

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Дніпровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

Кафедра «Будівельне виробництво та геодезія»
(повна назва)

«ДО ЗАХИСТУ»
Завідувач кафедри
М. І. Нетеса

(підпис) (ПІБ)
2020 р. _____ «____»

ДИПЛОМНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань 19 «Архітектура та будівництво»
(шифр) (назва)

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(код) (повна назва)

Тема «Вибір раціонального конструктивно-технологічного рішення елементів монолітного залізобетонного каркасу громадської будівлі»
Theme «Selection of rational structural - technological design solutions of cast in situ reinforced concrete frame elements of public building»

Керівник магістерської дипломної роботи доцент _____ Зінкевич А. М.
(посада) (підпис) (ПІБ)

Консультант (за наявності) доцент _____ Заяць Ю.Л.
(посада) (підпис) (ПІБ)

Студент групи ПБ 1921 _____ Сітра Есмеральду
(підпис) Де Жезуж Кая
(ПІБ)

Student Esmeraldo
de Jesus Caia Citra

Дніпро 2020

Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна
Факультет Промислове і цивільне будівництво
кафедра «Будівельне виробництво та геодезія»
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»,
Спеціалізація «Промислове і цивільне будівництво»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

_____ Нетеса М.І
(підпис)

«__» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

до дипломної магістерської роботи на здобуття ОС «магістр»

студента групи ПБ1921 **Сітра Есмеральду Де Жезуж Кая**

1. Тема: «Вибір раціонального конструктивно-технологічного рішення елементів монолітного залізобетонного каркасу громадської будівлі»
затверджена наказом по університету від 27 грудня 2019 р. № 992ст.
2. Термін подання студентом закінченої роботи 17 грудня 2020р.
3. Вихідні дані до магістерської дипломної роботи: проектна пропозиція для будівництва чотирьохповерхової громадської будівлі у м. Дніпрі.
4. Зміст магістерської дипломної роботи (перелік питань до розробки):
 - вивчити конструктивно-технологічні рішення монолітних перекриттів в сучасному будівництві;
 - вивчити особливості сучасних інноваційних рішень монолітних перекриттів, зокрема перекриттів з пустотоутворювачами;
 - виконати аналіз факторів, що впливають на вибір конструктивно-технологічного рішення монолітного перекриття;
 - визначити раціональне конструктивно-технологічне рішення монолітного перекриття на прикладі виконання проекту громадської будівлі;
 - вивчити положення охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях під час влаштування монолітних каркасів будівель.
5. Перелік креслень (демонстраційного матеріалу): 1 – Титульний лист; 2 - демонстраційний матеріал «Конструктивно-технологічні рішення виконання перекриттів в монолітному будівництві»; 3 - демонстраційний матеріал «Сучасні інноваційні рішення монолітних плит перекриттів з пустотоутворювачами»; 4,5 - об'ємно-планувальні рішення чотирьохповерхової громадської будівлі у м. Дніпрі; 6 – схема розташування елементів перекриття будівлі; 7 – армування конструкції монолітного перекриття будівлі (плити суцільного перерізу); 8 - армування конструкції монолітного перекриття будівлі (плити з пустотоутворювачами); 9 – конструкція колон (порівняння варіантів з різними типами перекриття); 10 – Вибір раціонального конструктивно-технологічного рішення конструкції монолітного перекриття громадської будівлі у м. Дніпрі.

6. Розділи та керівники

№.	Назва розділу	Керівник	Підпис, дата	
			завдання видав	завдання прийняв
1	Аналіз конструктивно-технологічних рішень монолітних перекриттів в сучасному будівництві	Зінкевич А.М.		
2	Визначення раціонального конструктивно-технологічного рішення елементів монолітного залізобетонного каркасу громадської будівлі	Зінкевич А.М.		
3	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Заяць Ю.Л.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу магістерської дипломної роботи	Термін виконання	Об'єм розділу, %
Аналіз конструктивно-технологічних рішень монолітних перекриттів в сучасному будівництві	02.09.2019 – 09.10.2019	20
Визначення раціонального конструктивно-технологічного рішення елементів монолітного залізобетонного каркасу громадської будівлі	12.10.2019 – 06.12.2019	70
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	07.12.2019 – 17.12.2019	10

Дата видачі завдання “ 02 ” вересня 2020 р.

Керівник магістерської дипломної роботи _____ А. М. Зінкевич
(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____ Сітра Есмеральду
(підпис) Де Жезуж Кая

РЕФЕРАТ

Сітра Есмеральду Де Жезуж Кая. Вибір раціонального конструктивно-технологічного рішення елементів монолітного залізобетонного каркасу громадської будівлі.

Магістерська дипломна робота: ____ сторінок, ____ таблиць, ____ рисунків, ____ джерел, ____ креслень.

В магістерській дипломній роботі проаналізовані особливості конструктивно-технологічних рішень елементів монолітних залізобетонних каркасів, зокрема конструкцій перекриттів. Опрацьовані варіанти конструктивно-технологічних рішень елементів монолітного залізобетонного каркасу громадської будівлі з перекриттями з монолітними плитами суцільного перерізу та монолітними плитами з пустотоутворювачами. На основі аналізу та співставлення при варіантному проектуванні визначено раціональне конструктивно-технологічне рішення каркасу запроектованої будівлі. Мета дослідження - визначити раціональне конструктивно-технологічне рішення елементів монолітного залізобетонного каркасу, на прикладі вибору раціонального конструктивно-технологічного рішення перекриття громадської будівлі у м. Дніпрі. Об'єкт дослідження - конструктивно-технологічні рішення монолітних залізобетонних каркасів будівель. Предмет дослідження - визначення раціонального конструктивно-технологічного рішення елементів монолітного залізобетонного каркасу, на прикладі громадської будівлі у м. Дніпрі. Методи дослідження - варіантне проектування, метод скінчених елементів.

Ключові слова: монолітний залізобетонний каркас, перекриття, пустотоутворювачі, громадська будівля, раціональне конструктивне рішення.

ABSTRACT

Esmeraldo de Jesus Caia Citra. Selection of rational structural - technological design solutions of cast in situ reinforced concrete frame elements of public building

The master's thesis consists of ___ pages, contains ___ illustrations, ___ tables and ___ sources.

In the master's thesis the features of structural - technological design solutions of cast in situ reinforced concrete frame elements in particular of public building are analyzed. Variants of structural - technological design solutions of cast in situ reinforced concrete frame of a public building with solid slabs and slabs with hollow spaces are developed. On the basis of the analysis and variants comparison the rational rational structural - technological design solutions of building frame is defined. The purpose of the study is to determine the rational structural - technological design solutions of cast in situ reinforced concrete frame elements of public building in the city of Dnipro. The object of study - structural - technological design solutions of cast in situ reinforced concrete frame. The subject of the study is the definition of a rational structural - technological design solutions of cast in situ reinforced concrete frame, on the example of a public building in the city of Dnipro. Research methods - variant design, finite element method.

