

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет будівництва, архітектури та дизайну

(повне найменування факультету)

Кафедра будівельного виробництва та управління проектами

(повне найменування кафедри)

## Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на ТЕМУ ПРОЄКТ БУДІВНИЦТВА ТРИПОВЕРХОВОЇ МОНОЛІТНОЇ  
ОФІСНОЇ БУДІВЛІ В М. ЗАПОРІЖЖЯ  
CONSTRUCTION PROJECT OF A THREE-STORY MONOLITHIC  
OFFICE BUILDING IN THE CITY OF ZAPORIZHZHIA

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи БАД-114м  
Спеціальності 192 Будівництво та цивільна  
інженерія

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Промислове та цивільне будівництво

Головатюк А. С.

(прізвище та ініціали)

Керівник Кулік М.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**

Факультет Будівництва архітектури та дизайну  
 Кафедра будівельного виробництва та управління проектами  
 Ступінь вищої освіти другий (магістерський)  
 Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія  
(код і найменування)  
 Освітня програма (спеціалізація) Промислове та цивільне будівництво  
(назва освітньої програми (спеціалізації))

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри БВУП, к.т.н, доц.

О.М. Назаренко

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)**

ГОЛОВАТЮК Анастасія Сергіївна

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) проект будівництва триповерхової монолітної офісної будівлі в м. Запоріжжя. Construction project of a three-storey monolithic office building in the city of Zaporizhzhia

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доцент КУЛІК Михайло Валерійович,  
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 року № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 12 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) рекомендована література, технічне завдання, природно-кліматичні умови

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Архітектурно-будівельний розділ. 2. Розрахунково-конструктивний розділ. 3. Організаційно-технологічний розділ. 4. Охорона праці та цивільна безпека.

5. Науково-дослідний розділ.

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

Слайди презентації, графічний матеріал 9 аркушів А1 роздруковані на А3 зброшуровані

## 6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Архітектурно-будівельний розділ	Кулік М.В., доцент		
Розрахунково-конструктивний розділ	Кулік М.В., доцент		
Організаційно-технологічний розділ	Кулік М.В., доцент		
Охорона праці та цивільна безпека	Кулік М.В., доцент		
Науково-дослідний розділ	Кулік М.В., доцент		
Нормоконтролер	Бобраков А.А., доцент		

7. Дата видачі завдання “14” жовтня 2025 року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Постановка завдань по роботі	1 тиждень	Завдання
2	Виконання науково-дослідної частини	2-3 тиждень	Розділ 5
3	Розробка архітектурно-будівельних рішень.	4 тиждень	Розділ 1
4	Розробка розрахунково-конструктивної частини.	5 тиждень	Розділ 2
5	Прийняття організаційно-технологічних рішень	6-7 тиждень	Розділ 3
6	Розробка заходів з охорони праці та цивільної безпеки.	8 тиждень	Розділ 4
7	Оформлення пояснювальної записки та документів до неї	9 тиждень	
8	Оформлення графічної частини	10 тиждень	
9	Нормоконтроль та рецензування	11 тиждень	
10	Захист роботи.	12 тиждень	

Студент(ка)

\_\_\_\_\_ Анастасія ГОЛОВАТЮК  
(підпис) (ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

\_\_\_\_\_ Михайло КУЛІК  
(підпис) (ім'я ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

**Структура та обсяг роботи.** Робота являє собою наукове дослідження, а також включає в себе вирішення інженерних задач на прикладі будівництва триповерхової монолітної офісної будівлі в м. Запоріжжі. Робота складається із вступу, п'яти розділів (П'ятий розділ – наукові дослідження, інші – вирішення інженерних задач), висновків, списку використаних джерел та додатків.

**Методи дослідження** - У роботі здійснено теоретичне дослідження із застосуванням комп'ютерних технологій і програмного забезпечення, методів операційних досліджень, когнітивної структуризації знань, системного аналізу, теорії прийняття рішень, а також лінійного та нелінійного програмування.

**Об'єкт дослідження** – монолітний залізобетонний каркас будівлі, що піддається дії динамічних навантажень.

**Предмет дослідження** – напружено-деформований стан та динамічна стійкість монолітного залізобетонного каркасу під впливом динамічних навантажень, визначені за допомогою програмного комплексу ЛІРА-САПР.

**Актуальність теми** зумовлена необхідністю забезпечення надійності та сейсмостійкості сучасних монолітних залізобетонних каркасів, які широко застосовуються в будівництві, а також потребою у використанні сучасних комп'ютерних технологій, зокрема програмного комплексу ЛІРА-САПР, для точного моделювання та аналізу їх поведінки під дією динамічних навантажень..

**Ключові слова:** монолітний каркас, динамічні навантаження, ЛІРА-САПР, сейсмостійкість, напружено-деформований стан, моделювання, аналіз.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ .....	10
1.1 Загальна характеристика ділянки.....	10
1.1.1 Загальна характеристика будинку .....	11
1.2 Об'ємно-планувальне рішення .....	12
1.3 Конструктивні рішення .....	12
1.3.1 Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва 3-и поверхової монолітної офісної будівлі. ....	14
1.4 Теплотехнічний розрахунок огорожуючих конструкцій. ....	15
1.4.1 Розрахунки зовнішньої стіни будівлі. ....	16
1.4.2 Теплотехнічний розрахунки покриття будівлі. ....	18
1.5 Зовнішня та внутрішня обробка. ....	19
1.6 Санітарно-технічне та інженерне встаткування. ....	20
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ.....	24
2.1 Розрахунок та конструювання .....	24
2.2 Навантаження та впливи.....	25
2.3 Вітрове навантаження.....	27
2.4 Снігове навантаження.....	30
2.5 Статичний розрахунок .....	31
2.6 Аналіз статичних розрахунків .....	35
2.7 Розрахунки монолітної плити перекриття на рівні +3.410 .....	40
2.8 Розрахунки монолітних стін на рівні +3.410 .....	44
2.9 Розрахунок основ та фундаментів .....	47
2.9.1 Початкові розрахункові дані для розрахунку монолітної фундаментної плити.....	48
2.9.2 Розрахунки фундаментної плити.....	50
2.9.3 Створення розрахункової схеми фундаментної плити.....	51
2.9.4 Аналіз результатів розрахунків фундаментної плити по деформаціям .....	52
2.9 Результати розрахунків колон та монолітних стін .....	52

РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ .....	102
3.6 Технологія будівельних робіт .....	129
3.6.1 Опалубні роботи .....	130
3.6.2 Арматурні роботи .....	131
3.6.3 Укладка бетонної суміші .....	133
3.6.4 Розпалубка конструкцій .....	135
3.7 Вибір вантажозахватних пристроїв .....	137
3.8 Визначення основних параметрів баштового крана .....	139
3.9 Будівельний генеральний план об'єкта .....	143
3.9.1 Будівельний генеральний план об'єкта .....	144
3.9.2 Розрахунки площ складів .....	145
3.9.3 Розрахунки потреби будівництва у воді .....	148
3.9.4 Забезпечення будівництва електроенергією .....	151
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ В БУДІВНИЦТВІ .....	153
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів на будівельному майданчику .....	153
4.2 Техніка безпеки при проведенні опалубних робіт .....	157
4.3 Техніка безпеки при виробництві арматурних робіт .....	158
4.3 Техніка безпеки при проведенні бетонних робіт .....	161
4.4 Розрахунок навантаження на риштування для монолітного перекриття	164
РОЗДІЛ 5. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ .....	167
5.1 Аналіз останніх наукових підходів і висновків щодо впливу динамічних навантажень, вибухових імпульсів та пульсаційної складової вітру на каркаси монолітних будівель. ....	167
5.2 Порівняння світових підходів з підходами прийнятими у нормативних документах України, щодо дослідження ударних і пульсаційних складових на каркаси будівель .....	169
5.2.1 Вибухові навантаження (ударна складова) .....	169
5.2.2 Вітрові навантаження (пульсаційна складова) .....	172
5.2.3 Сейсмічні навантаження .....	174

5.3 Чисельне моделювання та програмні засоби .....	177
5.4 Нормативне забезпечення та аналіз НДС конструкцій .....	179
5.5 Розрахунок каркасу будівлі на сейсмічні впливи та пульсаційну складову вітру .....	192
ВИСНОВКИ.....	214
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	216

## ВСТУП

В Україні актуальною є проблема підвищення ефективності досліджень у сфері проектування та аналізу будівельних конструкцій із використанням сучасних комп'ютерних технологій моделювання. Зростання обсягів будівництва, що значною мірою відображає економічний розвиток країни, вимагає вдосконалення методів розрахунку та оцінки надійності конструкцій, зокрема монолітних залізобетонних каркасів, які є основою більшості сучасних будівель.

Сучасні виклики у сфері будівництва, зокрема підвищені вимоги до безпеки, сейсмостійкості та довговічності споруд, зумовлюють необхідність використання ефективних інструментів комп'ютерного моделювання. Це забезпечує можливість точного аналізу динамічної поведінки конструкцій і прийняття обґрунтованих проектних рішень.

Ефективна адаптація будівельної галузі до нових цифрових технологій розрахунку та вдосконалення процесів проектування монолітних конструкцій з використанням програмного комплексу ЛІРА-САПР є ключовою умовою підвищення надійності, економічності та конкурентоспроможності будівельних проектів.

Дослідження виконано в межах наукової роботи кафедри будівельного виробництва та управління проектами.

Мета роботи — дослідити динамічну поведінку монолітного залізобетонного каркасу під дією динамічних навантажень з використанням програмного комплексу ЛІРА-САПР та розробити рекомендації щодо підвищення його сейсмостійкості та надійності.

Об'єкт дослідження — монолітний залізобетонний каркас будівлі, що піддається дії динамічних навантажень.

Актуальність теми пов'язана з необхідністю підвищення точності розрахунків і надійності проектування монолітних будівель шляхом застосування сучасних програмних засобів моделювання та аналізу, зокрема

ЛІРА-САПР, для прогнозування поведінки конструкцій при дії динамічних впливів.

Наукова новизна одержаних результатів. Досліджено динамічну поведінку монолітного залізобетонного каркасу за допомогою програмного комплексу ЛІРА-САПР, проведено аналіз впливу динамічних навантажень на напружено-деформований стан конструкції, а також розроблено рекомендації щодо вдосконалення методів розрахунку та підвищення сейсмостійкості каркасних систем.

## РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ

### 1.1 Загальна характеристика ділянки

Місце будівництва триповерхової монолітної офісної будівлі у м. Запоріжжя.;

Температурна зона території, відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2021, належить до II.

Згідно з ДБН В.2.1-10:2009 «Основи та фундаменти споруд», для визначення глибини промерзання ґрунту необхідно користуватися довідковими даними щодо нормативної глибини сезонного промерзання ґрунту  $d_{тн}$ , м. За відсутності результатів багаторічних спостережень ця величина може визначатися на основі теплотехнічних розрахунків, а її нормативне значення допускається обчислювати за формулою:

$$d_{тн}=d_0\sqrt{M_t}=0,62 \text{ м} \quad (1.1)$$

де  $d_0$  – величина, що дорівнює, м, для суглинків і глин  $d_0 = 0,23$ ;

$M_t$  – безрозмірний коефіцієнт, що чисельно дорівнює сумі абсолютних значень середньомісячних негативних температур за зиму в даному районі, згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 він дорівнює 7,2;

Для м. Запоріжжя встановлено такі кліматичні характеристики:

- розрахункова температура найхолоднішої доби становить  $-27$  °С;
- розрахункова температура найхолоднішої п'ятиденки —  $-23$  °С;
- снігове навантаження для III снігового району — 1200 Па;
- територія належить до III вітрового району, де розрахунковий тиск вітру становить 500 Па.

### 1.1.1 Загальна характеристика будинку

Будинок – житлова будівля;

Клас будинку по ступеню довговічності – I;

Клас будинку по ступеню вогнестійкості – II;

Конфігурація будинку в плані – прямокутна;

Довжина будинку в осях 1-6 – 30 м;

Ширина будинку в осях А-Г – 16 м;

Висота будинку – 14,725 м від проектної відмітки 0;

Кількість поверхів – 3;

Висота поверху – 3,6 м.

Архітектурно-конструктивне рішення передбачає зведення триповерхової офісної будівлі із застосуванням монолітного залізобетонного каркасу, який забезпечує високу надійність, довговічність та просторову стійкість споруди. Такий тип конструктивної системи обрано з огляду на його ефективність при сприйнятті вертикальних і горизонтальних навантажень, а також гнучкість у плануванні внутрішніх приміщень.

Несуча система будівлі складається з монолітних колон, діафрагм жорсткості (стін), плит перекриття та покриття. Колони забезпечують передачу вертикальних навантажень, плити виконують функцію горизонтальних дисків, що розподіляють навантаження між елементами каркасу, а діафрагми жорсткості сприймають горизонтальні дії — зокрема від вітру та сейсмічних впливів.

Просторова жорсткість та стійкість будівлі досягається завдяки спільній роботі всіх елементів каркасу: плити перекриттів і покриття взаємодіють із діафрагмами жорсткості та монолітними колонами, утворюючи цілісну просторову систему. Такий конструктивний підхід забезпечує рівномірний розподіл навантажень, мінімізує деформації та гарантує стабільність споруди при дії динамічних навантажень.

З архітектурної точки зору, монолітний каркас дозволяє реалізувати гнучке планування офісних приміщень, створює можливість вільного komponування внутрішніх перегородок, а також забезпечує сучасний зовнішній вигляд будівлі з великою кількістю світлових прорізів і панорамного скління.

## **1.2 Об'ємно-планувальне рішення**

Проект передбачає будівництво триповерхової офісної будівлі з монолітним залізобетонним каркасом, що забезпечує високу надійність, довговічність та просторову стійкість споруди.

Будинок відноситься до I класу по довговічності та II класу по вогнестійкості. Конфігурація будівлі в плані — хрестоподібна, довжина по осях 1–6 становить 30 м, ширина по осях А–Г — 16 м. Загальна висота будівлі від рівня чистої підлоги першого поверху — 14,725 м. Кількість поверхів — 3, висота поверху — 3,6 м, технічного підвалу — 2,8 м.

Для підвищення безпеки та евакуації з будівлі, передбачені евакуаційні пожежні драбини фірми CRYNOLINE з покрівлі, що йдуть по зовнішньому фасаді.

Для забезпечення звукоізоляції приміщень передбачено використання перегородок із керамічної цегли. Планування будинку дозволяє гнучке розташування внутрішніх офісних приміщень, забезпечує доступ до всіх приміщень і комфортне пересування мешканців, відповідаючи сучасним архітектурним та інженерним вимогам.

## **1.3 Конструктивні рішення**

Будинок спроектовано з жорстким каркасом, несуча система якого виконана з монолітного залізобетону. Проект розроблено на основі розрахунків у програмі ЛІРА-САПР. Усі несучі конструкції виконуються з важкого бетону класу С20/25 та арматури класу А400С.

Фундамент передбачено у вигляді монолітної залізобетонної плити товщиною 300 мм з бетону С20/25 та арматури А400С. Для фундаментної плити запроектована бетонна підготовка та гідроізоляція.

Вертикальна гідроізоляція складається з кількох шарів, що забезпечують захист від вологи та теплоізоляцію:

- нетканий термічно скріплений геотекстиль;
- дренажна геомембрана;
- теплоізоляція з екструдованого пінополістиролу;
- захисний шар із нетканого голкопробивного геотекстилю;
- гідроізоляція з ПВХ-мембрани;
- захисний шар із нетканого голкопробивного геотекстилю.

Стіни діафрагм жорсткості виконані з монолітного залізобетону класу С25/30. Зовнішні стіни споруди — з самонесучих пінобетонних блоків товщиною 400 мм та щільністю 500 кг/м<sup>3</sup>. Зовнішнє утеплення забезпечується теплоізоляційними плитами ROCKWOOL товщиною 200 мм, а зовнішній оздоблювальний шар складається з керамічної цегли.

Товщина зовнішніх стін відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» та ДСТУ 9191:2022. Внутрішні перегородки виконані з керамічної цегли товщиною 120 мм і газобетону 300 мм.

Цоколь будівлі має монолітні стіни товщиною 500 мм, утеплені шаром 200 мм та облицьовані цеглою. Перемички виготовлені з монолітного залізобетону. Сходові марші та майданчики виконані монолітними залізобетонними, товщиною 200 мм.

Віконні прорізи заповнюються металопластиковими блоками з трьохкамерними склопакетами Steko. Внутрішні двері — глухі металопластикові, зовнішні — з подвійним склінням. Для приміщень з інженерним обладнанням передбачено встановлення протипожежних дверей.

Плити перекриття і покриття виконані монолітними залізобетонними завтовшки 200 мм з отворами для прокладання водопроводу, каналізації та інших інженерних комунікацій.

### **1.3.1 Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва 3-и поверхової монолітної офісної будівлі.**

За кількістю осіб, які постійно та тимчасово перебувають на об'єкті, офісну будівлю зараховують до класу наслідків (відповідальності) СС1.  $N_1 = 1$  осіб;

За кількістю осіб які періодично перебувають у будівлі при розрахунковій кількості  $N_2 = 105$  осіб, будівлю зараховують до класу наслідків відповідальності СС2.

Кількість людей, які перебувають поза об'єктом, зовні складається з людей які постійно знаходяться на об'єкті та періодично, отже кількість визначаємо таким чином:

$$N_3 = 105 + 27 = 132 \text{ осіб,}$$

За кількістю осіб, які перебувають зовні об'єкту, житловий будинок відноситься до класу наслідків (відповідальності) СС2.

Згідно з розрахунком кількість квадратних метрів в будинку дорівнює 993,2.

Розрахункова вартість 1 м<sup>2</sup> приймається згідно наказу Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України №351 від 23.04.2025 для Запорізької області - 23090 грн. за м<sup>2</sup>, для проекту беремо ці показники, як для житлових будівель для нашого розрахунку.

Розрахункова вартість будинку складає:

$$23090 \times 993,2 = 22\,932,988 \text{ тис. грн.}$$

Прогнозовані збитки визначаються за формулою

$$\Phi = 0,225 \sum_{i=1}^n P_i = 0,225 \times 22\,932,988 = 5159,9223 \text{ тис. грн.} \quad (1.1)$$

Обсяг можливого економічного збитку у мінімальних заробітних платах (Відповідно до статті 8 Закону України «Про Державний бюджет України на 2025 рік» з 01.10.2025 розмір МЗП у місячному розмірі становитиме 11184 грн) складає:

$$5159,9223/11,1184=464,088 \text{ м.р.з.п.}$$

Відповідно до таблиці 1, ДСТУ 8855:2019 житловий будинок відноситься до класу наслідків (відповідальності) СС1.

Будинок не розташований в охоронній зоні об'єктів культурної спадщини і не є об'єктом культурної спадщини.

Приймаємо, що відмова будинку не впливає на припинення роботи об'єктів транспорту, зв'язку, енергетики.

Висновок. Відповідно до ДСТУ 8855:2019 «Визначення класу наслідків (відповідальності)», клас наслідків (відповідності) об'єкту будівництва встановлюється за найвищою характеристикою можливих наслідків, отриманих за результатами розрахунків.

За критеріями таблиці 1 [1] «Можлива небезпека для здоров'я і життя людей, які постійно перебувають на об'єкті», «Можлива небезпека для життєдіяльності людей, які перебувають зовні об'єкта», «Обсяг можливого економічного збитку» 3-ти поверхова монолітна офісна будівля відноситься до класу наслідків (відповідальності) СС2.

#### **1.4 Теплотехнічний розрахунок огорожуючих конструкцій.**

Таблиця 1.2 - Кліматичні параметри м. Запоріжжя згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія.

№ п/п	Розрахункова зимова t зовнішнього повітря й зона вологості	Значення
1	2	3
1	Абсолютна мінімальна	-27
2	Найбільш холодної доби	-27
3	Найбільш холодної п'ятиденки	-23
4	Зона вологості	II (суха)

### 1.4.1 Розрахунки зовнішньої стіни будівлі.

Згідно ДБН В.2.6-31:2021 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі огорожувальної конструкції буде складати  $R_{qmin}=3,5$   $m^2 * K \backslash Вт$

Так як зовнішня стіна буде складатись не тільки з газобетонних блоків, а і з монолітних залізобетонних стін товщиною 300 мм, приймаємо у розрахунках теплотехнічні характеристики залізобетону, як такі, які у розрахунку зменшують загальні показники супротиву теплопередачі огорожуючих конструкцій.

Законструюємо огорожувальну конструкцію стіни будівлі наступним чином.

Таблиця 1.3 - Конструкція стіни та розрахункові коефіцієнти.

Конструктивна схема стіни	Характеристика шарів			Розрахункове К.	
	№ шару	матеріал	t	$\lambda_p$ Вт/(м*К)	$S_1$ Вт/(м <sup>2</sup> *К)
	2	Залізобетон $\rho=2500$ кг/м <sup>3</sup>	0,2	1,92	17,98
	3	Кам'яна вата ROCKWOOL $\rho_0= 35$ кг/м <sup>3</sup>	0,2	0,048	0,39
	3	Керамічна цегла	0,12	0,81	10,2

Зробимо розрахунок згідно формули ДСТУ 9191:2022 та визначимо опір теплопередачі і-ї термічно однорідної частини конструкції, м<sup>2</sup>\*К/Вт

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{h_{si}} + \sum_{i=1}^l R_i + \frac{1}{h_{se}} = \frac{1}{h_{si}} + \sum_{i=1}^l \frac{d_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{h_{se}}, \quad (1.2)$$

$h_{si} = 8,7$   $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ ; - коеф. тепловіддачі внутрішньої поверхні;

$h_{se} = 23$   $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ ; - коеф. тепловіддачі зовнішньої поверхні;

Отже:  $R^{зоб.ст} = (1/10) + (0,2/1,92) + (0,2/0,048) + (0,12/0,81) + (1/23) = 4,577$  (м<sup>2</sup>\*К)/Вт

Приймаємо формулу 1 згідно ДСТУ 9191:2022 для визначення опору теплопередачі зовнішньої огорожувальної конструкції.

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{A_{\Sigma}}{\sum_i (A_i / R_{\Sigma i}) + \sum_m (l_m \cdot \Psi_m) + \sum_j (N_j \cdot \chi_j)}, \quad (1.3)$$

де,  $A_{\Sigma}$  - загальна площа огорожувальної конструкції, обчислена за внутрішнім виміром із додаванням площ укосів прорізів та відніманням площ прорізів, у проекті цей показник складе 1312,728 м<sup>2</sup>

$A_i$  – площа  $i$ -ої термічно однорідної частини непрозорої конструкції, що не містить площі внутрішніх укосів прорізів та площі ділянок зовнішніх огорожень будівлі, які контактують з іншими теплопровідними включеннями, у проекті цей показник складе 1029,04 м<sup>2</sup>

$R_{\Sigma}$  – опір теплопередачі термічно однорідної частини конструкції м<sup>2</sup>\*К/Вт, визначено вище та складає 4,577 (м<sup>2</sup>\*К)/Вт

$l_m$  – лінійний розмір (проекція)  $m$ -го лінійного теплопровідного включення в м, виходячи з загального периметру будівлі, а також П-подібного профілю на кожний поверх, всього 6-ть поверхів 212 м.

$\Psi_m$  – лінійний коефіцієнт теплопередачі  $m$ -го лінійного теплопровідного включення Вт/(м\*К), приймаємо згідно ДСТУ 9191:2022, Додатку Г, як для вузла примикання металевого несучого елемента каркаса 0,045 Вт/(м\*К);

$\chi_j$  – точковий коефіцієнт теплопередачі  $j$ -го точкового теплопровідного включення Вт/К, приймаємо згідно ДСТУ 9191:2022, Додатку Д, як для вузла улаштування пластикового дюбелю з пластиковим стрижнем для кріплення теплоізоляційного шару в фасадній системі з попорядженням штукатурками 0,045.

$N_j$  – загальна кількість  $j$ -их точкових теплопровідних включень, що розташовані на загальній площі огорожувальної конструкції без урахування площ внутрішніх прорізів в шт, розраховуємо наступним чином на 1-ну мінераловатну плиту розміром 1,2x0,6 = 0,72 м<sup>2</sup> кількість дюбелів, так як мінвата буде кріпитись на клейові суміші приймаємо 1-н дюбель, приймаємо загальну площу не прозорих огорожуючих конструкцій 1312,728 м<sup>2</sup>, тоді

визначемо загальну кількість мінераловатних плит  $1312,728/0,72=1823,23$  приймаємо 1824 шт, визначаємо загальну кількість дюбелів на будівлю,  $1824 * 1 = 1824$ шт.

Визначаємо приведений опір теплопередачі зовнішньої огорожувальної конструкції.

$R_{\Sigma пр}=4,2145 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , відповідає мінімально допустимому значенню приведенного опору теплопередачі огорожувальної конструкції, який складає  $3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

#### 1.4.2 Теплотехнічний розрахунки покриття будівлі.

Мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі покрівлі згідно ДБН В.2.6-31:2021 буде складати  $R_{qmin}=6 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$

Законструюємо огорожувальну конструкцію покриття будівлі наступним чином.



Рисунок 1.1 – Конструкція покриття.

Для розрахунку теплотехнічних характеристик покриття розглянемо матеріали що представлені в Таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Конструкція покриття та розрахункові коефіцієнти.

Характеристика шарів			Розрахункові коеф.	
№ шару	Матеріал	$\delta_i$ , м	$\lambda_p \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$	$S_1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$
1	з/б багатопустотна плита $\rho_0=2500 \text{ кг}/\text{м}^3$	0,20	1,92	17,98

4	Теплоізоляція мінеральна вата 300 мм $\rho_0=100 \text{ кг/м}^3$	0,4	0,042	0,53
5	Ц.п. стяжка $\rho_0=1800 \text{ кг/м}^3$	0,1	0,76	9,6

Визначаємо термічний опір покрівлі на рівні 20.850.

Зробимо розрахунок згідно формули ДСТУ 9191:2022 та визначимо опір теплопередачі і-ї термічно однорідної частини конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{h_{si}} + \sum_{i=1}^l R_i + \frac{1}{h_{se}} = \frac{1}{h_{si}} + \sum_{i=1}^l \frac{d_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{h_{se}}, \quad (1.4)$$

$h_{si} = 10 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ ; - коеф. тепловіддачі внутрішньої поверхні;

$h_{se} = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ ; - коеф. тепловіддачі зовнішньої поверхні;

Отже:  $R_{\Sigma} = 7,66 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$

### 1.5 Зовнішня та внутрішня обробка.

З внутрішнього боку приміщення несуча стіна оштукатурюється або облицьовується гіпсокартонними плитами. Для штукатурення використовуються суміші Ceresit. Фінішне оздоблення передбачає фарбування водостійкими полімерними фарбами. Перед нанесенням фарби необхідно ретельно зашпаклювати шви, усунути нерівності та дефекти поверхні. Кладку перед фарбуванням слід обштукатурити цементним розчином і покрити ґрунтовкою.

Основну міцність зовнішньої частини стіни забезпечує шар із газобетонних блоків або монолітного/збірного бетону. У проекті передбачено використання газобетонних блоків марок D400–D600 виробництва Аегос.

Діафрагми жорсткості виконані з важкого бетону класом не нижче C20/25.

Газобетон характеризується низькою теплопровідністю ( $\lambda = 0,10\text{--}0,12 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ ), що дає змогу зменшити товщину утеплювача порівняно з бетонними стінами. Проте згідно з проектом загальна товщина стін становить 200 мм, відповідно до теплотехнічного розрахунку.

Як утеплювач застосовується мінеральна вата, що має високу паропроникність, є негорючою (клас НГ) і забезпечує стабільні теплоізоляційні властивості. Кріплення плит виконується дюбелями, при цьому стики між ними щільно прилягають без утворення щілин.

Між шаром теплоізоляції та облицювальною цеглою передбачено повітряний зазор 20 мм, який сприяє виведенню вологи, запобігає її накопиченню в утеплювачі та підвищує довговічність фасаду. У нижніх і верхніх рядах цегляної кладки влаштовуються вентиляційні отвори (продухи), що забезпечують природну циркуляцію повітря.

Зовнішнє оздоблення фасаду виконується з керамічної облицювальної або клінкерної цегли, яка вирізняється морозостійкістю, довговічністю та привабливим зовнішнім виглядом будівлі. Для облицювання застосовується цегла українського виробника Керамейя (м. Суми), а кладка здійснюється на спеціальний фасадний розчин Baumit. Для підвищення вологостійкості можливе використання гідрофобізуючих добавок у розчин або просочення швів.

Для надійного з'єднання облицювальної кладки з несучою стіною застосовуються гнучкі базальтопластикові зв'язки, рекомендовано системи Anker або TeploLink. Зв'язки розташовуються за сіткою з кроком  $500\times 600$  мм, що забезпечує необхідну міцність і стабільність фасадної конструкції.

## **1.6 Санітарно-технічне та інженерне встаткування.**

Для системи внутрішнього водопостачання офісної будівлі передбачено використання насосних станцій, запірної арматури, фільтрів очищення води, лічильників і трубопроводів із поліпропілену, поліетилену або металопластику.

Система забезпечує безперебійну подачу холодної та гарячої води до сантехнічних приладів. Рекомендовано застосовувати обладнання Wilo (Німеччина) — насосні установки для підвищення тиску, рециркуляції гарячої води та автоматизованого керування подачею.

Система внутрішнього водовідведення виконується з полімерних або чавунних труб, оснащених ревізіями, гідрозатворами та технічними колодязями. Вона відводить стічні води з санвузлів, кухонь, серверних і допоміжних приміщень. Застосовуються малошумні каналізаційні системи з ущільненими з'єднаннями, що знижують рівень шуму до 20–25 дБ. Рекомендовано використання систем Rehau Raupiano Plus (Німеччина) із підвищеною шумоізоляцією.

Система опалення може бути як центральною, так і автономною — із застосуванням газових, електричних або теплових котлів, радіаторів, циркуляційних насосів, колекторів і систем автоматичного регулювання температури. Для офісних будівель переважно використовують фанкойли або конвектори, що дозволяють індивідуально керувати мікрокліматом у приміщеннях. Пропонується обладнання Vaillant (Німеччина) — котельні установки, конденсаційні котли, теплові насоси та системи автоматики.

У будівлі передбачено припливно-витяжну вентиляцію з рекуперацією тепла та систему кондиціонування. До їх складу входять вентиляційні установки, повітроводи, фільтри, шумоглушники, дифузори, а також спліт- або VRF-системи для зонального кондиціонування. Такі рішення підтримують комфортний мікроклімат, необхідний для роботи персоналу. Рекомендовано застосування систем Daikin (Японія) — енергоефективного обладнання з інверторним керуванням.

Для електропостачання будівлі використовуються трансформаторні підстанції, розподільчі щити, автоматичні вимикачі, освітлювальні прилади та кабельні лінії. Живлення здійснюється за схемою з двома незалежними вводами для підвищення надійності. У сучасних офісах впроваджується Smart Lighting — система інтелектуального керування освітленням. Пропонується обладнання

Schneider Electric (Франція) — автоматика, енергоменеджмент і захист електромереж.

Система пожежної безпеки включає сигналізацію, сповіщувачі, димові та теплові датчики, модулі пожежогасіння й автоматичні установки спринклерного або порошкового типу. Вона забезпечує своєчасне виявлення та локалізацію загоряння, відповідаючи вимогам ДБН. Рекомендовано застосування систем Bosch (Німеччина) — комплексів пожежної сигналізації, димового контролю, оповіщення та безпеки.

Для офісних будівель середньої й великої поверховості передбачено встановлення пасажирських, вантажних або сервісних ліфтів із частотно-регульованими приводами та енергозберігаючими системами. Застосовуються безредукторні електроприводи, що забезпечують плавний рух і зниження споживання електроенергії. Рекомендовано обладнання Otis (США) — ліфти, ескалатори та системи для сучасних бізнес-центрів.

Усі інженерні системи інтегруються в Building Management System (BMS), яка забезпечує централізоване та дистанційне керування опаленням, вентиляцією, освітленням, електропостачанням і безпекою. Це підвищує енергоефективність і зручність експлуатації. Пропонується використання систем Siemens (Німеччина) — рішень для автоматизації будівель і моніторингу енергоспоживання.

Електропостачання організоване через електрощитову, обладнану головним розподільчим щитом (ГРЩ) і груповими щитками для окремих поверхів. Мережа живить силові прилади, освітлення, вентиляцію, кондиціонування, офісну техніку та системи зв'язку. Подавання електроенергії здійснюється від міської мережі 380/220 В, 50 Гц, з передбаченим автоматичним резервуванням (АВР). Електрощитова оснащена автоматами, УЗО, системами заземлення та блискавкозахисту відповідно до вимог ДБН В.2.5-23:2010.

Джерелом світла є енергоефективні люмінесцентні та LED-світильники, які зменшують споживання електроенергії до 40–60 %. Освітлювальна мережа

розрахована на 220 В (однофазна) і 380 В (трифазна). Керування здійснюється як централізовано (для коридорів, сходових кліток, вхідних зон), так і локально — вимикачами біля входів. Для економії енергії передбачено централізоване відключення освітлення у неробочий час і автоматичне керування через реле часу або датчики руху.

Для забезпечення безперебійної роботи встановлюється система резервного живлення (дизель- або бензогенератор), що підтримує функціонування освітлення, серверних, систем безпеки та пожежної сигналізації.

Основним постачальником електротехнічного обладнання — щитових, автоматів, розеток і систем керування — є компанія Schneider Electric (Франція), яка має офіційні представництва та сервісні центри в Україні.

## РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ

### 2.1 Розрахунок та конструювання

Трьохповерхова монолітна будівля, розташована в місті Запоріжжя, складається з наступних залізобетонних елементів:

- несучі стіни товщиною 200 мм, включно зі стінами сходової клітини;
- монолітні перекриття товщиною 200 мм;
- монолітна фундаментна плита товщиною 350 мм;
- монолітні колони з перетином 400x400 мм.

Конструкції розраховані відповідно до вимог ДБН В.1.2-2:2006, зокрема:

- нормативне снігове навантаження (III) — 1200 Па;
- нормативний швидкісний напір вітру (III) — 500 Па.

Конструктивні елементи виготовлені з бетону класу С20/25. Розрахункова модель будівлі була адаптована в програмному комплексі «САПФІР» на основі архітектурної моделі, створеної в Revit 2025 та конвертованої у формат IFC. Розрахунки виконані в ЛІРА-САПР, а результати триангуляції схеми будівлі на кінцеві елементи наведені на рисунку 2.1.

Go-Cad® 3D

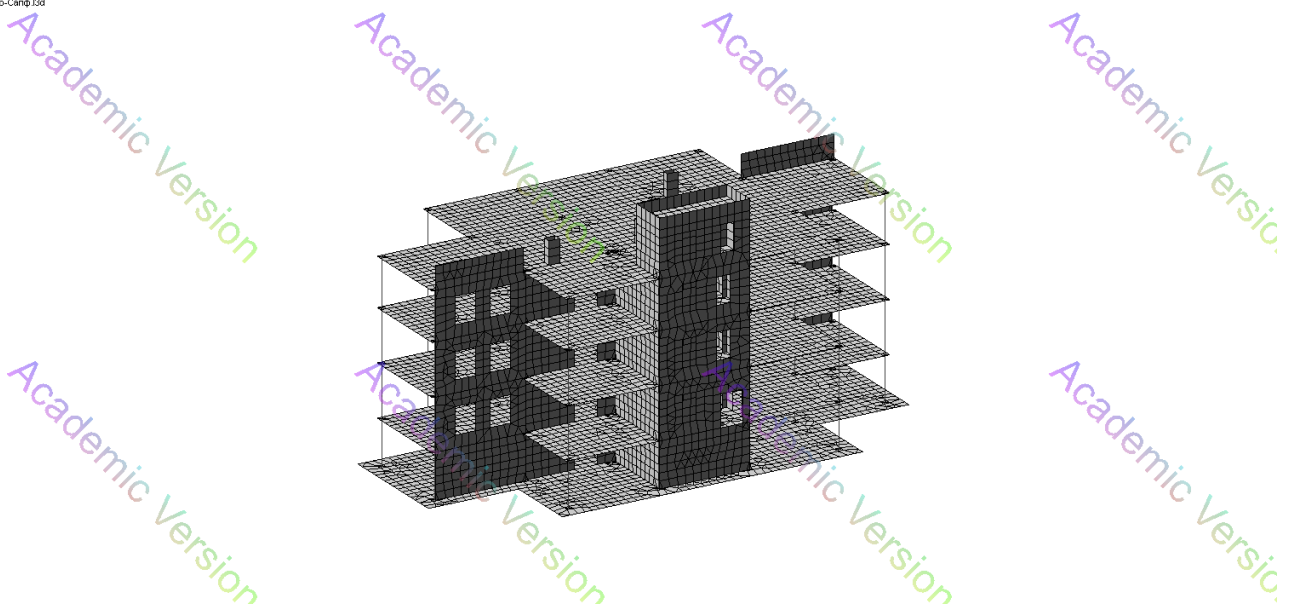


Рисунок – 2.1 Розрахункова схема будинку.

## 2.2 Навантаження та впливи

Навантаження та впливи на будівлю визначено згідно з вимогами ДБН В.1.2-2:2006 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування». Отримані дані автоматично передано з програмного комплексу «САПФІР» до розрахункової системи «ЛІРА-САПР». Зведення навантажень наведено у таблицях 2.1–2.2.

Навантаження від огорожувальних елементів і внутрішніх перегородок було імпортовано з Revit 25 у форматі IFC до середовища «САПФІР», де їх відкориговано та доповнено для подальшого експорту в «ЛІРА-САПР».

Постійні та тимчасові (експлуатаційні) навантаження задавалися безпосередньо в «САПФІР», тоді як власна вага залізобетонних конструкцій обчислюється автоматично в «ЛІРА-САПР».

Таблиця 2.1 - Збір постійних та корисних навантажень

Найменування навантаження	Об'ємна вага кг/м <sup>3</sup>	Товщина м	Нормативне навантаження кг/м <sup>2</sup>	Коеф. надійності по навантаженню	Розрахункове навантаження кг/м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6
<b>Підлога підвалу</b>					
Стяжка із цементно-піщаного розчину	1800	0.1	180	1.3	234
Теплоізоляція/звукоізоляція – мінеральна вата	100	0.05	5	1.3	6.5
<b>Корисне навантаження</b>					
Розподілена навантаження	-		200	1.3	260
Разом	Сума:		430		500,5
<b>Підлоги поверхів</b>					
<b>Вестибюль</b>					
Керамічна плитка	2000	0.01	20	1.3	26

терраццо					
Стяжка із цементно-піщаного розчину	1800	0.12	216	1.3	280,8
Теплоізоляція/ звукоізоляція – мінеральна вата	100	0.05	5	1.3	6.5
Разом	Сума:		241	1.3	313,3
Корисне навантаження					
Розподілена навантаження	-		200	1.2	240
Разом	Сума:		364		553,3

Таблиця 2.2 - Збір постійних та корисних навантажень на покрівлю

Найменування навантаження	Об'ємна вага кг/м <sup>3</sup>	Товщина м	Нормативне навантаження кг/м <sup>2</sup>	Коеф. надійності по навантаженню	Розрахункове навантаження кг/м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6
Покриття					
Ц.п. стяжка	1800	0.1	180	1.3	234
Теплоізоляція – мінеральна вата	100	0.3	30	1.3	39
Шари пароізоляції, гідроізоляції та ін.	1400	0.03	42	1.3	54,6
Разом	Сума:		252		327,6
Корисне навантаження					
Розподілена навантаження	-		50	1.3	65
Разом	Сума:		302		392,6

Таблиця 2.3 - Збір навантажень від огорожень

Збір навантажень від огорожень					
Найменування навантаження	Об'ємна вага кг/м <sup>3</sup>	Площа перетину стіни b·h м <sup>2</sup>	Нормативне навантаження кг/м <sup>2</sup>	Коеф. надійності. по навантаженню	Розрахункове навантаження кг/м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6
Стіна зовнішня					
Піноблок	500	0.3	150	1.3	195

Утеплювач	200	0.2	40	1.3	52
Щтукатурка	1800	0.03	54	1.3	70,2
Разом		Сума	244		317,2
Міжкімнатна перегородка					
Цегла	1800	0.12	216	1.2	259,2
Разом			460		576,4

### 2.3 Вітрове навантаження

Визначення вітрового навантаження на раму багатоповерхової будівлі відбувається згідно ДБН В.1.2-2:2006.

Активне та пасивне навантаження на раму каркаса визначаємо відповідно за формулами

$$w_1 = w_m \cdot B \cdot \gamma_n, \quad (2.1)$$

$$w_2 = w'_m \cdot B \cdot \gamma_n, \quad (2.2)$$

де  $w_m$  і  $w'_m$  -- активне вітрове навантаження на 1 м<sup>2</sup> поверхні стін, яке визначається формулою:

$$w_m = w_0 \cdot c \cdot \gamma_{fm}, \quad (2.3)$$

$$w_0 = 500 \text{ Па}$$

де  $w_0$  – характеристичне значення вітрового навантаження, яке визначається у залежності від вітрового району за картою рисунку 9.1 ДБН.  $\gamma_{fm}$  – коефіцієнт надійності щодо граничного значення вітрового навантаження, визначається за таблицею 9.1 ДБН у залежності від середнього періоду повторювання  $T$  граничного навантаження; для об'єктів масового призначення середній період повторювання  $T$  приймають рівним встановленому строку експлуатації конструкції  $T_{ef}$ ; значення  $\gamma_{fm}$  у залежності від  $T = T_{ef}$  надано у таблиці  $c$  – коефіцієнт, визначення якого обговорюється вище. Вітрове навантаження, яке через коефіцієнт  $C_h$  збільшується за висотою, часто приводять до зосереджених сил, що діють у вузлах рами, розташованих у рівні міжповерхових перекриття.

Визначаємо коефіцієнт С згідно пункту 9.7 ДБН В.1.2-2:2006

З навітряного боку

$$C1= 0,8 * 0,60 * 1,00 * 1,000 * 1,000 * 0,95 = 0,456$$

$$C2= 0,8 * 0,70 * 1,00 * 1,000 * 1,000 * 0,95 = 0,532$$

$$C3= 0,8 * 1,00 * 1,00 * 1,000 * 1,000 * 0,95 = 0,76$$

З підвітряного боку

$$C1= -0,6 * 0,60 * 1,00 * 1,000 * 1,000 * 0,95 = -0,342$$

$$C2= -0,6 * 0,70 * 1,00 * 1,000 * 1,000 * 0,95 = -0,399$$

$$C3= -0,6 * 1,00 * 1,00 * 1,000 * 1,000 * 0,95 = -0,57$$

Визначаємо розподілене вітрове навантаження згідно висоти поверхів.

З навітряного боку

$$Wm1= 1,14 * 500 * 0,456 = 260 \text{ Па}$$

$$Wm2= 1,14 * 500 * 0,532 = 303 \text{ Па}$$

$$Wm3= 1,14 * 500 * 0,760 = 433 \text{ Па}$$

З підвітряного боку

$$Wm1= 1,14 * 500 * 0,342 = 195 \text{ Па}$$

$$Wm2= 1,14 * 500 * 0,399 = 227 \text{ Па}$$

$$Wm3= 1,14 * 500 * 0,570 = 325 \text{ Па}$$

Зводимо інші розрахунки та відповідні коефіцієнти у таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Зведена таблиця вітрових коефіцієнтів та навантажень

Пов	B, м	h, м	Z, м	C <sub>aer</sub>	C' <sub>aer</sub>	C <sub>alt</sub>	C <sub>rel</sub>	C <sub>dir</sub>	C <sub>d</sub>	C <sub>h</sub>	C <sub>навітр</sub>	C <sub>підвітр</sub>	W <sub>o</sub> , Па	γ <sub>fm</sub>	W <sub>m1</sub> , Па	W <sub>m2</sub> , Па	W <sub>1</sub> , т/м	W <sub>2</sub> , т/м	W <sub>1i</sub> , т	W <sub>2i</sub> , т
1	6	3,6	4,10	0,8	-0,6	1	1	1	0,95	0,60	0,46	-0,34	500	1,14	259,92	-194,94	0,156	-0,117	0,561	-0,421
2	6	3,6	7,70	0,8	-0,6	1	1	1	0,95	0,70	0,53	-0,40	500	1,14	303,24	-227,43	0,182	-0,136	0,655	-0,491
3	6	3,4	11,10	0,8	-0,6	1	1	1	0,95	1,00	0,76	-0,57	500	1,14	433,20	-324,90	0,260	-0,195	0,884	-0,663

## 2.4 Снігове навантаження

Граничне розрахункове значення снігового навантаження на 1 м<sup>2</sup> покриття будівлі визначається за формулою:

$$S=1,2 \cdot C \cdot \gamma_f=1,2 \cdot 1 \cdot 1,14=1,368 \text{кН/м}^2 \quad (2.4)$$

де:

$S_0 = 1,2 \text{ кН/м}^2$  (1200 Па) – характеристичне значення снігового навантаження згідно з ДБН для м. Запоріжжя (II сніговий район);

$\gamma_f = 1,14$  – коефіцієнт надійності за навантаженням;

$C$  – сумарний коефіцієнт, який враховує вплив форми покрівлі, умов експлуатації та географічної висоти.

Для будівель:

- громадського призначення строк експлуатації  $T_{ef} = 100$  років,

- промислового призначення  $T_{ef} = 60$  років.

Коефіцієнт  $C$  розраховується як добуток трьох часткових коефіцієнтів:

$$C=\mu \cdot C_e \cdot C_{alt} \quad (2.5)$$

де:

$\mu$  – коефіцієнт переходу від ваги снігу на землі до навантаження на покрівлі;

$C_e$  – коефіцієнт експлуатаційного режиму покрівлі (при відсутності спеціальних умов приймається  $C_e = 1$ );

$C_{alt}$  – коефіцієнт географічної висоти (для рівнинної місцевості  $C_{alt} = 1$ , для гірських територій —  $\neq 1$ ).

Для плоских покрівель із парапетами коефіцієнт  $\mu$  визначається за формулою:

$$\mu= 2h/S_0 \quad (2.6)$$

де:

$h = 0,76$  м – висота парапету;

$S_0 = 1,2$  м – характерна довжина зони скупчення снігу.

Тоді:

$$\mu = (2 \cdot 0,76) / 1,2 = 1,27 \approx 1,3$$

Однак, за умовами схеми накопичення снігу біля парапету (Схема 10 ДБН), допускається округлення до  $\mu = 1,6$  (максимальне значення для зони скупчення снігу).

Остаточне визначення коефіцієнта  $C$

$$C = \mu \cdot C_e \cdot C_{alt} = 1,6 \cdot 1 \cdot 1 = 1,6$$

Максимальне значення снігового навантаження поблизу парапетів (з урахуванням накопичення снігу) визначається за формулою:

$$S'_{\max} = 1,2 \cdot C \cdot \gamma_f = 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1,14 = 2,188 \text{ кН/м}^2 \approx 2,18 \text{ кН/м}^2$$

Це навантаження діє безпосередньо біля парапету та поступово зменшується на відстані  $2h = 1,52$  м до середнього значення  $1,368 \text{ кН/м}^2$ , яке відповідає основному сніговому навантаженню на решті площі покрівлі.

## 2.5 Статичний розрахунок

У розрахунках конструкцій використано метод кінцевих елементів (МКЕ).

Як основні невідомі прийнято шість компонент переміщень вузлів конструкції:

X — лінійне переміщення вздовж осі X;

Y — лінійне переміщення вздовж осі Y;

Z — лінійне переміщення вздовж осі Z;

UX — кутове переміщення (обертання) навколо осі X;

UY — кутове переміщення навколо осі Y;

UZ — кутове переміщення навколо осі Z.

Розрахунок плити перекриття виконано у складі всієї будівлі, з урахуванням жорсткого з'єднання колон із плитою, що забезпечує спільну роботу елементів конструктивної системи.

Розрахунки проведені з урахуванням статичних навантажень, сформованих у програмному комплексі «САПФІР». Усі завантаження автоматично імпортовані до розрахункового комплексу «ЛІРА-САПР», що дозволило оптимізувати процес моделювання та скоротити час розрахунку.

До розрахункової моделі включено такі типи навантажень:

Завантаження 1, 2, 3 — постійні навантаження, які враховують:

- власну вагу плит перекриття;
- вагу підлоги;
- вагу стін по контуру будівлі.

Завантаження 4 — тривале навантаження, яке відповідає корисному навантаженню на перекриття з повним розрахунковим значенням.

Завантаження 5 — тривале навантаження від перегородок, що передається на плиту перекриття.

Завантаження 6 — снігове навантаження, прикладене до каркаса будівлі згідно з вимогами ДБН.

Завантаження 7 — вітрове навантаження, прикладене під кутом  $90^\circ$  уздовж осі X.

Завантаження 8 — вітрове навантаження, прикладене під кутом  $90^\circ$  уздовж осі Y.

У програмному комплексі «ЛІРА-САПР» власна вага залізобетонних елементів визначається автоматично на основі заданих геометричних та матеріальних характеристик.

Результати розрахунків з підбору арматури для всіх елементів конструкцій були експортовані з «ЛІРА-САПР» до «САПФІР». На основі отриманих даних у програмі «САПФІР» розроблено креслення армування конструкцій, які наведено у графічній частині пояснювальної записки.

Характеристики ґрунтів, що були видані у завданні до проекту для обрахунку основ та фундаментів представлені на рисунку 2.3-2.4

№ IGE	Умовне позначення	Найменування ґрунту	Колір	Модуль деформації, т/м2	Коефіцієнт Пуассона	Питома вага ґрунту, т/м3		Коефіцієнт переходу до 2-го модуля деформації	Природна вологість, частки	Показник текучості IL	Число пластичності IP	Вода Лес Насип Органо Слабод	Коефіцієнт пористості e	Вміст рослинних залишків, q	Питоме зчеплення с, т/м2		Кут внутрішнього тертя $F_i$ , °		Граничне напруження розтягнення $R_s$ , т/м2	Коефіцієнт Савінова $S_o$ т/м3	Скельні ґрунти		Коефіцієнт пропорційності K, тс/м**4	Код ґрунту
						I	II								Межа міцності $R_c=R_c, \eta/Yg$ т/м2	Коеф. зниження міцності $K_s$								
1		Насипний		1000	0.3	1.8	1.62	5	0.05	0.2			0.7		0.5	0.45	16	14.4	0.1	1000			235	Cf
3		Супісок		2000	0.3	1.82	1.6	5	0.26	1.1		W	0.72		0.8	0.7	22	19.8	0.16	1500			235	Sp
4		Суглинок тугоплак		1800	0.35	1.87	1.7	5	0.17	0.26	0.4		0.68		2	1.8	18	16.2	0.4	2000			496	Ls
5		Глина напівтверда		2200	0.42	1.92	1.7	5	0.02	0.15	0.45		0.8		5	4.5	16	14.4	1	2500			540	Cs

Рисунок 2.2 – Характеристики ґрунтів

Свердловини

Свердловина 1 ( м ) ?

Координати

X 0

Y 0

Абс. від м. 100.00

Глибина 6.50

Таблиця

IGE 5

Задаю глибину залягання

Задаю абс. відм. підшови

Ґрунти РҐВ

N	Найменування	Абс. відм. підшови	Потужність шару	Глибина залягання
1	Насипний	99.50	0.50	0.50
3	Супісок	98.50	1.00	1.50
4	Суглинок туго	96.50	2.00	3.50
5	Глина напівтв	93.50	3.00	6.50

Рисунок 2.3 – Свердловина 1 в координатах X 0; Y 0

## 2.6 Аналіз статичних розрахунків

Результати розрахунків представлені на рисунках нижче.

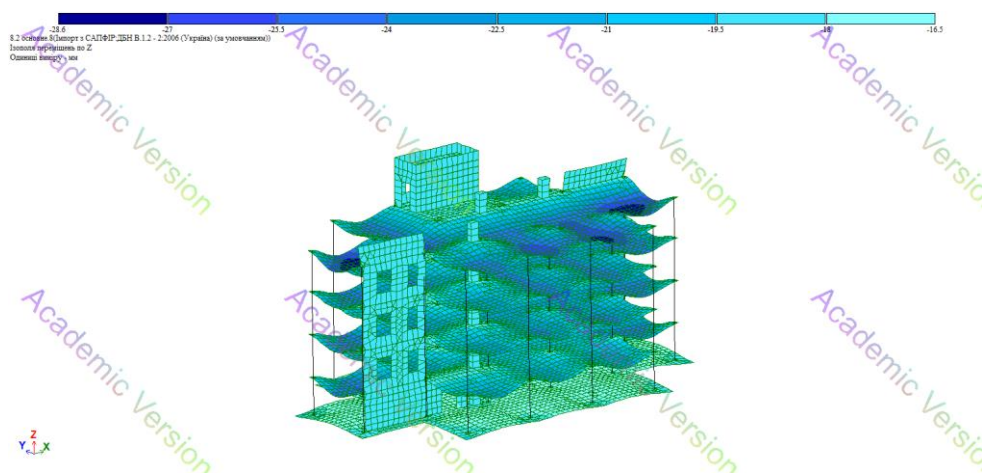


Рисунок 2.4 – Ізополю переміщень по осі Z

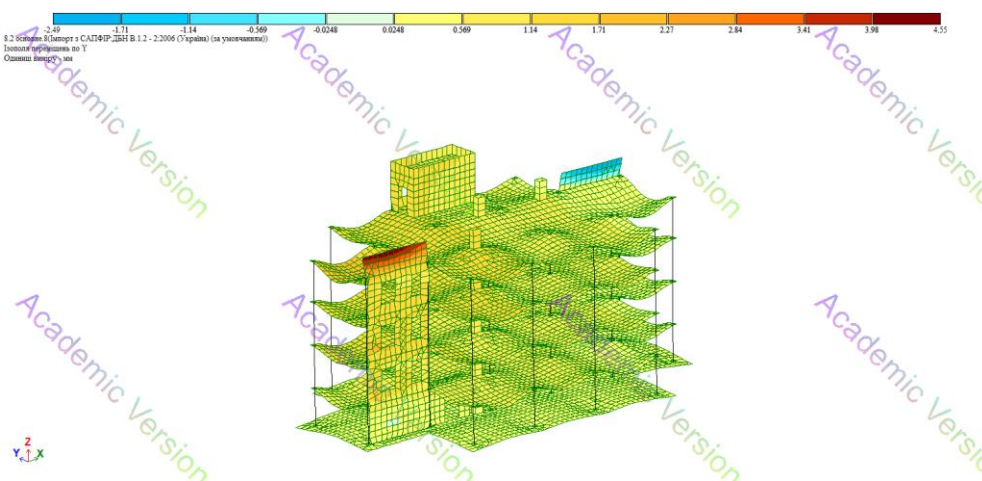


Рисунок 2.5 – Ізополю переміщень по осі Y

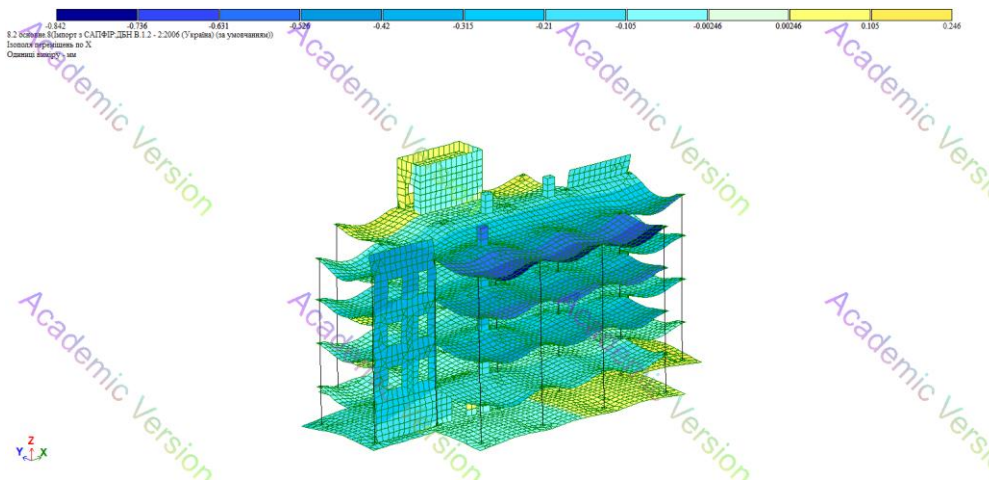


Рисунок 2.6 – Ізополю переміщень по осі X

Результати розрахунків по прогинах згідно ДСТУ Б В.1.2-3:2006 «Прогини і переміщення. Вимоги проектування», згідно п. 7 Горизонтальні граничні переміщення і прогини каркасних будівель.

$$f_u < [f_u] \quad (2.7)$$

$$f_u = 0,00425 < [f_u] = 13,34/500 = 0,02668$$

де  $f_u$  – граничне переміщення;

$h$  – висота багатоповерхових будівель, що дорівнює відстані від верху фундаменту до осі ригеля покриття.

Для розглядаємої будівлі дорівнює  $h = 13,34$  м.

Горизонтальні граничні переміщення задовольняють вимогам.

