

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Дев'ятиповерховий житловий будинок в м Тернопіль з дослідженням  
НДС монолітної залізобетонної рами

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

інженерія

(шифр і назва спеціальності)

\_\_\_\_\_  
(підпис) Барський В.О.  
(прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_  
(підпис) Сорочак А.П.  
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль \_\_\_\_\_  
(підпис) Сорочак А.П.  
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) Ясній В.П.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(підпис) Шпінталь М.Я.  
(прізвище та ініціали)

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

Факультет Центр перепідготовки та післядипломної освіти  
(повна назва факультету)

Кафедра будівельної механіки  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ясній В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

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

на здобуття освітнього ступеня магістр  
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Барський Володимир Олександрович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дев'ятиповерховий житловий будинок в м Тернопіль з дослідженням НДС монолітної залізобетонної рами

Керівник роботи к.т.н., доц. Сорочак Андрій Петрович  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19 грудня 2022

3. Вихідні дані до роботи Район будівництва – місто Тернопіль.

Температурна зона – 1. Вітровий район – 4.

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

Архітектурно-будівельна частина. Розрахунково-конструктивна частина.

Науково-дослідна частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

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

Генплан. Ситуаційна схема. Фасади .План 1-го поверху. План типового поверху. План цокольного поверху. Розріз. План фундаментів. План покриття. Креслення плити ПК.

Монолітна рама Р-1. Арматурні вироби.



## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>6</b>
<b>Розділ 1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>8</b>
1.1. Характеристика району будівництва.....	8
1.2. Геологічна будова та гідрогеологічні умови будівельного майданчика для будівництва будинку.....	9
1.3. Об'ємно-просторові та планувальні вирішення будівлі.....	9
1.4. Конструктивні рішення будівлі.....	10
1.5. Внутрішнє опорядження житлових приміщень .....	11
1.6. Заходи щодо забезпечення доступності для маломобільних груп населення .....	11
1.7. Вентиляція будинку.....	12
1.8. Дренаж .....	12
1.9. Заходи з енергозбереження.....	13
1.10. Електропостачання .....	15
1.11. Опалення та водопостачання.....	16
1.12. Газопостачання .....	16
1.13. Техніко-економічні показники по споруді.....	17
<b>Розділ 2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>19</b>
2.1. Компонування конструктивної схеми збірної балкового перекриття .....	19
2.1.1. Розрахунок і конструювання збірної попередньо напруженої залізобетонної плити з круглими порожнинами.....	20
2.1.2. Статичний розрахунок плити.....	21
2.1.3. Розрахунок плити за першою групою граничних станів .....	22
2.1.4. Розрахунок втрат попереднього напруження арматури і параметрів обтиснення бетону.....	25

2.1.5. Розрахунок і конструювання поперечної арматури в похилому перерізі.....	27
2.1.6. Розрахунок плити за другою групою граничних станів. ....	28
2.2. Розрахунок і конструювання монолітної рами.....	31
2.2.1. Статичний розрахунок.....	31
2.2.2. Підбір арматури в перерізах конструкцій. ....	33
2.2.3. Конструювання поперечного перерізу елементів рами. ....	35
<b>Розділ 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА .....</b>	<b>39</b>
3.1. Огляд проблеми визначення напружено-деформівного стану просторових рам .....	39
3.2. Запропонована методика дослідження НДС монолітної просторової рами .....	40
3.3. Результати дослідження НДС монолітної просторової рами житлового будинку.....	41
<b>Розділ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....</b>	<b>49</b>
4.1. Характеристика проектованого об'єкта .....	49
4.2. Вимоги безпеки під час експлуатації мобільних будівельних машин.....	49
4.3. Зовнішня техногенна безпека.....	51
4.3.1. Радіаційна безпека.....	51
4.3.2. Хімічна безпека .....	52
4.3.3. Транспортні магістралі .....	52
4.4. Внутрішня небезпека проектованого об'єкта.....	52
4.4.1. Електробезпека .....	52
4.4.2. Пожежо- та вибухонебезпека.....	53
4.4.3. Психофізіологічна небезпека.....	54
4.5. Заходи запобігання виникненню надзвичайних ситуацій і захист людей .....	54

4.5.1. Інженерні заходи .....	54
4.5.2. Організаційні заходи.....	56
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....</b>	<b>57</b>
<b>БІБЛІОГРАФІЯ.....</b>	<b>58</b>
<b>ДОДАТОК А. Результати визначення необхідного армування</b>	
<b>елементів просторової рами.....</b>	<b>62</b>

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** Розвиток міст та реалізація містобудівних планів вимагають спорудження нового якісного та архітектурно виразного житла в зоні міської забудови. При цьому будинки, що створюються, повинні відповідати вимогам урбаністики, бути зручними для проживання та енергоефективними. Значний попит житлові та комерційні приміщення в економічно активних районах українських міст зумовлює актуальність обраної теми.

В даній кваліфікаційній роботі пропонується варіант конструкції дев'ятиповерхового житлового будинку в центральній частині міста Тернополя. Тримкі конструкції першого поверху включають в себе монолітну залізобетону просторову раму. Точне визначення її напружено-деформованого стану є важливою практичною задачею, яку необхідно розв'язати для коректного підбору необхідного армування та забезпечення міцності.

**Мета роботи** – оцінка напружено-деформівного стану монолітної залізобетонної просторової рами.

**Основні задачі**, що ставляться в роботі:

- дослідити напружено-деформівний стан монолітної залізобетонної просторової рами проектного дев'ятиповерхового житлового будинку;
- підібрати необхідне армування для забезпечення міцності та жорсткості просторової рами.

**Об'єкт дослідження** – монолітна залізобетонна просторова рама дев'ятиповерхового житлового будинку.

**Предмет дослідження** – напружено-деформівний стан монолітної залізобетонної просторової рами.

Одержані результати характеризуються наступною **науковою новизною**:

1. Отримала подальший розвиток методика оцінювання напружено-деформівного стану просторових рам з монолітного залізобетону з використанням методу скінченних елементів.

**Практична цінність одержаних результатів.** В даній кваліфікаційній роботі магістра проведено дослідження напружено-деформівного стану просторової монолітної залізобетонної рами. Визначено та запроєктовано необхідне армування конструкції. Запропонований підхід може бути використаний для проектування інших елементів конструкцій подібного типу для житлових та громадських будівель.

**Апробація результатів роботи.** Результати, отримані в даній кваліфікаційній роботі, доповідались на Міжнародній науково-технічній конференції «Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій».

**Публікації.** В.О. Барський, Я.Є. Бабій. Дослідження напружено-деформівного стану просторової рами дев'ятиповерхового житлового будинку // Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій. Праці Міжнародної науково-технічної конференції (Тернопіль, 10-11 листопада 2022 року). – Т. : ФОП Паляниця В.А., 2022. – С. 174-175.

**Ключові слова:** МОНОЛІТНИЙ ЗАЛІЗОБЕТОН, НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНИЙ СТАН, ПРОСТОРОВА РАМА.



## Розділ 1

### АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

#### 1.1. Характеристика району будівництва

В даній кваліфікаційній роботі проектується дев'ятиповерховий житловий будинок у м. Тернополі на вул. Торговиця, 14.

З півночі ділянка межує з ділянкою на якій зведено 10-ти поверховий будинок, з півдня обмежена червоними лініями вул. Торговиця, зі сходу та заходу – ділянками 9-ти поверхових будівель .

Будівля розроблена в районі з наступними даними по кліматології та геофізиці [1]:

- кліматичний район I;
- панівні вітри – північно-західні;
- сейсмічність ділянки майданчика будівництва при II категорії ґрунтів, згідно [2] – 6 балів;
- розрахункова температура зовнішнього повітря:
  - найбільш холодної п'ятиденки  $-23^{\circ}\text{C}$ ;
  - найбільш холодної доби  $-24^{\circ}\text{C}$ ;
  - найжаркішого місяця  $+18,4^{\circ}\text{C}$ ;
  - тривалість опалювального періоду 191 доба .
- ступінь вогнестійкості II [3];
- категорія по вибухопожежній безпеці – не класифікується;
- за умовною висотою – багатоповерховий 34,6 м;
- за призначенням – житлова будівля з вбудованими громадськими приміщеннями.

## **1.2. Геологічна будова та гідрогеологічні умови будівельного майданчика для будівництва будинку**

В геоморфологічному відношенні досліджувана ділянка розміщена в межах Подільської височини. Рельєф ділянки похилий на південь, сформований відкосом. Перепад рельєфу по ділянці з півночі на південь – 1,4 м. По складності інженерно-геологічних умов ділянка відноситься до I категорії [4]. Сучасні геологічні процеси і явища, несприятливі для будівництва, відсутні. Підземні води присутні на глибині 6,5 м. В гідрогеологічному відношенні досліджувана ділянка придатна для використання по призначенню. Сейсмічність району згідно [2] – 6 балів. Категорія ґрунтів за сейсмічними властивостями – II.

Ґрунтово-рослинний шар залягає з поверхні землі до глибини 0,3 – 0,6 м. Під ґрунтово-рослинним шаром лягає товща ґрунтів, яка включає наступні інженерно-геологічні елементи:

- супіски пластичні
- піски середнього ступеню вологості

Глибина промерзання ґрунтів – 0,8 м.

## **1.3. Об'ємно-просторові та планувальні вирішення будівлі**

Призначення споруди – житловий будинок з вбудованими комерційними приміщеннями.

Об'ємно-просторове вирішення – житловий будинок на один під'їзд, з цокольним поверхом, дев'ять повноцінних житлових поверхів та технічний поверх в горіщному поверсі. Пластику фасадів формують чіткі та прості форми [5]. Контур будівлі близький до квадратного (21,6 × 24,7 м).

Планувальні вирішення – в цокольному поверсі запроектовано приміщення аптеки, електрощитова, водомірний вузол житлового будинку, підвальні

приміщення та пожежна насосна станція. На першому поверсі запроектовані дві однокімнатні, одна двокімнатна та одна трикімнатна квартири. На другому – дев'ятому поверхах в під'їзді запроектовані дві трикімнатні, одна однокімнатна та одна двокімнатна квартири. Головний вхід в житловий будинок запроектовано з подвір'я з північної сторони ділянки від рівня першого поверху. З вул. Торговиця запроектований окремий вхід в аптечне приміщення.

#### **1.4. Конструктивні рішення будівлі**

*Конструктивна схема будинку.* Контур будівлі близький до квадратного. Будинок з поздовжніми та поперечними несучими стінам з керамічної цегли, збірним залізобетонним перекриттям. Зовнішні стіни несучі. Геометрична незмінність будівлі забезпечена конструкціями сходової клітки та ліфтовою шахтою, несучими стінами та перекриттям [6].

*Обґрунтування прийнятого типу фундаментів.* Планується встановлення буро-набивних паль [7]. Основою фундаментів є шар ПЕ7.

Основні конструктивні елементи будинку:

- стіни і перегородки – цегляні, товщиною 65, 120, 380, 510, 640, 770 мм;
- перекриття – збірні залізобетонні плити ПК марок: ПК60.15-6-Ат-V-a, ПК60.12-6-Ат-V-a, ПК57.15-6-Ат-V-a, ПК57.12-6-Ат-V-a, ПК42.15-6-Ат-V-a, ПК48.12-6-Ат-V-a, ПК42.15-6т, ПК42.12-6т, ПК36.12-6т, ПК24.12-6т, що одночасно виконують роль антисейсмічних поясів стін;
- балкони та еркери – монолітні залізобетонні плити, огороження – легкі металеві;
- перемички – збірні та монолітні залізобетонні;
- сходи – збірні залізобетонні;
- конструкція покрівлі – плоский дах з технічним поверхом (горищем).

## **1.5. Внутрішнє опорядження житлових приміщень**

Стіни і перегородки:

- житлові приміщення – вапняно-піщана штукатурка, гіпсова шпаклівка, водоемульсійне пофарбування стін та перегородок;
- в кухнях – облицювання стін над робочою поверхнею керамічною плиткою;
- в санвузлах – облицювання стін керамічною плиткою на всю висоту приміщення.

Підлоги – в житлових приміщеннях, гардеробах – ламінат, в кухнях, прихожій і санвузлах – керамічна плитка.

Стелі – гіпсове шпаклювання, водоемульсійне пофарбування.

Внутрішні двері – дерев'яні з дерев'яними коробками.

Внутрішнє оздоблення сходів – огорожа сходів – металева, низ сходів – гіпсове шпаклювання, водоемульсійне пофарбування, стеля – гіпсове шпаклювання, водоемульсійне пофарбування, вапняно-піщана штукатурка, гіпсова шпаклівка, водоемульсійне пофарбування стін.

## **1.6. Заходи щодо забезпечення доступності для маломобільних груп населення**

Пішохідні шляхи – повздовжній та поперечний ухили відповідають встановленим межам [5].

Покриття пішохідних шляхів і підлог – поверхні покрить пішохідних шляхів і підлог – тверді, не слизькі. Покриття пішохідних доріжок, тротуарів, пандусу – рівне.

Пандуси і сходи – запроектовано пандус з огорожею та бортиками висотою 5 см на рівень входу до офісних приміщень та ліфтового холу житлової частини. В кінці пандусу площадка розміром більше 1,5 м.

### **1.7. Вентиляція будинку**

Система вентиляції житлового будинку природна, припливно-витяжна [8]. Видалення повітря через верхню зону каналів кухонь і санвузлів, вивід вище покрівлі на 0,5 м. Приплив через вікна та притвори дверей.

Характеристика вентиляційних каналів – загальний збірний колектор з поверховими вентиляційними каналами для кожного санвузла, окремі канали для кожної кухні.

Вентиляція технічного поверху здійснюється за рахунок вентиляційних отворів у стінах. З підвалу – з окремих вентканалів. Димовидалення через вікна сходової клітки.

Застосування вентустановок для видалення повітря із вбудованих приміщень застосовується мало шумний каналний вентилятор. Величина шуму не перевищує 40 дБ.

### **1.8. Дренаж**

Як водоприймальні застосовуються дренажні труби  $\varnothing 160$  мм в обгортці з синтетичного чи мінераловатного полотна. Дренажні труби обсипаються дрібним щебнем і середньозернистим піском. Дренажні обсіпки перед застосуванням промити від глинистих часток і просіяти. Пластовий дренаж передбачено у вигляді засипки з дрібного щебню та середньозернистого піску під всією площею підлоги з влаштуванням збірних дрен.

Враховуючи гідрогеологічні умови ділянки та архітектурно-будівельні вирішення передбачається влаштування пристінного дренажу, а у товщі підготовки під підлогу підвалу – пластового [9].

Відведення дренажної води самопливне з підключенням у зовнішню каналізацію і встановленням зворотного клапана на відповідній трубі.

На період вишукувань підземні води не виявлені. На час інтенсивних опадів у північно-західній частині ділянки можливе формування локального тимчасового водоносного горизонту типу «верховодки». У гідрогеологічному відношенні досліджувана ділянка придатна для використання за призначенням.

### 1.9. Заходи з енергозбереження

Схема для теплотехнічного розрахунку огорожувальної конструкції наведена на рис. 1.1.

Температурна зона – II.

Група експлуатації матеріалу «Б».