Keywords: cast in situ reinforced concrete frame, slabs, hollow spaces, public building, rational structural design solution.

Зміст

Вступ.....	7
Розділ 1. Аналіз конструктивно-технологічних рішень елементів каркасів громадських будівель в сучасному будівництві	9
1.1. Каркасне будівництво для зведення громадських будівель	9
1.1.1. Збірні конструкції каркасів	10
1.1.2. Збірно-монолітні каркаси	11
1.1.3. Монолітні каркаси.....	12
1.2. Сучасні інноваційні КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ рішення монолітних перекриттів з використанням пустотоутворювачів	15
1.2.1. Загальна характеристика пустотоутворювачів для монолітних плит	15
1.2.2. Технологічні особливості виконання монолітних плит з пустотоутворювачами.....	18
1.2.3. Оцінка ефективності полегшених монолітних перекриттів	21
1.3. Висновки за Розділом 1	22
Розділ 2. визначення раціонального конструктивно-технологічного рішення елементів монолітного залізобетонного каркасу громадської будівлі.....	23
2.1 Характеристика об'єкта.....	23
2.1.1. Опис об'єкта та умов будівництва	23
2.1.2. Об'ємно-планувальні рішення будівлі.....	24
2.1.3. Конструктивні рішення.	26
2.1.4. Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни.....	28
2.1.5. Інженерно-технічне обладнання.....	30
2.1.6. Техніко-економічні показники проекту.....	30
2.2. Вихідні дані для розрахунку залізобетонного каркасу громадської будівлі	31
2.2.1. Конструктивне рішення плит перекриттів	31
2.2.2. Збір навантажень на перекриття та покриття.....	33
2.3. Розрахунок елементів каркасу громадської будівлі	39
2.3.1. Розрахунок каркасу громадської будівлі в ПК «Ліра».....	39
2.3.2. Розрахунок елементів перекриття каркасу громадської будівлі	43
2.4. Вибір раціонального конструктивно-технологічного рішення.....	53
2.4.1. Оцінка показників вартості перекриття.....	53
2.4.2. Вибір раціонального конструктивно-технологічного рішення.....	54
2.5. Висновки за Розділом 2	55
Розділ 3. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	56
3.1 Вимоги безпеки праці під час зведення громадської будівлі	56
3.1.1. Вимоги безпеки праці під час виконання кам'яних робіт	57
3.1.2. Вимоги безпеки праці під час виконання бетонних робіт	59
3.2. Дії працівників в аварійних ситуаціях.	65
Висновки	67
Список використаних джерел	68
Додаток А Графічні матеріали.....	71

ВСТУП

Будівництво в цілому є важливою сферою економічної діяльності країни, а будівництво громадських будівель несе ще і велике соціальне навантаження. Громадські будівлі стають центрами культурного та духовного життя громадян, їх ділової активності, всіх тих процесів, що супроводжують розвиток суспільства.

В сучасному будівництві значна кількість громадських будівель зводиться на основі каркасною технології із застосуванням монолітних залізобетонних конструкцій. Розвиток технологічної бази сприяє перспективному росту цього напрямку.

Цілий ряд конструктивно-технологічних рішень дозволяє найбільш раціонально використовувати властивості матеріалів, розділяючи їх функції. Монолітні залізобетонні каркаси дозволяють втілювати найсміливіші архітектурні задуми при створенні проектів громадських будівель.

Разом з тим, ріст поверховості та габаритів будівель, які зводяться із залізобетону за каркасною технологією веде до збільшення їх маси та матеріалоємності, що має не тільки економічний але і екологічний вплив. Адже виробництво складових бетону (цементу, зокрема) та арматурної сталі - одні з найбільш екологічно «брудних» складових в сучасному будівництві з найбільшим «вуглецевим слідом».

Значно покращити ефективність показників монолітних каркасів можна за рахунок зменшення їх власної ваги, а значить і матеріалоємності. Такий результат може бути досягнутий шляхом застосування пустотоутворювачів в монолітних плитах перекриття, одному з найбільш матеріалоємних елементів каркасу.

Таким чином, обрана для дослідження в магістерській роботі тема вибору раціонального конструктивно-технологічного рішення елементів монолітного залізобетонного каркасу, на прикладі вибору раціонального конструктивно-технологічного рішення перекриття громадської будівлі у м. Дніпрі, є достатньо *актуальною*.

Мета роботи.

Визначити раціональне конструктивно-технологічне рішення елементів монолітного залізобетонного каркасу, на прикладі вибору раціонального конструктивно-технологічного рішення перекриття громадської будівлі у м. Дніпрі.

Завдання:

1. Визначити конструктивно-технологічні рішення монолітних перекриттів в сучасному будівництві та особливості сучасних інноваційних рішень монолітних перекриттів з пустотоутворювачами.
2. Виконати аналіз факторів, що впливають на вибір раціонального конструктивно-технологічного рішення монолітного перекриття.
3. Вибрати раціональне конструктивно-технологічне рішення монолітного перекриття на прикладі виконання проекту громадської будівлі.

Об'єкт дослідження.

Конструктивно-технологічні рішення монолітних залізобетонних каркасів будівель.

Предмет дослідження.

Визначення раціонального конструктивно-технологічного рішення елементів монолітного залізобетонного каркасу, на прикладі громадської будівлі у м. Дніпрі.

Методи дослідження. Метод варіантного проектування. Метод скінченних елементів.

Практичне значення досліджень.

Результати виконаних в магістерській роботі досліджень можуть бути використані для вибору раціональних конструктивно-технологічних рішень монолітних залізобетонних каркасів будівель, що дозволить підвищити їх ефективність за рахунок зменшення матеріалоемності.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ЕЛЕМЕНТІВ КАРКАСІВ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ В СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ

1.1. КАРКАСНЕ БУДІВНИЦТВО ДЛЯ ЗВЕДЕННЯ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

Розвиток суспільства будь-якої країни потребує великої кількості об'єктів, які використовуються для різноманітного обслуговування населення, забезпечення його культурних та духовних потреб, розміщення функцій адміністрування. До таких об'єктів можна віднести велику кількість громадських будівель різного призначення: адміністративні будівлі, заклади освіти та охорони здоров'я, бібліотеки, клуби, ділові та торгівельні центри та інші.

Значна кількість таких будівель зведена за каркасною технологією із застосуванням залізобетонних конструкцій.

Це пояснюється тим, що в каркасних будівлях можна забезпечити чіткий поділ конструкцій на несучі та огорожуючі, що дозволяє застосовувати для них матеріали з найбільш відповідними характеристиками:

- міцністю та малою деформативністю – для несучих;
- тепло-, звукоізоляційні – для огорожуючих.