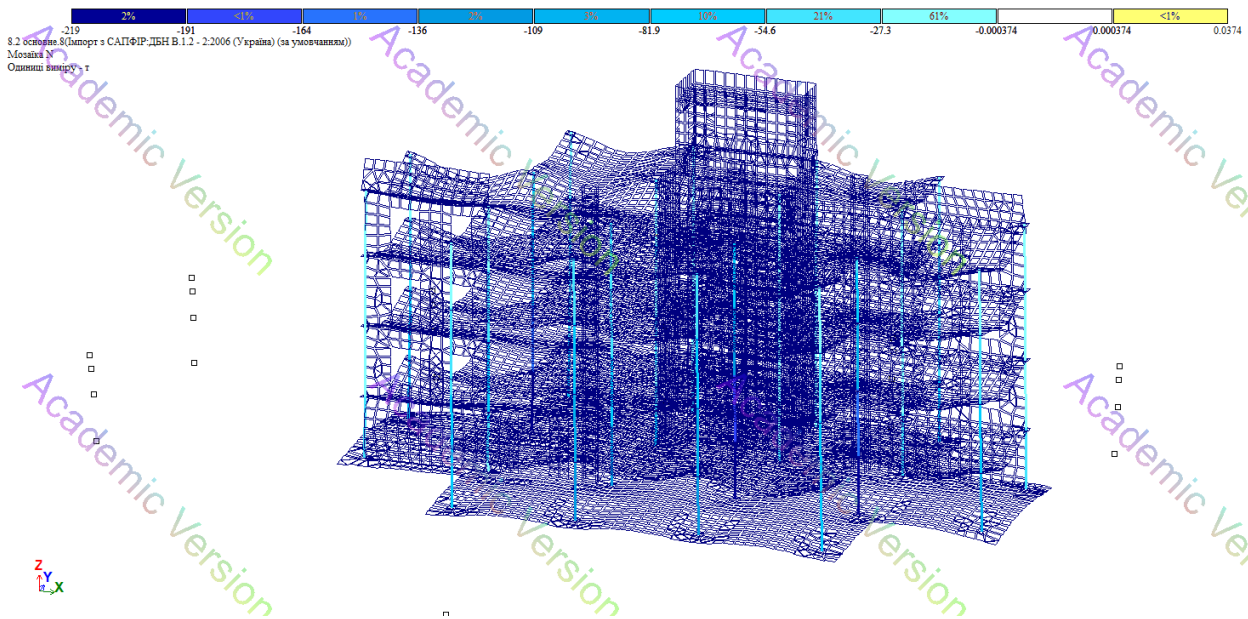


Рисунок 2.7– Мозаїка N

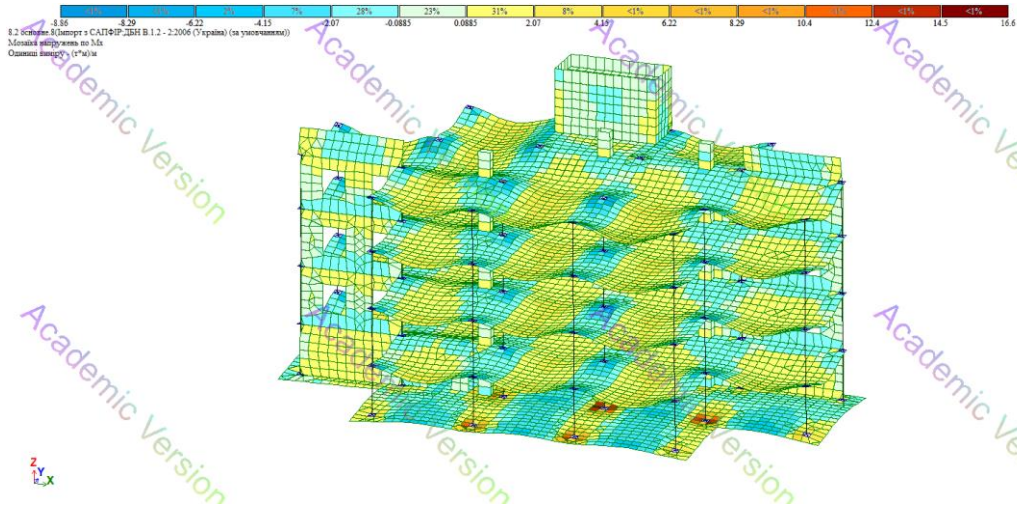


Рисунок 2.8 – Мозаїка напруг по Мх

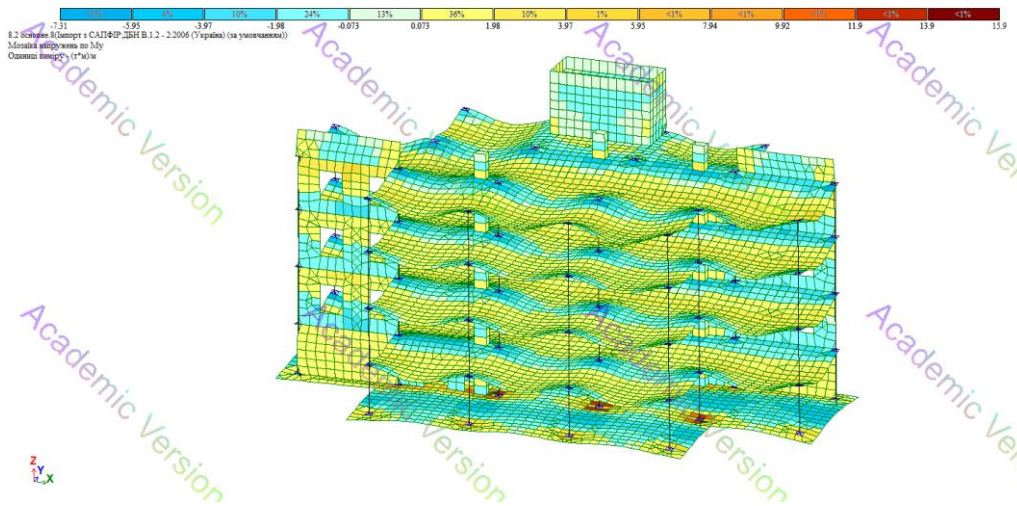


Рисунок 2.9 – Мозаїка напруг по My

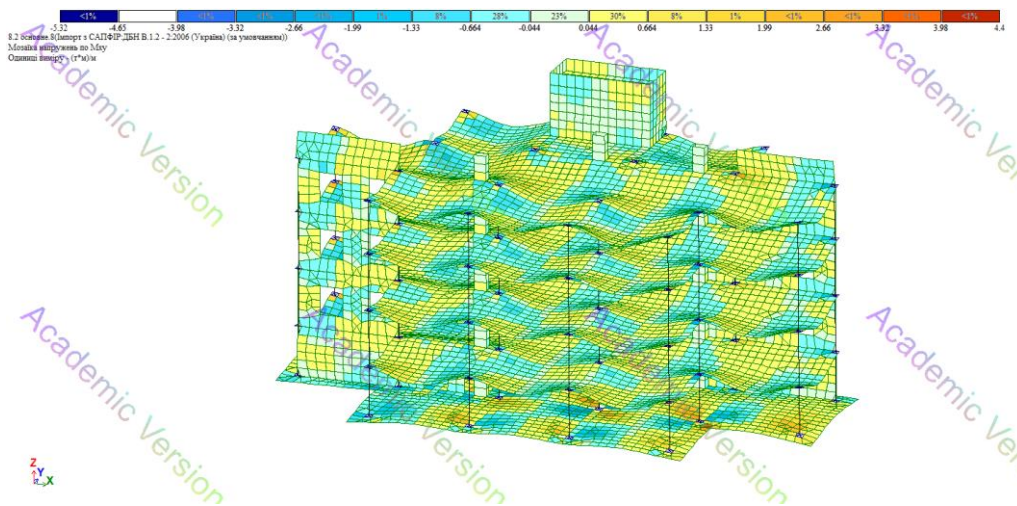


Рисунок 2.10 – Мозаїка напруг по Mxy

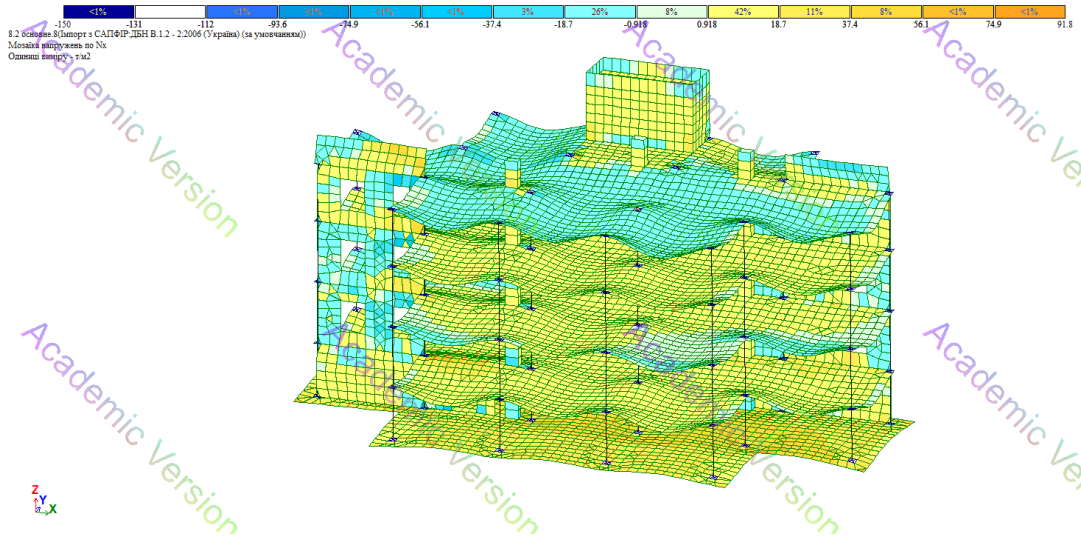


Рисунок 2.11 – Мозаїка напруг по Nx

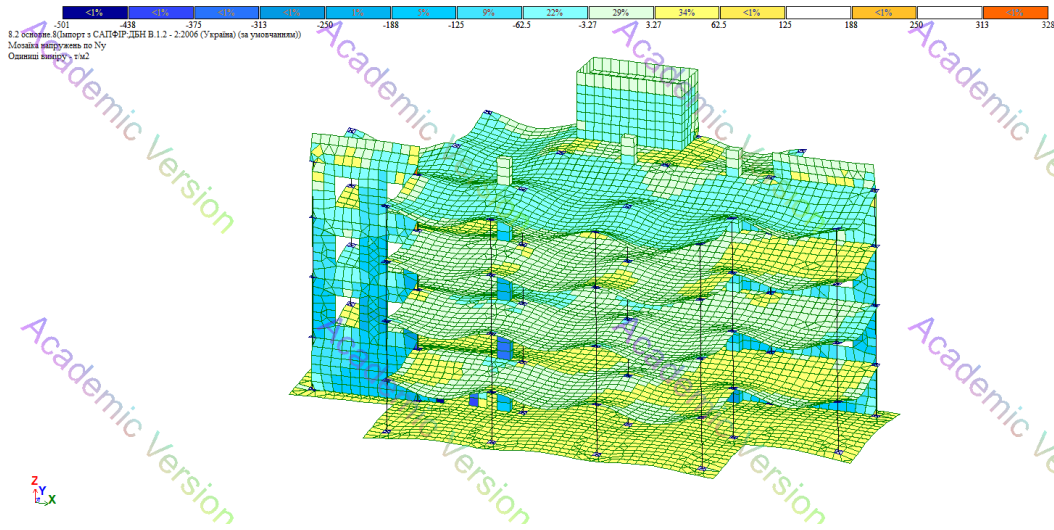


Рисунок 2.12 – Мозаїка напруг по Ny

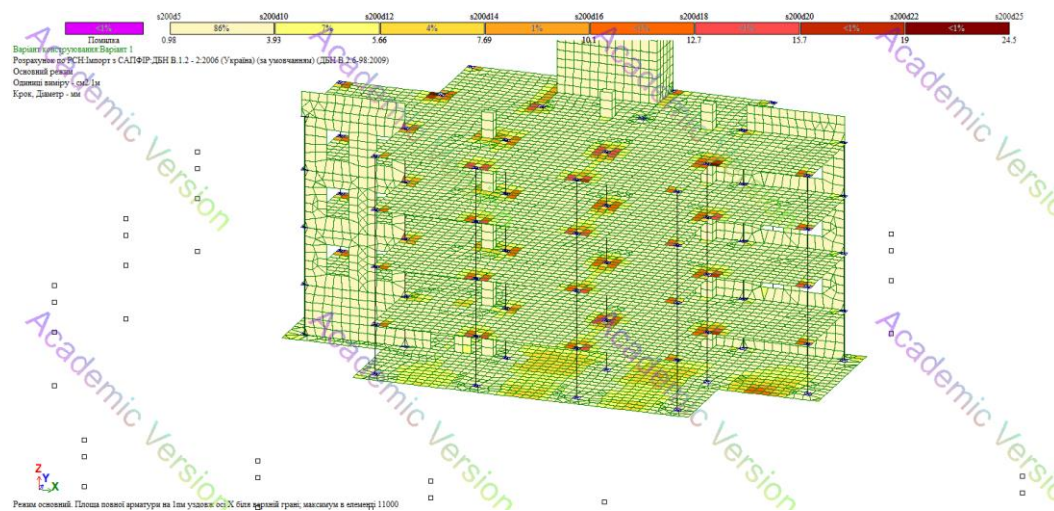


Рисунок 2.13 – Площа повної арматури на 1мм оп осі X у верхній грані

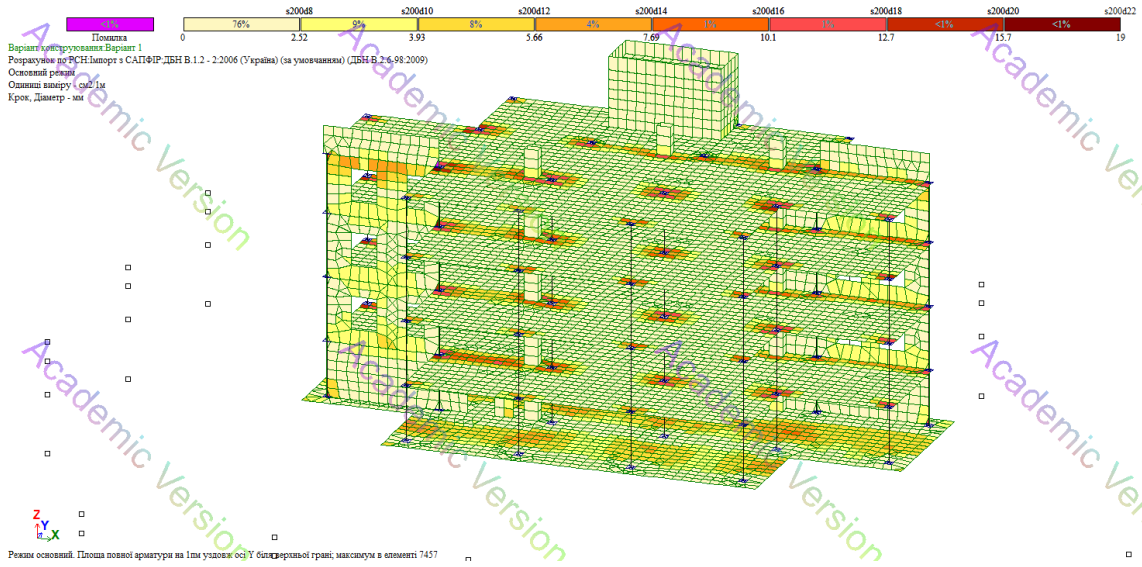


Рисунок 2.14 – Площа повної арматури на 1пм оп осі Y у верхній грані

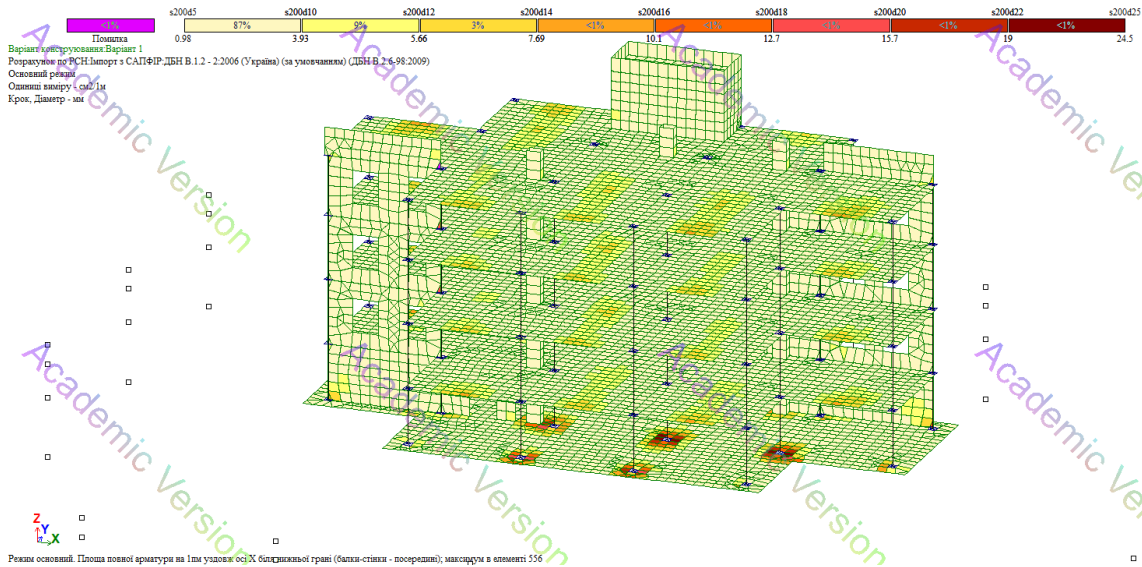


Рисунок 2.15 – Площа повної арматури на 1пм оп осі X у нижній грані

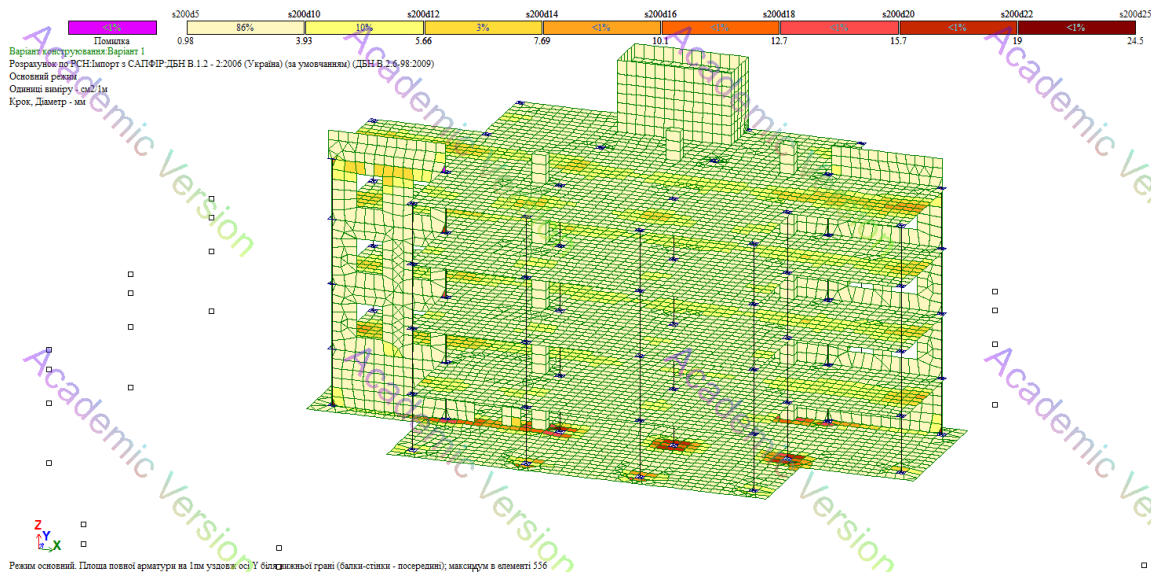
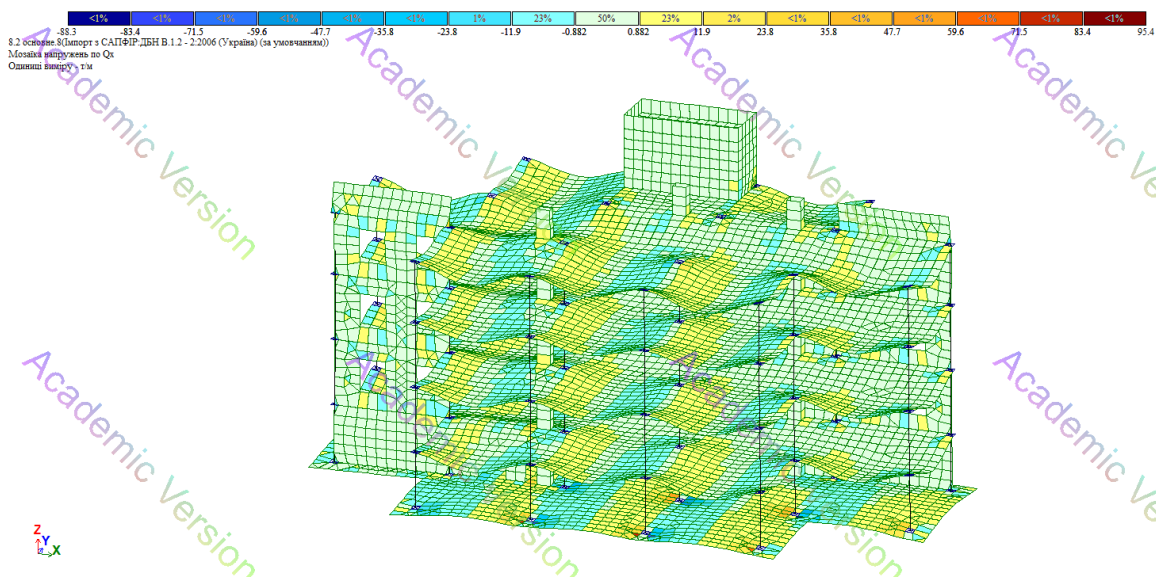
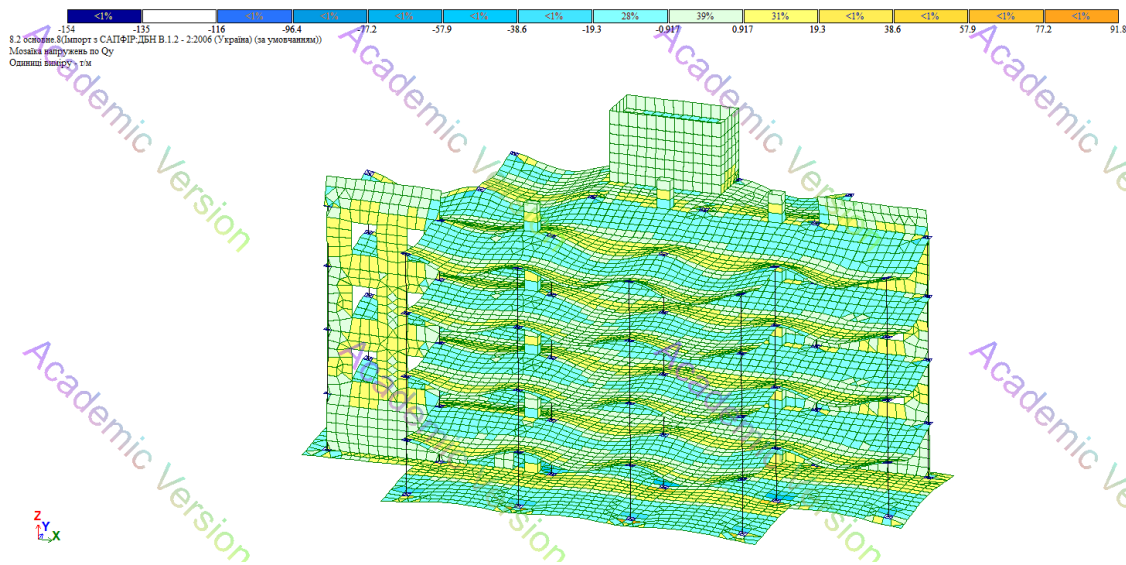


Рисунок 2.16 – Площа повної арматури на 1пм оп осі Y у нижній грані

Рисунок 2.17 – Мозаїка напружень по  $Q_x$ Рисунок 2.18 – Мозаїка напружень по  $Q_y$ 

## 2.7 Розрахунки монолітної плити перекриття на рівні +3.410

Розрахункова схема монолітної залізобетонної плити перекриття представлено на рисунку 2.19. Результати статичного розрахунку плити представлено на малюнках 2.19-2.25 і плита покриття виконані монолітними з бетону класу С25/30. Поздовжня арматура класу А-400, поперечна А-400 за ДСТУ 3760.

Розрахунок поздовжньої арматури в прольоті виконується за умовами нормальних перерізів під дією максимального позитивного згинального моменту.

Підбір арматури для монолітної плити перекриття здійснено за допомогою програми «ЛІРА-АРМ». Нижче наведені результати підбору арматури для монолітної плити перекриття на основі розрахунку за міцністю нормальних перерізів.

Армування плити виконується окремими стрижнями відповідно до ізополь та згинальних моментів.

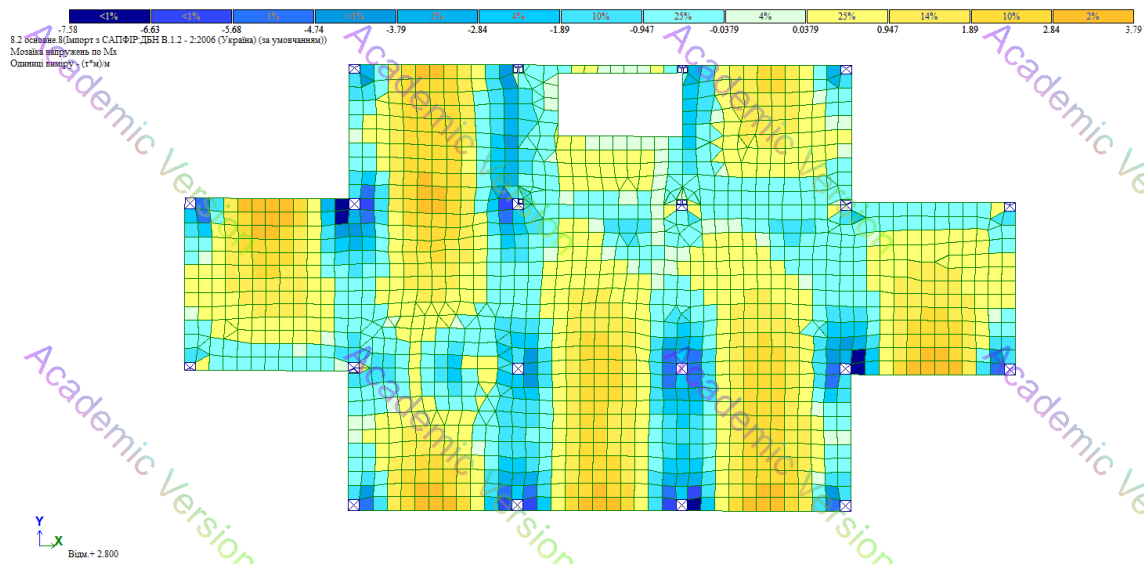


Рисунок 2.19 – Мозаїка напруг по  $M_x$

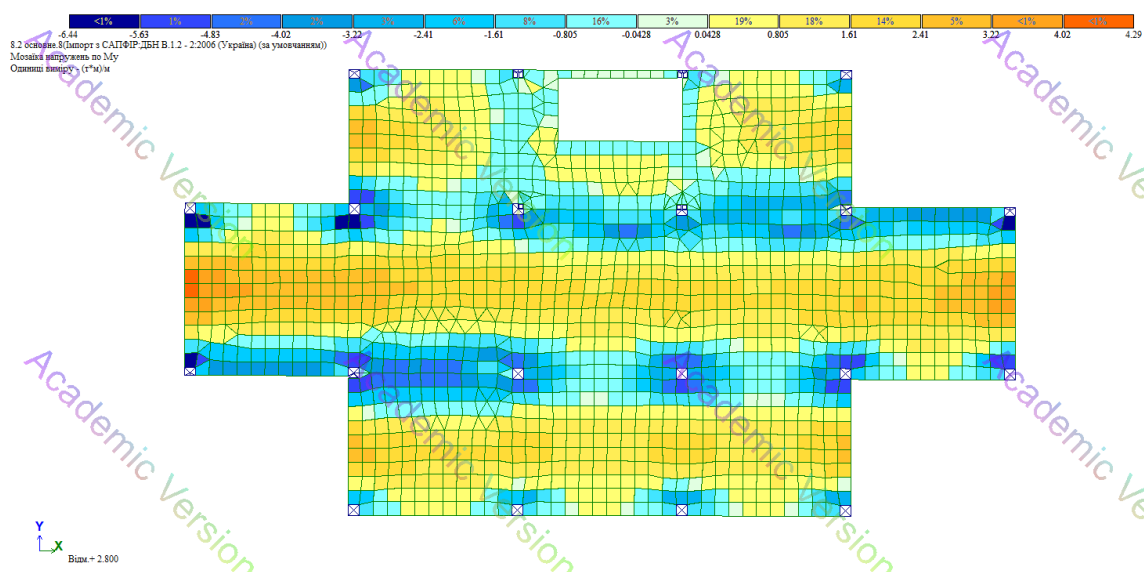


Рисунок 2.20 – Мозаїка напруг по  $M_y$

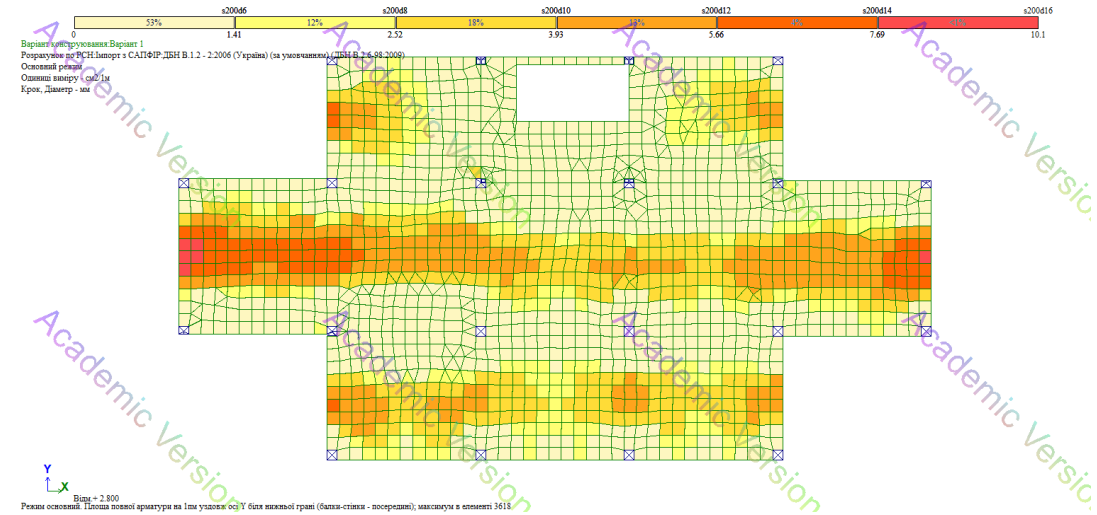


Рисунок 2.21 – Нижня арматура по осі Y

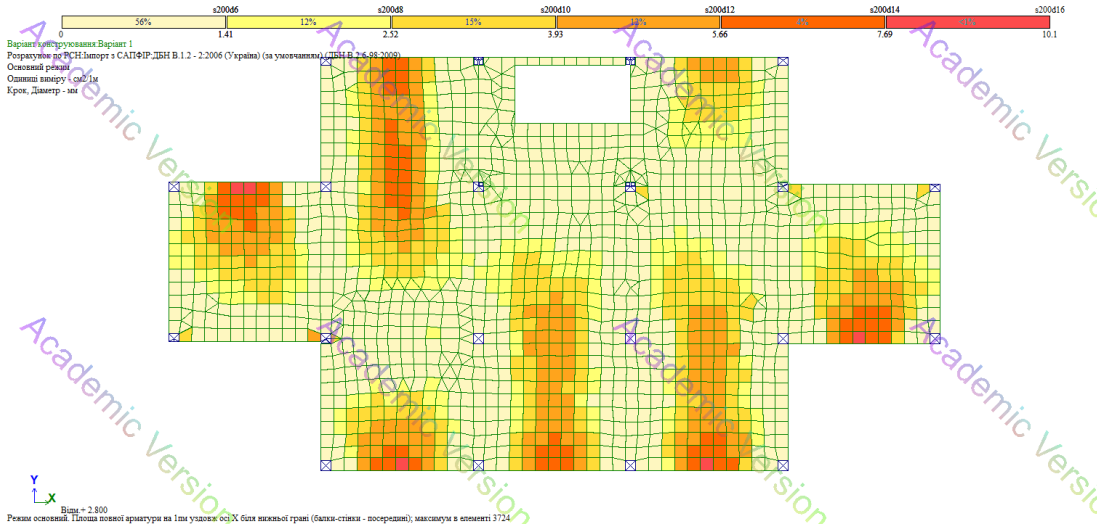


Рисунок 2.22 – Нижня арматура по осі X

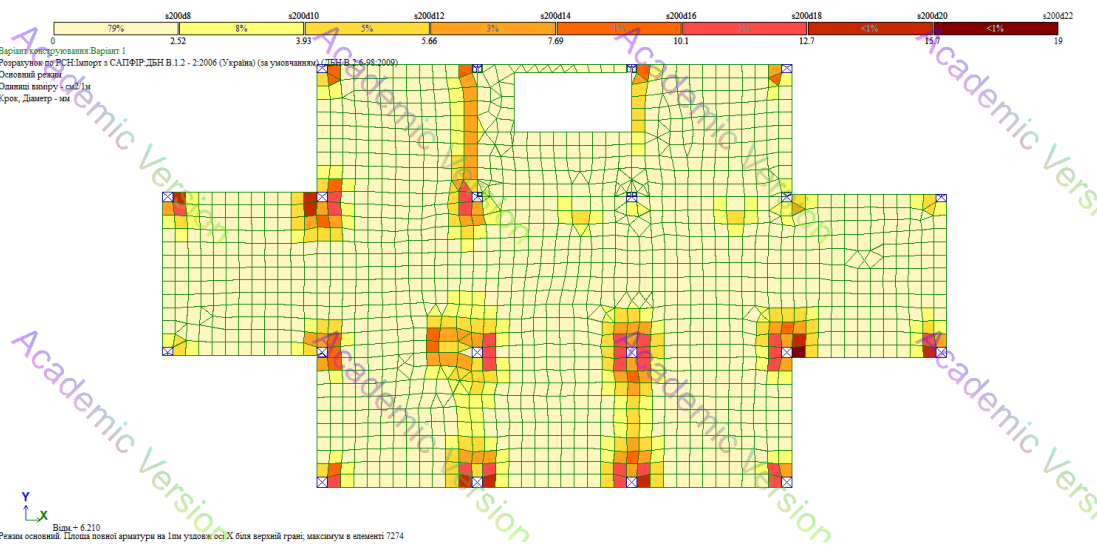


Рисунок 2.23 – Верхня арматура по осі X

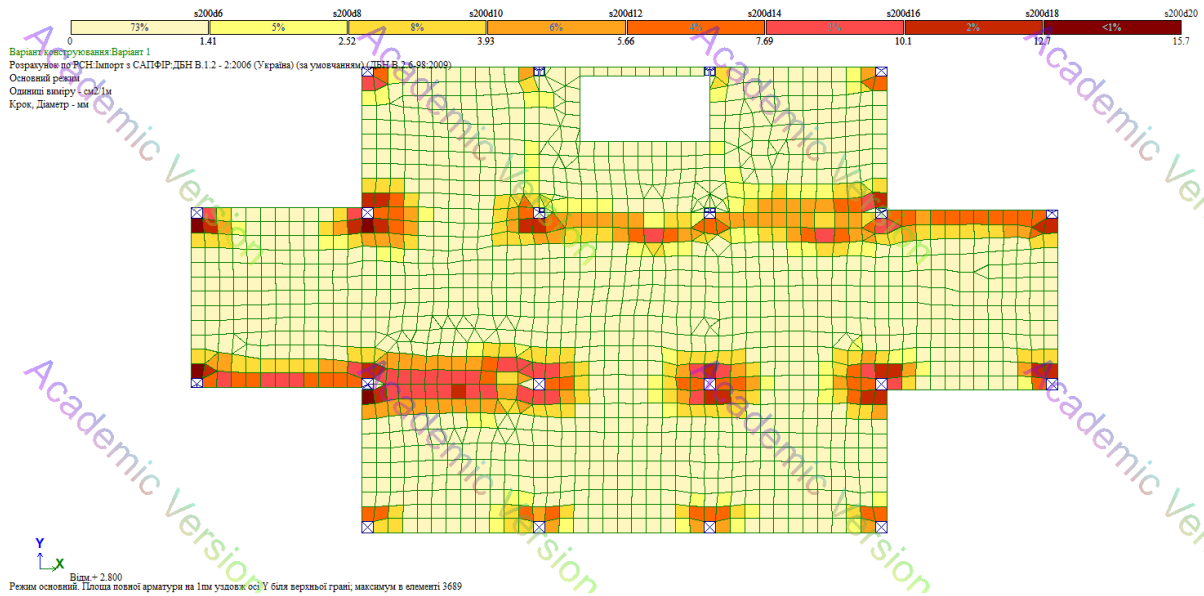


Рисунок 2.24 – Верхня арматура по осі Y

Арматура плити розміщується відповідно до епюри моментів у прольотних смугах, подібно до нерозрізних плит.

Оцінка прогинів плити перекриття виконана на основі просторового розрахунку, результати якого наведені на зображенні нижче.

Із розрахунку видно, що максимальне переміщення плити не перевищує допустимих значень.

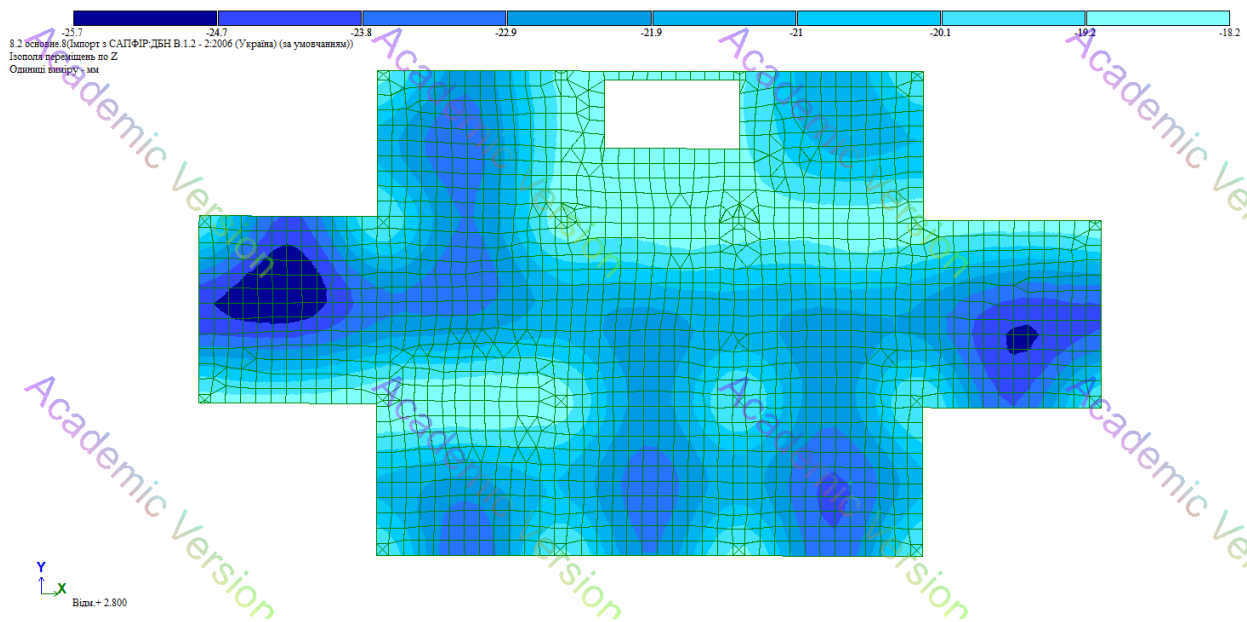


Рисунок 2.25 – Ізополя переміщень плити перекриття по осі Z

Результати розрахунків по прогинах згідно ДСТУ Б В.1.2-3:2006 «Прогини і переміщення. Вимоги проектування».

$$f < [f] = \frac{1}{200} \cdot L, \quad (2.8)$$

$$f_u = 25,7 < [f_u] = (1/200) \cdot 6000 = 30 \text{ мм}$$

Жорсткість перекриття задовольняє вимогам норм.

За результатами підбору арматурам остаточно ухвалюємо:

При конструюванні плити перекриття ухвалюємо основне армування у верхній і нижній зоні  $\varnothing 12$  А400С із кроком 200 мм у двох напрямках.

## 2.8 Розрахунки монолітних стін на рівні +3.410

Результати статичного розрахунку монолітних стін представлено на рисунках 2.26-2.27. Монолітні стіни виконані з бетону класу С25/30. Поздовжня арматура класу А-400, поперечна А-240С за ДСТУ 3760.

Підбір арматури для монолітної стіни перекриття здійснено за допомогою програми «ЛІРА-АРМ». Нижче наведені результати підбору арматури для монолітних стін на основі розрахунку за міцністю нормальних перерізів.

Армування стін виконується окремими стрижнями відповідно до ізополів та згинальних моментів та результатів підбору арматури у програмі.

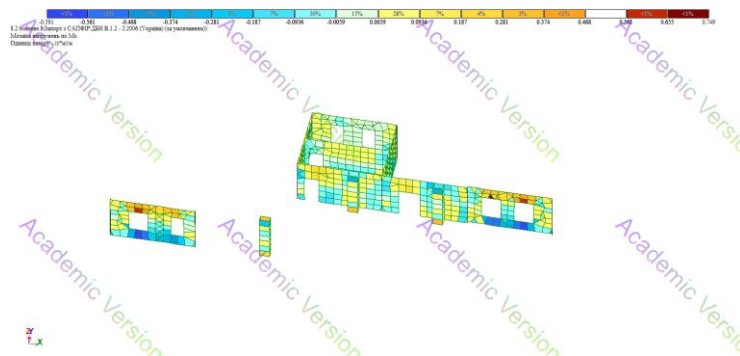


Рисунок 2.26 – Мозаїка напруг по Мх

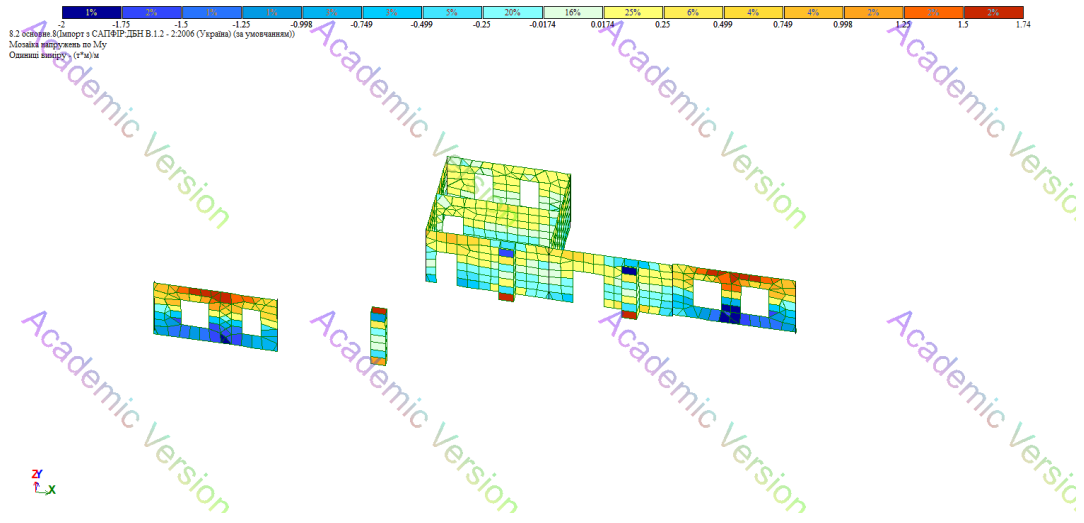


Рисунок 2.27 – Мозаїка напруг по  $M_y$



Рисунок 2.28 – Нижня арматура по осі Y



Рисунок 2.29 – Нижня арматура по осі X

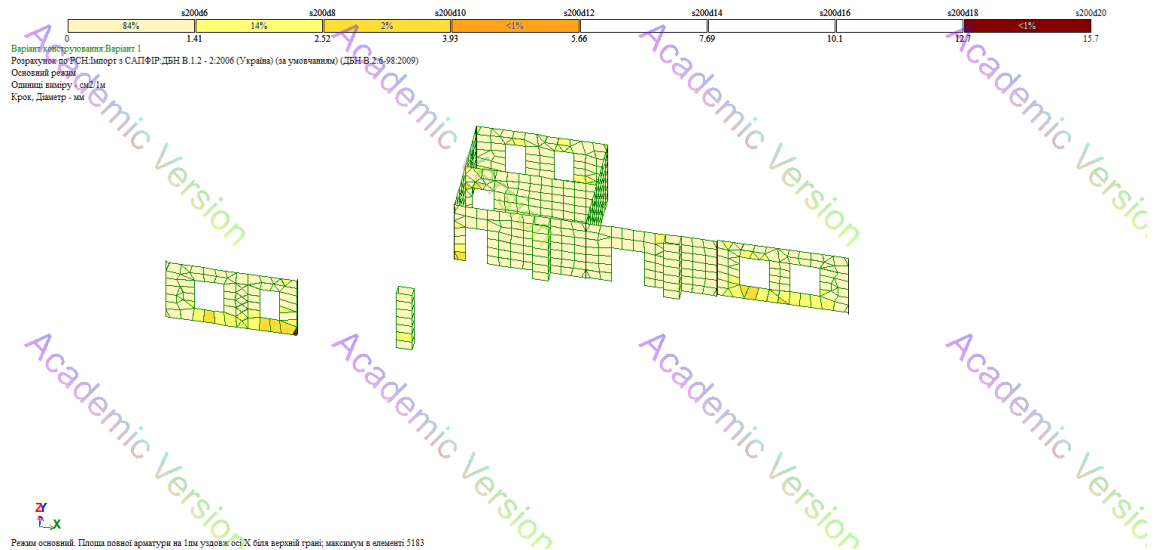


Рисунок 2.30 – Верхня арматура по осі X

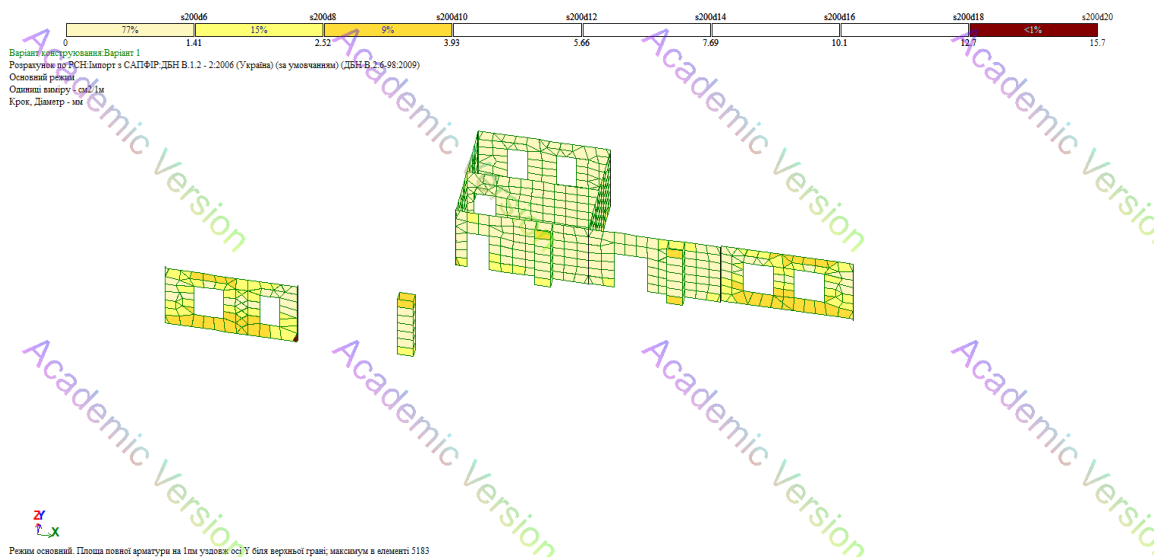


Рисунок 2.31 – Верхня арматура по осі Y

Арматура плити розміщується відповідно до епюри моментів у прольотних смугах, подібно до нерозрізних плит.

Оцінка прогинів плити перекриття виконана на основі просторового розрахунку, результати якого наведені на зображенні нижче.

Із розрахунку видно, що максимальне переміщення плити не перевищує допустимих значень.

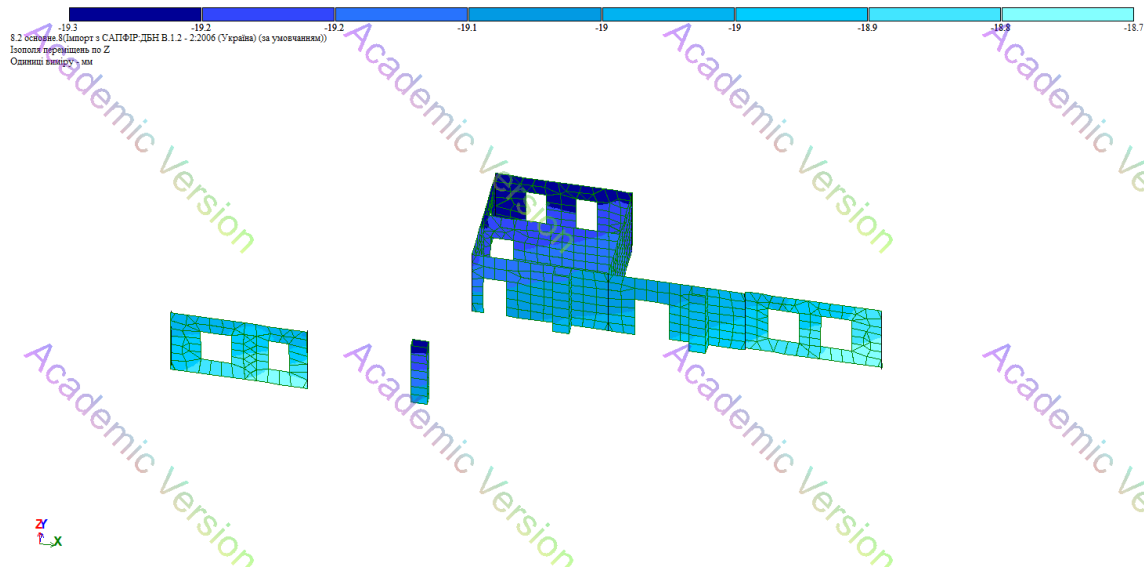


Рисунок 2.32 – Ізополя переміщень плити перекриття по осі Z

За результатами підбору арматури остаточно ухвалюємо:

При конструюванні стін перекриття ухвалюємо основне армування у  $\varnothing 12$  A400C із кроком 200 мм у двох напрямках.

## 2.9 Розрахунок основ та фундаментів

Сучасні монолітні будівлі мають різноманітні архітектурно-планувальні рішення, часто з нерегулярним розташуванням вертикальних несучих елементів та різною площею забудови на поверхах. Це призводить до нерівномірного навантаження на основу, тому найкращим варіантом є використання суцільних плитних фундаментів із монолітного залізобетону. Плитні фундаменти можуть бути плоскими, ребристими або коробчатими залізобетонними плитами. Найбільш ефективними є плоскі плитні фундаменти, оскільки вони:

- рівномірно розподіляють навантаження на ґрунт з низьким питомим тиском;
- забезпечують міцну основу на нестабільних ґрунтах із високою рухливістю;
- можуть використовуватися як основа для підлоги в приміщеннях;
- мають високу довговічність і міцність завдяки армуванню;

- дозволяють зводити будівлі в умовах близького розташування ґрунтових вод, пучинистості ґрунтів або на заболочених ділянках, запобігаючи деформаціям основи.

### 2.9.1 Початкові розрахункові дані для розрахунку монолітної фундаментної плити

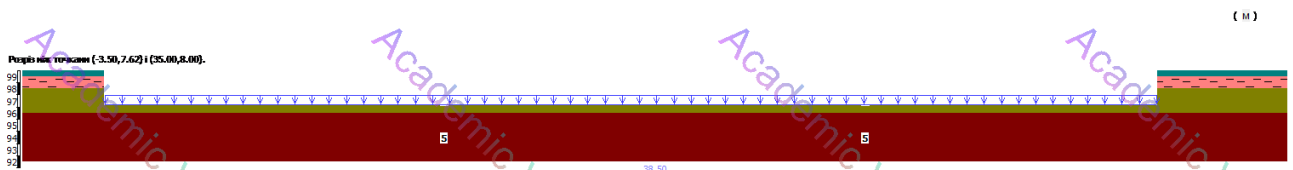


Рисунок 2.33 – Розріз прикладання навантаження вздовж будівлі у системі ГРУНТ

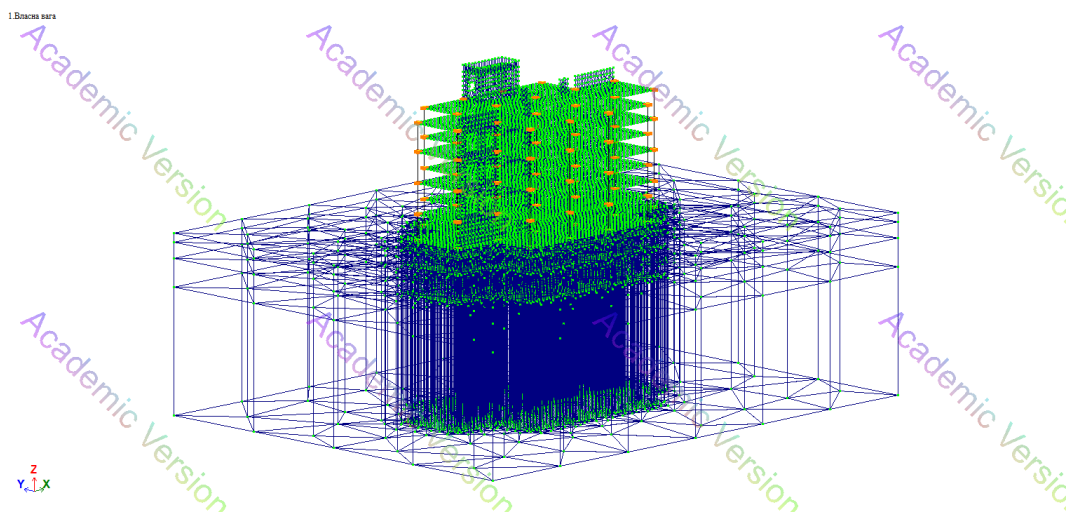


Рисунок 2.34 – Створення КЕ моделі ґрунту до просторового каркасу будівлі

У ЛІРА-САПР модель ґрунту включає інформацію про геологічні умови на кожній точці будівельного майданчика. Кожен інженерно-геологічний елемент (ІГЕ) описується в плаваючому вікні "Характеристики ґрунтів" системи ГРУНТ за такими параметрами:

Модуль деформації  $E$ ;

Коефіцієнт Пуассона  $\nu$ ;

Питома вага ґрунту  $\gamma$  (для двох граничних станів — ГС1 і ГС2);

Для врахування вологості або текучості ґрунту задаються такі характеристики:

Природна вологість (для піщаних ґрунтів)  $W$ ;

Показник текучості  $IL$  (для глинистих ґрунтів);

Коефіцієнт пористості  $e$ ;

Також враховуються:

Питоме зчеплення  $c$  (для двох граничних станів — ГС1 і ГС2);

Кут внутрішнього тертя  $\varphi$  (для двох граничних станів — ГС1 і ГС2), а також інші параметри.

Розглядаються навантаження, що задаються в системі ГРУНТ або імпортуються з програми ВІЗОР-САПР. Для розрахунків використовується модель лінійно деформованого півпростору (задача Буссінеска). Осідання і глибина стисливої товщі визначаються відповідно до нормативних документів, обраних у параметрах розрахунку.

У точці з координатами  $(x, y)$  на глибині  $z_j$  для кожного  $k$ -го зовнішнього навантаження на ґрунт обчислюється додаткове вертикальне напруження  $\sigma_{zp,jk}$ .

Підсумовується загальне додаткове вертикальне напруження від усіх навантажень:  $\sigma_{zp,j} = \sum \sigma_{zp,jk}$ .

Крім того, у цій точці на глибині  $z_j$  розраховується вертикальне напруження від власної ваги ґрунту  $\sigma_{zg,j}$ .

Якщо на глибині  $z_j$  і нижче виконується умова  $\sigma_{zp,j} < \lambda \cdot \sigma_{zg,j}$ , фіксується глибина стисливої товщі  $H_c = z_j$ .

У спрощеному варіанті, одному із трьох, значення коефіцієнта пружності основи  $C_1$  у розрахунковій точці з координатами  $(x, y)$  можна описати за формулою:

$$C_1 = \sigma_{zp,j} / s$$

де

$\sigma_{zp,j}$  - додаткове вертикальне напруження в точці  $(x, y)$  на глибині  $z_j$ ,

$s$  – осідання основи в тій самій точці

Ця формула відображає залежність між напруженням та деформацією ґрунту, що використовується для визначення коефіцієнта пружності основи.

Одновузловий КЕ 51 пружної в'язі застосовується для введення пружної в'язі за одним напрямком чи навколо однієї з глобальних осей X, Y, Z чи місцевих осей координат елемента X1, Y1, Z1.

### **2.9.2 Розрахунки фундаментної плити**

Розрахунок фундаментної плити на стислій основі, що використовується в сучасних монолітних будівлях із нерегулярним розташуванням вертикальних несучих елементів, виконується у кілька етапів. Оскільки нерівномірні навантаження вимагають точних інженерних рішень, особливо при застосуванні суцільних плитних фундаментів, процес розрахунку складається з наступних кроків:

Визначення навантажень на плиту: На основі результатів розрахунку каркаса будівлі визначаються розрахункові навантаження на фундаментну плиту.

Статичний розрахунок плити на стислій основі: Для визначення внутрішніх зусиль, переміщень плити та реакцій ґрунту під нею проводиться статичний розрахунок, враховуючи різні умови ґрунту, що може включати зсуви і осідання.

Перевірка деформацій: Виконується перевірка різниці вертикальних переміщень точок плити в місцях встановлення колон, віднесеної до відстані між ними, щоб уникнути небажаних деформацій конструкції.

Розрахунки проводилися за допомогою програмного комплексу «ЛІРА-САПР» та системи ГРУНТ, що дозволяє детально моделювати взаємодію плити з ґрунтом. Послідовність розрахунку у ПК «ЛІРА-САПР» включає:

- створення розрахункової схеми з розбиттям на кінцеві елементи;
- призначення характеристик елементів та задання зв'язків;
- введення зовнішніх навантажень;

- врахування додаткових параметрів для розрахунку деформованої схеми;
- введення розрахунків і аналіз результатів.

Ця методика дозволяє врахувати специфіку нерівномірних навантажень на плитні фундаменти сучасних будівель, забезпечуючи їх довговічність і надійність в умовах різних ґрунтових характеристик.

### 2.9.3 Створення розрахункової схеми фундаментної плити

На рисунку 2.35 показано розбиття плитного фундаменту на кінцеві елементи, виконане за допомогою автоматичної триангуляції в програмному комплексі «САПФІР» з подальшою передачею моделі в ПК «ЛІРА-САПР».

