями:

- зручні та примітивно зрозумілі інструменти графічного побудови та редагування параметричних 3D-моделей архітектурних конструкцій створюють усі умови для повного розкриття творчий потенціал проектувальника;

- коректно імпортована 3D-модель автоматично формує аналітичну модель, яка дозволяє виконувати розрахунок на міцність та надає можливість аналізу напружено деформованого стану конструкцій за допомогою розрахункового комплексу ПК "ЛІРА-САПР";

- швидке створення розрахункової схеми будівлі або споруди;

- параметризація та структурування інформаційної моделі дозволяють контролювати навіть дуже складні проекти, з легкістю вносити корективи на будь-якому з етапів проектування і тут же проводити розрахунок міцності, що провокує багатоваріантність та заохочує творчий пошук.

Для досягнення мети було поставлено такі завдання:

1. Створення 3D-моделі будівлі із монолітного залізобетону у ПК «Allplan» з передачею IFS моделі в ПК «САПФІР» та подальшим призначення навантажень.
2. Формування коректної аналітичної моделі будівлі у ПК «САПФІР».
3. Передача розрахункової моделі будівлі з ПК «САПФІР» до ПК «ЛІРА-САПР».

#### 4. Виконання розрахунку будівлі та аналіз отриманих результатів.

Досягнення перелічених вище завдань виконувались за допомогою наступних дій:

1. Створення сітки осей та рівнів (поверхів) будівлі.

2. Моделювання несучих конструкцій будівлі: фундаменту на природній підставі, стін (технічний поверх), колон та плит перекриттів.

3. Призначення матеріалів для кожної конструкції, таких як клас бетону, клас арматури та клас вогнестійкості.

4. Збір навантажень на плити перекриття та покриття.

Навантаження, що враховуються при розрахунку:

- власна вага (розраховується автоматично програмою виходячи з геометричних параметрів конструкцій та матеріалів).

- постійні навантаження: конструкції підлог.

- тривалі навантаження: конструкції перегородок.

- короткочасні навантаження: корисне навантаження приймається відповідно до даних таблиці із ДБН В.1.2-2:2006 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи» (табл. 6.2).

- снігове навантаження, включаючи снігові мішки. Розраховується у ПК «САПФІР» автоматично шляхом завдання снігового району будівництва відповідно до ДБН В.1.2-2:2006 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи» (Рис. 8.1).

— вітрове навантаження (розраховується автоматично шляхом вказівки вітрового району будівництва відповідно до ДБН В.1.2-2:2006 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи» (Рис. 9.1).

— тиск ґрунту на стіни підвалу. Розраховується та прикладається автоматично в «САПФІР» шляхом завдання ґрунтових характеристик, висоти підвалу та вибору необхідних стін.

5. Формування таблиць розрахункових поєднань зусиль (PCY) та розрахункових поєднань навантажень (PCN).

6. Формування аналітичної моделі відбувається автоматично під час створення фізичної моделі. Для отримання коректної розрахункової моделі необхідно виконати перетин стрижнів та пластин, а також провести тріангуляцію пластин. Після цього модель готова до передачі в ПК «ЛІРА-САПР» для розрахунку.

7. Виконання розрахунків несучих конструкцій у ПК «ЛІРА-САПР» та аналіз отриманих даних напружено-деформованого стану конструкцій.

#### **4.2. Особливості розрахунку на стійкість до прогресуючого обвалення в ПК ЛІРА-САПР**

Стійкість будівлі до поступового руйнування перевіряється шляхом розрахунку спеціальних комбінацій навантажень і дій, включаючи постійні та тимчасові довгострокові навантаження, а також ефект передбачуваного місцевого осідання несучої конструкції. Згідно з діючими правилами проектування залізобетонних і сталевих конструкцій розрахункові властивості опору і деформації матеріалів вважаються такими, що відповідають їх кодовим значенням. Для розрахунку окремої будівлі рекомендується використовувати просторову розрахункову модель. Видалення одного або кількох елементів змінює структурну схему та функціональні властивості елементів, що примикають до місця, над яким зламани або «висять», і це необхідно враховувати при визначенні властивостей жорсткості елементів та їх з'єднань. Для кожного вибраного локального знищення це потрібно розглянути всі механізми прогресуючого колапсу.

Статичні розрахунки квадратичних систем повинні розраховуватися як пружні Система враховує геометричні та фізичні нелінійності за допомогою сертифікованого програмного комплексу ПК «ЛІРА-САПР» . При розрахунку з геометричними та фізичними нелінійностями жорсткість перерізу елемента конструкції слід враховувати згідно з урахуванням тривалості дії навантаження та наявності тріщин. Реалізація цього розрахунку застосовна лише для нормального перерізу згинального елемента в області найбільшого згинального моменту, оскільки не враховує дію зсувних зусиль.

Основна перевага ПК ЛІРА-САПР перед іншими програмними засобами полягає в тому, що його обчислювальні характеристики враховують фізичну

нелінійність матеріалу. Нелінійний процесор для вирішення фізичних нелінійних задач матеріалів у контексті нелінійної теорії пружних і пружнопластичних зв'язків. Результатами розрахунків є сили, напруги та переміщення на кожному етапі прикладання навантаження, де формуються пластичні умови, та інформація про те, які елементи руйнуються першими. Також можна визначити навантаження, при якому руйнується перший елемент конструкції, і з цього визначити наявні резерви по несучій здатності.

### **4.3. Розрахунок вторинної конструктивної системи**

Вторинна конструктивна система будівлі – це модифікована первинна система, яка не містить вертикальних конструктивних елементів. При цьому також враховуються навантаження і властивості матеріалу. Моделювання прогресуючого руйнування необхідно для дослідження стійкості всієї будівлі та виживання окремих конструкцій у разі руйнування окремих елементів конструкції. Аналіз рекомендується в контексті нелінійних динамічних розрахунків, які вимагають великих знань, навичок і досвіду в галузі динаміки. Водночас у деяких роботах і програмних системах робляться спроби змоделювати «прогресивний» процес руйнування конструкції на основі лінійно-пружного статичного аналізу. Для вирішення таких завдань запропоновано математичне моделювання процесу навантаження на основі кроку уточнення як основний метод моделювання процесу життєвого циклу конструкції. Цей розрахунок можна виконати в програмному комплексі ЛІРА-САПР за допомогою «Монтажні таблиці»

При проектуванні захисту будівель від поступового руйнування необхідно розрізняти два цілісні конструктивні елементи: без зміни напруженого стану та якісну зміну напруженого стану. Основним завданням проектування є забезпечення міцності та стійкості конструкцій, які втратили опору внаслідок локального руйнування. Фізичні нелінійності враховуються шляхом введення нелінійних кореляційних діаграм напруг. Відповідно до посібника ПК «ЛІРА-САПР» фізична нелінійність встановлюється наступним чином: Для кожного елемента встановити жорсткість. За допомогою параметрів матеріалу встановлюється нелінійний закон

деформації, а в інструкції рекомендовано вибрати тип - експоненціальний закон деформації (стандартна міцність) бетону та сталевих прутків. Далі в цьому розділі задайте параметри арматури. Для елементів стиснутої арматури вкажіть точкове армування.

Наступним кроком є зміна типу скінченного елемента. ПК «ЛІРА-САПР» рекомендує замінювати звичайні площинні елементи на фізично нелінійні кінцеві елементи. Бібліотека нелінійних кінцевих елементів також включає елементи, які дозволяють розглядати як фізичні, так і геометричні нелінійності. Для розрахунку опору суцільному обваленню візьмемо за приклад руйнування колони на наземній частині будівлі. Розрахунок стійкості до поступового руйнування базується на стандартних навантаженнях. Усі навантаження слід вважати статичними з коефіцієнтом надійності навантаження 1,0. При навантаженнях, що імітують обвалення колони, встановлено динамічні коефіцієнти 1,1-1,2. Для цього у верхніх вузлах колони необхідно встановити 10-20% зусилля в колоні від попередньої комбінації навантажень. Передбачається, що після знесення несучі властивості всіх матеріалів підлоги повністю реалізуються одночасно.

У цьому випадку вибір коефіцієнта потужності є спірним питанням. У зарубіжних матеріалах передбачений більш широкий діапазон динамічних показників: в стандартах UFS і GSA динамічний коефіцієнт дорівнює 2,0. Для хмарочосів, динамічний коефіцієнт  $k_f = 1,5$ . Загалом динамічний коефіцієнт приймається у відсотках від комбінації розрахунків навантаження-сила у вузлі видаленого елемента або використовується квазістатичний метод розрахунку, де динамічний коефіцієнт залежить від відносної висоти зони стиснення під динамічне навантаження. Далі за допомогою «Монтажні таблиці» моделюються всі етапи збирання та розбирання. Фаза монтажу: має відповідати кількості варіантів навантаження. Далі, першим етапом є використання самовагової монтажної конструкції. Другий етап - розподіл всіх постійних навантажень - перегородок, перекриттів, ваги огороженої конструкції. Крім того, застосовуються більш тривалі тимчасові навантаження. При переході на новий етап виникають навантаження, а сили від попередніх навантажень залишаються в конструкції. На

кожному проході навантаження від статичного навантаження та результуючий напружено-деформований стан конструкції розглядаються відносно її напруженого стану на попередньому етапі навантаження. Третій етап - руйнування обраного елемента, де навантаження, що дорівнює 20% напруги у вузлі, прикладається до відповідного навантаження у верхній частині вузла згідно з розрахунком першого набору граничних станів. Для виконання нелінійних розрахунків системи з урахуванням процесу модифікації необхідно задати кількість нелінійних варіантів навантаження рівною кількості фаз монтажу. У кожному випадку навантаження використовується простий метод розрахунку кроків з рівномірною кількістю кроків, що дорівнює 10, представленим лише на етапах складання та розбирання.

#### **4.4. Результати розрахунків**

Результати розрахунків наведені у додатках:

- звіт по розрахунку (Додаток А);
- звіт на прогресуюче обвалення (Додаток Б).

На основі розрахунків у змодельованій надзвичайній ситуації – руйнування пілонів підвального поверху БС-1 по осі К-9; К-10, та БС-2 по осі Е-29; Г-29 не відбудеться руйнування будинку, забезпечується необхідна стійкість. Коли пілон виключається, сила розподіляється на сусідні пілони та стіни. Прогин в плиті допустимий. Така кількість пошкоджень не є поступовим руйнуванням. Немає потреби в резерві потужності та застосуванні будь-яких інших заходів для запобігання поступовому обвалу. В результаті розрахунку фізичної нелінійної задачі, крім руху вузлів і напружень (сил) в елементі, формується інформація про стан матеріалу в елементі конструкції. Ця інформація міститься в таблиці «Інформація про стан матеріалу та містить інформацію про фізичну нелінійну поведінку матеріалу під час поступового застосування навантаження». Крім того, таблиці формуються, якщо матеріал перетину частково або повністю руйнується в процесі вирішення задачі і якщо в процесі покрокового розрахунку на якомусь перерізі формується пластиковий шарнір. Ці повідомлення вказують на відсоток відмови елементарної частини вихідного матеріалу. Відсоток руйнування матеріалу



розраховується на основі заданої кількості руйнування. За результатами розрахунку послідовність відмов можна визначити з таблиці інформації про стан матеріалу, вказавши етап монтажу через таблицю монтажу. Також можна оцінити граничний момент умовного руйнування конструкції. Його можна простежити до початку фази течії, коли конструкція досягає максимальної деформації під максимальним навантаженням.

## РОЗДІЛ 5 ОСНОВИ І ФУНДАМЕНТИ

### 5.1 Інженерно-геологічні умови

Майданчик пошуків є пустир, вільний від забудови. Поверхня майданчика відносно рівна, має невеликий ухил у північно-східному напрямку. Абсолютні позначки поверхні землі змінюються в межах 122.00 – 124.25 м.

За сукупністю факторів досліджувана територія відноситься до II категорії складності інженерно-геологічних умов.

Геологічний розріз до глибини дослідження 25.0 м представлений алювіально-делювіальними відкладеннями середньочетвертого віку  $Q_{2-3}$ .

З поверхні землі до глибини вивчення 25.0 м геолого-літологічна будова майданчика є наступним зведеним інженерно-геологічним розрізом:

Таблиця 5.1 - Зведений інженерно-геологічний розріз

Номер ІГЕ	Опис ґрунтів	Потужність ІГЕ, м	
		Мін. розкрита	Макс. розкрита
НС	Насипний ґрунт супіщаного складу коричневий, з включенням щебеню карбонатних порід.	0,9	2,5
3А	Суглинок напівтвердий псчаний світло-коричневий, коричневий з включенням гнізд, прошарків піску	0,8	11,0
3Б	Суглинок тугопластичний піщаний коричневий, з включенням прошарків піску, супіску, ділянками залізний	0,5	8,5
4А	Супесь коричневий, світло-коричневий, з включенням гнізд, прошарків піску	0,7	5,5
7	Пісок середньої крупності маловологий, світло-коричневий, ділянками залізний, з прошарками суглинку, супіски.	0,6	10,2

Нормативна глибина сезонного промерзання ґрунту, складає:

- для глин та суглинків – 1.43 м;
- для супісків та пісків пилюватих, дрібних – 1.75 м;
- для пісків середньої крупності, великих, гравистих, великоуламкових ґрунтів – 1.87 м.

Майданчик досліджень з небезпеки прояву поверхневих карстових процесів відноситься до VI категорії стійкості – території стійкі, можливість провалів виключається.

Інтенсивність сейсмічних впливів у балах (сейсмічність) шкали MSK-64 для середніх ґрунтових умов та трьох ступенів сейсмічної небезпеки для району будівництва прийнято на основі комплекту карт загального сейсмічного районування території України (ЗСР-2004).

Розрахункова сейсмічна інтенсивність протягом 50 років у м. Бровари для об'єктів нормальної відповідальності відповідає:

0 балів за картою ЗСР-2004-А (ймовірність можливого перевищення інтенсивності землетрусу – 10%);

0 балів за картою ЗСР-2004-В (ймовірність можливого перевищення інтенсивності землетрусу – 5%);

6 балів за картою ЗСР-2004-С (ймовірність можливого перевищення інтенсивності землетрусу – 1%);

Ґрунти ділянки відведеної під будівництво, за сейсмічними властивостями, належать до II категорії.

## **5.2 Склад та фізико-механічні властивості ґрунтів**

В результаті аналізу просторової мінливості показників властивостей ґрунтів, визначених польовими та лабораторними методами досліджень, на ділянці проектного будівництва виділяється 5 інженерно-геологічних елементів:

ІҒЕ № НС – насипний ґрунт;

ІҒЕ № 3А - суглинок легкий напівтвердий, твердий;

ІҒЕ № 3В - суглинок легкий тугопластичний;

ІГЕ № 4А - супісок твердий;

ІГЕ № 7 - пісок середньої крупності маловологі, середньої щільності;

Характеристики фізико-механічних властивостей виділених ІГЕ наведено у таблиці 5.2:

Таблиця 5.2 - Нормативні та розрахункові значення характеристик ґрунтів

№ ІГЕ	Номенклатурний вид ґрунту	Щільність ґрунту, $\rho$ , г/см <sup>3</sup>			Кут внутрішнього тертя, $\varphi$ , град.			Питоме зчеплення С, кПа			Модуль деформації, Е, МПа	
		норм.	$\alpha=0.85$	$\alpha=0.95$	норм.	$\alpha=0.85$	$\alpha=0.95$	норм.	$\alpha=0.85$	$\alpha=0.95$	норм	розрах.
НС	Насипний ґрунт	1,72	1,71	1,71	17,5	17,3	17,2	9,1	8,7	8,5	7,6	7,6
		1,97	1,96	1,95	17,5	17,3	17,2	9,1	8,7	8,5	7,6	7,6
3А	Суглинок напівтвердий, твердий	1,95	1,93	1,93	21,3	20,6	20	21	19,6	18,6	10,1	10,1
		2,06	2,04	2,03	21,2	20,4	19,9	16,5	15,4	14,6	10	10
3В	Суглинок тугопластичний	1,94	1,93	1,92	18,9	18	17,4	27,4	26,3	25,6	6,6	6,6
		2,02	2,01	2	16,6	15,7	15,2	21,5	20,6	20	6,5	6,5
4А	Супесь тверда	1,87	1,86	1,86	24,7	24,3	24,1	10,4	9,9	9,6	17,3	17,3
		2,06	2,05	2,04	24,2	23,8	23,6	7	6,7	6,5	16,5	16,5
7	Пісок середньої крупності, маловологий	1,71	1,71	1,7	32,4	32,2	32,1	1,1	-	-	30,4	30,4
		2,01	2,01	2	29,3	29,1	29	1,1	-	-	30,4	30,4

Примітка: У чисельнику дробу дано значення ґрунтів у природному стані, у знаменнику – у водонасиченому стані.

$\rho_n E_n C_n \varphi_n$  – нормативні значення,

$\rho_I C_I \varphi_I$  – розрахункові значення (за несучою здатністю,  $\alpha=0.95$ ),

$\rho_{II} C_{II} \varphi_{II}$  – розрахункові значення (за деформаціями,  $\alpha=0.85$ ).

Рекомендований для розрахунків коефіцієнт фільтрації для суглинків ІГЕ №3А, №3В – 0.05 м/добу, для супісків ІДЕ №4А, – 0.5 м/добу. За даними лабораторних визначень коефіцієнт фільтрації для піску середньої крупності ІГЕ №7 – 9.48 м/добу.

Глинисті ґрунти ділянки досліджень набухаючими і просадними властивостями не мають, величина відносного вільного набухання  $\varepsilon_{sw} < 0.04$ , величина відносної просадності  $\varepsilon_{sl} < 0.01$ .

За ступенем морозонебезпеки, визначеної за параметрами вологості ґрунтів ґрунти, що знаходяться в зоні сезонного промерзання:

ІГЕ № НС, насипний ґрунт – слабопучинистий ( $R_f = 0.197$ ).

ІГЕ № 3В, суглинок тугопластичний – слабопучинистий ( $R_f = 0.251$ ).

На ділянці досліджень мають розвиток специфічні ґрунти техногенного походження, представлені насипними ґрунтами ІГЕ №НС потужністю 0.9 – 2.5 м. Формування насипних ґрунтів відбувалося при плануванні території під час будівництва. Літологічно насипні ґрунти неоднорідні за складом, станом та властивостями.

На період проведення розвідок (листопад-грудень 2021р.) на ділянці робіт води основного водоносного горизонту до глибини дослідження 25.0 м розкрито не було. Територія майданчика розвідок є невідтопленою в природних умовах.

Наявність у розрізі слабоводопроникних глинистих ґрунтів ІГЕ №3А, №3В, №4А може сприяти зволоженню верхньої частини ґрунтового масиву у водорясні сезони весняного танення снігового покриву та осінній дощовий період, а також у випадках витоків з водонесучих комунікацій.

За результатами хімічного аналізу водної витяжки ґрунти майданчика, розташовані вище за рівень ґрунтових вод, неагресивні до бетонів усіх марок (W4–

W20) за водопроникністю та слабоагресивні до арматури залізобетонних конструкцій при використанні бетону марок (W4-W6).

Ґрунти в межах ділянки досліджень мають високий рівень корозійної агресивності до алюмінію, середньої до свинцю, а також переважно низької і високої до сталі.

### **5.3 Розрахунок залізобетонного свайного фундаменту**

#### **5.3.1 Створення довільного фрагмента схеми за допомогою системи «САПФІР»**

Як основа для побудови нового фрагмента в САПФІР виконаємо позначку елементів підвального поверху. Для моделювання плитного ростверку та моделювання паль можна скористатися інструментами САПФІР. Для розміщення паль у моделі САПФІР пропонує широкий функціонал: розміщення одиночних паль, розміщення паль по заданій траєкторії із заданим кроком, додавання двовимірного масиву паль з прив'язкою і різними варіантами заповнення (рядовий, шахмотний) і т.д.

У нашому випадку використовувалися забивні палі квадратного перерізу 350x350 міліметрів і завдовжки 12 метрів:

- виберемо спосіб розміщення паль - «всередині контуру»;
- коригуємо, при необхідності, крок розміщення паль;
- виконаємо розстановку паль, на основі прямокутного замкнутого контуру.