Залізобетонні каркаси мають особливості, за якими їх поділяють:

- за технологією зведення: збірні, збірно-монолітні та монолітні;
- за типом горизонтальних несучих конструкцій: з балковими перекриттями, безригельні (рис. 1.1) [24].

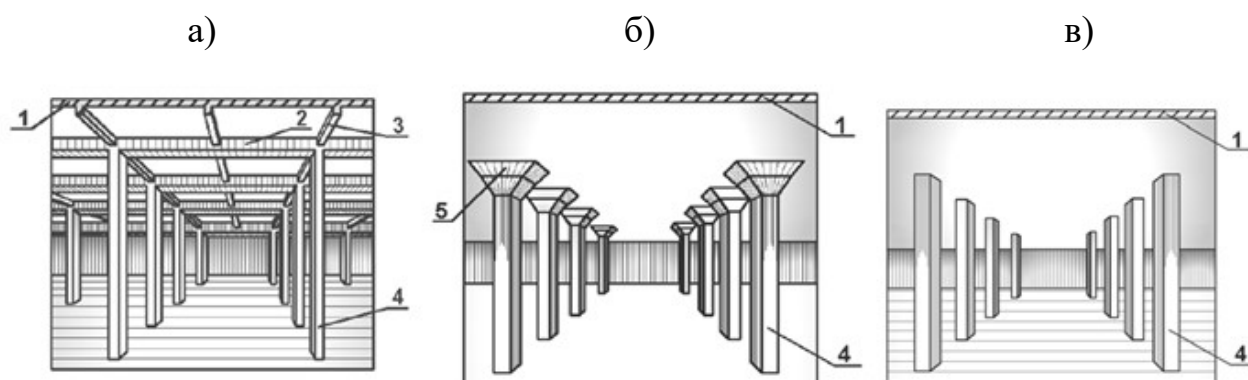


Рис. 1.1. Загальний вигляд перекриттів: а) ребристого з балковими плитами;
б) безбалкового з капітелями; в) плоского безкапітельного

Безригельні каркаси є конструктивними системами з плоскими перекриттями, які опираються безпосередньо на колони.

Переваги безригельних каркасів [26]:

- загальна висота плоских перекриттів в 2...3 рази менша, ніж перекриття каркасно-ригельних систем;
- можливість застосування вільного планування приміщень та їх трансформації, шляхом використання мобільних перегородок;
- консольні ділянки перекриттів дозволяють отримувати складну форму площини фасаду, влаштовувати лоджії, тераси веранди без додаткових конструктивних елементів;
- гладка стеля дозволяє отримати економію – відмова від підвісних стель.

Разом з перевагами, безригельні системи мають недоліки, які заважають їх масовому застосуванню в практиці будівництва [26]:

- величини прольотів безбалочних перекриттів більш обмежені, порівняно з ригельними перекриттями;
- в багатьох випадках їх виконання є складнішим, трудомікшим та дорожчим;
- більш складний розрахунок та оцінка дійсної роботи конструкцій перекриття.

1.1.1. Збірні конструкції каркасів

Індустріальне виготовлення збірних конструкцій та зведення каркасів було найбільш поширене у другій половині XX століття.

В основі проектування збірних каркасних будівель є уніфіковані конструктивні рішення, розроблені з використанням каталогів індустріальних серійних виробів [18,30].

Схема багатоповерхової каркасної будівлі, виконаної з уніфікованих збірних залізобетонних конструкцій наведена на рис. 1.2.

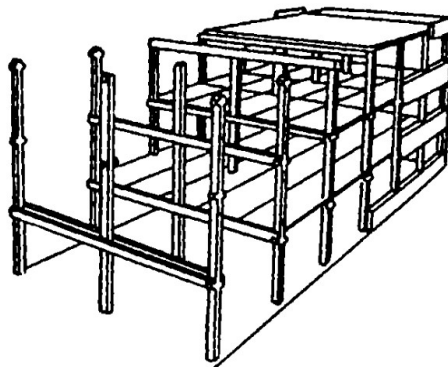


Рис. 1.2. Збірний залізобетонний каркас

1.1.2. Збірно-монолітні каркаси

В збірно-монолітних каркасах можуть застосовуватись збірні елементи: колони, ригелі, діафрагми жорсткості, плити перекриттів. Монолітними можуть виконуватись вузли з'єднання ригелів з колонами, ригелі або їх верхні частини, верхня ділянка плит.

Після твердіння бетону монолітних частин конструкцій та швів омоноличування отримується єдина конструкція, всі елементи якої працюють спільно.

Загальний вигляд збірно-монолітних конструкцій каркасів будівель з несучими ригелями-балками наведений на рис. 1.3.



Рис. 1.3. Загальний вигляд збірно-монолітних конструкцій каркасу будівлі

До збірно-монолітних безригельних конструкцій каркасів будівель належить система КУБ-2,5 (каркас універсальний безригельний) – в'язевий каркас, який складається з багатоповерхових нерозрізних колон прямокутного перерізу та суцільних плит перекриттів.

Особливість системи – монтаж плит перекриття на колону та з'єднання плит між собою виконується без підтримуючих елементів.

Схема збірного безригельного каркасу системи КУБ-2,5 наведена на рис. 1.4.

Загальний вигляд безригельного збірно-монолітного каркасу наведений на рис. 1.5.

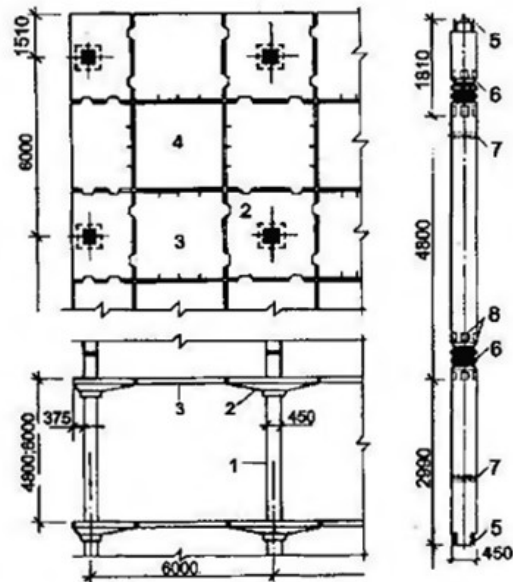


Рис. 1.4. Схема збірного безригельного каркасу системи КУБ-2,5

1-колона; 2-капітель; 3-міжколонна плита; 4-пролітна плита; 5-випуски арматури; 6-пази; 7-стропувальні отвори; 8-закладні деталі



Рис. 1.5. Загальний вигляд безригельного збірно-монолітного каркасу

1.1.3. Монолітні каркаси

Найбільш поширеним в даний час видом будівництва каркасних будівель є монолітне будівництво. Його активний розвиток став можливим завдяки розвитку технологічної бази, що включає:

- поширення індустріальних уніфікованих систем опалубок (рис. 1.6);
- наявність бетонних сумішей необхідної якості;
- застосування бетононасосів та іншого обладнання для подачі бетонної суміші на проектні відмітки.