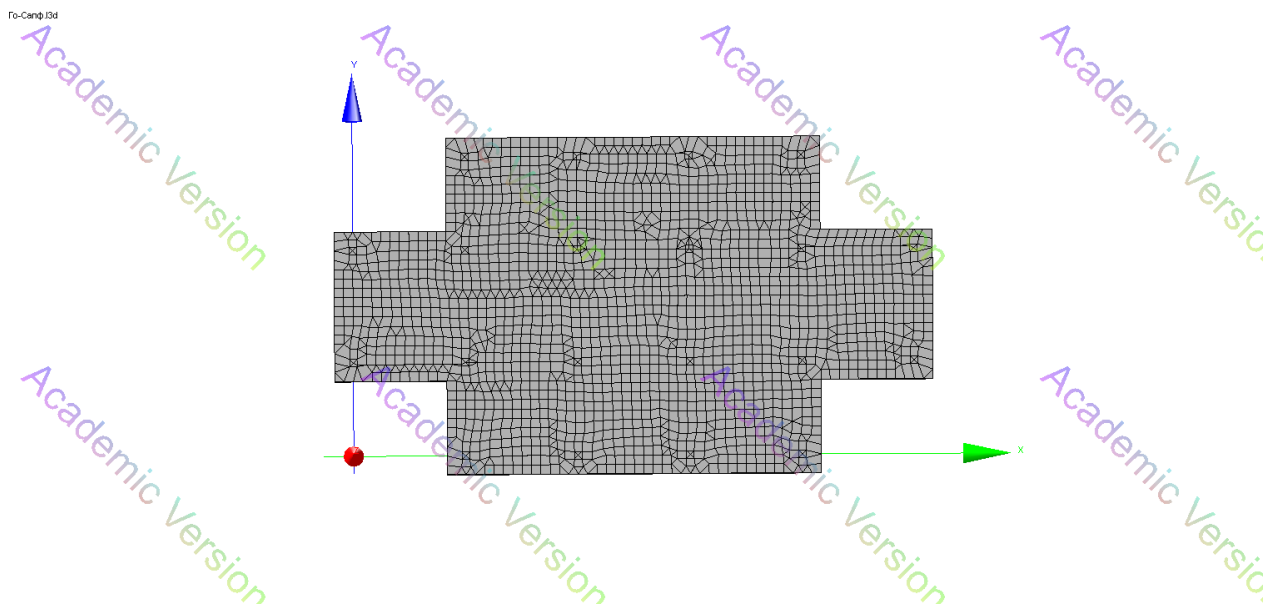


Рисунок 2.35 – Розбивка плитного фундаменту на кінцеві елементи

Для розрахунків фундаментної плити використана розрахункова схема у вигляді лінійно деформованого півпростору з умовним обмеженням глибини стисливої товщі.

## 2.9.4 Аналіз результатів розрахунків фундаментної плити по деформаціям

Результати розрахунків плити по деформаціям:

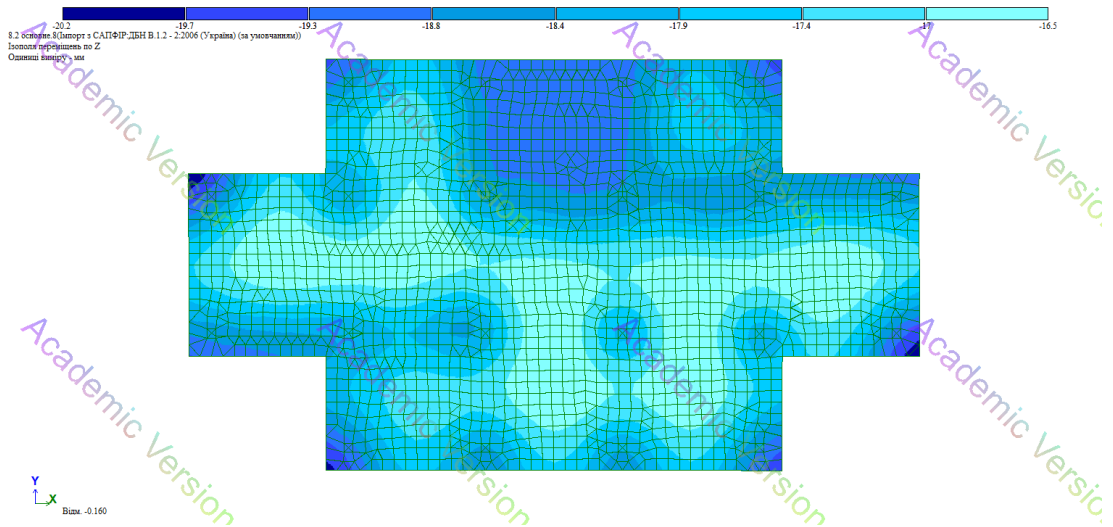


Рисунок 2.36 – Ізополя переміщень по осі Z

З розрахунку видно, що максимальні осадки фундаментної плити не перевищують 5 мм, що відповідає вимогам  $S_{\max,u} = 20.2 \text{ см} > 0,5 \text{ см}$  за ДБН В.2.1-10:2018 «Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення», Додатку А, Таблиця А1.

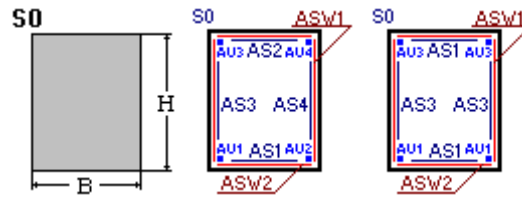
## 2.9 Результати розрахунків колон та монолітних стін

Результат підбору арматури для колони в осях 2-В підвального поверху

ЛАРМ-САПР 2024 - локальний режим армування  
 Проект - Го-Сапф\_10  
 Проект ЛІРА-САПР: Го-Сапф  
 ДБН В.2.6.-98:2009

### Елемент 1

Елемент N = 1  
 Елемент в ЛІРА-САПР N = 10



Довжина 2.96 (м)

$L_y = 2.96$  ,  $L_z = 2.96$  (м)

Переріз - Прямокутник

$B(D) = 40.0$  ,  $H(D1) = 40.0$  ,  $B1 = 0.0$  ,  $H1 = 0.0$  ,  $B2 = 0.0$  ,  $H2 = 0.0$  (см)

Відстань до центру ваги арматури: знизу = 4 зверху = 4 збоку = 4. (см)

Вид елемента: Колона

Індекси матеріалів: загальні 1, бетон 1, арматура 1

Конструктивні вимоги НЕ враховувалися

Клас бетону - C20/25

Клас поздовжньої арматури X - A400C

Клас поперечної арматури - A240C

Максимальний діаметр 32.00 мм

### ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (PCH (розрахункові сполучення навантажень))

Comb	Seis	N	Mx	My	Qz	Mz	Qy
N, Qy, Qz - т; Mx, My, Mz - т*м							
Елемент: 1 Переріз: 1 Зусилля або PCH							
1	A1	-122.450	0.034	1.414	-1.674	0.206	0.663
2	A1	-122.450	0.034	1.414	-1.674	0.206	0.663
3	A1	-162.557	0.025	1.203	-1.739	0.872	1.151
4	A1	-122.450	0.034	1.414	-1.674	0.206	0.663
5	A1	-161.924	0.039	0.844	-1.299	-0.714	0.091
6	A1	-129.973	0.032	1.299	-1.607	0.264	0.693
7	B1	-122.482	0.037	2.131	-2.077	0.124	0.607
8	B1	-200.871	0.033	1.253	-1.699	-0.044	0.566
Елемент: 1 Переріз: 2 Зусилля або PCH							
1	A1	-121.148	0.034	-3.540	-1.674	-1.756	0.663
2	A1	-121.148	0.034	-3.540	-1.674	-1.756	0.663
3	A1	-161.255	0.025	-3.946	-1.739	-2.537	1.151
4	A1	-121.148	0.034	-3.540	-1.674	-1.756	0.663
5	A1	-160.621	0.039	-3.002	-1.299	-0.984	0.091
6	A1	-128.670	0.032	-3.459	-1.607	-1.788	0.693
7	B1	-121.179	0.037	-4.016	-2.077	-1.674	0.607
8	B1	-199.569	0.033	-3.776	-1.699	-1.719	0.566

### Нормативні значення

Comb	Seis	N	Mx	My	Qz	Mz	Qy
N, Qy, Qz - т; Mx, My, Mz - т*м							
Елемент: 1 Переріз: 1 Зусилля або PCH							
1	A2	-111.319	0.031	1.285	-1.521	0.187	0.603
2	A2	-111.319	0.031	1.285	-1.521	0.187	0.603
3	B2	-144.741	0.024	1.109	-1.576	0.742	1.010
4	A2	-111.319	0.031	1.285	-1.521	0.187	0.603
5	B2	-144.213	0.035	0.810	-1.209	-0.580	0.126
6	B2	-116.692	0.030	1.203	-1.474	0.229	0.624
7	C2	-111.324	0.031	1.417	-1.596	0.172	0.592
8	C2	-175.845	0.028	0.745	-1.314	0.020	0.551
Елемент: 1 Переріз: 2 Зусилля або PCH							
1	A2	-110.135	0.031	-3.218	-1.521	-1.596	0.603

2 A2	-110.135	0.031	-3.218	-1.521	-1.596	0.603
3 B2	-143.557	0.024	-3.556	-1.576	-2.247	1.010
4 A2	-110.135	0.031	-3.218	-1.521	-1.596	0.603
5 B2	-143.029	0.035	-2.770	-1.209	-0.953	0.126
6 B2	-115.508	0.030	-3.160	-1.474	-1.619	0.624
7 C2	-110.140	0.031	-3.306	-1.596	-1.581	0.592
8 C2	-174.661	0.028	-3.146	-1.314	-1.610	0.551

АРМАТУРА Підбір арматури												
AU1	AU2	AU3	AU4	AS1	AS2	AS3	AS4	%	Asw1	Asw2	Т.нетрив	Т.трив.
				Переріз: 1		Симетричне армування						
				0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.18	0.18		
				0.01	0.01	0.01	0.01	0.01				
*				0.01	0.01	0.01	0.01		0.16	0.16		
				Переріз: 2		Симетричне армування						
				0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.18	0.18		
				0.01	0.01	0.01	0.01	0.01				
*				0.01	0.01	0.01	0.01		0.16	0.16		

#### У таблиці результатів армування

У таблиці результатів армування

AU1 - арматура кутова нижня (ліворуч) [см2];

AU2 - арматура кутова нижня (праворуч) [см2];

AU3 - арматура кутова верхня (ліворуч) [см2];

AU4 - арматура кутова верхня (праворуч) [см2];

AS1 - арматура нижня [см2];

AS2 - арматура верхня [см2];

AS3 - арматура бічна (ліворуч) [см2];

AS4 - арматура бічна (праворуч) [см2];

% - відсоток армування;

Asw1 - арматура поперечна вертикальна [см2/м];

Asw2 - арматура поперечна горизонтальна [см2/м];

Т.кр - ширина нетривалого розкриття тріщин [мм];

Т.дл - ширина тривалого розкриття тріщин [мм].

\* (1\*, 2\*, 3\*) - арматури від кручення.

\* (1\*, 2\*, 3\*) Поперечна арматура від кручення - площа перерізу замкнутого зовнішнього контуру.

Для норм СП 63.13330.2012/2018 арматура від кручення видається для кожної грані перерізу.

(Підібрана арматура від кручення не входить у результати повної арматури.)

+ - арматура підібрана з урахуванням вогнестійкості

^ - арматура підібрана по сполученням прогресуючого руйнування

Рядок 1 - повна арматура, підібрана по I і II групам граничних станів, від кручення...

Рядок 2 - арматура, підібрана по I групі граничних станів

Рядок \* - арматура від кручення

Рядок + - арматура підібрана з урахуванням вогнестійкості

\*\* - Стержень змінного перерізу

CY, CZ - Координати центру перерізу, щодо якого розставлені арматурні стрижні.

Результат підбору арматури для колони в осях 2-В третього поверху

ЛАРМ-САПР 2024 - локальний режим армування

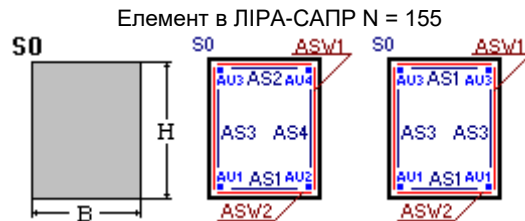
Проект - Го-Сапф\_155

Проект ЛІРА-САПР: Го-Сапф

ДБН В.2.6.-98:2009

**Елемент 1**

Елемент N = 1



Довжина 3.18 ( м )  
 $L_y = 3.18$  ,  $L_z = 3.18$  ( м )  
 Переріз - Прямокутник  
 $B(D) = 40.0$  ,  $H(D1) = 40.0$  ,  $B1 = 0.0$  ,  $H1 = 0.0$  ,  $B2 = 0.0$  ,  $H2 = 0.0$  ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 4 зверху = 4 збоку = 4. ( см )

Вид елемента: Колона  
 Індеси матеріалів: загальні 1, бетон 1, арматура 1  
 Конструктивні вимоги НЕ враховувалися  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

### ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))

Comb	Seis	N	Mx	My	Qz	Mz	Qy
N, Qy, Qz - т; Mx, My, Mz - т*м							
Елемент: 1 Переріз: 1 Зусилля або РСН							
1	A1	-26.907	0.013	4.632	-3.178	2.702	1.816
2	A1	-26.907	0.013	4.632	-3.178	2.702	1.816
3	A1	-46.933	0.013	6.278	-4.781	4.089	3.054
4	A1	-26.907	0.013	4.632	-3.178	2.702	1.816
5	A1	-30.622	0.016	4.023	-2.585	1.113	0.593
6	A1	-35.034	0.014	5.055	-3.733	3.010	2.195
7	B1	-26.893	0.014	4.983	-3.425	2.605	1.749
8	B1	-55.577	0.018	6.262	-4.809	2.709	2.109
Елемент: 1 Переріз: 2 Зусилля або РСН							
1	A1	-26.207	0.013	-0.421	-3.178	-0.186	1.816
2	A1	-26.207	0.013	-0.421	-3.178	-0.186	1.816
3	A1	-46.233	0.013	-1.324	-4.781	-0.766	3.054
4	A1	-26.207	0.013	-0.421	-3.178	-0.186	1.816
5	A1	-29.923	0.016	-0.087	-2.585	0.170	0.593
6	A1	-34.334	0.014	-0.880	-3.733	-0.480	2.195
7	B1	-26.194	0.014	-0.463	-3.425	-0.176	1.749
8	B1	-54.878	0.018	-1.384	-4.809	-0.644	2.109
Елемент: 1 Переріз: 3 Зусилля або РСН							
1	A1	-25.507	0.013	-5.473	-3.178	-3.074	1.816
2	A1	-25.507	0.013	-5.473	-3.178	-3.074	1.816
3	A1	-45.534	0.013	-8.926	-4.781	-5.621	3.054
4	A1	-25.507	0.013	-5.473	-3.178	-3.074	1.816
5	A1	-29.223	0.016	-4.196	-2.585	-0.773	0.593
6	A1	-33.635	0.014	-6.815	-3.733	-3.970	2.195
7	B1	-25.494	0.014	-5.909	-3.425	-2.958	1.749
8	B1	-54.178	0.018	-9.030	-4.809	-3.996	2.109

### Нормативні значення

Comb	Seis	N	Mx	My	Qz	Mz	Qy
N, Qy, Qz - т; Mx, My, Mz - т*м							
Елемент: 1 Переріз: 1 Зусилля або РСН							

1 A2	-24.460	0.012	4.211	-2.889	2.457	1.651
2 A2	-24.460	0.012	4.211	-2.889	2.457	1.651
3 B2	-41.149	0.012	5.583	-4.225	3.612	2.682
4 A2	-24.460	0.012	4.211	-2.889	2.457	1.651
5 B2	-27.557	0.014	3.704	-2.395	1.132	0.632
6 B2	-30.266	0.013	4.513	-3.285	2.676	1.922
7 C2	-24.458	0.012	4.276	-2.934	2.439	1.639
8 C2	-47.490	0.015	5.319	-4.044	2.486	1.894
Елемент: 1 Переріз: 2 Зусилля або РСН						
1 A2	-23.824	0.012	-0.382	-2.889	-0.169	1.651
2 A2	-23.824	0.012	-0.382	-2.889	-0.169	1.651
3 B2	-40.513	0.012	-1.135	-4.225	-0.652	2.682
4 A2	-23.824	0.012	-0.382	-2.889	-0.169	1.651
5 B2	-26.921	0.014	-0.104	-2.395	0.128	0.632
6 B2	-29.630	0.013	-0.710	-3.285	-0.379	1.922
7 C2	-23.822	0.012	-0.390	-2.934	-0.167	1.639
8 C2	-46.854	0.015	-1.111	-4.044	-0.525	1.894
Елемент: 1 Переріз: 3 Зусилля або РСН						
1 A2	-23.188	0.012	-4.976	-2.889	-2.795	1.651
2 A2	-23.188	0.012	-4.976	-2.889	-2.795	1.651
3 B2	-39.877	0.012	-7.853	-4.225	-4.917	2.682
4 A2	-23.188	0.012	-4.976	-2.889	-2.795	1.651
5 B2	-26.285	0.014	-3.912	-2.395	-0.877	0.632
6 B2	-28.994	0.013	-5.934	-3.285	-3.434	1.922
7 C2	-23.186	0.012	-5.056	-2.934	-2.773	1.639
8 C2	-46.218	0.015	-7.542	-4.044	-3.535	1.894

АРМАТУРА Підбір арматури												
AU1	AU2	AU3	AU4	AS1	AS2	AS3	AS4	%	Asw1	Asw2	Т.нетрив	Т.трив.
Переріз: 1 Симетричне армування												
0.96	0.96	0.96	0.96					0.24	0.10	0.10	0.15	0.14
0.96	0.96	0.96	0.96					0.24				
*									0.08	0.08		
Переріз: 2 Симетричне армування												
									0.10	0.10		
*									0.08	0.08		
Переріз: 3 Симетричне армування												
2.40	2.40	2.40	2.40					0.60	0.10	0.10		0.11
2.40	2.40	2.40	2.40					0.60				
*									0.08	0.08		

#### У таблиці результатів армування

У таблиці результатів армування

- AU1 - арматура кутова нижня (ліворуч) [см2];
- AU2 - арматура кутова нижня (праворуч) [см2];
- AU3 - арматура кутова верхня (ліворуч) [см2];
- AU4 - арматура кутова верхня (праворуч) [см2];
- AS1 - арматура нижня [см2];
- AS2 - арматура верхня [см2];
- AS3 - арматура бічна (ліворуч) [см2];
- AS4 - арматура бічна (праворуч) [см2];
- % - відсоток армування;
- Asw1 - арматура поперечна вертикальна [см2/м];

Asw2 - арматура поперечна горизонтальна [см<sup>2</sup>/м];

T.кр - ширина нетривалого розкриття тріщин [мм];

T.дл - ширина тривалого розкриття тріщин [мм].

\* (1\*, 2\*, 3\*) - арматури від кручення.

\* (1\*, 2\*, 3\*) Поперечна арматура від кручення - площа перерізу замкненого зовнішнього контуру.

Для норм СП 63.13330.2012/2018 арматура від кручення видається для кожної грані перерізу.

(Підбрана арматура від кручення не входить у результати повної арматури.)

+ - арматура підбрана з урахуванням вогнестійкості

^ - арматура підбрана по сполученням прогресуючого руйнування

Рядок 1 - повна арматура, підбрана по I і II групам граничних станів, від кручення...

Рядок 2 - арматура, підбрана по I групі граничних станів

Рядок \* - арматура від кручення

Рядок + - арматура підбрана з урахуванням вогнестійкості

\*\* - Стержень змінного перерізу

CY, CZ - Координати центру перерізу, щодо якого розставлені арматурні стрижні.

## Результат підбору арматури для колони в осях 6-Б підвального поверху

ЛАРМ-САПР 2024 - локальний режим армування

Проект - Го-Сапф\_32

Проект ЛІРА-САПР: Го-Сапф

ДБН В.2.6.-98:2009

<b>Елемент 1</b>	
Елемент N = 1 Елемент в ЛІРА-САПР N = 32	
Довжина 2.96 ( м ) Ly = 2.96 , Lz = 2.96 ( м ) Переріз - Прямокутник B(D)= 40.0 , H(D1)= 40.0 , B1= 0.0 , H1= 0.0 , B2= 0.0 , H2= 0.0 ( см ) Відстань до центру ваги арматури: знизу = 4 зверху = 4 збоку = 4. ( см )	
Вид елемента: Колона Индекси матеріалів: загальні 1, бетон 1, арматура 1 Конструктивні вимоги НЕ враховувалися Клас бетону - C20/25 Клас поздовжньої арматури X - A400C Клас поперечної арматури - A240C Максимальний діаметр 32.00 мм	

<b>ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))</b>							
Comb	Seis	N	Mx	My	Qz	Mz	Qy
N, Qy, Qz - т; Mx, My, Mz - т*м							
Елемент: 1 Переріз: 1 Зусилля або РСН							
1	A1	-45.597	0.063	2.400	-0.125	3.960	0.985
2	A1	-45.597	0.063	2.400	-0.125	3.960	0.985
3	A1	-61.754	0.049	2.063	0.242	3.515	0.518
4	A1	-45.597	0.063	2.400	-0.125	3.960	0.985
5	A1	-75.712	0.069	2.402	0.245	4.027	0.622
6	A1	-48.655	0.061	2.417	-0.140	3.959	0.979
7	B1	-45.233	0.065	2.988	-0.412	3.940	0.985

8 B1	-89.665	0.055	2.641	0.267	3.603	0.232
Елемент: 1 Переріз: 2 Зусилля або РСН						
1 A1	-44.295	0.063	2.029	-0.125	1.043	0.985
2 A1	-44.295	0.063	2.029	-0.125	1.043	0.985
3 A1	-60.451	0.049	2.779	0.242	1.983	0.518
4 A1	-44.295	0.063	2.029	-0.125	1.043	0.985
5 A1	-74.409	0.069	3.127	0.245	2.185	0.622
6 A1	-47.353	0.061	2.002	-0.140	1.063	0.979
7 B1	-43.931	0.065	1.768	-0.412	1.024	0.985
8 B1	-88.363	0.055	3.432	0.267	2.916	0.232

Нормативні значення							
Comb	Seis	N	Mx	My	Qz	Mz	Qy
N, Qy, Qz - т; Mx, My, Mz - т*м							
Елемент: 1 Переріз: 1 Зусилля або РСН							
1 A2		-41.452	0.058	2.182	-0.114	3.600	0.896
2 A2		-41.452	0.058	2.182	-0.114	3.600	0.896
3 B2		-54.916	0.046	1.901	0.192	3.229	0.506
4 A2		-41.452	0.058	2.182	-0.114	3.600	0.896
5 B2		-66.547	0.062	2.183	0.195	3.656	0.593
6 B2		-43.636	0.056	2.194	-0.125	3.599	0.891
7 C2		-41.385	0.058	2.290	-0.167	3.596	0.896
8 C2		-78.060	0.050	2.038	0.382	3.314	0.269
Елемент: 1 Переріз: 2 Зусилля або РСН							
1 A2		-40.268	0.058	1.845	-0.114	0.949	0.896
2 A2		-40.268	0.058	1.845	-0.114	0.949	0.896
3 B2		-53.732	0.046	2.469	0.192	1.731	0.506
4 A2		-40.268	0.058	1.845	-0.114	0.949	0.896
5 B2		-65.363	0.062	2.760	0.195	1.900	0.593
6 B2		-42.452	0.056	1.825	-0.125	0.962	0.891
7 C2		-40.201	0.058	1.797	-0.167	0.945	0.896
8 C2		-76.876	0.050	3.169	0.382	2.518	0.269

АРМАТУРА Підбір арматури												
AU1	AU2	AU3	AU4	AS1	AS2	AS3	AS4	%	Asw1	Asw2	Т.нетрив	Т.трив.
Переріз: 1 Симетричне армування												
0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01	0.31	0.31	0.03	0.03
0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01				
* 0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	0.03		0.29	0.29		
Переріз: 2 Симетричне армування												
0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01	0.31	0.31		
0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01				
* 0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	0.03		0.29	0.29		

#### У таблиці результатів армування

У таблиці результатів армування

- AU1 - арматура кутова нижня (ліворуч) [см2];
- AU2 - арматура кутова нижня (праворуч) [см2];
- AU3 - арматура кутова верхня (ліворуч) [см2];
- AU4 - арматура кутова верхня (праворуч) [см2];
- AS1 - арматура нижня [см2];
- AS2 - арматура верхня [см2];
- AS3 - арматура бічна (ліворуч) [см2];
- AS4 - арматура бічна (праворуч) [см2];
- % - відсоток армування;

Asw1 - арматура поперечна вертикальна [см<sup>2</sup>/м];  
 Asw2 - арматура поперечна горизонтальна [см<sup>2</sup>/м];  
 Т.кр - ширина нетривалого розкриття тріщин [мм];  
 Т.дл - ширина тривалого розкриття тріщин [мм].

\* (1\*, 2\*, 3\*) - арматури від кручення.

\* (1\*, 2\*, 3\*) Поперечна арматура від кручення - площа перерізу замкнутого зовнішнього контуру.

Для норм СП 63.13330.2012/2018 арматура від кручення видається для кожної грані перерізу.

(Підібрана арматура від кручення не входить у результати повної арматури.)

+ - арматура підібрана з урахуванням вогнестійкості

^ - арматура підібрана по сполученням прогресуючого руйнування

Рядок 1 - повна арматура, підібрана по I і II групам граничних станів, від кручення...

Рядок 2 - арматура, підібрана по I групі граничних станів

Рядок \* - арматура від кручення

Рядок + - арматура підібрана з урахуванням вогнестійкості

\*\* - Стержень змінного перерізу

CY, CZ - Координати центру перерізу, щодо якого розставлені арматурні стрижні.

## Результат підбору арматури для колони в осях 6-Б третього поверху

ЛАРМ-САПР 2024 - локальний режим армування

Проект - Го-Сапф\_177

Проект ЛІРА-САПР: Го-Сапф

ДБН В.2.6.-98:2009

<b>Елемент 1</b>	
Елемент N = 1 Елемент в ЛІРА-САПР N = 177	
Довжина 3.18 ( м ) Ly = 3.18 , Lz = 3.18 ( м ) Переріз - Прямокутник B(D)= 40.0 , H(D1)= 40.0 , B1= 0.0 , H1= 0.0 , B2= 0.0 , H2= 0.0 ( см ) Відстань до центру ваги арматури: знизу = 4 зверху = 4 збоку = 4. ( см )	
Вид елемента: Колона Індекси матеріалів: загальні 1, бетон 1, арматура 1 Конструктивні вимоги НЕ враховувалися Клас бетону - C20/25 Клас поздовжньої арматури X - A400C Клас поперечної арматури - A240C Максимальний діаметр 32.00 мм	

<b>ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (PCH (розрахункові сполучення навантажень))</b>							
Comb	Seis	N	Mx	My	Qz	Mz	Qy
N, Qy, Qz - т; Mx, My, Mz - т*м							
Елемент: 1 Переріз: 1 Зусилля або PCH							
1	A1	-10.142	0.018	-4.397	3.128	-4.019	-2.870
2	A1	-10.142	0.018	-4.397	3.128	-4.019	-2.870
3	A1	-17.438	0.020	-6.743	5.375	-6.054	-4.861
4	A1	-10.142	0.018	-4.397	3.128	-4.019	-2.870
5	A1	-15.262	0.026	-5.787	4.016	-5.520	-3.859
6	A1	-13.012	0.020	-5.023	3.907	-4.491	-3.506
7	B1	-10.074	0.021	-4.262	3.021	-3.993	-2.853

8 B1	-23.838	0.032	-8.201	6.554	-7.603	-6.109
Елемент: 1 Переріз: 2 Зусилля або РСН						
1 A1	-9.443	0.018	0.576	3.128	0.544	-2.870
2 A1	-9.443	0.018	0.576	3.128	0.544	-2.870
3 A1	-16.738	0.020	1.804	5.375	1.675	-4.861
4 A1	-9.443	0.018	0.576	3.128	0.544	-2.870
5 A1	-14.563	0.026	0.598	4.016	0.615	-3.859
6 A1	-12.313	0.020	1.188	3.907	1.085	-3.506
7 B1	-9.375	0.021	0.542	3.021	0.543	-2.853
8 B1	-23.138	0.032	2.221	6.554	2.110	-6.109
Елемент: 1 Переріз: 3 Зусилля або РСН						
1 A1	-8.743	0.018	5.549	3.128	5.108	-2.870
2 A1	-8.743	0.018	5.549	3.128	5.108	-2.870
3 A1	-16.039	0.020	10.350	5.375	9.404	-4.861
4 A1	-8.743	0.018	5.549	3.128	5.108	-2.870
5 A1	-13.863	0.026	6.983	4.016	6.750	-3.859
6 A1	-11.613	0.020	7.400	3.907	6.660	-3.506
7 B1	-8.675	0.021	5.345	3.021	5.079	-2.853
8 B1	-22.438	0.032	12.642	6.554	11.823	-6.109

Нормативні значення							
Comb	Seis	N	Mx	My	Qz	Mz	Qy
N, Qy, Qz - т; Mx, My, Mz - т*м							
Елемент: 1 Переріз: 1 Зусилля або РСН							
1 A2	-9.220	0.016	-3.997	2.843	-3.654	-2.609	
2 A2	-9.220	0.016	-3.997	2.843	-3.654	-2.609	
3 B2	-15.300	0.018	-5.952	4.716	-5.350	-4.268	
4 A2	-9.220	0.016	-3.997	2.843	-3.654	-2.609	
5 B2	-13.487	0.023	-5.156	3.583	-4.905	-3.433	
6 B2	-11.270	0.018	-4.445	3.400	-3.991	-3.064	
7 C2	-9.208	0.017	-3.972	2.824	-3.649	-2.606	
8 C2	-20.365	0.026	-7.179	5.678	-6.605	-5.250	
Елемент: 1 Переріз: 2 Зусилля або РСН							
1 A2	-8.584	0.016	0.524	2.843	0.495	-2.609	
2 A2	-8.584	0.016	0.524	2.843	0.495	-2.609	
3 B2	-14.664	0.018	1.547	4.716	1.437	-4.268	
4 A2	-8.584	0.016	0.524	2.843	0.495	-2.609	
5 B2	-12.851	0.023	0.542	3.583	0.554	-3.433	
6 B2	-10.634	0.018	0.961	3.400	0.881	-3.064	
7 C2	-8.572	0.017	0.517	2.824	0.495	-2.606	
8 C2	-19.729	0.026	1.849	5.678	1.743	-5.250	
Елемент: 1 Переріз: 3 Зусилля або РСН							
1 A2	-7.948	0.016	5.045	2.843	4.644	-2.609	
2 A2	-7.948	0.016	5.045	2.843	4.644	-2.609	
3 B2	-14.028	0.018	9.045	4.716	8.224	-4.268	
4 A2	-7.948	0.016	5.045	2.843	4.644	-2.609	
5 B2	-12.215	0.023	6.239	3.583	6.012	-3.433	
6 B2	-9.998	0.018	6.367	3.400	5.752	-3.064	
7 C2	-7.936	0.017	5.007	2.824	4.638	-2.606	
8 C2	-19.093	0.026	10.877	5.678	10.090	-5.250	

**АРМАТУРА Підбір арматури**

AU1	AU2	AU3	AU4	AS1	AS2	AS3	AS4	%	Asw1	Asw2	Т.нетрив	Т.трив.
				Переріз: 1		Симетричне армування						
2.88	2.88	2.88	2.88	0.01	0.01	0.01	0.01	0.72	0.16	0.16	0.17	0.16
2.88	2.88	2.88	2.88	0.01	0.01	0.01	0.01	0.72				
*				0.01	0.01	0.01	0.01		0.13	0.13		
				Переріз: 2		Симетричне армування						
				0.01	0.01	0.01	0.01		0.16	0.16		0.24
				0.01	0.01	0.01	0.01					
*				0.01	0.01	0.01	0.01		0.13	0.13		
				Переріз: 3		Симетричне армування						
5.84	5.84	5.84	5.84	0.01	0.01	0.01	0.01	1.46	0.16	0.16	0.14	0.13
5.84	5.84	5.84	5.84	0.01	0.01	0.01	0.01	1.46				
*				0.01	0.01	0.01	0.01		0.13	0.13		

### У таблиці результатів армування

У таблиці результатів армування

AU1 - арматура кутова нижня (ліворуч) [см<sup>2</sup>];

AU2 - арматура кутова нижня (праворуч) [см<sup>2</sup>];

AU3 - арматура кутова верхня (ліворуч) [см<sup>2</sup>];

AU4 - арматура кутова верхня (праворуч) [см<sup>2</sup>];

AS1 - арматура нижня [см<sup>2</sup>];

AS2 - арматура верхня [см<sup>2</sup>];

AS3 - арматура бічна (ліворуч) [см<sup>2</sup>];

AS4 - арматура бічна (праворуч) [см<sup>2</sup>];

% - відсоток армування;

Asw1 - арматура поперечна вертикальна [см<sup>2</sup>/м];

Asw2 - арматура поперечна горизонтальна [см<sup>2</sup>/м];

Т.кр - ширина нетривалого розкриття тріщин [мм];

Т.дл - ширина тривалого розкриття тріщин [мм].

\* (1\*, 2\*, 3\*) - арматури від кручення.

\* (1\*, 2\*, 3\*) Поперечна арматура від кручення - площа перерізу замкнутого зовнішнього контуру.

Для норм СП 63.13330.2012/2018 арматура від кручення видається для кожної грані перерізу.

(Підібрана арматура від кручення не входить у результати повної арматури.)

+ - арматура підібрана з урахуванням вогнестійкості

^ - арматура підібрана по сполученням прогресуючого руйнування

Рядок 1 - повна арматура, підібрана по I і II групам граничних станів, від кручення...

Рядок 2 - арматура, підібрана по I групі граничних станів

Рядок \* - арматура від кручення

Рядок + - арматура підібрана з урахуванням вогнестійкості

\*\* - Стержень змінного перерізу

CY, CZ - Координати центру перерізу, щодо якого розставлені арматурні стрижні.

Результат підбору арматури для монолітних стін в осях Г-3-4 другого поверху  
(приведені результати армування для 10 елементів стіни)

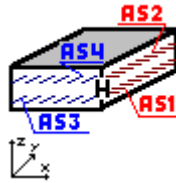
ЛАРМ-САПР 2024 - локальний режим армування

Проект - Го-Сапф\_5264

Проект ЛІРА-САПР: Го-Сапф

ДБН В.2.6.-98:2009

Елемент 1
Елемент N = 1 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5264 Модуль армування: Оболонка



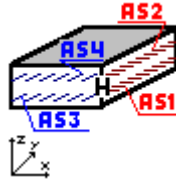
Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури Y - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx,Ny,Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx,My,Mxy - (т*м)/м; Qx,Qy - т/м.										
Елемент: 1 Зусилля або РСН										
1	A1		-9.744	-48.718	32.817	-0.017	-0.088	0.021	4.301	1.148
2	A1		-9.744	-48.718	32.817	-0.017	-0.088	0.021	4.301	1.148
3	A1		-12.366	-61.829	39.175	-0.018	-0.094	0.025	5.268	1.388
4	A1		-9.744	-48.718	32.817	-0.017	-0.088	0.021	4.301	1.148
5	A1		-9.719	-48.595	34.771	-0.018	-0.099	0.021	4.485	1.207
6	A1		-10.439	-52.195	32.123	-0.016	-0.087	0.021	4.344	1.167
7	B1		-11.483	-57.413	31.676	-0.021	-0.116	0.020	4.317	1.208
8	B1		-14.273	-71.364	38.645	-0.023	-0.127	0.025	5.390	1.489

Нормативні значення										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx,Ny,Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx,My,Mxy - (т*м)/м; Qx,Qy - т/м.										
Елемент: 1 Зусилля або РСН										
1	A2		-8.858	-44.289	29.834	-0.015	-0.080	0.019	3.910	1.043
2	A2		-8.858	-44.289	29.834	-0.015	-0.080	0.019	3.910	1.043
3	B2		-11.043	-55.215	35.132	-0.016	-0.085	0.023	4.716	1.244
4	A2		-8.858	-44.289	29.834	-0.015	-0.080	0.019	3.910	1.043
5	B2		-8.837	-44.187	31.462	-0.017	-0.089	0.019	4.064	1.093
6	B2		-9.355	-46.773	29.338	-0.015	-0.079	0.019	3.941	1.057
7	C2		-9.178	-45.890	29.624	-0.016	-0.085	0.019	3.913	1.054
8	C2		-11.542	-57.708	35.431	-0.018	-0.096	0.023	4.803	1.290

АРМАТУРА Підбір арматури										
AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.
1.80	2.00	1.00	1.00	0.19	0.10	0.29		-		0.29
1.00	1.00	1.00	1.00							

Елемент 2
Елемент N = 2 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5265 Модуль армування: Оболонка



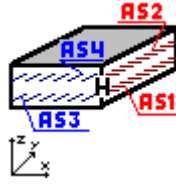
Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури Y - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 2 Зусилля або РСН										
1	A1		2.290	-71.339	-6.572	-0.003	-0.061	0.012	-0.018	-0.000
2	A1		2.290	-71.339	-6.572	-0.003	-0.061	0.012	-0.018	-0.000
3	A1		4.493	-88.819	-10.153	-0.002	-0.064	0.013	-0.022	-0.015
4	A1		2.290	-71.339	-6.572	-0.003	-0.061	0.012	-0.018	-0.000
5	A1		1.990	-72.454	-5.399	-0.004	-0.067	0.012	-0.009	0.007
6	A1		2.152	-74.085	-7.214	-0.002	-0.058	0.012	-0.025	0.002
7	B1		0.333	-76.650	-5.357	-0.007	-0.083	0.013	-0.027	0.034
8	B1		2.116	-95.325	-8.223	-0.005	-0.087	0.015	-0.027	0.025

Нормативні значення										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 2 Зусилля або РСН										
1	A2		2.082	-64.854	-5.975	-0.003	-0.055	0.011	-0.017	-0.000
2	A2		2.082	-64.854	-5.975	-0.003	-0.055	0.011	-0.017	-0.000
3	B2		3.918	-79.420	-8.959	-0.002	-0.058	0.012	-0.020	-0.013
4	A2		2.082	-64.854	-5.975	-0.003	-0.055	0.011	-0.017	-0.000
5	B2		1.831	-65.783	-4.997	-0.004	-0.060	0.011	-0.009	0.006
6	B2		1.983	-66.815	-6.433	-0.002	-0.054	0.011	-0.022	0.001
7	C2		1.721	-65.832	-5.751	-0.004	-0.059	0.011	-0.018	0.006
8	C2		3.095	-81.446	-7.991	-0.003	-0.064	0.013	-0.018	0.001

АРМАТУРА Підбір арматури										
AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.
1.20	1.20	1.00	1.00	0.12	0.10	0.22		-		0.23
1.00	1.00	1.00	1.00							

Елемент 3										
Елемент N = 3 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5266 Модуль армування: Оболонка										



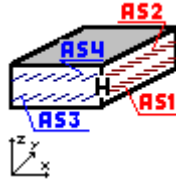
Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури Y - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 3 Зусилля або РСН										
1	A1		7.200	-49.837	11.116	0.002	0.000	0.009	-0.008	0.004
2	A1		7.200	-49.837	11.116	0.002	0.000	0.009	-0.008	0.004
3	A1		10.479	-62.855	10.040	0.002	0.004	0.009	-0.005	-0.007
4	A1		7.200	-49.837	11.116	0.002	0.000	0.009	-0.008	0.004
5	A1		6.679	-50.237	13.650	0.002	0.000	0.011	-0.008	0.010
6	A1		7.218	-52.603	10.185	0.003	0.003	0.009	-0.011	0.002
7	B1		5.760	-54.949	12.943	0.003	-0.007	0.012	-0.022	0.023
8	B1		8.403	-69.002	13.234	0.004	-0.000	0.013	-0.020	0.015

Нормативні значення										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 3 Зусилля або РСН										
1	A2		6.545	-45.307	10.106	0.002	0.000	0.008	-0.008	0.003
2	A2		6.545	-45.307	10.106	0.002	0.000	0.008	-0.008	0.003
3	B2		9.278	-56.155	9.209	0.001	0.004	0.008	-0.005	-0.006
4	A2		6.545	-45.307	10.106	0.002	0.000	0.008	-0.008	0.003
5	B2		6.111	-45.639	12.217	0.002	0.000	0.010	-0.007	0.008
6	B2		6.558	-47.282	9.440	0.003	0.002	0.008	-0.010	0.002
7	C2		6.280	-46.248	10.442	0.002	-0.001	0.009	-0.010	0.007
8	C2		8.387	-57.995	10.903	0.003	0.004	0.010	-0.009	0.002

АРМАТУРА Підбір арматури										
AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.
1.60	1.60	1.00	1.00	0.16	0.10	0.26		-		0.29
1.00	1.00	1.00	1.00							

Елемент 4										
Елемент N = 4 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5267 Модуль армування: Оболонка										



Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури Y - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

#### ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))

No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 4 Зусилля або РСН										
1	A1		-7.035	-44.501	2.883	-0.007	-0.043	0.014	-0.012	0.037
2	A1		-7.035	-44.501	2.883	-0.007	-0.043	0.014	-0.012	0.037
3	A1		-5.869	-50.754	0.634	-0.008	-0.046	0.014	-0.021	0.041
4	A1		-7.035	-44.501	2.883	-0.007	-0.043	0.014	-0.012	0.037
5	A1		-8.338	-48.055	4.799	-0.007	-0.043	0.015	-0.006	0.030
6	A1		-6.951	-45.519	2.472	-0.007	-0.041	0.014	-0.013	0.038
7	B1		-9.252	-49.070	4.591	-0.012	-0.059	0.016	-0.010	0.055
8	B1		-9.078	-58.357	3.750	-0.012	-0.059	0.017	-0.015	0.051

#### Нормативні значення

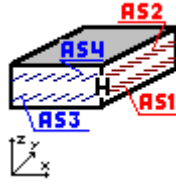
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 4 Зусилля або РСН										
1	A2		-6.395	-40.455	2.621	-0.007	-0.039	0.012	-0.011	0.033
2	A2		-6.395	-40.455	2.621	-0.007	-0.039	0.012	-0.011	0.033
3	B2		-5.424	-45.666	0.747	-0.007	-0.042	0.013	-0.019	0.037
4	A2		-6.395	-40.455	2.621	-0.007	-0.039	0.012	-0.011	0.033
5	B2		-7.481	-43.417	4.217	-0.006	-0.039	0.014	-0.006	0.028
6	B2		-6.336	-41.182	2.327	-0.007	-0.037	0.013	-0.011	0.034
7	C2		-6.804	-41.297	2.935	-0.007	-0.042	0.013	-0.010	0.037
8	C2		-6.812	-49.223	2.390	-0.008	-0.043	0.014	-0.014	0.035

#### АРМАТУРА Підбір арматури

AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.
1.00	1.00	1.00	1.00	0.10	0.10	0.20		-		0.25
1.00	1.00	1.00	1.00							

#### Елемент 5

Елемент N = 5  
 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5268  
 Модуль армування: Оболонка



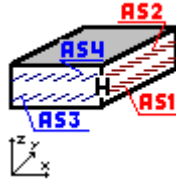
Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури Y - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx,Ny,Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx,My,Mxy - (т*м)/м; Qx,Qy - т/м.										
Елемент: 5 Зусилля або РСН										
1	A1		-0.381	-43.984	16.389	0.020	0.024	-0.000	-0.025	0.031
2	A1		-0.381	-43.984	16.389	0.020	0.024	-0.000	-0.025	0.031
3	A1		0.574	-56.707	14.641	0.022	0.029	-0.003	-0.025	0.026
4	A1		-0.381	-43.984	16.389	0.020	0.024	-0.000	-0.025	0.031
5	A1		-0.989	-43.814	20.130	0.023	0.028	0.002	-0.029	0.037
6	A1		-0.318	-46.805	15.271	0.021	0.026	-0.000	-0.026	0.030
7	B1		-0.897	-46.911	19.174	0.024	0.028	0.002	-0.037	0.056
8	B1		-0.476	-60.454	19.684	0.029	0.036	0.002	-0.041	0.055

Нормативні значення										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx,Ny,Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx,My,Mxy - (т*м)/м; Qx,Qy - т/м.										
Елемент: 5 Зусилля або РСН										
1	A2		-0.346	-39.985	14.899	0.018	0.022	-0.000	-0.023	0.028
2	A2		-0.346	-39.985	14.899	0.018	0.022	-0.000	-0.023	0.028
3	B2		0.449	-50.588	13.442	0.020	0.026	-0.003	-0.023	0.024
4	A2		-0.346	-39.985	14.899	0.018	0.022	-0.000	-0.023	0.028
5	B2		-0.853	-39.843	18.017	0.021	0.025	0.001	-0.026	0.033
6	B2		-0.301	-42.000	14.100	0.019	0.024	-0.000	-0.024	0.028
7	C2		-0.441	-40.525	15.412	0.019	0.023		-0.025	0.033
8	C2		-0.131	-51.698	16.137	0.023	0.030	-0.000	-0.029	0.033

АРМАТУРА Підбір арматури										
AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.
2.20	1.20	1.00	1.00	0.17	0.10	0.27		-		0.29
1.00	1.00	1.00	1.00							

Елемент 6
Елемент N = 6 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5269 Модуль армування: Оболонка



Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури Y - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

#### ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))

No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 6 Зусилля або РСН										
1	A1		-9.987	-60.193	8.209	-0.003	-0.018	0.013	0.007	0.096
2	A1		-9.987	-60.193	8.209	-0.003	-0.018	0.013	0.007	0.096
3	A1		-6.898	-72.468	6.207	-0.004	-0.018	0.013	0.009	0.112
4	A1		-9.987	-60.193	8.209	-0.003	-0.018	0.013	0.007	0.096
5	A1		-13.137	-62.862	10.892	-0.002	-0.018	0.016	0.003	0.093
6	A1		-9.335	-62.286	7.623	-0.003	-0.015	0.013	0.005	0.096
7	B1		-12.432	-64.966	10.000	-0.006	-0.025	0.017	-0.003	0.122
8	B1		-11.657	-79.822	9.907	-0.005	-0.023	0.019	-0.004	0.132

#### Нормативні значення

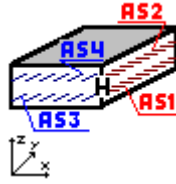
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 6 Зусилля або РСН										
1	A2		-9.079	-54.721	7.462	-0.003	-0.016	0.012	0.006	0.087
2	A2		-9.079	-54.721	7.462	-0.003	-0.016	0.012	0.006	0.087
3	B2		-6.505	-64.950	5.795	-0.003	-0.016	0.012	0.008	0.100
4	A2		-9.079	-54.721	7.462	-0.003	-0.016	0.012	0.006	0.087
5	B2		-11.704	-56.945	9.698	-0.002	-0.016	0.014	0.003	0.085
6	B2		-8.613	-56.216	7.044	-0.003	-0.014	0.012	0.005	0.087
7	C2		-9.529	-55.600	7.792	-0.003	-0.017	0.013	0.004	0.092
8	C2		-9.112	-68.066	7.894	-0.003	-0.016	0.015	0.002	0.102

#### АРМАТУРА Підбір арматури

AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.
1.00	1.00	1.00	1.00	0.10	0.10	0.20		-		0.19
1.00	1.00	1.00	1.00							

#### Елемент 7

Елемент N = 7  
 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5270  
 Модуль армування: Оболонка



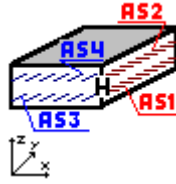
Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури Y - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 7 Зусилля або РСН										
1	A1		-5.916	-31.673	21.613	-0.014	-0.037	0.014	-0.034	0.055
2	A1		-5.916	-31.673	21.613	-0.014	-0.037	0.014	-0.034	0.055
3	A1		-4.486	-34.189	20.219	-0.019	-0.043	0.015	-0.040	0.066
4	A1		-5.916	-31.673	21.613	-0.014	-0.037	0.014	-0.034	0.055
5	A1		-7.036	-35.325	26.185	-0.013	-0.036	0.016	-0.036	0.051
6	A1		-5.644	-31.977	21.052	-0.014	-0.036	0.014	-0.032	0.053
7	B1		-7.564	-35.310	24.993	-0.020	-0.047	0.016	-0.040	0.067
8	B1		-6.875	-40.772	27.012	-0.022	-0.048	0.018	-0.045	0.071

Нормативні значення										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 7 Зусилля або РСН										
1	A2		-5.378	-28.794	19.648	-0.013	-0.034	0.013	-0.031	0.050
2	A2		-5.378	-28.794	19.648	-0.013	-0.034	0.013	-0.031	0.050
3	B2		-4.186	-30.890	18.487	-0.017	-0.038	0.014	-0.036	0.059
4	A2		-5.378	-28.794	19.648	-0.013	-0.034	0.013	-0.031	0.050
5	B2		-6.312	-31.837	23.458	-0.012	-0.033	0.014	-0.032	0.047
6	B2		-5.184	-29.011	19.248	-0.013	-0.033	0.013	-0.029	0.049
7	C2		-5.682	-29.464	20.270	-0.014	-0.036	0.013	-0.032	0.052
8	C2		-5.244	-34.219	22.232	-0.017	-0.037	0.015	-0.037	0.057

АРМАТУРА Підбір арматури										
AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.
1.60	1.80	1.00	1.00	0.17	0.10	0.27		-		0.29
1.00	1.00	1.00	1.00							

Елемент 8
Елемент N = 8 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5271 Модуль армування: Оболонка



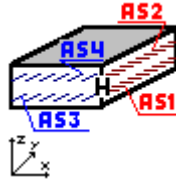
Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури Y - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 8 Зусилля або РСН										
1	A1		-5.440	-71.527	14.545	0.000	-0.000	0.005	-0.024	0.094
2	A1		-5.440	-71.527	14.545	0.000	-0.000	0.005	-0.024	0.094
3	A1		-3.686	-81.805	12.274	0.000	0.001	0.004	-0.027	0.102
4	A1		-5.440	-71.527	14.545	0.000	-0.000	0.005	-0.024	0.094
5	A1		-7.265	-77.560	18.329	0.001	0.002	0.007	-0.025	0.102
6	A1		-5.110	-73.289	13.665	0.000	0.002	0.005	-0.024	0.092
7	B1		-6.890	-78.700	16.804	-0.002	-0.002	0.008	-0.029	0.118
8	B1		-6.512	-94.249	17.147	-0.001	0.004	0.009	-0.032	0.128

Нормативні значення										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 8 Зусилля або РСН										
1	A2		-4.946	-65.024	13.223	0.000	-0.000	0.005	-0.022	0.085
2	A2		-4.946	-65.024	13.223	0.000	-0.000	0.005	-0.022	0.085
3	B2		-3.484	-73.590	11.330	0.000	0.001	0.004	-0.024	0.092
4	A2		-4.946	-65.024	13.223	0.000	-0.000	0.005	-0.022	0.085
5	B2		-6.466	-70.052	16.376	0.001	0.002	0.006	-0.023	0.092
6	B2		-4.710	-66.283	12.594	0.000	0.001	0.005	-0.022	0.084
7	C2		-5.213	-66.346	13.639	-0.000	-0.001	0.005	-0.023	0.090
8	C2		-5.027	-79.580	14.166	0.001	0.004	0.006	-0.026	0.100

АРМАТУРА Підбір арматури											
AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.	
1.00	1.00	1.00	1.00	0.10	0.10	0.20		-		0.10	
1.00	1.00	1.00	1.00								

Елемент 9
Елемент N = 9 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5272 Модуль армування: Оболонка



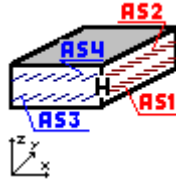
Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури Y - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 9 Зусилля або РСН										
1	A1		-0.515	-60.704	10.537	0.005	0.035	0.001	-0.030	0.053
2	A1		-0.515	-60.704	10.537	0.005	0.035	0.001	-0.030	0.053
3	A1		-0.379	-72.635	9.224	0.006	0.040	-0.001	-0.036	0.058
4	A1		-0.515	-60.704	10.537	0.005	0.035	0.001	-0.030	0.053
5	A1		-0.703	-64.173	13.103	0.006	0.040	0.003	-0.033	0.057
6	A1		-0.518	-63.206	9.856	0.005	0.036	0.001	-0.030	0.051
7	B1		-0.673	-66.330	11.924	0.005	0.042	0.002	-0.032	0.066
8	B1		-0.707	-81.881	12.299	0.007	0.052	0.003	-0.040	0.071

Нормативні значення										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 9 Зусилля або РСН										
1	A2		-0.468	-55.185	9.580	0.005	0.032	0.001	-0.027	0.048
2	A2		-0.468	-55.185	9.580	0.005	0.032	0.001	-0.027	0.048
3	B2		-0.355	-65.128	8.485	0.006	0.036	-0.001	-0.032	0.052
4	A2		-0.468	-55.185	9.580	0.005	0.032	0.001	-0.027	0.048
5	B2		-0.625	-58.077	11.718	0.006	0.036	0.002	-0.030	0.052
6	B2		-0.470	-56.973	9.093	0.005	0.033	0.001	-0.028	0.047
7	C2		-0.497	-56.222	9.835	0.005	0.033	0.001	-0.028	0.051
8	C2		-0.535	-69.278	10.310	0.006	0.041	0.002	-0.034	0.055

АРМАТУРА Підбір арматури										
AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.
1.00	1.00	1.00	1.00	0.10	0.10	0.20		-		0.24
1.00	1.00	1.00	1.00							

Елемент 10										
Елемент N = 10 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5273 Модуль армування: Оболонка										



Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індeksi матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури Y - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx,Ny,Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx,My,Mxy - (т*м)/м; Qx,Qy - т/м.										
Елемент: 10 Зусилля або РСН										
1	A1		-1.706	-46.393	18.688	0.023	0.048	-0.001	-0.029	-0.006
2	A1		-1.706	-46.393	18.688	0.023	0.048	-0.001	-0.029	-0.006
3	A1		-1.776	-58.625	16.295	0.027	0.054	-0.004	-0.034	-0.008
4	A1		-1.706	-46.393	18.688	0.023	0.048	-0.001	-0.029	-0.006
5	A1		-2.018	-47.213	23.187	0.026	0.054	0.001	-0.034	-0.006
6	A1		-1.728	-49.141	17.477	0.024	0.049	-0.001	-0.031	-0.007
7	B1		-1.828	-49.366	21.970	0.026	0.059	-0.000	-0.037	-0.003
8	B1		-2.180	-63.289	22.447	0.032	0.070	-0.000	-0.047	-0.006

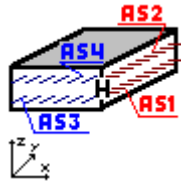
Нормативні значення										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx,Ny,Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx,My,Mxy - (т*м)/м; Qx,Qy - т/м.										
Елемент: 10 Зусилля або РСН										
1	A2		-1.551	-42.175	16.989	0.021	0.043	-0.001	-0.026	-0.006
2	A2		-1.551	-42.175	16.989	0.021	0.043	-0.001	-0.026	-0.006
3	B2		-1.610	-52.369	14.995	0.025	0.048	-0.003	-0.030	-0.007
4	A2		-1.551	-42.175	16.989	0.021	0.043	-0.001	-0.026	-0.006
5	B2		-1.811	-42.858	20.738	0.024	0.049	0.001	-0.031	-0.006
6	B2		-1.566	-44.138	16.124	0.022	0.044	-0.001	-0.028	-0.006
7	C2		-1.573	-42.723	17.594	0.022	0.045	-0.001	-0.028	-0.005
8	C2		-1.873	-54.224	18.334	0.027	0.055	-0.001	-0.036	-0.007

АРМАТУРА Підбір арматури										
AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.
2.20	1.20	1.00	1.00	0.17	0.10	0.27		-		0.30
1.00	1.00	1.00	1.00							

\*\* - Стержень змінного перерізу  
 CY, CZ - Координати центру перерізу, щодо якого розставлені арматурні стрижні.