Далі слідуємо алгоритму:

- формуємо розрахункову модель з аналітичної моделі;
- виконуємо пошук перетинів об'єктів, для забезпечення спільної роботи елементів розрахункової схеми;
- задаємо необхідний крок триангуляції для об'єктів майбутньої розрахункової моделі;
- виконуємо триангуляцію (контролюємо якість отриманої мережі);
- повертаємо створений фрагмент у ВІЗОР.

### 5.3.2 Корегування властивостей палі к ПК ЛІРА-САПР

Для моделювання палі ланцюжком вертикальних стрижнів у діалоговому вікні Групи пального поля виконуємо коригування властивостей палі:

- $L$  – довжина палі, м;
- $D, d$  – розміри круглого перерізу;
- $B, H$  – розміри прямокутного перерізу, див;
- $E_s$  – модуль деформації матеріалу палі, т/м<sup>2</sup>;
- $db$  – діаметр розширення, м;
- $\gamma_s$  - коефіцієнт умов роботи;
- $L_v$  – кількість ділянок розбиття палі за довжиною (для врахування бічних коефіцієнтів жорсткості ґрунту за глибиною);
- $k$  - коефіцієнт глибини під п'ятою палі; дозволяє керувати товщиною шару ґрунту, що враховується, під п'ятою палі при обчисленні вертикальної жорсткості;
- $hd$  – глибина від поверхні землі, на якій НЕ враховується опір ґрунту по бічній поверхні (при сейсмічному впливі), м.

Далі, налаштовуємо спосіб моделювання палі (одновузловим кінцевим елементом «паля» КЕ 57 або ланцюжком стрижневих елементів).

Налаштовуємо умови сполучення палі із ростверком залежно від конструктивного рішення вузла.

Задається спосіб обчислення жорсткостей палі:

- перший варіант - за результатами польових випробувань, коли задається коефіцієнт, який визначає яка частина навантаження, розподіляється по довжині палі, а частина, що залишилася, сприймається п'ятою палі.
- другий спосіб - на підставі несучої здатності палі, обчислені по ґрунту залежно від характеру роботи палі та залежно від умов роботи палі, умов занурення.

Для уточнення горизонтальної жорсткості палі з урахуванням взаємного впливу є можливість завдання радіусу впливу палі на інші палі, яке можна представити в абсолютному вигляді або множником до відповідного розміру палі.

Підтверджуємо, зроблені зміни і у нас автоматично відбувається регенерація розрахункової моделі, ланцюжок вертикальних елементів створюється автоматично.

При зміні властивостей Групи пального поля, якій належить паля, відбувається автоматична зміна довжини та поперечного перерізу палі.

У місці примикання до ростверку, якщо він заданий у вигляді горизонтальних пластинчастих кінцевих елементів або у вигляді горизонтальних стрижнів прямокутного поперечного перерізу, у палі створюється абсолютно жорстка вставка, довжина якої дорівнює половині товщини фундаментної плити або половині висоти балки ростверку. Плита може спиратися на палю як жорстко, так і шарнірно, в останньому випадку в місці прикріплення на паля буде створено шарнір.

Далі приступаємо до підключення моделі ґрунту. Таблиця характеристик ґрунтів доповнена новим блоком інформації, в якому задається коефіцієнт пропорційності, що приймаються залежно від виду ґрунту, що оточує палю.

Активуємо опцію «прив'язка» та вводимо величину прив'язки відповідній системі координат, яка використовується в моделі ґрунту. Зберігаємо зроблені зміни та виконуємо перший розрахунок жорсткостей.

Для контролю отриманих жорсткостей створено відповідні мозаїки (див. додаток А). Застосування кінцевих елементів паля дає можливість адекватно врахувати спільну роботу пальної основи та ґрунтового масиву без залучення громіздких тривимірних моделей ґрунту. За результатами статичного та динамічного розрахунку в кінцевих елементах паля, обчислюються зусилля, які виводяться у вигляді таблиць та мозаїк.

### **Висновок до даного розділу**

За результатами виконаних інженерно-геологічних розвідок товща ґрунтів майданчика розвідок до вивченої глибини 25.0 м від поверхні землі є неоднорідною. У її межах виділяються 5 інженерно-геологічних елементів: ІГЕ №НС, №3А, №3В, №4А, №7. Нормативні та розрахункові значення характеристик ґрунтів, що рекомендуються для проектування, наведені в таблиці № 5.2. За сукупністю факторів досліджувана територія відноситься до III категорії складності інженерно-геологічних умов. Перед масовим забиттям пального поля рекомендується провести пробне забиття палі та їх контрольне випробування статичними навантаженнями, для уточнення обраного варіанту пального фундаменту.



## РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ

### **6.1 Небезпечні та шкідливі фактори при виконанні бетонувальних робіт при заливці перекриття.**

При виконанні бетонувальних робіт по заливці перекриття, згідно з ГОСТ 12.0.003-74 на людину що виконує даний вид робіт впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- машини та механізми що рухаються (бетонозмішувач, екскаватор, монтажний кран );
- підвищений рівень шуму на робочому місці (електроінструмент, вібратори, компресори );
- підвищений рівень вібрації ( вібратори, бетоновкладачі);
- підвищена напруга в електричній мережі, замикання якої може пройти через тіло людини (машини з електроприводом, зварювальні апарати, електрощити електроінструменти, електромережа );
- недостатнє освітлення робочої зони (автошляхи, будівельно-монтажна зона, та всього будівельного майданчика ).

Таким чином, з проведеного аналізу небезпечних та шкідливих факторів

Можна зробити висновок, що найбільш впливовим фактором є підвищена напруга в електричній мережі, замикання якої може пройти через тіло людини (машини з електроприводом, зварювальні апарати, електрощити електроінструменти, електромережа).

### **6.2. Технічні та організаційні заходи та засоби для зниження рівня впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів.**

1) Заходи поліпшення що до освітлення робочого місця :

- проектується прожекторне освітлення майданчика;
- для локального освітлення використовуються додаткові джерела світла, які встановлюються на машинах, переносних установках;

Будівельний об'єкт розміщується вздовж вулиць, переходів загального використання. Отже, необхідно будівельний майданчик відгородити огорожею

висотою 3м з козирком та тротуарами. Козирок влаштовуємо під кутом 20 градусів до горизонту довжиною 1,5м. під кутом 20 градусів до горизонту довжиною 1,5м. Монтаж копру для влаштування паль, а також його демонтаж виконуємо по схемам паспорту під керівництвом механіка та майстра. Переміщення паль виконується тільки через відвідний блок, що закріплений у основи копру по прямій лінії в межах бачення машиніста.

Робоча зона баштового крану обнесена інвентарною огорожею з попереджуючими знаками, що не допускають знаходження в цій зоні сторонніх людей.

## 2) Організація будівельного майданчика:

Проектом передбачено рішення питань безпечної роботи крана відносно будівлі, яка зводиться. До початку робіт на будівельному майданчику облаштовуються під'їдні шляхи і тимчасові дороги. Ширина доріг – 4м, радіус закруглення – 12м. При трасуванні доріг повинні виконуватись наступні вимоги по дотриманню мінімальних відстаней:

між дорогою і складським майданчиком: 0,5 – 1м;

між парканом будмайданчика і дорогою - 1,5м;

На майданчику позначаються монтажні і небезпечні зони роботи крана.

На період будівництва для забезпечення пожежної безпеки передбачені пожежні гідранти, які знаходяться на відстані 2,5м. від тимчасової дороги.

Будмайданчик обладнано телефонним і диспетчерським зв'язком. Проектом передбачено загально майданчикове рівномірне освітлення 2 л.к, охоронне освітлення 0,5 л.к і освітлення робочих місць 50 л.к.

При організації робочих місць передбачено:

- освітлення робочих місць, огороження з навісними драбинами (згідно ГОСТ 12.4.059 – 89);

- забезпечення робітників спецодягом, взуттям, яке не ковзається, касками (згідно ГОСТ 12.4.087 – 84), монтажними поясами (згідно ГОСТ 12.4.089 – 86).

## 3) Заходи профілактики враження електричним струмом:

Проектом передбачено:

- Захисне заземлення зварювального трансформатора із  $L 50 \times 50 l = 1500 \text{ мм}$ .

- Виконання зовнішньої електропроводки тимчасового електричного постачання ізольованим дротом із розміщенням його на опорах на висоті над рівнем землі або настилу:

- 2.5 м – над робочими місцями;

- 3.5 м – над проходами;

- 6.0 – над проїздами;

4) Заходи профілактики пожежі:

Проектом передбачено:

- в мережі тимчасового водопроводу влаштувати два пожежних гідранта і водозабірні крани.

- електрозварювальні роботи виконувати в спеціальних місцях, ізольованих від горючих матеріалів і відділених спеціальним огороженням.

- встановити на будівельному майданчику протипожежні щити, оснащені спеціальним відповідним інвентарем.

5) Заходи профілактики шкідливого впливу вібрації:

- до експлуатації допускати тільки справні машини;

- не допускати проведення понад урочних робіт з вібруючими машинами;

- до роботи з вібруючими машинами допускати осіб, що досягли 18 років, пройшли попередній медичний огляд, мають відповідну кваліфікацію і здали технічний мінімум з правил безпечного виконання робіт;

- всі працюючі, що будуть мати справу з вібронебезпечним обладнанням, повинні проходити попередній медичний огляд і один раз на рік періодичний медичний огляд;

- працюючі мають забезпечуватися засобами індивідуального захисту від вібрації і шуму;

- повинні бути організовані спеціальні дільниці по ремонту вібруючих машин, з обов'язковим контролем параметрів вібрацій, що генеруються;

- систематично зрівноважувати (статично і динамічно) всі деталі агрегату, що рухаються, для зменшення динамічних сил, які збуджують вібрації; передбачити

мінімальні допуски з метою зменшення зазорів у з'єднаннях деталей(перекоси, невірна відстань між центрами і т.н.)

- застосовувати змащення віброуючих деталей, що співударяються, в'язкими рідинами;

- для послаблення вібрацій, які розповсюджуються в сусідні приміщення, по конструкції будівлі, агрегати, що створюють вібрації, встановлювати на самостійних фундаментах, віброізолюваних від підлоги та інших конструкцій будівель або на спеціально розрахованих амортизаторах зі сталевих пружин чи пружин матеріалів.

б) Заходи поліпшення виробничого процесу при несприятливих метеорологічних умовах:

- захист працюючих від перегрівання досягається технічними засобами; механізацією тяжких робіт, дистанційним управлінням механізмами, за рахунок зміни технології виробництва. Засоби теплоізоляції і екранування значно зменшують теплові випромінювання і надходження конвекційного тепла на робочі місця.

При великих теплових навантаженнях суттєве значення має спеціально впроваджений режим праці з обов'язковими перервами у роботі. Введення перерв сприяє відновленню зрушень у серцево-судинній системі і полегшенню терморегуляції.

При роботі на холоді, необхідно, з однієї сторони, попередити сильне переохолодження організму працюючих, з іншого забезпечити його швидке зігрівання з метою своєчасної нормалізації фізіологічних зрушень, що настали в наслідок охолодження. Теплий одяг запобігає надмірному охолодженню організму. В окремих випадках при роботі на холоді використовують пристрої місцевого променевого обігріву або організацію періодичних перерв. У роботі на відкритому повітрі з низькими температурами такі перерви надаються по 10 хв. Через кожную годину праці для обігрівання у спеціальних теплих приміщеннях, з температурою повітря не менше 23 С.

7) Заходи профілактики шкідливого впливу шуму:

- усунення причин шуму або його послаблення в процесі проектування технологічних процесів і конструювання обладнання;

- ізоляція джерел шуму від навколишнього середовища засобами звуко і вібропоглинання;

- зменшення щільності звукової енергії виробничих приміщень, відбитої від стін і перекриття;

- використання засобів індивідуального захисту від шуму;

- раціоналізація режимів праці в умовах шуму;

- профілактичні заходи медичного характеру.

8) Заходи поліпшення стану виробничого середовища, зменшення важкості та напруженості трудового процесу:

- заміну шкідливих речовин нешкідливими або менш шкідливими;

- заміну процесів і технологічних операцій, пов'язаних з виникненням шуму, вібрації і інших шкідливих чинників, процесами або операціями, при яких буде забезпечуватися менша інтенсивність цих чинників або їх повна відсутність;

- заміна твердого та рідкого палива на газоподібне;

- комплексну механізацію, автоматизацію, дистанційне управління, а також автоматичну сигналізацію про хід окремих процесів та операцій, пов'язаних з використанням шкідливих чинників;

- укриття механічного транспорту, а також герметизацію при транспортуванні пилоподібних матеріалів;

- рекуперацію шкідливих речовин та очистку від них технологічних викидів;

- раціональну організацію робочих місць та захист їх від впливу електромагнітних іонізуючих випромінювань;

- використання технологічних процесів при яких максимально скорочуються кількість ручних операцій, кількість шкідливих викидів і стічних вод.

9) Заходи щодо безпечної роботи машин і механізмів, що рухаються:

- встановлення схем руху транспортних засобів на видних місцях;

- до початку робіт на будівельному майданчику влаштовані 2 в'їзди, для уникнення зустрічного руху, так як тимчасові дороги шириною 3,5 м дозволяють рухатись автомобільному транспорту тільки в одному напрямку.

- проектом передбачено рішення питань безпечної роботи крана відносно будівлі, яка зводиться;

- на майданчику позначаються монтажна і небезпечна зони роботи крана. Місце роботи машини визначено так, щоб був забезпечений простір, достатній для огляду робочої зони і маневрування. Подача автомобіля заднім ходом в зоні, де виконуються які-небудь роботи, виконується водієм тільки по команді особи, що бере участь в цих роботах.

10) Заходи профілактики шкідливого впливу шуму:

- усунення причин шуму або його послаблення в процесі проектування технологічних процесів і конструювання обладнання;

- ізоляція джерел шуму від навколишнього середовища засобами звуко і вібропоглинання;

- використання засобів індивідуального захисту від шуму;

- профілактичні заходи медичного характеру;

- раціоналізація режимів праці в умовах шуму;

11) Заходи профілактики шкідливого впливу вібрації:

- до експлуатації допускати тільки справні машини;

- до роботи з вібруючими машинами допускати осіб, що досягли 18 років, пройшли попередній медичний огляд, та мають відповідну кваліфікацію і здали технічний мінімум з правил безпечного виконання робіт; та здали технічний мінімум з правил безпечного виконання робіт;

- працюючі мають забезпечуватися засобами індивідуального захисту від вібрації і шуму;

- не допускати проведення понад урочних робіт з вібруючими машинами;

- не допускається виконання робіт по ущільненню бетону пошкодженим електровібратором;

12) Заходи профілактики ураження електричним струмом:

- встановити захисне заземлення в електричній мережі яка підведена до: зварювального трансформатора, електроінструменту, та машин з електроприводом;

- перевіряти перед експлуатацією всі мережі живлення та при виявленні пошкоджень своєчасно їх лагодити

- щоб уникнути загорання електроустаткування від перевантаження і коротких замикань у електропроводці встановлено плавкі запобіжники, розраховані на відповідний струм.

### **6.3 Забезпечення пожежної та вибухової безпеки при виконанні бетонувальних робіт**

Згідно ГОСТ 12.1.004-91 для забезпечення пожежної безпеки повинні проводитись слідуєчі заходи:

Керівник (власник) зобов'язаний забезпечити своєчасне технічне обслуговування та належну експлуатацію електроустановок, у тому числі електроустановок слабкого струму. У разі неможливості технічного обслуговування електроустановок власними силами керівник (власник) повинен укласти договір на планове технічне обслуговування зі спеціалізованою організацією або із кваліфікованими фахівцями.

- організувати навчання та інструктажі чергового персоналу з питань пожежної безпеки під час експлуатації електроустановок.

- організувати і проводити профілактичні огляди та планово-попереджувальні ремонти електрообладнання і електромереж, а також своєчасне усунення порушень, які можуть призвести до пожежі;

- забезпечувати правильність застосування електрообладнання, кабелів, електропроводок залежно від класу пожежо та вибухонебезпечності зон і умов навколишнього середовища, а також справний стан апаратів захисту від коротких замикань, перевантажень та інших небезпечних режимів робіт;

- Несправності в електромережах та електроапаратурі, які можуть викликати іскріння, коротке замикання, понаднормований нагрів горючої ізоляції кабелів і проводів, повинні негайно ліквідуватися. Плавкі вставки запобіжників повинні бути калібровані із зазначенням на клеймі номінального струму вставки ( клеймо ставиться заводом – виготовлювачем або електротехнічною лабораторією ). Застосування саморобних некаліброваних плавких вставок забороняється.

- Експлуатація кабелів і проводів з пошкодженою або такою, що в процесі експлуатації втратила захисні властивості, ізоляцією;

- Залишення під напругою кабелів та проводів з неізованими струмопровідними жилами;

- У приміщеннях, які після закінчення роботи замикаються і не контролюються черговим персоналом, з усіх електроустановок, а також з мереж їх живлення повинна бути відключена напруга.

- ліквідація умов для теплового, хімічного або мікро – біологічного самозаймання речовин, матеріалів, виробів і конструкцій

- у місцях скупчення людей передбачені спеціальні місця для паління

- забезпечити будівельний майданчик у необхідній кількості пожежним інвентарем і засобами для гасіння пожежі. Розмістити їх на території будівельного майданчика таким чином, щоб забезпечити якнайшвидший і безпечний доступ до них після виникнення пожежі ( вибуху );

- поблизу вогнебезпечних виробництв, але не ближче 5м від будівлі, обладнаються протипожежні щити і шухляди з піском;

- установка устаткування для розігріву бітуму на відкритій площадці;

Згідно з ГОСТ 12.1.010-76 для забезпечення вибухобезпеки необхідно дотримуватись таких правил:

- під час виконання зварювальних робіт, роботи виконувати в місцях ізованих від складів вибухонебезпечних речовин (матеріалів);

- при виконанні опоряджувальних робіт обмежена величина концентрації вибухонебезпечних речовин:

аміак ГДВК = 12.3%

ацетон ГДВК = 1.11%

пари бензину ГДВК = 0.55%



## **6.4. Інструкція з охорони праці при виконанні бетонувальних робіт**

### **6.4.1. Загальні вимоги.**

- ця інструкція встановлює вимоги з охорони праці для бетоняра під час приготування бетонної суміші і укладання її у конструкції, бетонування залізобетонних та монолітних конструкцій.

- до самостійної роботи бетонярем допускаються особи, які: досягли 18 річного віку і мають відповідну кваліфікацію; пройшли медичний огляд у встановленому порядку та не мають медичних протипоказань, пройшли вступний інструктаж з охорони праці;

- під час виконання своїх обов'язків бетоняр зобов'язаний приступати до роботи у засобах індивідуального захисту, прийняти і утримувати протягом зміни робоче місце у чистоті й порядку;

- перевірити справність застосовуваних інструментів і пристосувань та їх заземлення.

### **6.4.2. Вимоги безпеки перед початком роботи.**

- перевірити справність спецодягу, спецвзуття, засобів індивідуального захисту. Одягнути їх.

- очистити робоче місце і проходи до нього від сторонніх предметів, сміття, а взимку - від снігу та криги і посипати піском.

- перевірити справність застосовуваних інструментів і пристосувань, та їх заземлення.

- впевнитись у справності риштувань або підмостків, перевіривши при цьому вертикальність стійок, цілісність робочих настилів і огороження, вузли кріплення елементів.

- перевірити зону електропрогрівання бетону. Зона повинна бути обгородженою і позначеною попереджувальними написами та плакатами.

- перевірити наявність огорож у небезпечній зоні будівельних робіт.

### **6.4.3. Вимоги безпеки під час виконання робіт.**

- перед пуском обладнання перевірити огорожу на всіх його відкритих рухомих частинах.

- вмикати машини, електроінструменти і освітлювальні лампи лише за допомогою комутаційних апаратів. Не дозволяється з'єднувати і роз'єднувати електродроти, що перебувають під напругою.