Тепловологісний режим приміщень – нормальний.

Термічний опір  $R$ , м<sup>2</sup>°C/Вт :

$$R = \frac{\delta}{\lambda},$$

де  $\delta$  – товщина шару.

$\lambda$  – розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу шару

$\lambda_1$  – зовнішня штукатурка з цементно-піщаного розчину;

$\lambda_2$  – утеплювач жорсткий пінополіуритан;

$\lambda_3$  – кладка з керамічної цегли;

$\lambda_4$  – внутрішня штукатурка з вапняно-піщаного розчину.

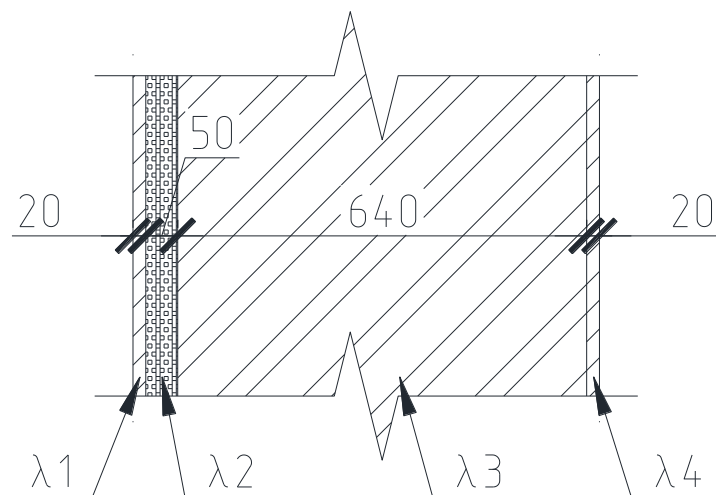


Рисунок 1.1 – Схема для теплотехнічного розрахунку зовнішньої стіни.

Теплопровідність	Теплозасвоєння	Густина
$\lambda_1 = 0,47$	$S_1 = 9,23$	$\rho_1 = 1600$
$\lambda_2 = 0,04$	$S_2 = 0,42$	$\rho_2 = 40$
$\lambda_3 = 0,56$	$S_3 = 9,66$	$\rho_3 = 1800$
$\lambda_4 = 0,58$	$S_4 = 10,35$	$\rho_4 = 1800$

Опір теплопередачі огорожувальної конструкції:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_B} + R_k + \frac{1}{\alpha_H},$$

де  $\alpha_B$  – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції.

$$\alpha_B = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°С})$$

$\alpha_H$  – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції.

$$\alpha_B = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°С})$$

$R_k$  – термічний опір огорожувальної конструкції з послідовно розміщеними однорідними шарами.

$$R_k = R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{в.п.},$$

де  $R_1, R_2, \dots, R_n$  – термічні опори окремих шарів огорожувальної конструкції.

Мінімально допустимий опір теплопередачі становить  $R_{q\min} = 2,5 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$  [5].

Приймаємо товщину утеплювача рівною 5 см.

$$R_\phi = \frac{1}{7,6} + \frac{0,02}{0,47} + \frac{0,05}{0,04} + \frac{0,64}{0,56} + \frac{0,02}{0,58} + \frac{1}{23} = 2,65 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$$

Перевірка:

$$R_\phi \geq R_{q\min} \quad 2,65 \geq 2,5$$

Віконні та дверні балконні блоки прийняті дерев'яні з подвійним склопакетом.

Опір теплопередачі складає  $R_0 = 0,5 \text{ (м}^2\text{К)/Вт}$ .

Нормативний опір теплопередачі становить  $R_{q\min} = 0,5 \text{ (м}^2\text{К)/Вт}$ .

Перекрыття над технічними приміщеннями цокольного поверху – утеплене плитами пінополістиролу товщиною 70 мм.

Опір теплопередачі складає  $R_0 = 3,1 \text{ (м}^2\text{К)/Вт}$ .

Нормативний опір теплопередачі становить  $R_{q\min} = 3,0 \text{ (м}^2\text{К)/Вт}$ .

На входах в будинок передбачені тамбури з дверима, оснащеними приладами самозакривання за [10].

## 1.10. Електропостачання

Проектом передбачено застосування електроарматури, виготовленої за новітніми технологіями з високою світловіддачею.

Внутрішня проводка запроектована проводами та кабелями з мідними жилами, що значно зменшить витрати електроенергії та підвищить надійність електропостачання.



У всіх споживачів електричної енергії передбачена установка лічильників нормального класу точності і відповідних технічних характеристик.

### **1.11. Опалення та водопостачання.**

Система опалення центральна. Всі нагрівальні прилади обладнують регулюючими клапанами з терморегулюючими головками.

Коефіцієнти термічного опору огорожуючих конструкцій відповідають нормативним показникам.

Передбачено індивідуальний облік води для системи холодного водопостачання. В технічних приміщеннях передбачений економічний насос для підкачування холодної води, що знижує витрати електроенергії на подачу води.

### **1.12. Газопостачання**

Джерело газопостачання – існуючий газопровід низького тиску  $\varnothing 200$  мм, що пролягає по вул. Торговиця. Тиск газу в точці підключення – 200 мм вод. ст. Глибина залягання – 0,8 м.

Споживачі газу, устаткування, яке підлягає газифікації – 4-х камфорні газові плити. Для обліку газу в кожній квартирі встановлюється побутовий мембранний газовий лічильник типу G-1,6.

Для виявлення витоків газу – сигналізатори метану та чадного газу.

Розрахункова витрата газу – 26,2 м<sup>3</sup>/год.

Конструктивне вирішення внутрішніх мереж – стояки прокладаються відкрито в кухнях. Відключаюча арматура встановлюється перед кожним газовим приладом і перед лічильником. Перетин газопроводом стін і перекрить виконується в футлярах із сталевих труб.

Від місця врізки до проєктованого житлового будинку газопровід прокладається підземно і покривається значно посиленою ізоляцією. На виході на фасад встановлюється контрольна трубка, відключаючий кран, електроізолюючий фланець і дашок над фланцем. Далі газопровід прокладається по фасаду і вводиться безпосередньо в приміщення кухонь. На кожному стояку встановлюється відключаючий кран.

Кожне приміщення кухні має вентиляційний канал, виведений вище покрівлі, та вікно з кватиркою. В дверях кухні виконати підріз площею 0,02 м<sup>2</sup>. Всі газопроводи монтувати із сталених електрозварних труб ГОСТ 10750-90 і ГОСТ 10704–90 із сталі 10 групи В ГОСТ 1055–88. Надземні і внутрішні газопроводи фарбуються олійною фарбою в два шари.

Запірна арматура повинна бути призначеною для газу. Герметичність затворів повинна відповідати ГОСТ 9544–75.

### 1.13. Техніко-економічні показники по споруді

ТЕП проєктованого житлового будинку з вбудованими приміщеннями комерційного призначення зводимо в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – ТЕП дев'ятиповерхового житлового будинку

№	Показник	Од. вим.	Значення
1	2	3	4
1	Площа забудови	м <sup>2</sup>	1500
2	Поверховість	пов.	9
3	Умовна висота будинку	м	34,6
4	Кількість квартир в т.ч.	кв.	36
	- однокімнатних	кв.	10
	- двокімнатних	кв.	9

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4
	- трикімнатних	кв.	17
5	Площа квартир у будинку в тому числі	м <sup>2</sup>	2839,9
	- житлова площа квартир	м <sup>2</sup>	2045,9
6	Площа вбудованих нежитлових приміщень в тому числі	м <sup>2</sup>	530,6
	- площа аптеки	м <sup>2</sup>	116,0
	- площа технічних приміщень	м <sup>2</sup>	414,6
7	Загальний будівельний об'єм	м <sup>3</sup>	15427,5
	- вище позначки ±0,000	м <sup>3</sup>	13730,5
	- нижче позначки ±0,000	м <sup>3</sup>	1697,0

## Розділ 2

### РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

#### 2.1. Компонування конструктивної схеми збірного балкового перекриття

Проектується 9-ти поверховий житловий будинок по вул. Торговиця в м. Тернополі, розмірами в плані  $24,64 \times 21,6$  м. Висота поверху становить 2,8 м. Схема споруди – із зовнішніми і внутрішніми несучими стінами.

В поперечному напрямку жорсткість споруди забезпечується по зв'язковій системі – вітрове навантаження сприймає перекриття, яке працює як горизонтальний диск [6].

Основу конструкцій перекриття складають попередньо-напружені плити типу ПК57.15-6-Ат (рис. 2.1). Плити опираються на цегляні стіни з обох боків (рис. 2.2). Схема навантаження приведена на рис. 2.3.

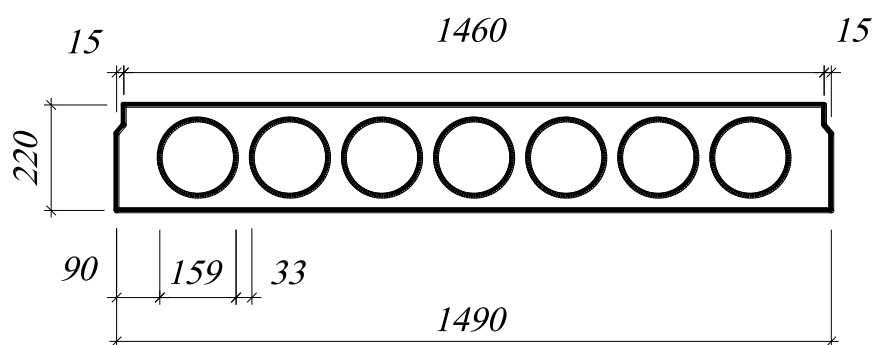


Рисунок 2.1 – Поперечний переріз плити

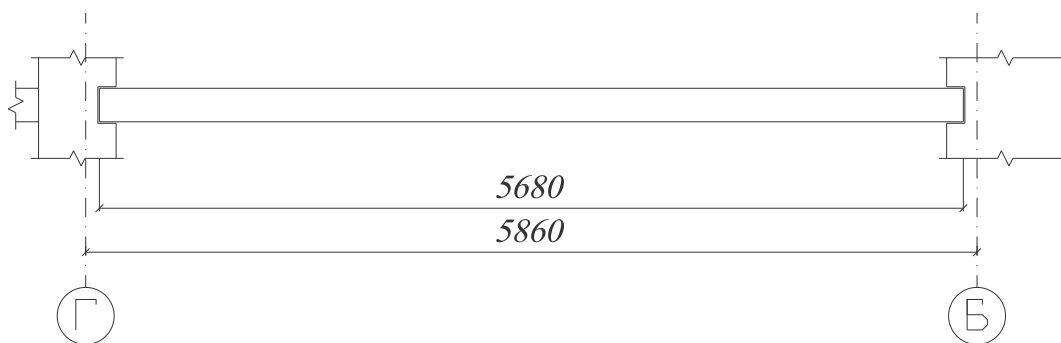


Рисунок 2.2 – Розрахунковий проліт плити

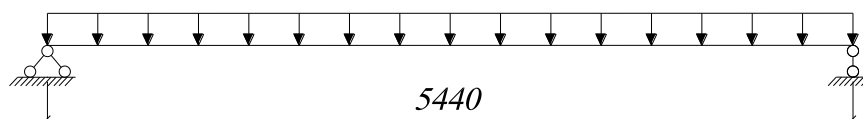


Рисунок 2.3 – Схема навантаження плити

### 2.1.1. Розрахунок і конструювання збірної попередньо напруженої залізобетонної плити з круглими порожнинами.

Обчислення навантажень на перекриття наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Збір навантажень на плиту перекриття

Вид навантаження	$\gamma_f = 1.0$ кН/м <sup>2</sup>	$\gamma_f$	$\gamma_f > 1.0$ кН/м <sup>2</sup>
Постійне			
Ламінат $t=0,02$ м; $\rho = 8$ кН/м <sup>3</sup>	0,105	1,1	0,116
Фанерна підготовка $t=0,1$ м; $\rho = 5$ кН/м <sup>3</sup>	0,072	1,1	0,079
Цементно-піщана стяжка $t=0,1$ м; $\rho = 25$ кН/м <sup>3</sup>	0,65	1,3	0,845
Звукоізоляція $t=0,05$ м; $\rho = 0,6$ кН/м <sup>3</sup>	0,03	1,1	0,033

Продовження табл. 2.1

Власна вага залізобетонної плити $t=0,22$ м; $\rho = 25$ кН/м <sup>3</sup>	2,9	1,1	3,19
Перегородки	0,15	1,1	0,165
Сумарне постійне:	$g_n=3,907$		$g=4,428$
Тимчасове			
Корисне навантаження на перекриття:			
- довготривале	2,45	1,2	2,94
- короткочасне	1,05	1,2	1,26
Сумарне корисне:	$v_n = 3,5$	1,2	$v = 4,2$
Сумарне:	$q_n = 7,407$		$q = 8,628$

Повне навантаження:

$$q = 8,628 \cdot 1,5 = 12,94 \text{ кН/м}$$

$$q_n = 7,407 \cdot 1,5 = 11,11 \text{ кН/м}$$

де  $\gamma_f$ ,  $\gamma_n$  – відповідно коефіцієнт надійності по навантаженню і призначенню конструкції, приймаємо по [11].

Розрахунковий проліт плити при її опиранні  $a = 0,13$  м.

$$l_0 = l - a = 5,68 - 0,13 = 5,55 \text{ м}$$

Бетон В20:  $R_b = 11,5$  МПа .

Арматура А600С:  $R_s = 510$  МПа .

### 2.1.2. Статичний розрахунок плити.

Згинальний момент посередині прольоту плити:

$$M = \frac{q \cdot l_0^2}{8} = \frac{12,94 \cdot 5,55^2}{8} = 49,82 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Поперечна сила по осі епюри:

$$Q = \frac{q \cdot l_0}{2} = \frac{12,94 \cdot 5,55}{2} = 35,91 \text{ кН}$$

### 2.1.3. Розрахунок плити за першою групою граничних станів

Розрахунок поздовжньої робочої арматури в нормальному перерізі на дію згинального моменту.

Для розрахунку переріз плити заміняємо еквівалентним перерізом двотавра [12] (рис. 2.4)  $h = 22 \text{ см}$ .