Результат підбору арматури для монолітних стін в осях Г-В-3 другого поверху  
(приведені результати армування для 10 елементів стіни)

ЛАРМ-САПР 2024 - локальний режим армування  
Проект - Го-Сапф\_5418  
Проект ЛІРА-САПР: Го-Сапф  
ДБН В.2.6.-98:2009

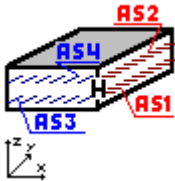
<b>Елемент 1</b>	
Елемент N = 1 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5418 Модуль армування: Оболонка	
	
Товщина пластини - 20.0 ( см ) Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см ) Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см ) Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1 Розрахунок по теорії Вуда Клас бетону - C20/25 Клас поздовжньої арматури X - A400C Клас поздовжньої арматури X - A400C Клас поперечної арматури - A240C Максимальний діаметр 32.00 мм	

<b>ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))</b>										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м2; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 1 Зусилля або РСН										
1	A1		-4.231	-47.635	-14.050	-0.031	-0.176	0.052	-1.404	0.491
2	A1		-4.231	-47.635	-14.050	-0.031	-0.176	0.052	-1.404	0.491
3	A1		-5.486	-60.671	-15.546	-0.038	-0.209	0.064	-1.750	0.601
4	A1		-4.231	-47.635	-14.050	-0.031	-0.176	0.052	-1.404	0.491
5	A1		-4.151	-47.469	-15.632	-0.030	-0.187	0.055	-1.465	0.520
6	A1		-4.580	-51.035	-13.797	-0.030	-0.172	0.052	-1.371	0.481
7	B1		-4.809	-55.055	-15.999	-0.027	-0.171	0.050	-1.324	0.472
8	B1		-6.123	-68.955	-18.348	-0.034	-0.207	0.064	-1.668	0.589

<b>Нормативні значення</b>										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м2; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 1 Зусилля або РСН										
1	A2		-3.846	-43.305	-12.772	-0.028	-0.160	0.047	-1.276	0.447
2	A2		-3.846	-43.305	-12.772	-0.028	-0.160	0.047	-1.276	0.447
3	B2		-4.892	-54.168	-14.019	-0.034	-0.187	0.058	-1.565	0.538
4	A2		-3.846	-43.305	-12.772	-0.028	-0.160	0.047	-1.276	0.447
5	B2		-3.779	-43.166	-14.091	-0.028	-0.169	0.049	-1.327	0.470
6	B2		-4.096	-45.733	-12.592	-0.027	-0.157	0.047	-1.253	0.439
7	C2		-3.953	-44.672	-13.131	-0.027	-0.159	0.047	-1.262	0.443

8	C2	-5.048	-56.372	-15.242	-0.032	-0.189	0.058	-1.547	0.541
---	----	--------	---------	---------	--------	--------	-------	--------	-------

АРМАТУРА Підбір арматури										
AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	Т.нетрив.	Т.трив.
1.00	1.00	1.00	1.20	0.10	0.11	0.21		-		0.30
1.00	1.00	1.00	1.00							

Елемент 2
<p>Елемент N = 2 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5419 Модуль армування: Оболонка</p>  <p>Товщина пластини - 20.0 ( см ) Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см ) Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см ) Індекси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1 Розрахунок по теорії Вуда Клас бетону - C20/25 Клас поздовжньої арматури X - A400C Клас поздовжньої арматури X - A400C Клас поперечної арматури - A240C Максимальний діаметр 32.00 мм</p>

ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м2; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 2 Зусилля або РСН										
1	A1		-9.752	-48.760	-13.555	-0.030	-0.192	0.023	5.342	1.675
2	A1		-9.752	-48.760	-13.555	-0.030	-0.192	0.023	5.342	1.675
3	A1		-12.456	-62.282	-14.536	-0.035	-0.228	0.028	6.540	2.064
4	A1		-9.752	-48.760	-13.555	-0.030	-0.192	0.023	5.342	1.675
5	A1		-9.714	-48.569	-15.201	-0.032	-0.204	0.024	5.621	1.750
6	A1		-10.444	-52.219	-13.292	-0.029	-0.187	0.023	5.306	1.653
7	B1		-11.056	-55.281	-17.546	-0.029	-0.185	0.022	5.175	1.599
8	B1		-13.948	-69.741	-19.273	-0.035	-0.225	0.028	6.489	2.004

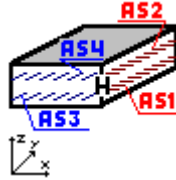
Нормативні значення										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м2; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 2 Зусилля або РСН										
1	A2		-8.865	-44.327	-12.323	-0.027	-0.175	0.021	4.856	1.523
2	A2		-8.865	-44.327	-12.323	-0.027	-0.175	0.021	4.856	1.523
3	B2		-11.119	-55.596	-13.140	-0.031	-0.205	0.025	5.855	1.847
4	A2		-8.865	-44.327	-12.323	-0.027	-0.175	0.021	4.856	1.523
5	B2		-8.834	-44.168	-13.694	-0.029	-0.184	0.022	5.089	1.585
6	B2		-9.360	-46.798	-12.135	-0.027	-0.171	0.021	4.831	1.507
7	C2		-9.106	-45.528	-13.058	-0.027	-0.173	0.021	4.826	1.509
8	C2		-11.526	-57.631	-14.785	-0.032	-0.206	0.025	5.913	1.843

АРМАТУРА Підбір арматури										
--------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	Т.нетрив.	Т.трив.
1.00	1.00	1.00	1.20	0.10	0.11	0.21		-		0.29
1.00	1.00	1.00	1.00							

### Елемент 3

Елемент N = 3  
Елемент в ЛІРА-САПР N = 5420  
Модуль армування: Оболонка



Товщина пластини - 20.0 ( см )  
Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
Індекси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
Розрахунок по теорії Вуда  
Клас бетону - C20/25  
Клас поздовжньої арматури X - A400C  
Клас поздовжньої арматури X - A400C  
Клас поперечної арматури - A240C  
Максимальний діаметр 32.00 мм

### ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))

No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 3 Зусилля або РСН										
1	A1		0.509	-46.464	-19.535	-0.022	-0.039	-0.003	-2.009	0.019
2	A1		0.509	-46.464	-19.535	-0.022	-0.039	-0.003	-2.009	0.019
3	A1		0.368	-60.494	-19.566	-0.027	-0.039	-0.006	-2.507	0.030
4	A1		0.509	-46.464	-19.535	-0.022	-0.039	-0.003	-2.009	0.019
5	A1		0.681	-45.793	-22.798	-0.021	-0.045	-0.003	-2.086	0.012
6	A1		0.491	-49.740	-18.665	-0.022	-0.038	-0.002	-1.975	0.016
7	B1		0.833	-51.235	-23.746	-0.022	-0.042	-0.000	-1.914	-0.003
8	B1		0.812	-65.730	-25.508	-0.026	-0.046	-0.003	-2.410	-0.001

### Нормативні значення

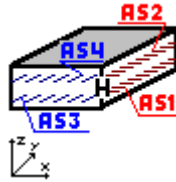
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 3 Зусилля або РСН										
1	A2		0.463	-42.240	-17.759	-0.020	-0.035	-0.003	-1.827	0.017
2	A2		0.463	-42.240	-17.759	-0.020	-0.035	-0.003	-1.827	0.017
3	B2		0.345	-53.931	-17.785	-0.024	-0.036	-0.006	-2.242	0.026
4	A2		0.463	-42.240	-17.759	-0.020	-0.035	-0.003	-1.827	0.017
5	B2		0.606	-41.681	-20.478	-0.019	-0.040	-0.002	-1.891	0.011
6	B2		0.450	-44.580	-17.137	-0.020	-0.035	-0.002	-1.802	0.015
7	C2		0.522	-43.119	-18.535	-0.020	-0.036	-0.002	-1.809	0.013
8	C2		0.528	-55.156	-20.369	-0.023	-0.040	-0.004	-2.220	0.014

### АРМАТУРА Підбір арматури

AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	Т.нетрив.	Т.трив.
1.60	1.60	1.00	1.00	0.16	0.10	0.26		-		0.29
1.00	1.00	1.00	1.00							

**Елемент 4**

Елемент N = 4  
 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5421  
 Модуль армування: Оболонка



Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

**ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))**

No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 4 Зусилля або РСН										
1	A1		-1.550	-42.388	-6.712	-0.028	-0.308	0.043	-0.501	0.608
2	A1		-1.550	-42.388	-6.712	-0.028	-0.308	0.043	-0.501	0.608
3	A1		-3.397	-60.602	-4.700	-0.034	-0.373	0.052	-0.628	0.757
4	A1		-1.550	-42.388	-6.712	-0.028	-0.308	0.043	-0.501	0.608
5	A1		-0.922	-39.681	-8.817	-0.030	-0.332	0.046	-0.545	0.649
6	A1		-1.988	-47.409	-6.099	-0.028	-0.304	0.043	-0.500	0.602
7	B1		0.477	-37.033	-12.213	-0.027	-0.301	0.042	-0.490	0.587
8	B1		-1.217	-56.045	-11.196	-0.034	-0.378	0.053	-0.646	0.755

**Нормативні значення**

No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 4 Зусилля або РСН										
1	A2		-1.409	-38.534	-6.102	-0.026	-0.280	0.039	-0.455	0.552
2	A2		-1.409	-38.534	-6.102	-0.026	-0.280	0.039	-0.455	0.552
3	B2		-2.948	-53.713	-4.425	-0.030	-0.334	0.046	-0.561	0.677
4	A2		-1.409	-38.534	-6.102	-0.026	-0.280	0.039	-0.455	0.552
5	B2		-0.885	-36.279	-7.856	-0.027	-0.300	0.041	-0.492	0.587
6	B2		-1.722	-42.121	-5.664	-0.025	-0.277	0.039	-0.455	0.548
7	C2		-1.035	-37.548	-7.115	-0.025	-0.279	0.039	-0.453	0.549
8	C2		-2.269	-52.505	-6.690	-0.031	-0.343	0.048	-0.582	0.688

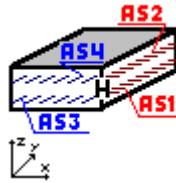
**АРМАТУРА Підбір арматури**

AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.
1.00	1.00	1.00	1.60	0.10	0.13	0.23		-		0.28
1.00	1.00	1.00	1.00							

**Елемент 5**

Елемент N = 5

Елемент в ЛІРА-САПР N = 5422  
Модуль армування: Оболонка



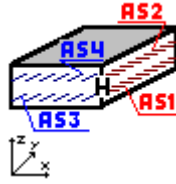
Товщина пластини - 20.0 ( см )  
Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
Індекси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
Розрахунок по теорії Вуда  
Клас бетону - C20/25  
Клас поздовжньої арматури X - A400C  
Клас поздовжньої арматури X - A400C  
Клас поперечної арматури - A240C  
Максимальний діаметр 32.00 мм

ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 5 Зусилля або РСН										
1	A1		-2.018	-52.677	-11.669	0.018	-0.073	-0.029	-0.140	0.253
2	A1		-2.018	-52.677	-11.669	0.018	-0.073	-0.029	-0.140	0.253
3	A1		-2.570	-69.894	-11.211	0.023	-0.081	-0.038	-0.176	0.311
4	A1		-2.018	-52.677	-11.669	0.018	-0.073	-0.029	-0.140	0.253
5	A1		-2.039	-52.293	-13.799	0.019	-0.081	-0.031	-0.149	0.269
6	A1		-2.057	-57.077	-11.277	0.018	-0.071	-0.029	-0.139	0.250
7	B1		-2.036	-53.234	-16.940	0.017	-0.075	-0.028	-0.134	0.244
8	B1		-2.585	-72.288	-17.566	0.023	-0.089	-0.038	-0.174	0.309

Нормативні значення										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 5 Зусилля або РСН										
1	A2		-1.834	-47.888	-10.608	0.016	-0.066	-0.026	-0.127	0.230
2	A2		-1.834	-47.888	-10.608	0.016	-0.066	-0.026	-0.127	0.230
3	B2		-2.294	-62.236	-10.226	0.021	-0.073	-0.033	-0.157	0.278
4	A2		-1.834	-47.888	-10.608	0.016	-0.066	-0.026	-0.127	0.230
5	B2		-1.852	-47.568	-12.383	0.017	-0.073	-0.028	-0.134	0.244
6	B2		-1.862	-51.031	-10.328	0.016	-0.065	-0.026	-0.126	0.228
7	C2		-1.838	-47.991	-11.579	0.016	-0.067	-0.026	-0.126	0.228
8	C2		-2.293	-63.434	-12.484	0.021	-0.078	-0.034	-0.159	0.282

АРМАТУРА Підбір арматури										
AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.
1.00	1.00	1.00	1.00	0.10	0.10	0.20		-		0.28
1.00	1.00	1.00	1.00							

Елемент 6										
Елемент N = 6 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5423 Модуль армування: Оболонка										



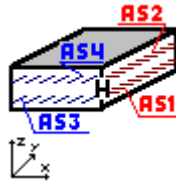
Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури Y - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx,Ny,Txy - т/м2; Mx,My,Mxy - (т*м)/м; Qx,Qy - т/м.										
Елемент: 6 Зусилля або РСН										
1	A1		-0.494	-42.190	-18.833	-0.050	-0.024	-0.026	-0.159	-0.032
2	A1		-0.494	-42.190	-18.833	-0.050	-0.024	-0.026	-0.159	-0.032
3	A1		-0.609	-55.444	-17.064	-0.057	-0.022	-0.034	-0.268	-0.039
4	A1		-0.494	-42.190	-18.833	-0.050	-0.024	-0.026	-0.159	-0.032
5	A1		-0.498	-41.519	-22.977	-0.054	-0.029	-0.027	-0.114	-0.039
6	A1		-0.508	-45.251	-17.740	-0.051	-0.024	-0.026	-0.161	-0.033
7	B1		-0.650	-44.684	-24.189	-0.058	-0.030	-0.025	-0.095	-0.049
8	B1		-0.755	-58.513	-24.807	-0.069	-0.032	-0.032	-0.162	-0.060

Нормативні значення										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx,Ny,Txy - т/м2; Mx,My,Mxy - (т*м)/м; Qx,Qy - т/м.										
Елемент: 6 Зусилля або РСН										
1	A2		-0.449	-38.355	-17.121	-0.045	-0.022	-0.024	-0.144	-0.029
2	A2		-0.449	-38.355	-17.121	-0.045	-0.022	-0.024	-0.144	-0.029
3	B2		-0.545	-49.399	-15.647	-0.052	-0.020	-0.031	-0.235	-0.035
4	A2		-0.449	-38.355	-17.121	-0.045	-0.022	-0.024	-0.144	-0.029
5	B2		-0.453	-37.796	-20.574	-0.049	-0.026	-0.024	-0.107	-0.035
6	B2		-0.459	-40.541	-16.340	-0.046	-0.021	-0.024	-0.146	-0.030
7	C2		-0.478	-38.814	-18.108	-0.047	-0.023	-0.024	-0.132	-0.032
8	C2		-0.574	-50.172	-19.087	-0.056	-0.025	-0.030	-0.184	-0.043

АРМАТУРА Підбір арматури										
AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.
1.60	1.80	1.00	1.00	0.17	0.10	0.27		-		0.28
1.00	1.00	1.00	1.00							

Елемент 7
Елемент N = 7 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5424 Модуль армування: Оболонка



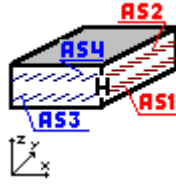
Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури Y - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 7 Зусилля або РСН										
1	A1		0.613	-63.584	-11.795	-0.004	-0.025	-0.057	-0.031	0.076
2	A1		0.613	-63.584	-11.795	-0.004	-0.025	-0.057	-0.031	0.076
3	A1		0.609	-80.333	-11.447	-0.004	-0.024	-0.072	-0.042	0.087
4	A1		0.613	-63.584	-11.795	-0.004	-0.025	-0.057	-0.031	0.076
5	A1		0.738	-65.436	-13.851	-0.005	-0.030	-0.061	-0.031	0.086
6	A1		0.613	-67.526	-11.396	-0.004	-0.024	-0.056	-0.030	0.075
7	B1		0.901	-69.215	-16.989	-0.006	-0.030	-0.056	-0.024	0.077
8	B1		0.982	-88.940	-17.649	-0.008	-0.033	-0.073	-0.034	0.094

Нормативні значення										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 7 Зусилля або РСН										
1	A2		0.557	-57.804	-10.722	-0.004	-0.023	-0.051	-0.028	0.070
2	A2		0.557	-57.804	-10.722	-0.004	-0.023	-0.051	-0.028	0.070
3	B2		0.554	-71.761	-10.433	-0.004	-0.022	-0.064	-0.037	0.078
4	A2		0.557	-57.804	-10.722	-0.004	-0.023	-0.051	-0.028	0.070
5	B2		0.662	-59.347	-12.436	-0.005	-0.027	-0.055	-0.028	0.078
6	B2		0.557	-60.619	-10.438	-0.004	-0.022	-0.051	-0.027	0.069
7	C2		0.610	-58.841	-11.679	-0.004	-0.024	-0.051	-0.027	0.070
8	C2		0.696	-75.222	-12.609	-0.005	-0.026	-0.065	-0.035	0.084

АРМАТУРА Підбір арматури										
AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.
1.00	1.20	1.00	1.00	0.11	0.10	0.21		-		0.30
1.00	1.00	1.00	1.00							

Елемент 8										
Елемент N = 8 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5425 Модуль армування: Оболонка										



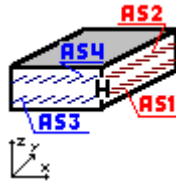
Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури Y - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 8 Зусилля або РСН										
1	A1		-0.916	-41.675	-16.286	-0.074	-0.023	-0.021	0.218	-0.028
2	A1		-0.916	-41.675	-16.286	-0.074	-0.023	-0.021	0.218	-0.028
3	A1		-0.938	-54.129	-14.332	-0.085	-0.026	-0.029	0.289	-0.044
4	A1		-0.916	-41.675	-16.286	-0.074	-0.023	-0.021	0.218	-0.028
5	A1		-1.104	-41.689	-19.973	-0.083	-0.026	-0.020	0.233	-0.029
6	A1		-0.922	-44.487	-15.165	-0.075	-0.024	-0.020	0.230	-0.028
7	B1		-1.309	-42.658	-20.240	-0.087	-0.029	-0.019	0.232	-0.024
8	B1		-1.464	-56.312	-20.396	-0.105	-0.033	-0.026	0.318	-0.040

Нормативні значення										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 8 Зусилля або РСН										
1	A2		-0.833	-37.886	-14.805	-0.067	-0.021	-0.019	0.199	-0.025
2	A2		-0.833	-37.886	-14.805	-0.067	-0.021	-0.019	0.199	-0.025
3	B2		-0.851	-48.265	-13.177	-0.077	-0.023	-0.026	0.258	-0.039
4	A2		-0.833	-37.886	-14.805	-0.067	-0.021	-0.019	0.199	-0.025
5	B2		-0.990	-37.898	-17.878	-0.075	-0.024	-0.018	0.211	-0.026
6	B2		-0.837	-39.895	-14.005	-0.068	-0.021	-0.019	0.207	-0.025
7	C2		-0.905	-38.068	-15.534	-0.069	-0.022	-0.018	0.201	-0.024
8	C2		-1.059	-49.208	-16.041	-0.086	-0.026	-0.024	0.273	-0.038

АРМАТУРА Підбір арматури										
AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.
1.40	1.60	1.00	1.00	0.15	0.10	0.25		-		0.26
1.00	1.00	1.00	1.00							

Елемент 9										
Елемент N = 9 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5426 Модуль армування: Оболонка										



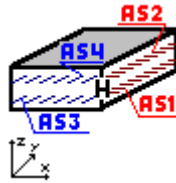
Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури Y - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx,Ny,Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx,My,Mxy - (т*м)/м; Qx,Qy - т/м.										
Елемент: 9 Зусилля або РСН										
1	A1		-6.533	-76.792	-15.057	-0.030	0.001	-0.063	0.100	0.164
2	A1		-6.533	-76.792	-15.057	-0.030	0.001	-0.063	0.100	0.164
3	A1		-6.922	-93.182	-14.953	-0.037	0.003	-0.080	0.117	0.188
4	A1		-6.533	-76.792	-15.057	-0.030	0.001	-0.063	0.100	0.164
5	A1		-7.671	-81.256	-17.618	-0.034	0.001	-0.067	0.110	0.188
6	A1		-6.616	-80.287	-14.701	-0.031	0.001	-0.063	0.099	0.164
7	B1		-9.312	-88.404	-21.556	-0.033	-0.002	-0.063	0.106	0.175
8	B1		-10.483	-109.157	-22.797	-0.044	-0.001	-0.081	0.129	0.217

Нормативні значення										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx,Ny,Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx,My,Mxy - (т*м)/м; Qx,Qy - т/м.										
Елемент: 9 Зусилля або РСН										
1	A2		-5.939	-69.811	-13.688	-0.027	0.001	-0.057	0.091	0.149
2	A2		-5.939	-69.811	-13.688	-0.027	0.001	-0.057	0.091	0.149
3	B2		-6.263	-83.469	-13.602	-0.034	0.002	-0.071	0.105	0.169
4	A2		-5.939	-69.811	-13.688	-0.027	0.001	-0.057	0.091	0.149
5	B2		-6.887	-73.531	-15.822	-0.031	0.001	-0.061	0.099	0.169
6	B2		-5.998	-72.308	-13.434	-0.028	0.001	-0.057	0.091	0.149
7	C2		-6.451	-71.950	-14.886	-0.028	0.000	-0.057	0.092	0.151
8	C2		-7.598	-89.623	-16.379	-0.037	0.002	-0.073	0.112	0.186

АРМАТУРА Підбір арматури											
AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.	
1.00	1.00	1.00	1.00	0.10	0.10	0.20		-		0.21	
1.00	1.00	1.00	1.00								

Елемент 10
Елемент N = 10 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5427 Модуль армування: Оболонка



Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індeksi матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури Y - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

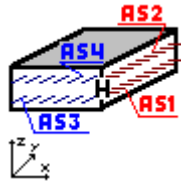
ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx,Ny,Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx,My,Mxy - (т*м)/м; Qx,Qy - т/м.										
Елемент: 10 Зусилля або РСН										
1	A1		-1.096	-46.145	-12.487	-0.077	-0.013	-0.017	0.511	0.061
2	A1		-1.096	-46.145	-12.487	-0.077	-0.013	-0.017	0.511	0.061
3	A1		-1.205	-59.080	-10.964	-0.091	-0.018	-0.022	0.706	0.067
4	A1		-1.096	-46.145	-12.487	-0.077	-0.013	-0.017	0.511	0.061
5	A1		-1.351	-47.035	-15.020	-0.089	-0.013	-0.018	0.508	0.066
6	A1		-1.121	-48.945	-11.433	-0.078	-0.014	-0.017	0.523	0.061
7	B1		-1.457	-46.891	-14.419	-0.088	-0.017	-0.018	0.481	0.072
8	B1		-1.770	-61.779	-14.187	-0.111	-0.020	-0.022	0.666	0.080

Нормативні значення										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx,Ny,Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx,My,Mxy - (т*м)/м; Qx,Qy - т/м.										
Елемент: 10 Зусилля або РСН										
1	A2		-0.997	-41.950	-11.352	-0.070	-0.012	-0.016	0.465	0.056
2	A2		-0.997	-41.950	-11.352	-0.070	-0.012	-0.016	0.465	0.056
3	B2		-1.087	-52.729	-10.083	-0.081	-0.016	-0.019	0.627	0.060
4	A2		-0.997	-41.950	-11.352	-0.070	-0.012	-0.016	0.465	0.056
5	B2		-1.209	-42.691	-13.463	-0.080	-0.012	-0.016	0.462	0.059
6	B2		-1.014	-43.950	-10.599	-0.071	-0.012	-0.015	0.473	0.056
7	C2		-1.063	-42.087	-11.707	-0.072	-0.013	-0.016	0.459	0.058
8	C2		-1.345	-54.242	-11.753	-0.092	-0.016	-0.019	0.610	0.065

АРМАТУРА Підбір арматури											
AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.	
1.00	1.20	1.00	1.00	0.11	0.10	0.21		-		0.30	
1.00	1.00	1.00	1.00								

Результат підбору арматури для монолітних стін в осях Г-В-4 другого поверху  
(приведені результати армування для 10 елементів стіни)

ЛАРМ-САПР 2024 - локальний режим армування  
Проект - Го-Сапф\_5559  
Проект ЛІРА-САПР: Го-Сапф  
ДБН В.2.6.-98:2009

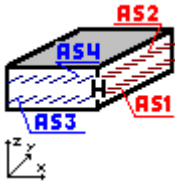
<b>Елемент 1</b>	
Елемент N = 1 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5559 Модуль армування: Оболонка	
	
Товщина пластини - 20.0 ( см ) Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см ) Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см ) Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1 Розрахунок по теорії Вуда Клас бетону - C20/25 Клас поздовжньої арматури X - A400C Клас поздовжньої арматури X - A400C Клас поперечної арматури - A240C Максимальний діаметр 32.00 мм	

<b>ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))</b>										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м2; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 1 Зусилля або РСН										
1	A1		-9.982	-49.911	31.906	-0.006	-0.034	0.009	1.814	0.497
2	A1		-9.982	-49.911	31.906	-0.006	-0.034	0.009	1.814	0.497
3	A1		-12.883	-64.417	41.938	-0.006	-0.025	0.009	1.720	0.420
4	A1		-9.982	-49.911	31.906	-0.006	-0.034	0.009	1.814	0.497
5	A1		-11.018	-55.091	38.254	-0.007	-0.038	0.010	2.084	0.567
6	A1		-11.017	-55.084	31.998	-0.006	-0.031	0.008	1.712	0.462
7	B1		-9.661	-48.304	34.199	-0.007	-0.036	0.009	1.983	0.536
8	B1		-14.168	-70.839	48.794	-0.007	-0.030	0.010	2.032	0.493

<b>Нормативні значення</b>										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м2; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 1 Зусилля або РСН										
1	A2		-9.075	-45.373	29.006	-0.005	-0.031	0.008	1.649	0.452
2	A2		-9.075	-45.373	29.006	-0.005	-0.031	0.008	1.649	0.452
3	B2		-11.492	-57.462	37.365	-0.005	-0.023	0.008	1.570	0.387
4	A2		-9.075	-45.373	29.006	-0.005	-0.031	0.008	1.649	0.452
5	B2		-9.938	-49.690	34.296	-0.006	-0.034	0.009	1.874	0.510
6	B2		-9.814	-49.069	29.071	-0.005	-0.028	0.007	1.576	0.427
7	C2		-9.015	-45.077	29.428	-0.005	-0.031	0.008	1.680	0.459

8	C2	-12.640	-63.198	41.729	-0.006	-0.026	0.009	1.743	0.429
---	----	---------	---------	--------	--------	--------	-------	-------	-------

АРМАТУРА Підбір арматури										
AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	Т.нетрив.	Т.трив.
1.80	1.80	1.00	1.00	0.18	0.10	0.28		-		0.30
1.00	1.00	1.00	1.00							

Елемент 2
<p>Елемент N = 2  Елемент в ЛІРА-САПР N = 5560  Модуль армування: Оболонка</p>  <p>Товщина пластини - 20.0 ( см )  Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  Індекси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  Розрахунок по теорії Вуда  Клас бетону - C20/25  Клас поздовжньої арматури X - A400C  Клас поздовжньої арматури X - A400C  Клас поперечної арматури - A240C  Максимальний діаметр 32.00 мм</p>

ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м2; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 2 Зусилля або РСН										
1	A1		5.685	-86.210	-16.488	-0.001	-0.021	0.026	0.067	-0.016
2	A1		5.685	-86.210	-16.488	-0.001	-0.021	0.026	0.067	-0.016
3	A1		7.410	-108.904	-16.711	0.000	-0.017	0.029	0.094	-0.048
4	A1		5.685	-86.210	-16.488	-0.001	-0.021	0.026	0.067	-0.016
5	A1		6.956	-99.191	-20.502	-0.005	-0.018	0.022	0.112	-0.023
6	A1		5.272	-91.014	-16.175	-0.001	-0.019	0.026	0.073	-0.020
7	B1		5.217	-84.601	-12.643	0.000	-0.022	0.026	0.056	-0.020
8	B1		7.589	-121.194	-16.560	-0.003	-0.015	0.024	0.126	-0.059

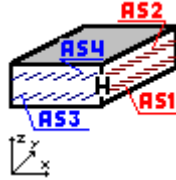
Нормативні значення										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м2; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 2 Зусилля або РСН										
1	A2		5.168	-78.372	-14.989	-0.001	-0.019	0.024	0.061	-0.014
2	A2		5.168	-78.372	-14.989	-0.001	-0.019	0.024	0.061	-0.014
3	B2		6.606	-97.284	-15.175	0.000	-0.016	0.026	0.083	-0.041
4	A2		5.168	-78.372	-14.989	-0.001	-0.019	0.024	0.061	-0.014
5	B2		6.227	-89.190	-18.334	-0.005	-0.016	0.020	0.098	-0.020
6	B2		4.873	-81.804	-14.765	-0.001	-0.018	0.024	0.065	-0.017
7	C2		5.082	-78.076	-14.281	-0.001	-0.019	0.024	0.059	-0.015
8	C2		7.072	-107.951	-17.328	-0.003	-0.013	0.022	0.116	-0.047

АРМАТУРА Підбір арматури										
--------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	Т.нетрив.	Т.трив.
1.60	1.60	1.00	1.00	0.16	0.10	0.26		-		0.28
1.00	1.00	1.00	1.00							

### Елемент 3

Елемент N = 3  
Елемент в ЛІРА-САПР N = 5561  
Модуль армування: Оболонка



Товщина пластини - 20.0 ( см )  
Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
Індекси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
Розрахунок по теорії Вуда  
Клас бетону - C20/25  
Клас поздовжньої арматури X - A400C  
Клас поздовжньої арматури X - A400C  
Клас поперечної арматури - A240C  
Максимальний діаметр 32.00 мм

### ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))

No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 3 Зусилля або РСН										
1	A1		16.273	-57.698	-0.989	0.011	-0.011	0.007	-0.024	0.026
2	A1		16.273	-57.698	-0.989	0.011	-0.011	0.007	-0.024	0.026
3	A1		20.918	-74.607	3.297	0.014	-0.014	0.005	-0.013	0.028
4	A1		16.273	-57.698	-0.989	0.011	-0.011	0.007	-0.024	0.026
5	A1		19.706	-64.741	-1.820	0.003	-0.011	0.009	0.007	0.027
6	A1		16.175	-62.606	-0.535	0.011	-0.011	0.006	-0.020	0.026
7	B1		16.658	-56.781	3.910	0.012	-0.011	0.008	-0.021	0.027
8	B1		23.802	-82.846	6.936	0.006	-0.014	0.008	0.019	0.029

### Нормативні значення

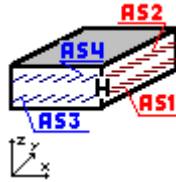
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 3 Зусилля або РСН										
1	A2		14.794	-52.453	-0.899	0.010	-0.010	0.006	-0.021	0.024
2	A2		14.794	-52.453	-0.899	0.010	-0.010	0.006	-0.021	0.024
3	B2		18.664	-66.544	2.672	0.012	-0.012	0.005	-0.012	0.025
4	A2		14.794	-52.453	-0.899	0.010	-0.010	0.006	-0.021	0.024
5	B2		17.655	-58.322	-1.592	0.003	-0.010	0.008	0.004	0.024
6	B2		14.723	-55.959	-0.575	0.010	-0.010	0.006	-0.019	0.024
7	C2		14.864	-52.284	0.004	0.010	-0.010	0.007	-0.021	0.024
8	C2		20.853	-73.419	2.795	0.006	-0.012	0.006	0.012	0.025

### АРМАТУРА Підбір арматури

AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	Т.нетрив.	Т.трив.
3.20	1.80	1.00	1.00	0.25	0.10	0.35		-		0.29
1.00	1.00	1.00	1.00							

**Елемент 4**

Елемент N = 4  
 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5562  
 Модуль армування: Оболонка



Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

**ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))**

No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м2; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 4 Зусилля або РСН										
1	A1		-1.355	-62.583	-24.350	-0.006	-0.068	0.027	-0.151	-0.034
2	A1		-1.355	-62.583	-24.350	-0.006	-0.068	0.027	-0.151	-0.034
3	A1		-1.832	-79.760	-25.741	-0.004	-0.078	0.030	-0.194	-0.051
4	A1		-1.355	-62.583	-24.350	-0.006	-0.068	0.027	-0.151	-0.034
5	A1		-1.447	-70.384	-30.289	0.003	-0.040	0.023	-0.093	-0.108
6	A1		-1.827	-66.936	-23.890	-0.005	-0.066	0.026	-0.152	-0.037
7	B1		-2.318	-62.158	-19.556	-0.006	-0.068	0.028	-0.149	-0.032
8	B1		-3.160	-88.600	-26.218	0.003	-0.052	0.028	-0.136	-0.117

**Нормативні значення**

No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м2; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 4 Зусилля або РСН										
1	A2		-1.232	-56.893	-22.136	-0.005	-0.062	0.024	-0.138	-0.031
2	A2		-1.232	-56.893	-22.136	-0.005	-0.062	0.024	-0.138	-0.031
3	B2		-1.629	-71.208	-23.296	-0.004	-0.071	0.027	-0.173	-0.045
4	A2		-1.232	-56.893	-22.136	-0.005	-0.062	0.024	-0.138	-0.031
5	B2		-1.309	-63.395	-27.085	0.002	-0.039	0.022	-0.089	-0.092
6	B2		-1.569	-60.003	-21.808	-0.004	-0.061	0.024	-0.138	-0.033
7	C2		-1.409	-56.815	-21.253	-0.005	-0.062	0.025	-0.137	-0.030
8	C2		-2.122	-78.356	-26.543	0.003	-0.048	0.024	-0.126	-0.101

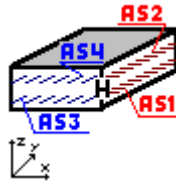
**АРМАТУРА Підбір арматури**

AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.
1.60	1.60	1.00	1.00	0.16	0.10	0.26		-		0.28
1.00	1.00	1.00	1.00							

**Елемент 5**

Елемент N = 5

Елемент в ЛІРА-САПР N = 5563  
Модуль армування: Оболонка



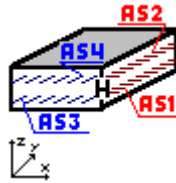
Товщина пластини - 20.0 ( см )  
Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
Індекси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
Розрахунок по теорії Вуда  
Клас бетону - C20/25  
Клас поздовжньої арматури X - A400C  
Клас поздовжньої арматури X - A400C  
Клас поперечної арматури - A240C  
Максимальний діаметр 32.00 мм

ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 5 Зусилля або РСН										
1	A1		5.240	-63.170	-15.265	0.000	-0.032	0.003	-0.027	0.058
2	A1		5.240	-63.170	-15.265	0.000	-0.032	0.003	-0.027	0.058
3	A1		6.672	-81.066	-14.144	0.003	-0.040	-0.000	-0.030	0.065
4	A1		5.240	-63.170	-15.265	0.000	-0.032	0.003	-0.027	0.058
5	A1		6.349	-71.397	-19.206	0.007	-0.025	0.007	-0.006	0.035
6	A1		4.989	-67.680	-14.745	0.001	-0.032	0.002	-0.026	0.057
7	B1		4.902	-62.951	-10.170	0.001	-0.033	0.004	-0.027	0.060
8	B1		6.996	-90.544	-12.751	0.009	-0.033	0.004	-0.011	0.042

Нормативні значення										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 5 Зусилля або РСН										
1	A2		4.764	-57.427	-13.877	0.000	-0.029	0.003	-0.024	0.053
2	A2		4.764	-57.427	-13.877	0.000	-0.029	0.003	-0.024	0.053
3	B2		5.957	-72.341	-12.943	0.002	-0.036		-0.027	0.058
4	A2		4.764	-57.427	-13.877	0.000	-0.029	0.003	-0.024	0.053
5	B2		5.688	-64.283	-17.161	0.006	-0.023	0.006	-0.007	0.033
6	B2		4.584	-60.649	-13.506	0.001	-0.029	0.002	-0.024	0.052
7	C2		4.701	-57.387	-12.939	0.000	-0.030	0.003	-0.024	0.053
8	C2		6.452	-79.883	-14.814	0.007	-0.030	0.003	-0.011	0.039

АРМАТУРА Підбір арматури										
AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.
2.60	1.40	1.00	1.00	0.20	0.10	0.30		-		0.28
1.00	1.00	1.00	1.00							

Елемент 6										
Елемент N = 6 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5564 Модуль армування: Оболонка										



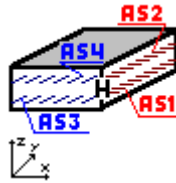
Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури Y - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx,Ny,Txy - т/м2; Mx,My,Mxy - (т*м)/м; Qx,Qy - т/м.										
Елемент: 6 Зусилля або РСН										
1	A1		4.375	-54.214	-7.544	0.000	-0.011	-0.005	-0.030	0.032
2	A1		4.375	-54.214	-7.544	0.000	-0.011	-0.005	-0.030	0.032
3	A1		5.452	-70.513	-4.329	0.002	-0.015	-0.009	-0.037	0.037
4	A1		4.375	-54.214	-7.544	0.000	-0.011	-0.005	-0.030	0.032
5	A1		5.361	-60.807	-9.879	0.004	-0.009	0.001	-0.020	0.026
6	A1		4.216	-58.803	-6.902	0.001	-0.011	-0.005	-0.030	0.031
7	B1		4.152	-54.126	-2.100	0.001	-0.010	-0.003	-0.031	0.034
8	B1		5.888	-78.867	-1.274	0.006	-0.012	-0.003	-0.028	0.033

Нормативні значення										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx,Ny,Txy - т/м2; Mx,My,Mxy - (т*м)/м; Qx,Qy - т/м.										
Елемент: 6 Зусилля або РСН										
1	A2		3.977	-49.286	-6.858	0.000	-0.010	-0.004	-0.027	0.029
2	A2		3.977	-49.286	-6.858	0.000	-0.010	-0.004	-0.027	0.029
3	B2		4.875	-62.868	-4.179	0.002	-0.013	-0.008	-0.033	0.033
4	A2		3.977	-49.286	-6.858	0.000	-0.010	-0.004	-0.027	0.029
5	B2		4.799	-54.780	-8.804	0.003	-0.008		-0.019	0.024
6	B2		3.864	-52.563	-6.399	0.001	-0.010	-0.005	-0.027	0.028
7	C2		3.936	-49.270	-5.855	0.000	-0.010	-0.004	-0.027	0.029
8	C2		5.385	-69.390	-4.883	0.005	-0.011	-0.004	-0.025	0.028

АРМАТУРА Підбір арматури										
AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.
1.80	1.00	1.00	1.00	0.14	0.10	0.24		-		0.29
1.00	1.00	1.00	1.00							

Елемент 7										
Елемент N = 7 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5565 Модуль армування: Оболонка										



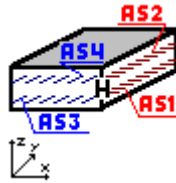
Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури Y - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 7 Зусилля або РСН										
1	A1		4.603	-53.331	-2.365	0.012	-0.002	-0.004	-0.026	0.016
2	A1		4.603	-53.331	-2.365	0.012	-0.002	-0.004	-0.026	0.016
3	A1		5.880	-70.006	1.747	0.016	-0.004	-0.009	-0.028	0.020
4	A1		4.603	-53.331	-2.365	0.012	-0.002	-0.004	-0.026	0.016
5	A1		5.576	-59.531	-3.492	0.009	-0.002	-0.000	-0.009	0.028
6	A1		4.591	-58.307	-1.757	0.013	-0.002	-0.005	-0.026	0.016
7	B1		4.615	-52.577	2.846	0.013	-0.001	-0.003	-0.026	0.020
8	B1		6.629	-77.720	5.558	0.014	-0.004	-0.004	-0.013	0.035

Нормативні значення										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 7 Зусилля або РСН										
1	A2		4.184	-48.482	-2.150	0.011	-0.002	-0.004	-0.024	0.014
2	A2		4.184	-48.482	-2.150	0.011	-0.002	-0.004	-0.024	0.014
3	B2		5.248	-62.379	1.277	0.014	-0.004	-0.008	-0.026	0.018
4	A2		4.184	-48.482	-2.150	0.011	-0.002	-0.004	-0.024	0.014
5	B2		4.995	-53.650	-3.090	0.009	-0.002	-0.001	-0.010	0.024
6	B2		4.176	-52.037	-1.716	0.012	-0.002	-0.004	-0.024	0.015
7	C2		4.186	-48.343	-1.190	0.011	-0.002	-0.003	-0.024	0.015
8	C2		5.867	-68.714	1.343	0.012	-0.004	-0.005	-0.013	0.028

АРМАТУРА Підбір арматури										
AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.
1.80	1.00	1.00	1.00	0.14	0.10	0.24		-		0.27
1.00	1.00	1.00	1.00							

Елемент 8										
Елемент N = 8 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5566 Модуль армування: Оболонка										



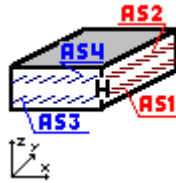
Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури Y - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx,Ny,Txy - т/м2; Mx,My,Mxy - (т*м)/м; Qx,Qy - т/м.										
Елемент: 8 Зусилля або РСН										
1	A1		-3.870	-48.669	-17.039	-0.042	-0.167	0.021	-0.199	0.271
2	A1		-3.870	-48.669	-17.039	-0.042	-0.167	0.021	-0.199	0.271
3	A1		-5.160	-61.921	-16.367	-0.050	-0.204	0.024	-0.249	0.331
4	A1		-3.870	-48.669	-17.039	-0.042	-0.167	0.021	-0.199	0.271
5	A1		-4.503	-53.699	-21.146	-0.027	-0.126	0.023	-0.204	0.159
6	A1		-4.350	-52.594	-16.458	-0.041	-0.166	0.021	-0.199	0.269
7	B1		-4.961	-48.752	-11.902	-0.042	-0.166	0.023	-0.198	0.268
8	B1		-7.014	-68.731	-14.984	-0.036	-0.162	0.026	-0.248	0.220

Нормативні значення										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx,Ny,Txy - т/м2; Mx,My,Mxy - (т*м)/м; Qx,Qy - т/м.										
Елемент: 8 Зусилля або РСН										
1	A2		-3.518	-44.244	-15.490	-0.038	-0.152	0.019	-0.181	0.246
2	A2		-3.518	-44.244	-15.490	-0.038	-0.152	0.019	-0.181	0.246
3	B2		-4.593	-55.287	-14.930	-0.045	-0.183	0.022	-0.223	0.297
4	A2		-3.518	-44.244	-15.490	-0.038	-0.152	0.019	-0.181	0.246
5	B2		-4.046	-48.436	-18.912	-0.026	-0.118	0.020	-0.185	0.153
6	B2		-3.861	-47.048	-15.075	-0.038	-0.151	0.019	-0.181	0.245
7	C2		-3.719	-44.259	-14.544	-0.038	-0.152	0.020	-0.181	0.246
8	C2		-5.450	-60.493	-16.841	-0.033	-0.148	0.022	-0.222	0.205

АРМАТУРА Підбір арматури										
AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.
1.00	1.00	1.00	1.20	0.10	0.11	0.21				0.29
1.00	1.00	1.00	1.00							

Елемент 9										
Елемент N = 9 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5567 Модуль армування: Оболонка										



Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури Y - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

### ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))

No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 9 Зусилля або РСН										
1	A1		-1.063	-51.254	-16.230	-0.031	-0.049	-0.004	-0.005	0.146
2	A1		-1.063	-51.254	-16.230	-0.031	-0.049	-0.004	-0.005	0.146
3	A1		-1.446	-65.757	-15.151	-0.037	-0.061	-0.009	-0.007	0.177
4	A1		-1.063	-51.254	-16.230	-0.031	-0.049	-0.004	-0.005	0.146
5	A1		-1.254	-57.297	-20.271	-0.018	-0.038	-0.002	-0.005	0.109
6	A1		-1.399	-55.301	-15.627	-0.030	-0.049	-0.005	-0.005	0.145
7	B1		-1.723	-51.577	-10.924	-0.031	-0.049	-0.003	-0.006	0.146
8	B1		-2.476	-73.679	-13.577	-0.024	-0.050	-0.005	-0.007	0.140

### Нормативні значення

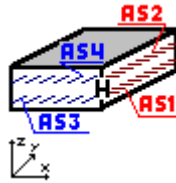
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 9 Зусилля або РСН										
1	A2		-0.966	-46.594	-14.755	-0.028	-0.044	-0.004	-0.005	0.133
2	A2		-0.966	-46.594	-14.755	-0.028	-0.044	-0.004	-0.005	0.133
3	B2		-1.285	-58.680	-13.856	-0.033	-0.054	-0.008	-0.006	0.159
4	A2		-0.966	-46.594	-14.755	-0.028	-0.044	-0.004	-0.005	0.133
5	B2		-1.125	-51.630	-18.122	-0.018	-0.035	-0.002	-0.004	0.102
6	B2		-1.206	-49.486	-14.324	-0.028	-0.044	-0.004	-0.005	0.132
7	C2		-1.087	-46.654	-13.777	-0.028	-0.045	-0.004	-0.005	0.133
8	C2		-1.722	-64.660	-15.708	-0.023	-0.045	-0.006	-0.006	0.128

### АРМАТУРА Підбір арматури

AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.
1.20	1.20	1.00	1.00	0.12	0.10	0.22		-		0.28
1.00	1.00	1.00	1.00							

### Елемент 10

Елемент N = 10  
 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5568  
 Модуль армування: Оболонка



Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури Y - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

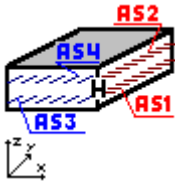
ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx,Ny,Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx,My,Mxy - (т*м)/м; Qx,Qy - т/м.										
Елемент: 10 Зусилля або РСН										
1	A1		-0.061	-50.250	-12.411	-0.019	-0.012	0.001	-0.039	0.032
2	A1		-0.061	-50.250	-12.411	-0.019	-0.012	0.001	-0.039	0.032
3	A1		-0.235	-64.988	-10.219	-0.022	-0.015	-0.003	-0.050	0.039
4	A1		-0.061	-50.250	-12.411	-0.019	-0.012	0.001	-0.039	0.032
5	A1		0.113	-56.335	-15.790	-0.012	-0.010	0.003	-0.039	0.026
6	A1		-0.335	-54.376	-11.738	-0.018	-0.012		-0.039	0.032
7	B1		-0.584	-50.650	-6.872	-0.018	-0.012	0.002	-0.040	0.034
8	B1		-0.778	-73.064	-7.890	-0.015	-0.013	0.000	-0.050	0.034

Нормативні значення										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx,Ny,Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx,My,Mxy - (т*м)/м; Qx,Qy - т/м.										
Елемент: 10 Зусилля або РСН										
1	A2		-0.056	-45.682	-11.282	-0.017	-0.011	0.001	-0.035	0.029
2	A2		-0.056	-45.682	-11.282	-0.017	-0.011	0.001	-0.035	0.029
3	B2		-0.201	-57.963	-9.456	-0.019	-0.014	-0.002	-0.044	0.035
4	A2		-0.056	-45.682	-11.282	-0.017	-0.011	0.001	-0.035	0.029
5	B2		0.090	-50.753	-14.099	-0.011	-0.009	0.002	-0.036	0.024
6	B2		-0.252	-48.629	-10.802	-0.017	-0.011	0.000	-0.036	0.029
7	C2		-0.152	-45.755	-10.262	-0.017	-0.011	0.001	-0.035	0.029
8	C2		-0.318	-64.018	-10.823	-0.014	-0.012	-0.001	-0.044	0.030

АРМАТУРА Підбір арматури										
AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	Т.нетрив.	Т.трив.
1.00	1.00	1.00	1.00	0.10	0.10	0.20		-		0.28
1.00	1.00	1.00	1.00							

Результат підбору арматури для монолітних стін в осях В-5-6 другого поверху  
(приведені результати армування для 10 елементів стіни)

ЛАРМ-САПР 2024 - локальний режим армування  
Проект - Го-Сапф\_5341  
Проект ЛІРА-САПР: Го-Сапф  
ДБН В.2.6.-98:2009

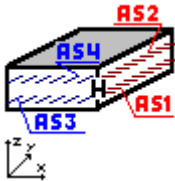
<b>Елемент 1</b>	
<p>Елемент N = 1 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5341 Модуль армування: Оболонка</p>	
	
<p>Товщина пластини - 20.0 ( см ) Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см ) Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см ) Індекси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1 Розрахунок по теорії Вуда Клас бетону - C20/25 Клас поздовжньої арматури X - A400C Клас поздовжньої арматури X - A400C Клас поперечної арматури - A240C Максимальний діаметр 32.00 мм</p>	

<b>ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))</b>										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м2; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 1 Зусилля або РСН										
1	A1		2.085	-78.023	6.369	0.031	-0.288	0.225	0.026	-0.466
2	A1		2.085	-78.023	6.369	0.031	-0.288	0.225	0.026	-0.466
3	A1		0.491	-86.900	2.733	0.037	-0.353	0.280	0.036	-0.590
4	A1		2.085	-78.023	6.369	0.031	-0.288	0.225	0.026	-0.466
5	A1		1.722	-86.926	6.759	0.059	-0.219	0.293	0.019	-0.708
6	A1		1.715	-82.296	5.500	0.033	-0.276	0.232	0.034	-0.480
7	B1		1.870	-76.611	5.973	0.027	-0.314	0.224	0.025	-0.455
8	B1		-0.202	-96.598	2.309	0.061	-0.297	0.341	0.036	-0.797

<b>Нормативні значення</b>										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м2; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 1 Зусилля або РСН										
1	A2		1.895	-70.930	5.790	0.028	-0.262	0.205	0.023	-0.424
2	A2		1.895	-70.930	5.790	0.028	-0.262	0.205	0.023	-0.424
3	B2		0.567	-78.327	2.760	0.033	-0.316	0.251	0.032	-0.527
4	A2		1.895	-70.930	5.790	0.028	-0.262	0.205	0.023	-0.424
5	B2		1.593	-78.349	6.115	0.051	-0.204	0.261	0.018	-0.625
6	B2		1.631	-73.982	5.169	0.030	-0.253	0.210	0.029	-0.434
7	C2		1.856	-70.670	5.717	0.027	-0.267	0.205	0.023	-0.421

8	C2	0.155	-86.776	2.731	0.055	-0.256	0.301	0.032	-0.705
---	----	-------	---------	-------	-------	--------	-------	-------	--------

АРМАТУРА Підбір арматури										
AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	Т.нетрив.	Т.трив.
1.60	1.40	1.00	2.00	0.15	0.15	0.30	-	-	-	0.30
1.00	1.00	1.00	1.00							

Елемент 2	
<p>Елемент N = 2  Елемент в ЛІРА-САПР N = 5342  Модуль армування: Оболонка</p>	
	
<p>Товщина пластини - 20.0 ( см )  Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  Індекси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  Розрахунок по теорії Вуда  Клас бетону - C20/25  Клас поздовжньої арматури X - A400C  Клас поздовжньої арматури X - A400C  Клас поперечної арматури - A240C  Максимальний діаметр 32.00 мм</p>	

ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м2; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 2 Зусилля або РСН										
1	A1		10.652	-77.097	10.238	-0.084	-0.403	0.280	-2.776	-0.537
2	A1		10.652	-77.097	10.238	-0.084	-0.403	0.280	-2.776	-0.537
3	A1		5.422	-94.994	13.298	-0.111	-0.495	0.351	-3.330	-0.685
4	A1		10.652	-77.097	10.238	-0.084	-0.403	0.280	-2.776	-0.537
5	A1		9.830	-84.539	13.003	-0.088	-0.380	0.361	-3.755	-0.708
6	A1		9.495	-82.395	10.283	-0.081	-0.388	0.285	-2.798	-0.573
7	B1		9.745	-76.219	10.525	-0.094	-0.432	0.284	-2.705	-0.521
8	B1		3.347	-103.878	15.781	-0.118	-0.477	0.424	-4.113	-0.842

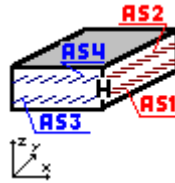
Нормативні значення										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м2; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 2 Зусилля або РСН										
1	A2		9.684	-70.089	9.307	-0.076	-0.366	0.255	-2.523	-0.488
2	A2		9.684	-70.089	9.307	-0.076	-0.366	0.255	-2.523	-0.488
3	B2		5.325	-85.002	11.857	-0.098	-0.443	0.314	-2.985	-0.612
4	A2		9.684	-70.089	9.307	-0.076	-0.366	0.255	-2.523	-0.488
5	B2		8.999	-76.290	11.611	-0.080	-0.348	0.322	-3.339	-0.631
6	B2		8.857	-73.872	9.340	-0.074	-0.356	0.259	-2.540	-0.514
7	C2		9.517	-69.927	9.360	-0.078	-0.372	0.255	-2.510	-0.485
8	C2		4.250	-92.351	13.753	-0.099	-0.413	0.372	-3.676	-0.748

АРМАТУРА Підбір арматури										
--------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	Т.нетрив.	Т.трив.
2.00	2.40	1.40	2.20	0.22	0.18	0.40		-		0.29
1.00	1.00	1.40	1.40							

### Елемент 3

Елемент N = 3  
Елемент в ЛІРА-САПР N = 5343  
Модуль армування: Оболонка



Товщина пластини - 20.0 ( см )  
Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
Індекси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
Розрахунок по теорії Вуда  
Клас бетону - C20/25  
Клас поздовжньої арматури X - A400C  
Клас поздовжньої арматури X - A400C  
Клас поперечної арматури - A240C  
Максимальний діаметр 32.00 мм

### ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))

No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м2; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 3 Зусилля або РСН										
1	A1		4.279	-80.600	-1.487	0.068	-0.480	0.013	-0.043	-0.169
2	A1		4.279	-80.600	-1.487	0.068	-0.480	0.013	-0.043	-0.169
3	A1		1.420	-89.714	-1.244	0.081	-0.604	0.022	-0.065	-0.246
4	A1		4.279	-80.600	-1.487	0.068	-0.480	0.013	-0.043	-0.169
5	A1		4.871	-90.030	-1.495	0.088	-0.495	0.009	-0.069	-0.242
6	A1		3.707	-84.558	-1.596	0.069	-0.478	0.017	-0.046	-0.196
7	B1		4.029	-79.166	-1.417	0.066	-0.504	0.014	-0.046	-0.163
8	B1		1.498	-99.561	-1.312	0.098	-0.625	0.024	-0.092	-0.324

### Нормативні значення

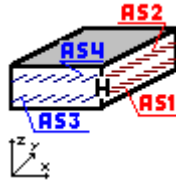
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м2; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 3 Зусилля або РСН										
1	A2		3.890	-73.273	-1.352	0.061	-0.436	0.011	-0.039	-0.153
2	A2		3.890	-73.273	-1.352	0.061	-0.436	0.011	-0.039	-0.153
3	B2		1.507	-80.868	-1.149	0.073	-0.540	0.019	-0.058	-0.218
4	A2		3.890	-73.273	-1.352	0.061	-0.436	0.011	-0.039	-0.153
5	B2		4.384	-81.131	-1.359	0.078	-0.449	0.009	-0.060	-0.215
6	B2		3.482	-76.100	-1.430	0.062	-0.435	0.015	-0.041	-0.173
7	C2		3.844	-73.009	-1.339	0.061	-0.441	0.012	-0.040	-0.152
8	C2		1.780	-89.487	-1.235	0.088	-0.543	0.019	-0.077	-0.283

### АРМАТУРА Підбір арматури

AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	Т.нетрив.	Т.трив.
1.80	1.00	1.00	2.00	0.14	0.15	0.29		-		0.29
1.00	1.00	1.00	1.00							

**Елемент 4**

Елемент N = 4  
 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5344  
 Модуль армування: Оболонка



Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

**ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))**

No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м2; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 4 Зусилля або РСН										
1	A1		6.532	-49.203	-2.398	0.014	-0.646	0.274	-0.178	0.353
2	A1		6.532	-49.203	-2.398	0.014	-0.646	0.274	-0.178	0.353
3	A1		2.145	-70.498	-2.784	0.018	-0.790	0.345	-0.219	0.412
4	A1		6.532	-49.203	-2.398	0.014	-0.646	0.274	-0.178	0.353
5	A1		6.894	-53.223	-2.425	0.020	-0.702	0.333	-0.252	0.476
6	A1		5.447	-54.561	-2.234	0.015	-0.633	0.278	-0.179	0.339
7	B1		6.210	-49.165	-2.380	0.014	-0.672	0.280	-0.180	0.352
8	B1		1.644	-76.775	-2.605	0.025	-0.837	0.400	-0.283	0.505

**Нормативні значення**

No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м2; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 4 Зусилля або РСН										
1	A2		5.938	-44.730	-2.180	0.013	-0.587	0.249	-0.162	0.321
2	A2		5.938	-44.730	-2.180	0.013	-0.587	0.249	-0.162	0.321
3	B2		2.283	-62.476	-2.502	0.016	-0.707	0.308	-0.196	0.370
4	A2		5.938	-44.730	-2.180	0.013	-0.587	0.249	-0.162	0.321
5	B2		6.240	-48.080	-2.203	0.018	-0.634	0.298	-0.224	0.424
6	B2		5.164	-48.557	-2.063	0.014	-0.578	0.252	-0.163	0.311
7	C2		5.879	-44.723	-2.177	0.013	-0.592	0.250	-0.163	0.320
8	C2		2.169	-67.155	-2.381	0.021	-0.733	0.350	-0.248	0.449

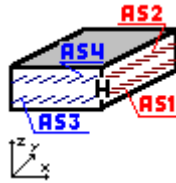
**АРМАТУРА Підбір арматури**

AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.
1.60	1.80	1.80	2.60	0.17	0.22	0.39		-		0.29
1.00	1.00	1.80	1.80							

**Елемент 5**

Елемент N = 5

Елемент в ЛІРА-САПР N = 5345  
Модуль армування: Оболонка



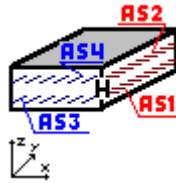
Товщина пластини - 20.0 ( см )  
Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
Індекси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
Розрахунок по теорії Вуда  
Клас бетону - C20/25  
Клас поздовжньої арматури X - A400C  
Клас поздовжньої арматури X - A400C  
Клас поперечної арматури - A240C  
Максимальний діаметр 32.00 мм

ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м2; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 5 Зусилля або РСН										
1	A1		16.432	-71.440	6.732	0.141	-0.512	0.057	0.885	0.198
2	A1		16.432	-71.440	6.732	0.141	-0.512	0.057	0.885	0.198
3	A1		6.319	-94.476	12.015	0.171	-0.642	0.081	1.093	0.213
4	A1		16.432	-71.440	6.732	0.141	-0.512	0.057	0.885	0.198
5	A1		21.001	-78.336	7.068	0.170	-0.536	0.060	1.033	0.183
6	A1		14.216	-77.962	7.949	0.140	-0.510	0.063	0.882	0.178
7	B1		15.843	-70.930	6.800	0.143	-0.535	0.061	0.905	0.206
8	B1		8.917	-103.790	12.946	0.196	-0.671	0.091	1.221	0.187

Нормативні значення										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м2; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 5 Зусилля або РСН										
1	A2		14.938	-64.945	6.120	0.128	-0.465	0.052	0.804	0.180
2	A2		14.938	-64.945	6.120	0.128	-0.465	0.052	0.804	0.180
3	B2		6.511	-84.142	10.523	0.153	-0.574	0.072	0.978	0.193
4	A2		14.938	-64.945	6.120	0.128	-0.465	0.052	0.804	0.180
5	B2		18.746	-70.692	6.400	0.152	-0.486	0.054	0.928	0.168
6	B2		13.356	-69.604	6.989	0.127	-0.464	0.056	0.802	0.166
7	C2		14.830	-64.851	6.133	0.128	-0.470	0.052	0.808	0.182
8	C2		9.258	-91.503	11.128	0.173	-0.584	0.077	1.074	0.169

АРМАТУРА Підбір арматури										
AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.
3.20	1.80	1.20	2.00	0.25	0.16	0.41		-		0.29
1.00	1.00	1.20	1.20							

Елемент 6										
Елемент N = 6 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5346 Модуль армування: Оболонка										