- при піднятті бетонної суміші кранами перевірити надійність кріплення бадді чи контейнера до гака крана, справність тари і секторного затвора.

- перед початком укладки бетонної суміші в опалубку перевірити: кріплення опалубки, риштувань і робочих настилів, стан захисних козирків чи настилу навколо завантажувальних воронки.

- при укладанні бетонної суміші з негороджених майданчиків на висоті понад 3 м, а також при бетонуванні конструкції, що мають ухил понад 30 градусів (карнизи, ліхтарі, покриття), бетоняр повинен працювати із застосуванням запобіжного пояса, прикріпленого до надійних опор.

- бетонна суміш в той чи інший віброхобот видається за вказівкою виконроба чи майстра за допомогою заздалегідь обумовленої сигналізації.

- під час ущільнення бетонної суміші електровібраторами бетоняреві слід виконувати такі вимоги:

- перевіряти справність електровібратора шляхом його ввімкнення у підвішеному стані протягом 1 хвилини, при цьому не можна вpirати наконечник у тверду основу.

- при роботі з електровібратором слід одягати гумові діелектричні рукавиці та чоботи.

- тягнути вібратор за шланговий дріт чи кабель при його переміщенні забороняється.

- щоб уникнути падіння вібратора, слід прикріпити його до опори конструкції сталевим канатом.

- стояти на формі чи на бетонній суміші при її ущільненні забороняється.

#### **6.4.4. Вимоги безпеки після закінчення роботи.**

- відключити від мереж електроживлення за допомогою комутаційних апаратів пристосування та інструмент, що використовувались під час роботи.

- ручний інструмент і пристосування очистити від розчину і прибрати в місце їх зберігання.

- привести у порядок робоче місце і проходи.

- зняти і привести в порядок спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту.

- про всі помічені під час роботи недоліки повідомити майстра.

#### **6.4.5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.**

- у разі виникнення пожежі негайно повідомити майстра та за телефоном 101 пожежну частину і діяти відповідно до вимог інструкції з пожежної безпеки.

- при зміні звуку працюючого устаткування, появі стуку, підвищенні нагрівання або інших дефектів: (електровібратора; розчинонасоса СО-48; бурових станків СБА-500; префаратора) необхідно зупинити їх від'єднавши від електромережі, для з'ясування та усунення причин несправності.

- у разі нещасного випадку на виробництві негайно припинити роботу, відключити від електроживлення пристосування та інструмент, повідомити майстра, викликати швидку медичну допомогу і надати потерпілому першу долікарську допомогу.

#### **Висновок до даного розділу**

Основним завданням охорони праці є створення безпечних умов праці на кожному робочому місці, безпечна експлуатація обладнання, зменшення або повна нейтралізації впливу шкідливих і небезпечних факторів виробництва на організм людини, а отже, зменшення виробничого травматизму та виробничих захворювань.

Створення безпечних і здорових умов праці підвищує продуктивність і знижує витрати виробництва. Підвищення продуктивності праці обумовлено зниженням втоми працівників у робочий час та його раціональним використанням. Собівартість продукції зменшується за рахунок зниження собівартості праці за несприятливих

умов, а також витрат на відшкодування втраченого робочого часу через тимчасову або постійну непрацездатність.

У Законі про охорону праці вперше в історії України економічні заходи управління охороною праці були зведені до рівня державної політики. Цей закон встановлює принципово нові відносини в суспільстві, в основі яких лежить економічний механізм управління умовами праці - формування економічної зацікавленості власника (роботодавця) у здійсненні заходів, спрямованих на поліпшення умов праці.

## РОЗДІЛ 7 ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

### 7.1. Екологічна безпека у будівельній галузі

Виробничі й інші господарські об'єкти є основними джерелами негативних фізичних, хімічних і біологічних впливів на довкілля. Тому з метою забезпечення безпеки цих об'єктів Законом України "Про охорону навколишнього природного середовища" (1991), "Про основи містобудування" (1992), "Про санітарно-епідеміологічне благополуччя населення" (1994), "Про екологічну експертизу" (1995), "Про планування і забудову територій" (2000), та іншими нормативно-правовими актами, включаючи санітарні та будівельні правила й стандарти, встановлюються спеціальні вимоги.

Передбачено, зокрема, що при проектуванні, розміщенні, будівництві, введенні в дію нових і реконструкції діючих підприємств, споруд та інших об'єктів, удосконаленні існуючих і впровадженні нових технологічних процесів та устаткування, а також у процесі експлуатації цих об'єктів має забезпечуватися екологічна безпека людей, раціональне використання природних ресурсів, дотримання нормативів шкідливих впливів на навколишнє природне середовище. При цьому повинні передбачатися вловлювання, утилізація, знешкодження шкідливих речовин і відходів або повна їх ліквідація, виконання інших вимог щодо охорони навколишнього природного середовища та здоров'я людей.

У законодавстві робиться спеціальний акцент на тому, щоб підприємства, установи й організації, діяльність яких пов'язана зі шкідливим впливом на навколишнє природне середовище, незалежно від часу введення їх у дію повинні бути обладнані спорудами, устаткуванням і пристроями для очищення викидів і скидів або їх знешкодження, зменшення впливу шкідливих факторів, а також; приладами контролю за кількістю і складом забруднюючих речовин та за характеристиками шкідливих факторів.

Важливою законодавчою вимогою є включення до проектів господарської та іншої діяльності матеріалів оцінки її впливу на навколишнє природне середовище та здоров'я людей. Оцінка повинна здійснюватися з урахуванням вимог законодавства про охорону навколишнього природного середовища, екологічної ємності даної

території, стану навколишнього природного середовища в місці, де планується розміщення об'єктів, екологічних прогнозів, перспектив соціально-економічного розвитку регіону, потужності та видів сукупного впливу шкідливих факторів та об'єктів на навколишнє природне середовище.

Закон також вимагає, щоб підприємства, установи й організації, які розміщують, проектують, будують, реконструюють, технічно переозброюють, вводять в дію підприємства, споруди й інші об'єкти, а також проводять дослідну діяльність, що за їх оцінкою може негативно вплинути на стан навколишнього природного середовища, подають спеціально уповноваженому центральному органу виконавчої влади з питань охорони навколишнього природного середовища та його органам на місцях спеціальну заяву про це. Забороняється введення в дію підприємств, споруд та інших об'єктів, на яких не забезпечено в повному обсязі додержання всіх екологічних вимог і виконання заходів, передбачених у проектах на будівництво та реконструкцію (розширення та технічне переоснащення).

У процесі експлуатації підприємств, здійснення їх виробничої діяльності мають здійснюватися заходи щодо забезпечення дотримання еколого-правових вимог щодо: безпеки продукції; поводження з небезпечними речовинами; утилізації відходів та щодо інших умов виробничої діяльності, пов'язаної з впливом на довкілля.

#### **7.1.1. Заходи щодо екологічної безпеки в календарному плані**

До складу підготовчих робіт на будмайданчику входить різання рослинного шару ґрунту на площі всієї ділянки будівництва і переміщення його в резерв для подальшого використання в період завершення робіт по впорядкуванню прилеглої території.

Використані на період будівництва постійні дороги виконуються до щибеневого покриття, яке періодично обприскується водою для попередження пилоутворення.

Попередження порушення навколишнього середовища при будівництві об'єкту (порушення рельєфу, ґрунтового шару) нейтралізуються деформуванням підпірних стінок, зливової каналізації.

Після завершення будівельних робіт, проводиться впорядкування території: повернення на ділянку будівництва ґрунту і озеленення.

Перед здачею об'єкту передбачений ремонт і бетонування покриття постійних доріг, використовуваних на період будівництва.

### **7.1.2. Заходи щодо екологічної безпеки на будгенплані**

Розміщення дороги, санітарно-побутових вагончиків і інших пристроїв передбачається з максимальним збереженням дерев, чагарників і трав'яної рослинності.

Для забезпечення охорони навколишнього середовища опалювання санітарно-побутових приміщень, підігрів води проводиться електричними приладами заводського виготовлення.

Обладнаний стенд з охорони довкілля поблизу побутових приміщень.

Обладнані місця на спеціально підготовленому майданчику для збору побутового сміття.

### **7.1.3. Заходи щодо екологічної безпеки в технологічній карті на монолітні роботи**

Будівельне сміття не скидається через дверні і віконні отвори або з лісів, а спускається по закритих жолобах або в контейнерах безпосередньо в машину і регулярно вивозиться з майданчика або використовується для будівельних потреб.

У суху погоду поверхня будмайданчика регулярно обприскується водою.

При заправці, регулюванні і ремонті техніки, під нею встановлюється піддон.

### **7.1.4. Загальні заходи щодо екологічної безпеки, що передбачаються в період будівництва проєктованого об'єкту**

Передбачається виконанням робіт шумними механізмами в першу зміну.

Для пониження шуму на будівельному майданчику виключається одночасна робота декількох машин з високим рівнем шуму.

На машинах і механізмах встановлюються каталітичні фільтри, сприяючі нейтралізації і очищенню відпрацьованих газів.

Впровадження пакування вантажів сприяє охороні навколишнього середовища.

Перехід будівельних машин на електропривод і застосування електричної енергії для технологічних потреб замість твердого і рідкого палива дозволяє повністю влаштувати шкідливі викиди в атмосферу.

Для запобігання забрудненню ґрунту і води необхідний пристрій механізованої і автоматизованої заправки механізмів і організація збору відпрацьованих масел, а при зміні сезону – відправка їх на регенерацію.

Одним із заходів, що знижують шум на будівельному майданчику, є застосування техніки на пневмоколісному ході і аличних шинах замість гусеничного ходу.

На пунктах технічного обслуговування машин встановлюються ємкості для збору відпрацьованих нафтопродуктів.

## **7.2. Організація природоохоронної діяльності на будівельних підприємствах**

Будівельна організація повинна фодержати дозвіл на виконання будівельно-монтажних робіт від місцевих органів влади за місцем будівництва. Для цього вона подає копію позитивного висновку державної екологічної експертизи документації, за якою споруджуватиметься об'єкт (якщо він відноситься до затвердженого Кабінетом Міністрів України Переліку видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку), а також план здійснення заходів по забезпеченню охорони навколишнього природного середовища в процесі будівництва об'єкта та проведення пусконаладжувальних робіт згідно з вимогами природоохоронного законодавства України та положеннями зазначеного висновку держекспертизи.

Будівельно-монтажні роботи по спорудженню будь-яких об'єктів повинні здійснюватись із дотриманням вимог природоохоронного законодавства та забезпечувати ефективний захист навколишнього природного середовища (земель, надр, водних об'єктів, атмосферного повітря, рослинного і тваринного світу) від забруднення і пошкодження. Заходи щодо забезпечення цього повинні бути передбачені в проектно -кошторисній та організаційно-технологічній документації.



На території об'єктів, що будуються, не допускається не передбачене проектною документацією знесення деревно-чагарникової рослинності і засипання ґрунтом кореневих шийок і стовбурів дерев і чагарників, що ростуть.

Не допускається відведення поверхневих стічних вод з території будівельних майданчиків безпосередньо на рельєф без здійснення інженерних протиерозійних заходів, що надійно попереджають виникнення осередків техногенної ерозії ґрунтів.

При виконанні будівельних та планувальних робіт родючий шар ґрунту повинен зніматись і складуватись для подальшого використання при благоустрої та озелененні територій, рекультивації земель або ж для меліорації малопродуктивних сільгоспугідь.

Тимчасові автомобільні дороги та інші під'їзні шляхи повинні влаштовуватись з урахуванням вимог щодо запобігання пошкодженню сільськогосподарських угідь та деревно-чагарникової рослинності. В процесі виконання бурових робіт при досягненні водоносних горизонтів необхідно вживати заходів для запобігання неорганізованому виліву підземних вод.

При виконанні робіт по штучному закріпленню слабких ґрунтів необхідно вживати заходів для запобігання забрудненню підземних вод нижчих горизонтів. Ці заходи повинні бути передбачені в проектно-кошторисній та організаційно-технологічній документації і беззастережно виконуватись при здійсненні будівництва.

Проектом організації будівництва і проектами виконання робіт повинні передбачатись заходи щодо необхідного очищення і знешкодження виробничих та господарсько-побутових стоків, що утворюються на будівельному майданчику. Ці заходи повинні беззастережно виконуватись при здійсненні будівництва.

Передбачене затвердженою документацією знесення зелених насаджень повинно в обов'язковому порядку компенсуватись створенням рівновеликих (або більших за площею чи кількістю) нових насаджень у місцях, визначених компетентними органами при погодженні документації, або при озелененні і упорядкуванні території об'єкта, що будується, та його санітарної зони.

Будівлі і споруди роблять великий вплив на оточуюче середовище. Їх поява викликає значні зміни в повітряному і водному середовищах, в стані ґрунтів ділянки

будівництва. Міняється рослинний покрій - на зміну знищуваному природному приходять штучні посадки. Міняється режим випаровування вологи. Середня температура в районі забудови постійно вище, ніж зовні неї.

Непродумані технології, організація і саме виробництво робіт визначають великі витрати енергії і матеріалів, високий ступінь забруднення навколишнього середовища. Процес будівництва є відносно нетривалим. Взаємодія будівлі або споруди з навколишнім середовищем, його характер і наслідки визначається в період тривалої експлуатації. Звідси витікає важливість цього періоду у визначенні економічності об'єкту, тобто яким чином відобразиться на стані навколишнього середовища не тільки поява, але і його тривале функціонування.

Екологічний підхід повинен характеризувати проектування, будівництво, і експлуатацію будівлі. При проектуванні, у свою чергу, він повинен бути витриманий при рішенні як об'ємно - планувальному, так і конструктивному; при виборі матеріалів для будівництва, при визначенні технології зведення і т.д.

Зусилля всіх керівних органів, як центральних, так і на місцях, повинні бути направлені на те, щоб дбайливе відношення до природи стало предметом постійної турботи колективів, керівників і фахівців всіх галузей господарства, нормою повсякденного життя людей.

Практичне здійснення задач з охорони довкілля може бути успішним тільки за умови об'єднання зусиль фахівців всіх галузей народного господарства, заснованих на чіткому розумінні екологічних проблем і знаннях, які були отримані в процесі навчання в школі і вищому учбовому закладі. Таким чином, слід говорити про необхідність вивчення і виявлення екологічних аспектів в будь-якій діяльності людини, у тому числі і про інженерну екологію, в рамках якої повинні розглядатися екологічні аспекти діяльності галузей промисловості і будівництва. Від фахівців - будівників залежить характер дії на оточуючу середовище цивільних і промислових будівель і їх комплексів - промислових об'єктів, міст і селищ. Інструкцією про склад, порядок розробки, узгодження проектно - кошторисної документації на будівництво підприємств, будівель і споруд (ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010) вже передбачена розробка заходів по раціональному використуванню природних ресурсів. Природоохоронні

вимоги введені і в ряд інших нормативних документів (ДБН В.1.1-25-2009, ДБН А.3.1-5:2016 та ін.).

### **7.3. Природоохоронні заходи при будівництві будівель і споруд**

До заходів щодо охорони навколишнього природного середовища відносяться всі види діяльності людини, направлені на зниження або повне усунення негативної дії антропогенних чинників, збереження, вдосконалення і раціональне використання природних ресурсів. В будівельній діяльності людини до таких заходів слід віднести:

- містобудівні заходи, направлені на екологічно раціональне розміщення підприємств, населених місць і транспортної сітки;
- архітектурно-будівельні заходи, що визначають вибір екологічних об'ємно - планувальних і конструктивних рішень;
- вибір екологічно чистих матеріалів при проектуванні і будівництві;
- застосування маловідходних і безвідходних технологічних процесів і виробництв при переробці будівельних матеріалів;
- будівництво і експлуатація очисних і знешкоджуючих споруд і пристроїв;
- рекультивація земель;
- заходи по боротьбі з ерозією і забрудненням ґрунтів;
- заходи по охороні вод і надр і раціональному використуванню мінеральних ресурсів;
- заходи щодо охорони і відтворювання флори і фауни і т.д.

Мірою успіху в досягненні вказаної мети є екологічні, економічні і соціальні результати. Екологічний результат - це зниження негативної дії на оточуюче середовище, поліпшення його стану. Він визначається зниженням концентрації шкідливих речовин, рівня радіації, шуму і інших несприятливих явищ.

Економічні результати визначають раціональне використування і запобігання знищення або втрат природних ресурсів, живої і упредметненої праці у виробничій і невиробничій сферах господарства, а також у сфері особистого споживання.

Соціальний результат може бути виражений в підвищенні фізичного стандарту, що характеризує населення; скороченні захворювань; збільшенні тривалості життя людей і періоду їх активної діяльності; поліпшенні умов праці і відпочинку; збереженні пам'ятників природи, історії і культури; створенні умов для розвитку і вдосконалення творчих можливостей людини, зростання культури. Вищеперераховані заходи щодо охорони навколишньої природи і зниження її забруднення дають можливість забезпечити безболісний розвиток цивілізації і людського співтовариства в майбутньому.

Найважливішим в цьому напрямі є збереження цінних сільськогосподарських угідь, родючого шару землі і місцевого мікроклімату.

Основна задача охорони природи при будівництві - рекультивація земель. Тому на землях, придатних для сільськогосподарського використання, особливу увагу надається рекультивації відпрацьованих кар'єрів. Глибокі обводнюючі кар'єри можна використовувати як водоймища при формуванні зон відпочинку, неглибокі - пристосувати для розведення водоплавного птаха і зрошування посушливих земель. Неглибокі, але значні за площею кар'єри після рекультивації використовують під сільськогосподарські угіддя.

Один з основних чинників формування територій з урахуванням вимог охорони природи - озеленення. Воно сприяє поліпшенню мікроклімату, припиняє процеси водної і вітрової ерозії ґрунтів, утворює процес "самоочищення" і регенерації навколишнього середовища. Тому при будівництві необхідне дбайливе відношення до рослинності в смузі відведення, а також створення штучних посадок лінійного типу.

Значна кількість що виділяється з відпрацьованих газів свинцю відкладається у вигляді пилу на придорожній смузі і згодом змивається в ґрунт, зважаючи на це радгоспам і колгоспам рекомендується при високій інтенсивності руху придорожню зону до 100...150 м засівати не харчовими, а технічними культурами.

Виробничі підприємства і бази, обслуговуючі будівництво, по можливості слід розміщувати на негідді - в ярах, кар'єрах, на косогірних ділянках.

Асфальто- і цементобетонні заводи - це заповнені і димні підприємства, на яких часто доводиться спалювати рідке паливо - мазут, солярове масло, не забезпечується достатнє очищення газів, що відходять. Ефективне рішення цієї проблеми - переклад процесу сушки і нагріву на електричний (що майже повністю виключає необхідність в котельних, які створюють значні викиди), а також газифікація виробничих підприємств.

Окрім заходів, що знімають виділення шкідливих газів, важливою мірою, що забезпечує оздоровлення повітряного середовища, зниження шуму і формування сприятливого мікроклімату для населення, є світове збереження і розвиток зелених насаджень на території заводів, установка пиловловлювачів.

Заходи передбачені проектом що до збереження стану навколишнього середовища наперед будівництва й експлуатації комплексу не нанесуть шкоду навколишньому середовищу. Площа зелених насаджень відповідає вимогам нормативної документації. На період будівництва передбачене очищення стічних вод від забруднення й нафтопродуктів шляхом очищення через очисні споруди з подальшим направленням їх до централізованої липневої каналізації. Заходи передбачені календарним графіком будівництва дозволять своєчасно прибирати територію буд майданчика, своєчасно утилізувати відходи й будівельне сміття. За рахунок організації санітарно-побутового забезпечення працюючих вплив на стан навколишнього середовища також мінімальний. Необхідна боротьба з підвищеною пильністю окремих типів покриттів, а при проходженні дороги загального користування до будівництва слід враховувати і шкідливі хімічні дії на виростаючи в безпосередній близькості зелені насадження.