Висота полицчок:

$$h_f = h_f' = \frac{h - d}{2} = \frac{22 - 15,9}{2} = 3,05 \text{ см}$$

Ширина ребра:  $b = b_f' - n \cdot d = 14,6 - 7 \cdot 15,9 = 34,7 \text{ см}$

Умовно приймаємо  $d = 16 \text{ мм}$  і  $c = 20 \text{ мм}$ . Попереднє напруження  $\sigma_{sp} = 440 \text{ МПа}$ , а допустиме відхилення попереднього напруження:

$$p = 30 + \frac{360}{l} = 30 + \frac{360}{5,68} = 93,38 \text{ МПа}$$

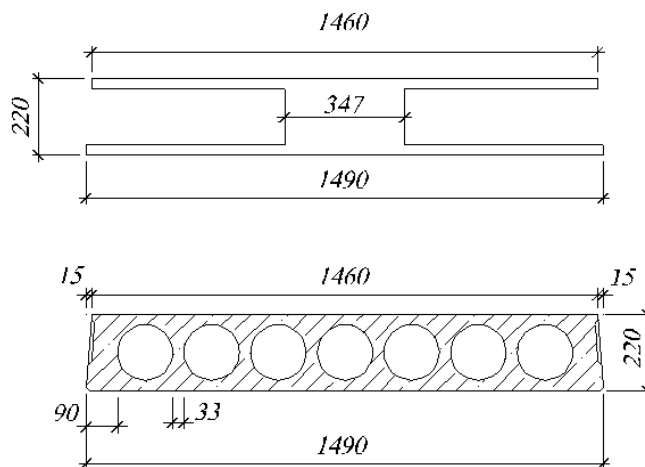


Рисунок 2.4 – Еквівалентний переріз плити

Перевірка умови:

$$\sigma_{sp} + p \leq R_{s,ser}; 440 + 93,38 = 533,38 \leq 590$$

$$\sigma_{sp} - p \geq 0,3 \cdot R_{s,ser}; 440 - 93,38 = 346,62 \geq 177$$

Умова задовольняється, отже  $\sigma_{sp}$  прийнято вірно.

Напруження в попередньо напруженій арматурі А600С

$$\sigma_{SR} = R_s + 400 - \sigma_{SP_2} - \Delta\sigma_{SP} = 590 + 400 - 440 - 94,12 = 455,88$$

$$\Delta\sigma_{SP} = 1500 \cdot \frac{\sigma_{sp}}{R_s} - 1200 = 1500 \cdot \frac{440}{510} - 1200 = 94,12$$

Гранична відносна висота стиснутої зони:

$$\xi_e = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{SR}}{\sigma_{SC,U}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,758}{1 + \frac{455,88}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,758}{1,1}\right)} = 0,591$$

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot R_b = 0,85 - 0,008 \cdot 11,5 = 0,758$$

Граничне значення коефіцієнта  $\alpha_m$

$$\alpha_R = \xi_R \cdot (1 - 0,5 \cdot \xi_R) = 0,591 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,591) = 0,416$$

Згинальний момент, що сприймається полчкою в стиснутій зоні:

$$M_f' = R_b \cdot b_f' \cdot h_f' \cdot (h_0 - 0,5 \cdot h_f') = 1035 \cdot 146 \cdot 3,05 \cdot (19,3 - 0,5 \cdot 3,05) = 81,92 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Оскільки  $M = 49,82 \text{ кН} \cdot \text{м} < M_f' = 81,92 \text{ кН} \cdot \text{м}$ , то нейтральна лінія перетинає полчку і переріз розраховуємо як прямокутний  $b_f' = 146 \text{ см}$  завширшки.

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b \cdot h_0^2 \cdot b_f'} = \frac{49,82 \cdot 10^5}{10,35 \cdot 146 \cdot 19,3^2 \cdot 10^2} = 0,0885$$

Отже, арматура в стисненій зоні непотрібна за розрахунком:

$$\xi = 0,093; \eta = 0,954$$

$$\gamma_{S6} = \eta - (\eta - 1) \cdot \left(2 \cdot \frac{\xi}{\xi_r} - 1\right) = 0,954 - (0,954 - 1) \cdot \left(2 \cdot \frac{0,093}{0,593} - 1\right) = 0,922$$



Необхідна площа арматури:

$$A_s = \frac{M}{\gamma_{S6} \cdot R_s \cdot h_0 \cdot \eta} = \frac{49,82 \cdot 10^3}{0,922 \cdot 680 \cdot 19,3 \cdot 0,954} = 4,31 \text{ см}^2$$

Приймаємо 4Ø12 А600С з  $A_s = 4,32 \text{ см}^2$ .

Визначення геометричних характеристик поперечного перерізу

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b} = \frac{190000}{24000} = 7,92$$

Площа зведеного моменту і статичний момент відносно нижньої грані:

$$A_{red} = 146 \cdot 22 - 7 \cdot \frac{4,32 \cdot 15,9^2}{4} + 7,92 \cdot 4,32 \cdot 2,6 = 1848 \text{ см}^2$$

$$S_{red} = S + \alpha \cdot S_s = 146 \cdot 22 \cdot 11 - 7 \cdot \frac{4,32 \cdot 15,9^2}{4} \cdot 11 + 7,92 \cdot 4,32 \cdot 8,2^2 = 20167 \text{ см}^3$$

Відстань від нижньої грані до центра ваги зведеного перерізу:

$$y_{red} = \frac{S_{red}}{A_{red}} = \frac{20167}{1848} = 10,9 \text{ см}$$

Момент інерції зведеного перерізу:

$$I_{red} = I + \alpha \cdot S_s = \frac{146 \cdot 22^3}{12} - 7 \cdot \frac{4,32 \cdot 15,9^4}{164} + 7,92 \cdot 4,32 \cdot 8,2^2 = 109273 \text{ см}^4$$

Відстань від точки прикладання зусилля в напруженій арматурі до центра ваги:

$$e_{on} = y_{red} - a = 10,9 - 2,6 = 8,3 \text{ см}$$

Момент опору:

$$\text{Відносно нижньої грані: } W_{red} = \frac{I_{red}}{y_{red}} = \frac{109273}{10,9} = 10025 \text{ см}^3$$

$$\text{Відносно верхньої грані: } W_{red} = \frac{I_{red}}{h - y_{red}} = \frac{109273}{22 - 10,9} = 9844 \text{ см}^3$$

Пружно-пластичний момент опору:

$$\text{Відносно нижньої грані: } W_{pl} = \gamma \cdot W_{red} = 1,5 \cdot 10025 = 15037 \text{ см}^3$$

$$\text{Відносно верхньої грані: } W_{pl} = \gamma \cdot W_{red} = 1,5 \cdot 9844 = 14766 \text{ см}^3$$

Відстань від ядрової точки найбільш віддаленої від розтягнутої зони до центра ваги:

$$\varphi_n = 1,6 - \frac{\sigma_b}{R_{b,ser}} = 1,6 - 0,75 = 0,85$$

$$r = \frac{\varphi_n \cdot W_{red}}{A_{red}} = \frac{0,85 \cdot 10025}{1848} = 4,61 \text{ см} \approx 4,6 \text{ см}$$

#### 2.1.4. Розрахунок втрат попереднього напруження арматури і параметрів обтиснення бетону.

Перші втрати до закінчення обтискування від релаксації напружень [12]:

Від температурного перепаду:

$$\sigma_2 = 0; \sigma_3 = \sigma_5 = 0; \sigma_4 = 0$$

Напруження обтискування бетону:

$$P = \gamma_{sp} \cdot A_s \cdot (\sigma_{sp} - \sigma_1) = 1 \cdot 4,32 \cdot 10^{-1} \cdot (440 - 16,8) = 170,6 \text{ кН}$$

$$\sigma_{bp} = \frac{P}{A_{red}} + \frac{P \cdot e_{op}}{I_{red}} \cdot e_{op} = \frac{170600}{1848} + \frac{170600 \cdot 83}{109273} \cdot 83 = 199,87 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}$$

Передаточна міцність бетону:

$$R_{bp} = 0,7 \cdot B = 0,7 \cdot 20 = 14 \text{ МПа}$$

Для відношення:

$$\frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} = \frac{1,99}{14} = 0,14 < \alpha = 0,25 + 0,025 \cdot R_{bp} = 0,6$$

Втрати від повзучості:

$$\sigma_6 = 0,85 \cdot 40 \cdot \frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} = 0,85 \cdot 40 \cdot \frac{1,99}{14} = 4,83 \text{ МПа}$$

Сума перших втрат напружень до закінчення обтискування бетону:

$$\sigma_{los_1} = \sigma_1 + \sigma_6 = 16,8 + 4,83 = 21,63 \text{ МПа}$$

Напруження в попередньо напруженій арматурі з врахуванням перших втрат:

$$\sigma_{sp_1} = \sigma_{sp} - \sigma_{los_1} = 440 - 21,63 = 418,37 \text{ МПа}$$

Зусилля обтискування з врахуванням перших втрат напружень:

$$P_1 = \gamma_{sp} \cdot A_s \cdot (\sigma_{sp} - \sigma_{los_1}) = 1 \cdot 4,32 \cdot 418,37 \cdot 10 = 169,05 \text{ кН}$$

Напруження в бетоні після обтиснення:

$$\sigma_{bp} = \frac{P_1}{A_{red}} + \frac{P_1 \cdot e_{op}}{I_{red}} \cdot e_{op} = \frac{169050}{1848} + \frac{169050 \cdot 8,3}{109273} \cdot 8,3 = 198,05 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}$$

$$\sigma_{bp} = 1,98 \text{ МПа} < 0,95 \cdot R_{bp} = 0,95 \cdot 14,4 = 13,68 \text{ МПа} \text{ – умова задовольняється.}$$

Втрата напружень після обтискування від осадки:

$$\sigma_b = 35 \text{ МПа}$$

Від повзучості для  $\frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} = 0,14 < 0,75$ :

$$\sigma_9 = 0,85 \cdot 150 \cdot \frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} = 0,85 \cdot 150 \cdot 0,14 = 17,85 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{los_2} = \sigma_8 + \sigma_9 = 35 + 17,85 = 52,85 \text{ МПа}$$

Повні втрати напружень:

$$\sigma_{los} = \sigma_{los_1} + \sigma_{los_2} = 21,63 + 52,85 = 74,48 \text{ МПа} < 100 \text{ МПа}$$

Для подальших обрахунків приймаємо  $\sigma_{los} = 100 \text{ МПа}$

Зусилля обтискування з врахуванням усіх втрат напружень:

$$P_2 = \gamma_{sp} \cdot A_s \cdot (\sigma_{sp} - \sigma_{los}) = 1 \cdot 4,32 \cdot 10^{-1} \cdot (440 - 100) = 106,8 \text{ кН}$$

### 2.1.5. Розрахунок і конструювання поперечної арматури в похилому перерізі.

Для сприймання поперечних сил на при опорних ділянках плити довжиною  $\frac{l}{4}$  в поперечному перерізі встановлюють чотири каркаси КР-1, в яких поперечна арматура  $\varnothing 3\text{Вр-I}$   $A_{sw} = 0,071 \text{ см}^2$ .

Крок поперечної арматури в каркасах з конструктивними вимогами  $S = 10 \text{ см} < \frac{h}{2} = 11 \text{ см}$

Основні розрахункові коефіцієнти:

$$\varphi_{b_2} = 2; \varphi_{b_3} = 0,6; \varphi_{b_4} = 1,5; \beta = 0,01;$$

$$\varphi_f = 0,75 \cdot \frac{(b_f' - b) \cdot h_f'}{b \cdot h_0} = 0,75 \cdot \frac{(146 - 34,7) \cdot 19,5}{34,7 \cdot 19,5} = 0,38 < 0,5$$

$$\varphi_n = 0,1 \cdot \frac{P_2}{R_{bt} \cdot b \cdot h_0} = 0,1 \cdot \frac{106,8}{0,081 \cdot 34,7 \cdot 19,5} = 0,19$$

$$1 + \varphi_f + \varphi_n = 1 + 0,38 + 0,19 = 1,57 > 1,5$$

$$\text{Приймаємо } (1 + \varphi_f + \varphi_n) = 1,5$$

$$Q_{ul} = \varphi_{b_3} \cdot (1 + \varphi_f + \varphi_n) \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0 = 0,6 \cdot 1,5 \cdot 81 \cdot 34,7 \cdot 19,5 = 49,3 \text{ кН} > Q = 25,08 \text{ кН}$$

Умова задовольняється і міцність за навскісною смугою між тріщинами достатня.

Поперечна сила, яка сприймається арматурою і бетоном стиснутої зони:

$$Q_b + Q_{sw} = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 81 \cdot 34,7 \cdot 19,5^2}{2 \cdot h_0} \cdot 19,5 + 0 \cdot 2 \cdot 19,5 = 82,2 \text{ кН} > 25,08 \text{ кН}$$

Міцність навскісних перерізів достатня.

### 2.1.6. Розрахунок плити за другою групою граничних станів.

Перевіряємо умову утворення тріщин:

$$M \leq M_{crc}$$

Момент утворення тріщин визначаємо по наближеному методу ядрових точок:

$$M_{crc} = R_{et,ser} \cdot W_{pe} + M_{rp} = 1,4 \cdot 15,037 + 34,12 = 55,17 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Ядровий момент зусилля обтиску:

$$M_{rp} = 0,87 \cdot P_2 \cdot (l_0 + r) = 0,87 \cdot 106800 \cdot (8,2 + 4,7) = 1198616 \text{ Н} \cdot \text{см} = 11,99 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Оскільки  $M_{rp} = 34,12 \text{ кН} \cdot \text{м} > M_{crc} = 11,99 \text{ кН} \cdot \text{м}$  – утворюються тріщини в розтягнутій зоні, отже необхідний розрахунок по розкриттю тріщин.

Перевіряємо утворення тріщин у зоні що стискається:

$$P_1 \cdot (l_{op} - r_{inf}) \leq R_{btp} \cdot W_{pl}$$

$$r_{inf} = 0,85 \cdot \left( \frac{10025}{1848} \right) = 4,6 \text{ см}$$

$$P_1 \cdot (l_{op} - r_{inf}) = 1,13 \cdot 169050 \cdot (8,2 - 4,6) = 6,88 \text{ кН} \cdot \text{см}$$

$$R_{btp} \cdot W_{pl} = 0,98 \cdot 14766 \cdot (100) = 14,47 \text{ кН} \cdot \text{см}$$

$6,88 \text{ кН} \cdot \text{см} < 14,47 \text{ кН} \cdot \text{см}$  – умова виконується, початкові тріщини у стисненій зоні не утворюються.

Максимальна поперечна сила при розрахунку утворення тріщин похилих до поздовжньої осі:

$$Q_{max} = 35,91 \text{ кН}$$

Максимальна поперечна сила, що сприймається бетоном:

$$Q_{b,min} = \varphi_{b_s} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot R_{bt,ser} \cdot b \cdot h_0 = 0,6 \cdot (1 + 0) \cdot 0,14 \cdot 34 \cdot 19,3 = 55,12 \text{ кН}$$

$$Q_{b,min} = 55,12 \text{ кН} > Q_{max} = 35,91 \text{ кН}$$

Умова виконується, похилі тріщини не утворюються.