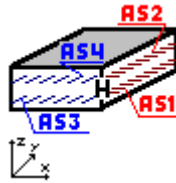
Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури Y - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 6 Зусилля або РСН										
1	A1		3.853	-78.806	-4.004	0.002	-0.673	-0.199	-0.417	1.499
2	A1		3.853	-78.806	-4.004	0.002	-0.673	-0.199	-0.417	1.499
3	A1		-1.061	-118.142	5.381	0.001	-0.856	-0.233	-0.524	1.812
4	A1		3.853	-78.806	-4.004	0.002	-0.673	-0.199	-0.417	1.499
5	A1		5.375	-84.279	-6.202	0.006	-0.739	-0.236	-0.480	1.681
6	A1		2.741	-89.128	-1.962	0.002	-0.680	-0.191	-0.421	1.466
7	B1		3.627	-78.753	-3.625	0.001	-0.698	-0.202	-0.429	1.550
8	B1		-0.405	-128.377	4.642	0.003	-0.925	-0.259	-0.584	1.960

Нормативні значення										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 6 Зусилля або РСН										
1	A2		3.503	-71.642	-3.640	0.002	-0.612	-0.181	-0.379	1.363
2	A2		3.503	-71.642	-3.640	0.002	-0.612	-0.181	-0.379	1.363
3	B2		-0.592	-104.422	4.181	0.001	-0.764	-0.209	-0.468	1.624
4	A2		3.503	-71.642	-3.640	0.002	-0.612	-0.181	-0.379	1.363
5	B2		4.771	-76.203	-5.472	0.005	-0.667	-0.212	-0.432	1.514
6	B2		2.708	-79.014	-2.182	0.002	-0.617	-0.175	-0.382	1.339
7	C2		3.461	-71.632	-3.570	0.002	-0.616	-0.182	-0.381	1.372
8	C2		0.206	-111.875	3.125	0.004	-0.807	-0.230	-0.511	1.721

АРМАТУРА Підбір арматури										
AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.
1.40	1.60	1.80	2.60	0.15	0.22	0.37		-		0.28
1.00	1.00	1.80	1.80							

Елемент 7										
Елемент N = 7 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5347 Модуль армування: Оболонка										



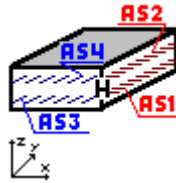
Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури Y - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 7 Зусилля або РСН										
1	A1		-0.210	-74.650	-4.782	0.035	-0.366	-0.079	0.192	0.377
2	A1		-0.210	-74.650	-4.782	0.035	-0.366	-0.079	0.192	0.377
3	A1		-1.611	-88.268	-0.482	0.043	-0.480	-0.090	0.232	0.430
4	A1		-0.210	-74.650	-4.782	0.035	-0.366	-0.079	0.192	0.377
5	A1		0.154	-82.859	-6.100	0.043	-0.389	-0.099	0.232	0.376
6	A1		-0.570	-79.441	-3.933	0.035	-0.377	-0.074	0.191	0.349
7	B1		-0.230	-73.482	-4.541	0.035	-0.382	-0.079	0.194	0.400
8	B1		-1.486	-97.555	-1.117	0.050	-0.513	-0.103	0.265	0.418

Нормативні значення										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 7 Зусилля або РСН										
1	A2		-0.191	-67.864	-4.348	0.032	-0.333	-0.072	0.174	0.343
2	A2		-0.191	-67.864	-4.348	0.032	-0.333	-0.072	0.174	0.343
3	B2		-1.358	-79.212	-0.764	0.038	-0.428	-0.081	0.208	0.387
4	A2		-0.191	-67.864	-4.348	0.032	-0.333	-0.072	0.174	0.343
5	B2		0.112	-74.705	-5.446	0.038	-0.352	-0.089	0.208	0.342
6	B2		-0.448	-71.286	-3.741	0.032	-0.340	-0.069	0.174	0.323
7	C2		-0.194	-67.648	-4.303	0.032	-0.336	-0.072	0.175	0.347
8	C2		-1.204	-87.120	-1.525	0.044	-0.445	-0.092	0.234	0.367

АРМАТУРА Підбір арматури										
AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.
1.00	1.00	1.00	1.80	0.10	0.14	0.24		-		0.28
1.00	1.00	1.00	1.00							

Елемент 8										
Елемент N = 8 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5348 Модуль армування: Оболонка										



Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури Y - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

### ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))

No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 8 Зусилля або РСН										
1	A1		18.353	-23.863	5.787	-0.224	-0.709	0.362	-0.618	1.508
2	A1		18.353	-23.863	5.787	-0.224	-0.709	0.362	-0.618	1.508
3	A1		6.552	-36.137	20.172	-0.275	-0.869	0.455	-0.715	1.801
4	A1		18.353	-23.863	5.787	-0.224	-0.709	0.362	-0.618	1.508
5	A1		23.168	-25.262	4.448	-0.254	-0.796	0.419	-0.831	1.780
6	A1		15.985	-27.221	9.342	-0.222	-0.700	0.366	-0.603	1.475
7	B1		17.642	-23.885	6.158	-0.230	-0.733	0.373	-0.608	1.543
8	B1		9.295	-39.211	21.061	-0.302	-0.943	0.509	-0.874	2.017

### Нормативні значення

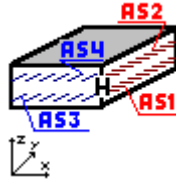
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 8 Зусилля або РСН										
1	A2		16.684	-21.693	5.261	-0.203	-0.645	0.329	-0.562	1.371
2	A2		16.684	-21.693	5.261	-0.203	-0.645	0.329	-0.562	1.371
3	B2		6.850	-31.922	17.249	-0.246	-0.778	0.407	-0.643	1.615
4	A2		16.684	-21.693	5.261	-0.203	-0.645	0.329	-0.562	1.371
5	B2		20.697	-22.860	4.145	-0.229	-0.717	0.376	-0.739	1.597
6	B2		14.993	-24.092	7.800	-0.202	-0.638	0.332	-0.551	1.348
7	C2		16.553	-21.697	5.330	-0.204	-0.649	0.331	-0.560	1.377
8	C2		9.805	-34.111	17.392	-0.265	-0.827	0.445	-0.783	1.779

### АРМАТУРА Підбір арматури

AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.
2.20	3.20	2.20	2.80	0.27	0.25	0.52		-		0.29
1.80	1.80	2.20	2.20							

### Елемент 9

Елемент N = 9  
 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5349  
 Модуль армування: Оболонка



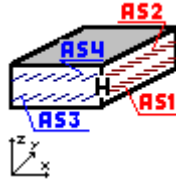
Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індеси матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури Y - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 9 Зусилля або РСН										
1	A1		6.846	-9.248	-8.477	-0.372	-0.819	0.200	1.251	0.528
2	A1		6.846	-9.248	-8.477	-0.372	-0.819	0.200	1.251	0.528
3	A1		3.489	-13.539	-1.459	-0.455	-0.998	0.252	1.516	0.640
4	A1		6.846	-9.248	-8.477	-0.372	-0.819	0.200	1.251	0.528
5	A1		7.892	-10.175	-10.630	-0.426	-0.934	0.243	1.449	0.602
6	A1		6.237	-10.528	-6.964	-0.368	-0.807	0.204	1.231	0.519
7	B1		6.602	-9.232	-8.106	-0.381	-0.842	0.204	1.281	0.543
8	B1		3.999	-15.082	-2.402	-0.501	-1.094	0.294	1.679	0.701

Нормативні значення										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx, Ny, Txy - т/м <sup>2</sup> ; Mx, My, Mxy - (т*м)/м; Qx, Qy - т/м.										
Елемент: 9 Зусилля або РСН										
1	A2		6.224	-8.407	-7.706	-0.338	-0.745	0.182	1.137	0.480
2	A2		6.224	-8.407	-7.706	-0.338	-0.745	0.182	1.137	0.480
3	B2		3.426	-11.983	-1.858	-0.408	-0.894	0.226	1.358	0.574
4	A2		6.224	-8.407	-7.706	-0.338	-0.745	0.182	1.137	0.480
5	B2		7.095	-9.179	-9.500	-0.384	-0.841	0.218	1.302	0.542
6	B2		5.789	-9.321	-6.626	-0.335	-0.736	0.185	1.123	0.473
7	C2		6.179	-8.404	-7.638	-0.340	-0.749	0.182	1.142	0.483
8	C2		4.059	-13.141	-3.023	-0.441	-0.962	0.257	1.478	0.616

АРМАТУРА Підбір арматури										
AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.
2.00	3.00	2.20	2.80	0.25	0.25	0.50		-		0.27
1.60	1.60	2.20	2.20							

Елемент 10										
Елемент N = 10 Елемент в ЛІРА-САПР N = 5350 Модуль армування: Оболонка										



Товщина пластини - 20.0 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 3.5 зверху = 3.5 ( см )  
 Відстань до центру ваги арматури: знизу = 2 зверху = 2 ( Y ) ( см )  
 Індeksi матеріалів: загальні 3, бетон 1, арматура 1  
 Розрахунок по теорії Вуда  
 Клас бетону - C20/25  
 Клас поздовжньої арматури X - A400C  
 Клас поздовжньої арматури Y - A400C  
 Клас поперечної арматури - A240C  
 Максимальний діаметр 32.00 мм

ЗУСИЛЛЯ, СПОЛУЧЕННЯ (РСН (розрахункові сполучення навантажень))										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx,Ny,Txy - т/м2; Mx,My,Mxy - (т*м)/м; Qx,Qy - т/м.										
Елемент: 10 Зусилля або РСН										
1	A1		-0.744	-82.449	-3.756	0.006	-0.180	-0.243	0.080	0.913
2	A1		-0.744	-82.449	-3.756	0.006	-0.180	-0.243	0.080	0.913
3	A1		-0.094	-113.589	2.436	0.008	-0.264	-0.287	0.092	1.089
4	A1		-0.744	-82.449	-3.756	0.006	-0.180	-0.243	0.080	0.913
5	A1		-0.929	-89.965	-5.281	0.008	-0.194	-0.286	0.087	1.004
6	A1		-0.614	-91.038	-2.457	0.006	-0.201	-0.235	0.075	0.883
7	B1		-0.696	-82.026	-3.479	0.006	-0.186	-0.248	0.084	0.948
8	B1		-0.165	-124.588	1.864	0.009	-0.294	-0.319	0.094	1.157

Нормативні значення										
No	Comb	Seis	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Nx,Ny,Txy - т/м2; Mx,My,Mxy - (т*м)/м; Qx,Qy - т/м.										
Елемент: 10 Зусилля або РСН										
1	A2		-0.676	-74.954	-3.415	0.005	-0.163	-0.221	0.073	0.830
2	A2		-0.676	-74.954	-3.415	0.005	-0.163	-0.221	0.073	0.830
3	B2		-0.135	-100.904	1.745	0.007	-0.234	-0.258	0.082	0.977
4	A2		-0.676	-74.954	-3.415	0.005	-0.163	-0.221	0.073	0.830
5	B2		-0.830	-81.217	-4.685	0.007	-0.176	-0.257	0.078	0.906
6	B2		-0.583	-81.089	-2.487	0.006	-0.179	-0.215	0.069	0.808
7	C2		-0.667	-74.876	-3.364	0.005	-0.165	-0.222	0.074	0.837
8	C2		-0.236	-109.396	0.967	0.008	-0.252	-0.282	0.083	1.017

АРМАТУРА Підбір арматури										
AS1	AS2	AS3	AS4	% X	% Y	% X+Y	Asw1	Asw2	T.нетрив.	T.трив.
1.40	1.40	1.00	1.80	0.14	0.14	0.28		-		0.27
1.00	1.00	1.00	1.00							

### РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

Організаційно-технологічний розділ присвячений розробленню організаційно-технологічних рішень з організації будівництва каркасу будинку та облаштування будівельного майданчика.

#### 3.1 Специфікація матеріалів по поверхам

Головні обсяги будівельних матеріалів були сформовані автоматично у ПК "Сапфір"

План підвалу на від. -2.800

1. Залізобетон стін -	28,745	м <sup>3</sup>			
2. Сталь арматурна стін -	5784,533	кг			
16 А400 -	2313,8	кг	20	8 А400	
А400 -	3181,4933	кг	А400 -	-	289,227 кг
Площа бокова (опалубка) -	80,02	м <sup>2</sup>			
3. Газобетон -	160,863	м <sup>3</sup>			
4. Залізобетон ф. плит -	159,6	м <sup>3</sup>			
5. Сталь арматурна ф. плит -	17516,68	кг			
12 А400 -	7006,7	кг	32	8 А400	
А400 -	9634,174	кг	А400 -	-	875,834 кг
Площа основи -	456	м <sup>2</sup>	Площа бокова (опалубка) -		35 м <sup>2</sup>
6. Залізобетон колон -	8,832	м <sup>3</sup>			
7. Сталь арматурна колон -	1545,6	кг			
16 А400 -	618,24	кг	20	12	
А400 -	850,08	кг	А400 -	А400 -	77,28 кг

Площа бокова (опалубка) - 89,6 м<sup>2</sup> Грунт котловану - 1368 м<sup>3</sup>

План поверху на від. 0.000

1. Залізобетон стін -	30,576	м <sup>3</sup>			
2. Сталь арматурна стін -	5381,376	кг			
16 А400 -	2152,6	кг	20	8 А400	
А400 -	2959,7568	кг	А400 -	-	269,069 кг
Площа бокова (опалубка) -	88,022	м <sup>2</sup>			
3. Газобетон -	149,518	м <sup>3</sup>			
5. Залізобетон колон -	10,272	м <sup>3</sup>			
6. Сталь арматурна колон -	1232,64	кг			
16 А400 -	493,06	кг	20	12	
А400 -	677,952	кг	А400 -	А400 -	61,632 кг
7. Залізобетон плит -	73,75	м <sup>3</sup>			
8. Сталь арматурна плит -	8850	кг			
12 А400 -	3540	кг	16	20	
А400 -	4867,5	кг	А400 -	А400 -	442,5 кг
Площа основи -	368,8	м <sup>2</sup>	Площа бокова (опалубка) -		18,72 м <sup>2</sup>

План поверху на від. +3.600

1. Залізобетон стін -	30,576	м <sup>3</sup>			
2. Сталь арматурна стін -	5381,376	кг			
16 А400 -	2152,6	кг	20	8 А400	
А400 -	2959,7568	кг	А400 -	-	269,069 кг
Площа бокова (опалубка) -	88,022	м <sup>2</sup>			
3. Газобетон -	149,518	м <sup>3</sup>			

4. Залізобетон колон -			10,272	м <sup>3</sup>		
5. Сталь арматурна колон -			1797,6	кг		
16 А400 -	719,04	кг	20	А400 -	988,68	кг
					12	А400 - 89,88
6. Залізобетон плит -			73,75	м <sup>3</sup>		
7. Сталь арматурна плит -			14233,75	кг		
12 А400 -	5693,5	кг	16	А400 -	7828,5625	кг
					20	А400 - 711,688
Площа основи -	368,8	м <sup>2</sup>	Площа бокова (опалубка) -		18,72	м <sup>2</sup>

#### План поверху на від. +7.200

1. Залізобетон стін -			30,576	м <sup>3</sup>		
2. Сталь арматурна стін -			5381,376	кг		
16 А400 -	2152,6	кг	20	А400 -	2959,7568	кг
					8 А400	- 269,069
Площа бокова (опалубка) -	88,022	м <sup>2</sup>				
3. Газобетон -			149,518	м <sup>3</sup>		
4. Залізобетон колон -			10,272	м <sup>3</sup>		
5. Сталь арматурна колон -			1797,6	кг		
16 А400 -	719,04	кг	20	А400 -	988,68	кг
					12	А400 - 89,88
6. Залізобетон плит -			73,75	м <sup>3</sup>		
7. Сталь арматурна плит -			14233,75	кг		
12 А400 -	5693,5	кг	16	А400 -	7828,5625	кг
					20	А400 - 711,688
Площа основи -	368,8	м <sup>2</sup>	Площа бокова (опалубка) -		18,72	м <sup>2</sup>

## План покрівлі на від. +11.100

1. Залізобетон стін -			18,846	м <sup>3</sup>		
2. Сталь арматурна стін -			3316,896	кг		
16 А400 -	1326,8	кг	20		8 А400	
А400 -	1824,2928	кг			-	165,845
Площа бокова (опалубка) -	61,82	м <sup>2</sup>				
3. Газобетон -			89,736	м <sup>3</sup>		
4. Залізобетон плит -			3,42	м <sup>3</sup>		
5. Сталь арматурна плит -			660,06	кг		
12 А400 -	264,02	кг	16		20	
А400 -	363,033	кг			А400 -	33,003
Площа основи -	17,36	м <sup>2</sup>			Площа бокова (опалубка) -	0
						м <sup>2</sup>

## 3.2 Розрахунок кількісного та кваліфікаційного складу бригади для виконання земляних робіт

Таблиця 3.1 - Вихідні дані для розрахунку

№ п\п	Вид робіт	Об`єм ґрунту, м <sup>3</sup>
1	Розробка ґрунту при влаштуванні виїмок та насипів одноковшовими екскаваторами обладнаними прямою лопатою	1368

Об`єм робіт - 1368 м<sup>3</sup>

Підбираємо марку екскаватора - Doosan DX225LC

Таблиця 3.2 - Відомість витрат праці на об'єм робіт, що виконує бригада

№ п\п	Процес	Одиниця	Кількість	Норма	Норма часу люд.-год.	Склад ланки	
1	Розробка ґрунту при влаштуванні виїмок та насипів одноковшовими екскаваторами обладнаними прямою лопатою	м <sup>3</sup>	1368	Е2-1-8	1,8	Машиніст	
						V <sub>Ір.</sub>	1
						V <sub>р.</sub>	1

Таблиця 3.3 - Відомість витрати праці за розрядами робітників

№ п\п	Загальна трудомісткість маш.-год.	у тому числі з розбивкою за розрядами	
		V <sub>Ір.</sub>	V <sub>р.</sub>
1	Машиніст:		
	2462,4	1231,2	1231,2
	Разом:		

Тривалість виконання робіт беремо за ведучим процесом – розробка ґрунту та визначаємо так:

$$T = Q/8,2 \times \Pi_{\text{лан}} = 18,76829 \text{ зміни}$$

Приймаємо 19 змін

Загальна потреба робітників у складі механізованої бригади

$$N = T/(8,2 * \Pi) = 16 \text{ люд.}$$

де T - трудомісткість робіт, люд-год

8,2 - тривалість зміни, год.

Π - тривалість виконання робіт, зміни

Приймаємо 16 люд.

В тому числі за професіями:

Машиністів:

IV розряд: 1231 / 8,2\*Т = 8 приймаємо 8 люд.

V розряд: 1231 / 8,2\*Т = 8 приймаємо 8 люд.

Підсумковий склад бригади П<sub>с</sub> -  
теслярі: 16 людини

VI розряд - 8 люд.  
V розряд - 8 люд.  
-

Розраховуємо кількість екскаваторів машин К<sub>с</sub>  
таким чином:

$$K_c = P_c / \text{Склад ланки} = 8$$

### 3.3 Розрахунок кількісного та кваліфікаційного складу комплексної бригади для зведення підвального поверху

Таблиця 3.4 - Розрахункові об'єми робіт

№ п/п	Вид опалубки / роботи		Вид конструкції		Об'єм опалубочних робіт, м <sup>2</sup> / арматурних робіт, т	Об'єм бетонних/цегляних робіт, м <sup>3</sup>
1	Дерев'яна щитова, площа щитів:		Монолітна плита (масив)		35	159,6
	м <sup>2</sup>	2	мм	350		
2	Дерев'яна щитова, площа щитів:		Монолітна стіна висотою до 6 м		80,02	28,745
	м <sup>2</sup>	2	мм	2800		
3	Дерев'яна щитова, площа щитів:		Колони		89,6	8,832
	м <sup>2</sup>	2	мм	400		
4	Дерев'яна щитова, площа щитів:		Перекрыття		Площа перекрыття між осями, 10 м <sup>2</sup>	73,75
	м <sup>2</sup>	2				
5	Арматура		Монолітна плита (масив)		0,875834	-
	діаметр	8				
6	Арматура		Монолітна плита (масив)		7,006672	-
	діаметр	16				
7	Арматура		Монолітна плита (масив)		9,634174	-
	діаметр	32				
8	Арматура		Монолітна стіна висотою		0,289226667	-

			до 6 м		
	діаметр	8			
9	Арматура		Монолітна стіна висотою до 6 м	2,313813333	-
	діаметр	16			
10	Арматура		Монолітна стіна висотою до 6 м	3,181493333	-
	діаметр	20			
11	Арматура		Колони	0,07728	-
	діаметр	12			
12	Арматура		Колони	0,61824	-
	діаметр	16			
13	Арматура		Колони	0,85008	-
	діаметр	20			
14	Газобетона кладка		Стіна	-	160,863
	Товщина у ц.	1			

Таблиця 3.5 - Відомість витрат праці на об'єм робіт, що виконує бригада

№ п/п	Процес	Одиниця	Кількість	Норма	Норма часу люд.-год.	Склад ланки		Трудомісткість люд.-год.
1	Улаштування дерев'яної опалубки з готових прямокутних щитів площею понад 2 м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>	35	Е4-1-34	0,4	Тесляр		14
						ІVр.	1	
						Пр.	1	
2	Встановлення і в'язка арматури Ø8мм А 400	т	0,875834	Е4-1-46	17,5	Арматурники		15,327095
						Vр.	1	
						Пр.	1	
3	Встановлення і в'язка арматури Ø16мм А 400	т	7,006672	Е4-1-46	8	Арматурники		56,053376
						Vр.	1	
						Пр.	1	
4	Встановлення і в'язка арматури Ø32мм А 400	т	9,634174	Е4-1-46	3,9	Арматурники		37,5732786
						Vр.	1	
						Пр.	1	
5	Укладання бетонної суміші в конструкцію монолітної плити	м <sup>3</sup>	159,6	Е4-1-49	0,22	Бетонярі		35,112
						ІVр.	1	
						Пр.	1	
6	Розбирання дерев'яної опалубки з готових прямокутних щитів площею понад 2 м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>	35	Е4-1-34	0,26	Тесляр		9,1
						Шр.	1	
						Пр.	1	
7	Обшивка каркаса щитами одночасно з двох боків 2 м <sup>2</sup> (Монолітна стіна висотою до 6 м)	м <sup>2</sup>	80,02	Е4-1-34	0,25	Тесляр		20,005
						ІVр.	1	
						Пр.	1	
8	Встановлення і в'язка арматури Ø8мм А 400	т	0,289226667	Е4-1-46	24,5	Арматурники		7,086053333
						Vр.	1	
						Пр.	1	
9	Встановлення і в'язка арматури Ø16мм А 400	т	2,313813333	Е4-1-46	11,5	Арматурники		26,60885333
						Vр.	1	
						Пр.	1	

10	Встановлення і в'язка арматури Ø20мм А 400	т	3,181493333	Е4-1-46	11,5	Арматурники		36,58717333
						Вр.	1	
						Пр.	1	
11	Укладання бетонної суміші в конструкції стін	м <sup>3</sup>	28,745	Е4-1-49	1,2	Бетонярі		34,494
						ІВр.	1	
						Пр.	1	
12	Розбирання дерев'яної опалубки з готових прямокутних щитів площею понад 2 м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>	80,02	Е4-1-34	0,16	Тесляр		12,8032
						Шр.	1	
						Пр.	1	
13	Улаштування дерев'яної опалубки з готових прямокутних щитів площею понад 2 м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>	89,6	Е4-1-34	0,28	Тесляр		25,088
						ІВр.	1	
						Пр.	1	
14	Встановлення і в'язка арматури Ø12мм А 400	т	0,07728	Е4-1-46	18,5	Арматурники		1,42968
						Вр.	1	
						Пр.	1	
15	Встановлення і в'язка арматури Ø16мм А 400	т	0,61824	Е4-1-46	14	Арматурники		8,65536
						Вр.	1	
						Пр.	1	
16	Встановлення і в'язка арматури Ø20мм А 400	т	0,85008	Е4-1-46	10	Арматурники		8,5008
						Вр.	1	
						Пр.	1	
17	Укладання бетонної суміші в конструкції колон	м <sup>3</sup>	8,832	Е4-1-49	0,89	Бетонярі		7,86048
						ІВр.	1	
						Пр.	1	
18	Розбирання дерев'яної опалубки з готових прямокутних щитів площею понад 2 м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>	89,6	Е4-1-34	0,13	Тесляр		11,648
						Шр.	1	
						Пр.	1	
19	Кладка газобетону	м <sup>3</sup>	160,863	Е4-1-34	3,2	Муляр		514,7616
						Шр.	2	
						Пр.	-	
20	Улаштування дерев'яної опалубки з готових прямокутних щитів	м <sup>2</sup>	7,92	Е4-1-34	0,91	Тесляр		7,2072
						ІВр.	1	

	сходових маршів та площадок					Пр.	1	
21	Встановлення і в'язка арматури Ø12мм А 400	т	1,188	Е4-1-46	18,5	Арматурники		21,978
						Ур.	1	
						Пр.	1	
22	Укладання бетонної суміші в конструкції сходових маршів та влощадок	м <sup>3</sup>	3,75	Е4-1-49	4,5	Бетонярі		16,875
						ІУр.	1	
						Пр.	1	
23	Розбирання дерев'яної опалубки з готових прямокутних щитів сходових маршів та площадок	м <sup>2</sup>	7,92	Е4-1-34	0,24	Тесляр		1,9008
						ІПр.	1	
						Пр.	1	

Таблиця 3.6 - Відомість витрати праці за розрядами робітників

№ п\п	Загальна трудомісткість чол.-год.	у тому числі з розбивкою за розрядами			
		V	IV	III	II
1	Теслярі:				
	66,3002		33,1501		33,1501
	35,452			17,726	17,726
2	Арматурники:				
	219,7996696	109,8998348			109,8998348
3	Бетонярі:				
	94,34148		47,17074		47,17074
4	Муляри:				
	514,7616			514,7616	
	Разом:	930,655			

Тривалість виконання робіт беремо за ведучим процесом – укладання бетонної суміші та визначаємо так:

$$T = Q/8,2 \times \text{План} = 5,752529268 \text{ зміни}$$

Приймаємо 6 змін

Загальна потреба робітників у складі комплексної бригади:

$$N = T/(8,2 \times \text{П}) = 19,7294965 \text{ люд.}$$

де T - трудомісткість робіт, люд-год

8,2 - тривалість зміни, год.

П - тривалість виконання робіт, зміни

Приймаємо 20 людини.

В тому числі за професіями:

#### Ланка теслярів:

IV						
розряд:	33,1501	/	8,2*T =	0,702768284	приймаємо	1 люд.

II						
розряд:	50,8761	/	8,2*T =	1,078552085	приймаємо	1 люд.

III						
розряд:	17,726	/	8,2*T =	0,375783802	приймаємо	1 люд.

#### Ланка арматурників:

V						
розряд:	109,89983	/	8,2*T =	2,329830628	приймаємо	2 люд.

II  
розряд: 109,89983 / 8,2\*Г = 2,329830628 приймаємо 2 люд.

### Ланка бетонярів:

IV  
розряд: 47,17074 / 8,2\*Г = 1 приймаємо 1 люд.

II  
розряд: 47,17074 / 8,2\*Г = 1 приймаємо 1 люд.

### Ланка мулярів:

III  
розряд: 514,7616 / 8,2\*Г = 10,91273107 приймаємо 12 люд.

Підсумковий склад комплексної бригади - 22 людини

#### теслярі:

IV розряд - 1 люд.

III розряд - 1 люд.

II розряд - 1 люд.

#### арматурники:

V розряд - 2 люд.

II розряд - 2 люд.

#### бетонярі:

IV розряд - 1 люд.

II розряд - 1 люд.

#### муляри:

II розряд - 12 люд.

### 3.4 Розрахунок кількісного та кваліфікаційного складу комплексної бригади для зведення типового поверху

Таблиця 3.7- Розрахункові об'єми робіт

№ п\п	Вид опалубки / роботи		Вид конструкції		Об'єм опалубочних робіт, м <sup>2</sup> / арматурних робіт, т	Об'єм бетонних/цегляних робіт, м <sup>3</sup>
1	Дерев'яна щитова, площа щитів:		Монолітна плита перекриття		387,47	73,75
	м <sup>2</sup>	2	мм	200		
2	Дерев'яна щитова, площа щитів:		Монолітна стіна висотою до 6 м		88,022	30,576
	м <sup>2</sup>	2	мм	3600		
3	Дерев'яна щитова, площа щитів:		Балки		Проста (для чотирьох вугільного перерізу)	10,272
	м <sup>2</sup>	2	мм	400		
4	Арматура		Монолітна плита перекриття		3,54	-
	діаметр	12				
5	Арматура		Монолітна плита перекриття		4,8675	-
	діаметр	16				
6	Арматура		Монолітна плита перекриття		0,4425	-
	діаметр	20				
7	Арматура		Монолітна стіна висотою до 6 м		0,2690688	-
	діаметр	8				
8	Арматура		Монолітна стіна		2,1525504	-

			висотою до 6 м		
	діаметр	16			
9	Арматура		Монолітна стіна висотою до 6 м	2,9597568	-
	діаметр	20			
10	Арматура		Колони	0,061632	-
	діаметр	12			
11	Арматура		Колони	0,493056	-
	діаметр	16			
12	Арматура		Колони	2,9597568	-
	діаметр	20			
13	Кладка Газобетону		Стіна	-	149,518
	Товщина у ц.	1			
14	Кладка стін із цегли		Стіна	-	-
	Товщина у к.	1			

Таблиця 3.8 - Відомість витрат праці на об'єм робіт, що виконує бригада

№ п/п	Процес	Одиниця	Кількість	Норма	Норма часу люд.- год.	Склад ланки	Трудовітність люд.-год.
1	Улаштування дерев'яної опалубки	м <sup>2</sup>	387,47	Е4-1-34	0,4	Тесляр	154,988

	з готових прямокутних щитів площею понад 2 м <sup>2</sup>					IVр.	1	
						Пр.	1	
2	Встановлення і в'язка арматури Ø12мм А 400	т	3,54	Е4-1-46	17,5	Арматурники		61,95
						Vр.	1	
						Пр.	1	
3	Встановлення і в'язка арматури Ø16мм А 400	т	4,8675	Е4-1-46	8	Арматурники		38,94
						Vр.	1	
						Пр.	1	
4	Встановлення і в'язка арматури Ø20мм А 400	т	0,4425	Е4-1-46	3,9	Арматурники		1,72575
						Vр.	1	
						Пр.	1	
5	Укладання бетонної суміші в конструкцію монолітної плити	м <sup>3</sup>	73,75	Е4-1-49	0,22	Бетонярі		16,225
						IVр.	1	
						Пр.	1	
6	Розбирання дерев'яної опалубки з готових прямокутних щитів площею понад 2 м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>	387,47	Е4-1-34	0,26	Тесляр		100,7422
						Шр.	1	
						Пр.	1	
7	Обшивка каркаса щитами одночасно з двох боків 2 м <sup>2</sup> (Монолітна стіна висотою до 6 м)	м <sup>2</sup>	88,022	Е4-1-34	0,25	Тесляр		22,0055
						IVр.	1	
						Пр.	1	
8	Встановлення і в'язка арматури Ø8мм А 400	т	0,2690688	Е4-1-46	24,5	Арматурники		6,5921856
						Vр.	1	
						Пр.	1	
9	Встановлення і в'язка арматури Ø16мм А 400	т	2,1525504	Е4-1-46	11,5	Арматурники		24,7543296
						Vр.	1	
						Пр.	1	
10	Встановлення і в'язка арматури Ø20мм А 400	т	2,9597568	Е4-1-46	11,5	Арматурники		34,0372032
						Vр.	1	
						Пр.	1	
11	Укладання бетонної суміші в	м <sup>3</sup>	30,576	Е4-1-49	1,2	Бетонярі		36,6912

	конструкції стін					IVр.	1	
						Пр.	1	
12	Розбирання дерев'яної опалубки з готових прямокутних щитів площею понад 2 м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>	88,022	E4-1-34	0,16	Тесляр		14,08352
						Шр.	1	
						Пр.	1	
13	Улаштування дерев'яної опалубки з готових прямокутних щитів площею понад 2 м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>	89,6	E4-1-34	0,28	Тесляр		25,088
						IVр.	1	
						Пр.	1	
14	Встановлення і в'язка арматури Ø12мм А 400	т	0,061632	E4-1-46	18,5	Арматурники		1,140192
						Vр.	1	
						Пр.	1	
15	Встановлення і в'язка арматури Ø16мм А 400	т	0,493056	E4-1-46	14	Арматурники		6,902784
						Vр.	1	
						Пр.	1	
16	Встановлення і в'язка арматури Ø20мм А 400	т	2,9597568	E4-1-46	10	Арматурники		29,597568
						Vр.	1	
						Пр.	1	
17	Укладання бетонної суміші в конструкції колон	м <sup>3</sup>	10,272	E4-1-49	0,89	Бетонярі		9,14208
						IVр.	1	
						Пр.	1	
18	Розбирання дерев'яної опалубки з готових прямокутних щитів площею понад 2 м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>	89,6	E4-1-34	0,13	Тесляр		11,648
						Шр.	1	
						Пр.	1	
19	Кладка стін із бетонних каменів (Газобетон)	м <sup>3</sup>	149,518	E4-1-34	3,2	Муляр		478,4576
						Шр.	2	
						Пр.	-	
20	Улаштування дерев'яної опалубки з готових прямокутних щитів сходових маршів та площадок	м <sup>2</sup>	7,92	E4-1-34	0,91	Тесляр		7,2072
						IVр.	1	
						Пр.	1	
21	Встановлення і в'язка арматури	т	1,188	E4-1-46	18,5	Арматурники		21,978

	Ø12мм А 400					Вр.	1	
						Пр.	1	
22	Укладання бетонної суміші в конструкції сходових маршів та влощадок	м <sup>3</sup>	3,75	Е4-1-49	4,5	Бетонярі		16,875
						IVр.	1	
						Пр.	1	
23	Розбирання дерев'яної опалубки з готових прямокутних щитів сходових маршів та площадок	м <sup>2</sup>	7,92	Е4-1-34	0,24	Тесляр		1,9008
						Шр.	1	
						Пр.	1	

Таблиця 3.9 - Відомість витрати праці за розрядами робітників

№ п\п	Загальна трудомісткість чол.-год.	у тому числі з розбивкою за розрядами								
		V		IV		III		II		
1	Теслярі:									
	209,2887	104,64435		64,18726		104,64435		64,18726		
	128,37452									
2	Арматурники:									
	227,6180124	113,8090062				113,8090062				
3	Бетонярі:									
	78,93328	39,46664				39,46664				
4	Муляри:									
	478,4576	239,2288		478,4576		239,2288				
	Разом:	1122,67								

Тривалість виконання робіт беремо за ведучим процесом – укладання бетонної суміші та визначаємо так:

$$T = Q/8,2 \times \text{План} = 4,813004878 \text{ зміни}$$

Приймаємо 5 змін

Загальна потреба робітників у складі комплексної бригади:

$$N = T / (8,2 * \Pi) = 28,44610315 \text{ люд.}$$

де T - трудомісткість робіт, люд-год

8,2 - тривалість зміни, год.

\Pi - тривалість виконання робіт, зміни

Приймаємо 28 людини.

В тому числі за професіями:

#### Ланка теслярів:

IV розряд: 104,64435 /  $8,2 * T = 2,651463362$  приймаємо 3 люд.

II розряд: 168,83161 /  $8,2 * T = 4,277830847$  приймаємо 4 люд.

III розряд: 64,18726 /  $8,2 * T = 1,626367484$  приймаємо 3 люд.

#### Ланка арматурників:

V розряд: 113,80901 /  $8,2 * T = 2,883676092$  приймаємо 3 люд.

II розряд: 113,80901 /  $8,2 * T = 2,883676092$  приймаємо 3 люд.

**Ланка бетонярів:**

IV розряд:	39,46664	/	8,2*Г =	1	приймаємо	1	люд.
II розряд:	39,46664	/	8,2*Г =	1	приймаємо	1	люд.

**Ланка мулярів:**

III розряд:	478,4576	/	8,2*Г =	12,12308927	приймаємо	13	люд.
IV розряд:	239,2288	/	8,2*Г =	6,061544636	приймаємо	7	люд.
II розряд:	239,2288	/	8,2*Г =	6,061544636	приймаємо	7	люд.

**Підсумковий склад комплексної бригади - 45 людини**

**теслярі:**

IV розряд		
-	3	люд.
III розряд		
-	3	люд.
II розряд		
-	4	люд.

**арматурники:**

V розряд		
-	3	люд.
II розряд		
-	3	люд.

**бетонярі:**

IV розряд		
-	1	люд.
II розряд		
-	1	люд.

**муляри:**

III розряд		
-	13	люд.
IV розряд		
-	7	люд.

-  
 II розряд  
 - 7 люд.

### 3.5 Розрахунок кількісного та кваліфікаційного складу комплексної бригади для зведення елементів конструкцій покрівлі

Таблиця 3.10- Розрахункові об'єми робіт

№ п\п	Вид опалубки / роботи		Вид конструкції		Об'єм опалубочних робіт, м <sup>2</sup> / арматурних робіт, т	Об'єм бетонних/цегляних робіт, м <sup>3</sup>
1	Дерев'яна щитова, площа щитів:		Монолітна плита перекриття		17,36	3,42
	м <sup>2</sup>	2	мм	200		
2	Дерев'яна щитова, площа щитів:		Монолітна стіна висотою до 6 м		61,82	18,846
	м <sup>2</sup>	2	мм	3600		
4	Арматура		Монолітна плита перекриття		0,08988	-
	діаметр	12				
5	Арматура		Монолітна плита перекриття		1,3267584	-
	діаметр	16				
6	Арматура		Монолітна плита перекриття		1,8242928	-
	діаметр	20				
7	Арматура		Монолітна стіна висотою до 6 м		0,1658448	-
	діаметр	12				

8	Арматура		Монолітна стіна висотою до 6 м	1,3267584	-
	діаметр	16			
9	Арматура		Монолітна стіна висотою до 6 м	1,8242928	-
	діаметр	20			
13	Звичайна цегляна кладка		Стіна	-	-
	Товщина у ц.	1			
14	Кладка стін із бетонних каменів (Газобетон)		Стіна	89,736	-
	Товщина у к.	1			

Таблиця 3.11 - Відомість витрат праці на об'єм робіт, що виконує бригада

№ п/п	Процес	Одиниця	Кількість	Норма	Норма часу люд.- год.	Склад ланки		Трудомісткість люд.-год.
1	Улаштування дерев'яної опалубки з готових прямокутних щитів площею понад 2 м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>	17,36	Е4-1-34	0,4	Тесляр		6,944
						ІVр.	1	
						Пр.	1	
2	Встановлення і в'язка арматури Ø12мм А 400	т	0,08988	Е4-1-46	17,5	Арматурники		1,5729
						Vр.	1	
						Пр.	1	
3	Встановлення і в'язка арматури Ø16мм А 400	т	1,3267584	Е4-1-46	8	Арматурники		10,6140672
						Vр.	1	
						Пр.	1	
4	Встановлення і в'язка арматури Ø20мм А 400	т	1,8242928	Е4-1-46	3,9	Арматурники		7,11474192
						Vр.	1	

						Пр.	1	
5	Укладання бетонної суміші в конструкцію монолітної плити	м <sup>3</sup>	3,42	Е4-1-49	0,22	Бетонярі		0,7524
						IVр.	1	
						Пр.	1	
6	Розбирання дерев'яної опалубки з готових прямокутних щитів площею понад 2 м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>	17,36	Е4-1-34	0,26	Тесляр		4,5136
						Шр.	1	
						Пр.	1	
7	Обшивка каркаса щитами одночасно з двох боків 2 м <sup>2</sup> (Монолітна стіна висотою до 6 м)	м <sup>2</sup>	61,82	Е4-1-34	0,25	Тесляр		15,455
						IVр.	1	
						Пр.	1	
8	Встановлення і в'язка арматури Ø8мм А 400	т	0,1658448	Е4-1-46	24,5	Арматурники		4,0631976
						Vр.	1	
						Пр.	1	
9	Встановлення і в'язка арматури Ø16мм А 400	т	1,3267584	Е4-1-46	11,5	Арматурники		15,2577216
						Vр.	1	
						Пр.	1	
10	Встановлення і в'язка арматури Ø20мм А 400	т	1,8242928	Е4-1-46	11,5	Арматурники		20,9793672
						Vр.	1	
						Пр.	1	
11	Укладання бетонної суміші в конструкції стін	м <sup>3</sup>	18,846	Е4-1-49	1,2	Бетонярі		22,6152
						IVр.	1	
						Пр.	1	
12	Розбирання дерев'яної опалубки з готових прямокутних щитів площею понад 2 м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>	61,82	Е4-1-34	0,16	Тесляр		9,8912
						Шр.	1	
						Пр.	1	
13	Кладка стін із бетонних каменів (Газобетон)	м <sup>3</sup>	89,736	ГНЗ-7.2	3,3	Муляр		296,1288
						IVр.	1	
						Пр.	1	
14	Улаштування дерев'яної опалубки з готових прямокутних щитів	м <sup>2</sup>	17,36	Е4-1-34	0,4	Тесляр		6,944
						IVр.	1	

	площею понад 2 м <sup>2</sup>					Пр.	1	
15	Встановлення і в'язка арматури Ø12мм А 400	т	0,264024	Е4-1-46	17,5	Арматурники		4,62042
						Вр.	1	
						Пр.	1	
16	Встановлення і в'язка арматури Ø16мм А 400	т	0,363033	Е4-1-46	8	Арматурники		2,904264
						Вр.	1	
						Пр.	1	
17	Встановлення і в'язка арматури Ø20мм А 400	т	0,033003	Е4-1-46	3,9	Арматурники		0,1287117
						Вр.	1	
						Пр.	1	
18	Укладання бетонної суміші в конструкцію монолітної плити	м <sup>3</sup>	3,42	Е4-1-49	0,22	Бетонярі		0,7524
						IVр.	1	
						Пр.	1	
19	Розбирання дерев'яної опалубки з готових прямокутних щитів площею понад 2 м <sup>2</sup>	м <sup>2</sup>	17,36	Е4-1-34	0,26	Тесляр		4,5136
						Пр.	1	
						Пр.	1	

Таблиця 3.12 - Відомість витрати праці за розрядами робітників

№ п\п	Загальна трудомісткість чол.-год.	у тому числі з розбивкою за розрядами				II
		V	IV	III		
1	Теслярі:					
	29,343		14,6715			14,6715
	18,9184			9,4592		9,4592
2	Арматурники:					
	67,25539122	33,62769561				33,62769561
3	Бетонярі:					
	24,12		12,06			12,06
4	Муляри:					

	296,1288		148,0644	296,1288	148,0644
	Разом:	435,766			

Тривалість виконання робіт беремо за ведучим процесом – укладання бетонної суміші та визначаємо так:

$$T = Q/8,2 \times \text{План} = 2,941463415 \text{ зміни}$$

Приймаємо 3 змін

Загальна потреба робітників у складі комплексної бригади:

$$N = T/(8,2 \times \text{П}) = 18,0665668 \text{ люд.}$$

де T - трудомісткість робіт, люд-год

8,2 - тривалість зміни, год.

П - тривалість виконання робіт, зміни

Приймаємо 18 людини.

В тому числі за професіями:

#### Ланка теслярів:

IV розряд:	14,6715	/	$8,2 \times T = 0,608271144$	приймаємо	1	люд.
II розряд:	24,1307	/	$8,2 \times T = 1,000443615$	приймаємо	1	люд.
III розряд:	9,4592	/	$8,2 \times T = 0,392172471$	приймаємо	1	люд.

**Ланка арматурників:**

V  
розряд: 33,627696 / 8,2\*Г = 1,394183068 приймаємо 1 люд.

II  
розряд: 33,627696 / 8,2\*Г = 1,394183068 приймаємо 1 люд.

**Ланка бетонярів:**

IV  
розряд: 12,06 / 8,2\*Г = 0,5 приймаємо 1 люд.

II  
розряд: 12,06 / 8,2\*Г = 0,5 приймаємо 1 люд.

**Ланка мулярів:**

III  
розряд: 296,1288 / 8,2\*Г = 12,27731343 приймаємо 12 люд.

IV  
розряд: 148,0644 / 8,2\*Г = 6,138656716 приймаємо 7 люд.

II  
розряд: 148,0644 / 8,2\*Г = 6,138656716 приймаємо 7 люд.

**Підсумковий склад комплексної бригади - 33 людини**

**теслярі:**

IV розряд  
- 1 люд.

III розряд  
- 1 люд.

II розряд  
- 1 люд.

**арматурники:**

V розряд  
- 1 люд.

II розряд  
- 1 люд.

**бетонярі:**

IV розряд		
-	1	люд.
II розряд		
-	1	люд.

**муляри:**

III розряд		
-	12	люд.
IV розряд		
-	7	люд.
II розряд		
-	7	люд.

### 3.6 Технологія будівельних робіт

У межах проєкту будівництва триповерхової монолітної офісної будівлі в м. Запоріжжя перед початком робіт зі зведення надземної частини з монолітного залізобетону необхідно виконати комплекс організаційно-підготовчих заходів відповідно до вимог ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва».

До початку монтажу опалубки повинні бути виконані такі підготовчі роботи: проведено розбивку осей стін, нівелювання поверхонь перекриттів і стін, здійснено розмітку приміщень відповідно до проєктної документації. На поверхні перекриттів фарбою наносяться ризики для фіксації робочого положення опалубки, готується необхідне монтажне оснащення та інструменти, а також проводиться очищення робочої основи від пилу, бруду та залишків будівельних матеріалів.

Зведення будівлі здійснюється поетапно. Спершу бетонуються колони, діафрагми жорсткості та плити перекриттів першого поверху, після чого викладаються зовнішні стіни й внутрішні перегородки, монтується сходові марші. Далі аналогічні роботи виконуються для другого та третього поверхів — бетонуються колони, діафрагми жорсткості, перекриття, а також зводяться стіни та перегородки відповідних рівнів. Після завершення бетонування плит перекриттів витримується технологічна перерва тривалістю не менше трьох діб, по завершенні якої виконується демонтаж опалубки.

Додатково передбачено проведення контролю якості бетонних робіт і моніторингу міцності бетону за допомогою не руйнівних методів випробувань. Особлива увага приділяється дотриманню температурно-вологісного режиму під час твердіння бетону, а також безпечній організації будівельного майданчика, що включає облаштування тимчасових проїздів, майданчиків для складування матеріалів та встановлення попереджувальних огорожень відповідно до вимог охорони праці.

### 3.6.1 Опалубні роботи

У межах проєкту будівництва триповерхової монолітної офісної будівлі в м. Запоріжжя застосування опалубних систем здійснюється відповідно до сучасних технологій та стандартів, які забезпечують високу ефективність, безпеку, точність геометрії та екологічність процесу зведення. Опалубка виконує функцію тимчасової конструкції, що формує контури монолітних елементів будівлі — колон, стін, перекриттів тощо.

До систем опалубки висуваються такі основні вимоги:

- висока міцність і стійкість до навантажень;
- незмінність форми під час бетонування;
- стійкість до тиску бетонної суміші без деформацій;
- зручність монтажу, демонтажу та можливість багаторазового

використання.

У процесі зведення монолітного каркаса офісної будівлі застосовуються модульні опалубні системи, що дозволяють скоротити трудовитрати та підвищити продуктивність робіт. Для цього використовуються алюмінієві або сталеві щити, розраховані на багаторазове використання, які забезпечують стабільність форми та довговічність конструкцій. При проєктуванні опалубки перекриттів враховуються розташування колон, стін і отворів, що дає змогу оптимізувати розкладку панелей та зменшити кількість нестандартних елементів. Такий підхід забезпечує економію матеріалів, скорочення часу будівництва та зниження утворення відходів.

Монтаж опалубних панелей виконується з урахуванням максимального використання стандартних елементів. Краї перекриттів додатково укріплюються спеціальними панелями, що забезпечує рівномірний розподіл навантаження. Для фіксації щитів використовуються швидкодіючі замкові системи, які скорочують тривалість монтажу та демонтажу. Завдяки використанню телескопічних стійок із регулюванням висоти підвищується безпека виконання робіт і забезпечується точне виставлення опалубки.

Під час бетонування вертикальних елементів (колон, діафрагм, стін) застосовуються модульні щити з високою точністю стикування, що дозволяє досягти якісної поверхні бетону без додаткової обробки. Для горизонтальних конструкцій використовуються опалубки з фанери підвищеної вологостійкості або ламіновані панелі, що мають високий ступінь повторного використання. Використання екологічно безпечних матеріалів узгоджується з європейськими вимогами сталого розвитку та сприяє зменшенню вуглецевого сліду будівництва.

Аналіз ринку опалубних систем України свідчить, що на сьогодні найпоширенішими є системи таких виробників, як PERI (Німеччина), Doka (Австрія), MEVA (Німеччина), NOE (Німеччина) та вітчизняних компаній Alta Group і Budmax. Системи PERI та Doka відзначаються високою універсальністю, зручністю монтажу та широким спектром аксесуарів, що дозволяє ефективно реалізовувати складні архітектурні рішення. Опалубка MEVA має перевагу у швидкості складання завдяки інноваційним замковим механізмам і легким матеріалам. Українські виробники пропонують більш доступні за вартістю рішення, сумісні з європейськими системами, що робить їх конкурентоспроможними на ринку. Таким чином, для реалізації проєкту доцільно використовувати комбінований підхід, поєднуючи європейські технології та вітчизняні комплектуючі, що забезпечить оптимальне співвідношення ціни, якості та ефективності будівельного процесу.

### **3.6.2 Арматурні роботи**

У межах проєкту будівництва триповерхової монолітної офісної будівлі в м. Запоріжжя перед початком монтажу арматурних елементів необхідно виконати низку підготовчих заходів, що забезпечують точність і якість армування монолітних конструкцій.

Перед початком робіт необхідно:

- перевірити відповідність опалубки проєктним розмірам і якість її

встановлення;

- скласти акт приймання опалубки;
- підготувати такелажне обладнання, ручний інструмент та електрозварювальні агрегати;
- очистити арматуру від іржі, бруду та мастильних речовин.

Доставлені на будівельний майданчик арматурні стрижні зберігаються у критих приміщеннях на стелажах, розсортовані за марками сталі, діаметрами та довжинами. Арматурні сітки зберігаються у вертикальному положенні, згорнуті в рулони, а плоскі й просторові каркаси укладаються штабелями на дерев'яні підкладки у зоні дії баштового крана. Висота штабеля не повинна перевищувати 1,5 м. Каркаси масою до 50 кг подаються краном у зв'язаних пачках і встановлюються вручну. Окремі стрижні транспортуються у пучках, а сітки — із використанням траверс по три одиниці за раз.

Перед монтажем арматурних каркасів на поверхню опалубки наносяться розмітки крейдою для точного позиціонування. Для фіксації каркасів застосовуються струбцини, що дозволяють утримувати елементи у проектному положенні, вирівнювати випуски арматури та усувати осьові відхилення. Після виставлення каркасів до них кріпляться горизонтальні стрижні за допомогою дротових скруток. Для забезпечення захисного шару бетону між опалубкою та арматурою встановлюються фіксатори з кроком:

- для стін — 1,0–1,2 м;
- для перекриттів — 0,8–1,0 м.

Стикування арматурних каркасів по вертикалі та горизонталі виконується в'язанням сталевим дротом або зварюванням залежно від вимог проєкту.

Прийом змонтованої арматури здійснюється до укладання бетонної суміші, з оформленням акту на приховані роботи. Проводиться візуальний контроль якості, перевіряється точність розташування арматури, діаметри, відстані між стрижнями, а також якість зварних з'єднань і вузлів.

На ринку України представлено широкий вибір зварювальних агрегатів для виготовлення арматурних сіток і каркасів, серед яких найбільш поширені моделі від виробників Kawasaki, Ideal, Schnell, MEP, Eurobend та українських компаній «ЕЛМЗ» і «ТехноМаш». Європейські агрегати MEP та Schnell вирізняються високою продуктивністю, автоматизованим керуванням і можливістю зварювання арматури різних діаметрів без переналаштування. Вітчизняні виробники пропонують економічно доцільні установки, сумісні з європейськими технологіями, що дозволяє забезпечити якісне зварювання при нижчій собівартості. Залежно від масштабів проекту, можуть використовуватись як мобільні зварювальні агрегати безпосередньо на будмайданчику, так і стаціонарні заводські лінії для виготовлення сіток і просторових каркасів серійного типу.

У сучасному будівництві розрізняють два основних способи формування арматурних каркасів: в'язання на місці та заводське виготовлення. В'язання дротом безпосередньо на майданчику є гнучким і зручним методом для складних або індивідуальних конструкцій, забезпечуючи можливість коригування під час монтажу. Натомість заводське виготовлення каркасів гарантує високу точність геометрії, зменшує трудомісткість робіт на об'єкті та покращує якість зварних з'єднань завдяки автоматизованому контролю. Для проекту в м. Запоріжжя доцільно застосувати комбінований підхід — основні просторові елементи виконати заводським способом, а дрібні та нестандартні з'єднання — в'язати безпосередньо на будівельному майданчику, що забезпечить оптимальне поєднання якості, швидкості та економічної ефективності..

### **3.6.3 Укладка бетонної суміші**

У рамках проекту будівництва триповерхової монолітної офісної будівлі в м. Запоріжжя перед початком укладання бетонної суміші необхідно провести

комплекс підготовчих робіт, що забезпечують якість і надійність монолітних конструкцій.

Перед початком бетонування слід:

- перевірити правильність установлення арматури та опалубки;
- усунути всі виявлені дефекти опалубки;
- переконатися у наявності фіксаторів захисного шару бетону;
- оформити акти приймання прихованих робіт і конструкцій, доступ до яких після бетонування стане неможливим;
- виконати очищення опалубки й арматури від сміття, бруду та іржі;
- перевірити справність обладнання, інструментів і механізмів.

Доставка бетонної суміші на будівельний майданчик здійснюється автобетонозмішувачами типу СБ-095, а подача до місця укладання — за допомогою бадді або бетонного насоса. Безпосередньо перед укладанням бетонну суміш перевіряють на рухливість і однорідність, щоб гарантувати відповідність вимогам проєкту.

Процес бетонування включає:

- приймання та подачу бетонної суміші;
- укладання і ущільнення суміші при бетонуванні колон, стін і плит перекриттів;
- догляд за бетоном у період початкового твердіння.

Бетон укладають шарами по 30–40 см, кожен із яких ущільнюється глибинними вібраторами. Глибина занурення вібратора у попередній шар має становити 5–10 см, а крок переміщення — не менше 1,5 радіусів його дії. У місцях прилягання до стінок опалубки та кутів бетон додатково ущільнюють ручними трамбівками. Заборонено торкання вібратора до арматури чи опалубки. Закінчують вібрування, коли припиняється осідання бетону та з'являється цементне молоко. Вібратор виймають повільно у вимкненому стані.

Перерва між укладанням шарів не повинна перевищувати двох годин, щоб уникнути утворення «холодних швів». У процесі бетонування перекриттів застосовують глибинні й поверхневі вібратори, що забезпечують рівномірне

ущільнення. Після укладання бетону слід підтримувати оптимальний температурно-вологісний режим, захищаючи поверхню від пересихання та механічних пошкоджень. Ходіння або монтаж опалубки допускається лише після досягнення бетоном необхідної розрахункової міцності.

Контроль якості бетонування здійснюється лабораторією, результати якої фіксуються у журналі бетонних робіт. Оцінювання ущільнення проводиться візуально за припиненням виходу повітря і появою цементного молока.

На ринку України сьогодні представлено широкий спектр технологій і агрегатів для укладання бетонних сумішей, які використовуються в сучасному монолітному будівництві. Найбільш поширеними є стаціонарні та мобільні бетононасоси від виробників PUTZMEISTER, CIFA, SCHWING, Zoomlion, Everdigm та українських компаній «ТехноМаш», «Будмаш». Іноземні моделі вирізняються високою продуктивністю, можливістю подачі суміші на висоту до 70 м і зменшенням втрат при транспортуванні. Українські установки мають простішу конструкцію, однак є економічно вигідними для об'єктів середньої поверховості, як-от офісна будівля в Запоріжжі. Також використовуються вібраційні площадки, бетонорозподільні стріли та гравітаційні системи подачі, що дозволяють адаптувати процес укладання до конфігурації будівлі.

### **3.6.4 Розпалубка конструкцій**

У рамках проєкту будівництва триповерхової монолітної офісної будівлі в м. Запоріжжя процес розпалублення (демонтажу опалубки) є завершальним етапом циклу бетонування й відіграє важливу роль у забезпеченні якості та цілісності монолітних конструкцій. Ця операція потребує високої точності, технічної дисципліни та дотримання вимог ДБН В.2.6-160:2010 “Бетонні та залізобетонні конструкції”. Основною метою розпалублення є збереження опалубних елементів для повторного використання й уникнення пошкодження бетону на ранніх стадіях твердіння.

Демонтаж опалубки розпочинають лише після досягнення бетоном необхідної розрахункової міцності, визначеної лабораторними випробуваннями контрольних зразків. Бічні елементи, що не сприймають навантаження, знімають після набору бетоном міцності, достатньої для збереження кутів і граней конструкції. Конкретний час розпалублення залежить від типу цементу, температурно-вологісного режиму та способу догляду за бетоном.

Навантажувальні елементи опалубки демонтують поетапно, коли бетон забезпечує стійкість і несучу здатність конструкції. Для плит перекриттів із прольотом до 3 м та балок із прольотом до 6 м зняття опор допускається після досягнення 50% проєктної міцності, але за умови залишення частини підтримуючих стійок. Повне зняття нижніх опор проводиться лише після підтвердження досягнення повної міцності бетону згідно з технічним актом.

Розпалублення виконується у 2–3 етапи, з урахуванням геометрії та навантаження конструкцій. Для стін спочатку демонтують розпірки, замки й кріпильні елементи, після чого обережно відокремлюють щити. У плитах перекриттів спочатку знижують висоту телескопічних опор, потім поступово знімають несучі стійки, не допускаючи деформації бетону.

Перед повторним використанням елементи опалубки очищають від залишків бетону, мастил і пилу, а також ремонтують пошкоджені поверхні. Металеві частини змащують антикорозійними мастилами, дерев'яні — обробляють захисними складами для подовження терміну служби.