#### **7.4 Наслідки для довкілля у випадку руйнування споруд через стихійні явища**

У світі постійно виникають надзвичайні ситуації (НС), пов'язані з природними катаклізмами, аваріями і катастрофами. Ці явища простежуються й у нашій країні. Виникнення надзвичайних ситуацій, як правило, призводить до загрози життю людей, нанесенню великих матеріальних збитків і т. ін.

Залежно від причин виникнення, фізичної сутності та впливу на навколишнє середовище надзвичайні ситуації бувають природного і техногенного походження.

До надзвичайних ситуацій природного походження відносяться всі йди стихійних лих. Стихійне лихо — це явище природи, яке створює катастрофічну обстановку, порушує нормальну діяльність населення, псує будівлі, споруди, загрожує життю і призводить до загибелі людей, призводить до знищення матеріальних і культурних цінностей. Стихійне лихо має дуже тяжкі наслідки внаслідок його раптового виникнення. Воно наносить значні збитки народному господарству і часто призводить до загибелі людей.

Розрізняють такі види стихійного лиха: метеорологічні катастрофи, топологічні катастрофи, тектонічні катастрофи.

Метеорологічні катастрофи — бурі, урагани, тайфуни, смерчі, морози, засухи.

Ураган, буря, смерч — надзвичайно швидке і сильне, частково катастрофічне переміщення повітря, яке викликає загибель людей, тварин, знищення морських і річкових суден, руйнування будинків, споруд, а інколи і населених пунктів. Шторми викликають сильне хвилювання моря.

Швидкість вітру під час урагану сягає 120 — 210 км/год, і більше, при штормі — 80 — 100 км/год. Смерч — це вихор, який перевищує інколи швидкість звуку. Розрідження повітря, яке виникло всередині смерчу, настільки велике, що може виривати з корінням дерева, зривати дахи, звалювати дерев'яні будинки, а інколи повністю їх руйнувати. У таких випадках рятуватися краще за все у підвалах, канавах, траншеях, сховищах і укриттях цивільної оборони.

Тектонічні катастрофи: землетруси, моретруси, виверження вулканів і т. п.

Історія знає трагічні землетруси, які завдали великого лиха. Землетрус — один з найстрашніших видів стихійного лиха, який супроводжується людськими жертвами. В європейських країнах для виміру інтенсивності землетрусів використовується 12-бальна шкала. Умовно землетруси за цією шкалою поділяються на:

- слабкі — 1-3 бали;
- помірні — 4 бали;
- достатньо сильні — 5 балів;

- дуже сильні — 7 балів;
- руйнуючі — 8 балів;
- спустошуючі — 9 балів;
- знищуючі — 10 балів;
- катастрофічні — 11 балів;
- дуже катастрофічні — 12 балів.

Інтенсивність землетрусу — це міра величини стану ґрунту. Визначається вона ступенем зруйнувань будинків, споруд, характером зміни земної поверхні. Підземні поштовхи, удари і коливання поверхні землі, звичайно, охоплюють великі території. При сильних землетрусах порушується цілісність ґрунту, руйнуються будинки і споруди (мости, шляхи), виходять з ладу комунально-енергетичні мережі (водопровід, каналізація, газ, електрика, опалення). На Земній кулі щороку виникає понад 100 землетрусів, які призводять до різних руйнувань і загибелі людей. Виникають землетруси несподівано, і хоча головний поштовх продовжується кілька секунд, його наслідки є трагічними. Землетруси бувають тектонічні, вулканічні, обвальні та інші. Моретруси і землетруси можуть виникати також внаслідок падіння метеоритів або зіткнення нашої планети з іншими космічними тілами.

У разі землетрусу силою 7-8 балів за дванадцяти-бальною шкалою можливе руйнування частини споруд міста, порушення енерго-, водо-, тепло-, газопостачання, системи оповіщення, зв'язку, можливе виникнення пожеж. Люди можуть дістати травми різного ступеня

Якщо будівля руйнується не керовано і акуратно при проведенні відповідних демонтажних робіт, то це призводить до наступних наслідків:

- забруднення атмосферного повітря пилом та газоподібними забруднювачами;
- забруднення ґрунтів і підземних вод каналізаційними стоками;
- втрата водних ресурсів і їх забруднення;
- підвищення ризику виникнення пожеж через пошкодження електромереж, що може призвести до утворення високотоксичних продуктів горіння;
- шумове забруднення;
- травми та загибель людей.

## **Висновок до даного розділу**

Під час проведення підготовчих та будівельних робіт з будівництва об'єкта повинні бути вжиті заходи щодо захисту навколишнього середовища під час будівництва, передбачені дипломним проектом.

Будівельно-монтажні роботи з будівництва об'єкта проводяться з дотриманням вимог чинного законодавства щодо охорони та збереження навколишнього природного середовища, забезпечення санітарно-епідеміологічного благополуччя населення та безпеки прилеглих техногенних об'єкти. Допустимі рівні шуму, вібрації, інфразвуку та низькочастотного шуму в житлових і цивільних будинках та на території, що прилягає до будівельного майданчика, повинні відповідати чинним нормам.

Заходи передбачені проектом що до збереження стану навколишнього середовища наперед будівництва й експлуатації комплексу не нанесуть шкоду навколишньому середовищу. Площа зелених насаджень відповідає вимогам нормативної документації. На період будівництва передбачене очищення стічних вод від забруднення й нафтопродуктів шляхом очищення через очисні споруди з подальшим направленням їх до централізованої липневої каналізації. За рахунок організації санітарно-побутового забезпечення працюючих вплив на стан навколишнього середовища також мінімальний.



## ВИСНОВОК

Питання безпеки будівель і споруд, розробка методів визначення несучої здатності будівельних конструкцій, прогнозування їх поведінки в аварійних і критичних ситуаціях (надкритичні навантаження, непередбачені проектом навантаження, розвиток системи тріщин) дуже важливі при проектуванні будівель. У багатьох випадках методи математичного моделювання з використанням сучасної обчислювальної техніки, сучасних програмних комплексів та чисельних методів є єдино можливим інструментом для таких досліджень.

Щоб уникнути поступового руйнування і забезпечити живучість і безпеку побудованих будівель, необхідно вжити заходів, спрямованих на підвищення стійкості конструкції.

При цьому спочатку має бути проведена попередня оцінка ризику виникнення надзвичайної ситуації та ризику переростання надзвичайної ситуації в аварію. По-друге, на етапі проектування необхідно вжити заходів щодо забезпечення стійкості каркаса під час евакуації людей у разі надзвичайної ситуації. По-третє, подвійний підрахунок і оцінка вартості додаткових заходів для запобігання поступовому обвалу.

Висотні будівлі необхідно стабілізувати від поступового руйнування найбільш економічними засобами:

- приймати обґрунтовані конструктивні та планувальні рішення щодо будівлі з урахуванням можливості аварійності;
- конструктивні заходи щодо забезпечення стійкості (каркасні монолітні конструкції замість збірних);
- використання матеріалів і конструктивних рішень, що забезпечують пластичну деформацію елементів конструкції та їх з'єднань.

Розрахунки на міцність при проектуванні рекомендується виконувати з урахуванням реальних умов експлуатації конструктивної системи, при цьому враховуючи пристосованість елементів конструкції до аварійних ситуацій з можливістю евакуації людей у разі необхідності.

Прогресуючого обвалення показало, що основною причиною аварії стала

низька якість проектування та недосконалість сучасних стандартів будівництва. Велика кількість аварій обвалення сталася через такі причини, як недотримання технічних вимог монтажу та зниження марок бетону. У більшості випадків аварії та обвалення спричинені неправильними проектними рішеннями внаслідок неправильного розрахунку навантаження та неправильного комп'ютерного моделювання складних конструкцій. У будівельній практиці також час від часу трапляються аварії через недосконалі інженерно-геологічні дослідження, недостатній облік підземних вод і багато інших факторів. Тому техніка архітектурного моделювання враховує реальну роботу споруди, нелінійні властивості матеріалів, поетапний процес будівництва, побудову правильного конструктивного рішення з урахуванням простору. Маніпуляції з усіма елементами мають вирішальне значення в дизайні.

Моделювання прогресуючого руйнування необхідно для дослідження живучості конструкції, можливостей і механізмів її адаптації в разі аварійного руйнування окремого елемента конструкції. Такий аналіз може бути виконаний в рамках нелінійних динамічних обчислень, але наразі не може бути виконаний під час великомасштабного проектування через високу складність та ресурсомісткі обчислення. Водночас у деяких роботах і програмних комплексах спроби змоделювати «прогресивні» процеси руйнування конструкцій на основі лінійно-пружних статичних розрахунків вважаються неспроможними. Для вирішення таких завдань запропоновано математичне моделювання процесу навантаження на основі методу кроків уточнення як основного методу моделювання процесу життєвого циклу конструкції.

Розрахунки та аналіз результатів прогресивного руйнування багатопверхового будинку показав, що конструктивне рішення, а саме ядро будівлі, перекриття, колони та пілони для запобігання прогресуючого руйнування є задовільними та будівля забезпечена достатньою стійкістю.

## СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.2-15:2019 «Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення»
2. ДБН В.1.2-2:2006 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування»
3. ДБН В.2.6-98:2009 «Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення»
4. ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель»
5. ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму»
6. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія»
7. ДБН В.2.1-10:2018 «Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення»
8. ДБН А.3.2-2-2009 «Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення»
9. ДБН В.2.6-162:2010 «Конструкції будинків і споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення»
10. Барабаш М.С. ЛИРА 9.2. Примеры расчета и проектирования / М.С. Барабаш, Ю.В. Гензерский, Д.В. Марченко, В.П. Титок // Навчальний посібник. – К.: Факт, 2005. – 138 с
11. Першаков В.М. Будівельні конструкції / В.М. Першаков, В.С. Горбатов, М.С. Барабаш // Навчальний посібник. – К.: НАУ, 2005. – 109 с.
12. Барабаш М.С. Пакеты прикладных программ для автоматизированного проектирования конструкций / Ю.Д. Гераймович, А.Н. Кекух, М.В. Лазнюк, Е.Б. Стрелецкий // Навчальний посібник. – К.: Факт, 2006. – 111 с
13. Верюжский Ю.В. Компьютерные технологии проектирования железобетонных конструкций. Курсовое проектирование / Ю.В. Верюжский, В.И. Колчунов, М.С. Барабаш, Ю.В. Гензерский // Учебное пособие. З грифом МОН України – К.: НАУ, 2006. – 808 с.

14. Барабаш М.С. Современные технологии расчета и проектирования металлических и деревянных конструкций / М.С. Барабаш, М.В. Лазнюк, М.Л. Мартынова, Н.И. Пресняков // Учебное пособие . – Москва: Ассоциация строительных вузов, 2008. – 328 с.
15. Барабаш М.С. Computer technologies in building / М.С. Барабаш // Study guide for students of speciality “Industria and civil constructions”. – К.: НАУ, 2008. – 172с.
16. Барабаш М.С. Комп’ютерні технології проектування металевих конструкцій / М.С. Барабаш, С.В. Козлов, Д.В. Медведенко // Навчальний посібник. З грифом МОН України. Лист № 1/11-1378 від 18.02.11 р. – К.:НАУ, 2012. – 572 с.
17. Барабаш М.С. Комп’ютерні технології у транспортному будівництві / М.С. Барабаш, Т.В. Тугай // Методичні рекомендації до виконання курсової роботи. – К.:НАУ, 2013. – 88 с.
18. Барабаш М.С. Комп’ютерні технології проектування об’ємно-планувальних рішень будівель та споруд аеропортів / М.С. Барабаш , Є.А. Бакулін, В.М. Бакуліна, Н.О. Костира // Методичні рекомендації до виконання домашніх завдань. – К.: НАУ, 2014. – 72 с
19. Городецкий А.С. Компьютерное моделирование в задачах строительной механики / А.С. Городецкий, М.С. Барабаш, В.М. Сидоров // Учебное пособие. – М.: Изд-во АСВ, 2016. – 338 с
20. Барабаш М.С. Проектирование конструкций рабочей площадки в ПК ЛИРА-САПР / М.С. Барабаш, М.А. Ромашкина // Учебное пособие. – М.: Изд-во АСВ, 2018. – 148 с
21. Барабаш М.С. Основи комп’ютерного моделювання / М.С. Барабаш, П.М. Кір’язєв, М.А. Ромашкіна // Навчальний посібник. З грифом «Рекомендовано Вченою радою НАУ». Протокол № 7 від 27.06.17 р. – К.: НАУ, 2018. – 492 с.
22. *Барабаш М. С.* Архітектурно-будівельне проектування об’єкта будівництва на основі моделювання його життєвого циклу / Марія Сергіївна Барабаш // Проблеми розвитку міського середовища: Наук.-техн. збірник. – К.: НАУ, 2013. – № 9. – С. 27–34.

23. *Барабаш М. С.* Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла объектов строительства: Монография / Мария Сергеевна Барабаш. – К.: Изд-во «Сталь», 2014. – 301 с.

24. *Барабаш М. С.* Методи мінімізації ймовірності прогресуючого руйнування висотної будівлі при дії сейсмічних навантажень / М. С. Барабаш, Ю. В. Гензерський, Я. В. Покотило // Науково-технічний журнал: Нові технології в будівництві. – 2011. – № 1 (21). – С.17–23.

25. *Барабаш М. С.* Некоторые аспекты расчета зданий на устойчивость к прогрессирующему разрушению / М. С. Барабаш, А. С. Городецкий // Строительство, материаловедение, машиностроение // Сб. научн. тр. – Дн-вск: ПГАСА, 2009. – № 50. – С. 157–162.

26.

27. *Баженов В. А.* Будівельна механіка. Комп'ютерні технології: Підручник / В. А. Баженов, А. В. Перельмутер, О. В. Шишов.– К.: Каравела, 2009. – 696 с.

28. *Баженов В. А.* Імовірнісні методи розрахунку конструкцій. Випадкові коливання пружних систем: навч. посібн. / В. А. Баженов, Є. С. Дехтярюк. –К. : КНУБА: 2005. – 420 с.

29. *Бамбура А. М.* Експериментальні основи прикладної деформаційної теорії залізобетону: дис. ... доктора техн. наук: 05.23.01/ Андрій Миколайович Бамбура. – Київ, НДІБК, 2005. – 379 с.

30. *Бамбура А. М.* Єврокод-2 і Єврокод-8 для проектування сейсмостійких споруд / А. М. Бамбура, Ю. І. Немчинов, О. Б. Гурківський и др. // Міжвідомчий науково-технічний збірник "Будівельні конструкції". – К.: ДП НДІБК, 2012. – № 76 – С. 353–360.

31. *Бамбура А. М.* Несуча здатність залізобетонних елементів кільцевого перерізу з спрощеними діаграмами деформування бетону та арматури /А. М. Бамбура, О. В. Дорогова // Міжвідомчий науково-технічний збірник "Будівельні конструкції. – К.:ДП НДІБК, 2012. – № 76. – С. 382–392.

32. *Барашиков А. Я.* Будівельні конструкції : підручник / А. Я. Барашиков, В. М. Колякова. – К. : Слово, 2011. – 255 с.

33. *Верюжський Ю. В.* Стратегія науково-технічного формування Національної системи технічного регулювання надійності й безпечності. Надійність будівель та конструкцій / Ю. В. Верюжський, Е. А. Бакулін, В. М. Бакуліна // Будівництво України. – 2007. – № 1. – С. 45–47.

34. *Гуслиста Г. Е.* Розрахунок конструкцій заглиблених споруд з урахуванням технології їхнього зведення / Г. Е. Гуслиста, Т. Д. Нікіфорова, М. В. Савицький // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури : зб. наук. пр. – 2006. – № 6. – С. 30–34.

35. *Гуслиста Г. Е.* Урахування різних видів нелінійностей при комп'ютерному моделюванні заглиблених споруд / Г. Е. Гуслиста, М. В. Савицький // Теоретичні основи будівництва : збірник наукових праць Придніпровської державної академії будівництва та архітектури та Варшавського технічного університету. – Варшава, 2007. – № 15. – С. 225–230.

36. *Дорофєєв В. С.* Міцність, жорсткість та тріщиностійкість прогінних стержневих залізобетонних елементів при складному напружено-деформованому стані / В. С. Дорофєєв, В. М. Карпюк // Будівельні конструкції: міжвідомчий наук.-техн. зб. наук. праць (будівництво). – Вип. 74: В 2-х кн.: Книга 1. – Київ: ДП НДІБК, 2011. – С. 20-46.

37. *Живучесть* зданий и сооружений при запроектных воздействиях: [научное издание]/ В. И. Колчунов, Н. В. Ключева, Н. Б. Андросова, А. С. Бухтиярова. – М.: Издательство АСВ, 2014.-208 с.

38. *Кір'язев П. М.* Спосіб чисельного моделювання конструкцій висотної споруди в нелінійній постановці / М. С. Барабаш, П. М. Кір'язев, М. А. Ромашкіна // Науково-технічний журнал: Нові технології в будівництві. – 2013. – №25-26. – С.67–70.

39. *Клименко Є.В.* Ресурс залізобетонних конструкцій Будівельні конструкції. Міжвідомчий науково-технічний збірник. Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону. Зб. наук. праць в 2-х томах. –Київ: НДІБК, 2011. –Вип. 74, книга 1. –С. 47-54.

40. *Немчинов Ю. И.* Особенности строительства в сейсмических районах Украины и совершенствование норм проектирования зданий и сооружений / Юрий Иванович Немчинов // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2000. – №1. – С. 8–15.

41. *Савицький М. В.* Дослідження роботи конструкцій, що взаємодіють з ґрунтом, з урахуванням фізичної нелінійності залізобетону / М. В. Савицький, Г. Е. Гуслиста // Строительство. Материаловедение. Машиностроение: сб. науч. тр. Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры. «Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения». – Днепропетровск: ПГАСА, 2006. – № 37. – С. 418–425.

42. *Семко О. В.* До аналізу ризиків помилкової діагностики при обстеженні несучих будівельних конструкцій / О. В. Семко, О. П. Воскобійник // Сб. науч. труд.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – Днепропетровск, ПГАСА, 2008. – № 47. – С. 573–578.

43. *Семко О. В.* Імовірнісні аспекти розрахунку сталі залізобетонних конструкцій: монографія / Олександр Володимирович Семко – Полтава: ПолтНТУ ім. Юрія Кондратюка, 2004. – 320 с.