Розрахунок ширини розкриття нормальних тріщин:

$$a_{crc,пост} = [0,4 \text{ мм}]$$

$$a_{crc,довготр.} = [0,3 \text{ мм}]$$

Момент від нормативного навантаження:

$$M_{n,нов} = \frac{7,407 \cdot 1,5 \cdot 5,55^2}{8} = 42,78 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Момент від розрахункового (повного) навантаження:

$$M_{розр.} = 49,82 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Від нормативного постійного і довготривалого навантаження:

$$M = \frac{6,36 \cdot 1,5 \cdot 5,55^2}{8} = 36,73 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Від нормативного постійного і короткочасного навантаження:

$$M = \frac{4,96 \cdot 1,5 \cdot 5,55^2}{8} = 28,13 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Плече внутрішньої пари:

$$z_1 = h_0 - 0,5 \cdot h_f = 19,3 - 0,5 \cdot 3,05 = 17,78 \text{ см}$$

Момент опору перерізу по розтягнутій арматурі:

$$W_s = A_s \cdot z_1 = 4,32 \cdot 17,78 = 76,81 \text{ см}^3$$

Приріст напружень в арматурі від дії повного навантаження:

$$\sigma = \frac{4982000 - 106800 \cdot 17,78}{76,81} = 401,39 \text{ МПа}$$

Приріст напружень в арматурі від дій постійного і довготривалого навантаження:

$$\sigma_s = \frac{3673000 - 106800 \cdot 17,78}{76,81} = 230,97 \text{ МПа}$$

Приріст напружень в арматурі від дій постійного і короткочасного навантаження:

$$\sigma_s = \frac{2813000 - 106800 \cdot 17,78}{76,81} = 119,01 \text{ МПа}$$

Ширина розкриття тріщин від дії повного навантаження:

$$a_{crc,1} = 20 \cdot (3,5 - 100 \cdot \mu) \cdot \delta \cdot \eta \cdot \varphi_e \cdot \left( \frac{\sigma_s}{E_c} \right) \cdot \sqrt[3]{d} =$$

$$= 20 \cdot (3,5 - 100 \cdot 0,0064) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \left( \frac{401,39}{190000} \right) \cdot \sqrt[3]{12} = 0,03 \text{ мм}$$

$$\text{де } \mu = \frac{A_s}{b \cdot h_0} = \frac{4,32}{34,7 \cdot 19,3} = 0,0064.$$

Ширина розкриття тріщин від дії постійного і короткочасного навантаження (нетривала дія):

$$a_{crc,2} = 20 \cdot (3,5 - 100 \cdot \mu) \cdot \delta \cdot \eta \cdot \varphi_e \cdot \left( \frac{\sigma_s}{E_c} \right) \cdot \sqrt[3]{d} =$$

$$= 20 \cdot (3,5 - 100 \cdot 0,0064) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \left( \frac{119,01}{190000} \right) \cdot \sqrt[3]{12} = 0,01 \text{ мм}$$

Ширина розкриття тріщин від дії постійного і довготривалого навантаження:

$$a_{crc,3} = 20 \cdot (3,5 - 100 \cdot \mu) \cdot \delta \cdot \eta \cdot \varphi_e \cdot \left( \frac{\sigma_s}{E_c} \right) \cdot \sqrt[3]{d} =$$

$$= 20 \cdot (3,5 - 100 \cdot 0,0047) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot \left( \frac{230,97}{190000} \right) \cdot \sqrt[3]{12} = 0,02 \text{ мм}$$

Недовготривале розкриття тріщин на ширину:

$$a_{crc} = a_{crc,1} - a_{crc,2} + a_{crc,3} = 0,03 - 0,01 + 0,02 = 0,04 \text{ мм} < [0,4 \text{ мм}]$$

Довготривале розкриття тріщин на ширину:

$$a_{crc} = a_{crc,3} = 0,02 \text{ мм} < [0,3 \text{ мм}]$$

Умова по тріщиностійкості виконується.

Максимально допустимий прогин плити  $f = [3 \text{ см}]$ . Сумарна поздовжня сила рівна зусиллю попереднього обтиснення з врахуванням всіх втрат:

$$N_{tot} = P_2 = 106,8 \text{ кН}$$

$$\text{Ексцентриситет: } l_0 = \frac{M}{N_{tot}} = \frac{4540000}{106800} = 42,5 \text{ см};$$

$\varphi_e = 0,8$  – при довготривалій дії навантаження;

$$\varphi_m = \frac{R_{bt,ser} \cdot W_{pl}}{M_r - M_{rp}} = \frac{1,4 \cdot 15037 \cdot 100}{4540000 - 1199000} = 0,63 < 1.$$

Коефіцієнт, що характеризує нерівномірність деформацій розтягнутої арматури на ділянці між тріщинами:

$$\psi_s = 1,25 - 0,8 \cdot 1 - \frac{1 - 0,63^2}{(3,5 - 1,8 \cdot 0,0085) \cdot 24,5 / 19,3} = 0,31 < 1$$

Визначаємо кривизну осі при згині

$$\frac{1}{r} = \frac{4540000}{19,3 \cdot 29 \cdot (100)} \cdot \left( \frac{0,31}{190000 \cdot 3,14} - \frac{0,9}{0,15 \cdot 300000 \cdot 445,3} \right) - \frac{106800}{19,3} \cdot \frac{0,31}{190000 \cdot 4,32 \cdot (100)} = 2,78 \cdot 10^{-5} \text{ см}$$

Визначаємо прогин:

$$f = \frac{1}{r} \cdot s \cdot l^2 = \frac{5}{48} \cdot 568^2 \cdot 2,3 \cdot 10^{-5} = 0,77 \text{ см} < f = [3 \text{ см}]$$

де  $s = \frac{5}{48}$  – для вільно опертої балки.

Умова задовольняється. Отже, плита ПК57.15-6-Ат відповідає всім вимогам I-ої та II-ої групи граничних станів.

## 2.2. Розрахунок і конструювання монолітної рами.

Бетон В20 (М300)  $R_b = 13$  МПа,  $R_{bt} = 0,975$  МПа, робоча арматура А400С  $R_s = 365$  МПа, поперечна і конструктивна А240С  $R_s = 225$  МПа,  $R_{sw} = 175$  МПа.

### 2.2.1. Статичний розрахунок.

*Обчислення навантажень і визначення розрахункових прольотів.*

Розрахункові навантаження на 1 м довжини ригеля (рис. 2.5):



Постійне від перекриття:  $g_n = 8,628 \cdot 1,87 \cdot 0,95 = 15,33 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$

Від ваги ригеля:

$$s_p = 0,6 \cdot 0,6 = 0,36 \text{ м}^2$$

$$g_p = 0,36 \cdot 25 = 9 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Від ваги стін:

$$s_{c1} = 0,64 \cdot 26,4 = 16,9 \text{ м}^2$$

$$g_{c1} = 16,9 \cdot 18 = 304,13 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

$$s_{c2} = 0,64 \cdot 26,4 - 0,64 \cdot 1,45 \cdot 8 = 9,5 \text{ м}^2$$

$$g_{c2} = 9,5 \cdot 18 = 171 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Сумарне постійне:  $g = g_n + g_p = 15,33 \cdot 8 + 9 + 304,13 = 435,77 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$

$$g = g_n + g_p = 15,33 \cdot 8 + 9 + 304,13 = 435,77 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

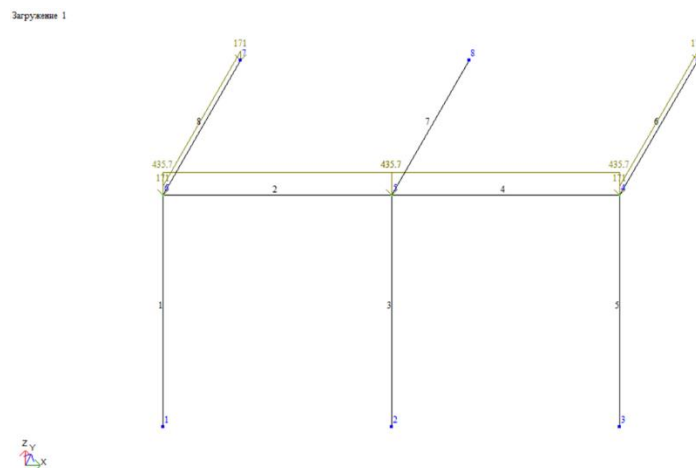


Рисунок 2.5 – Розрахункова схема монолітної залізобетонної рами

Розрахункові прольоти:

$$l_{01} = 5320 \text{ мм}$$

$$l_{02} = 4340 \text{ мм}$$

$$H_k = 5400 \text{ мм}$$

Детальний розрахунок та аналіз напружено-деформівного стану монолітної рами приведено в розділі 3.

### 2.2.2. Підбір арматури в перерізах конструкцій.

Підбір арматури проводимо за значеннями напружень в характерних перерізах конструкцій рами [13], що були визначені в розділі 3, а саме:

Елемент 2,4 (нерозрізний багато пролітний ригель):

Максимальний момент по середині прольоту –  $M_{PP1} = 532 \text{ кНм}$

Максимальний момент на опрах (проміжна) –  $M_{O1} = 1050 \text{ кНм}$

Максимальна поперечна сила в елементах (на проміжній опорі) –  $Q_1 = 1080 \text{ кН}$

Елемент 6,7,8 (ригель):

Максимальний момент по середині прольоту –  $M_{PP2} = 271 \text{ кНм}$

Момент на опрах –  $M_{O2} = 967 \text{ кНм}$

Поперечна сила в елементах –  $Q_2 = 437 \text{ кН}$

Елемент 1,3,5 (колони):

Максимальний момент в площині XZ (для крайніх колон) –  $M_{K1} = 967 \text{ кНм}$

Максимальний момент в площині YZ (для крайніх колон) –  $M_{K2} = 267 \text{ кНм}$

Стискаюче зусилля в крайніх колонах –  $N_1 = 1580 \text{ кН}$

Поперечна сила в крайніх колонах –  $Q_K = 256 \text{ кН}$

Стискаюче зусилля в середній колоні –  $N_1 = 2340 \text{ кН}$

За цими зусиллями знаходимо необхідну площу поперечного перерізу арматури за допомогою програми МІРАЖ 2015 (рис. 2.6 - 2.9).

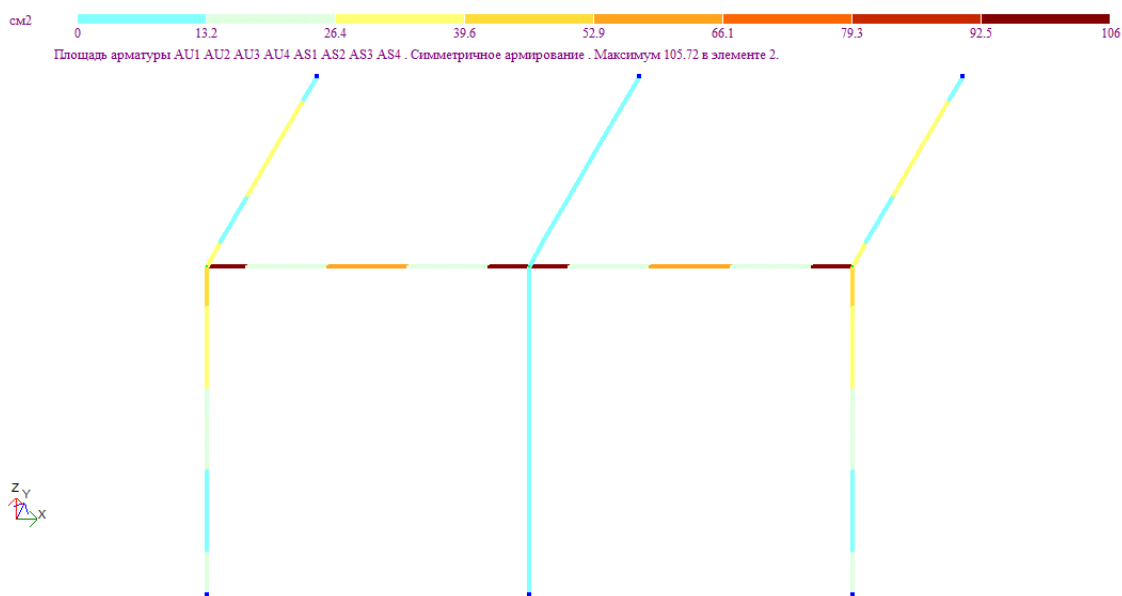


Рисунок 2.6 – Площа поперечного перерізу арматури при симетричному армуванні.

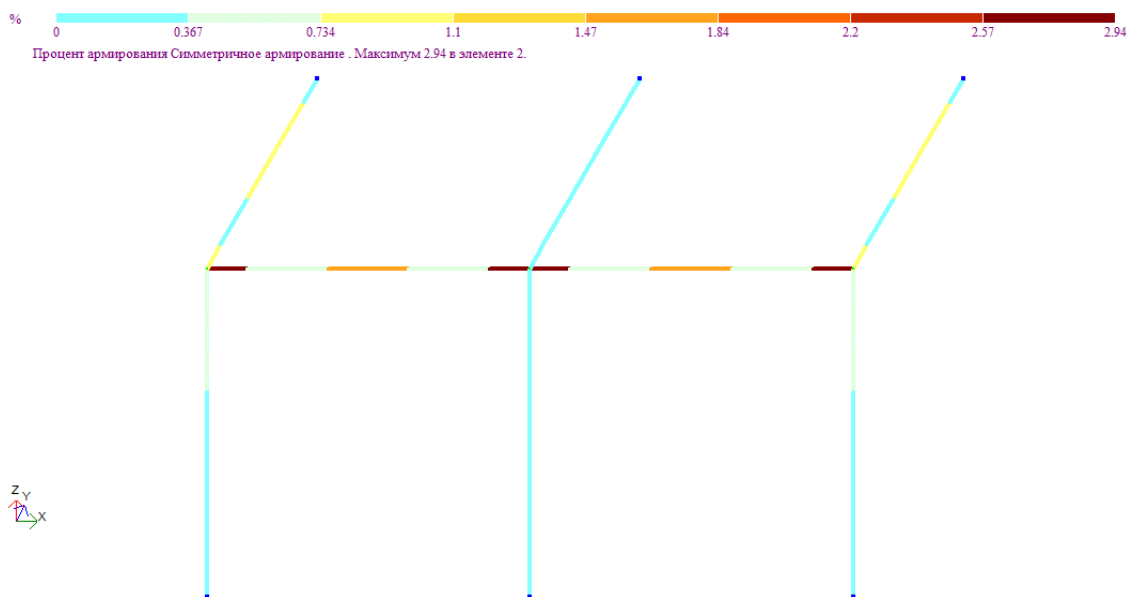


Рисунок 2.7 – Коефіцієнт армування при симетричному армуванні перерізів.



Рисунок 2.8 – Площа поперечного перерізу арматури при несиметричному армуванні.

Детальні результати визначення необхідного армування елементів просторової рами наведено в додатку А.