На українському ринку представлено різноманітні системи для ефективного розпалублення та перевірки якості монолітних конструкцій, що використовуються як у промисловому, так і в цивільному будівництві. Серед найвідоміших брендів — PERI (Німеччина), DoKa (Австрія), Meva (Німеччина), RMD Kwikform (Велика Британія) та Alta Group (Україна). Іноземні системи відзначаються високою точністю стикових елементів і можливістю багаторазового використання без втрати геометрії. Українські аналоги мають доступнішу вартість та адаптовані до кліматичних умов і стандартів ДБН.

Деякі сучасні системи, зокрема PERI Skydeck і Doka Dokaflex, оснащені механізмами швидкого опускання плит перекриттів, що дозволяє частково знімати опалубку вже через 2–3 доби після бетонування, не порушуючи несучої здатності. Це скорочує циклічність робіт і підвищує рентабельність будівництва.

Контроль якості бетонних конструкцій після розпалублення є обов'язковим етапом, який підтверджує відповідність елементів проектним параметрам. Перевіряють геометричні розміри, вертикальність, горизонтальність, стан поверхні та наявність раковин або тріщин. Візуальний огляд доповнюється ультразвуковим або склерометричним випробуванням для оцінки фактичної міцності бетону.

Для подальшої експлуатації опалубних систем доцільно проводити регулярну технічну інвентаризацію елементів, щоб вчасно замінювати пошкоджені частини та підтримувати високий рівень безпеки та точності на будівельному майданчику. Це особливо важливо при реалізації сучасних об'єктів, таких як триповерхова монолітна офісна будівля в Запоріжжі, де якість бетонних конструкцій безпосередньо впливає на надійність і довговічність споруди.

### **3.7 Вибір вантажозахватних пристроїв**

У межах проєкту будівництва триповерхової монолітної офісної будівлі в м. Запоріжжя під час виконання вантажно-підймальних операцій особливу увагу приділяють вибору та безпечній експлуатації стропувального обладнання, що забезпечує ефективне транспортування будівельних матеріалів та конструктивних елементів. Всі роботи виконуються відповідно до вимог ДСТУ EN 13155:2019 та Правил безпечної експлуатації вантажопідймальних механізмів.

Для підйому поворотного контейнера з бетонною сумішшю використовується чотирьохвітковий строп вантажопідйомністю 5 тонн і

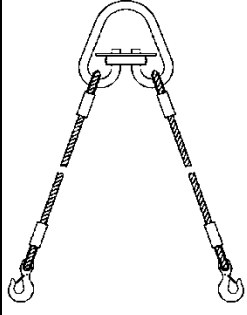
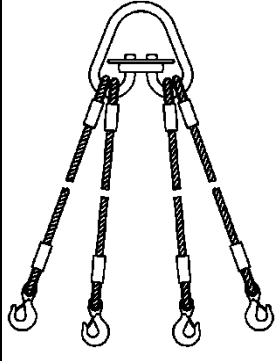
довжиною 4,2 м, який гарантує рівномірний розподіл навантаження й стійкість вантажу під час транспортування. Подача ящиків з розчином та піддонів з газобетонними блоками здійснюється за допомогою стропа вантажопідйомністю 5 тонн і довжиною 2 м, що оптимально підходить для коротких і середніх відстаней підйому. Для підйому арматурних стрижнів та каркасів застосовується двохвітковий строп, який забезпечує надійне утримання гнучких або подовжених елементів без ризику деформації.

Перед кожним підйомом виконується візуальний огляд стропів, перевірка цілісності гаків, замків і пружинних фіксаторів. Забороняється використання стропів із зносом або пошкодженнями канатів, ланок чи текстильних елементів. Під час виконання робіт підйом і переміщення вантажів здійснюються плавно, без ривків, з дотриманням допустимих кутів між вітками стропа.

На українському ринку представлені різні типи вантажопідйомальних стропів і комплектуючих, які широко використовуються у монолітному та загальнобудівельному виробництві. Серед провідних виробників можна виділити «Вірел» (Україна), «Техновек», «КАНАТ-ХАРКІВ», а також імпортні системи від Rewag (Австрія), Crosby (США) і Gunnebo (Швеція). Вони випускають ланцюгові, канатні, текстильні та комбіновані стропа, розраховані на різні вантажопідйомності — від 1 до 20 тонн. Українські вироби відзначаються доступною ціною та ремонтпридатністю, тоді як імпортні моделі мають підвищену зносостійкість і точність виготовлення.

Сучасні стропувальні системи нового покоління обладнані індикаторами навантаження, захисними чохлами та швидкороз'ємними гачками, що дозволяє підвищити рівень безпеки та скоротити час на проведення такелажних робіт. У рамках проєкту в Запоріжжі застосування таких систем забезпечить раціональну організацію підйомних операцій, підвищить продуктивність праці та сприятиме збереженню якості будівельних матеріалів при транспортуванні..

Таблиця 3.13 - Відомість вантажозахватних пристроїв, інструмента й пристосувань.

№ п/п	Найменування встановлюваного елемента	Найменування пристосування, пристрою	Ескіз	Характеристика		Кількість.
				Вантажопідійомність, т	Маса, кг	
1	2	3	4	5	6	8
1	Арматури, щити опалубки, піддони із цеглою, устаткування	Строп двухвітвева		5	47	1
2	Газобетонні блоки на піддоні, сантехкабини	Строп чотирьохвітвева		5	65	1

### 3.8 Визначення основних параметрів баштового крана

Таблиця 3.14 - Параметри пристосувань для розрахунків вантажопідійомності

№ п/п	Найменування й марка елемента	Габарити, мм			Маса, елемента, т.	Кількість, шт.	Загальна маса, т.
		шир., мм	дов., мм	вис., мм			
1	Баддя з бетонною сумішшю $V=1\text{м}^3$	1200	1500	1500	2,7	1	2,7

У рамках проєкту будівництва триповерхової монолітної офісної будівлі в м. Запоріжжя для реалізації складного циклу монолітних робіт підбирається раціональний комплекс будівельних машин і механізмів, який забезпечує безперервність технологічного процесу — від транспортування матеріалів до їх укладання в конструкції. Усі технічні засоби добираються відповідно до вимог ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва» та ДСТУ Б В.2.7-176:2008.

Приготування бетонної суміші виконується на стаціонарному бетонному заводі, який забезпечує стабільність складу, рухливості та однорідності бетону. Доставка суміші на будівельний майданчик здійснюється автобетонозмішувачами (бетоновозами), що зберігають пластичність суміші протягом усього транспортного циклу. Для подачі бетону до місця укладання використовується баддя (бетонний контейнер), підвішена до баштового крана.

Щоб забезпечити доставку суміші у важкодоступні місця конструкцій, застосовується трьохсекційна Z-подібна розподільна стріла, що дає змогу рівномірно подавати бетон по площі без надмірного переміщення опалубки або ручного доопрацювання. Максимальна висота вільного падіння бетонної суміші обмежується: для перекриттів — до 1 м, для стін — до 4,5 м, а для неармованих конструкцій — до 6 м. У випадках перевищення цих параметрів бетон подають через лотки або гнучкі хоботи, щоб уникнути розшарування суміші.

Максимальна висота підйому гака баштового крана розраховується за формулою:

$$H_{кр} = h_0 + h_{зан} + h_{эл} + h_{стр} , \quad (3.1)$$

де  $H_{кр}$  — відстань від рівня стоянки крана (верх головки рейки кранового шляху) до геометричного центру гака, м;

$h_0$  — рівень верхнього монтажного горизонту. При визначенні максимальної висоти підйому гака крана для будівель, що зводяться за допомогою розбірно-переставної або блочної опалубки, яка підіймається

нагору, слід приймати за рівень монтажного горизонту висоту верхньої частини монолітної стіни останнього поверху будівлі;  $h_o = 14,7$  м;

$h_{зап}$  — запас висоти для підйому вантажу над найвищою перешкодою, приймається рівним  $h_{зап} = 0,5$  м;

$h_{ел}$  — найбільша висота піднімаємого вантажу (опалубна панель або блок, збірний монтажний елемент);  $h_{ел} = 1,5$  м;

$h_{стр}$  — розрахункова висота стропа, приймаємо  $h_{стр} = 3,0$  м.

$$H_{кр} = 19,7 \text{ м}$$

Приймаємо  $H_{кр} = 20$  м

Виліт стріли крана визначається за формулою:

$$L = (a/2) + b + c \quad (3.2)$$

де:

$a$  — ширина підкранової колії. Оскільки на цій стадії невідома модель крана, яка буде використовуватися для виконання робіт, приймаємо  $a = 4,6$  м;

$b$  — відстань від найближчої підкранової рейки до найбільш виступаючої частини будівлі;  $b = 5,6$  м;

$c$  — відстань від центру ваги вантажу до найближчої виступаючої частини будівлі. При будівництві будівлі з використанням щитової та блочної опалубки і розташуванні кранів з одного боку,  $c$  дорівнює ширині будівлі;  $c = 17,2$  м.

Отже, виліт стріли:

$$L = 8/2 + 5,6 + 17,2 = 26,8 \text{ м}$$

Необхідна вантажопідйомність крана розраховується за формулою:

$$Q = q_{гр} + q \quad (3.3)$$

де:

$q_{гр}$  — маса найважчого вантажу. Оскільки для бетонування використовуються переставні розподільні стріли для подачі бетонної суміші, слід враховувати підйом і перестановку бадді. Приймаємо  $q_{гр} = 3$  т;

$q$  — маса такелажного обладнання. Для підйому необхідно такелажне пристосування вантажопідйомністю не менше 5 т. Приймаємо  $q = 0,1$  т.

$$Q_{кр} = 3,1 \text{ т}$$

Із за потреби переміщення вантажу масою у 3,1 т на відповідну ширину будівлі 26,8 м підбираємо кран Liebherr 80 НС

Баштовий кран був в експлуатації, рік випуску 1984.

Технічні характеристики крану Liebherr 80 НС:

- виробництво: Liebherr-Werk BIBERACH GmbH Німеччина;
- максимальна вантажопідйомність: 6 т;
- максимальна вантажопідйомність при максимальному вильоті стріли: 1,700 т.
- максимальний виліт стріли: 45 м;
- висота під гаком: 40 м (комплектація під замовлення до 85 м);
- вежа Liebherr 80НС: розмір секції 1,8 x 1,8 м;
- тип установки баштового крана: стаціонарний.

Характеристики вантажного моменту з технічного паспорту крану Liebherr 80 НС можна бачити на рисунку нижче.

<b>Ausladung und Traglast</b>																						
<b>Radius and capacity</b>																						
<b>Portée et charge</b>																						
Auslegerlänge Length of jib Longueur de flèche m	Max. Traglast Max. capacity Charge max. m/kg	Ausladung und Traglast m/kg Radius and capacity Portée et charge																				
		19,0	20,0	22,5	24,0	25,0	26,0	27,5	29,0	30,0	31,0	32,5	34,0	35,0	36,0	37,5	39,0	40,0	41,0	42,5	45,0	
45,0	2,15-15,9 6000	4910	4630	4040	3740	3570	3400	3180	2990	2860	2750	2590	2450	2360	2280	2160	2060	1990	1930	1840	1700	
40,0	2,15-16,6 6000	5140	4850	4230	3930	3740	3570	3340	3140	3010	2890	2730	2580	2490	2400	2280	2170	2100				
35,0	2,15-17,1 6000	5340	5040	4400	4090	3900	3720	3480	3270	3140	3020	2850	2700	2600								
30,0	2,15-17,9 6000	5600	5280	4520	4290	4090	3910	3660	3440	3300												
25,0	2,15-18,1 6000	5680	5360	4690	4350	4150																

Рисунок 3.1 – Технічні характеристики вантажного моменту Liebherr 80

НС

### 3.9 Будівельний генеральний план об'єкта

У межах проєкту будівництва триповерхової монолітної офісної будівлі в м. Запоріжжя розроблено генеральний будівельний план (будгенплан) для етапу зведення надземних конструкцій. Будгенплан є основним інструментом організації будівельного процесу та забезпечує координацію всіх робіт на майданчику.

На будгенплані відображено розташування будівлі з прив'язкою осей до координатної сітки, що дозволяє точно виконувати монтаж конструкцій і контролювати геометрію споруди. Також враховано постійні та тимчасові транспортні шляхи, що забезпечують безпечний та ефективний рух техніки й матеріалів по майданчику.

Важливим елементом будгенплану є мережі інженерного забезпечення, включаючи електропостачання, водопостачання, теплопостачання та каналізацію, що дозволяє планувати розміщення обладнання та підключення тимчасових споруд. Для організації монтажних робіт зазначено місця розташування монтажних кранів і механізованих установок, зокрема кранові шляхи, напрямки руху кранів та зони підвищеної небезпеки.

Будгенплан передбачає майданчики для складування та попереднього складання конструкцій і обладнання, а також побутові приміщення, склади та інші тимчасові будівлі, необхідні для забезпечення нормального функціонування будівельного процесу. Особливу увагу приділено заходам з техніки безпеки та протипожежній безпеці, що забезпечують охорону праці на будівельному майданчику.

Під час розробки плану застосовувалися стандартні умовні позначення, що спрощують орієнтацію на майданчику та взаємодію всіх учасників будівництва. Крім того, були проведені розрахунки щодо потреби в тимчасових будівлях і спорудах, площ відкритих зон для складування, освітлення будівельного майданчика, а також потреби у воді та електроенергії.

Усі обґрунтування і результати розрахунків зведені у пояснювальній записці, що супроводжує проєкт, що дозволяє перевірити правильність прийнятих рішень та забезпечує безпечну і ефективну організацію будівельного процесу.

### 3.9.1 Будівельний генеральний план об'єкта

Визначення потреби в тимчасових будинках виконується за наступною формулою для загальної чисельності працівників:

$$N=(N_{\text{раб}}+N_{\text{ИТР}}+N_{\text{МОП}}+N_{\text{служ}})*K, \quad (3.3)$$

де:  $N_{\text{раб}}$  — чисельність робітників, яка розраховується згідно з графіком зміни їхньої кількості (календарним або сітковим) згідно розрахунку на основні роботи із зведення каркасу будівлі складає 33 людини;

$N_{\text{ИТР}}$  — чисельність інженерно-технічних працівників;

$N_{\text{МОП}}$  — чисельність молодшого обслуговуючого персоналу та охорони;

$K$  — коефіцієнт, що враховує відпустки та інші фактори, прийнятий у межах 1,05–1,06.

Кількість інженерно-технічних працівників та службовців визначається залежно від типу будівництва. У цьому проєкті йдеться про цивільний будинок. Співвідношення категорій працюючих (%): робітники — 85%; ІТП — 8%; службовці — 5%; охорона — 2%.

Таким чином, чисельністю працюючих  $N$  складає:

$$N=(33*100)/85= 38$$

Отже, 1% становить 0,27 чол., тоді:

$$N_{\text{ИТР}}=8*0,27=2 \text{ чол.}$$

$$N_{\text{служ}}=5*0,27=1 \text{ чол.}$$

$$N_{\text{МОП}}=5*0,27=1 \text{ чол.}$$

Отже, загальна чисельність працівників

$$N_{\text{заг}}=(38+2+1+1)*1,06=42$$

Результати розрахунків площ для тимчасових будинків і споруд зводяться в таблицю.

Формується побутове містечко. Його розташування на будгенплані організується так, щоб найвіддаленіша точка від зводимого об'єкта була не більше 150 м.

До тимчасових будинків підводяться тимчасові комунікації.

Таблиця 3.16 - Експлікація тимчасових будинків і споруджень

Наймен. тимчасових Б та С	Кіл-ть роб.	% одноч. використ.	Норм. показники на чол.м <sup>2</sup>	Раб. площа м <sup>2</sup>	Прийнята площа м <sup>2</sup>	Кіл-ть будинків	Констр. хар. і тип будинку
1	2	3	4	5	6	7	8
Прорабська	1	-	9	9	27	1	Метав.блок-контейнер 9 м х 3 м
Приміщення для обігріву робітників	42	100	0,1	7,5	27	4	Метав.блок-контейнер 9 м х 3 м
Пост охорони	1	100	1	1	14,4	2	Сборно-Розбір. Дерев. 2,4 м х 3 м
Гардероб	42	70	0.7	12,8	27	4	Метав.блок-контейнер 9 м х 3 м
Умивальна	42	70	0.2				
Душова	42	50	0,54	23,8	27	4	Металевий блок-контейнер 9 м х 3 м
Туалет	20	100	0,1				

### 3.9.2 Розрахунки площ складів

Приоб'єктні склади створюються для тимчасового зберігання матеріалів, конструкцій, виробів, обладнання та інших ресурсів під час будівництва об'єктів. Обсяги матеріалів, що підлягають складуванню, зменшуються до мінімуму завдяки раціональній організації будівництва, використанню

сучасних методів виконання будівельно-монтажних робіт, контейнеризації вантажів та інших організаційно-технічних рішень.

При проектуванні приоб'єктних складів вирішуються такі завдання:

- визначення запасів матеріалів, конструкцій і виробів, що потрібно складувати;
- розрахунок площі складів для основних видів матеріальних ресурсів;
- вибір типу складів та їх розміщення на будівельному майданчику.

Розрахунки площ складів включають визначення їх площі з урахуванням приймальних і відпускних майданчиків, проїздів і проходів.

Основним типом складів на будівельному майданчику є відкриті майданчики, які розташовуються в зоні дії вантажопідйомного крана, призначеного для подачі вантажів на зводимий об'єкт. Місця для складування конструкцій, стінових матеріалів та інших ресурсів розташовуються уздовж тимчасових доріг. У місцях розвантаження транспортних засобів передбачаються розширення доріг.

Всі розрахунки представлені в таблиці 3.17.

Таблиця 3.17 - Розрахунки площ складів

Констр., виробу, матеріали	Од. вим.	Загальна потреб. $Q_{\text{общ}}$	Т дн.	Щонайвелика добова витрата	Коеф.		Запас матеріалів		Норм. зберігання $1 \text{ м}^2$	F	Коеф. складів	$S \text{ м}^2$	Розміри складу	Харак. складу
					маг. поступ. маг.	потреб. маг.	Норма	Розрахункова $Q_{\text{зип}}$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Арматури	т	64,8	7	2,31	1,1	1,3	10	30,09	1,8	16,71	0,6	17	6 м x 3 м	закритий склад
Газобетон. блоки	шт.	8525	7	304,46			5	1979,02	650	3,04		4	2 м x 2 м	закритий склад
Цегла	шт.	1730	7	61,79			5	401,61	700	0,57		2	1 м x 2 м	закритий склад
Опалуб. щити для перекрыттів	$\text{м}^2$	491	7	17,54			10	227,96	6	37,99		42	7 м x 6 м	закритий склад
Щитова опалубка каркаса	$\text{м}^2$	115,84	7	4,14			10	53,78	6	8,96		9	3 м x 3 м	закритий склад
Опалубка колон	$\text{м}^2$	11,52	7	0,41			5	2,67	2,25	1,19		4	2 м x 2 м	в закритий склад

### 3.9.3 Розрахунки потреби будівництва у воді

Мережі тимчасового водопостачання призначені для забезпечення виробничих, господарських і протипожежних потреб під час будівництва.

При вирішенні питання тимчасового водопостачання будівельного майданчика важливо визначити схему розташування мережі та діаметр трубопроводів, які подаватимуть воду для наступних цілей: виробничих (Впр), господарсько-побутових (Вхоз-Побут), душових установок (Вдуш) та пожежогасіння (Впож). Загальна потреба у воді буде розрахована за формулою:

$$V_{\text{общ}} = 0,5 * (V_{\text{пр}} + V_{\text{хоз-бит}} + V_{\text{душ}}) + V_{\text{пож}} \quad (3.4)$$

Витрата води на виробничі потреби визначається на основі календарного плану та норм витрати. Для встановлення максимальної витрати води на виробничі потреби складається графік.

Таблиця 3.8 - Графік потреби води на виробничі потреби.

№	Споживачі води	Од. вим.	Кіл-ть у зміну	Питома витрата води на од. вим.	Загальна витрата в зміну
1	2	3	4	5	6
1	Поливання бетону й залізобетону в літню пору в кліматичних умовах середньої смуги	1 м <sup>3</sup> бетону/сут	4,85	400	1940
2	Кладка з готуванням розчину	1000 шт.	0,062	230	14,26
3	Трактори в середньому	1 сут	12	600	7200
Разом:					9154,26

$$V_{\text{пр}} = \frac{\sum_i V'_{\text{max}}}{(t_i \cdot 3600)} \quad (3.5)$$

де  $\sum B'_{max}$  – максимальна витрата води;

$k_i$  - коефіцієнт нерівномірності споживання води, який дорівнює 1,5;

$t_i$  - кількість годин роботи, за яку визначається витрата води.

Витрата води на господарсько-побутові потреби визначається на основі проектового бюджету, кількості працюючих та норм споживання води.

$$V_{пр}=(9154,26*1,5)/(8*3600)=0,476$$

Секундна витрата води на господарсько-побутові потреби:

$$B_{хоз-быт} = \frac{\sum B_{max}^2 \cdot k_2}{(t_2 \cdot 3600)}, \quad (3.6)$$

де  $\sum B_{max}^2$  - максимальна витрата води в зміну на господарсько-побутові потреби;

$$\sum B_{MAX}^2 = N_{ЗАГ} * N = 42 * 15 = 630$$

$n$  – норма витрати на чіл л

$k_2$  - коефіцієнт неправномерности споживання, рівний 2;

$t_2$  - число годин роботи в зміну.

$$V_{хоз-быт} = ((630) * 3) / (8 * 3600) = 0,065$$

Секундна витрата води на душові установки:

$$B_{душ} = \frac{\sum B_{max}^3 \cdot k_3}{(t_3 \cdot 3600)}, \quad (3.10)$$

де  $\sum B_{\max}^3$  - максимальна витрата води на душові установки;

$$\sum B_{\max}^2 = (N_{\text{заг}}/2) * N = 540$$

$n$  – норма витрати на чол-л

$t_3$  - тривалість роботи душової установки, ухвалюється 0,75 год;

$t_3$  - коефіцієнт нерівномірності споживання, рівний 1.

Розрахунки діаметра труб тимчасового водопроводу слід виконувати на період найбільшого водоспоживання з урахуванням витрати води для пожежогасіння.

$$V_{\text{душ}} = 540 / (0,75 * 3600) = 0,14$$

Для невеликих об'єктів із площею забудови до 10 гектарів кількість води на пожежогасіння визначається на основі одночасної подачі двох струменів з гідрантів по 5 л/с.

$$V_{\text{общ}} = 0,5 \cdot (0,6 + 0,03 + 0,15) + 5 = 5,4 \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

Діаметр труб водогінної напірної мережі розраховують по формулі:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1000 V_{\text{общ}}}{\pi v}}, \quad (3.11)$$

де  $v$  - швидкість руху води по трубах, м/с (ухвалюється рівної 1,5-2,0 м/с - для труб більших діаметрів; 0,7-1,2 м/с - для труб малих діаметрів).

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1000 \cdot 5,4}{3,14 \cdot 1,2}} = 75,7 \text{ мм}$$

За ДСТУ 8936:2019 підбирається труба діаметром 100 мм, що відповідає вимогам пожежної безпеки.

### 3.9.4 Забезпечення будівництва електроенергією

Електроенергія на будівельному майданчику використовується для живлення машин, тобто для виробничих потреб, а також для зовнішнього і внутрішнього освітлення. Вимоги до електропостачання включають забезпечення будівництва необхідною кількістю електричної енергії відповідної якості (напруга, частота), гнучкість електричної схеми (можливість живлення споживачів у всіх зонах будівництва), надійність, безперебійність, мінімізацію витрат на тимчасові установки та зменшення витрат у мережі. Розрахункова потужність трансформатора в кВт визначається за формулою:

$$P_p = \alpha \left( \sum \frac{K_{1c} P_c}{\cos \alpha} \right) + \sum \frac{K_{2c} P_T}{\cos \varphi} + \sum K_{3c} P_{OV} + \sum P_{OH} \quad (3.12)$$

де  $\alpha$  - коефіцієнт, що враховує втрати в мережі залежно від довжини, перетину, ухвалюють 1,05-1,1;

$K_1, K_2$  - коефіцієнти попиту, що залежать від числа споживачів;

$P_c$  - потужність силових споживачів, кВт;

$P_T$  - потужність для технологічних потреб, кВт;

$P_{iv}$  - потужність пристроїв висвітлення внутрішнього, кВт;

$P_{OH}$  - потужність пристроїв висвітлення зовнішнього, кВт;

$\cos \varphi$  - коефіцієнт потужності, що залежить від кількості й завантаження споживачів.

Таблиця 3.9 - Графік потужності установки для виробничих і технологічних потреб.

Найменування робіт і механізмів	Од. вим.	Кількість	Установлювана потужність, кВт	Загальна потужність, кВт
1	2	3	4	5
Баштовий кран	-	1	120	120
ел. Трамб. ПЕ - 4302	-	5	1.6	8
Агрегат З-99	-	1	9.5	9.5
Агрегат зварювальний апарат	-	3	15	45

$$\sum \frac{K_{1C} \cdot P_C}{\cos \varphi} + \sum \frac{K_{2C} \cdot P_T}{\cos \varphi} = \frac{0,35 \cdot 120}{0,5} + \frac{0,25 \cdot 8}{0,3} + \frac{0,25 \cdot 9,5}{0,3} + \frac{0,35 \cdot 45}{0,4} = 140 \text{ кВт}$$

Таблиця 3.10 - Потужність мережі для зовнішнього або внутрішнього висвітлення

№	Споживачі електроенергії	Од. вим, м <sup>2</sup>	Норма освітленості, Вт	Потужність, кВт
1	2	3	4	5
1	Закриті склади	301	1.2	0,361
2	Відкриті склади	100	8	0,8
3	Територія будівництва	4460	0.4	1,8
4	Адміністративні й побутові приміщення	70	15	1,05
5	Душові й туалети	25	10	0,25

$$P_{OB} = 0,361 + 1,05 + 0,25 = 1,66 \text{ кВт}$$

$$P_{OH} = 0,8 + 1,8 = 2,6 \text{ кВт}$$

$$P_p = 1,1(140 + 0,8 \cdot 1,66 + 2,6) = 160 \text{ кВт}$$

## РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ В БУДІВНИЦТВІ

### 4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів на будівельному майданчику.

На будівельному майданчику працівники піддаються впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Шкідливі фактори — це ті умови, які можуть призвести до захворювання або зниження працездатності. До таких факторів належать мікрокліматичні умови, освітлення, шум, вібрація, пил, фізичні навантаження та напруженість трудового процесу. Мікрокліматичні впливи виникають через надто низьку або високу температуру, підвищену або знижену вологість повітря, а також опади, які можуть викликати простудні захворювання та інші проблеми зі здоров'ям. Недостатнє або неправильно організоване природне чи штучне освітлення спричиняє втому, погіршення самопочуття, проблеми із зором, зниження уваги та продуктивності праці, а також підвищує ризик нещасних випадків.

Шум негативно впливає на слухову функцію, викликає стомлення, зниження здатності сприймати звуки під час спілкування, дратівливість, порушення сну та змінює фізіологічні реакції на стрес, погіршуючи психічне і фізичне здоров'я. Джерелами шуму на будівельному майданчику є бетонозмішувачі, бетоноукладачі та роздавальні бункери з вібраторами. Вібрація порушує роботу нервової системи та сенсорних органів, що може призводити до головного болю, запаморочення, порушення сну, зниження працездатності, проблем із серцем і зниження чутливості. Виникає вона під час роботи з бетонозмішувачами, ручним електроінструментом та компресорами. Пил може спричиняти розвиток пневмоконіозу, алергій, хронічних захворювань дихальних шляхів, а також проблеми із зором і шкірою. Його джерелами є риття котлованів, монтаж, обробка та транспортування матеріалів. Надмірні фізичні навантаження, одноманітність дій і відсутність перерв призводять до швидкої стомлюваності та зниження працездатності. Напруженість трудового

процесу створює додаткове навантаження на нервову систему, органи чуттів та емоційну сферу працівника.

Небезпечні виробничі фактори — це ті, що можуть спричинити травми, професійні захворювання, тимчасову або стійку втрату працездатності чи навіть смерть. При оцінці ризику травматизму враховуються всі етапи роботи — підготовка, виконання та завершення. На будівельних майданчиках ці фактори завжди присутні, тому їх слід оцінювати з урахуванням специфіки виконуваних робіт. До небезпечних факторів відносять механічний вплив рухомих предметів, машин або їхніх частин, падіння предметів на працівника або самого працівника, вплив електричного струму від незахищених проводів чи пошкодженого обладнання, а також термічний вплив, пов'язаний із нагріванням або охолодженням елементів устаткування. Найбільш небезпечними зонами є територія поблизу будівель, поверхи, де відбувається монтаж конструкцій, ділянки переміщення машин та устаткування, а також місця підйому вантажів кранами.

Працівники допускаються до роботи лише після проходження вступного та виробничого інструктажу на робочому місці. Вступний інструктаж ознайомлює з виробничим середовищем, правилами внутрішнього розпорядку, технікою безпеки, особистою гігієною, використанням засобів індивідуального захисту, електробезпекою та наданням першої допомоги. Повторний інструктаж проводиться не рідше одного разу на три місяці і забезпечує підтримку знань працівників щодо безпечних методів праці, що особливо важливо на будівництві, де постійно змінюються умови роботи.

При монтажі будівельних конструкцій здійснюється перевірка стану елементів, облаштування риштувань, підготовка елементів до підйому, стропування, підйом, установка, вирівнювання та закріплення конструкцій. Елементи конструкцій та монтажні пристосування слід розміщувати відповідно до будгенплану, з дотриманням огорожень небезпечних зон. Під час монтажу необхідно забезпечити безпеку працівників у зоні дії піднімальних механізмів і виконувати роботи відповідно до технологічних карт і проекту монтажних

робіт. Кран під час установки деталі виконує лише одну операцію, а вантаж заборонено залишати на гаку під час перерви. Рухомі частини будівельних машин повинні бути закриті знімними огороженнями для забезпечення безпеки на майданчику.

На будівельному майданчику працівники піддаються впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів, які можуть спричиняти захворювання, зниження працездатності або травми. До шкідливих факторів відносяться мікрокліматичні умови, освітлення, шум, вібрація, пил, фізичні навантаження та напруженість трудового процесу. Мікрокліматичні впливи виникають через надто низьку або високу температуру, підвищену або знижену вологість повітря, а також опади, які можуть викликати простудні захворювання та інші проблеми зі здоров'ям. Недостатнє або неправильно організоване освітлення спричиняє втому, погіршення самопочуття, проблеми із зором, зниження уваги та продуктивності праці, а також підвищує ризик нещасних випадків.

Шум негативно впливає на слухову функцію, викликає стомлення, дратівливість, порушення сну та змінює фізіологічні реакції на стрес, погіршуючи психічне та фізичне здоров'я. Вібрація порушує роботу нервової системи та сенсорних органів, що може призводити до головного болю, запаморочення, порушення сну, зниження працездатності та проблем із серцем. Пил може спричиняти розвиток пневмоконіозу, алергій, хронічних захворювань дихальних шляхів, а також проблеми із зором і шкірою. Надмірні фізичні навантаження, одноманітність дій та відсутність перерв призводять до швидкої стомлюваності і зниження працездатності, а напруженість трудового процесу створює додаткове навантаження на нервову систему, органи чуттів та емоційну сферу працівника.

Небезпечні виробничі фактори можуть спричиняти травми, професійні захворювання, тимчасову або стійку втрату працездатності та навіть смерть. При оцінці ризику травматизму враховуються всі етапи роботи — підготовка, виконання та завершення. До таких факторів відносяться механічний вплив рухомих предметів, машин або їхніх частин, падіння предметів на працівника

або самого працівника, вплив електричного струму та термічний вплив на обладнання. Особливо небезпечними є території біля будівель, поверхи з монтажними роботами, ділянки переміщення машин і устаткування та місця підйому вантажів кранами.

Для висотних робіт на висоті понад 1,8 метра необхідно використовувати спеціальні засоби захисту від падінь, зокрема поручні, сітки безпеки або індивідуальні страхувальні пристрої. Робота на приставних сходах, будівельних лісах і колисках регламентується окремими правилами техніки безпеки. Працівники повинні застосовувати пояси безпеки, страховочні прив'язі, стропа з карабінами для приєднання до гнучких анкерних ліній. Кожен індивідуальний засіб запобігання падінню повинен перевірятися на цілісність і справність, а кріпильні з'єднання та вузли підлягають обов'язковому контролю.

Заходи з електробезпеки включають захисне заземлення, занулення, вирівнювання потенціалів, застосування малої напруги, ізоляцію струмоведучих частин, захисне відключення, огорожувальні пристрої, попереджувальну сигналізацію, блокування, знаки безпеки та використання засобів захисту і запобіжних пристроїв. Оптимальне освітлення виробничих приміщень забезпечується правильним розміщенням освітлювальних установок, поєднанням природного та штучного освітлення, комбінацією загального та місцевого світла, використанням відповідного типу ламп, регулюванням висоти світильників, регулярним контролем освітленості та обслуговуванням освітлювальних приладів.

Для роботи з хімічними та токсичними речовинами працівникам надають засоби індивідуального захисту, такі як рукавички, респіратори, окуляри та спеціальний одяг, а приміщення періодично провітрюються. При проектуванні будинків передбачають зниження вібрації на джерелі за допомогою малошумного обладнання та підбору режимів роботи, а під час будівництва та експлуатації забезпечується технічна справність обладнання. Для зменшення поширення вібрації застосовуються віброізоляція обладнання,

повітроводів, віброізолюючі майданчики та архітектурно-планувальні та акустичні заходи, а для захисту робітників — спеціальний віброзахисний спецодяг.

Заходи захисту від шуму доповнюються використанням навушників, вкладишів, шоломів, шумозахисних кожухів, екранів і глушників на джерелах шуму. Забезпечення нормального мікроклімату досягається правильним облаштуванням будівельного майданчика та захистом від несприятливих погодних умов і опадів. Для запобігання перевтомі та стомленості працівників роботи організуються за графіком з перервами на відпочинок, а також виконуються бригадами.

#### **4.2 Техніка безпеки при проведенні опалубних робіт**

Роботи з установки й розбиранню опалубки на будівельному майданчику виконують у строгій відповідності із правилами виробництва й приймання робіт і технікою безпеки в будівництві згідно ДБН А.3.2-2-2009.

Однчасне провадження робіт у дві й більш ярусах по одній вертикалі допускається при наявності між ними міжповерхових перекриттів.

До початку монтажу опалубку необхідно обстежити внизу на спец. майданчику.

Скупчення людей на риштованні й опалубці перекриттів не допускається.

Установку розбірно-переставної опалубки на висоті більш 1,5 м від землі або нижчележачого перекриття ведуть із риштовання збірно-розбірних, що мають нагорі майданчик з огороженням висотою не менш 1,1 м.

При роботі без риштовання робітників постачають запобіжними поясами з карабінами й указують місця надійного закріплення запобіжного пояса.

За станом усіх конструкцій риштування, у тому числі з'єднань, кріплень і огорожень, необхідно систематичне спостереження, яке повинен здійснювати, перед початком зміни, майстер, що керує відповідною ділянкою робіт на даному об'єкті.

Установлювати кранами Г-Г- образні секції опалубок і щити великощитовий, можна в тому випадку, якщо елементи становлять тверду систему.

Розбирання опалубки повинна проводитися після досягнення бетоном заданої міцності. Перед початком розбирання опалубки несучих конструкцій потрібно перевірити міцність бетону. Проводиться перевірка на відсутність тріщин і інших дефектів, що можуть спричинити неприпустимі прогини або обвалення конструкції при знятті опалубки.

При розбиранні опалубки необхідно вживати заходів проти падіння елементів опалубки. Обов'язкове стропування елементів опалубки зовнішніх стін до початку демонтажу. При демонтажі об'ємно - переставної опалубки обов'язково дотримувати черговості демонтажу П образних секцій. Після демонтажу однієї П образної секції встановлювати підпірні стійки перекриттів, після чого допускається робити демонтаж другий П образної секції.

Готування й нанесення будь-яких змащень на поверхні опалубки необхідно виконувати в спецодязі із застосуванням засобів індивідуального захисту.

Під час грози й при вітрі силою більш 6 балів роботу на висоті необхідно припинити.

#### **4.3 Техніка безпеки при виробництві арматурних робіт**

На будівельному майданчику працівники піддаються впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів, які можуть спричиняти захворювання, зниження працездатності або травми. До шкідливих факторів відносяться мікрокліматичні умови, освітлення, шум, вібрація, пил, фізичні навантаження та напруженість трудового процесу. Мікрокліматичні впливи виникають через

низьку або високу температуру, підвищену або знижену вологість повітря, а також опади, що можуть викликати простудні захворювання та інші проблеми зі здоров'ям. Недостатнє або неправильно організоване освітлення спричиняє втому, погіршення самопочуття, проблеми із зором, зниження уваги та продуктивності праці, а також підвищує ризик нещасних випадків.

Шум негативно впливає на слухову функцію, викликає стомлення, дратівливість, порушення сну та змінює фізіологічні реакції на стрес, погіршуючи психічне та фізичне здоров'я. Вібрація порушує роботу нервової системи та сенсорних органів, що може призводити до головного болю, запаморочення, порушення сну, зниження працездатності та проблем із серцем. Пил може спричиняти розвиток пневмоконіозу, алергій, хронічних захворювань дихальних шляхів, а також проблеми із зором і шкірою. Надмірні фізичні навантаження, одноманітність дій та відсутність перерв призводять до швидкої стомлюваності і зниження працездатності, а напруженість трудового процесу створює додаткове навантаження на нервову систему, органи чуттів та емоційну сферу працівника.

Небезпечні виробничі фактори можуть спричиняти травми, професійні захворювання, тимчасову або стійку втрату працездатності та навіть смерть. При оцінці ризику травматизму враховуються всі етапи роботи — підготовка, виконання та завершення. До таких факторів відносяться механічний вплив рухомих предметів, машин або їхніх частин, падіння предметів на працівника або самого працівника, вплив електричного струму та термічний вплив на обладнання. Особливо небезпечними є території біля будівель, поверхи з монтажними роботами, ділянки переміщення машин і устаткування та місця підйому вантажів кранами.

Для висотних робіт на висоті понад 1,8 метра необхідно застосовувати спеціальні засоби захисту від падінь, зокрема поручні, сітки безпеки або індивідуальні страхувальні пристрої. Робота на приставних сходах, будівельних лісах і колисках регламентується окремими правилами техніки безпеки. Працівники повинні використовувати пояси безпеки, страховочні прив'язі та

стропи з карабінами для приєднання до анкерних ліній. Кожен індивідуальний засіб запобігання падінню підлягає перевірці на цілісність і справність, а кріпильні з'єднання та вузли обов'язково контролюються.

Роботи з установки й розбирання опалубки виконуються строго відповідно до правил виробництва, приймання робіт та техніки безпеки, передбачених ДБН А.3.2-2-2009. Одночасне ведення робіт у два й більше яруси по одній вертикалі допускається тільки при наявності міжповерхових перекриттів. Перед монтажем опалубку необхідно обстежити на спеціальному майданчику. Скупчення людей на риштованні та опалубці перекриттів не допускається. Установку розбірно-переставної опалубки на висоті понад 1,5 метра ведуть із риштовання, що має огорожений майданчик висотою не менше 1,1 метра. Якщо робота проводиться без риштовання, працівники забезпечуються запобіжними поясами з карабінами, а місця надійного закріплення визначають заздалегідь. Стан усіх конструкцій риштовання, з'єднань, кріплень і огорожень систематично перевіряє майстер перед початком зміни. Крани використовують для установки Г-подібних секцій опалубки та щитів велико-щитової опалубки лише в разі, якщо елементи утворюють тверду систему. Розбирання опалубки проводиться після досягнення бетоном заданої міцності з перевіркою на відсутність тріщин і дефектів, що можуть призвести до неприпустимих прогинів або обвалення. Під час демонтажу необхідно стропувати елементи опалубки зовнішніх стін, дотримувати черговості зняття П-подібних секцій та встановлювати підпирні стійки перекриттів. Нанесення змащень на поверхні опалубки проводиться в спецодязі із застосуванням засобів індивідуального захисту, а під час грози або при вітрі понад 6 балів роботи на висоті припиняються.

Заходи з електробезпеки передбачають захисне заземлення, занулення, вирівнювання потенціалів, застосування малої напруги, ізоляцію струмоведучих частин, захисне відключення, огорожувальні пристрої, сигналізацію, блокування, знаки безпеки та використання засобів захисту і запобіжних пристроїв. Оптимальне освітлення виробничих приміщень

забезпечується правильним розміщенням освітлювальних приладів, поєднанням природного та штучного світла, комбінацією загального і місцевого освітлення, регулюванням висоти світильників, регулярним контролем освітленості та обслуговуванням приладів.

При роботі з хімічними та токсичними речовинами працівники забезпечуються засобами індивідуального захисту, а приміщення періодично провітрюються. Для зниження вібрації застосовуються малошумне обладнання, відповідні режими його роботи, віброізоляція обладнання, повітроводів, майданчики та віброзахисний спецодяг. Захист від шуму забезпечується використанням навушників, вкладишів, шоломів, шумозахисних кожухів, екранів і глушників на джерелах шуму. Нормальний мікроклімат підтримується правильним облаштуванням майданчика та захистом від несприятливих погодних умов. Для запобігання перевтомі та стомленості роботи організуються за графіком із перервами на відпочинок, а також виконуються бригадами.

#### **4.3 Техніка безпеки при проведенні бетонних робіт**

На будівельному майданчику працівники постійно піддаються впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів, які можуть спричинити захворювання, зниження працездатності або травми. До таких факторів відносяться мікрокліматичні умови, освітлення, шум, вібрація, пил, фізичні навантаження та напруженість трудового процесу. Мікрокліматичні умови залежать від температури, вологості повітря та погодних факторів, що можуть викликати простудні захворювання та інші негативні наслідки для здоров'я працівників. Недостатнє або неправильно організоване освітлення знижує продуктивність праці, спричиняє втому та погіршує самопочуття, а також підвищує ризик нещасних випадків.

Шум і вібрація впливають на слухову та нервову систему, можуть викликати дратівливість, порушення сну, головний біль, зниження працездатності та проблеми із серцем. Пил негативно впливає на органи дихання, шкіру та зір, а надмірні фізичні навантаження та одноманітні дії швидко виснажують організм. Напруженість трудового процесу створює додаткове навантаження на нервову систему та емоційну сферу працівника.

Небезпечні фактори включають механічний вплив рухомих предметів, машин та їхніх частин, падіння людей або предметів, вплив електричного струму та термічний вплив. Особливо небезпечними є території біля будівель, поверхи з монтажними роботами, ділянки переміщення машин та місця підйому вантажів кранами. Для висотних робіт на висоті понад 1,8 м працівники повинні використовувати спеціальні засоби захисту від падінь, такі як поручні, сітки безпеки або індивідуальні страхувальні пристрої. Робота на приставних сходах, будівельних лісах і колисках регламентується окремими правилами техніки безпеки.

Роботи з установки й розбирання опалубки виконуються відповідно до правил виробництва і приймання робіт та техніки безпеки, передбачених ДБН А.3.2-2-2009. Перед монтажем опалубку обстежують на спеціальному майданчику, а скупчення людей на риштованні та опалубці перекриттів не допускається. Установку опалубки на висоті понад 1,5 м проводять із риштовання, яке має огорожений майданчик висотою не менше 1,1 м, або із застосуванням індивідуальних запобіжних поясів із визначеними місцями закріплення. Стан усіх конструкцій риштовання, кріплень та огорожень систематично перевіряє майстер перед початком зміни. Розбирання опалубки проводиться після досягнення бетоном заданої міцності з перевіркою на відсутність тріщин і дефектів, а елементи обов'язково стропуються і демонтуються відповідно до черговості. Нанесення змащень на опалубку виконують у спецодязі із засобами індивідуального захисту, а при грозі чи сильному вітрі роботи на висоті припиняють.

Перед початком робіт необхідно перевіряти такелажне обладнання кранів, підйомників і тари відповідно до правил експлуатації. Щодня, перед укладанням бетону в опалубку, оглядають стан тари, опалубки та підмощувальних засобів і усувають виявлені несправності. При використанні бункера для укладання бетону слід контролювати затвор, що повинен щільно закривати вигрузний отвір, забезпечувати порційне вивантаження суміші, вільно обертатися на опорах, не вимагати зусиль більше 60 Н для керування та виключати можливість саморозвантаження. Відстань від дна бункера до поверхні укладання бетону не повинна перевищувати одного метра.

Під час роботи з електровібраторами бетонники повинні бути у справних гумових чоботах і рукавичках. Провід до вібратора має проходити в захисному шлангу, корпус обов'язково заземлюється, а живлення здійснюється низькою напругою 36–42 В. Пристрої ввімкнення повинні бути закритого типу, штепсельні розетки не допускаються, а рубильники — захищені кожухами та заземлені. Вібратори очищають і зберігають на складі після роботи, а мити їх водою заборонено. Робота з вібратором на приставних сходах заборонена, під час переміщення або коротких перерв його необхідно вимикати, а переміщення за живильний провід забороняється.

Заходи електробезпеки передбачають заземлення, занулення, вирівнювання потенціалів, ізоляцію струмоведучих частин, захисне відключення, огороження, сигналізацію, блокування, знаки безпеки та застосування засобів захисту. Для зменшення шуму та вібрації використовують індивідуальні засоби захисту, віброзахисний спецодяг, шумозахисні екрани та кожухи. Забезпечення нормального мікроклімату досягається правильним облаштуванням майданчика та захистом від несприятливих погодних умов, а організація робочого процесу з перервами та роботою бригадами допомагає запобігти перевтомі та стомленості працівників.

#### 4.4 Розрахунок навантаження на риштування для монолітного перекриття

Площа опалубки перекриття -  $368,2 \text{ м}^2$

Маса арматурних виробів -  $13,4 \text{ т}$

Маса бетонної суміші при укладанні, приблизно  $2,4 \text{ т/м}^3$  (середня густина  $2400 \text{ кг/м}^3$ )

Товщина перекриття:  $0,2 \text{ м}$  (для прикладу), об'єм бетонної суміші:

$$368,2 \times 0,2 = 73,64 \text{ м}^3$$

Маса бетону:

$$73,64 \times 2,4 = 176,7 \text{ т}$$

Загальне постійне навантаження (бетон + арматура):

$$176,7 + 13,4 \approx 190,1 \text{ т}$$

Тимчасове навантаження (робітники та інструмент):

$$0,25 \text{ т/м}^2 \times 368,2 \approx 92 \text{ т}$$

Разом розрахункове навантаження на риштування:

$$190,1 + 92 \approx 282,1 \text{ т}$$

Для визначенних навантажень зазвичай використовують сталеве збірно-розбірне риштування (шахтне або рамне).

Максимальне навантаження на  $1 \text{ м}^2$  риштування (стандартні сталеві елементи) – до  $5 \text{ кН/м}^2 \approx 0,5 \text{ т/м}^2$ .

Площа перекриття:  $368,2 \text{ м}^2$

Необхідна кількість площі для стійок:  $368,2 \div 0,5 \approx 736,4$  одиниць навантаження розподіляємо на стійки.

Стандартний крок стійок для перекриттів:  $1,5\text{--}2,0 \text{ м}$  по обох напрямках.

Для перевірки використовуємо відповідну формулу:

Навантаження на одну стійку = Загальне навантаження / кількість стійок

Візьмемо крок  $1,5 \times 1,5 \text{ м}$ , площа на одну стійку =  $2,25 \text{ м}^2$

Нормативне навантаження на  $1 \text{ м}^2$  перекриття  $\approx 4,8 \text{ т/м}^2$  (включаючи бетон і арматуру на момент укладання).

Навантаження на одну стійку:  $2,25 \times 4,8 \approx 10,8 \text{ т}$

Стандартні сталеві стійки риштування витримують 12–15 т, підходить.

Отже: крок стійок:  $1,5 \times 1,5 \text{ м}$

Перед початком монтажу риштування необхідно ретельно перевірити всі його елементи: стійки, горизонтальні балки, з'єднання та підпирні конструкції. Це забезпечує правильне розташування та стабільність конструкції під час робіт.

Забороняється перевантажувати риштування: навантаження на одну стійку не повинно перевищувати розрахункових значень, визначених для конкретного типу риштування.

Стійкість риштування забезпечується його установкою на рівній та міцній основі або із застосуванням підкладок, які запобігають просіданню та перекосу конструкції.

Робочі майданчики риштування повинні бути обладнані надійними огороженнями та настилами. Поручні й щити безпечного настилу захищають працівників від падіння, а відстань між дошками настилу не повинна перевищувати 2 см.

Висота риштування повинна відповідати нормативним вимогам, а роботи на висоті понад 1,8 м виконуються тільки з використанням страхувальних поясів та інших індивідуальних засобів захисту.

Не допускається створення динамічних навантажень на настил риштування: стрибки, пересування важких вантажів у концентрованих точках та інші різкі дії можуть призвести до аварійної ситуації.

Перед початком робіт майстер відповідає за контроль монтажу: перевіряє наявність усіх з'єднань, підпирних балок та кріплень, щоб конструкція була повністю готова до експлуатації.

Риштування підлягає регулярній інспекції: перевірка проводиться щодня перед початком зміни, особливо після сильного вітру, дощу чи інших несприятливих погодних умов.

Працівники, які виконують роботи на риштуванні, повинні обов'язково користуватися засобами індивідуального захисту: касками, страховочними поясами, рукавичками та спеціальним взуттям.

## РОЗДІЛ 5. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

### **5.1 Аналіз останніх наукових підходів і висновків щодо впливу динамічних навантажень, вибухових імпульсів та пульсаційної складової вітру на каркаси монолітних будівель.**

Сучасні дослідження [18-25] показують, що вибухові імпульси й пульсаційні вітрові зусилля принципово різняться за своїм характером і наслідками для конструкцій. Вибухи дають короткотривалі, але інтенсивні імпульси тиску: їхня форма (амплітуда, тривалість позитивної фази та загальна «форма» імпульсу) вирішально впливає на те, чи буде ушкодження локальним — наприклад пробоем або відшаруванням поверхневого шару бетону — чи глобальним, що може призвести до значних деформацій або прогресуючого руйнування. У таких умовах особливо важливо моделювати матеріали в їхній нелінійній поведінці при високих швидкостях деформації, враховувати можливість спалінгу і перфорації плит та колон і перевіряти резервні несучі шляхи, щоб уникнути каскадного обвалу.

Пульсаційна складова вітру є стохастичною, широкосмуговою і може викликати як постійні низькочастотні коливання, так і короткі пориви, які розвивають високі піки навантаження. Для каркасів монолітних будівель тут важливі спектральні характеристики навантаження, рівні турбулентності та кореляція у часі: у багатьох випадках прості квазістатичні методи з фактором пориву недооцінюють пік-відповідь конструкції, особливо при резонансі. Тому сучасна практика все частіше переходить до time-history аналізу й статистичного моделювання вітру, а для критичних фасадних і аеродинамічно складних елементів застосовують CFD-coupled або інші методи взаємодії потоку і конструкції.

Щодо методології, у наукових роботах і інженерній практиці популярний багаторівневий підхід: аналітичні формули та емпіричні методики для попередньої оцінки (наприклад, для вибухових сценаріїв — розрахунки за

scaled distance або TNT-еквівалентами, для вітру — gust-factor/PSD-підходи), а далі — детальне нелінійне скінченне-елементне моделювання з матеріальними законами, які враховують руйнування бетону і пластичність арматури. Для імпульсних навантажень зазвичай застосовують explicit-солвери, а для вітрових задач — або спектральні/часові симуляції, або FSI-моделі, коли аеродинаміка грає вирішальну роль. Валідація чисельних моделей експериментами й польовими вимірюваннями залишається необхідною частиною процесу.

Що стосується заходів захисту і підсилення, останні дослідження демонструють ефективність локального підсилення: застосування CFRP-стрічок і обшивки, використання високопродуктивних та ультра-високоміцних бетонів (UHPFRC) у критичних зонах, збільшення арматури в зонах очікуваних концентрацій напруг, а також проєктування конструкцій з урахуванням резервних шляхів передачі навантаження. Для боротьби з негативними ефектами вітру рекомендують архітектурно-аеродинамічні заходи (зміна форми, щитки), а також механічні засоби демпфування для зниження амплітуд коливань і підвищення комфорту експлуатації.

Разом з тим у науковій спільноті виділяють кілька важливих прогалин. Поєднані сценарії — наприклад, коли вибух або удар приходить на конструкцію вже ослаблену тривалим вітровим навантаженням або корозією — ще недостатньо вивчені. Потрібні більш уніфіковані стохастичні підходи, які дозволяють одночасно враховувати невизначеності у навантаженні, матеріалі й геометрії. Також потребує розвитку ефективне моделювання FSI для складних фасадів і економніші методи для практичного проєктування, бо CFD-роки ресурсоємні. Нарешті, зміни клімату і зростання частоти екстремальних вітрових подій роблять необхідним оновлення сценаріїв розрахунків і норм.

Для практичних інженерів найкорисніші рекомендації такі: починати з чіткого визначення сценаріїв і форм навантаження (форма blast-імпульсу або спектр/реалізації вітрових поривів), застосовувати багатоетапний робочий процес (швидка аналітика → детальна нелінійна модель → стохастична/чутлива оцінка → експеримент), приділяти особливу увагу локальним ушкодженням і

зв'язкам конструкції, використовувати локальне підсилення критичних зон і впроваджувати моніторинг (анемометри, прискорювачі) для валідації моделей і коригування заходів захисту. Такий підхід дозволяє отримати збалансоване рішення між безпекою, економікою й експлуатаційною придатністю монолітного каркасу в умовах сучасних і майбутніх динамічних навантажень.

## **5.2 Порівняння світових підходів з підходами прийнятими у нормативних документах України, щодо дослідження ударних і пульсаційних складових на каркаси будівель**

### **5.2.1 Вибухові навантаження (ударна складова)**

Світовий підхід. У міжнародній практиці все більше уваги приділяється впливу вибухів на будівлі через загрози тероризму, аварії та військові дії. Вибухове навантаження має короткочасний імпульсний характер з дуже високими піковими тисками, які значно перевищують типові розрахункові навантаження, хоч і діють долі секунди. Така ударна природа вибуху здатна викликати значні пошкодження або навіть частковий обвал конструкцій, тому інженери змушені застосовувати спеціальні методи аналізу (чисельне моделювання, аналітичні оцінки, експерименти) для оцінки стійкості будівель до вибухів. Дослідження показують, що вибухові навантаження спричиняють набагато більші переміщення та зусилля, ніж традиційні вітрові чи сейсмічні дії. Зокрема, в роботі Habib et al. (2021) встановлено, що максимальні переміщення каркасу під дією вибуху майже вдвічі перевищують переміщення від розрахункових сейсмічних + вітрових навантажень, а найбільші кутові деформації (дрейфи) – більш ніж у 2,3 рази.

Це вказує, що конструкції, спроектовані лише за звичайними нормами, можуть не витримати близьких вибухів без додаткових заходів захисту. Тому у світі розроблено спеціальні підходи для врахування вибухів: публікуються оглядові роботи, що узагальнюють поведінку елементів ЗБК при вибухах, а

також створено нормативні документи на кшталт військового стандарту UFC 3-340-02 (США) чи рекомендації Єврокодів для випадкових впливів, які пропонують методики оцінки вибухостійкості. Практичний підхід включає концепцію проектування на прогресуюче обвалення: після серії трагедій (Оклахома-Сіті 1995, Всесвітній торговий центр 2001 тощо) стало очевидно, що будівлі повинні мати запас міцності на випадок вибухового вилучення опорних елементів. Зокрема, аналіз цих подій показав необхідність прямих вимог у нормах щодо зв'язності та жорсткості каркасу, аби запобігти прогресуючому обрушенню при вибуху.

У дослідженні Yagob et al. (2009) наголошено, що вибухи є однією з основних причин прогресуючих обвалень, і сучасні норми повинні явно враховувати цей феномен задля безпеки та зменшення ризиків. Світові дослідження також охоплюють експерименти з реальними вибухами: випробування залізобетонних плит, балок, колон показали вплив відстані та маси заряду на характер руйнувань (від локального відшарування до повного пробиття). Наприклад, збільшення дистанції від вибуху суттєво зменшує піковий тиск на елемент, а застосування високоякісних матеріалів (високоміцний бетон, фібровмісний бетон тощо) підвищує опір вибуху

Окремий напрям – зміцнення існуючих конструкцій: було експериментально доведено, що обгортання колон композитними матеріалами (наприклад, вуглепластиком CFRP) значно підвищує їх вибухостійкість. Зокрема, укріплення залізобетонної колони CFRP-поясами дозволило зменшити максимальні прогини і залишкові деформації, підвищити її витривалість до пошкоджень та запобігти утворенню вторинних уламків бетону. Збільшення товщини CFRP-покриття додатково підвищує пластичність колони, хоча й може змінити характер її руйнування.

Такі заходи рекомендовані для критичних споруд, що потребують захисту від вибухів.

Світові дослідження вибухових навантажень дедалі частіше комбінують фізичні експерименти з чисельними моделями для оцінки пошкоджень.

Наприклад, у роботі Xu et al. (2023) проведено серію близьких підривів залізобетонних балок, і встановлено, що при повторних вибухах навіть незначні зміни параметрів (масштабної відстані) суттєво впливають на ступінь пошкодження елементів.

Це підкреслює складність точної оцінки накопичених ушкоджень від багаторазових ударних впливів.

Вітчизняний підхід. В Україні до недавнього часу вибухові навантаження не були типовими для цивільного будівництва (окрім проектування захисних споруд цивільної оборони), тому в нормативних документах вони майже не регламентувалися. Однак сучасні реалії (бойові дії, терористичні загрози) вимагають врахування ударних хвиль при аналізі будівель. Українські науковці оперативно переймають світовий досвід і розробляють рекомендації для практиків. Зокрема, серія робіт 2024–2025 років присвячена моделюванню впливу вибухів на конструкції із використанням доступних програмних засобів. У дослідженні Кархута та Лучка (2025) наголошено, що математичне моделювання є наразі основним методом оцінки міцності залізобетонних конструкцій під дією динамічних аварійних навантажень. Для таких екстремальних випадків, як удар автомобіля, падіння літака чи близький вибух на споруді, експериментальні методи практично недоступні – тож чисельний розрахунок залишається єдиним реальним способом оцінити напружено-деформований стан (НДС) конструкцій.