# ДОДОТОК А

## Звіт по розрахунку

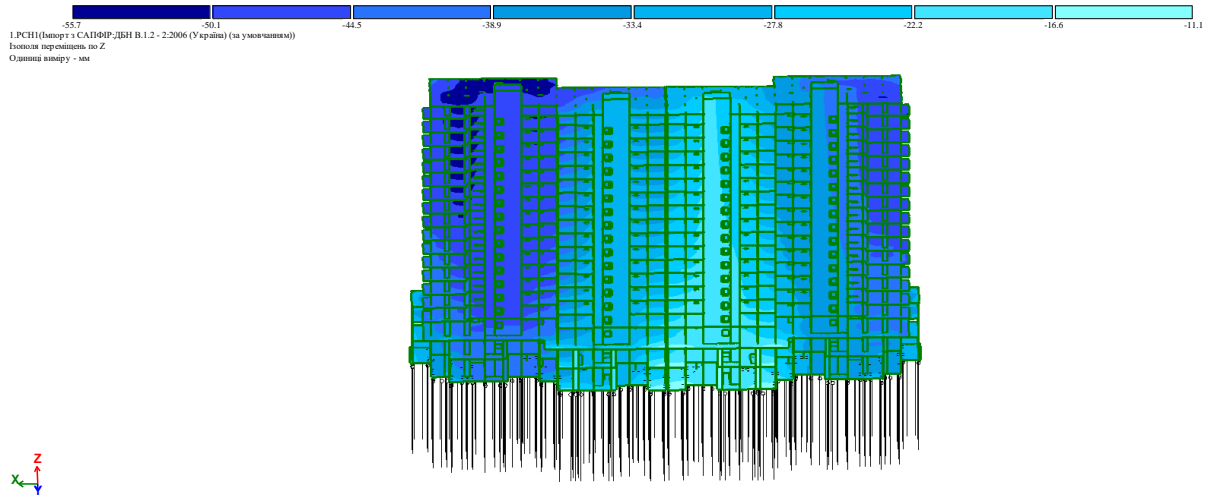


Рис. 1 Ізополя переміщень по Z

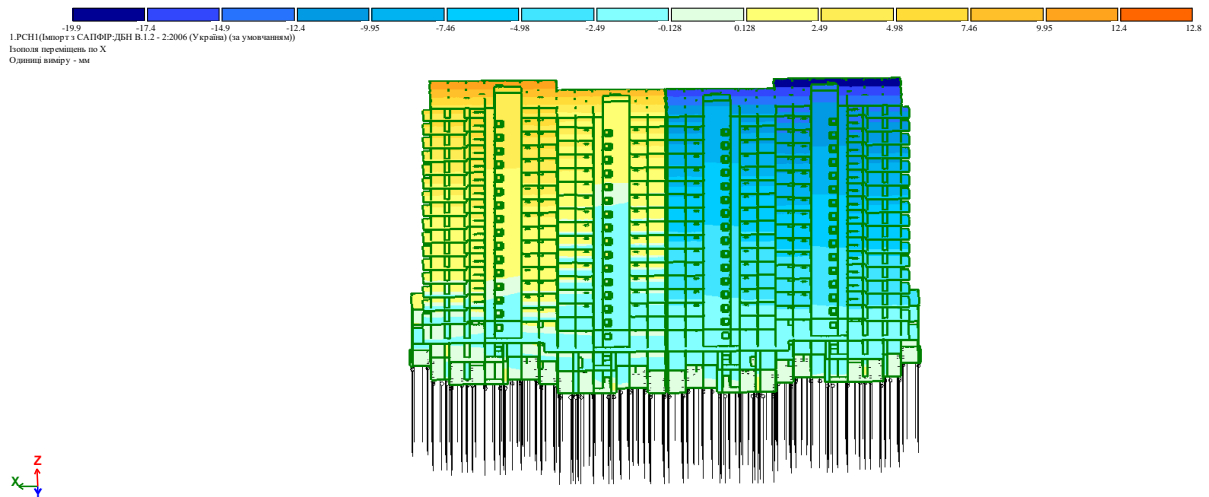


Рис. 2 Ізополя переміщень по X

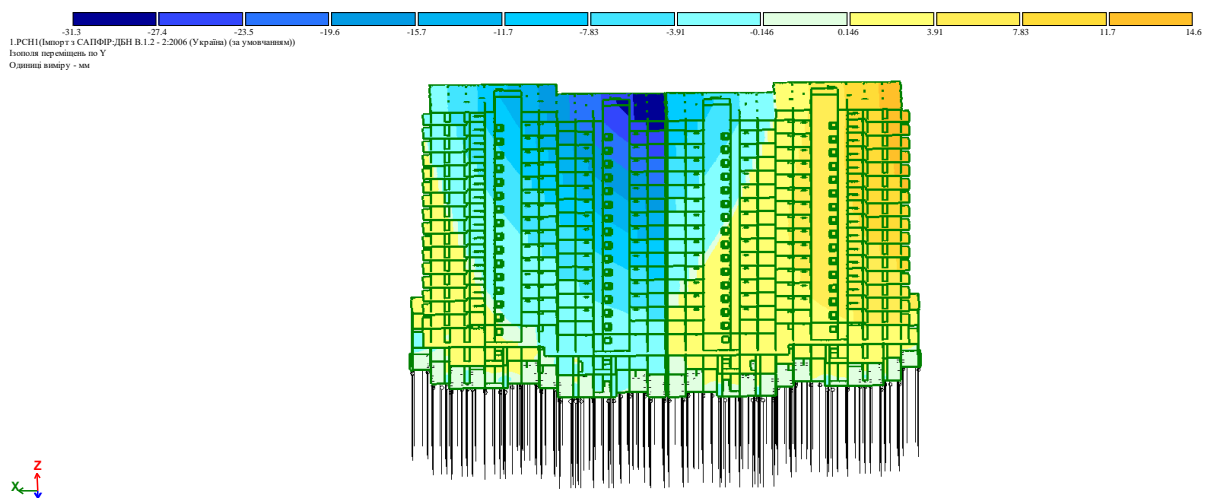


Рис. 3 Ізополя переміщень по Y



# Додаток А (продовження)

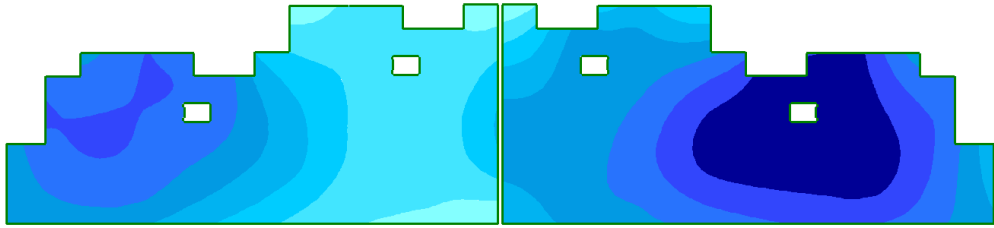
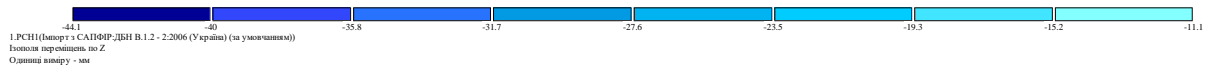


Рис. 4 Ізополя переміщень по Z(2)

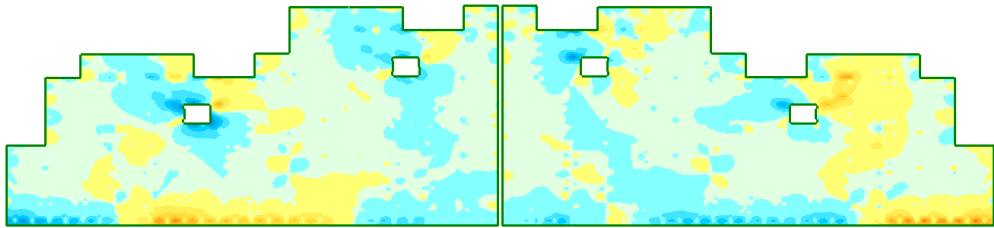
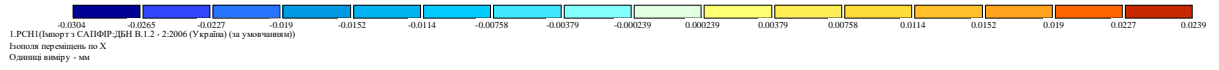


Рис. 5 Ізополя переміщень по X(2)

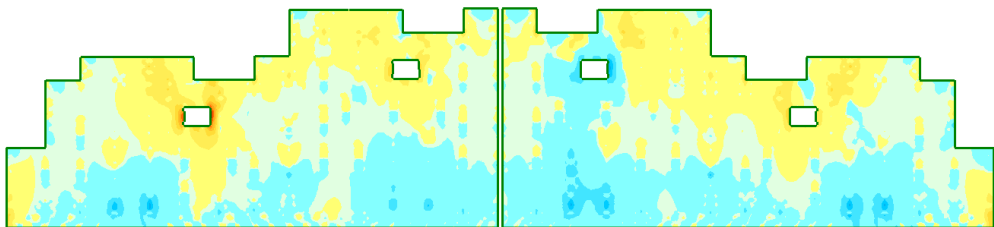
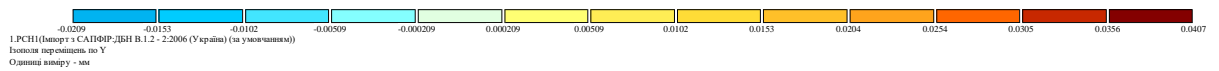
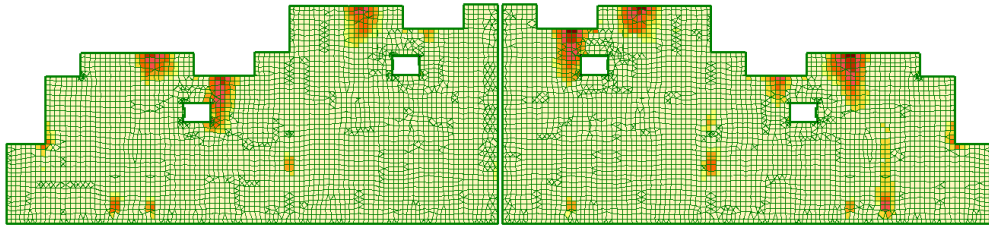
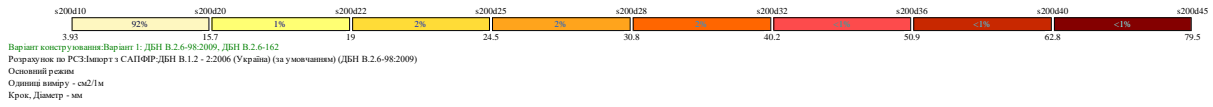


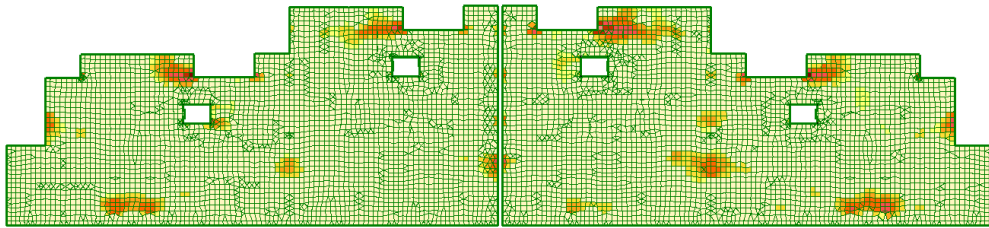
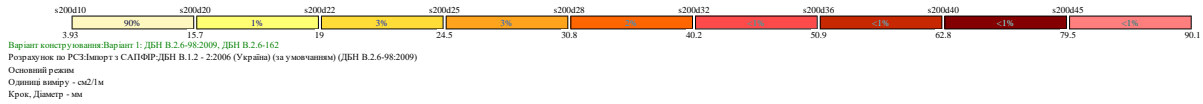
Рис. 6 Ізополя переміщень по Y(2)

# Додаток А (продовження)



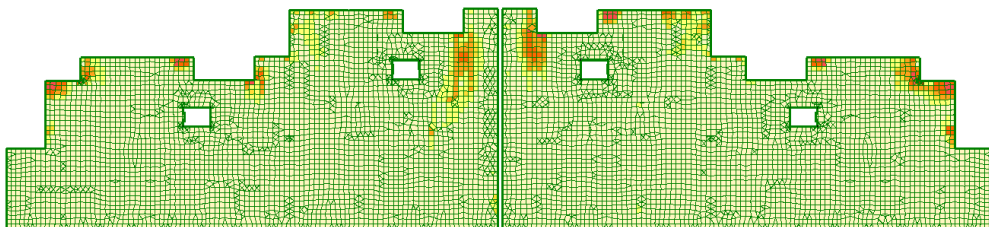
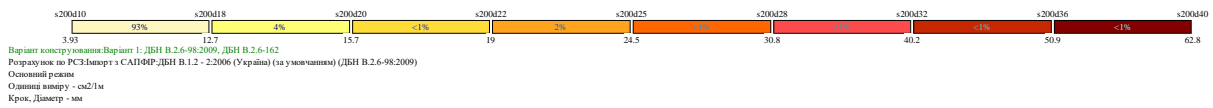
Вид: -5.000  
 Площа повної арматури на 1м уздовж осі X біля нижньої грані (балки-стілки - посередині)

Рис. 7 Площа повної арматури на 1м уздовж осі X біля нижньої грані (балки-стілки - посередині)



Вид: -5.000  
 Площа повної арматури на 1м уздовж осі Y біля нижньої грані (балки-стілки - посередині)

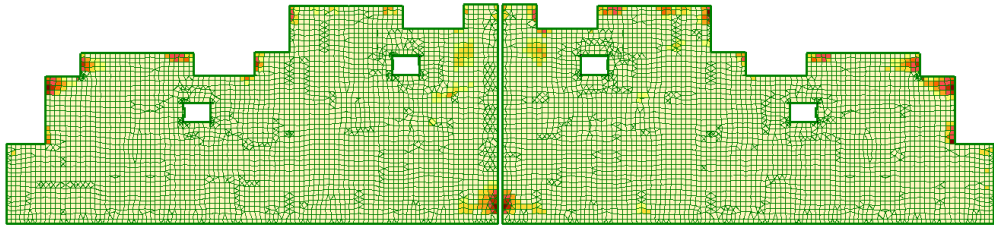
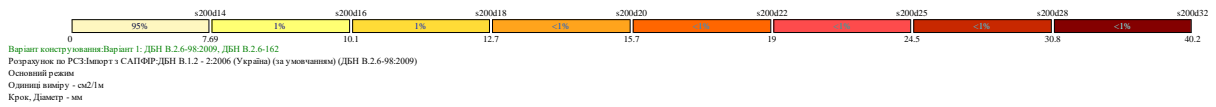
Рис. 8 Площа повної арматури на 1м уздовж осі Y біля нижньої грані (балки-стілки - посередині)



Вид: -5.000  
 Площа повної арматури на 1м уздовж осі X біля верхньої грані

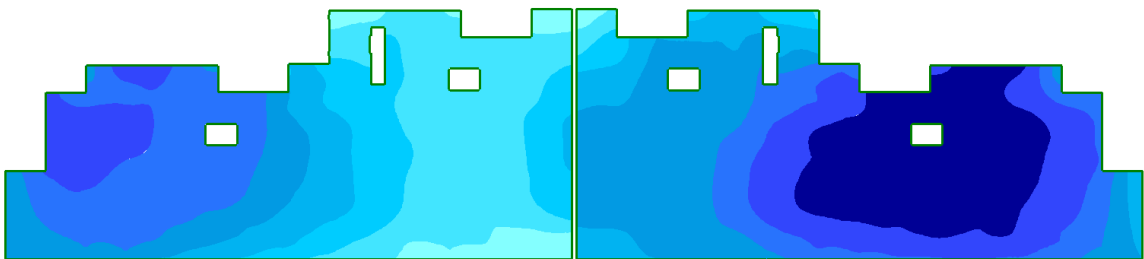
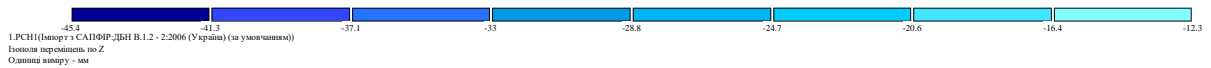
Рис. 9 Площа повної арматури на 1м уздовж осі X біля верхньої грані

## Додаток А (продовження)



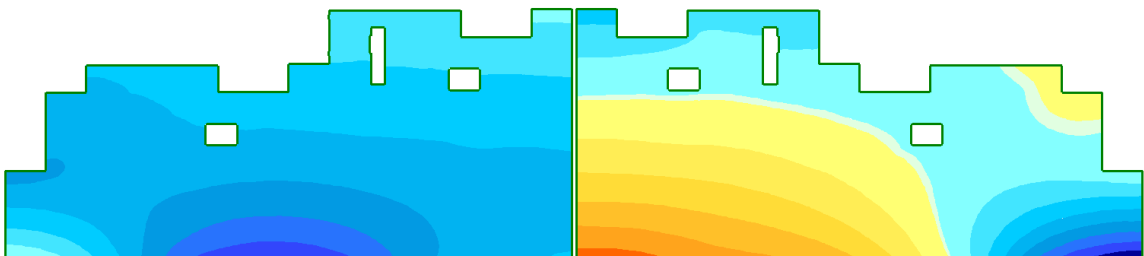
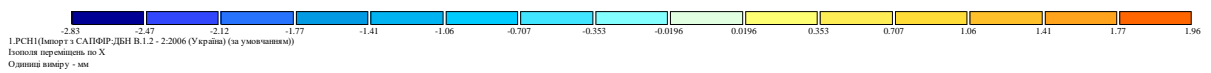
Y  
X  
Вид з -5.000  
Площа повної арматури на 1мм уздовж осі Y біля верхньої грані, максимум в елементі 8476

Рис. 10 Площа повної арматури на 1мм уздовж осі Y біля верхньої грані



Y  
X  
Вид з -0.100

Рис. 11 Ізополя переміщень по Z(3)



Y  
X  
Вид з -0.100

Рис. 12 Ізополя переміщень по X(3)

## Додаток А (продовження)

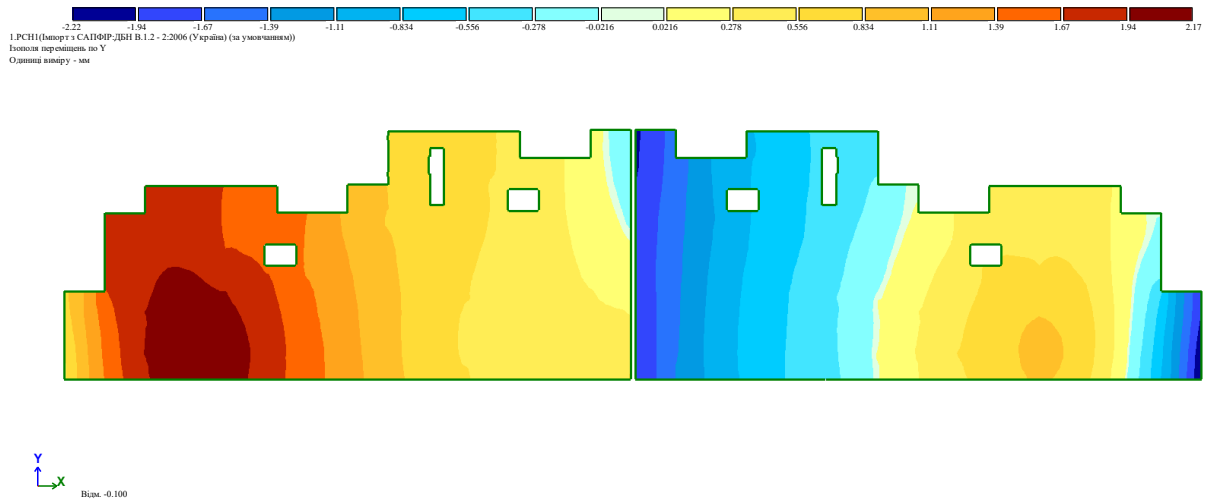


Рис. 13 Ізополя переміщень по Y(3)

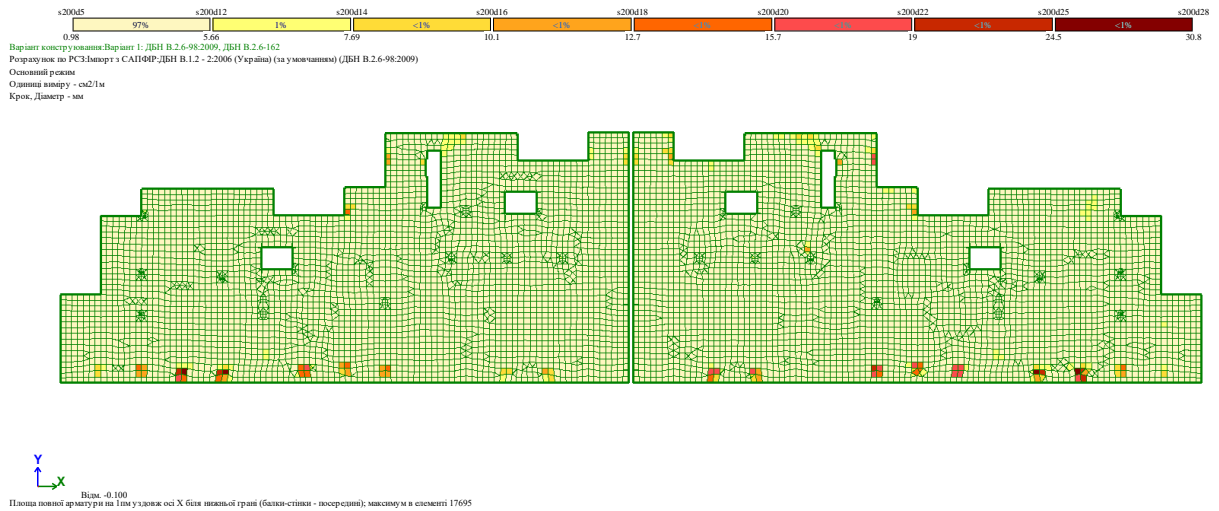


Рис. 14 Площа повної арматури на 1м уздовж осі X біля нижньої грані (балки-стілки - посередині)(2)