### 2.2.3. Конструювання поперечного перерізу елементів рами.

Багатопролітний нерозрізний ригель армується несиметрично (рис. 2.10). В середині прольотів переріз армується

$$8\text{Ø}25\text{A}400\text{C} \text{ з } A_s = 39,25 \text{ см}^2 \geq A_{s, \text{нec}} = 30,6 \text{ см}^2.$$

Над опорами додатково встановлюємо:

$$4\text{Ø}25\text{A}400\text{C} \text{ з } A_s = 19,63 \text{ см}^2 \geq A_{s, \text{нec}} = 13,68 \text{ см}^2,$$

$$14\text{Ø}25\text{A}400\text{C} \text{ з } A'_s = 68,72 \text{ см}^2 \geq A'_{s, \text{нec}} = 64,44 \text{ см}^2.$$

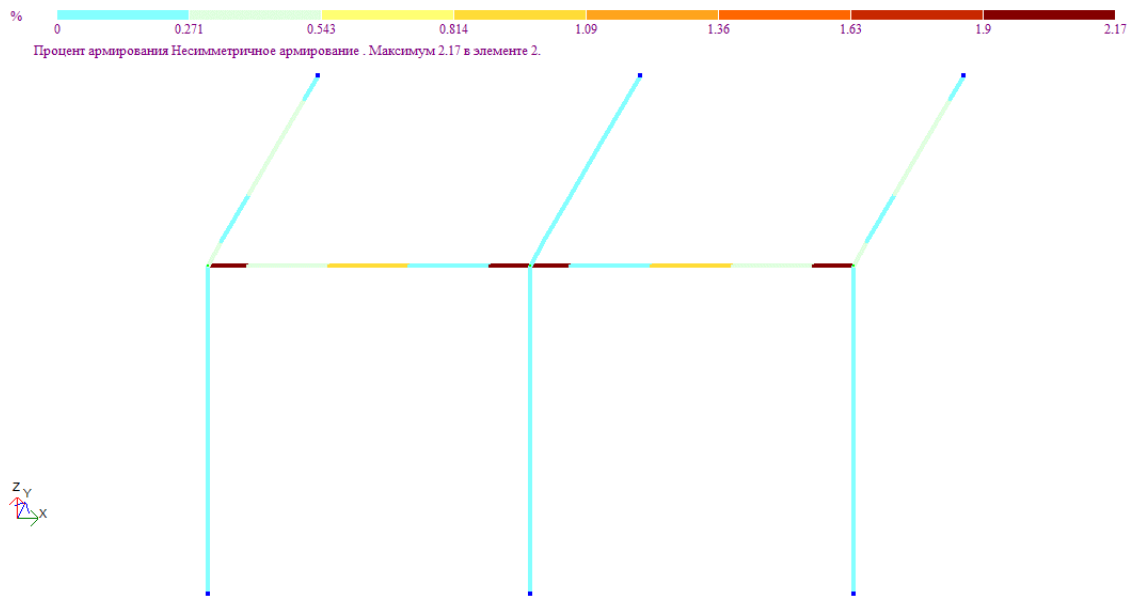


Рисунок 2.9 – Коэффициент армирования при несимметричному армуванні перерізів.

Поперечна арматура:  $\varnothing 10A400C$  з кроком 150 мм.

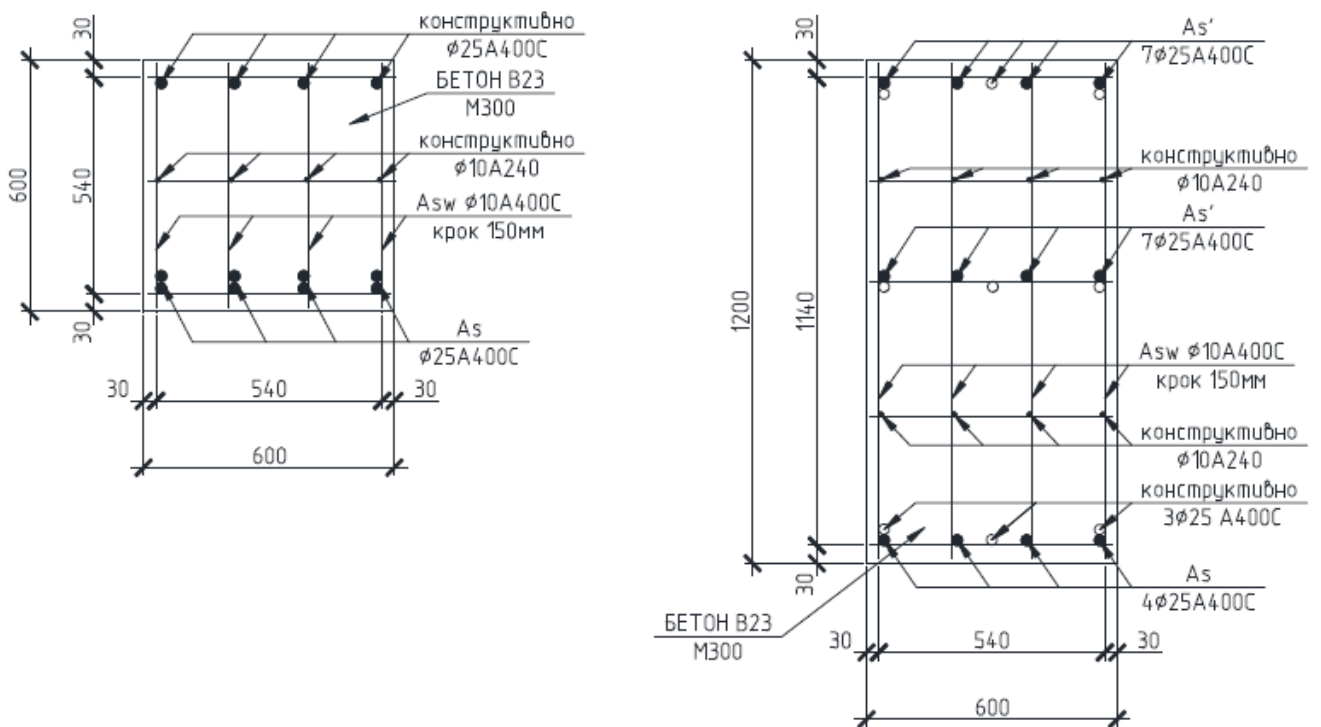


Рисунок 2.10 – Армування багатопролітного нерозрізного ригеля

Поперечний ригель армується несиметрично (рис. 2.11). В середині прольотів переріз армується:

$$8\varnothing 20A400C \text{ з } A_s = 25,14 \text{ см}^2 \geq A_{s, \text{необ}} = 15,48 \text{ см}^2,$$

Над опорами:

$$8\varnothing 20A400C \text{ з } A'_s = 25,12 \text{ см}^2 \geq A'_{s, \text{необ}} = 16,92 \text{ см}^2,$$

Поперечна арматура:  $\varnothing 10A240C$  з кроком 150 мм.

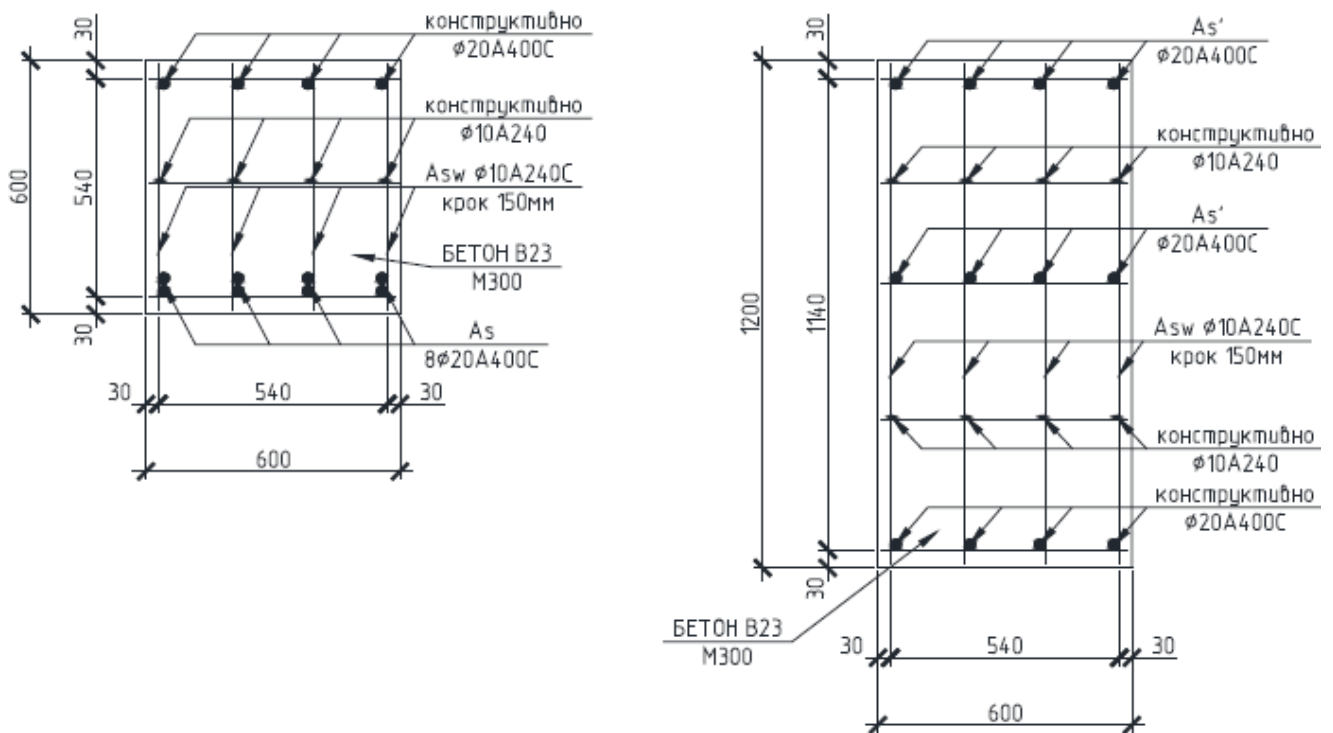


Рисунок 2.11 – Армування поперечного ригеля.

Колона армується симетрично (рис. 2.12). В перерізі армується:

$$12\varnothing 20A400C \text{ з } A_s = 37,70 \text{ см}^2 \geq A_{s, \text{необ}} = 32,4 \text{ см}^2,$$

Поперечна арматура:  $\varnothing 8A240C$  з кроком 275 мм.

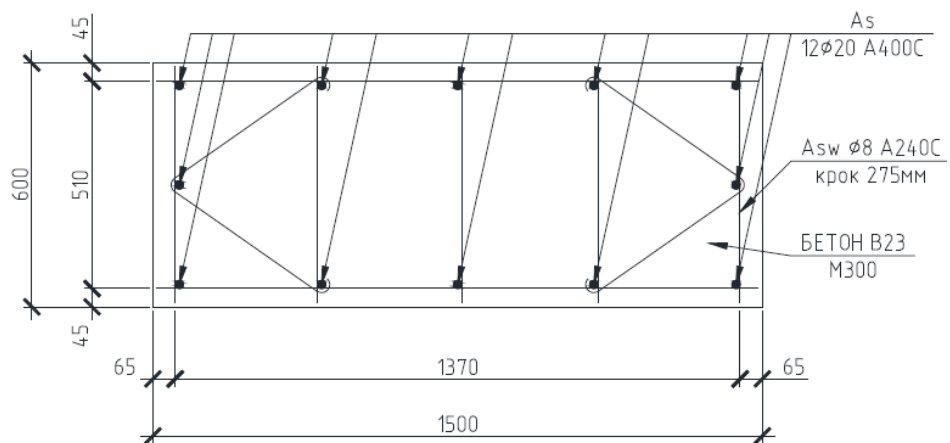


Рисунок 2.12 – Армування колони

### Розділ 3

## НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 3.1. Огляд проблеми визначення напружено-деформівного стану просторових рам

Конструкція проектованої будівлі включає в себе просторову монолітну залізобетону раму в осях 1–2/В–К. Вона використовується для влаштування проходу в двір будинку. Конструкції перекриття другого поверху спираються на дану раму та передають навантаження на монолітні стрічкові ростверки.

Загальні розміри просторової рами складають  $11,2 \times 3,75$  м, висота 5,4 м.

Рама складається з двох польотів довжиною 3,8 м. Ширина поперечного прольоту 3 м. За результатами проектування, виконаного в розділі 2.2, було прийнято наступні вихідні перерізи елементів монолітної просторової рами:

- колони – прямокутний  $1500 \times 600$  мм;
- поперечні ригелі –  $600 \times 600$  мм;
- поздовжній ригель –  $600 \times 600$  мм.

Матеріал рами – бетон класу С20/25 (В20) [13]. Армування виконано просторовими каркасами з арматури класу А400С.

Навантаження на монолітну просторову раму було зібрано в конструктивному розділі та включає в себе як власну вагу, так і навантаження від вище розміщених елементів.

Розрахункова схема монолітного залізобетону просторового каркасу наведена на рис. 3.1.



Завантаження 1

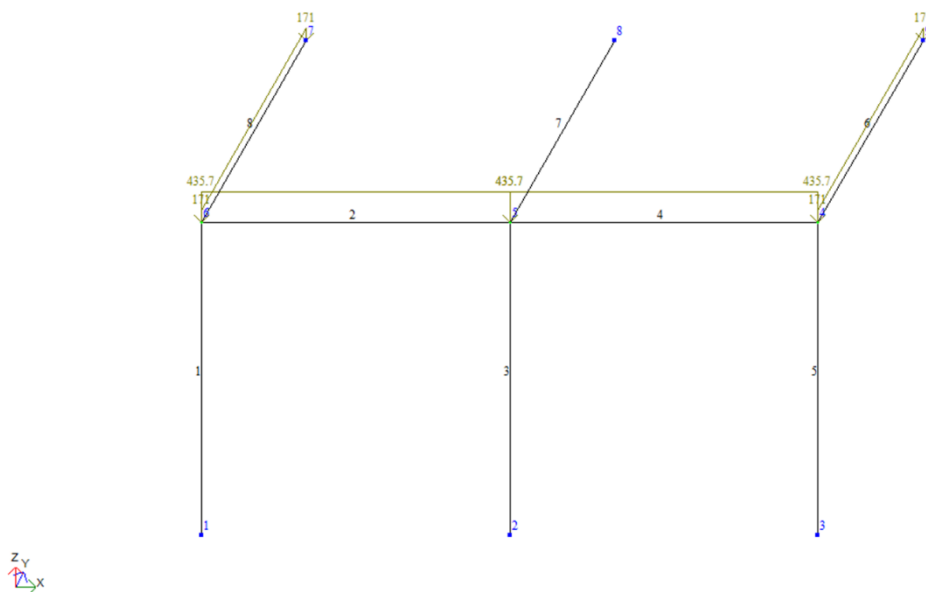


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема монолітної залізобетонної рами

### 3.2. Запропонована методика дослідження НДС монолітної просторової рами

В останні десятиліття типовим і найбільш поширеним способом дослідження напружено-деформівного стану конструкцій різного призначення є застосування методу скінченних елементів у формі переміщень. На сьогодні існує величезна кількість різних програмних продуктів, що реалізують даний спосіб. Його основними перевагами є простота та універсальність застосування, швидке отримання результатів. Проте, для одержання достовірних результатів необхідно приділяти значну увагу коректності використовуваних моделей [14-16], оскільки невірні припущення та спрощення при їх побудові дуже сильно знижують точність розрахунку.

Для дослідження напружено-деформівного стану просторової рами дев'ятиповерхового житлового будинку у м. Тернопіль з використанням програмного комплексу МІРАЖ 2015 було розроблено розрахункову модель, в

основу якої лягли стержневі скінченні елементи типу універсальних просторових стержнів.

По низу колон задавали в'язі, що відповідають жорсткому закріпленню. На вільні кінці поперечних ригелів задавали шарнірно нерухомі закріплення, що відповідають способу їх з'єднання з цегляною стіною будинку.

В задачі розглядали лише статичні навантаження та їх комбінації. Розрахунок проводився у лінійно-пружній постановці.

### **3.3. Результати дослідження НДС монолітної просторової рами житлового будинку**

Після виконання розрахунку створеної моделі можемо проаналізувати результати визначення внутрішніх силових факторів та переміщень у вузлах і елементах просторової рами.