Автори описують алгоритми явного та неявного інтегрування динамічних рівнянь, реалізовані в середовищі LS-DYNA, та показують переваги/недоліки кожного підходу для моделювання ударних взаємодій.

Інші українські роботи зосереджені на прикладному моделюванні вибухів у інженерних програмах, що широко використовуються в проєктних організаціях. Так, Максименко та ін. (2024) досліджували методику врахування повітряної ударної хвилі у розрахунках будівель за допомогою програмного комплексу ЛІРА-САПР. Описано відмінності між вибуховими впливами та звичайними навантаженнями, детально розглянуто визначення параметрів

ударної хвилі (пікового тиску, тривалості, імпульсу) та їх розподілу по конструкції.

Вказано, що сценарій вибуху можна змоделювати прямим динамічним методом, розбивши вибухове навантаження на часовий графік тиску і прикладаючи його до елементів споруди.

Зокрема, у програмі ЛІРА-ФЕМ продемонстровано призначення імпульсних навантажень на стіни будівлі з різних боків вибуху (фронтальні, бічні, тильні) та на покриття, з урахуванням просторового загасання хвилі.

Використовуючи модуль “Динаміка в часі” (прямого крокування за часом), дослідники отримали картину розвитку напружень і деформацій в елементах каркасу при проходженні вибухової хвилі та оцінили ступінь їх пошкодження.

Важливо, що українські фахівці спираються і на зарубіжні нормативні напрацювання для калібрування своїх моделей. У розрахунках часто застосовуються рекомендації НАТО/США (UFC) чи положення Єврокодів щодо вибухів, аби правильно задати параметри навантаження. Наприклад, методики визначення тиску і імпульсу вибухової хвилі беруться зі спеціалізованих довідників та нормативів, оскільки національні будівельні норми прямого алгоритму не містять. Окремо слід відзначити дослідження впливу вибухів на підземні захисні споруди. Поляков і Лапенко (2025) виконали чисельний аналіз вибухової хвилі на заглиблені сховища цивільного захисту з використанням пакету ANSYS Autodyn.

### **5.2.2 Вітрові навантаження (пульсаційна складова)**

Світовий підхід. Вітрове навантаження на високі будівлі має дві компоненти – статичну (середній тиск від усередненої швидкості вітру) та пульсаційну (флуктуації тиску від поривів). У світі напрацьовано розвинені методи оцінки цих складових, зокрема через аеродинамічні труби та чисельне моделювання турбулентності. Кодові норми (ASCE 7, Єврокод 1 тощо) вводять

коефіцієнти поривчастості (gust factors) для врахування пульсацій, однак останні дослідження виявляють можливі неточності цих спрощень для різних типів будівель. Наприклад, Wang & Kopp (2021) проаналізували вітровий тиск на навітряні стіни жорстких будівель різної висотності (співвідношення сторін) на основі даних випробувань 58 моделей.

З'ясовано, що статистичні характеристики тиску (скос, ексцес, піковий фактор) істотно залежать від аспектного відношення висоти до ширини будівлі  $H/B$ .

З ростом стрункості ( $H/B > 6$ ) розподіл тиску на великій площі стіни наближається до гаусового, а для низьких будівель ( $H/B < 1$ ) потужні підковоподібні вихри біля основи впливають на енергію пульсацій.

Важливим висновком стало те, що емпірична модель коефіцієнта пориву в американському стандарті ASCE 7-16 добре працює для високих каркасів, але недостатньо точна для низьких будівель саме через додаткову турбулентність від підшовного вихору.

Отже, світові дослідники пропонують удосконалити розрахункові методики для низько- та середньоповерхових споруд, щоб точніше врахувати пульсаційний компонент вітру. Інший актуальний напрям – вивчення нестационарних штормових вітрів (наприклад, шквалів під час гроз). Стандартні моделі припускають стаціонарність вітру, але короточасні буревії мають інший спектр поривів. У роботі Zhao, Ge & Kopp (2022) спеціально досліджено поривні коефіцієнти для шквалових вітрів (downburst) і методи декомпозиції вітрової швидкості на середню та пульсаційну компоненти.

Це дослідження показало, що методики, напрацьовані для нормальних вітрів, треба коригувати для грозових умов – зокрема, інші пікові коефіцієнти та тривалості поривів. Загалом, глобальний підхід до вітрового впливу нині переходить від суто квазистатичного (коефіцієнтного) моделювання до детермінованого часового аналізу. Застосування чисельної аероеластичної симуляції та генерування штучних вітрових реалізацій дозволяє виконувати історії часу вітрового навантаження для конкретної будівлі. Це лежить в основі

концепції Performance-Based Wind Design (PBWD) – багаторівневого проектування на вітер за критеріями ефективності. Якщо традиційно вітрові норми вимагають залишатися в пружній області (елементи не повинні текти під дією розрахункового вітру), то сучасні дослідники пропонують допустити контрольовану пластичність у надзвичайних вітрових ситуаціях, за аналогією з сейсмічним підходом.

Jeong et al. (2021) відзначають, що на відміну від сейсміки, де давно впроваджено коефіцієнти редукції  $R$  і концепцію рівнів впливу, у вітровому проектуванні практично відсутні нормативні механізми для пластичної роботи конструкцій.

Вітрові вимоги часто задають настільки великі навантаження для високих будівель, що каркаси перевищують необхідну жорсткість і міцність (щоб залишатися пружними), що, у свою чергу, ускладнює їх сейсмічну оптимізацію.

Тому в світі розробляються підходи PBWD: генеруються штучні реалізації вітрового тиску за спектрами для часових розрахунків, вводяться коефіцієнти аналогічно сейсмічним, щоб врахувати допустиму нелінійність при екстремальних вітрах.

Вже є приклади проєктів, де висотну будівлю перевіряють за нелінійним час-історичним вітровим навантаженням: порівнюються прогини і пошкодження при різних рівнях (1, 2, 3) для оцінки, чи відповідає конструкція заданим рівням працездатності.

Ці дослідження прокладають шлях до оновлення міжнародних норм, аби високі будівлі проєктувалися одночасно економними та безпечними і при землетрусах, і при сильних вітрах.

### **5.2.3 Сейсмічні навантаження**

Сейсмічний вплив (землетрус) – це динамічне навантаження, яке має як ударні імпульси, так і пульсаційні коливання ґрунту. За десятиліття досвіду у світі сформовано зрілу систему сейсмічного проєктування: від простих

розрахунків за спектрами відгуку до повноцінного Performance-Based Seismic Design (PBSD). Міжнародні норми (наприклад, Eurocode 8, IBC/ASCE 7 в США) вимагають, щоб будівлі витримували землетруси певної інтенсивності з контрольованими пошкодженнями (граничні стани негайної експлуатації, запобігання обваленню тощо). Глобальний підхід дозволяє пластичні деформації конструкцій під час сильного землетрусу – за рахунок введення коефіцієнтів поведінки  $q$  або  $R$  (редукції навантаження на пружний спектр). Це означає, що конструкція може пережити ударні поштовхи, частково руйнуючись (утворення шарнірів, тріщин), але без колапсу. Світові тенденції зараз спрямовані на більш точне прогнозування напружено-деформованого стану будівель при землетрусах через нелінійні часові аналізи, а також на мультифакторні сценарії (наприклад, поєднання землетрусу з вибухом чи пожежею). Окремий напрям – забезпечення сейсмічної стійкості через системи контролю: сейсмоізоляцію фундаментів, встановлення гасителів коливань, використання високодуктильних матеріалів. У дослідженнях все ширше застосовуються чисельні моделі для оцінки прогресуючого руйнування від послідовних сильних поштовхів, моделювання динаміки руйнування каркасу. Хоча сейсміка – традиційно досліджена тема, нові великомасштабні випробування (такі як на шейк-столах) і аналіз величезних масивів даних (через штучний інтелект) дозволяють краще врахувати як ударну, так і пульсуючу складові руху ґрунту. Наприклад, нерегулярні одиночні імпульси (pulse-type ground motions) можуть спричинити надзвичайно великі вимоги до пластичної деформацій в конструкціях – це враховується в сучасних підходах шляхом окремого розгляду таких імпульсних записів при перевірці будівель (як це робиться в деяких рекомендаціях PEER для висотних будівель на розломах). Загалом, глобальний підхід до сейсмічних навантажень нині характеризується переходом від лише нормативного лінійного розрахунку до детального моделювання поведінки конструкції аж до руйнування, що дозволяє проектувати більш надійні та економічні будівлі.

Україна є регіоном з помірною сейсмічністю (найбільш сейсмоактивні – Крим, Закарпаття, Одеса), тому національні норми історично запозичували рішення у радянських СНІП та європейських норм. Чинний ДБН В.1.1-12:2014 встановлює сейсмічні райони, розрахункові бали та методи розрахунку – переважно методом спектрального аналізу або еквівалентного статичного навантаження. Український підхід у проектуванні на землетрус подібний до єврокодового: вводиться коефіцієнт  $K_1$  (аналогічний  $q$ ) для врахування пластичності конструкції, що дозволяє розрахувати зменшені еквівалентні сейсмічні сили. Таким чином, як і в світовій практиці, конструкції в Україні допускаються до пластичної роботи при сильних землетрусах, аби поглинути енергію без обвалення. Відмінність у тому, що виконання нелінійних аналізів поки не є обов'язковим – інженери керуються спрощеними спектральними методами. Проте великі проектні інститути та науковці проводять дослідження із застосуванням сучасних програм (тієї ж LS-DYNA, ABAQUS, Lusas) для оцінки поведінки конструкцій в умовах сейсмічних ударів. Особливо це стосується складних об'єктів: мостів, ГЕС, висотних каркасів у Києві та Дніпрі. Українські дослідження у цій галузі часто перетинаються з тематикою прогресуючого обвалення та вибухостійкості, адже всі ці явища – різновиди динамічних впливів. Наприклад, автори Yagob et al. (2009) відзначали, що надійне сполучення елементів (ефективні зв'язі, хомутування колон тощо) за британським кодом дозволило будівлі в Саудівській Аравії уникнути обвалу при вибуху.

Аналогічно, сучасні українські норми з сейсміки вимагають вузлів з підвищеною в'язкістю, армування з анкеруванням для колон і стін – ці вимоги теж спрямовані на запобігання обваленню при будь-якому екстремальному впливі, чи то землетрус, чи вибух. В цілому, можна сказати, що український підхід до сейсмічних навантажень відповідає світовому рівню на початок 2000-х: базові принципи враховані, але прогресивні методи (PBSD, оцінка пошкоджень після землетрусу, багатоциклові впливи) лише починають впроваджуватися у дослідженнях і ще не закріплені нормативно. З огляду на

глобальні тенденції, варто очікувати поступового оновлення і національних норм з урахуванням сучасних критеріїв сейсмічного ризику.

### **5.3 Чисельне моделювання та програмні засоби**

І світові, і українські дослідники сходяться на думці, що аналіз ударних і пульсаційних навантажень неможливий без потужних інструментів чисельного моделювання. Світові підходи історично спиралися на експерименти (вибухові полігони, аеродинамічні труби, сейсмічні стенди), але сьогодні дедалі більше доповнюються чи навіть замінюються обчислювальними експериментами. Розвиток методу скінченних елементів (МСЕ) і висока продуктивність комп'ютерів дозволили моделювати складні динамічні процеси з високою точністю. Наприклад, при дослідженні вибухів часто використовують програмні комплекси типу LS-DYNA, AUTODYN, ABAQUS Explicit, які реалізують явні алгоритми інтегрування для вибухових хвиль. Це дозволяє відстежити поширення ударної хвилі, утворення тріщин у бетоні, пластичні шарніри в арматурі тощо. У наведеній вище роботі Yan et al. (2020) з випробування CFRP-укріплених колон, чисельне моделювання в LS-DYNA доповнило експеримент – автори застосували нелінійні одно- та багатовимірні моделі для передбачення реакції колон і виконали параметричні дослідження (змінюючи товщину CFRP, якість анкерів, осьове навантаження тощо).

Такі чисельні експерименти дають глибше розуміння поведінки конструкцій за різних сценаріїв, що фізично не завжди можна відтворити. У галузі вітрових впливів поширене використання CFD-моделювання (наприклад, вирішування рівнянь Нав'є-Стокса для турбулентного потоку навколо будівлі) та генерація штучних вітрових рядів, узгоджених з заданим спектром. Для сейсміки розроблені програми, що дозволяють здійснювати покроковий аналіз конструкції при довільних прискореннях основи, з урахуванням фізичної та геометричної нелінійності (OpenSees, Ruaumoko, Perform-3D тощо). Останнім часом у світових дослідженнях з'являються елементи машинного навчання:

великі вибірки даних, отримані шляхом чисельного моделювання вибухів та землетрусів, використовують для навчання нейромереж, які потім здатні миттєво оцінювати ступінь пошкоджень конструкції за заданих параметрів впливу.

Таким чином, світовий досвід пропонує комплекс інструментів – від високоточної симуляції до штучного інтелекту – для прогнозування поведінки конструкцій під дією екстремальних навантажень.

Українські реалії чисельного моделювання динаміки конструкцій наразі також на високому рівні, хоча й мають свою специфіку. З одного боку, наукові установи і великі проєктні організації володіють сучасними програмами (тією ж LS-DYNA, ANSYS, ABAQUS) і застосовують їх у дослідженнях вибухостійкості та сейсмостійкості.

З іншого боку, широкому загалу інженерів більш звичними є локальні програмні комплекси на кшталт ЛІРА-САПР (LIRA-FEM) або SCAD. Тому вітчизняні дослідники намагаються адаптувати методики оцінки динамічних впливів під ці інструменти, щоб результати можна було впровадити безпосередньо у практику. Як уже згадувалося, у роботах 2024 року (Максименко та ін., Барабаш та ін.) детально розписано, як у середовищі ЛІРА задати вибухове навантаження у формі часової залежності тиску.

Вказано алгоритм дій: обчислення параметрів ударної хвилі за емпіричними формулами, дискретизація імпульсу на кроки часу, внесення цих навантажень як спеціального навантаження в модель та виконання прямого динамічного аналізу. Навіть розглянуто практичні аспекти – наприклад, як розподілити тиск на різні стіни залежно від кута падіння хвилі, або як інтерпретувати результати (графіки історії прогинів, пошкоджень) в інтерфейсі ЛІРА.

Таким чином, українські фахівці фактично створюють методичні посібники для своїх колег, як користуватися наявним софтом для складних динамічних задач. Важливо, що валідність таких чисельних підходів

підтверджується посиланнями на зарубіжні дослідження та фундаментальні положення механіки деформівного тіла.

Тобто моделі, побудовані в українських роботах, перевіряються на відповідність фізичним експериментам (якщо такі доступні) чи вже відомим теоретичним розв'язкам. Наприклад, результати чисельного «експерименту» в LS-DYNA для удару твердого тіла по залізобетонній плиті були зіставлені з даними інших дослідників – і збіг підтвердив адекватність моделі.

Українські науковці також тісно співпрацюють з розробниками програмного забезпечення. Компанія-розробник ЛІРА САПР залучена до таких досліджень (деякі автори публікацій – співробітники ЛІРА, як Марина Ромашкіна чи Олексій Журавльов у роботі 2024 року), що дозволяє вдосконалювати сам софт під нові задачі. Зокрема, реалізація модуля “Dynamic Impact” або покращення алгоритмів контакту та пластичності – все це може стати результатом таких досліджень. В підсумку, сьогодні в Україні сформувалося активне середовище з моделювання екстремальних навантажень: використовуються як світові інструменти (для наукової точності), так і локальні (для доступності впровадження), а отримані знання поширюються через публікації й семінари для практичних інженерів. Це сприяє поступовому підвищенню надійності будівельних конструкцій перед обличчям ударних та пульсаційних впливів будь-якого походження.

#### **5.4 Нормативне забезпечення та аналіз НДС конструкцій**

Світові будівельні кодекси вже багато років містять положення про динамічні навантаження. Сейсмічні норми регламентують розрахунок на землетрус (з використанням розрахункових спектрів чи акселерограм, коефіцієнтів пластичності тощо), вітрові – задають середньостатистичні та поривні тиски з відповідними коефіцієнтами, а ось вибухові впливи найчастіше віднесені до випадкових особливих навантажень. Наприклад, Єврокод 1-1-7 Accidental Actions містить загальні вимоги щодо забезпечення стійкості

будівель при вибухах газу, транспортних ударах і т.д., але без детальних параметрів вибухової хвилі. У свою чергу, спеціалізовані норми на кшталт згаданого UFC 3-340-02 (США) чи рекомендацій НАТО дають конкретні методики розрахунку будівель на вибух: від визначення надлишкового тиску залежно від відстані і маси заряду до критеріїв пробиття стін уламками.

Таблиця 5.1 - Аналіз підходів до розрахунків пульсаційних складових вітру як навантажень на каркас будівлі в різних країнах

Країна/Region	Ключові норми	Метод розрахунку пульсацій	Інтеграція з ударними хвилями	Переваги	Недоліки
США	ASCE 7, UFC	Gust factors, time-history, PBWD	Explicit-солвери (LS-DYNA)	Дозволяє пластичність, точний для високих будівель	Ресурсоемний для низьких споруд
ЄС	Eurocode 1, 8	Спектральний аналіз, CFD-FSI	Багаторівневий (емпірика + нелінійне моделювання)	Уніфікований, враховує місцевість	Недооцінює резонанс у спрощених методах
Україна	ДБН В.1.2-2	Gust factors, динамічний аналіз у ЛІРА	Емпіричні формули з UFC, time-history	Доступний, гармонізований з ЄС	Обмежена стохастика, брак PBWD
Інші (Китай, UK)	Відомчі стандарти	Експерименти + моделювання	CFRP-підсилення, ANSYS	Фокус на експериментах	Менш уніфіковані

В Україні базовим документом з навантажень є ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи», який встановлює нормативні значення вітрового тиску, снігового, температурного, а також містить розділ про особливі навантаження (вибухи, пожежі). Однак ці положення мають характер загальних вказівок. На практиці для об'єктів, де вибуховий вплив є проектною ситуацією (наприклад, вибухонебезпечні виробництва або захисні споруди), використовувалися відомчі інструкції та довідкові дані. Наразі, під впливом військових реалій, можна очікувати появи оновлених державних стандартів або норм, що регламентують саме стійкість будівель при вибухах чи ударах. Як було розглянуто, українські вчені вже зараз пропонують внести зміни до методик проектування: збільшувати запаси міцності, застосовувати більш в'язкі з'єднання (щоб поглинали енергію), перевіряти альтернативні шляхи передачі навантаження на випадок руйнування окремих елементів (концепція захисту від прогресуючого обвалення).

У вітровому нормуванні України проглядається поступова гармонізація з Єврокодами – з часом можна очікувати впровадження більш диференційованих підходів до поривів (можливо, окремі коефіцієнти для різних типів місцевості чи врахування несподіваних поривів типу шквалу). В сейсмічному нормуванні Україна вже близька до міжнародних стандартів по суті, але відстає за форматом performance-based: поки що в ДБН задано лише дві категорії будівель за наслідками, і один рівень землетрусу для розрахунку, тоді як у світі проєктують на кілька рівнів інтенсивності (частий – без пошкоджень, рідкісний – без обвалення). Ці вдосконалення ймовірно будуть враховані при наступних переглядах нормативів.

Окремо слід підкреслити, що і в світових, і в українських підходах кінцева мета – оцінити НДС конструкції під дією динамічних навантажень, аби визначити, чи витримає вона їх без катастрофічних пошкоджень. Світові дослідження зазвичай характеризують стан конструкції через критерії пошкодження: прогини, кривизну, ширину розкриття тріщин, індекси пошкодження елементів. Наприклад, для залізобетонних балок під вибухом визначають відносний показник пошкодження (damage index) за залишковою міцністю після вибуху.

Якщо цей індекс перевищує поріг, елемент вважається непридатним. Важливо, що динамічний характер навантаження означає дуже нерівномірний НДС – ударна хвиля може спричинити локальні концентрації напружень, пластичні шарніри тощо. Тому глобальні підходи все частіше передбачають нелінійний розрахунок у часі, який дає повну картину розвитку напружень і деформацій на кожному кроці. Українські дослідження НДС також ґрунтуються на таких розрахунках. У роботі Кархута (2025) підкреслено, що правильний вибір моделей матеріалу і критеріїв руйнування, підтверджений валідацією, забезпечує достовірність чисельного експерименту, і отримані таким шляхом напруження/деформації добре узгоджуються з реальними механічними принципами та даними інших дослідників.

Тобто, українські вчені приділяють увагу тому, щоб їх розрахункові оцінки НДС були фізично обґрунтованими. Практичний аналіз НДС конструкцій при вибухових, вітрових і сейсмічних діях в Україні наразі здійснюється, як правило, в рамках існуючих норм міцності: перевіряються напруження в арматурі, прогини балок, стійкість елементів до втрати несучої здатності. При цьому результати наукових досліджень (наприклад, поля напружень від вибуху, отримані в LS-DYNA чи LIRA) допомагають виявити “слабкі місця” конструкції, які потребують підсилення. Наприклад, якщо чисельний аналіз показує концентрацію пластичних деформацій в певному вузлі каркасу при імпульсному навантаженні, то в проєкті можуть передбачити додаткові ребра жорсткості або використати кращий бетон в тому вузлі. Таким чином, порівнюючи світові та українські підходи до оцінки НДС, можна сказати, що мета спільна – гарантувати, що напруження не перевищать гранично допустимі, а деформації залишаться в межах, при яких конструкція зберігає цілісність. Шляхи досягнення цієї мети трохи різняться: світова спільнота має більше емпіричних даних і формалізованих критеріїв пошкоджень (напр., критерії пластичної ротації шарнірів, енергетичні критерії тощо), тоді як українська школа спирається більше на класичні запаси міцності і поступово впроваджує ці критерії через науку. Проте вже зараз спостерігається вирівнювання підходів: результати чисельного аналізу НДС, виконані українськими дослідниками, публікуються в міжнародних журналах і визнаються на світовому рівні, а отже, методи та висновки є взаємозрозумілими. Це створює підґрунтя для оновлення стандартів і практики проєктування будівельних конструкцій в Україні з урахуванням найкращих світових досягнень у галузі динаміки та міцності споруд.

Динамічні навантаження на каркаси будівель включають пульсаційну складову вітру (стохастичні пориви, що викликають коливання), ударні хвилі (від вибухів, короткочасні імпульси) та сейсмічні впливи (коливання ґрунту з ударними компонентами). Ці навантаження розраховуються за національними та міжнародними нормами, які відрізняються за методами (квазістатичні,

спектральні, time-history), врахуванням стохастичності та інтеграцією з іншими факторами (наприклад, кліматичні зміни).

Нижче представлені типові підходи в ключових країнах/регіонах на основі актуальних стандартів станом на 2025 рік (з урахуванням оновлень, таких як ASCE 7-22, Eurocode оновлення, тощо). Дані базуються на порівняльних аналізах норм, включаючи сейсмічні (response spectrum), вітрові (gust factors) та вибухові (scaled distance) розрахунки. Для вибухових навантажень норми менш уніфіковані, часто військові або загальні для випадкових дій.

Інформація структурована за типами навантажень. Основні джерела: ASCE 7 (США), Eurocode 1/8 (ЄС), ДБН В.1.2-2:2006 та В.1.1-12:2014 (Україна), GB 50009-2012 (Китай), Building Standard Law та AIJ guidelines (Японія), IS 875 та IS 1893 (Індія).

Таблиця 5.2 - Пульсаційна складова вітру

Країна/Регіон	Стандарт	Типовий підхід	Ключові особливості
США	ASCE 7-22	Gust effect factors ( $G=0.85-1.0$ для жорстких будівель); directional/envelope methods для тиску. Для високих ( $>60$ м) — wind tunnel testing або PBWD (performance-based wind design) з time-history.	Врахування турбулентності за типом місцевості (A-D); оновлення 2022: краща інтеграція з кліматичними змінами (зростання швидкостей на 10-20%).
ЄС	Eurocode 1 (EN 1991-1-4)	Dynamic factor ( $c_d$ ) для пульсацій; spectrum analysis для резонансу. CFD для FSI (fluid-structure interaction).	Диференціація за типом місцевості (0-IV); gust factors 1.0-1.5; оновлення 2023: врахування нестационарних вітрів (шквали).
Україна	ДБН В.1.2-2:2006	Gust factors (1.1-1.4); для будівель $>200$ м — динамічний аналіз, якщо $C_d >1.2$ . Time-history в ЛПА-САПР.	Гармонізовано з Eurocode; врахування вітрових районів (1-7); оновлення 2024: акцент на кліматичні зміни.
Китай	GB 50009-2012	Shape factors ( $\mu_s$ ) та gust factors ( $\beta=1.1-1.5$ ); spectrum method для високих споруд.	Врахування тайфунів; оновлення 2024: інтеграція з CFD для мегаполісів.
Японія	AIJ Wind Load Guidelines (2015, оновлено 2023) / Building Standard Law	Along-wind & across-wind loads; gust factors з wind tunnel data.	Фокус на тайфунах; динамічний аналіз для хмарочосів ( $>200$ м); AIJ-RLB для response spectrum.
Індія	IS 875 (Part 3):2015	Gust factors ( $k_2=1.05-1.15$ ); hourly mean wind speed.	Зони 1-6; оновлення 2023: краща стохастика для циклонів.

Розрахунок ударних хвиль (вибухів) фокусується на піковому тиску та імпульсі; норми часто військові, з емпіричними формулами (TNT-еквівалент).

Таблиця 5.3 - Ударні хвилі (вибухи)

Країна/Регіон	Стандарт	Типовий підхід	Ключові особливості
США	UFC 3-340-02 (2008, оновлено 2014)	Scaled distance ( $Z=R/W^{1/3}$ ); explicit динаміка для response. SDOF/MDOF моделі.	Детальні криві тиску (Kingery-Bulmash); для military/critical facilities; оновлення 2025: AI для multi-blast.
ЄС	Eurocode 1-1-7 (EN 1991-1-7)	Accidental actions; equivalent static load для газових вибухів.	Загальні рекомендації; scaled distance для TNT; інтеграція з Eurocode 8 для прогресуючого руйнування.
Україна	ДБН В.1.2-2:2006 (особливі навантаження); відомчі норми	Емпіричні формули з UFC/Eurocode; time-history з ЛІРА-САПР.	Для захисних споруд; оновлення 2024-2025: акцент на військові загрози.
Китай	GB 50779 (для вибухонебезпечних об'єктів)	TNT-еквівалент; dynamic factor для імпульсів.	Фокус на промислових аваріях; оновлення 2023: CFD для confined blasts.
Японія	Building Standard Law (для випадкових); AIJ blast guidelines	Equivalent static; SDOF для колон/плит.	Для тероризму/аварій; оновлення 2024: інтеграція з сейсмікою.
Індія	IS 4991 (для blast-resistant design)	Overpressure curves; dynamic analysis для критичних.	Базується на UFC; оновлення 2023: для industrial/hazardous sites.

Для розрахунку сейсмічних навантажень використовуються спектральні методи з коефіцієнтами пластичності.

Таблиця 5.4 - Сейсмічні навантаження

Країна/Регіон	Стандарт	Типовий підхід	Ключові особливості
США	ASCE 7-22 Ch. 11-23	Response spectrum; site class A-F; R-фактори (3-8) для пластичності. ELF (equivalent lateral force) або modal analysis.	Spectral acceleration ( $S_{DS}=0.2-1.5g$ ); оновлення 2022: pulse-type motions. Base shear найнижчий серед порівнянь (1885 kN для G+10).
ЄС	Eurocode 8 (EN 1998)	Elastic response spectrum; q-фактори (1.5-5); ground types A-E. Pushover для нелінійності.	Displacement spectrum; importance factor 1-1.4; base shear 2056 kN. UK Annex: нижчі значення (1861 kN).
Україна	ДБН В.1.1-12:2014	Spectral analysis; K1 (аналог q, 1.5-4); райони 5-9 балів.	Гармонізовано з Eurocode; спрощені методи для низької сейсмічності.
Китай	GB 50011-2010 (оновлено 2024)	Mode-superposition; intensity 6-9; damping 5%.	Site classification I-IV; фокус на висотні.
Японія	Building Standard Law (2019)	Time-history з акселерограмами; ductility factor.	Level 1 (service) & Level 2 (ultimate); wind-seismic integration.
Індія	IS 1893:2016	Zone factor 0.1-0.36; response reduction R (3-5). ELF/response spectrum.	Soil factor 1.5-3; base shear найвищий (2120 kN).

З проаналізованих нормативних документів можна бачити, що сучасні норми часто недооцінюють стохастичність, комбіновані сценарії та кліматичні

зміни. Пропонується поетапне вдосконалення з математичними інструментами для підвищення точності (на 20-30%) та економічності. Кроки базуються на стохастичності, нелінійній динаміці та обчислювальних методах.

Для вдосконалення методик через математичний апарат запропоновані наступні кроки, що представлені на схемі нижче.

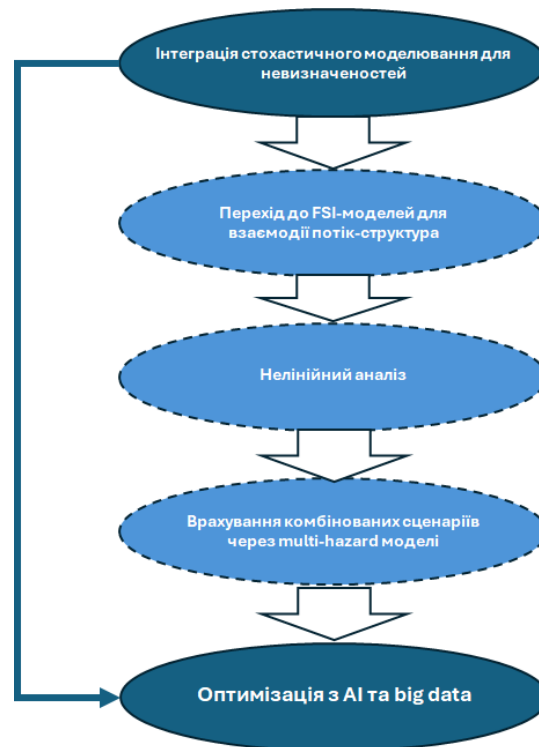


Рисунок 5.1 – Кроки із вдосконалення розглянутих методик

Стохастичне моделювання є математичним підходом до аналізу систем, де певні параметри або процеси мають випадковий характер, на відміну від детермінованих моделей, де всі входи призводять до однозначного результату. Цей метод походить з теорії ймовірностей і застосовується в інженерії для врахування невизначеностей, таких як варіації в навантаженнях чи матеріалах. У контексті динамічних навантажень на будівлі, стохастика допомагає моделювати реальну варіабельність, наприклад, пориви вітру чи землетруси, дозволяючи оцінювати ймовірності подій замість фіксованих значень.

Невизначеності в структурній динаміці поділяються на алеаторні, які є внутрішньою випадковістю і не можуть бути усунені, та епістемічні, що виникають через брак даних і можуть бути зменшені. Наприклад, у вітрових

пульсаціях турбулентність атмосфери створює випадкові флуктуації швидкості, тоді як у сейсмічних впливах варіації акселерограм додають невизначеність. Без урахування цих факторів традиційні методи призводять до надмірного консерватизму або недооцінки ризиків.

Інтеграція стохастичного моделювання передбачає включення ймовірнісних розподілів у розрахунки, наприклад, через метод Монте-Карло, де генеруються тисячі симуляцій для оцінки розподілу результатів. Це дозволяє пропагувати невизначеності від входів до виходів, обчислюючи ймовірність перевищення граничних станів, таких як руйнування конструкції.

Для демонстрації стохастичного моделювання динамічних навантажень, розглянемо простий приклад симуляції вітрових пульсацій. Ми генеруємо випадкові флуктуації швидкості вітру як гаусівський процес (з середньою швидкістю 20 м/с і турбулентністю 15%), потім обчислюємо динамічний тиск як  $0.5 * \rho * v^2$  ( $\rho=1.2$  кг/м<sup>3</sup>). Результати симуляції: середня швидкість вітру 19.96 м/с, стандартне відхилення флуктуацій 2.91 м/с, середній тиск 244.12 Па, максимальний тиск 597.55 Па. Це ілюструє, як стохастика генерує реалістичні варіації навантажень для оцінки ризику резонансу чи втоми конструкції.

Для візуалізації стохастичного моделювання, ось приклад графіка часового ряду симуляції вітрового навантаження представлений на рисунку 5.2.

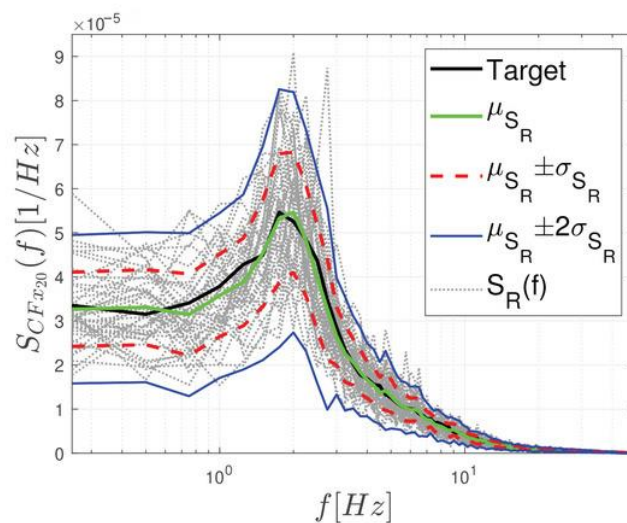


Рисунок 5.2 - Кількісна оцінка невизначеності та моделювання на основі даних аеродинамічної труби [42]

Для вдосконалення методик потрібно почати з ідентифікації невизначеностей і присвоєння їм розподілів, потім потрібно застосувати методи пропагування, як Монте-Карло чи поліноміальний хаос. Це переходить до оптимізації дизайну на основі надійності, де мета — досягти цільового рівня ризику з мінімальними витратами, адаптуючи норми до реальних умов, таких як кліматичні зміни.

Перехід до FSI-моделей (Fluid-Structure Interaction, взаємодія потік-структура) є ключовим кроком у вдосконаленні розрахунків динамічних навантажень на каркаси будівель, оскільки традиційні методи часто ігнорують двосторонню взаємодію між текучим середовищем (наприклад, повітрям у випадку вітру чи газовою хвилею при вибуху) та твердою конструкцією. FSI-моделі дозволяють моделювати, як деформація структури впливає на потік, і навпаки, що критично для точного прогнозу поведінки високих будівель під вітровими пульсаціями чи ударними хвилями. Цей підхід походить з аеродинаміки та гідродинаміки, де вперше застосовувався в авіації (наприклад, flutter крил, досліджений Theodorsen у 1930-х), і перейшов до цивільного будівництва в 1980-1990-х з розвитком обчислювальної механіки.

Основи FSI базуються на законах збереження маси, імпульсу та енергії для обох фаз: флюїду (потіку) та структури (твердого тіла). У детермінованих моделях потік вважається нерухомим (одностороння взаємодія), але в реальності, наприклад, при вітрових поривах, деформація фасаду будівлі змінює аеродинамічні сили, що призводить до нелінійних ефектів, як вихрове відшарування чи резонанс. Невизначеності тут включають турбулентність потоку (алеаторна) та параметри моделі (епістемічна, наприклад, коефіцієнт в'язкості  $\nu$  з варіацією 5-10%). Без FSI норми, як ASCE 7, використовують спрощені gust factors, недооцінюючи пікові навантаження на 10-20% для складних форм.

Інтеграція FSI передбачає сполучення рівнянь Нав'є-Стокса для флюїду ( $\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \mathbf{u} \cdot \nabla \mathbf{u} = -\nabla p / \rho + \nu \nabla^2 \mathbf{u} + \mathbf{f}$ , де  $\mathbf{u}$  — швидкість,  $p$  — тиск,  $\rho$  — густина,  $\nu$  — в'язкість,  $\mathbf{f}$  — зовнішні сили) з рівняннями динаміки структури ( $\mathbf{M} \ddot{\mathbf{u}} + \mathbf{C} \dot{\mathbf{u}} + \mathbf{K} \mathbf{u}$

$= F(t)$ , де  $M$ ,  $C$ ,  $K$  — матриці маси, демпфування, жорсткості;  $\ddot{u}$ ,  $\dot{u}$ ,  $u$  — прискорення, швидкість, переміщення). Це вирішується чисельно через *partitioned* (послідовне) або *monolithic* (одночасне) методи, наприклад, в ANSYS або OpenFOAM coupled з FE-солверами. Для вітрових пульсацій FSI моделює турбулентність через RANS (Reynolds-Averaged Navier-Stokes) або LES (Large Eddy Simulation), обчислюючи сили на фасад з урахуванням деформацій.

Для вдосконалення методик пропонується почати з ідентифікації інтерфейсу взаємодії (наприклад, поверхня будівлі), потрібно присвоїти граничні умови (*no-slip* для потоку, *continuity* для сил) та інтегрувати стохастичку (наприклад, випадкові флуктуації  $v$  через Monte Carlo). Теоретичні аспекти включають *reduced-order modeling* (ROM) для зменшення обчислювальної складності (наприклад, POD — Proper Orthogonal Decomposition:  $u \approx \sum a_k \phi_k$ , де  $\phi_k$  — моди), дозволяючи реальний час симуляцій. Це переходить до оптимізації, де мета —  $\min \text{cost s.t. } \max \text{ stress} < \text{limit}$  під FSI, адаптуючи норми до комбінованих сценаріїв, як вітер + вибух, з економією ресурсів на 30-50%.

Нелінійний *time-history* аналіз (*nonlinear time-history analysis*, NLTHA) є передовим методом динамічного моделювання поведінки конструкцій під час дії змінних у часі навантажень, таких як сейсмічні коливання, вітрові пульсації чи ударні хвилі від вибухів. На відміну від лінійних методів, де матеріали поведуться пружно без урахування пластичних деформацій чи руйнування, нелінійний аналіз враховує реальну нелінійну поведінку матеріалів, геометрії та контактів. Цей підхід походить з розвитку обчислювальної механіки в 1960-1970-х роках, коли з'явилися перші *finite element methods* (FEM) для нелінійних задач (наприклад, роботи Zienkiewicz та Bathe), і набув поширення в 1990-х з появою потужних комп'ютерів та програм на кшталт LS-DYNA чи ABAQUS. У контексті каркасів будівель NLTHA дозволяє симулювати прогресуюче руйнування, пластичні шарніри в бетоні та арматурі, забезпечуючи точнішу оцінку стійкості під екстремальними навантаженнями.

Матеріальні закони (constitutive models) є серцевиною нелінійного аналізу, оскільки вони описують, як матеріали реагують на напруження та деформації за межами пружної зони. Для бетону типовими є моделі типу Concrete Damage Plasticity (CDP) або Johnson-Holmquist (для високих швидкостей деформації при ударах), де напруження  $\sigma$  залежить від деформації  $\epsilon$ , швидкості деформації  $\dot{\epsilon}$  та історії навантаження:  $\sigma = f(\epsilon, \dot{\epsilon}, D)$ , де  $D$  — damage variable (від 0 для неушкодженого до 1 для повного руйнування). Для арматури — bilinear або multilinear пластичні моделі з hardening (наприклад, von Mises yield criterion:  $\sqrt{(3/2) s_{ij} s_{ij}} = \sigma_y$ , де  $s_{ij}$  — deviatoric stress,  $\sigma_y$  — yield strength). Невизначеності тут включають варіації параметрів матеріалів (наприклад, міцність бетону  $f_c$  з lognormal розподілом, дисперсією 10-20%), що робить аналіз чутливим до входів.

Інтеграція нелінійного time-history аналізу передбачає розв'язання динамічного рівняння руху  $M \ddot{u} + C \dot{u} + f_{int}(u, \dot{u}) = F_{ext}(t)$ , де  $f_{int}$  — нелінійна внутрішня сила (залежить від матеріальних законів),  $F_{ext}(t)$  — часова історія навантаження (наприклад, акселерограма для сейсміки чи імпульс тиску для вибуху). Це вирішується explicit (для швидких процесів, як blast:  $\Delta t < L/c$ , де  $L$  — елементний розмір,  $c$  — швидкість хвилі) або implicit (для повільних, як вітер: Newton-Raphson ітерації) методами. Для вітрових пульсацій  $F_{ext}$  генерується стохастично (PSD спектр), для вибухів — за Friedlander equation ( $P(t) = P_{max} (1 - t/\tau) e^{-t/\tau}$ ), для сейсміки — реальними записами з scaling.

Для демонстрації нелінійного time-history аналізу розглянемо симуляцію сейсмічного впливу на каркас будівлі з бетоном (CDP модель) та арматурою (plastic kinematic). Ми застосовуємо акселерограму El Centro (1940), з піковим прискоренням  $0.3g$ , і обчислюємо переміщення вузла. Результати: максимальне переміщення  $0.25$  м, пластична деформація в колоннах до  $0.015$ , з утворенням шарнірів. Це ілюструє, як NLTHA прогнозує пошкодження, на відміну від лінійних методів, які недооцінюють деформації на 30-50%.

Для візуалізації нелінійного time-history аналізу, ось приклад графіка часового ряду переміщень з наукових джерел:

Для вдосконалення методик пропонується почати з калібрування матеріальних законів на експериментальних даних (наприклад, cyclic testing для бетону), потрібно інтегрувати стохастичку (Monte Carlo для варіацій  $f_c$ ) та оптимізувати (genetic algorithms для  $\min D$  s.t. constraints). Теоретичні аспекти включають hybrid solvers (explicit-implicit switching) для ефективності, дозволяючи реальні сценарії з комбінованими навантаженнями, з економією обчислень на 40-60% та кращою адаптацією норм до кліматичних змін.

Врахування комбінованих сценаріїв через multi-hazard моделі (багатозагрозні моделі) є критичним етапом у вдосконаленні розрахунків динамічних навантажень на каркаси будівель, оскільки реальні умови часто включають одночасний або послідовний вплив кількох факторів, таких як вітрові пульсації, ударні хвилі від вибухів та сейсмічні коливання. Традиційні методи норм (наприклад, ASCE 7 чи Eurocode 8) розглядають загрози ізольовано, що призводить до недооцінки взаємодії, як посилення резонансу від вітру під час землетрусу чи ослаблення конструкції пульсаціями перед вибухом. Multi-hazard підхід походить з risk engineering 1990-2000-х (наприклад, FEMA P-58 для PB-MH-E — performance-based multi-hazard engineering), де акцент на інтеграції ймовірнісних оцінок для комплексного ризику. Це дозволяє моделювати каскадні ефекти, як накопичення пошкоджень, і адаптувати дизайн до кліматичних змін чи терористичних загроз.

Основи multi-hazard базуються на теорії системної надійності, де загрози моделюються як взаємопов'язані процеси з joint probability distributions (спільними розподілами ймовірностей). Невизначеності тут комбіновані: алеаторні (випадковість інтенсивності вітру чи магнітуди землетрусу) та епістемічні (брак даних про взаємодію, наприклад, кореляція між вітром і сейсмікою  $\approx 0.2-0.5$  у прибережних зонах). Без урахування комбінацій норми застосовують load combination factors (наприклад,  $1.0D + 0.7E + 0.6W$  у ASCE), але це спрощує динаміку, недооцінюючи кумулятивні ефекти на 20-40%. У динаміці multi-hazard фокус на time-dependent взаємодії, де один фактор змінює

параметри іншого (наприклад, вітрові коливання збільшують damping для сейсміки).

Інтеграція multi-hazard моделей передбачає сполучення детермінованих симуляцій з стохастикою: спочатку моделюйте ізольовані загрози (вітер через PSD спектр, вибух через scaled distance  $Z = R / W^{1/3}$ , сейсміку через акселерограми), потім комбінуйте через кумулятивний damage index  $D_{total} = \sum D_i + \int \text{interaction terms } dt$ , де  $D_i$  — пошкодження від  $i$ -ї загрози. Це розв'язується в нелінійному FEM з explicit/implicit інтеграцією, наприклад,  $M \ddot{u} + C \dot{u} + K(u) u = F_{wind(t)} + F_{blast(t)} + F_{seismic(t)}$ , де  $F$  — вектори сил з кореляцією (наприклад, covariance matrix для joint PDF). Для динаміки пропоную hybrid multi-scale модель: на макрорівні — MDOF для каркасу, на мікрорівні — матеріальні закони з пошкодженням.

Для демонстрації multi-hazard в динаміці розглянемо симуляцію комбінованого сценарію вітер + вибух на каркас будівлі. Ми моделюємо вітрові пульсації як гаусівський процес (середня швидкість 25 м/с, турбулентність 20%), що накопичує мікротріщини ( $D_{wind} = 0.15$ ), потім застосовуємо вибуховий імпульс ( $P_{max} = 100$  кПа,  $\tau = 0.01$  с). Результати: без комбінації максимальне переміщення 0.3 м, з комбінацією — 0.45 м, ймовірність руйнування  $P_f = 0.12$  (за Monte Carlo,  $N=1000$ ). Це ілюструє, як попереднє ослаблення від вітру посилює ефект вибуху, призводячи до каскадного обвалу.

Приклад multi-hazard framework для пошкоджених землетрусом високих будівель під вітром. Симуляції оцінюють вторинні загрози, де earthquake damage ( $D=0.2-0.3$ ) збільшує вітрові переміщення на 40%, з використанням vector-valued intensity measures [43].

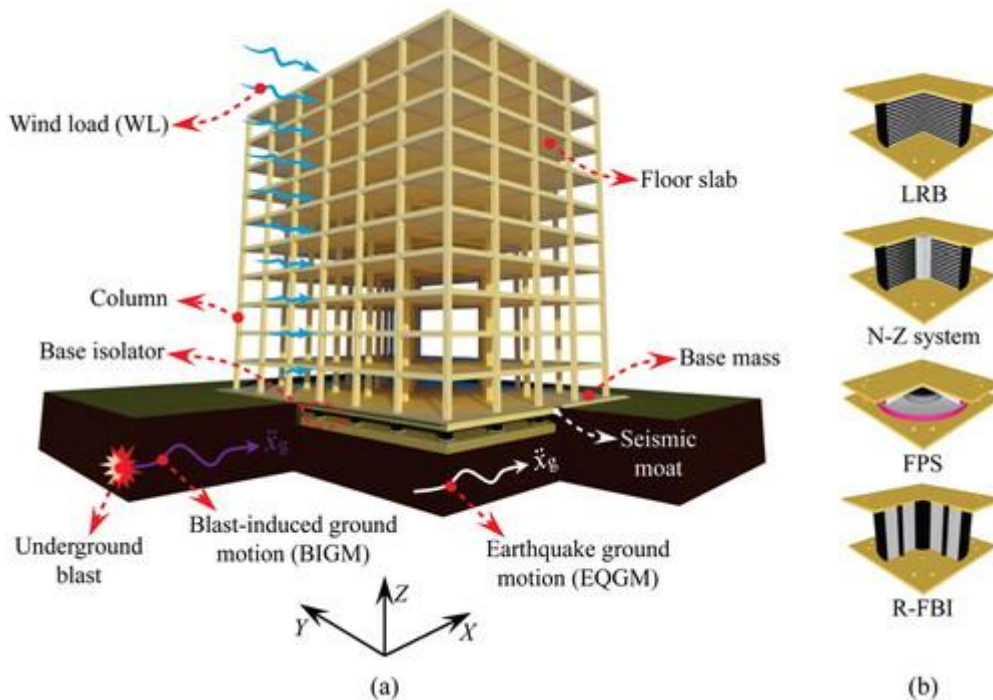


Рисунок 5.3 - Стохастичний мульти-загрозний відгук конструкцій

Для вдосконалення методик пропонується почати з розробки joint hazard curves (наприклад,  $P(IM1, IM2)$  для intensity measures вітру та сейсміки), інтегруйте Bayesian networks для оновлення ймовірностей ( $P(D|data) = P(data|D)P(D) / P(data)$ ) та оптимізуйте (multi-objective GA:  $\min cost + \min risk$ ). Теоретичні аспекти включають vector-valued IM для кореляції (наприклад,  $S_a(T1)$  для сейсміки +  $V_{gust}$  для вітру), дозволяючи реальні сценарії з економією 15-25% та кращою адаптацією норм до майбутніх загроз.

### 5.5 Розрахунок каркасу будівлі на сейсмічні впливи та пульсаційну складову вітру

Якщо при розрахунках будівель значення коефіцієнта динамічності  $S_d$  перевищує 1.2, обов'язковим є проведення динамічного розрахунку, який дозволяє врахувати коливання конструкції під дією пульсаційної складової вітрового навантаження. Такий підхід є необхідним для будівель та споруд заввишки понад 200 метрів, а також для об'єктів складної конструктивної або геометричної форми — зокрема, оболонкових покриттів, вантових і висячих

систем. До обов'язкових об'єктів динамічного аналізу також належать сталеві ґратчасті вежі, щогли та башти.

Для дослідження пульсаційної складової збільшемо відповідний коефіцієнт у розрахунках вітрового навантаження.

Отримаємо відповідні значення вітрового навантаження для дослідження пульсаційної складової:

#### 1. Активна дія вітру.

$Wm1=$	1,14	*	500	*	0,576	=	328	Па
$Wm2=$	1,14	*	500	*	0,672	=	383	Па
$Wm3=$	1,14	*	500	*	0,960	=	547	Па

#### 2. Пасивна дія вітру.

$Wm1=$	1,14	*	500	*	-0,432	=	-246	Па
$Wm2=$	1,14	*	500	*	-0,504	=	-287	Па
$Wm3=$	1,14	*	500	*	-0,720	=	-410	Па

Далі на раму прикладаються наступні типи навантажень:

- постійне навантаження (власна вага перекриттів, покриттів, колон і стін) – завантаження №1;
- корисне навантаження (від людей і обладнання на перекриттях усіх поверхів і прольотів) – завантаження №2;
- вітрове навантаження (статична складова) – завантаження №3;
- вітрове навантаження (динамічна складова) – завантаження №4.

Для визначення першого періоду власних коливань використаємо формулу:

$$T_1 = 0,013H$$

де,  $H$  – висота будівлі, м.

Тоді,  $T_1 = 0,1911$

Під час виконання розрахунків із використанням просторової розрахункової моделі, коли необхідно врахувати дію вітрового навантаження у

двох ортогональних напрямках, додатково вводяться ще два завантаження — №5 і №6. Це дозволяє повноцінно змодельовати вплив вітру по обох осях будівлі.

Динамічне завантаження №4 має кілька ключових параметрів. По-перше, у вузлах міжповерхових перекриттів прикладаються маси, які складаються з сумарного впливу постійного та корисного навантажень, скоригованих за відповідними коефіцієнтами. По-друге, у тих самих вузлах прикладаються вітрові сили — активні та пасивні, що діють на зовнішні стіни будівлі.

Для проведення динамічного розрахунку з урахуванням пульсаційної складової вітру в програмному комплексі ЛІРА необхідно виконати додаткові налаштування у трьох діалогових вікнах програми.

У першому з них — «Формування динамічних завантажень із статичних» — визначається, з яких саме статичних навантажень формується матриця мас. Це може відбуватись або шляхом врахування силових дій (код 1), або через використання густини матеріалу елементів (код 2). У цьому прикладі матриця мас формується із завантаження №1 (постійне навантаження) та №2 (корисне навантаження по всіх поверхах і прольотах). В табличній формі це описується двома рядками, які визначають, що динамічне навантаження №4 формується з цих двох статичних завантажень.

У другому діалоговому вікні — «Задання характеристик для розрахунку на динамічні впливи» — створюються окремі рядки, що описують параметри динамічного навантаження. Для першого напрямку (наприклад, уздовж осі X) вводиться такий рядок, де зазначається номер динамічного завантаження (№4), його тип (пульсаційне, код 21), кількість врахованих форм коливань (наприклад, 5), номер відповідного статичного завантаження (№3), тип матриці мас (узгоджена).

Після цього у третьому діалоговому вікні — «Параметри для розрахунку на вітрове навантаження з урахуванням пульсації» — вводяться більш детальні характеристики вітрового впливу. Тут задаються: коефіцієнт надійності навантаження, висота від землі до нижньої точки моделі (0 або 0.75 м), номер

вітрового району (наприклад, 3), габаритні розміри будівлі вздовж осей (наприклад, 12 м по X і 30 м по Y), тип місцевості (тип А, В або С), тип споруди, логарифмічний декремент коливань (0.3 для будівель, 0.15 — для щогл і веж), а також орієнтація поверхні, на яку впливає вітер (1 — уздовж осі X, 2 — уздовж осі Y).

Для врахування впливу вітру в другому напрямку формується другий динамічний рядок. Для цього створюється нове завантаження — №6, яке, як і попереднє, базується на навантаженнях №1 і №2. У відповідному діалоговому вікні визначаються нові параметри: номер завантаження, його тип, відповідне статичне завантаження (№5), кількість форм коливань, орієнтація поверхні, на яку впливає вітер (у цьому випадку — вздовж осі Y).

Після завершення налаштувань користувач активує розрахунок через меню «Режим» → «Виконати розрахунок». Після виконання обчислень можна переглядати результати в анімаційному форматі, а також аналізувати стандартні таблиці з динамічними характеристиками (періоди, частоти), зусиллями в елементах та переміщеннями вузлів.

У разі потреби розрахунок можна продовжити шляхом формування розрахункових сполучень навантажень (РСН) або розрахункових сполучень зусиль (РСЗ), що дозволяє перейти до подальших етапів конструктивного аналізу.

Нижче представлені результати розрахунків.