Рис. 1.6. Система опалубки для монолітних конструкцій каркасу

Переваги монолітних каркасів [26]:

- можливість проектування різноманітних структур;
- можливість зміни кроку колон та форми їх перерізу;
- влаштування в будівлях консолей, виступів, западаючих ділянок та інших форм;
- зміна висоти поверху в межах однієї будівлі .

Схема монолітного залізобетонного каркасу з несучими балками перекриття наведена на рис. 1.7.

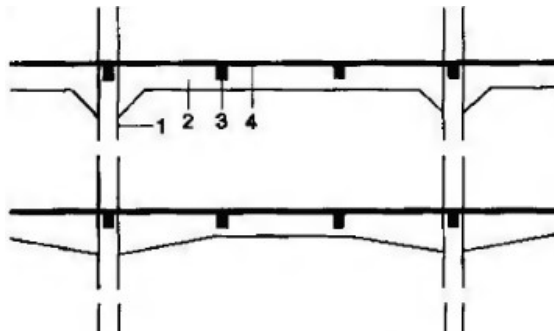


Рис. 1.7. Монолітний залізобетонний каркас з головними балками-ригелями змінного перерізу

1-колона; 2-головна балка; 3-другорядна балка; 4-монолітна плита перекриття

Монолітні безригельні каркаси проектують на основі квадратної або прямокутної сітки колон. Співвідношення між більшим та меншим прольотами обмежується як $4/3$. Найбільш раціональна та поширена сітка колон 6×6 м.

В монолітних безригельних каркасах суцільна залізобетонна плита обпирається безпосередньо на колони. Для забезпечення міцності плити на продавлювання по периметру колони і зменшення розрахункового прольоту плити можуть бути виконані капітелі (рис. 1.8) [26].

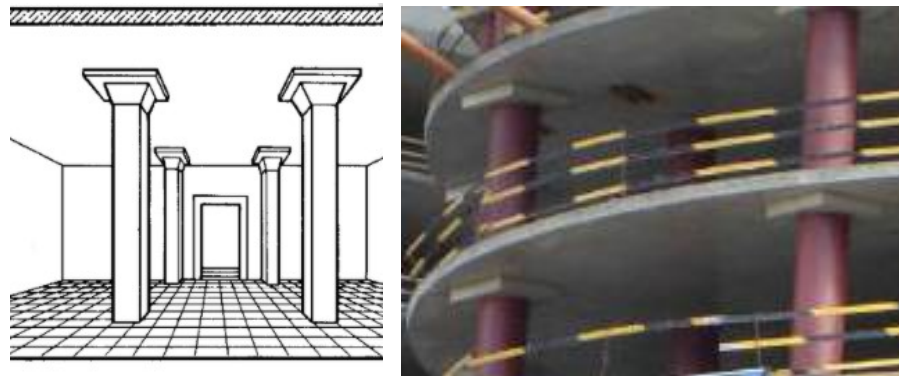


Рис. 1.8. Схема та загальний вигляд виконання капітелі монолітної плити перекриття

Капітелі збільшують трудомісткість виконання опалубних робіт та ускладнюють конструкцію перекриття. Для усунення вказаних недоліків розроблені ряд конструктивних рішень монолітних плоских перекриттів без капітелей, де проблема продавлювання плити вирішується додатковим армуванням її опорної ділянки [3,29] (рис. 1.9).



Рис. 1.9. Додаткове армування ділянки продавлювання плоскої монолітної плити перекриття



Рис. 1.10. Загальний вигляд плоскої безригельної безкапітельної плити

Оскільки монолітне будівництво в даний час є дуже поширеним, багато зусиль витрачається на збільшення його ефективності.

1.2. СУЧАСНІ ІННОВАЦІЙНІ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ МОНОЛІТНИХ ПЕРЕКРИТТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПУСТОТУОУТВОРЮВАЧІВ

Значно покращити ефективність монолітних каркасів можна за рахунок зменшення їх власної ваги. Оскільки, найчастіше, плити перекриття становлять основну частку об'єму та маси каркасу – до 70% [19], зменшення їх маси шляхом застосування пустотоутворювачів є найбільш доцільним [19,28]. Також, затрати на виконання перекриттів в багатоповерхових будівлях становлять значну частку [28], тому зменшення їх собівартості дозволить збільшити ефективність будівництва в цілому.

При будівництві у сейсмічних районах зниження маси будівлі дозволяє значно знизити сейсмічного впливу на будівлю. Разом з тим полегшені перекриття з пустотоутворювачами дозволяють ефективно сприймати і передавати (перерозподіляти) горизонтальні навантаження, забезпечувати спільну просторову роботу вертикальних несучих конструкцій, при горизонтальних сейсмічних діях [5].

1.2.1. Загальна характеристика пустотоутворювачів для монолітних плит

Основними перевагами монолітних полегшених перекриттів з пустотоутворювачами є наступні [16,20]:

- можливість значного збільшення жорсткості конструкції за рахунок збільшення товщини плити зі збереженням або і зменшенням ваги (можливість перекривати великі прольоти).

- зниження навантажень на інші елементи каркасу, основи та фундаменти
- Зниження матеріалоємності – витрати бетону та арматури.
- покращення тепло- та звукоізоляційних якостей перекриттів

Біля колон (опорні зони плит) залишаються суцільні «капітельні» ділянки, в середніх зонах пустотоутворювачі розміщуються в обох напрямках.

В будівництві залізобетонних каркасів будівель застосовуються два основних типи полегшених монолітних перекриттів [20]

- кесонні (ребристі) полегшені монолітні перекриття (рис. 1.11);
- плоскі монолітні перекриття з вкладишами.

Недоліком полегшеного кесонного перекриття є відсутність гладкої нижньої поверхні – необхідність виконання підвісних стель.



Рис. 1.11. Встановлення пустотоутворювачі та вигляд кесонного перекриття після їх зняття

Далі розглядається тільки другий варіант - плоскі монолітні перекриття з вкладишами-пустотоутворювачами, які виконуються з різних легких або пустотних матеріалів, різної форми та розмірів.

Пустотоутворювачі застосовуються у вигляді пластикових чи азбестових труб, картонних труб або коробів (рис. 1.12), пластикових вкладишів заводського виготовлення (застосовується вторинний перероблений пластик - поліетилен, полівінілпропілен, полівінілхлорид) AirDeck, Cobiax, Bubbledeck та інших виробників, рис. 1.13 [1,2,4,6,16,28].