Аналіз розпочнемо із мозаїки поздовжніх сил (рис. 3.2). Як бачимо, всі елементи рами працюють виключно на стиск, що позитивно позначається на їх експлуатації. Це означає, що в нашому випадку будуть відсутні ефекти, викликані позацентровим стиском, такі як утворення тріщин в розтягнутій зоні. Максимальне значення спостерігається в середній колоні рами.

Мозаїка згинальних моментів відносно осі  $Y$  показана на рис. 3.3. Можемо бачити, що максимальні значення згинаючих моментів є доволі суттєвими та спостерігаються у вузлах стикування колон з поздовжнім ригелем просторової рами. Це означає, що дані вузли будуть найбільш навантаженими та вимагатимуть додаткових заходів для забезпечення міцності з'єднання. В даному випадку можемо рекомендувати локальне збільшення поперечного перерізу ригеля в зоні стикування та підвищене армування даної ділянки.

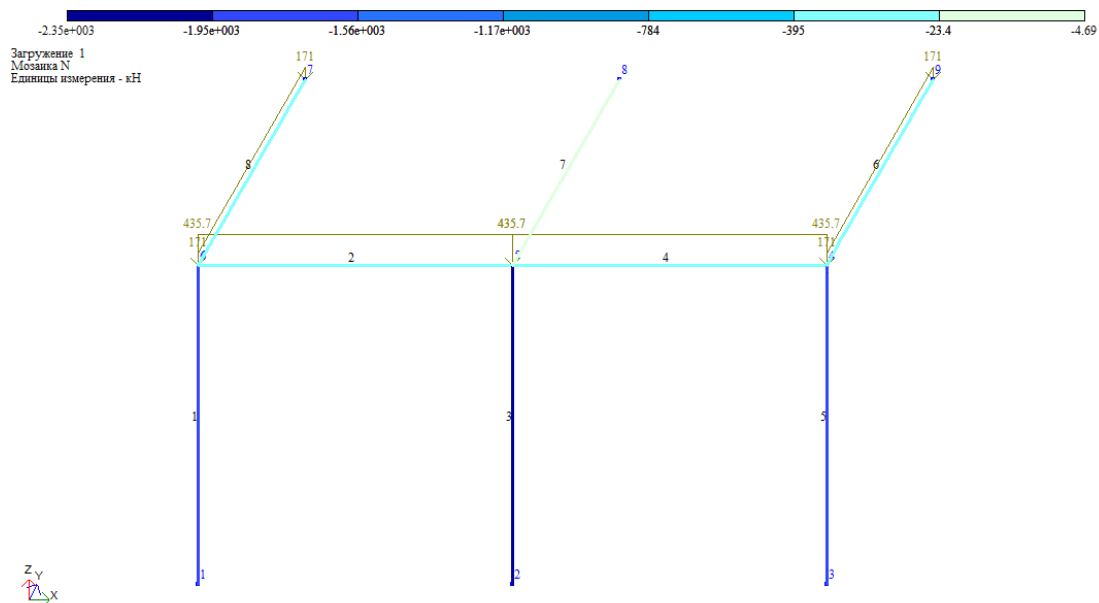


Рисунок 3.2 – Мозаїка стиску в стержнях рами

Також відзначимо ненульові згинаючі моменти у вузлах закріплення крайніх колон, які проте не досягають критичних значень, та повинні бути враховані при проектуванні фундаментів.

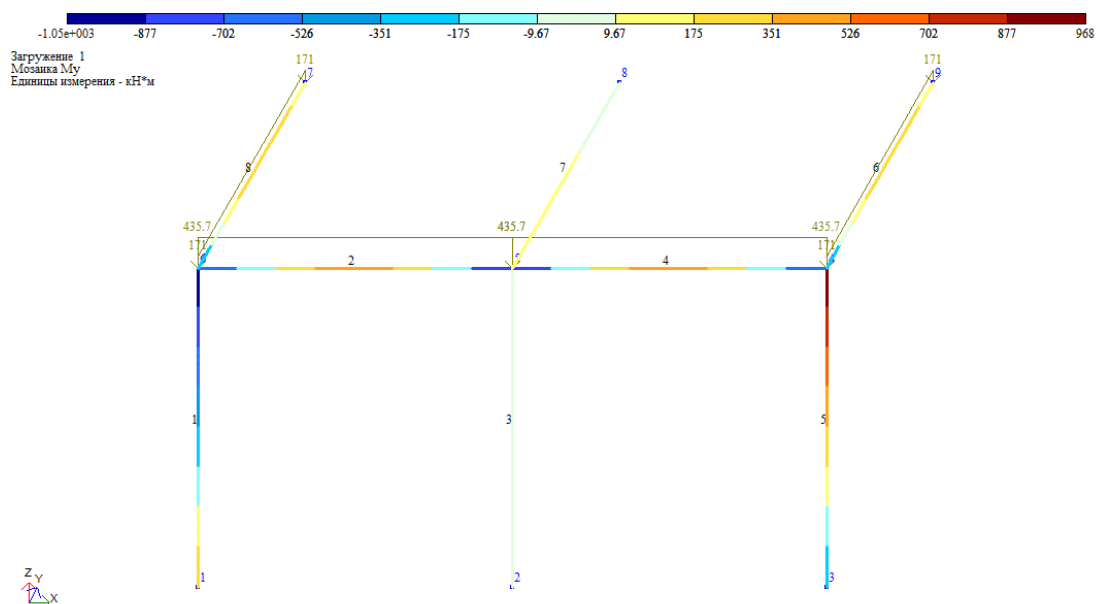


Рисунок 3.3 – Мозаїка моментів відносно осі Y



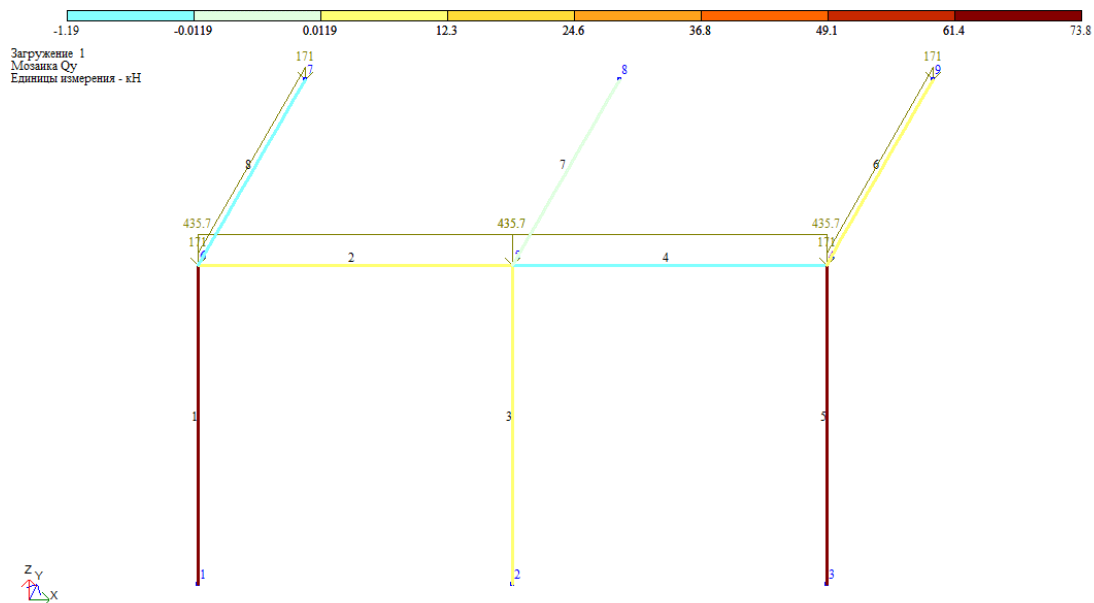


Рисунок 3.5 – Мозаїка поперечних сил відносно осі Y

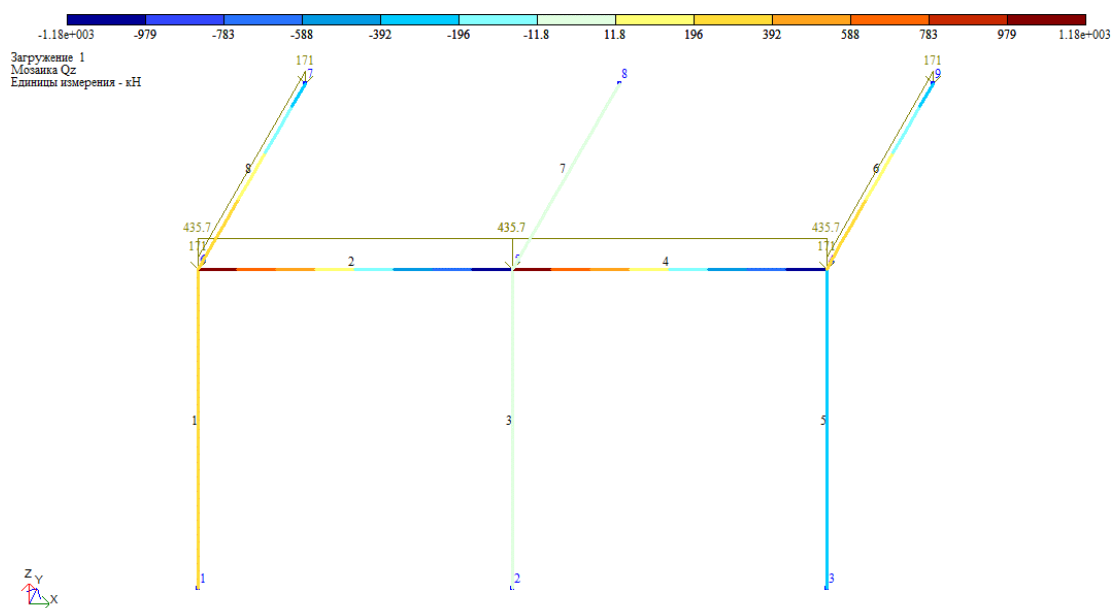


Рисунок 3.6 – Мозаїка поперечних сил відносно осі Z

Крутні моменти в елементах просторової рами житлового будинку Практична відсутні (рис. 3.7). Це вказує на правильно обрану конструктивну схему, яка не вимагає додаткового армування для сприйняття крупних деформацій, які є доволі небезпечними для залізобетонних елементів.



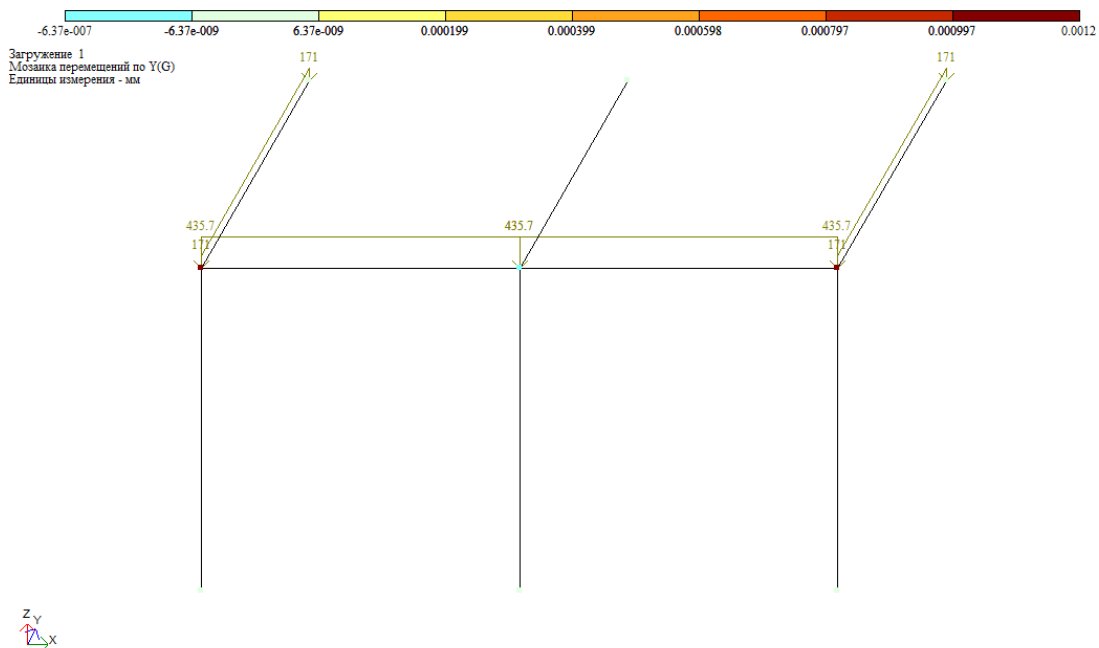


Рисунок 3.9 – Переміщення вузлів рами вздовж осі Y

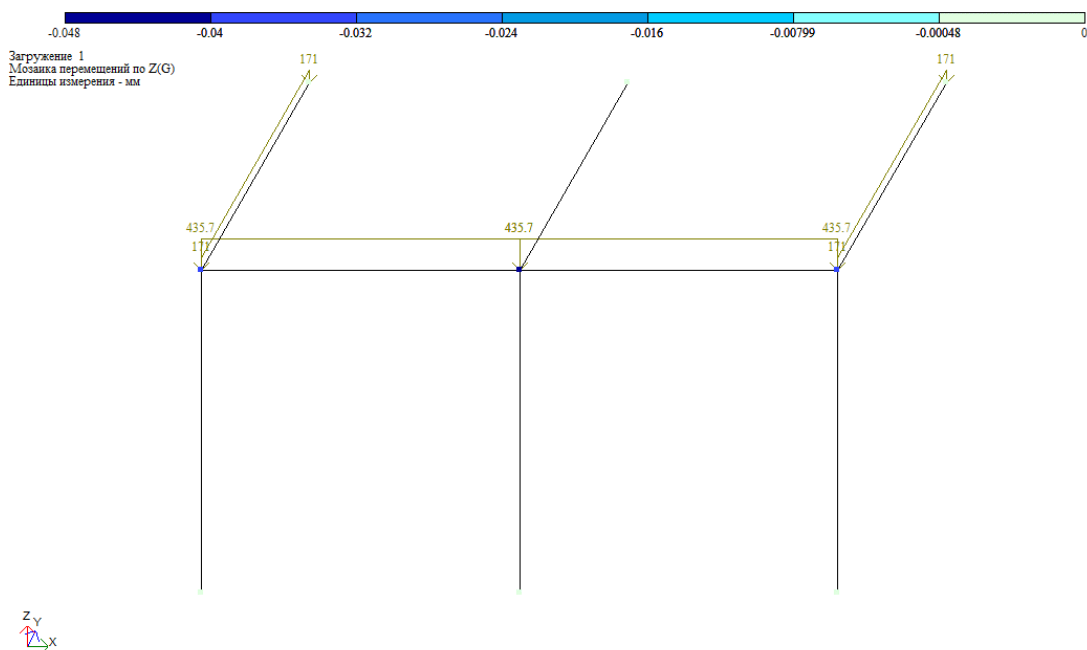


Рисунок 3.10 – Переміщення вузлів рами вздовж осі Z

Для прикладу, максимальні вертикальні переміщення складають всього 0,05 мм. Це вказує на велику жорсткість елементів схеми з обраними у процесі конструювання перерізами.