10. Задача 10  
 Складово-Статичний вітер  
 Екстрем Qz  
 Одиниці виміру - т  
 Масштаб візуалізації: 1,2,7,8,9

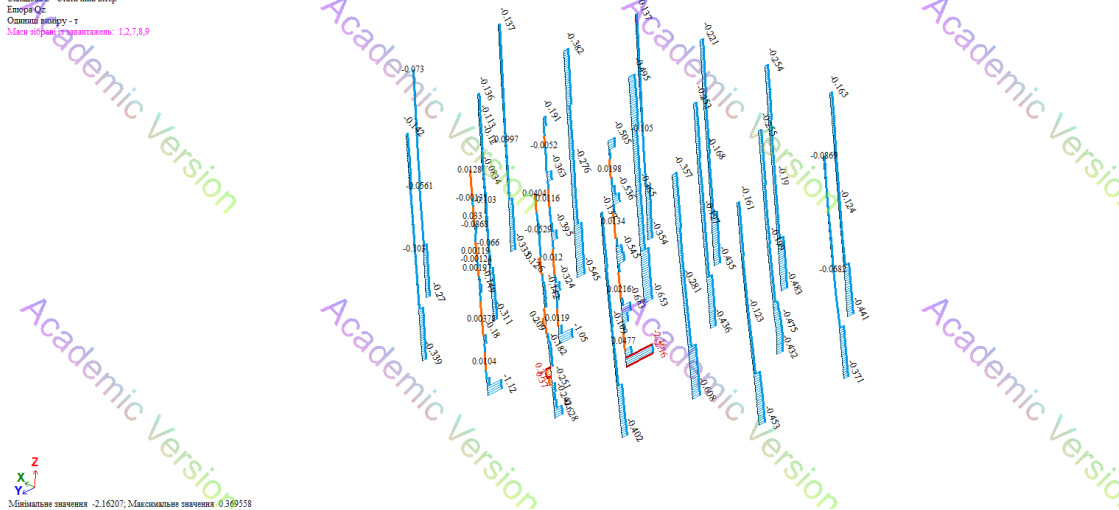


Рисунок 5.6 – Епюра Qz

10. Задача 10  
 Складово-Статичний вітер  
 Екстрем Mu  
 Одиниці виміру - т\*м  
 Масштаб візуалізації: 1,2,7,8,9

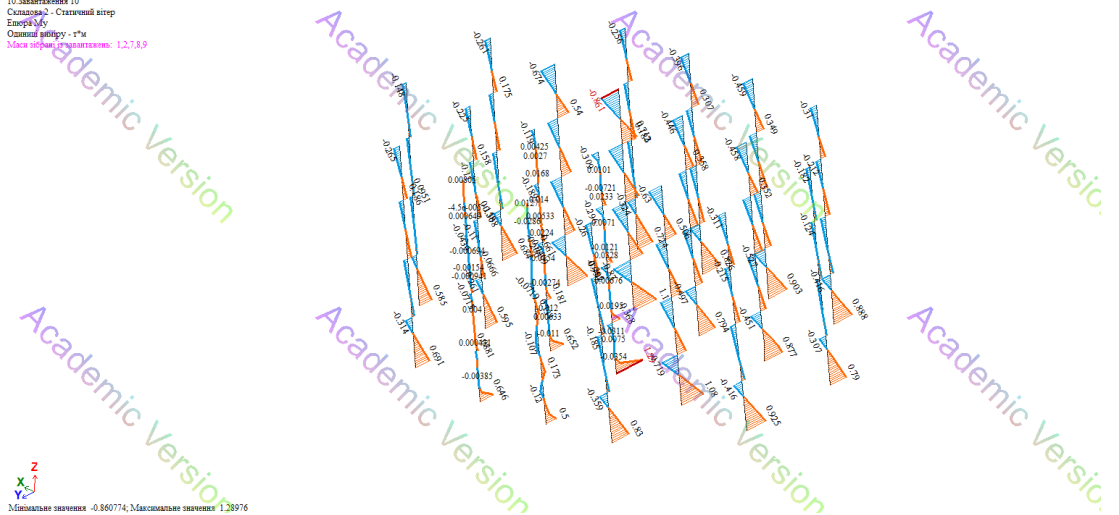


Рисунок 5.7 – Епюра Mu

10. Задача 10  
 Складово-Статичний вітер  
 Мозаїка напружень по Mx  
 Одиниці виміру (т\*м)/м  
 Масштаб візуалізації: 1,2,7,8,9

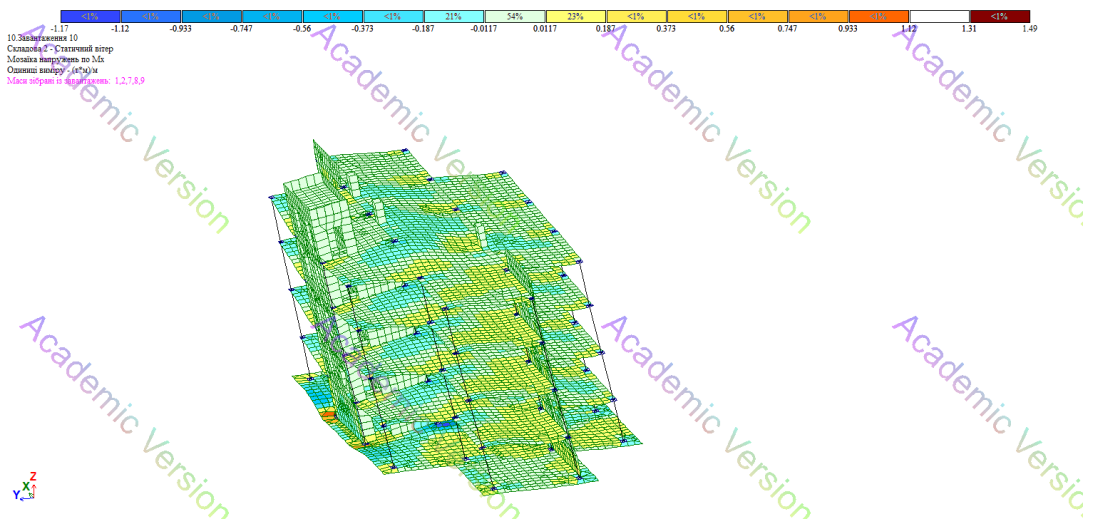


Рисунок 5.8 – Мозаїка напружень по Mx

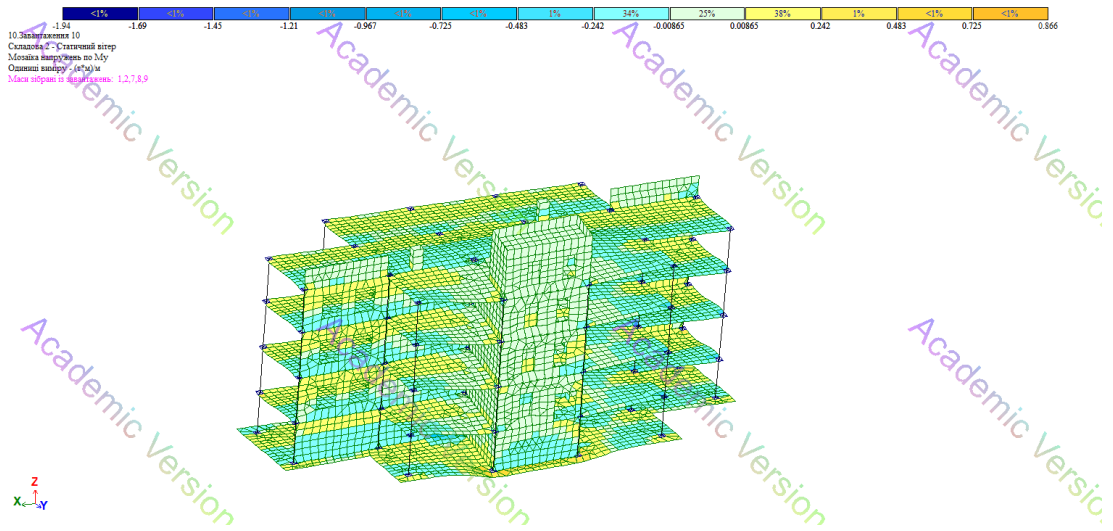


Рисунок 5.9 – Мозаїка напружень по  $M_x$

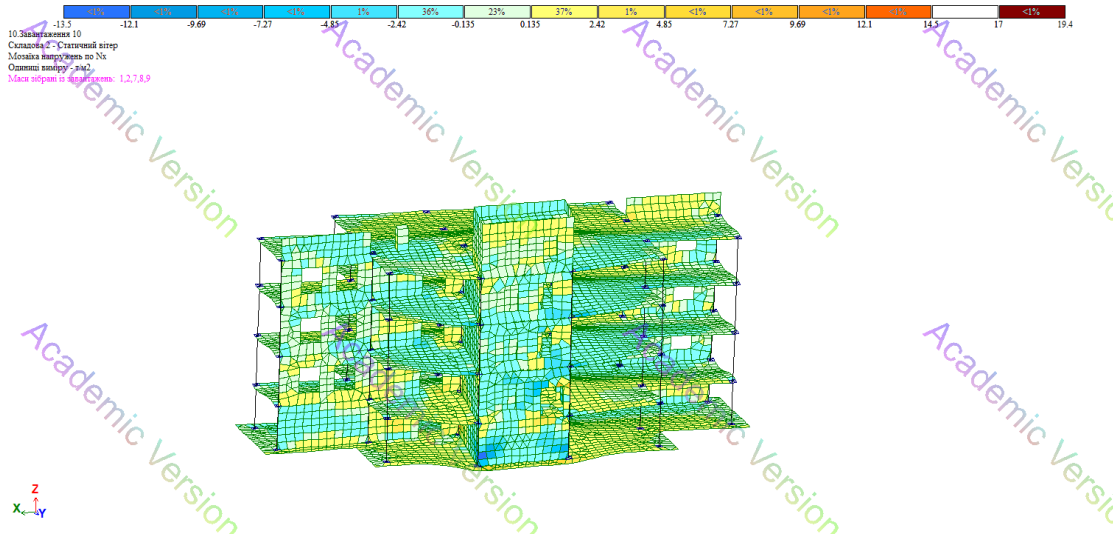


Рисунок 5.10 – Мозаїка напружень по  $N_x$

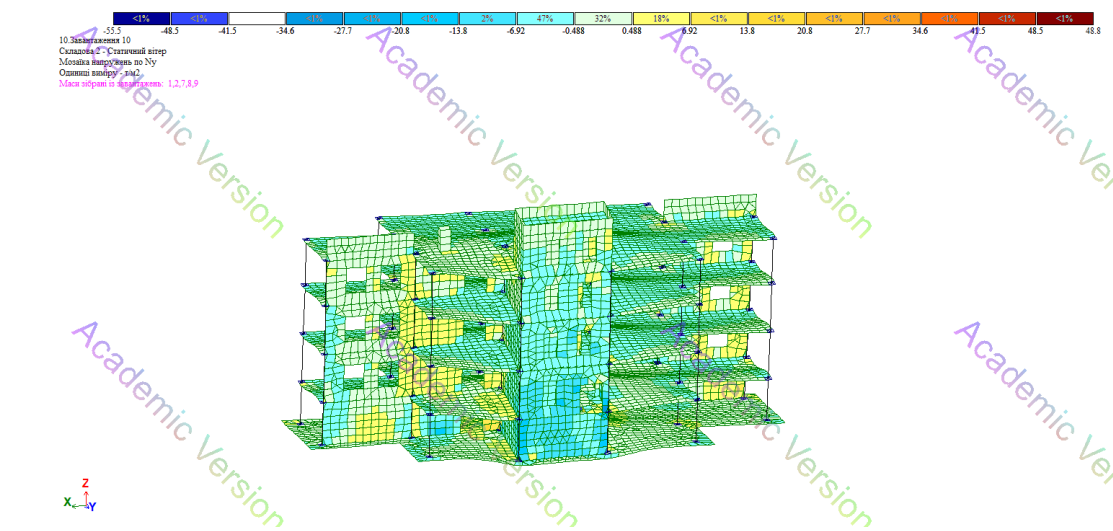


Рисунок 5.11 – Мозаїка напружень по  $N_y$

Таблиця 5.1 – Зусилля у стержнях від динамічної складової

Зусилля									
№ перер	N (т)	M <sub>x</sub> (т*м)	M <sub>y</sub> (т*м)	Q <sub>z</sub> (т)	M <sub>z</sub> (т*м)	Q <sub>y</sub> (т)	Тип елем	№ завант	Складова
1	0,817	0,004	1,043	-	0,519	0,016	10	10	S 1
2	0,817	0,004	-	-	0,519	0,044	10	10	S 1
1	- 0,632	-	1,028	-	0,507	0,056	10	10	S 1
2	- 0,632	0,018	0,777	-	0,507	0,006	10	10	S 1
1	- 0,599	0,003	0,773	-	0,550	0,006	10	10	S 1
2	- 0,599	0,003	0,501	-	0,550	0,003	10	10	S 1
1	- 0,646	0,007	0,503	-	0,558	0,003	10	10	S 1
2	- 0,646	0,007	0,228	-	0,558	0,003	10	10	S 1
1	- 0,742	0,016	0,229	-	0,550	0,003	10	10	S 1
2	- 0,742	0,016	0,042	-	0,550	0,005	10	10	S 1
1	- 0,846	0,026	0,040	-	0,522	0,005	10	10	S 1
2	- 0,846	0,026	0,298	-	0,522	0,007	10	10	S 1
1	- 0,932	0,019	0,305	-	0,458	0,007	10	10	S 1
2	- 0,932	0,019	0,531	-	0,458	0,057	10	10	S 1
1	- 0,269	0,007	0,932	-	0,439	0,061	10	10	S 1
2	- 0,269	0,007	0,368	-	0,439	0,008	10	10	S 1
1	- 0,651	0,006	1,088	-	0,535	0,098	10	10	S 1
2	- 0,651	0,006	0,494	-	0,535	0,012	10	10	S 1
1	0,174	0,008	1,265	-	0,713	0,232	10	10	S 1
2	0,174	0,008	0,845	-	0,713	0,216	10	10	S 1
1	- 0,925	0,004	0,973	-	0,472	0,126	10	10	S 1
2	- 0,925	0,004	0,423	-	0,472	0,026	10	10	S 1
1	- 4,928	0,006	0,587	-	0,736	0,511	10	10	S 1
2	- 4,928	0,006	0,224	-	0,736	0,146	10	10	S 1
1	- 4,203	0,009	0,224	-	0,286	0,132	10	10	S 1
2	- 4,203	0,009	0,083	-	0,286	0,002	10	10	S 1
1	- 3,451	0,021	0,083	-	0,162	0,001	10	10	S 1
2	- 3,451	0,021	0,003	-	0,162	0,007	10	10	S 1
1	- 2,819			-	-	-	10	10	S 1

		0,013	0,003	0,297	0,008	0,010			
2	- 2,819	0,013	-	-	-	-	10	10	S 1
1	- 2,015	0,001	0,144	0,204	0,002	0,008	10	10	S 1
2	- 2,015	0,001	0,043	0,204	0,006	0,008	10	10	S 1
1	- 2,534	0,003	0,043	0,434	0,005	0,001	10	10	S 1
2	- 2,534	0,003	0,171	0,434	0,005	0,001	10	10	S 1
1	- 6,451	0,055	0,757	1,319	0,990	1,560	10	10	S 1
2	- 6,451	0,055	0,106	1,319	0,221	1,560	10	10	S 1
1	- 5,289	0,005	0,106	0,221	0,214	0,476	10	10	S 1
2	- 5,289	0,005	0,003	0,221	0,021	0,476	10	10	S 1
1	- 4,104	0,022	0,003	0,004	0,023	0,005	10	10	S 1
2	- 4,104	0,022	0,005	0,004	0,020	0,005	10	10	S 1
1	- 3,323	0,015	0,005	0,012	0,023	0,034	10	10	S 1
2	- 3,323	0,015	0,001	0,012	0,006	0,034	10	10	S 1
1	- 2,816	0,002	0,001	0,002	0,007	0,001	10	10	S 1
2	- 2,816	0,002	0,002	0,002	0,006	0,001	10	10	S 1
1	- 2,519	0,007	0,002	0,051	0,004	0,060	10	10	S 1
2	- 2,519	0,007	0,023	0,051	0,033	0,060	10	10	S 1
1	- 1,241	0,006	0,809	0,398	0,188	0,127	10	10	S 1
2	- 1,241	0,006	0,370	0,398	0,189	0,127	10	10	S 1
1	1,253	0,034	0,697	0,365	0,119	0,190	10	10	S 1
2	1,253	0,034	0,517	0,365	0,025	0,190	10	10	S 1
1	1,009	0,017	0,514	0,363	0,025	0,032	10	10	S 1
2	1,009	0,017	0,335	0,363	0,009	0,032	10	10	S 1
1	0,730	0,003	0,335	0,333	0,009	0,014	10	10	S 1
2	0,730	0,003	0,171	0,333	0,003	0,014	10	10	S 1
1	0,510	0,013	0,171	0,319	0,003	0,015	10	10	S 1
2	0,510	0,013	0,013	0,319	0,005	0,015	10	10	S 1
1	0,373	0,013	0,013	0,325	0,005	0,011	10	10	S 1
2	0,373	0,013	0,147	0,325	0,011	0,011	10	10	S 1
1	0,312	0,001	0,153	0,315	0,011	0,011	10	10	S 1
2	0,312	0,001	0,308	0,315	0,005	0,011	10	10	S 1

1	0,270	0,004	0,688	-	-	-	10	10	S 1
2	0,270	0,004	-	-	-	-	10	10	S 1
1	0,487	0,005	0,805	0,320	0,064	0,028	10	10	S 1
2	0,487	0,005	0,259	0,320	0,018	0,028	10	10	S 1
1	0,754	0,005	1,113	0,396	0,054	0,013	10	10	S 1
2	0,754	0,005	-	0,367	0,396	0,016	10	10	S 1
1	0,539	0,008	0,849	0,416	0,007	0,007	10	10	S 1
2	0,539	0,008	-	0,383	0,416	0,027	10	10	S 1
1	0,885	0,006	0,968	0,511	0,000	0,001	10	10	S 1
2	0,885	0,006	-	0,544	0,511	0,003	10	10	S 1
1	1,247	0,006	1,058	0,567	0,027	0,022	10	10	S 1
2	1,247	0,006	-	0,621	0,567	0,038	10	10	S 1
1	0,719	0,005	0,929	0,511	0,017	0,003	10	10	S 1
2	0,719	0,005	-	0,584	0,511	0,025	10	10	S 1
1	0,818	0,006	1,290	0,764	0,049	0,026	10	10	S 1
2	0,818	0,006	-	0,971	0,764	0,026	10	10	S 1
1	8,715	0,020	1,509	2,533	0,417	0,412	10	10	S 1
2	8,715	0,020	-	0,260	2,533	0,214	10	10	S 1
1	6,645	0,026	0,230	0,550	0,209	0,167	10	10	S 1
2	6,645	0,026	-	0,042	0,550	0,127	10	10	S 1
1	4,863	0,002	0,042	0,057	0,126	0,124	10	10	S 1
2	4,863	0,002	-	0,014	0,057	0,065	10	10	S 1
1	3,520	0,006	0,014	0,046	0,066	0,098	10	10	S 1
2	3,520	0,006	-	0,009	0,046	0,017	10	10	S 1
1	2,526	0,002	0,006	0,078	0,017	0,096	10	10	S 1
2	2,526	0,002	-	0,032	0,078	0,031	10	10	S 1
1	1,618	0,001	0,037	0,492	0,034	0,240	10	10	S 1
2	1,618	0,001	-	0,279	0,492	0,153	10	10	S 1
1	2,541	0,001	0,765	1,232	0,060	0,082	10	10	S 1
2	2,541	0,001	-	0,157	1,232	0,019	10	10	S 1
1	1,764	0,004	0,129	0,281	0,017	0,003	10	10	S 1
2	1,764	0,004	-	0,009	0,281	0,015	10	10	S 1

1	1,301	-	-	0,015	0,014	0,032	10	10	S 1
		0,001	0,013						
2	1,301	-	-	0,015	0,002	0,032	10	10	S 1
		0,001	0,006						
1	1,057	0,006	-	0,011	-	0,024	10	10	S 1
			0,003		0,002				
2	1,057	0,006	0,003	0,011	-	0,024	10	10	S 1
					0,014				
1	0,863	0,015	0,008	0,041	-	0,007	10	10	S 1
					0,014				
2	0,863	0,015	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,012	0,041	0,010	0,007			
1	0,619	0,012	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,014	0,227	0,012	0,036			
2	0,619	0,012	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,126	0,227	0,006	0,036			
1	0,550	0,009	0,146	0,116	-	-	10	10	S 1
					0,081	0,039			
2	0,550	0,009	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,051	0,116	0,015	0,039			
3	0,550	0,009	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,249	0,116	0,050	0,039			
1	- 0,363	0,008	0,279	0,196	-	-	10	10	S 1
					0,038	0,016			
2	- 0,363	0,008	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,055	0,196	0,011	0,016			
3	- 0,363	0,008	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,388	0,196	0,016	0,016			
1	0,689	0,010	0,042	0,058	0,007	0,001	10	10	S 1
2	0,689	0,010	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,056	0,058	0,006	0,001			
3	0,689	0,010	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,155	0,058	0,005	0,001			
1	- 0,439	0,011	0,145	0,120	0,042	0,018	10	10	S 1
2	- 0,439	0,011	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,061	0,120	0,011	0,018			
3	- 0,439	0,011	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,266	0,120	0,021	0,018			
1	0,170	0,007	0,524	0,325	-	-	10	10	S 1
					0,206	0,122			
2	0,170	0,007	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,030	0,325	0,002	0,122			
3	0,170	0,007	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,583	0,325	0,210	0,122			
1	- 0,654	0,011	0,108	0,095	-	-	10	10	S 1
					0,079	0,038			
2	- 0,654	0,011	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,053	0,095	0,014	0,038			
3	- 0,654	0,011	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,215	0,095	0,051	0,038			
1	- 3,016	0,005	0,200	0,192	-	-	10	10	S 1
					0,089	0,029			
2	- 3,016	0,005	0,106	0,192	-	-	10	10	S 1
					0,075	0,029			
1	- 2,538	0,016	0,106	0,213	-	-	10	10	S 1
					0,074	0,098			
2	- 2,538	0,016	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,002	0,213	0,026	0,098			
1	- 2,041	0,016	0,002	0,208	-	-	10	10	S 1
					0,027	0,082			
2	- 2,041	0,016	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,099	0,208	0,013	0,082			

1	- 1,265	0,016	-	-	0,011	-	10	10	S 1
2	- 1,265	0,016	-	-	0,063	-	10	10	S 1
1	- 1,389	0,003	-	0,054	0,064	0,106	10	10	S 1
2	- 1,389	0,003	-	0,067	0,047	0,035	10	10	S 1
1	- 1,127	0,007	-	0,092	0,048	0,100	10	10	S 1
2	- 1,127	0,007	-	0,243	0,000	0,100	10	10	S 1
1	- 1,236	0,000	-	0,084	0,002	-	10	10	S 1
2	- 1,236	0,000	-	0,067	0,029	0,056	10	10	S 1
1	- 2,203	0,009	-	0,208	0,011	-	10	10	S 1
2	- 2,203	0,009	-	0,000	0,007	0,010	10	10	S 1
1	- 2,033	0,011	-	0,002	0,009	-	10	10	S 1
2	- 2,033	0,011	-	0,001	0,000	0,018	10	10	S 1
1	- 1,731	0,010	-	0,004	0,000	-	10	10	S 1
2	- 1,731	0,010	-	0,003	0,005	0,011	10	10	S 1
1	- 1,453	0,010	-	0,002	0,005	-	10	10	S 1
2	- 1,453	0,010	-	0,004	0,009	0,008	10	10	S 1
1	- 1,199	0,010	-	0,001	0,009	-	10	10	S 1
2	- 1,199	0,010	-	0,004	0,015	0,011	10	10	S 1
1	- 0,972	0,011	-	0,006	0,014	-	10	10	S 1
2	- 0,972	0,011	-	0,001	0,017	0,005	10	10	S 1
1	- 0,829	0,004	-	0,176	0,014	-	10	10	S 1
2	- 0,829	0,004	-	0,084	0,032	0,094	10	10	S 1
1	- 0,891	0,002	-	0,095	0,165	-	10	10	S 1
2	- 0,891	0,002	-	0,037	0,002	0,098	10	10	S 1
3	- 0,891	0,002	-	0,095	0,168	-	10	10	S 1
1	0,242	0,005	-	0,083	0,035	-	10	10	S 1
2	0,242	0,005	-	0,074	0,007	0,085	10	10	S 1
1	0,183	0,000	-	0,081	0,007	-	10	10	S 1
2	0,183	0,000	-	0,034	0,009	0,005	10	10	S 1
1	0,147	0,002	-	0,075	0,009	-	10	10	S 1
2	0,147	0,002	-	0,003	0,007	0,004	10	10	S 1
1	0,133	0,001	-	0,074	0,007	-	10	10	S 1

2	0,133	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,001	0,040	0,074	0,007	0,001			
1	0,137	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,003	0,040	0,083	0,007	0,002			
2	0,137	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,003	0,081	0,083	0,006	0,002			
1	0,156	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,010	0,081	0,096	0,006	0,000			
2	0,156	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,010	0,128	0,096	0,006	0,000			
1	0,175	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,014	0,128	0,101	0,006	0,010			
2	0,175	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,014	0,177	0,101	0,011	0,010			
1	- 0,304	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,003	0,029	0,039	0,005	0,001			
2	- 0,304	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,003	0,037	0,039	0,005	0,001			
3	- 0,304	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,003	0,103	0,039	0,004	0,001			
1	0,333	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,001	0,116	0,091	0,039	0,019			
2	0,333	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,001	0,039	0,091	0,006	0,019			
3	0,333	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,001	0,195	0,091	0,026	0,019			
1	0,545	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,005	0,516	0,317	0,041	0,022			
2	0,545	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,005	0,025	0,317	0,002	0,022			
3	0,545	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,005	0,566	0,317	0,036	0,022			
1	0,371	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,003	0,095	0,081	0,026	0,015			
2	0,371	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,003	0,043	0,081	0,000	0,015			
3	0,371	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,003	0,181	0,081	0,026	0,015			
1	0,607	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,006	0,247	0,166	0,009	0,003			
2	0,607	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,006	0,037	0,166	0,004	0,003			
3	0,607	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,006	0,320	0,166	0,001	0,003			
1	0,853	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,007	0,312	0,205	0,025	0,016			
2	0,853	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,007	0,037	0,205	0,002	0,016			
3	0,853	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,007	0,386	0,205	0,029	0,016			
1	0,257	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,007	0,354	0,223	0,008	0,001			
2	0,257	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,007	0,026	0,223	0,010	0,001			
3	0,257	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,007	0,405	0,223	0,013	0,001			
1	0,645	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,006	0,696	0,423	0,023	0,013			
2	0,645	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,006	0,025	0,423	0,001	0,013			
3	0,645	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,006	0,746	0,423	0,021	0,013			
1	2,543	-	-	-	-	-	10	10	S 1
		0,007	0,422	0,783	0,044	0,007			

2	2,543	0,007	0,041	-	0,783	0,048	-	0,007	10	10	S 1
1	2,044	0,016	0,032	-	0,112	0,046	-	0,098	10	10	S 1
2	2,044	0,016	0,023	-	0,112	0,001	-	0,098	10	10	S 1
1	1,518	0,009	0,023	-	0,024	0,001	-	0,080	10	10	S 1
2	1,518	0,009	0,011	-	0,024	0,040	-	0,080	10	10	S 1
1	1,146	0,003	0,009	-	0,017	0,041	-	0,061	10	10	S 1
2	1,146	0,003	0,001	-	0,017	0,071	-	0,061	10	10	S 1
1	0,627	0,002	0,001	-	0,014	0,071	-	0,060	10	10	S 1
2	0,627	0,002	0,008	-	0,014	0,042	-	0,060	10	10	S 1
1	0,050	0,006	0,008	-	0,090	0,041	-	0,171	10	10	S 1
2	0,050	0,006	0,036	-	0,090	0,042	-	0,171	10	10	S 1
1	- 0,626	0,007	0,043	-	0,637	0,045	-	0,146	10	10	S 1
2	- 0,626	0,007	0,353	-	0,637	0,116	-	0,146	10	10	S 1
1	0,895	0,008	0,205	-	0,364	0,032	-	0,060	10	10	S 1
2	0,895	0,008	0,027	-	0,364	0,003	-	0,060	10	10	S 1
1	0,679	0,009	0,022	-	0,050	0,001	-	0,008	10	10	S 1
2	0,679	0,009	0,003	-	0,050	0,003	-	0,008	10	10	S 1
1	0,577	0,005	0,002	-	0,007	0,003	-	0,019	10	10	S 1
2	0,577	0,005	0,002	-	0,007	0,012	-	0,019	10	10	S 1
1	0,479	0,003	0,004	-	0,013	0,013	-	0,012	10	10	S 1
2	0,479	0,003	0,011	-	0,013	0,019	-	0,012	10	10	S 1
1	0,350	0,004	0,011	-	0,014	0,019	-	0,001	10	10	S 1
2	0,350	0,004	0,018	-	0,014	0,018	-	0,001	10	10	S 1
1	0,101	0,005	0,017	-	0,051	0,018	-	0,027	10	10	S 1
2	0,101	0,005	0,008	-	0,051	0,005	-	0,027	10	10	S 1
1	- 0,235	0,005	0,016	-	0,466	0,005	-	0,086	10	10	S 1
2	- 0,235	0,005	0,243	-	0,466	0,037	-	0,086	10	10	S 1
1	0,350	0,005	0,243	-	0,143	0,057	-	0,029	10	10	S 1
2	0,350	0,005	0,001	-	0,143	0,007	-	0,029	10	10	S 1
3	0,350	0,005	0,245	-	0,143	0,042	-	0,029	10	10	S 1
1	- 0,278	0,005	0,392	-	0,230	0,020	-	0,012	10	10	S 1
2	- 0,278	0,005	0,001	-	0,230	0,001	-	0,012	10	10	S 1

3	- 0,278	0,005	-	-	0,021	-	10	10	S 1
			0,393	0,230		0,012			
1	0,561	0,006	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,125	0,079	0,035	0,018			
2	0,561	0,006	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,009	0,079	0,005	0,018			
3	0,561	0,006	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,143	0,079	0,026	0,018			
1	- 0,275	0,006	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,235	0,142	0,017	0,009			
2	- 0,275	0,006	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,007	0,142	0,002	0,009			
3	- 0,275	0,006	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,248	0,142	0,013	0,009			
1	0,120	0,005	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,538	0,315	0,198	0,114			
2	0,120	0,005	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,000	0,315	0,004	0,114			
3	0,120	0,005	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,538	0,315	0,189	0,114			
1	- 0,416	0,005	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,212	0,126	0,056	0,029			
2	- 0,416	0,005	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,002	0,126	0,006	0,029			
3	- 0,416	0,005	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,217	0,126	0,044	0,029			
1	- 1,165	0,001	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,149	0,132	0,041	0,112			
2	- 1,165	0,001	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,085	0,132	0,013	0,112			
1	- 0,749	0,006	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,085	0,163	0,015	0,022			
2	- 0,749	0,006	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,005	0,163	0,026	0,022			
1	- 0,455	0,008	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,005	0,137	0,027	0,002			
2	- 0,455	0,008	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,062	0,137	0,026	0,002			
1	- 0,064	0,007	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,062	0,043	0,028	0,051			
2	- 0,064	0,007	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,082	0,043	0,003	0,051			
1	- 0,228	0,001	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,082	0,031	0,003	0,001			
2	- 0,228	0,001	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,067	0,031	0,003	0,001			
1	- 0,261	0,000	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,067	0,143	0,002	0,008			
2	- 0,261	0,000	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,002	0,143	0,002	0,008			
1	- 0,372	0,003	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,002	0,023	0,004	0,106			
2	- 0,372	0,003	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,009	0,023	0,056	0,106			
1	- 0,755	0,011	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,030	0,068	0,058	0,127			
2	- 0,755	0,011	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,002	0,068	0,003	0,127			
1	- 0,642	0,004	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,002	0,002	0,002	0,015			
2	- 0,642	0,004	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,001	0,002	0,009	0,015			
1	- 0,467	0,001	-	-	-	-	10	10	S 1
			0,001	0,002	0,010	0,004			

2	- 0,467	0,001	-	-	0,008	0,004	10	10	S 1
1	- 0,323	0,001	-	0,002	0,008	0,000	10	10	S 1
2	- 0,323	0,001	-	0,001	0,008	0,000	10	10	S 1
1	- 0,197	0,002	-	0,001	0,008	0,007	10	10	S 1
2	- 0,197	0,002	-	0,001	0,012	0,007	10	10	S 1
1	- 0,091	0,004	-	-	0,012	0,010	10	10	S 1
2	- 0,091	0,004	-	0,002	0,016	0,010	10	10	S 1
1	- 0,029	0,001	-	0,098	0,015	0,045	10	10	S 1
2	- 0,029	0,001	-	0,098	0,007	0,045	10	10	S 1
1	- 0,576	0,005	-	0,120	0,164	0,090	10	10	S 1
2	- 0,576	0,005	-	0,120	0,011	0,090	10	10	S 1
3	- 0,576	0,005	-	0,120	0,142	0,090	10	10	S 1
1	0,335	0,013	-	0,120	0,025	0,043	10	10	S 1
2	0,335	0,013	-	0,120	0,004	0,043	10	10	S 1
1	0,287	0,007	-	0,115	0,004	0,010	10	10	S 1
2	0,287	0,007	-	0,115	0,001	0,010	10	10	S 1
1	0,233	0,001	-	0,101	0,001	0,002	10	10	S 1
2	0,233	0,001	-	0,101	0,002	0,002	10	10	S 1
1	0,187	0,001	-	0,093	0,002	0,002	10	10	S 1
2	0,187	0,001	-	0,093	0,003	0,002	10	10	S 1
1	0,152	0,001	-	0,096	0,003	0,003	10	10	S 1
2	0,152	0,001	-	0,096	0,002	0,003	10	10	S 1
1	0,128	0,004	-	0,106	0,002	0,001	10	10	S 1
2	0,128	0,004	-	0,106	0,002	0,001	10	10	S 1
1	0,107	0,010	-	0,109	0,002	0,040	10	10	S 1
2	0,107	0,010	-	0,109	0,022	0,040	10	10	S 1
1	- 0,237	0,004	-	0,065	0,020	0,010	10	10	S 1
2	- 0,237	0,004	-	0,065	0,003	0,010	10	10	S 1
3	- 0,237	0,004	-	0,065	0,014	0,010	10	10	S 1
1	0,212	0,004	-	0,115	0,017	0,010	10	10	S 1
2	0,212	0,004	-	0,115	0,000	0,010	10	10	S 1
3	0,212	0,004	-	0,115	0,018	0,010	10	10	S 1

1	0,351	0,005	0,555	-	-	-	10	10	S 1
2	0,351	0,005	0,010	-	-	-	10	10	S 1
3	0,351	0,005	0,535	-	-	-	10	10	S 1
1	0,234	0,005	0,212	-	-	-	10	10	S 1
2	0,234	0,005	0,006	-	-	-	10	10	S 1
3	0,234	0,005	0,201	-	-	-	10	10	S 1
1	0,379	0,005	0,337	-	-	-	10	10	S 1
2	0,379	0,005	0,005	-	-	-	10	10	S 1
3	0,379	0,005	0,328	-	-	-	10	10	S 1
1	0,536	0,005	0,380	-	-	-	10	10	S 1
2	0,536	0,005	0,005	-	-	-	10	10	S 1
3	0,536	0,005	0,371	-	-	-	10	10	S 1
1	0,073	0,005	0,389	-	-	-	10	10	S 1
2	0,073	0,005	0,001	-	-	-	10	10	S 1
3	0,073	0,005	0,390	-	-	-	10	10	S 1
1	0,433	0,005	0,731	-	-	-	10	10	S 1
2	0,433	0,005	0,011	-	-	-	10	10	S 1
3	0,433	0,005	0,710	-	-	-	10	10	S 1
1	0,689	0,004	0,269	-	-	-	10	10	S 1
2	0,689	0,004	0,038	-	-	-	10	10	S 1
1	0,405	0,010	0,032	-	-	-	10	10	S 1
2	0,405	0,010	0,014	-	-	-	10	10	S 1
1	0,117	0,006	0,014	-	-	-	10	10	S 1
2	0,117	0,006	0,009	-	-	-	10	10	S 1
1	- 0,080	0,001	0,008	-	-	-	10	10	S 1
2	- 0,080	0,001	0,001	-	-	-	10	10	S 1
1	- 0,435	0,002	0,000	-	-	-	10	10	S 1
2	- 0,435	0,002	0,008	-	-	-	10	10	S 1
1	- 0,869	0,007	0,008	-	-	-	10	10	S 1
2	- 0,869	0,007	0,035	-	-	-	10	10	S 1
1	- 1,461	0,008	0,040	-	-	-	10	10	S 1
2	- 1,461	0,008	0,342	-	-	-	10	10	S 1

1	0,149	0,007	0,076	-	0,104	0,037	0,061	10	10	S 1
2	0,149	0,007	0,026	-	0,104	0,007	0,061	10	10	S 1
1	0,076	0,008	0,022	-	0,033	0,006	0,011	10	10	S 1
2	0,076	0,008	0,006	-	0,033	0,000	0,011	10	10	S 1
1	0,092	0,005	0,007	-	0,006	0,000	0,018	10	10	S 1
2	0,092	0,005	0,004	-	0,006	0,008	0,018	10	10	S 1
1	0,063	0,002	0,006	0,007	-	0,009	0,012	10	10	S 1
2	0,063	0,002	0,010	0,007	-	0,014	0,012	10	10	S 1
1	- 0,017	0,003	0,010	0,013	-	0,015	0,002	10	10	S 1
2	- 0,017	0,003	0,016	0,013	-	0,014	0,002	10	10	S 1
1	- 0,215	0,004	0,015	0,047	-	0,014	0,023	10	10	S 1
2	- 0,215	0,004	-	-	-	-	-	10	10	S 1
1	- 0,494	0,004	0,015	0,417	-	0,003	0,032	10	10	S 1
2	- 0,494	0,004	0,218	0,417	-	0,012	0,032	10	10	S 1
1	0,148	0,002	0,242	0,189	-	0,077	0,052	10	10	S 1
2	0,148	0,002	0,058	0,189	-	0,006	0,052	10	10	S 1
3	0,148	0,002	0,359	0,189	-	0,089	0,052	10	10	S 1
1	0,123	0,003	0,408	0,295	-	0,035	0,020	10	10	S 1
2	0,123	0,003	0,061	0,295	-	0,003	0,020	10	10	S 1
3	0,123	0,003	0,530	0,295	-	0,030	0,020	10	10	S 1
1	0,375	0,005	0,108	0,100	-	0,036	0,024	10	10	S 1
2	0,375	0,005	0,051	0,100	-	0,001	0,024	10	10	S 1
3	0,375	0,005	0,210	0,100	-	0,039	0,024	10	10	S 1
1	- 0,119	0,002	0,234	0,186	-	0,020	0,013	10	10	S 1
2	- 0,119	0,002	0,063	0,186	-	0,000	0,013	10	10	S 1
3	- 0,119	0,002	0,359	0,186	-	0,020	0,013	10	10	S 1
1	0,073	0,003	0,586	0,413	-	0,238	0,165	10	10	S 1
2	0,073	0,003	0,071	0,413	-	0,025	0,165	10	10	S 1
3	0,073	0,003	0,729	0,413	-	0,288	0,165	10	10	S 1
1	- 0,180	0,002	0,204	0,159	-	0,070	0,047	10	10	S 1
2	- 0,180	0,002	0,049	0,159	-	0,005	0,047	10	10	S 1
3	- 0,180	0,002	0,301	0,159	-	0,081	0,047	10	10	S 1

1	- 0,438	- 0,002	0,045	- 0,025	0,064	0,134	10	10	S 1
2	- 0,438	- 0,002	0,032	- 0,025	- 0,007	0,134	10	10	S 1
1	- 0,248	0,005	0,032	- 0,059	- 0,009	0,013	10	10	S 1
2	- 0,248	0,005	0,000	- 0,059	- 0,016	0,013	10	10	S 1
1	- 0,128	0,008	0,000	- 0,056	- 0,017	- 0,017	10	10	S 1
2	- 0,128	0,008	- 0,029	- 0,056	- 0,008	- 0,017	10	10	S 1
1	0,007	0,006	- 0,029	- 0,005	- 0,008	- 0,015	10	10	S 1
2	0,007	0,006	- 0,032	- 0,005	- 0,001	- 0,015	10	10	S 1
1	- 0,074	0,003	- 0,032	0,042	- 0,001	- 0,005	10	10	S 1
2	- 0,074	0,003	- 0,010	0,042	- 0,003	- 0,005	10	10	S 1
1	- 0,156	0,002	- 0,010	0,045	- 0,003	- 0,016	10	10	S 1
2	- 0,156	0,002	0,014	0,045	0,006	- 0,016	10	10	S 1
1	- 0,152	0,009	- 0,023	0,041	- 0,074	- 0,142	10	10	S 1
2	- 0,152	0,009	- 0,002	0,041	0,002	- 0,142	10	10	S 1
1	- 0,112	- 0,001	- 0,002	0,004	0,001	- 0,009	10	10	S 1
2	- 0,112	- 0,001	- 0,001	0,004	0,006	- 0,009	10	10	S 1
1	- 0,067	- 0,004	- 0,001	0,002	0,007	- 0,007	10	10	S 1
2	- 0,067	- 0,004	- 0,000	0,002	0,003	- 0,007	10	10	S 1
1	- 0,041	- 0,004	- 0,000	0,000	0,003	- 0,003	10	10	S 1
2	- 0,041	- 0,004	- 0,000	0,000	0,002	- 0,003	10	10	S 1
1	- 0,010	0,000	0,000	0,002	0,002	- 0,014	10	10	S 1
2	- 0,010	0,000	0,001	0,002	0,009	- 0,014	10	10	S 1
1	0,024	0,007	0,001	0,018	0,009	- 0,102	10	10	S 1
2	0,024	0,007	0,011	0,018	0,062	- 0,102	10	10	S 1
1	- 0,261	0,005	0,215	- 0,164	- 0,203	- 0,149	10	10	S 1
2	- 0,261	0,005	- 0,046	- 0,164	0,035	- 0,149	10	10	S 1
3	- 0,261	0,005	- 0,307	- 0,164	0,272	- 0,149	10	10	S 1
1	0,141	0,008	0,183	- 0,139	0,010	- 0,010	10	10	S 1
2	0,141	0,008	0,110	- 0,139	0,005	- 0,010	10	10	S 1
1	0,099	0,001	0,108	- 0,134	0,005	- 0,008	10	10	S 1
2	0,099	0,001	0,037	- 0,134	0,001	- 0,008	10	10	S 1
1	0,038	- 0,003	0,037	- 0,126	0,001	- 0,003	10	10	S 1

2	0,038	-	-	-	-	0,003	10	10	S 1
1	- 0,031	0,003	0,029	0,126	0,001	0,002	10	10	S 1
2	- 0,031	0,000	-	-	-	-	10	10	S 1
1	- 0,103	0,009	0,099	0,130	0,000	0,002	10	10	S 1
2	- 0,103	0,009	-	-	-	-	10	10	S 1
1	- 0,177	0,017	0,098	0,148	0,000	0,004	10	10	S 1
2	- 0,177	0,017	-	-	-	-	10	10	S 1
1	- 0,213	0,017	0,177	0,158	0,002	0,091	10	10	S 1
2	- 0,213	0,017	-	-	-	-	10	10	S 1
1	- 0,213	0,005	0,261	0,158	0,051	0,091	10	10	S 1
2	- 0,213	0,005	0,097	0,084	0,020	0,014	10	10	S 1
3	- 0,213	0,005	-	-	-	-	10	10	S 1
1	0,090	0,005	0,037	0,084	0,002	0,014	10	10	S 1
2	0,090	0,005	-	-	-	-	10	10	S 1
3	0,090	0,005	0,171	0,084	0,024	0,014	10	10	S 1
1	0,090	0,006	-	-	-	-	10	10	S 1
2	0,090	0,006	0,202	0,158	0,025	0,016	10	10	S 1
3	0,090	0,006	-	-	-	-	10	10	S 1
1	0,161	0,006	0,050	0,158	0,001	0,016	10	10	S 1
2	0,161	0,006	-	-	-	-	10	10	S 1
3	0,161	0,006	0,302	0,158	0,026	0,016	10	10	S 1
1	0,161	0,005	-	-	-	-	10	10	S 1
2	0,161	0,005	0,625	0,442	0,045	0,028	10	10	S 1
3	0,161	0,005	-	-	-	-	10	10	S 1
1	0,092	0,005	0,077	0,442	0,000	0,028	10	10	S 1
2	0,092	0,005	-	-	-	-	10	10	S 1
3	0,092	0,005	0,780	0,442	0,046	0,028	10	10	S 1
1	0,092	0,005	-	-	-	-	10	10	S 1
2	0,092	0,005	0,209	0,159	0,015	0,010	10	10	S 1
3	0,092	0,005	-	-	-	-	10	10	S 1
1	0,138	0,005	0,044	0,159	0,001	0,010	10	10	S 1
2	0,138	0,005	-	-	-	-	10	10	S 1
3	0,138	0,005	0,297	0,159	0,016	0,010	10	10	S 1
1	0,138	0,004	-	-	-	-	10	10	S 1
2	0,138	0,004	0,355	0,256	0,022	0,014	10	10	S 1
3	0,138	0,004	-	-	-	-	10	10	S 1
1	0,219	0,004	0,052	0,256	0,001	0,014	10	10	S 1
2	0,219	0,004	-	-	-	-	10	10	S 1
3	0,219	0,004	0,458	0,256	0,024	0,014	10	10	S 1
1	0,219	0,003	-	-	-	-	10	10	S 1
2	0,219	0,003	0,403	0,294	0,005	0,002	10	10	S 1
3	0,219	0,003	-	-	-	-	10	10	S 1
1	0,014	0,003	0,064	0,294	0,002	0,002	10	10	S 1
2	0,014	0,003	-	-	-	-	10	10	S 1
3	0,014	0,003	0,531	0,294	0,001	0,002	10	10	S 1
1	0,014	0,003	-	-	-	-	10	10	S 1
2	0,014	0,003	0,415	0,293	0,086	0,062	10	10	S 1
3	0,014	0,003	-	-	-	-	10	10	S 1
1	0,239	0,003	0,051	0,293	0,012	0,062	10	10	S 1
2	0,239	0,003	-	-	-	-	10	10	S 1
3	0,239	0,003	0,516	0,293	0,111	0,062	10	10	S 1
1	0,239	0,004	-	-	-	-	10	10	S 1
2	0,239	0,004	0,825	0,573	0,040	0,027	10	10	S 1
3	0,239	0,004	-	-	-	-	10	10	S 1
1	0,001	0,004	0,086	0,573	0,003	0,027	10	10	S 1
2	0,001	0,004	-	-	-	-	10	10	S 1
3	0,001	0,004	0,997	0,573	0,046	0,027	10	10	S 1
1	0,001	0,001	-	-	-	-	10	10	S 1
2	0,001	0,001	0,174	0,278	0,014	0,040	10	10	S 1

2	0,001	0,001	0,027	-	0,278	0,007	-	0,040	10	10	S 1
1	- 0,183	0,004	0,023	-	0,059	0,007	-	0,029	10	10	S 1
2	- 0,183	0,004	0,008	-	0,059	0,009	-	0,029	10	10	S 1
1	- 0,356	0,001	0,008	-	0,015	0,009	-	0,032	10	10	S 1
2	- 0,356	0,001	0,000	-	0,015	0,026	-	0,032	10	10	S 1
1	- 0,518	0,000	0,000	-	0,023	0,026	-	0,007	10	10	S 1
2	- 0,518	0,000	0,012	-	0,023	0,030	-	0,007	10	10	S 1
1	- 0,866	0,008	0,010	-	0,097	0,030	-	0,106	10	10	S 1
2	- 0,866	0,008	0,041	-	0,097	0,027	-	0,106	10	10	S 1
1	- 1,429	0,008	0,049	-	0,581	0,029	-	0,217	10	10	S 1
2	- 1,429	0,008	0,357	-	0,581	0,145	-	0,217	10	10	S 1
1	- 0,134	0,005	0,018	-	0,002	0,035	-	0,058	10	10	S 1
2	- 0,134	0,005	0,019	-	0,002	0,005	-	0,058	10	10	S 1
1	- 0,133	0,005	0,017	-	0,024	0,003	-	0,008	10	10	S 1
2	- 0,133	0,005	0,005	-	0,024	0,001	-	0,008	10	10	S 1
1	- 0,074	0,002	0,006	-	0,006	0,001	-	0,014	10	10	S 1
2	- 0,074	0,002	0,003	-	0,006	0,009	-	0,014	10	10	S 1
1	- 0,070	0,002	0,003	-	0,003	0,009	-	0,005	10	10	S 1
2	- 0,070	0,002	0,005	-	0,003	0,012	-	0,005	10	10	S 1
1	- 0,134	0,004	0,003	-	0,037	0,012	-	0,009	10	10	S 1
2	- 0,134	0,004	0,016	-	0,037	0,007	-	0,009	10	10	S 1
1	- 0,299	0,004	0,021	-	0,215	0,007	-	0,000	10	10	S 1
2	- 0,299	0,004	0,135	-	0,215	0,007	-	0,000	10	10	S 1

Хоча триповерхова будівля не є надвисокою, вона все одно піддається дії вітру, який складається з статичної (постійної) та динамічної (пульсаційної) частин. Пульсаційна складова відображає коливання швидкості та тиску повітря, які виникають через турбулентність вітрового потоку. Ці коливання можуть спричинити періодичні зусилля та вібрації в конструкції.

Основні причинами виконання такого розрахунку може бути оцінка динамічної поведінки будівлі, що дозволяє визначити, як споруда реагує на

змінні навантаження, чи не виникатимуть коливання, здатні призвести до втоми матеріалу або дискомфорту людей усередині.

Пульсаційна складова може створювати додаткові навантаження на плити, колони, перекриття й фундамент, що потрібно враховувати при підборі перерізів і армування.

Навіть незначні вібрації можуть бути відчутними для людей — динамічний розрахунок допомагає уникнути небажаних коливань або резонансних ефектів.

Отже, розрахунок на пульсаційну складову вітрового навантаження дозволяє реалістично оцінити поведінку будівлі в умовах змінного вітрового впливу, забезпечити структурну безпеку та надійність у довгостроковій перспективі.

## ВИСНОВКИ

Світовий досвід і українська практика дослідження ударних (вибухових, ударних) та пульсаційних (вітрових, сейсмічних) навантажень на будівельні каркаси в цілому доповнюють один одного. Глобальні підходи пропонують новітні методики – від експериментів до високотехнологічного моделювання і нормативних рішень – тоді як українські вчені й інженери активно інтегрують ці підходи, пристосовуючи їх до своїх умов і потреб. В результаті формується сучасна система оцінки та забезпечення надійності конструкцій, яка покликана мінімізувати ризики від екстремальних динамічних впливів, забезпечуючи безпеку людей і збереженість будівель як в Україні, так і по всьому світу.

Сучасні норми часто недооцінюють стохастичність, комбіновані сценарії та кліматичні зміни. Пропоную поетапне вдосконалення з математичними інструментами для підвищення точності (на 20-30%) та економічності. Запропоновані кроки, що базуються на стохастичній, нелінійній динаміці та обчислювальних методах.

Ці кроки підвищать точність, зменшать витрати на 10-20% та адаптують норми до клімату 2050. Рекомендую пілотні проєкти в Україні з ЛІРА-САПР для валідації.

У межах виконаного дослідження було проаналізовано та реалізовано підходи до оцінки напружено-деформованого стану каркасу будівлі з урахуванням дії динамічних навантажень, зокрема вітрових та сейсмічних. Основні результати та положення можна узагальнити наступним чином:

1. Проведено просторове та плоске моделювання каркасу будівлі із застосуванням сучасного програмного комплексу ЛІРА, що дало змогу врахувати основні впливи: постійні, тимчасові, вітрові (статичні й динамічні) та сейсмічні. В результаті чисельного аналізу отримано розподіл внутрішніх зусиль та переміщень у конструктивних елементах рами, що дозволяє зробити обґрунтовані висновки щодо їх міцності, жорсткості та просторової стабільності.

2. Окремо розглянуто питання врахування динамічної (пульсаційної) складової вітру. Визначено умови, за яких необхідне проведення динамічного розрахунку (наприклад, при значенні коефіцієнта динамічності  $C_d > 1.2$  або для будівель заввишки понад 200 м). Наведено порядок формування відповідних завантажень у ЛПРА, описано алгоритм побудови матриці мас і параметрів вітрової дії, враховуючи просторову орієнтацію навантаження.

3. Проаналізовано нормативні вимоги та приклади сейсмічного навантаження згідно з діючими державними будівельними нормами України (ДБН В.1.1-12). Визначено підходи до побудови моделі, локалізації мас, та формування горизонтального і вертикального динамічного впливу. Наголошено на необхідності врахування крутильних ефектів, що виникають через ексцентриситет між центром жорсткості та центром мас.

4. Здійснено впровадження розрахункових сценаріїв у середовищі ПК ЛПРА-САПР, що дає змогу ефективно реалізувати статичні та динамічні схеми навантаження. Здійснено перевірку на основі власних частот коливань, зусиль у елементах та переміщень у вузлах конструкції. Показано, що програмний інтерфейс дозволяє гнучко налаштовувати параметри вітрового району, геометрії споруди, типу місцевості та будівельної системи.

5. Отримані результати підтверджують, що якісне врахування динамічних навантажень є критичним для забезпечення надійності та безпеки будівель, особливо в умовах складних природних впливів (вітер, землетрус). Чисельне моделювання дає змогу не лише виявити слабкі місця в конструкції, але й оптимізувати її з урахуванням реальних сценаріїв експлуатації.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Павліков А.М.. Залізобетонні конструкції: будівлі, споруди та їх частини : Підручник. Полтава, ПолтНТУ. 2017
2. Бамбура А.М. Проектування залізобетонних конструкцій : посібник / А.М. Бамбура, І.Р. Сазонова, О.В. Дорогова, О.В. Войцехівський; за ред. А.М. Бамбури. – К. : Майстер книг, 2018. 240 с.
3. Бліхарський З.Я., Кархут І.І., Струк Р.Ф. Розрахунок і конструювання нормальних та похилих перерізів залізобетонних елементів. Навчальний посібник. Львів: В-во Львівської політехніки, 2014. 144 с
4. Павліков А.М. Кам'яні та армокам'яні конструкції: Навчальний посібник / А.М. Павліков; Національний університет«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2021. 212 с.
5. Лівінський О. М., Хоменко О.Г., Терещук М. О., Любченко І.Г., Ратушняк Г. С., Єсипенко А. Д. Металеві конструкції . Підручник для студентів вищих навчальних закладів.- К.: «МП Леся», 2018. 306 с.
6. Клименко Ф.Є., Барабаш В.М., Стороженко Л.І. Металеві конструкції Львів: Світ, 2002 р. 312с.
7. Металеві конструкції: підруч. для студ. вищ. навч. закл. / О. О. Нілов [та ін.] ; під заг. ред. дійсн. чл. Акад. буд-ва України, проф. О. О. Нілова та засл. діяча науки і техн. України, д-ра техн. наук, проф. О. В. Шимановського. 2-е вид., переробл. І допов. К. : Сталь, 2010. 869 с.
8. Клименко В. З. Конструкції з дерева і пластмас: Підручник. К.: Вища школа, 2000. 304 с.
9. Гомон С.С. Г64 Конструкції із дерева та пластмас. Навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2016. 219 с
10. Основи та фундаменти. Навчальний посібник для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія / І.О.Парфентьева, О.В. Верешко, Д.А. Гусачук. Луцьк: ЛНТУ, 2017. 296с

11. Лучко Й. Й. Методи випробування та дослідження будівельних матеріалів, конструкцій будівель і споруд: [підручник] / Й. Й. Лучко ; за ред. д-ра техн. наук, проф. Й. Й. Лучка ; Львів. нац. аграр. ун-т. Львів : Світ, 2021. 485 с.
12. Zienkiewicz O.C., Taylor R.L. The Finite Element Method for Solid and Structural Mechanics. 7th Edition. Butterworth-Heinemann, 2013. 756 p.
13. Дубенець В.Г., Хільчевський В.В., Савченко О.В. Основи методу скінченних елементів: Навчальний посібник. Чернігів: ЧДТУ, 2007. 288 с.
14. Ковальчук Я.О. Технологія та організація будівництва: Навчальний посібник. Тернопіль, 2017. 191 с
15. Черненко В.К. Технологія будівельного виробництва./ Черненко В.К. і інші // К.: Вища шк., 2002. 430 с.
16. Ушацький С.А., Шейко Ю.П., Тригер Г.М. Організація будівництва : підручник. К. Кондор, 2007. 521 с.
17. Організація та управління будівництвом: підручник / О.А. Тугай та ін. Київ: Видавництво Ліра. К, 2024. 400 с.
18. Habib, M & Awall, Md & Chowdhury, Showaib. (2021). Analysis of Reinforced Concrete Building under Blast Loading.
19. Kasilingam, Senthil & Gupta, Iwansh & Senthil, Rupali & Pelecanos, Loizos. (2020). A review on the performance of reinforced concrete structures under blast loading. Journal of Structural Engineering & Applied Mechanics. 3. 216-228. 10.31462/jseam.2020.04216228.
20. Yingliang Xu, Fenglei Huang, Yan Liu, Junbo Yan, Fan Bai, Hao Yu, Baichuan Wang, Jun Wang, Effect of close-in successive explosions on the blast behaviors of reinforced concrete beams: An experimental study, Structures, Volume 53, 2023, Pages 29-46, <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.04.043>
21. Yagob, Omer & Galal, Khaled & Naumoski, N.. (2009). Progressive collapse of reinforced concrete structures. Structural Engineering and Mechanics. 32. 10.12989/sem.2009.32.6.771

22. Junbo Yan, Yan Liu, Zixi Xu, Zhen Li, Fenglei Huang, Experimental and numerical analysis of CFRP strengthened RC columns subjected to close-in blast loading, *International Journal of Impact Engineering*, Volume 146, 2020, 103720, <https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2020.103720>.

23. Jin Wang, Gregory A. Kopp, Gust effect factors for windward walls of rigid buildings with various aspect ratios, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Volume 212, 2021, 104603, <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2021.104603>.

24. Shiyu Zhao, Yaojun Ge, Gregory Kopp, Assessment of gust factors and wind speed decomposition methods for thunderstorms, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Volume 223, 2022, 104953, <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2022.104953>.

25. Jeong, Seung Yong & Alinejad, Hamidreza & Kang, Thomas. (2021). Performance-Based Wind Design of High-Rise Buildings Using Generated Time-History Wind Loads. *Journal of Structural Engineering*. 147. 04021134. 10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0003077.

26. Кархут, Ігор & Лучко, Йосип. (2025). МОДЕЛЮВАННЯ ЗАХИСНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ НЕЯВНИМИ МЕТОДАМИ ПРИ РОЗРАХУНКАХ НА ДИНАМІЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ. *Science and construction*. 43. 10.33644/2313-6679-1-2025-7.

27. Поляков, Антон & Лапенко, Олександр. (2025). АНАЛІЗ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ВИБУХОВОЇ ХВИЛІ НА ПІДЗЕМНІ СПОРУДИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В ANSYS AUTODYN. *Airport Planning, Construction and Maintenance Journal*. 103-110. 10.32782/apcmj.2025.1.12.

28. Максименко, В., Барабаш, М., Костира, Н., & Бармін, І. (2024). МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ВИБУХОВОГО ТИПУ В ЗАДАЧАХ ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ПК ЛІРА-САПР. *Наука та будівництво*, 38(4). <https://doi.org/10.33644/2313-6679-4-2023-3>

29. Barabash, Maria & Bashynskiy, Oleksii. (2024). Some approaches to modeling blast wave impact on structures in LIRA-FEM. *Strength of Materials and Theory of Structures*. 241-249. 10.32347/2410-2547.2024.113.241-249.

30. AIJ Recommendations for Loads on Buildings : 2015. Architectural Institute of Japan (AIJ). Tokyo, 2015 (revised edition). (Оновлення 2023: Revision of the AIJ Recommendations on Wind Loads for Buildings. Доступно: <https://www.aij.or.jp/>).

31. ASCE/SEI 7-22 : Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures. American Society of Civil Engineers (ASCE). Reston, VA, 2022. 1036 p. ISBN 978-0-7844-1578-8. DOI: 10.1061/9780784415788.

32. BS EN 1991-1-4 : Eurocode 1: Actions on Structures — Part 1-4: General Actions — Wind Actions. European Committee for Standardization (CEN). Brussels, 2005 (with Amendment A1:2010). 156 p. (British Standard version: BS EN 1991-1-4:2005+A1:2010).

33. BS EN 1991-1-7 : Eurocode 1: Actions on Structures — Part 1-7: General Actions — Accidental Actions. European Committee for Standardization (CEN). Brussels, 2006. 64 p. (British Standard version: BS EN 1991-1-7:2006).

34. GB 50009-2012 : Load Code for the Design of Building Structures. Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Beijing, 2012. (National Standard of the People's Republic of China. Approved by General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China).

35. GB 50011-2010 : Code for Seismic Design of Buildings. Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Beijing, 2010 (partial revision 2016; updated edition 2024). (National Standard of the People's Republic of China. English version available).

36. GB 50779-2012 : Code for Design of Blast Resistant Control Building in Petrochemical Industry. Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Beijing, 2012. (National Standard of the People's Republic of China).

37. IS 4991 : Criteria for Blast Resistant Design of Structures for Explosions Above Ground. Bureau of Indian Standards (BIS). New Delhi, 1968 (reaffirmed 2020). 20 p.

38. IS 875 (Part 3) : Code of Practice for Design Loads (Other than Earthquake) for Buildings and Structures — Part 3: Wind Loads. Bureau of Indian Standards (BIS). New Delhi, 2015 (reaffirmed 2020). 44 p.

39. IS 1893 (Part 1) : Criteria for Earthquake Resistant Design of Structures — Part 1: General Provisions and Buildings. Bureau of Indian Standards (BIS). New Delhi, 2016. 44 p.

40. The Building Standard Law of Japan. Building Center of Japan (BCJ). Tokyo, 1950 (revised editions: latest major update 2019). (Enforced by Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism. English version: The Building Standard Law of Japan, 1994 edition, 438 p.).

41. UFC 3-340-02 : Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions. U.S. Department of Defense (DoD). Washington, DC, 2008 (Change 2, 2014). (Unified Facilities Criteria. Issued by U.S. Army Corps of Engineers, Naval Facilities Engineering Command, Air Force Civil Engineer Center).

42. Duarte, T. G. A., Arunachalam, S., Subgranon, A., & Spence, S. M. J. (2023). Uncertainty Quantification and Simulation of Wind-Tunnel-Informed Stochastic Wind Loads. *Wind*, 3(3), 375-393. <https://doi.org/10.3390/wind3030022>

43. Song, J, Skalomenos, K & Martinez-Vazquez, P 2023, 'A multi-hazard analysis framework for earthquake-damaged tall buildings subject to thunderstorm downbursts', *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, vol. 52, no. 5, pp. 1463-1485. <https://doi.org/10.1002/eqe.3825>