Також, в якості пустотоутворювачів можуть застосовуватись прямокутні елементи виготовлені з пінополістиролу (рис. 1.14) [28,20]



Рис. 1.12. Пустотоутворювачі з картонних труб

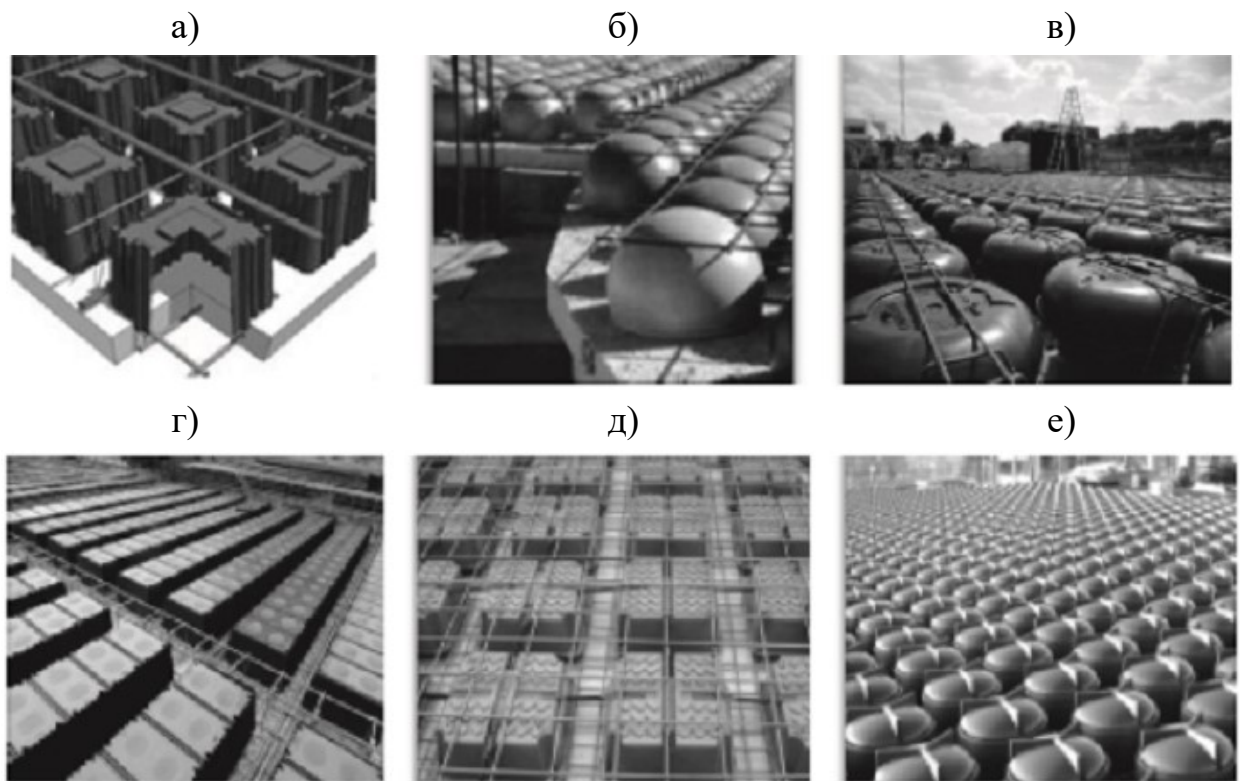


Рис. 1.13. Пластикові пустотоутворювачі-вкладиші заводського виготовлення:
а) AirDeck, б) Bubbledeck, в) Cobiax, г) U-BahnBeton, д) U-BootBeton, е) Beepate



Рис. 1.14. Пустотоутворювачі прямокутного перерізу з пінополістиролу

За проведеними експериментальними дослідженнями пустотних монолітних плит, їх міцність та жорсткість практично не зменшується порівняно з суцільними плитами [15].

Геометрична форма та розміри пустотоутворювачів вибираються виходячи з товщини плити з врахуванням конструктивних та технологічних вимог. Значний вплив має також величини прольотів плити в двох напрямках, тобто, розміри комірки, яка буде заповнюватись пустотоутворювачами.

1.2.2. Технологічні особливості виконання монолітних плит з пустотоутворювачами

Основними особливостями виконання плит перекриття з пустотоутворювачами є вживання заходів для запобігання зміщення в перерізі плити (всплиттю) легких елементів під час вкладання бетонної суміші та контроль якості заповнення проміжків між вкладишами та під ними бетонною сумішшю.

Виділяють кілька технологій влаштування плит перекриття із застосуванням пустотоутворювачів [21]:

Перший спосіб включає технологічні операції в наступній послідовності:

- монтаж опалубки;
- вкладання нижньої арматурної сітки і каркасів ребер між пустотоутворювачами;
- бетонування нижньої полиці перекриття;
- встановлення пустотоутворювачів проводиться на свіжовкладений бетон, для їх зчеплення (до набору міцності бетону більше 1,5МПа), що виключає їх спливання при подальшому бетонуванні;
- монтаж верхньої арматурної сітки і бетонування верхньої частини перекриття (бетон спочатку вкладається пустотоутворювач, далі на ребра).

Недоліком даної технології є двохстадійний процес бетонування та складність розділення укладання бетону на пустотоутворювачі та ребра.

Другий спосіб відрізняється тим, що після монтажу опалубки і укладання нижньої арматурної сітки і каркаса ребер, проводять монтаж пустотоутворювачів з подальшим укладанням верхнього арматурної сітки і бетонуванням. Укладання бетону здійснюють в два етапи: бетонування нижнього поясу плити перекриття, з технологічної витримкою до набору бетоном міцності більше 1,5 МПа; бетонування ребер між пустотоутворювачами і верхньої полиці плити перекриття.

У випадку надмірної товщини першого вкладеного шару бетону може відбутись спливання пустотоутворювачів – відхилення від проектного положення.

Третій спосіб дозволяє здійснити бетонування плити перекриття в один прийом на всю товщину плити перекриття за рахунок застосування спеціальних фіксаторів, які закріплюються до щита опалубки та забезпечують проектне положення пустотоутворювачів в процесі бетонування.

Недоліком даного способу є необхідність свердління отворів в опалубці під фіксуючі скоби, що збільшує трудомісткість робіт і призводить до швидкого зношування опалубки перекриття.

Для покращення ефективності виконання плит перекриття з пустотоутворювачами різними компаніями розроблено ще ряд способів.

За технологією Airdeck (рис. 1.15) на заводі виготовляють нижню обшивку плити перекриття у вигляді збірної залізобетонної конструкції з втопленими пластиковими елементами airboxes, висота яких залежить від товщини перекриття і змінюється в інтервалі від 120 до 350 мм. Нижня обшивка плити перекриття має товщину 60 мм, з необхідною для проекту довжиною та шириною [1,6].