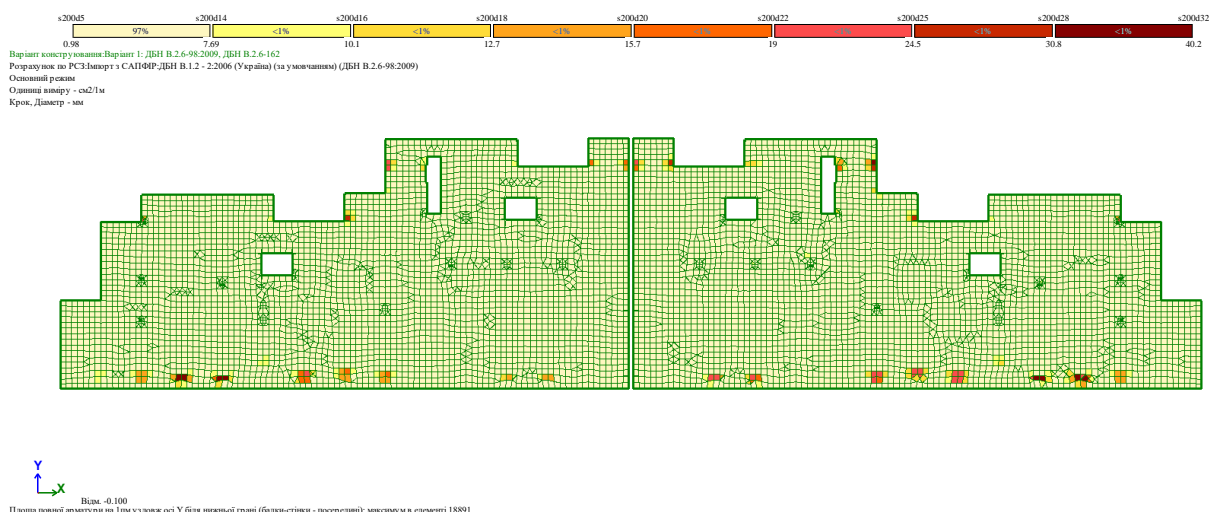
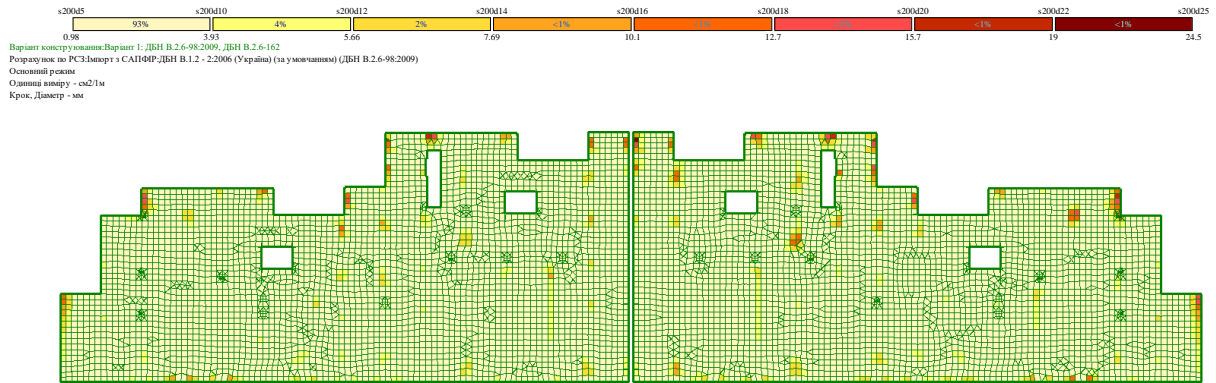


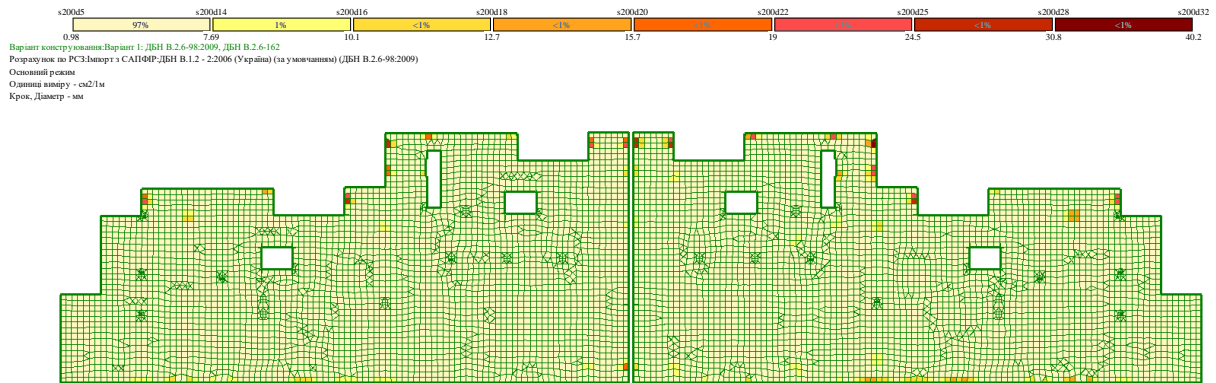
Рис. 15 Площа повної арматури на 1м уздовж осі Y біля нижньої грані (балки-стілки - посередині)(2)

# Додаток А (продовження)



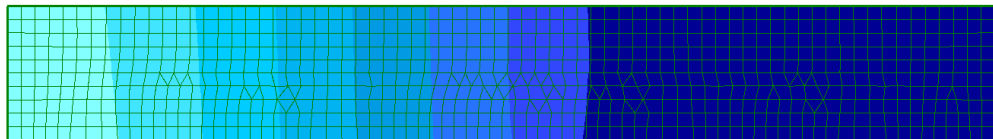
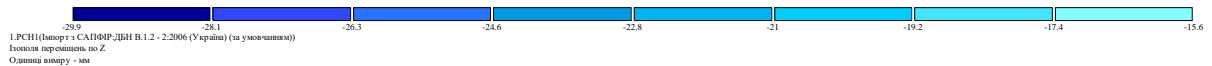
Вид: -0.100  
 Площа повної арматури на 1м уздовж осі X біля верхньої грані; максимум в елементі 12198

Рис. 16 Площа повної арматури на 1м уздовж осі X біля верхньої грані(2)



Вид: -0.100  
 Площа повної арматури на 1м уздовж осі Y біля верхньої грані; максимум в елементі 11010

Рис. 17 Площа повної арматури на 1м уздовж осі Y біля верхньої грані(2)



Вид: -0.100  
 Ізополі переміщень по Z

Рис. 18 Ізополі переміщень по Z(4)

## Додаток А (продовження)

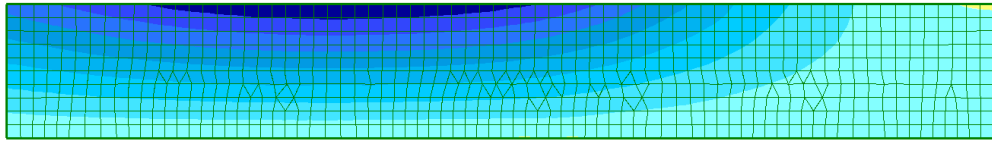
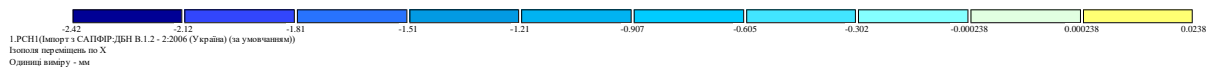


Рис. 19 Ізополя переміщень по X(4)

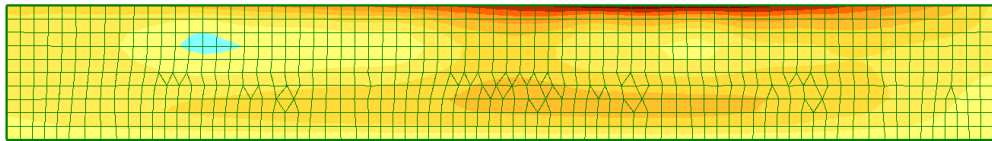
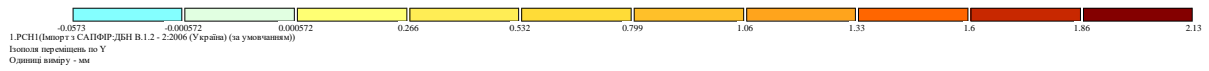
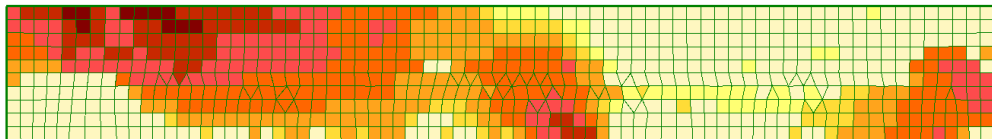
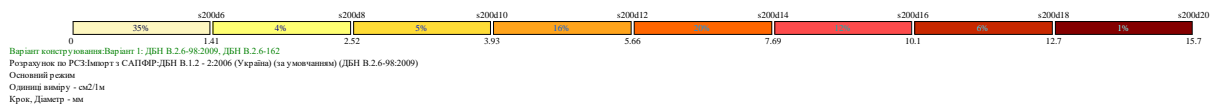


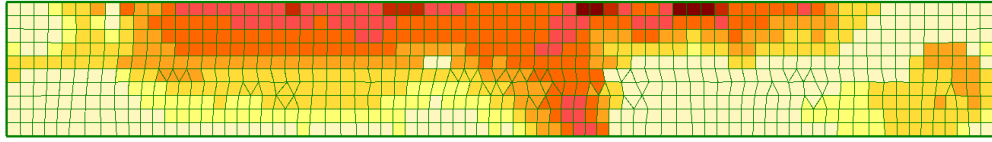
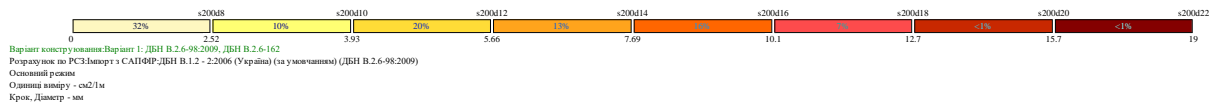
Рис. 20 Ізополя переміщень по Y(4)



Площа повної арматури на 1м уздовж осі X біля нижньої грані (балки-стілки - посередині); максимум в елементі 21907

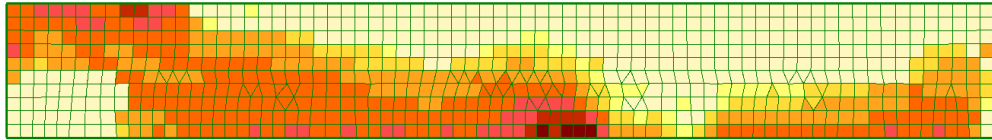
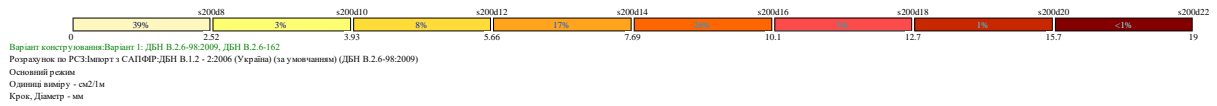
Рис. 21 Площа повної арматури на 1м уздовж осі X біля нижньої грані (балки-стілки - посередині)(3)

## Додаток А (продовження)



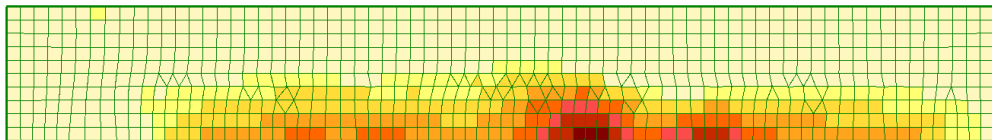
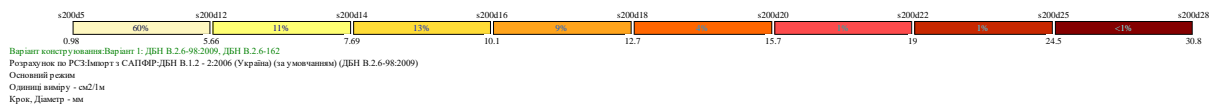
Площа повної арматури на 1м уздовж осі Y біля нижньої грані (балки-стіжки - посередині); максимум в сітці 22333

Рис. 22 Площа повної арматури на 1м уздовж осі Y біля нижньої грані (балки-стіжки - посередині)(3)



Площа повної арматури на 1м уздовж осі X біля верхньої грані; максимум в сітці 22238

Рис. 23 Площа повної арматури на 1м уздовж осі X біля верхньої грані(3)



Площа повної арматури на 1м уздовж осі Y біля верхньої грані; максимум в сітці 22241

Рис. 24 Площа повної арматури на 1м уздовж осі Y біля верхньої грані(3)

## Додаток А (продовження)

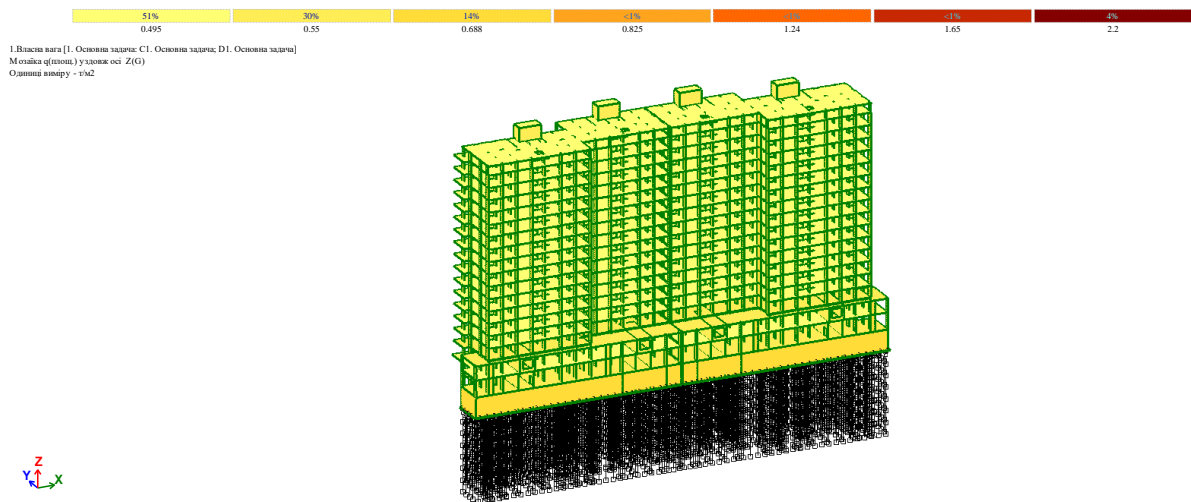


Рис. 25 Мозаїка q(площ.) уздовж осі Z(G)

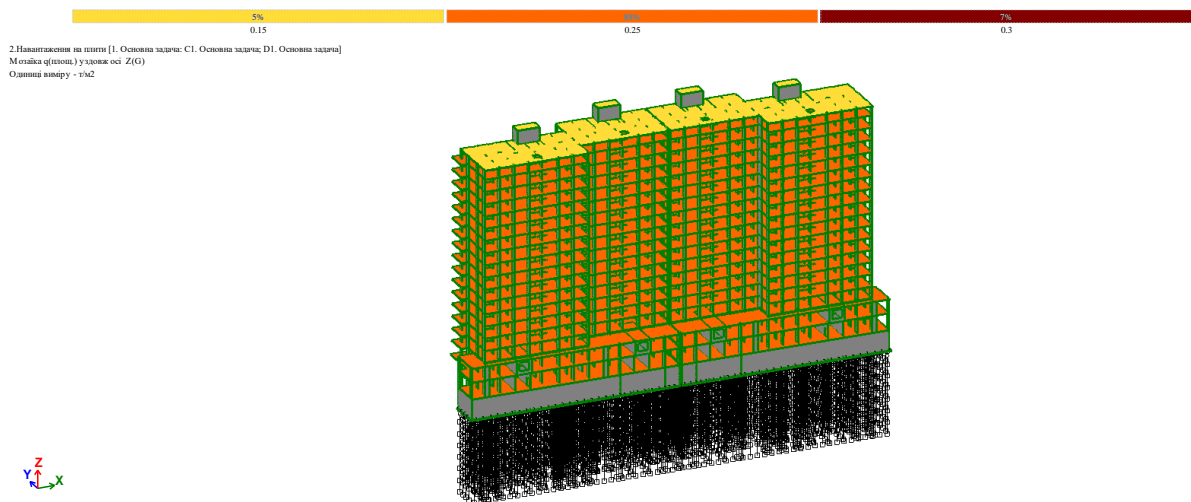


Рис. 26 Мозаїка q(площ.) уздовж осі Z(G)(2)

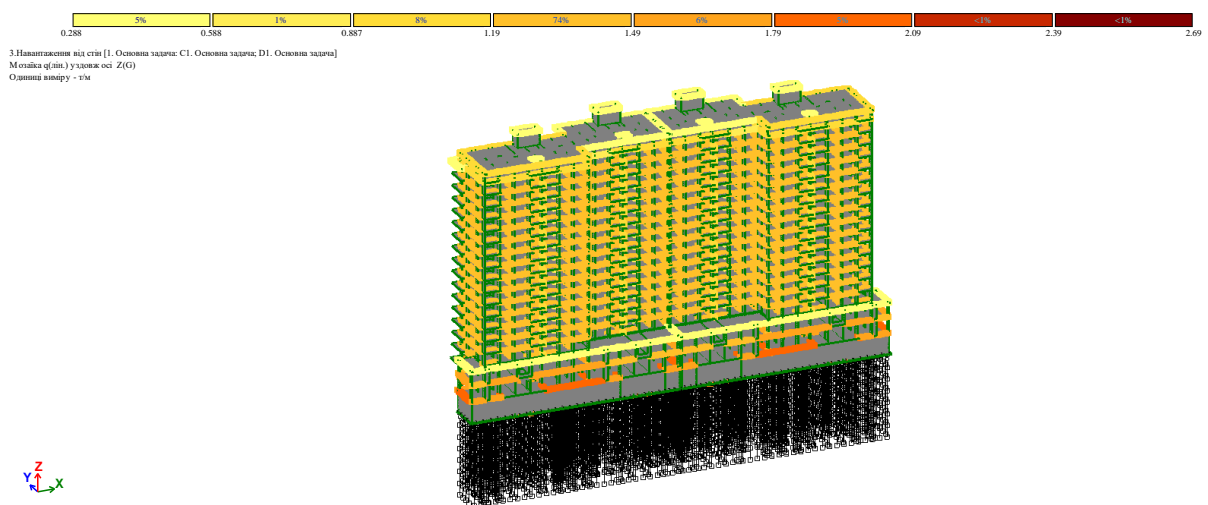


Рис. 27 Мозаїка q(лін.) уздовж осі Z(G)