Кутові переміщення у вузлах схеми відносно осі X (рис. 3.11) мають максимальні значення у вузлах примикання поперечних ригелів до стіни, що є очікуваним внаслідок обраного типу в'язей в даних точках. Кутові переміщення решти вузлів є незначними.

Якщо аналізувати кутові переміщенням у вузлах просторової рами відносно осей Y і Z (рис. 3.12, 3.13), можемо бачити що їх значення є надзвичайно малим.

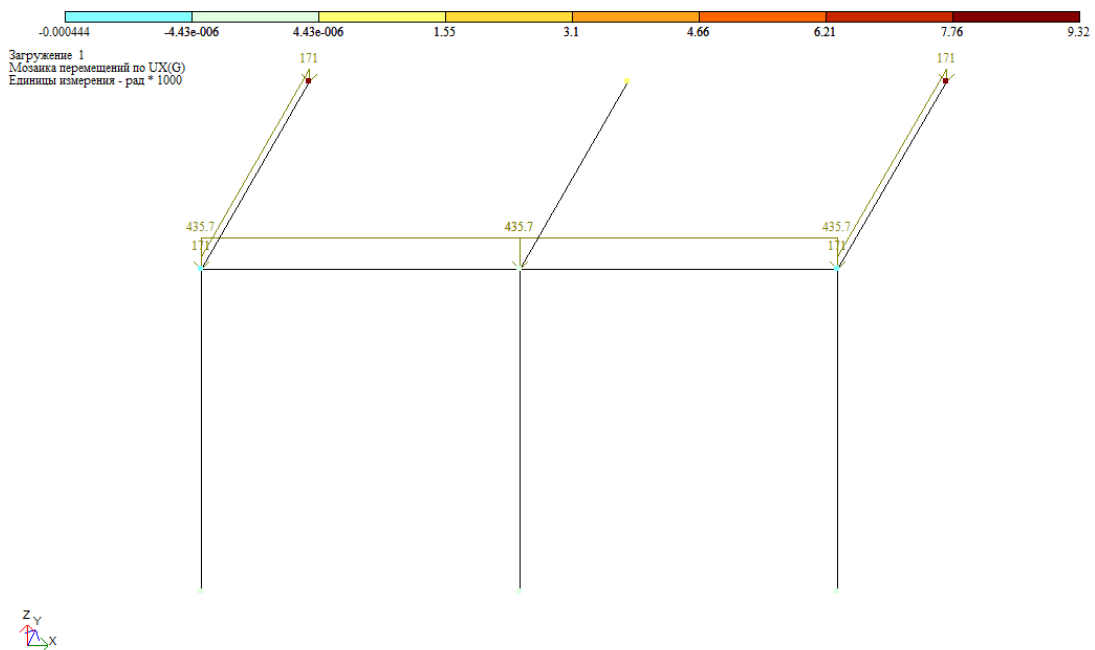


Рисунок 3.11 – Поворот відносно осі X



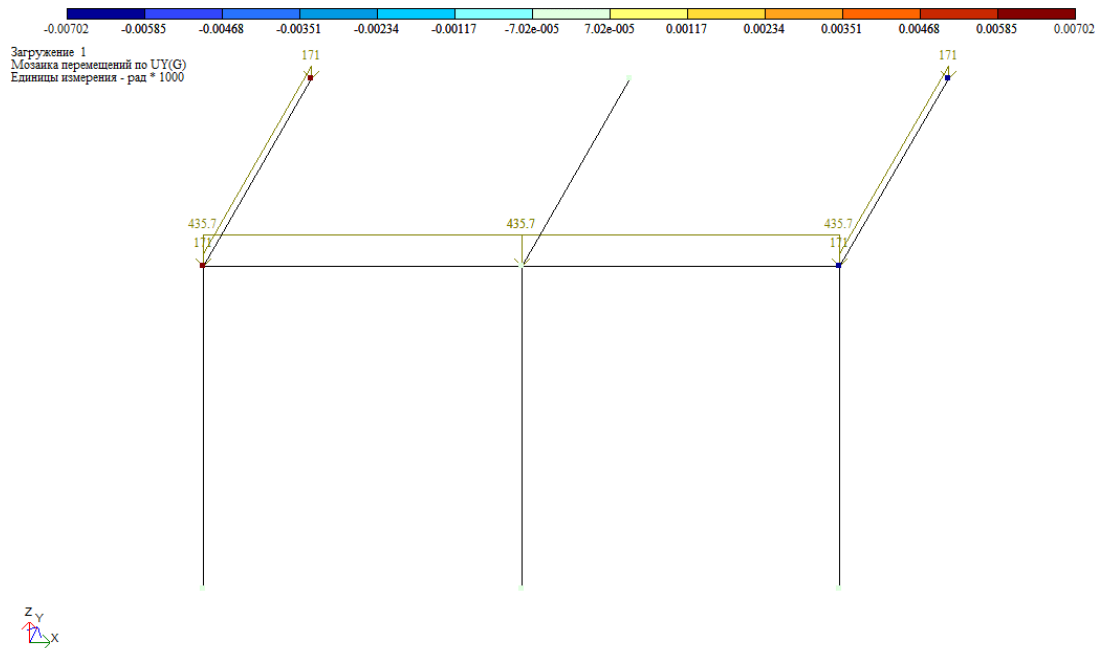


Рисунок 3.12 – Поворот відносно осі Y

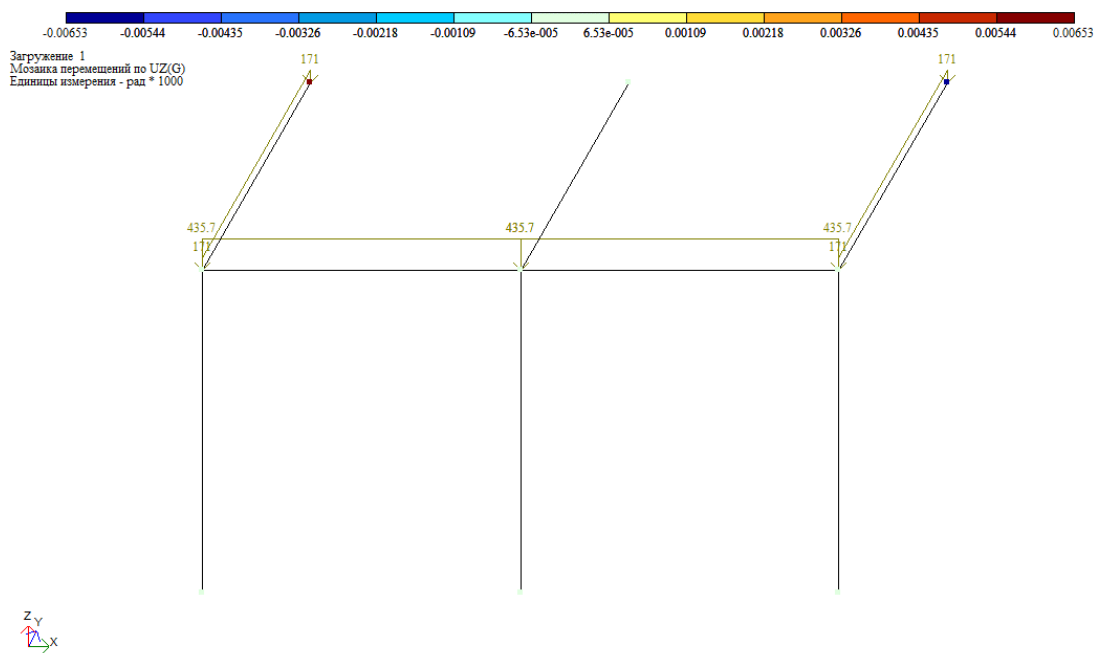


Рисунок 3.13 – Поворот відносно осі Z

## Розділ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### 4.1. Характеристика проектного об'єкта

Проектується дев'ятиповерховий житловий будинок на вул. Торговиця, 14 у м. Тернопіль. З півночі ділянка межує з ділянкою, на якій зведено 10-типоверховий будинок, з півдня обмежена червоними лініями вул. Торговиця, зі сходу та заходу – ділянками 9-типоверхових будівель.

Житловий будинок на один під'їзд, з цокольним поверхом, дев'ять повноцінних житлових поверхів та технічний поверх (горище).

В об'єкті наявні системи енергопостачання, газопостачання, водопостачання і водовідведення.

В будинку запроектовано 36 квартир з них:

- 10 однокімнатних;
- 9 двокімнатних;
- 17 трикімнатних.

Максимальна кількість осіб, що можуть перебувати одночасно в будинку – 120 чоловік, не враховуючи покупців в аптеці.

#### 4.2. Вимоги безпеки під час експлуатації мобільних будівельних машин

Для будівельно-монтажних робіт при будівництві дев'ятиповерхового житлового будинку використовується ряд будівельних машин, які повинні відповідати вимогам чинного законодавства [17]. Експлуатацію будівельних машин необхідно здійснювати виключно відповідно до параметрів, що визначені технічним паспортом та іншими вимогами щодо безпечного застосування машин. Монтаж конструкцій каркасу зокрема колон, ригелів, плит перекриття,

здійснюється за допомогою кранів, експлуатація яких можлива лише за умови піднімання та переміщення вантажів, маса яких не перевищує вантажопідіймальності крана. Порухення режиму роботи вантажопідіймального крана, зазначеного у паспорті крана, не допускається.

До початку виконання робіт із застосуванням вантажопідіймальних машин керівник робіт повинен згідно з проектом виконання робіт визначити місце їх установлення, робочу зону машини та межі небезпечних зон, що можуть виникнути під час експлуатації [18]. При цьому повинна забезпечуватись оглядовість робочої зони з робочого місця машиніста. У разі обмеженості поля зору машиніста повинен бути призначений сигнальник; між сигнальником і машиністом повинен бути забезпечений надійний двосторонній зв'язок (телефонний, радіозв'язок). Використання проміжних сигнальників для передачі сигналів машиністу не допускається.

Всі особи, що пов'язані з експлуатацією вантажопідіймальних машин, повинні бути ознайомлені зі знаковою сигналізацією рукою та прапорцями, що подається у процесі роботи і пересування машини. Небезпечні зони, що можуть виникнути під час експлуатації машин, повинні бути визначені в процесі розроблення будівельного генерального плану об'єкта та позначені на території будівельного майданчика знаками безпеки та попереджувальними написами. Переміщення вантажів над перекриттями, під якими розташовані виробничі, житлові або службові приміщення, де перебувають люди, дозволяється після вжиття заходів, що забезпечують безпечне перебування людей. Під час розміщення та експлуатації машин, транспортних засобів повинні бути вжиті заходи, що запобігають їх перекиданню чи самовільному пересуванню під дією вітру.

Підіймання і переміщення вантажів декількома вантажопідіймальними кранами дозволяється в окремих випадках відповідно до проекту виконання робіт, в якому повинні бути зазначені схеми стропування і переміщення вантажу із зазначенням послідовності виконання операцій [18]. Разом з цим навантаження, що припадає на кожний кран, не повинно перевищувати його вантажопідіймальності.

За необхідності використання машин в екстремальних умовах (зрізання ґрунту на уклони, розчищення завалів поблизу ЛЕП або будівель та споруд, що експлуатуються) необхідно використовувати машини, що обладнані засобами колективного захисту.

Переміщення машини, транспортних засобів своїм ходом, на буксирі або на транспортних засобах дорогами загального користування необхідно виконувати згідно з правилами дорожнього руху.

Транспортування машин, транспортних засобів через природні перешкоди або штучні споруди, залізничні переїзди, що не охороняються, допускається тільки після обстеження стану шляху руху, для чого на стадії проектування залучаються організації, які мають ліцензії на виконання цих робіт. Шлях руху машин, транспортних засобів повинен бути спланований з урахуванням вимог, зазначених в експлуатаційній документації машини, транспортного засобу. Під час експлуатації машин, що мають рухомі робочі органи, необхідно унеможливити доступ людей до роботи в небезпечній зоні, межа якої знаходиться на відстані не менше ніж 5 м від граничного положення робочого органу, якщо в інструкції заводу-виробника немає інших вимог [17].

### **4.3. Зовнішня техногенна безпека**

#### **4.3.1. Радіаційна безпека**

Радіаційно небезпечними об'єктами для даного району будівництва являються Хмельницька та Рівненська АЕС (атомна електростанція), які знаходяться на межі терміну експлуатації, тому є потенційно небезпечними. На проєктованому об'єкті потрібно передбачити укриття.

### **4.3.2. Хімічна безпека**

Хімічно небезпечними являються очисні споруди, станції, які хлорують воду. Хлор (використовується для знезараження води) - індивідуальна небезпечна речовина, належить до категорії токсичних речовин (8-ма категорія), а також до категорії речовин, які становлять небезпеку для довкілля (10-та категорія). Також на підприємствах харчової промисловості, а саме «Тернопільський молокозавод «Молокія» використовуються холодильні пристрої з промисловим холодоагентом – аміаком, що є СДОР.

### **4.3.3. Транспортні магістралі**

Місто Тернопіль – насичений транспортний і залізничний вузол, через який відбувається велика маса перевезень, в тому числі хімічно та вибухонебезпечних речовин.

Район, в якому проектується даний будинок, знаходиться на віддалі від великих автомобільних магістралей та залізничної колії, імовірність того, що поблизу будуть перевозитись небезпечні вантажі невелика. Якщо виникне надзвичайна ситуація, яка спричинить небезпеку для людей, то відбудеться їх евакуація автобусами в безпечну зону.

## **4.4. Внутрішня безпека проєктованого об'єкта**

### **4.4.1. Електробезпека**

Причини і місця можливих нещасних випадків, зв'язаних з ураженням електричним струмом:

- силове електрообладнання щитової, насосної станції. Можливі причини: коротке замикання.

- ліфтове обладнання і мережі.
- кухні в квартирах. Можливі причини: несправні побутові електроприлади або їх неправильна експлуатація мешканцями, пошкоджена електропроводка (оголення проводів та ін.); спроби ремонту електричних приладів чи проводки неспеціалістами.
- житлові приміщення. Можливі причини: несправні побутові електроприлади або їх неправильна експлуатація; використання власних електроприладів чи електротехніки у своїх помешканнях; пошкоджена електропроводка (оголення проводів електромережі, пошкоджені механізми побутових електроприладів, несправні контакти в джерелах електричного струму та ін.).

#### **4.4.2. Пожежо- та вибухонебезпека.**

Причини і місця можливих нещасних випадків, зв'язаних з пожежею чи вибухом:

- кухні в квартирах. Можливі причини: несправні побутові електроприлади або їх неправильна експлуатація мешканцями може призвести до короткого замикання і пожежі; куріння в недозволених для цього місцях – можливе загорання.
- житлові приміщення. Несправні побутові електроприлади або їх неправильна експлуатація жителями може призвести до короткого замикання і пожежі; куріння в недозволених для цього місцях – можливе загорання. Синтетично-оздоблювальні матеріали помешкань (спричиняють задимлення) електричного походження
- коридори на поверхах. Пошкоджена електропроводка (коротке замикання) – можливість самозагорання;
- негерметичність та несправність газових приладів, газопровідної мережі – можливість вибуху.