Рис. 1.15. Вкладиші-пустотоутворювачі за технологією Airdeck

За технологією Bubble Deck в якості пустотоутворювачів (рис. 1.16) застосовують порожнисті пластикові кулі сферичної або еліптичної форми діаметром від 180 до 360 мм, в залежності від товщини плити перекриття. Вкладиші розташовані всередині арматурного модуля і утримуються в проектному положенні завдяки структурі армування [4,6].



Рис. 1.16. Вкладиші-пустотоутворювачі за технологією Bubble Deck

За технологією Sobіах для влаштування полегшених залізобетонних перекриттів застосовують технологічний арматурний модуль для просторової фіксації пустотоутворювачів у тілі плити в проектному положенні і запобігання зміни цього положення в ході бетонування (рис. 1.17). Застосовуються два типи вкладишів: у формі еліпсоїда (система «Slim-Line») для бетонування перекриттів товщиною від 200 до 350 мм і у формі кулі (система «EcoLine») для перекриттів товщиною від 300 до 600 мм [2,6].

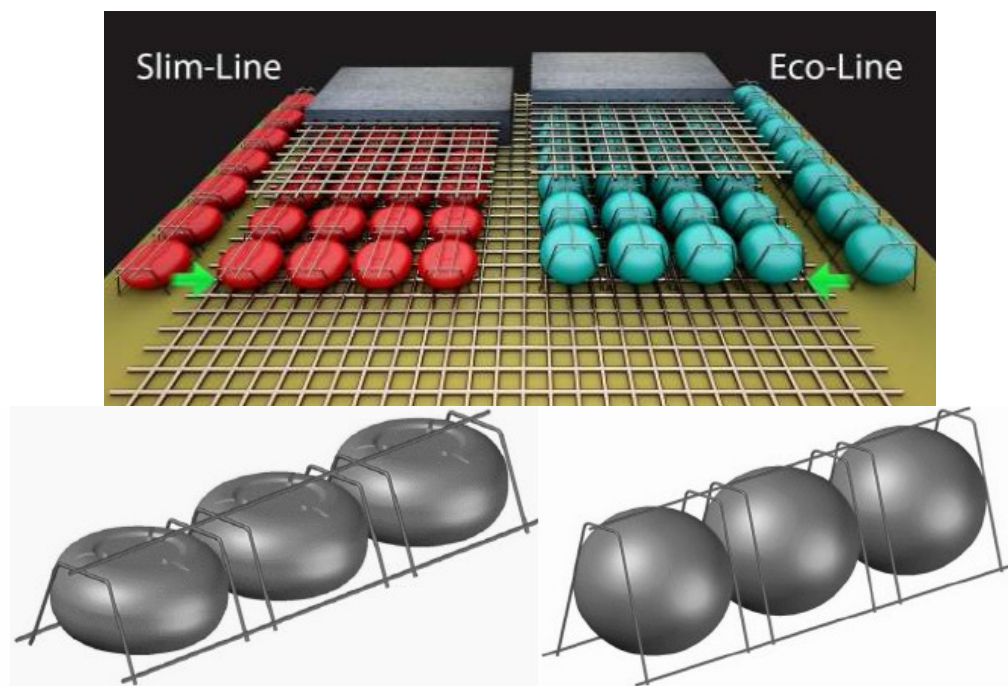


Рис. 1.17. Вкладиші-пустотоутворювачі за технологією Sobіах

Для отримання необхідної якості перекриття, в процесі виробництва бетонних робіт пустотоутворювач повинні [28]:

- а) витримувати монтажне навантаження від ваги монтажників і монтажного обладнання;
- б) зберігати проектне положення при укладанні бетону (не спливати і не зміщуватися по горизонталі);
- в) бути водостійкими при впливі зовнішніх атмосферних опадів і води замішування свіжовкладеної бетонної суміші;
- г) відповідати умовам міцності і деформативності при впливі гідростатичного навантаження при вкладанні бетонної суміші.

Для забезпечення міцності пустотоутворювачів при впливі монтажного навантаження можуть використовуватись монтажні містки (дошки), що укладаються на арматурні каркаси.

Проектне положення пустотоутворювачів при укладанні бетону (запобігання вертикальних і горизонтальних зсувів) може забезпечуватись за допомогою фіксуючих арматурних каркасів, крок яких визначається розрахунком для запобігання спливанню, виконанню умов міцності і деформативності при впливі гідростатичного навантаження при укладанні бетонної суміші [28].

1.2.3. Оцінка ефективності полегшених монолітних перекриттів

Оцінка ефективності застосування пустотоутворювачів для полегшених монолітних залізобетонних плит перекриттів виконувалась багатьма авторами.

За результатами робіт [17,19] найбільш економічно вигідними є кесонні перекриття – дозволяють знизити вартість до 49,4 % (не враховувалась необхідність влаштування підвісних стель). Економія матеріалі для перекриттів з овальними і круглими вкладишами економія склала 34,5% та 22,2%, з кульовими вкладишами – 23,3%. Аналіз реалізації ряду проектів, де застосовувались плити перекриття з пустотоутворювачами показав зменшення витрати бетону до 32%, арматури до 31% на 1 м^2 плити [19].

Загальна трудомісткість влаштування перекриття склала 1.87 люд.-год/ м^2 , що дещо перевищує трудоемність виконання аналогічного безригельного безкапітельного перекриття [19].

Для підвищення ефективності полегшених перекриттів виконувались дослідження з визначення найбільш раціональної форми пустотоутворювачів (рис. 1.18), при цьому відстані між пустотоутворювачами і поверхнями плит приймалися однаковими з умови забезпечення конструктивних вимог та технології бетонування [7,28].

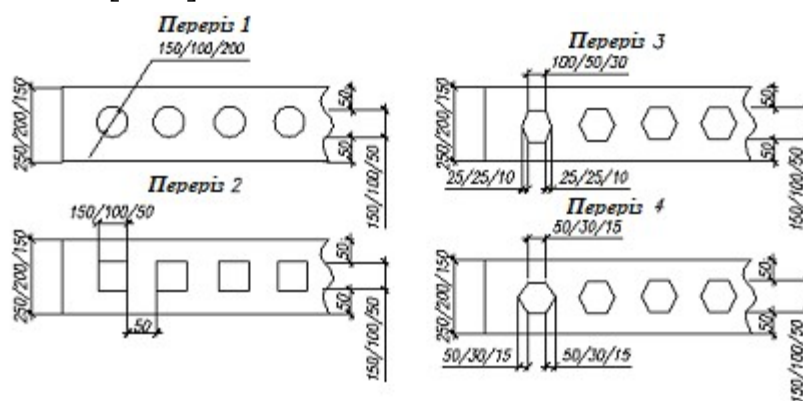


Рис. 1.18. Схеми плит перекриттів з різними формами перерізу пустот [7]

За отриманими результатами, найбільш раціональним і економічно вигідним виявилось використання пустотоутворювачів із квадратною формою

поперечного перерізу з полістирольного пінопласту в плоских пустотних залізобетонних монолітних плитах перекриттів проектної товщини 250 мм [7].