## Додаток А (продовження)

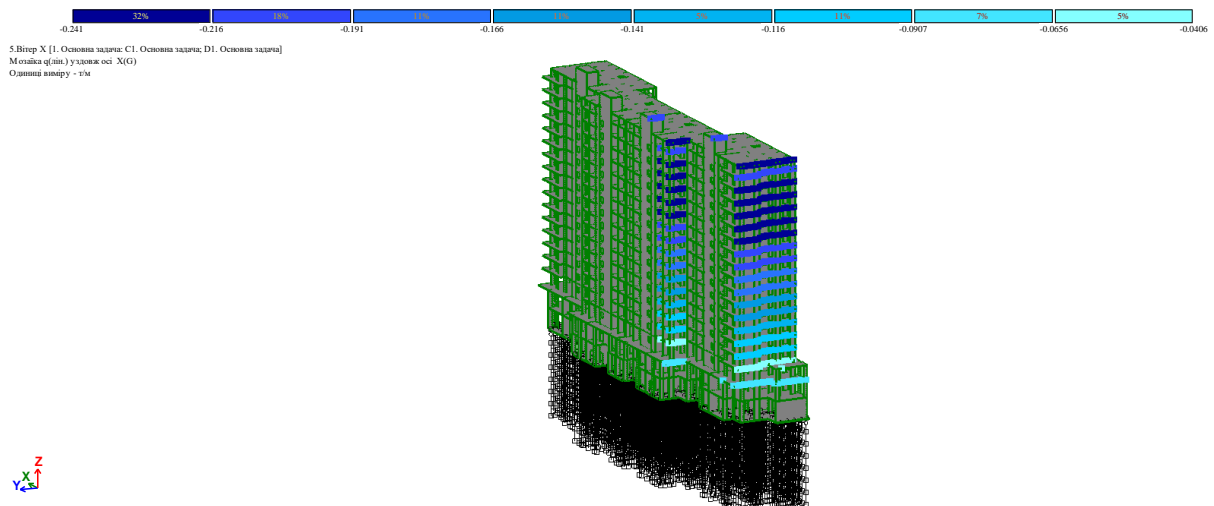


Рис. 28 Мозаїка  $q(\text{лін.})$  уздовж осі X(G)

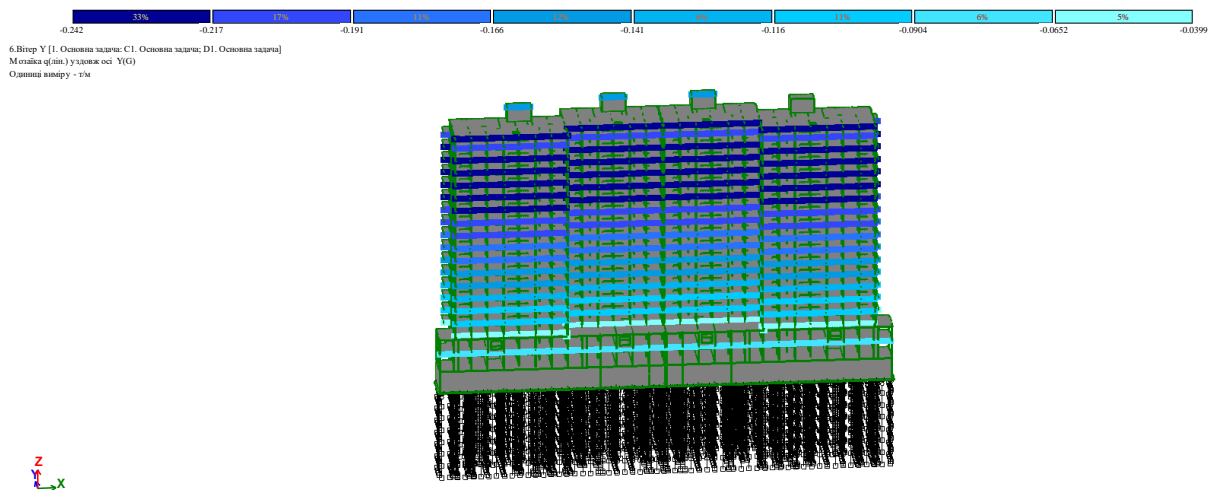


Рис. 29 Мозаїка  $q(\text{лін.})$  уздовж осі Y(G)

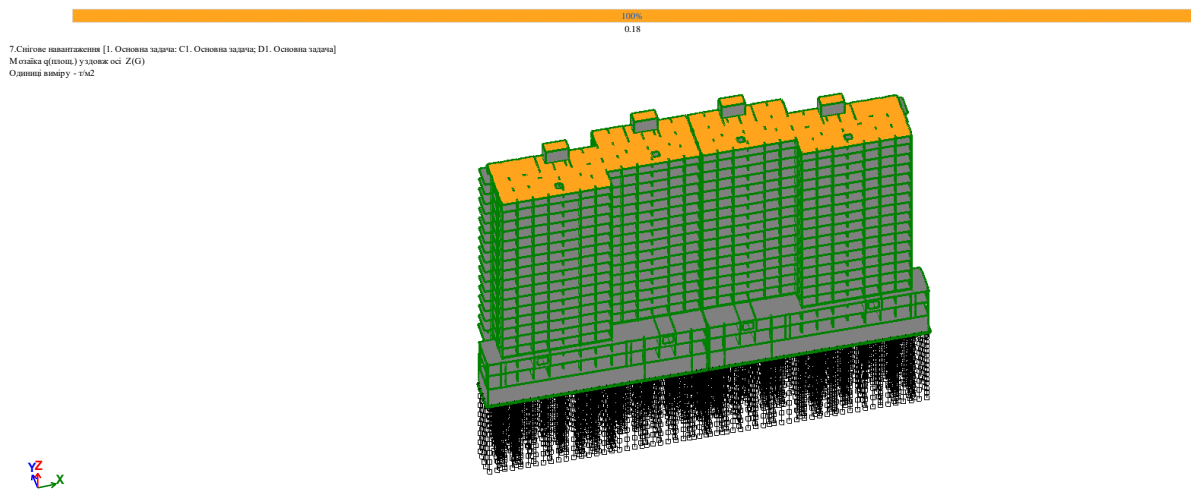


Рис. 30 Мозаїка  $q(\text{площ.})$  уздовж осі Z(G)(3)

# ДОДАТОК Б

## Звіт на прогресуюче обвалення

1.Власна вага [1. Основна задача: С1. Основна задача]

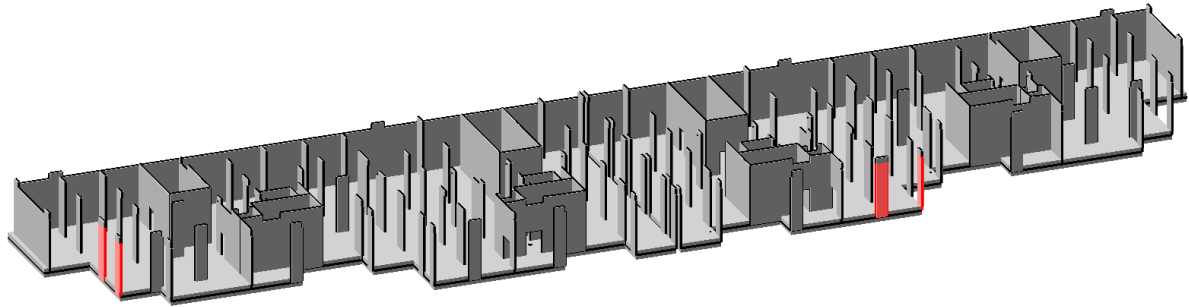


Рис. 1 1.Власна вага [1. Основна задача: С1. Основна задача]

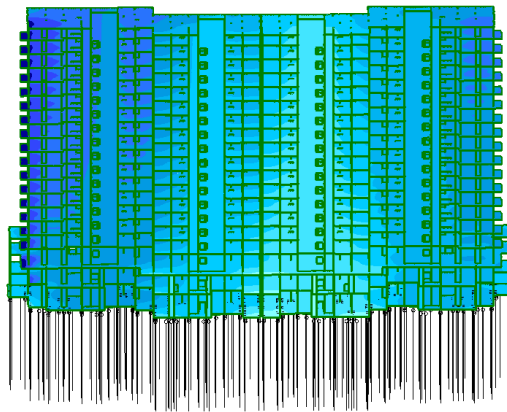


Рис. 2 Ізометра переміщень по Z

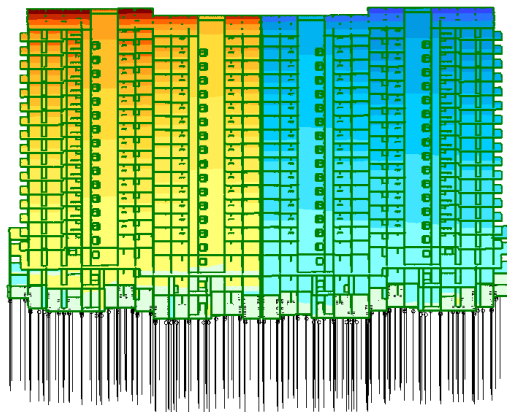
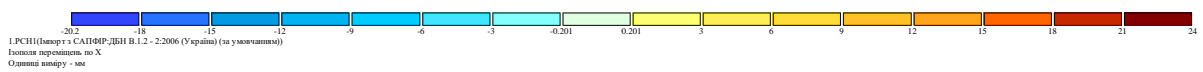


Рис. 3 Ізометра переміщень по X

## Додаток Б (продовження)

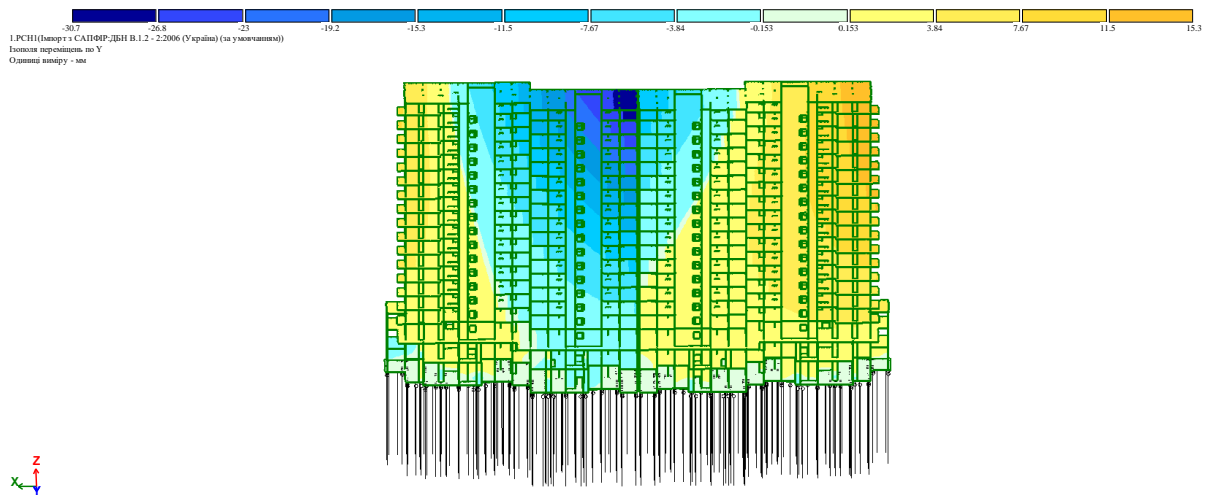


Рис. 4 Ізополя переміщень по Y

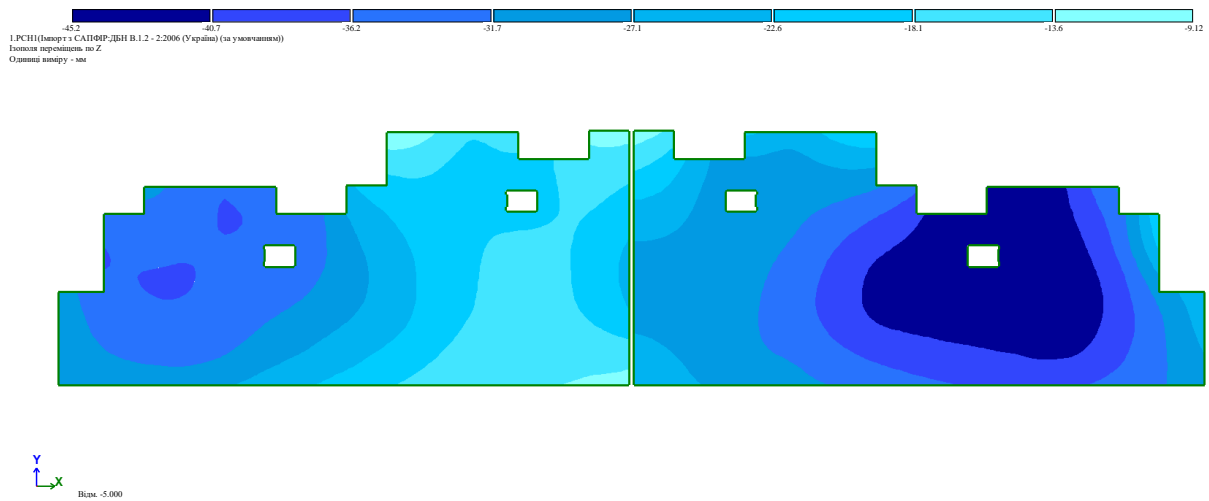


Рис. 5 Ізополя переміщень по Z(2)

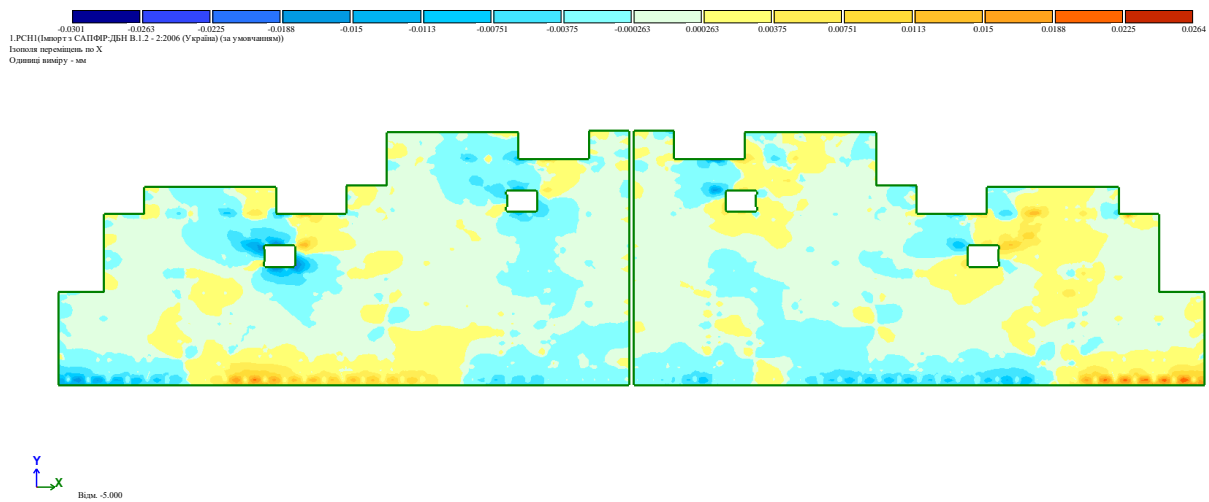


Рис. 6 Ізополя переміщень по X(2)

## Додаток Б (продовження)

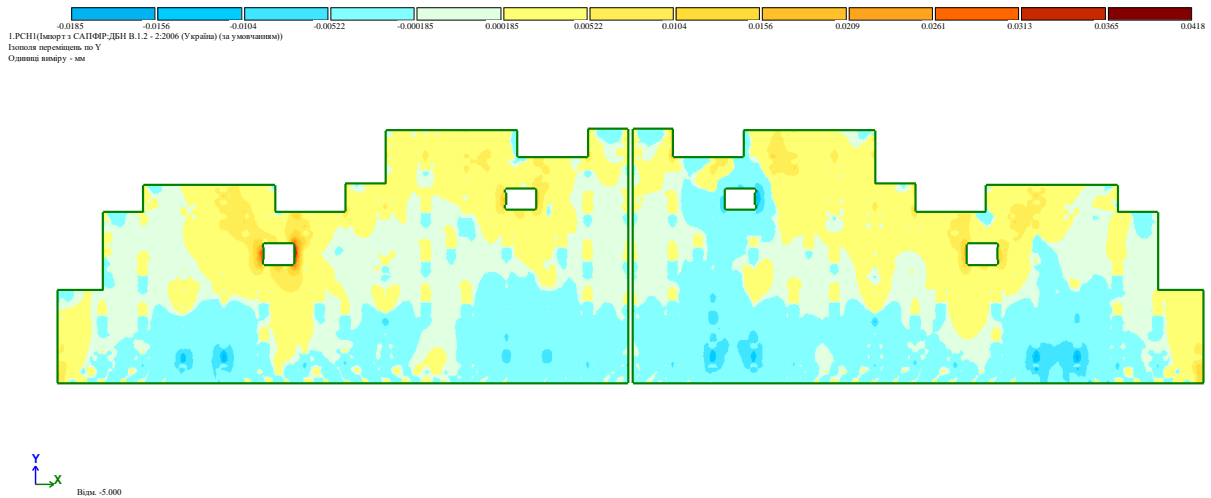


Рис. 7 Ізополя переміщень по Y(2)



Рис. 8 Площа повної арматури на 1мм уздовж осі X біля нижньої грані (балки-стілки - посередині)

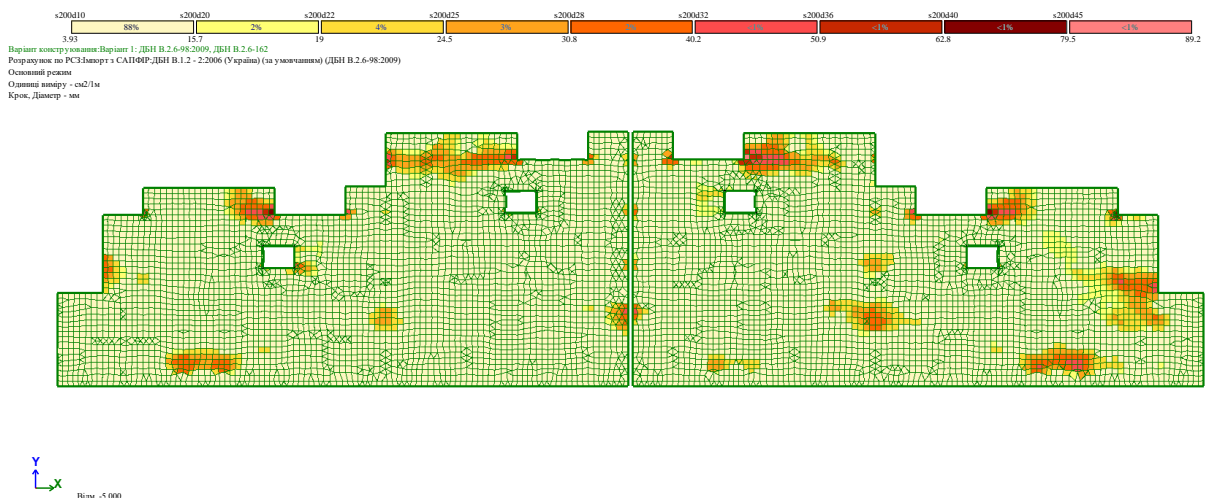
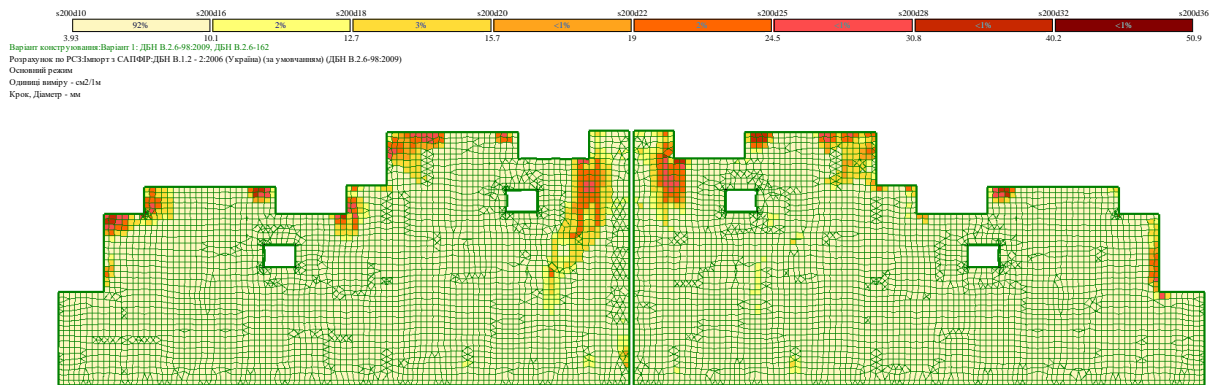