### **4.4.3. Психофізіологічна небезпека**

При настанні надзвичайної ситуації поведінка людей може набути небезпечного характеру за «ефектом натовпу». Почуття страху, що охоплює групу людей миттєво передається іншим і переростає в некерований процес – паніку. У людей різко підвищується емоційність сприйняття того, що діється навкруги, знижується відповідальність за свої поступки. Людина не може розумно оцінити свою поведінку і обстановку, що склалася. В такій атмосфері досить тільки одному виказати, проявити бажання втекти з небезпечного району, як людська маса починає сліпо копіювати його дії. Тому, люди частіше всього гинуть не від самої небезпеки, а від страху і паніки, що виникають у натовпі.

## **4.5. Заходи запобігання виникненню надзвичайних ситуацій і захист людей**

### **4.5.1. Інженерні заходи**

Інженерно-технічні заходи — це комплекс робіт, що забезпечують підвищення стійкості будинків і споруд, обладнання, комунально-енергетичних систем.

Під стійкістю роботи об'єктів, які безпосередньо не виробляють матеріальні цінності, розуміють їх спроможність виконувати свої функції в умовах НС.

На стійкість роботи в умовах НС впливають наступні фактори:

- надійність захисту мешканців;
- спроможність інженерно-технічного комплексу об'єкта протистояти у визначеному ступеню вражаючих факторів стихійного лиха, аварій, катастроф та сучасних видів зброї;
- захищеність об'єкта від вторинних вражаючих факторів (пожеж, вибухів, зараження ОР та СДОР);

- надійність системи забезпечення об'єкта всім необхідним (електроенергією, водою, газом та іншим);
- створення надійних систем електро-, водо- та теплозабезпечення об'єктів:
  - а) підвищення стійкості електрозабезпечення: розподіл схеми електромереж на незалежно працюючі частини; за кільцювання електромереж та підключення їх до декількох джерел енергозабезпечення; створення резерву дизельних електростанцій;

- б) підвищення стійкості систем водопостачання: водопостачання від двох незалежних джерел; захист вододжерел та резервуарів чистої води;

- в) підвищення стійкості систем газу, тепло- та паливо- забезпечення: розподільні газопроводи робити підземними та передбачати їх кільцювання; газорозподільні станції та опорні пункти обвідних газопроводів передбачати в підземному варіанті; встановлювати в основних вузлових точках систем газо-забезпечення автоматичні вимикаючі пристрої, які спрацьовують при аваріях.

Заходи підвищення протипожежної стійкості:

- 1) Внутрішні засоби попередження – влаштовані газоаналізатори в коридорах поверхів.

- 2) Зовнішнє пожежогасіння передбачається від пожежних гідрантів на водопровідній мережі.

Всі конструктивні вимоги до будівлі, що споруджується у районах сейсмічності 6 балів були виконані, а саме: будівлі з цегляними стінами передбачено простої форми у плані; центральна зона жорстких вузлів армована замкненими хомутами, які установлені з кроком не більше 100 мм; між гранями перегородок, стінами, які не беруть участь у роботі каркаса, та конструкціями каркаса передбачені антисейсмічні шви завширшки не менше 20 мм.

Ядром жорсткості служитиме комунікаційний вузол, виконаний із монолітного залізобетону.

У разі виникнення НС підвальний поверх можна використовувати як захисне укриття.



Для захисту людей від ураження електричним струмом в будинку передбачені наступні заходи:

- Заземлення електроустановок, яке здійснене шляхом приєднання металевих корпусів до захисного провідника трипровідної лінії живлення.
- Вирівнювання потенціалів, яке здійснюється шляхом об'єднання всіх побутових стаціонарних металевих виробів (ванни, труби, корпуси газових колонок) сталевую штабою вирівнювання потенціалів.
- Захисне відключення – з застосуванням на окремих лініях пристроїв захисного відключення (ПЗВ).
- Понижена напруга. Застосування при необхідності понижуючих трансформаторів 220/36 В.

#### **4.5.2. Організаційні заходи**

##### *Оповіщення при НС*

При настанні НС відбувається своєчасне повідомлення жителів про небезпеку внутрішньою звуковою сигналізацією – сиреною, що свідчить про команду евакуації з будинку. В кухнях квартир передбачається встановлення сигналізаторів наявності метану.

##### *Евакуація*

Для евакуації передбачається влаштування сходової клітки типу СК-1. Відкривання дверей на сходовій клітці передбачено в сторону евакуації. З підвального поверху передбачено окремий вихід безпосередньо назовні. На кожному поверсі на видному місці розташовані схеми евакуації з будинку. Евакуація з верхніх поверхів також може проводитись через пожежні сходи які знаходяться на лоджіях кожної квартири вище 6-го поверху.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В магістерській роботі було розроблено варіант конструкції дев'ятиповерхового житлового будинку з вбудованими комерційними приміщеннями в центральній частині міста Тернополя. Будинок складається з одного під'їзду, розмір в плані становить  $21,6 \times 24,7$  м. Будинок з поздовжніми та поперечними несучими стінами з керамічної цегли та збірним залізобетонним перекриттям. Особливістю конструкції є влаштування проходу в двір будинку через наскрізний портал на рівні першого поверху.

В роботі проведено дослідження напружено-деформівного стану монолітної залізобетонної просторової рами, що використана для влаштування проходу в двір. Новизна результатів дослідження полягає у тому, що подальший розвиток одержала методика оцінювання напружено-деформівного стану просторових рам з монолітного залізобетону з використанням методу скінченних елементів. З практичної точки зору в магістерській роботі визначено та запроєктовано необхідне армування конструкції просторової залізобетонної рами.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Будівельна кліматологія : ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 [Текст]. — [Чинний від 2011-11-01]. — К.: Мінрегіонбуд України, 2011. — 127 с. — (Національний стандарт України).
2. Будівництво в сейсмічних районах України : ДБН В.1.1-12:2014 [Текст]. — [Чинний від 2014-10-01]. — К.: Мінрегіонбуд України, 2014. — 110 с. — (Національний стандарт України).
3. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд: Пожежна безпека : ДБН В.1.2-7-2008 [Текст]. — [Чинний від 2008-10-01]. — К. : Мінрегіонбуд України, 2008. — 31 с. — (Національний стандарт України).
4. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення: ДБН В.2.1-10:2018 [Текст]. — [Чинний від 2019-01-01]. — К.: Мінрегіон України, 2018. — 35 с. — (Національний стандарт України).
5. Гетун Г.В. Архітектура будівель та споруд. Книга 1: Основи проектування : підручник [Текст] / Г. В. Гетун. — К. : Кондор, 2012. — 380 с.
6. Барашиков, А.Я. Будівельні конструкції [Текст]: підручник / А.Я. Барашиков, В. М. Колякова. — К.: Слово, 2011. — 256 с.
7. Корнієнко, М.В. Основи і фундаменти [Текст]: Начальний посібник / М.В. Корнієнко. — К.: КНУБА, 2009. — 150 с.
8. Опалення, вентиляція та кондиціонування : ДБН В.2.5-67:2013 [Текст]. — [Чинний від 2014-01-01]. — К.: Мінрегіонбуд, 2013. — 141 с. — (Національний стандарт України).
9. Настанова щодо проведення земляних робіт, улаштування основ та спорудження фундаментів : ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013 [Текст]. — [Чинний від 2014-01-01]. — К.: Мінрегіонбуд, 2013. — 88 с. — (Національний стандарт України).

10. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель : ДБН В.2.6-31:2021 [Текст]. — [Чинний від 2021-09-01]. — К.: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. — 23 с. — (Національний стандарт України).
11. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування : ДБН В.1.2-2:2006 [Текст]. — [Чинний від 2007-11-01]. — К.: Мінбуд України, 2006. — 75 с. — (Національний стандарт України).
12. Барашиков, А.Я. Залізобетонні конструкції [Текст] / А.Я. Барашиков, Л.М. Буднікова, Л.В. Кузнецов та ін.; за ред. А.Я. Барашикова. — К.: Вища школа, 1995. — 591 с.
13. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення : ДБН В.2.6-98:2009 [Текст]. — [Чинний від 2011-06-01]. — К. : Мінрегіонбуд України, 2011. — 71 с. — (Національний стандарт України).
14. Пиндус Ю. І. Застосування методу скінченних елементів при дослідженні згинальних залізобетонних конструкцій підсилених вуглецевим полотном [Текст] / Ю. Пиндус, Олександр Петрович Конончук // Збірник тез доповідей III наукової конференції „Прогресивні матеріали та технології в машинобудуванні, будівництві та транспорті“, 21 травня 2015 року — Т. : ТНТУ, 2015 — С. 7-8. — (Секція: Матеріалознавство, міцність конструкцій та будівництво).
15. Кедик Т. Моделювання роботи каркасу будівлі складної геометричної форми при сукупній дії експлуатаційних навантажень [Текст] / Т. Кедик, Михайло Іванович Гудь // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій“, 10-11 листопада 2022 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2022. — С. 161–163. — (Нові та сучасні матеріали та технології).
16. Семчук А.-А. Моделювання роботи залізобетонного каркасу громадської будівлі при багатofакторному розрахунку [Текст] / А.-

- А. Семчук, Г. Крамар, М. Гудь // Матеріали Міжнародої науково-технічної конференції „Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій“, 10-11 листопада 2022 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2022. — С. 51–53. — (Міцність сучасних матеріалів і конструкцій).
17. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення : ДБН А.3.2-2-2009 [Текст]. — [Чинний від 2012-04-01]. — К.: Мінрегіонбуд України, 2012. — 116 с. — (Національний стандарт України).
18. Голінько, В.І. Основи охорони праці : підручник [Текст] / В.І. Голінько. — 2-ге вид. — Д.: НГУ, 2014. — 271 с.

## **ДОДАТКИ**

## ДОДАТОК А. Результати визначення необхідного армування елементів просторової рами

Таблиця А.1 – Площа поперечного перерізу арматури в лівій колоні, в см<sup>2</sup>.

рама ред (рама ред) -[Основная схема] (стержень)

Сече ние	Симме трия	Продольная арматура, см <sup>2</sup>								
		AU1	AU2	AU3	AU4	AS1	AS2	AS3	AS4	%
Стержень 1; Прямоугольник; В=60.00; Н=150.00 см; L=5.40 м										
Бетон В20; Арматура: продольная А-III; поперечная А-I										
1	С	11.7	11.7	11.7	11.7					0.52
		9.9	9.9	9.9	9.9					0.44
2	С	8.1	8.1	8.1	8.1					0.36
		6.3	6.3	6.3	6.3					0.28
3	С	3.6	3.6	3.6	3.6					0.16
		2.7	2.7	2.7	2.7					0.12
4	С	1.35	1.35	1.35	1.35					0.06
		0.9	0.9	0.9	0.9					0.04
5	С	5.4	5.4	5.4	5.4					0.24
		4.05	4.05	4.05	4.05					0.18

Таблиця А.2 – Площа поперечного перерізу арматури в лівій частині нерозрізного ригеля, в см<sup>2</sup>.

Сече ние	Симме трия	Продольная арматура, см <sup>2</sup>								
		AU1	AU2	AU3	AU4	AS1	AS2	AS3	AS4	%
Стержень 2; Прямоугольник; В=60.00; Н=60.00 см; L=5.32 м										
Бетон В20; Арматура: продольная А-III; поперечная А-I										
1	С	12.57	12.57	12.57	12.57	23.4	23.4			2.7
		12.57	12.57	12.57	12.57	23.4	23.4			2.7
	Н	4.68	4.68	12.57	12.57		34.97			1.93
		4.68	4.68	12.57	12.57		34.97			1.93
2	С	5.22	5.22	5.22	5.22					0.58
		4.32	4.32	4.32	4.32					0.48
	Н	5.22	5.22							0.29
		4.32	4.32							0.24
3	С	12.57	12.57	12.57	12.57	2.52	2.52			1.54
		12.57	12.57	12.57	12.57	2.52	2.52			1.54
	Н	12.57	12.57			5.1				0.84
		12.57	12.57			5.1				0.84
4	С	3.96	3.96	3.96	3.96					0.44
		3.24	3.24	3.24	3.24					0.36
	Н	3.96	3.96							0.22
		3.24	3.24							0.18
5	С	12.57	12.57	12.57	12.57	27.72	27.72			2.94
		12.57	12.57	12.57	12.57	27.72	27.72			2.94
	Н	6.84	6.84	12.57	12.57		39.3			2.17
		6.84	6.84	12.57	12.57		39.3			2.17

Таблиця А.3 – Площа поперечного перерізу арматури в середній колоні, в см<sup>2</sup>.

рама ред (рама ред) -[Основная схема] (стержень)

Сече ние	Симме трия	Продольная арматура, см <sup>2</sup>								
		AU1	AU2	AU3	AU4	AS1	AS2	AS3	AS4	%
Стержень 3: Прямоугольник; В=60.00; Н=150.00 см; L=5.40 м										
Бетон В20; Арматура: продольная А-III; поперечная А-I										
1	С	0.9	0.9	0.9	0.9					0.04
		0.9	0.9	0.9	0.9					0.04
2	С	0.9	0.9	0.9	0.9					0.04
		0.9	0.9	0.9	0.9					0.04
3	С	0.9	0.9	0.9	0.9					0.04
		0.9	0.9	0.9	0.9					0.04
4	С	0.9	0.9	0.9	0.9					0.04
		0.9	0.9	0.9	0.9					0.04
5	С	0.9	0.9	0.9	0.9					0.04
		0.9	0.9	0.9	0.9					0.04

Таблиця А.4 – Площа поперечного перерізу арматури в правій частині нерозрізного ригеля, в см<sup>2</sup>.

Сече ние	Симме трия	Продольная арматура, см <sup>2</sup>								
		AU1	AU2	AU3	AU4	AS1	AS2	AS3	AS4	%
Стержень 4: Прямоугольник; В=60.00; Н=60.00 см; L=5.32 м										
Бетон В20; Арматура: продольная А-III; поперечная А-I										
1	С	12.57	12.57	12.57	12.57	27.72	27.72			2.94
		12.57	12.57	12.57	12.57	27.72	27.72			2.94
	Н	6.84	6.84	12.57	12.57		39.3			2.17
		6.84	6.84	12.57	12.57		39.3			2.17
2	С	3.96	3.96	3.96	3.96					0.44
		3.24	3.24	3.24	3.24					0.36
	Н	3.96	3.96							0.22
		3.24	3.24							0.18
3	С	12.57	12.57	12.57	12.57	2.52	2.52			1.54
		12.57	12.57	12.57	12.57	2.52	2.52			1.54
	Н	12.57	12.57			5.1				0.84
		12.57	12.57			5.1				0.84
4	С	5.22	5.22	5.22	5.22					0.58
		4.32	4.32	4.32	4.32					0.48
	Н	5.22	5.22							0.29
		4.32	4.32							0.24
5	С	12.57	12.57	12.57	12.57	23.4	23.4			2.7
		12.57	12.57	12.57	12.57	23.4	23.4			2.7
	Н	4.68	4.68	12.57	12.57		34.97			1.93
		4.68	4.68	12.57	12.57		34.97			1.93