Переваги пустотних монолітних плит не викликають заперечень, однак практика їх впровадження не значна. Причини різні - це ускладнення технології будівельного процесу виготовлення плити і відсутність налагодженого виробництва пустотоутворювачів [15].

Також, варто проаналізувати вплив застосування пустотоутворювачів на згинальну жорсткість плоских монолітних плит перекриття за умови збереження їх конструктивної висоти.

1.3. ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 1

За виконаним оглядом джерел можна зробити наступні висновки:

1. В даний час найбільш поширеним є монолітне будівництво, зокрема, будівництво каркасних будівель. Покращення його ефективності дозволить забезпечити економію значної кількості матеріальних та енергетичних ресурсів.

2. Один з найбільш ефективних напрямків покращення ефективності монолітних каркасів - зменшення їх власної ваги шляхом застосування пустотоутворювачів в конструкціях монолітних плит перекриттів.

Таким чином, визначення раціонального конструктивно-технологічного рішення елементів монолітного залізобетонного каркасу громадської будівлі виконується на прикладі порівняння матеріалоємності конструкцій перекриттів (суцільної плити та з плити пустотоутворювачами) і колон каркасу громадської будівлі в м. Дніпрі.

РОЗДІЛ 2. ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО РІШЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ МОНОЛІТНОГО ЗАЛІЗОБЕТОННОГО КАРКАСУ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ

2.1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА

2.1.1. Опис об'єкта та умов будівництва

Об'єкт будівництва - чотирьох поверхова громадська будівля з одноповерховими прибудовами (рис.2.1).

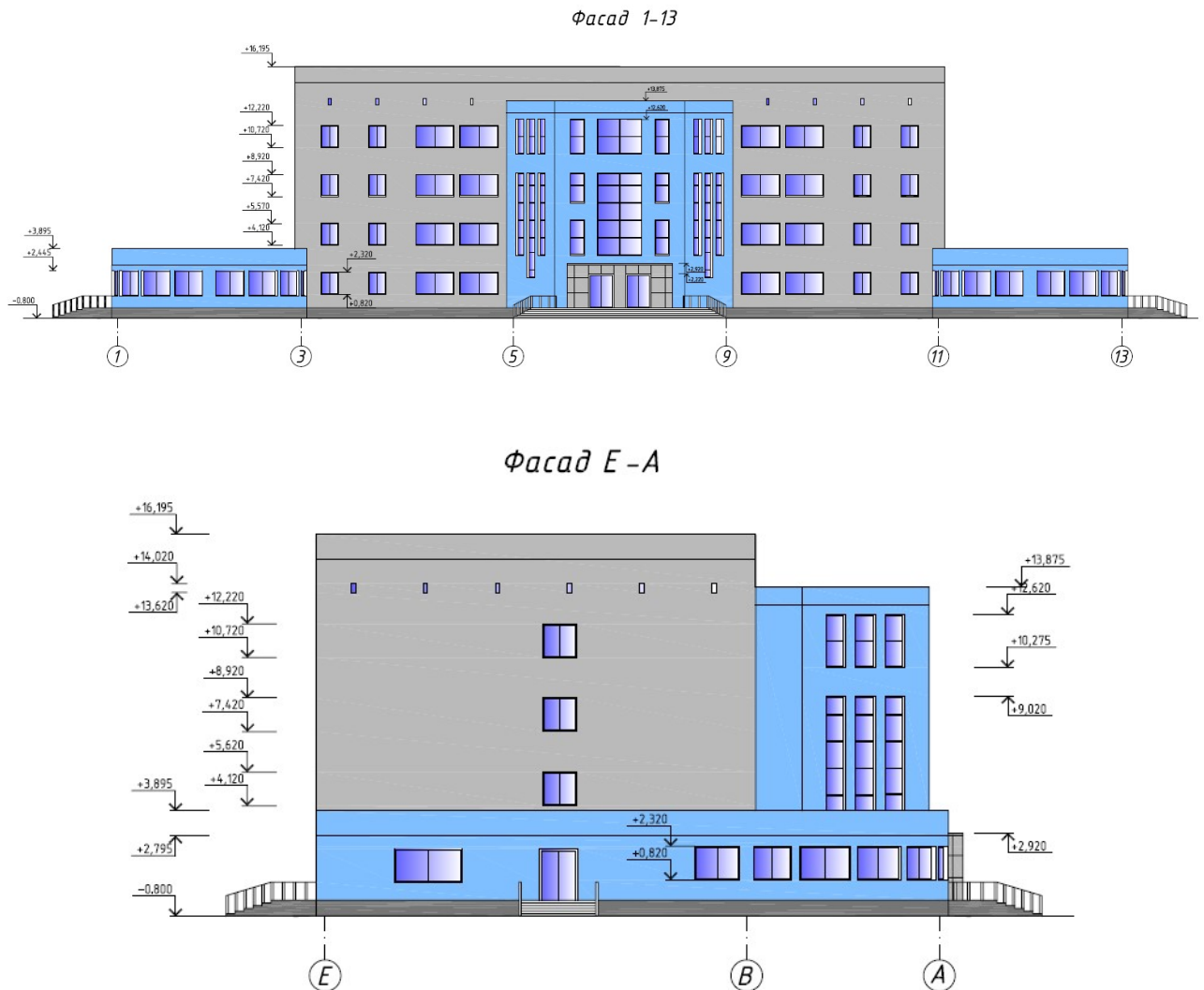


Рис. 2.1. Загальний вигляд громадської будівлі

Рельєф будівництва рівний з незначним ухилом.

Рішення проекту чотирьохповерхової громадської будівлі виконані на основі завдання на проектування та з дотриманням вимог діючих норм:

ДБН В.2.2-9:2018 Громадські будинки та споруди. Основні положення [10];

ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель [11]

ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель [13];

ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія [14].

Кліматологічні дані прийняті відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 [14].

Кліматичні умови ділянки будівництва характерні для міста Дніпро, розташованого у II кліматичній зоні, підзона - південно-східна степ. Характеризується від'ємною температурою повітря в зимовий період і підвищеними додатними температурами влітку, які визначають необхідний захист будівель від надмірного перегріву в теплий період року і від переохолодження взимку.

Район будівництва не сейсмічний.