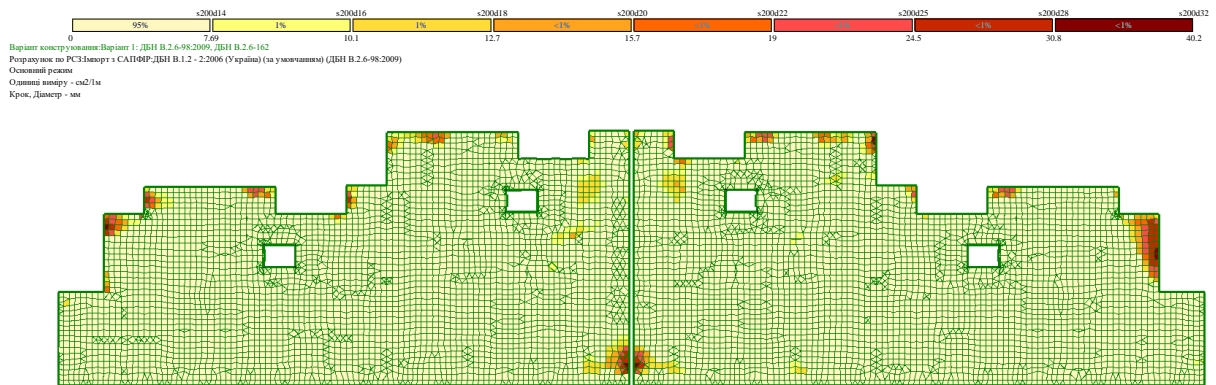
Рис. 9 Площа повної арматури на 1мм уздовж осі Y біля нижньої грані (балки-стілки - посередині)

## Додаток Б (продовження)



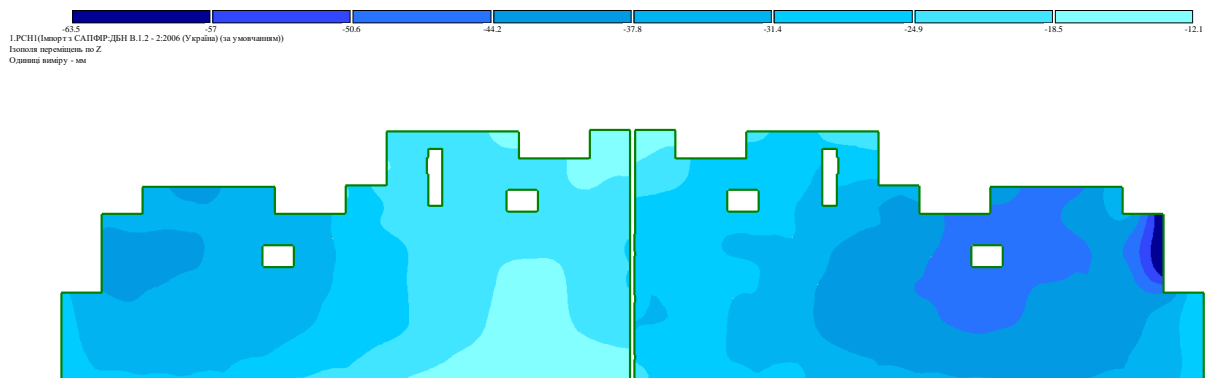
Вид: -5.000  
 Площа повної арматури на 1мм уздовж осі X біля верхньої грані; максимум в елементі 5259

Рис. 10 Площа повної арматури на 1мм уздовж осі X біля верхньої грані



Вид: -5.000  
 Площа повної арматури на 1мм уздовж осі Y біля верхньої грані; максимум в елементі 8476

Рис. 11 Площа повної арматури на 1мм уздовж осі Y біля верхньої грані



Вид: -0.100

Рис. 12 Ізополя переміщень по Z(3)

## Додаток Б (продовження)

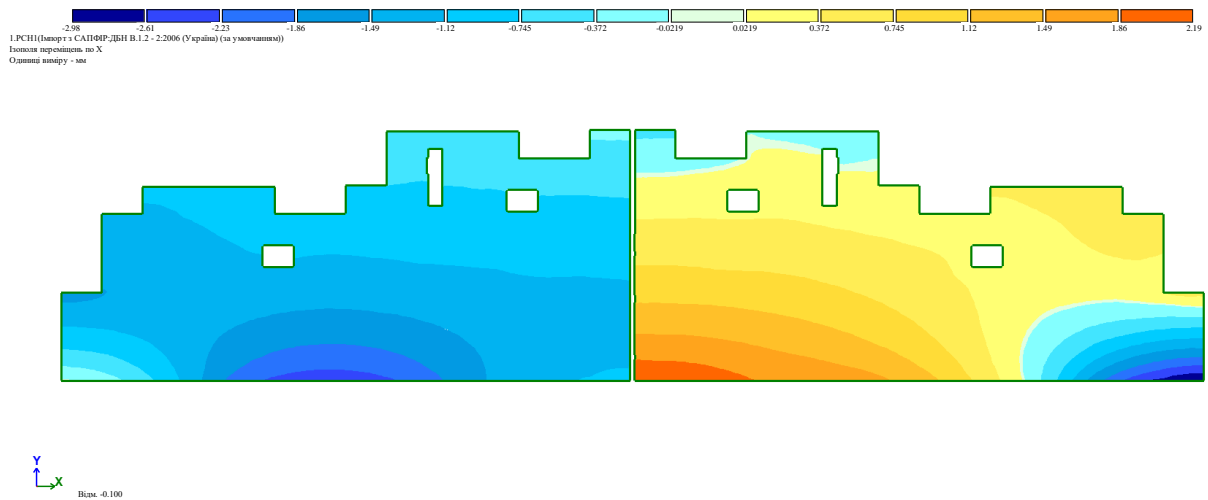


Рис. 13 Ізополя переміщень по X(3)

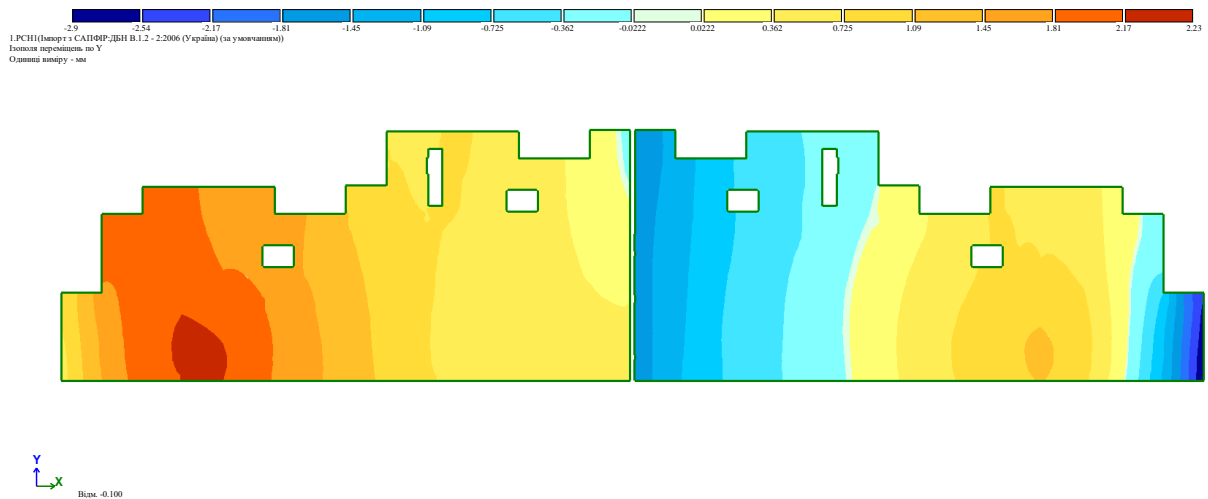


Рис. 14 Ізополя переміщень по Y(3)

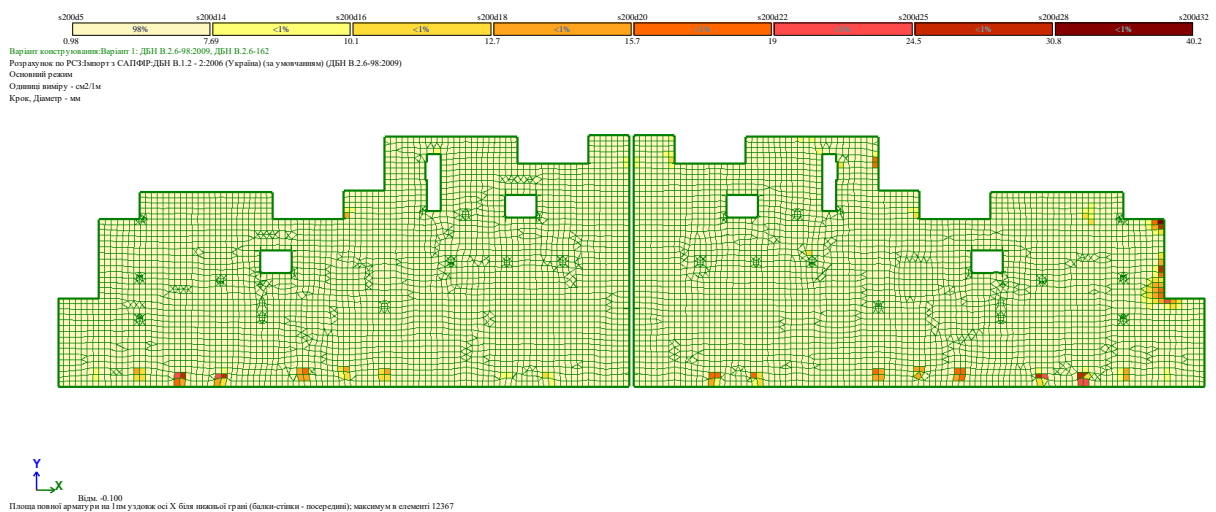
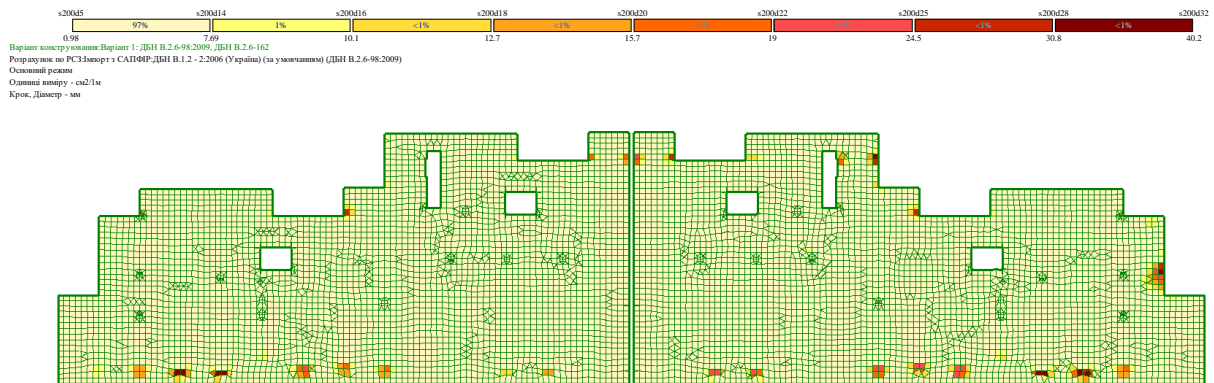


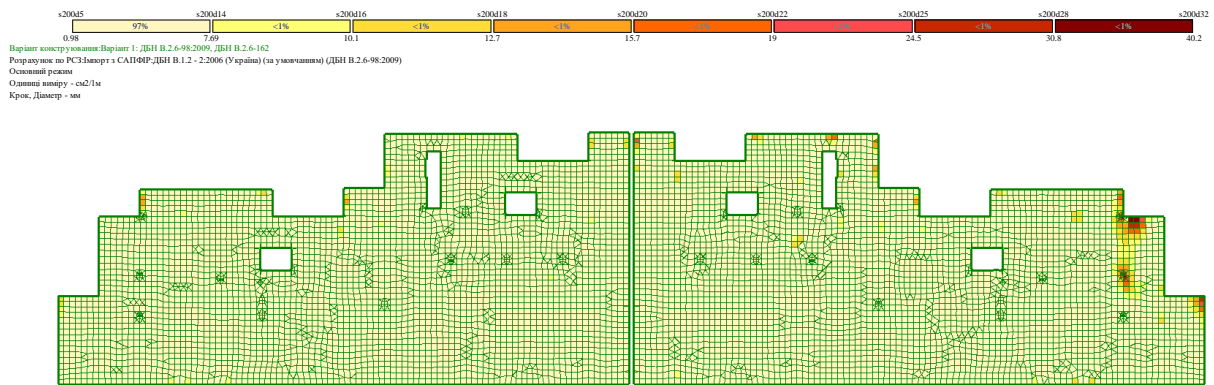
Рис. 15 Площа повної арматури на 1мм уздовж осі X біля нижньої грані (балки-стілки - посередині)(2)

## Додаток Б (продовження)



Вид: -0.100  
 Площа повної арматури на 1мм уздовж осі Y біля нижньої грані (балки-стілки - посередині)

Рис. 16 Площа повної арматури на 1мм уздовж осі Y біля нижньої грані (балки-стілки - посередині)(2)



Вид: -0.100  
 Площа повної арматури на 1мм уздовж осі X біля верхньої грані; максимум в елементі 12220

Рис. 17 Площа повної арматури на 1мм уздовж осі X біля верхньої грані(2)



Вид: -0.100  
 Площа повної арматури на 1мм уздовж осі Y біля верхньої грані; максимум в елементі 11010

Рис. 18 Площа повної арматури на 1мм уздовж осі Y біля верхньої грані(2)

## Додаток Б (продовження)



Рис. 19 Ізополя переміщень по Z(4)

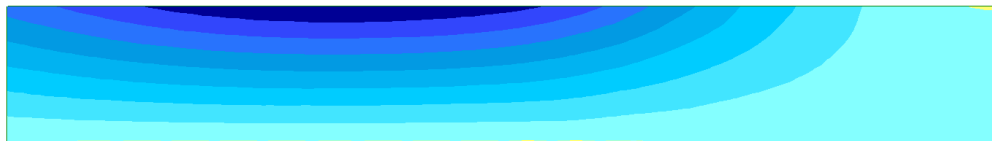
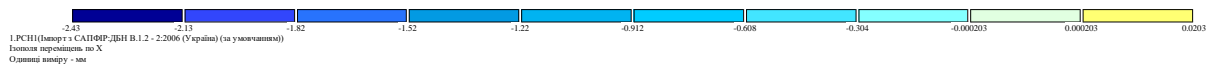


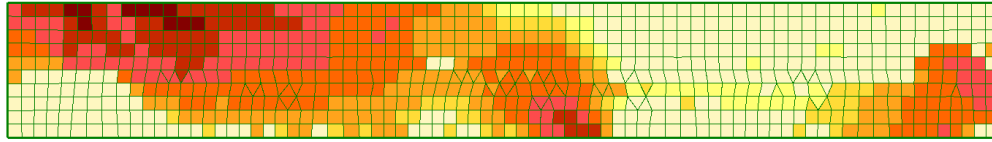
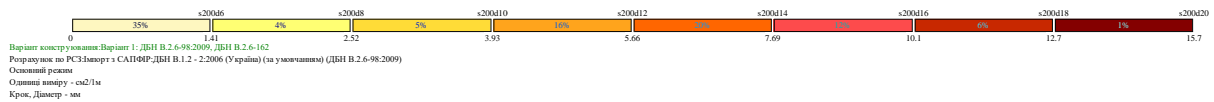
Рис. 20 Ізополя переміщень по X(4)



Рис. 21 Ізополя переміщень по Y(4)

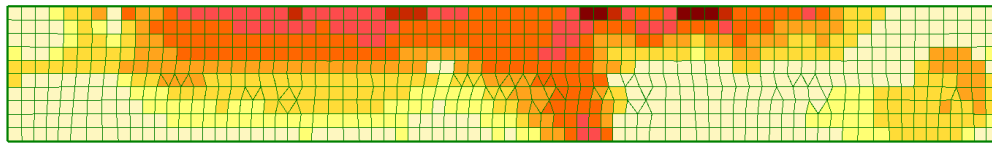
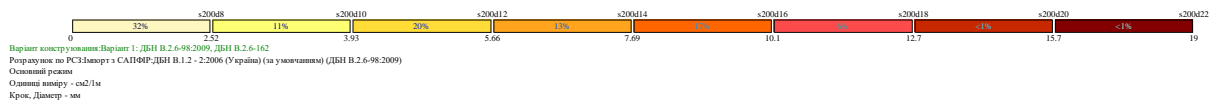


## Додаток Б (продовження)



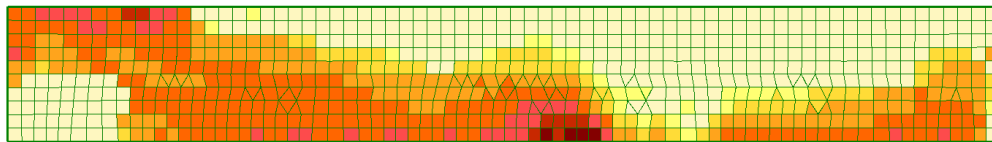
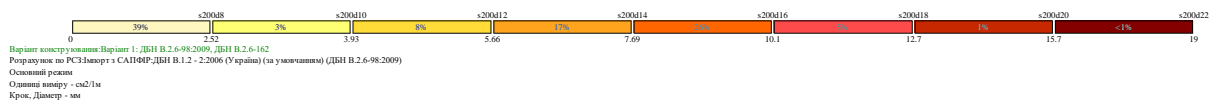
Площа повної арматури на 1м уздовж осі X біля нижньої грані (балки-стілки - посередині); максимум в елементі 21861

Рис. 22 Площа повної арматури на 1м уздовж осі X біля нижньої грані (балки-стілки - посередині)(3)



Площа повної арматури на 1м уздовж осі Y біля нижньої грані (балки-стілки - посередині); максимум в елементі 22287

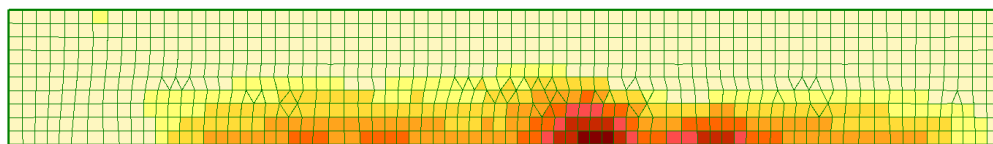
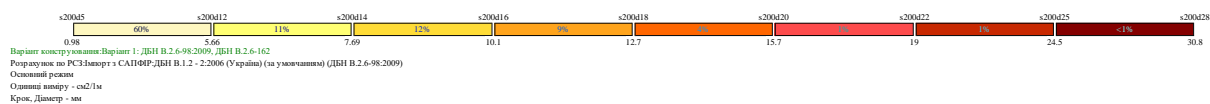
Рис. 23 Площа повної арматури на 1м уздовж осі Y біля нижньої грані (балки-стілки - посередині)(3)



Площа повної арматури на 1м уздовж осі X біля верхньої грані; максимум в елементі 22192

Рис. 24 Площа повної арматури на 1м уздовж осі X біля верхньої грані(3)

## Додаток Б (продовження)



Площа повної арматури на 1мм уздовж осі Y біля верхньої грані; масиву м.в елементі 22195

Рис. 25 Площа повної арматури на 1мм уздовж осі Y біля верхньої грані(3)