2.1.2. Об'ємно-планувальні рішення будівлі

Запроектована будівля чотирьохповерхова з одноповерховими прибудовами, над чотирьохповерховою частиною виконаний технічний поверх. Розміри в осях 67,9х27,25 м. Висота будівлі – 16,2 м, висота поверхів – 3,3 м, технічного – 2,1 м.

За функціональним призначенням будівлю можна віднести до адміністративно-ділового центру; основні приміщення – офіси. В будівлі передбачена їдальня з допоміжними приміщеннями для приготування їжі та актовий зал. В будівлі запроектовано декілька сходових клітин: центральна з другим світлом, яка сполучає перший та другий поверхи, та дві сходові клітини, які проходять по всій висоті будівлі. Входи в будівлю: центральний з холлом та гардеробом, в торцях будівлі влаштовані службові входи, біля сходових клітин – евакуаційні виходи.

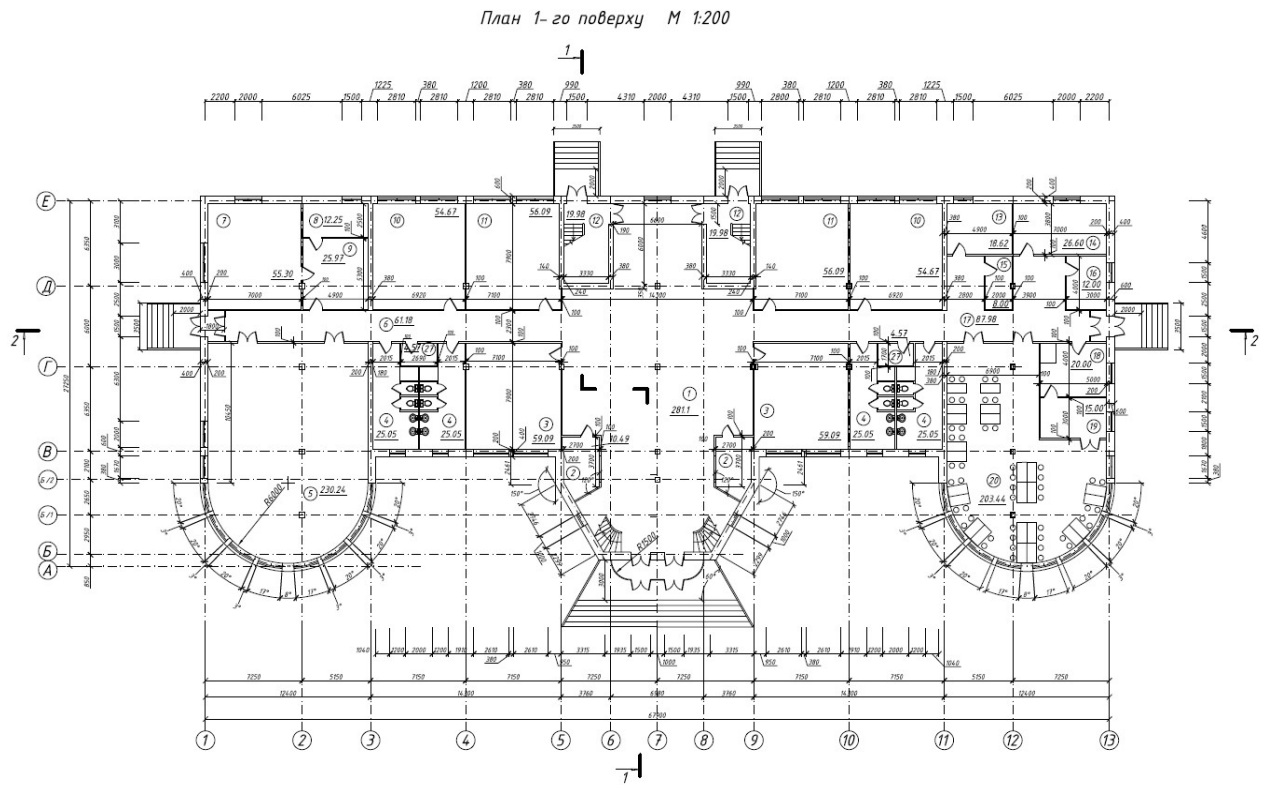
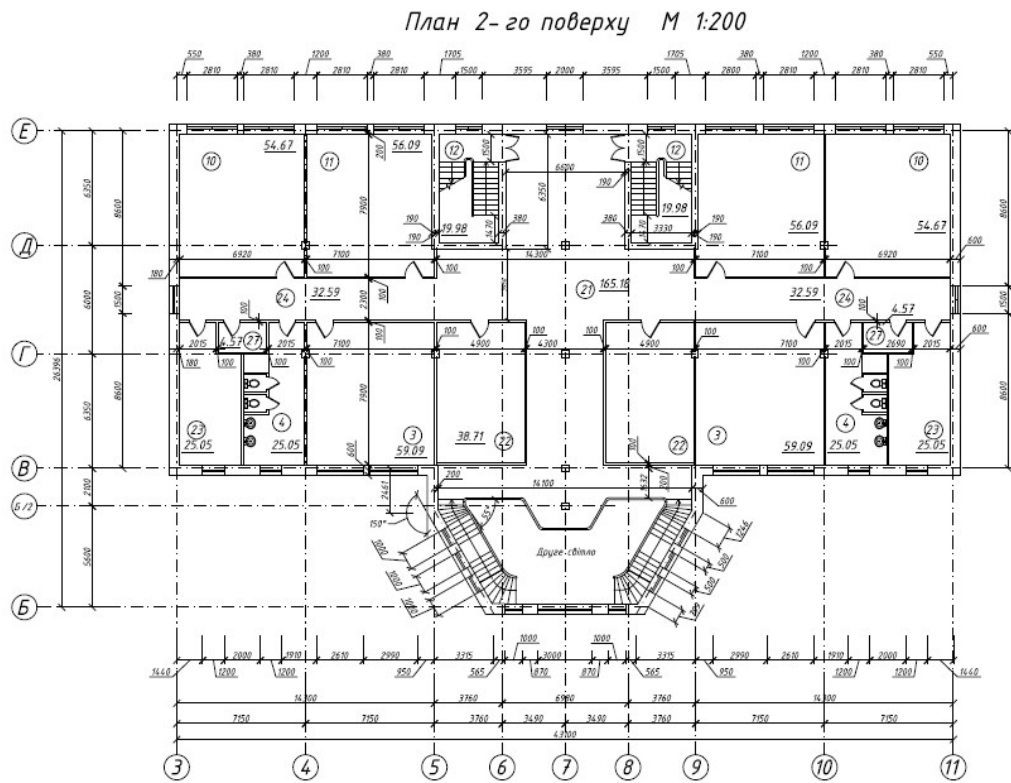


Рис. 2.2. План першого поверху громадської будівлі



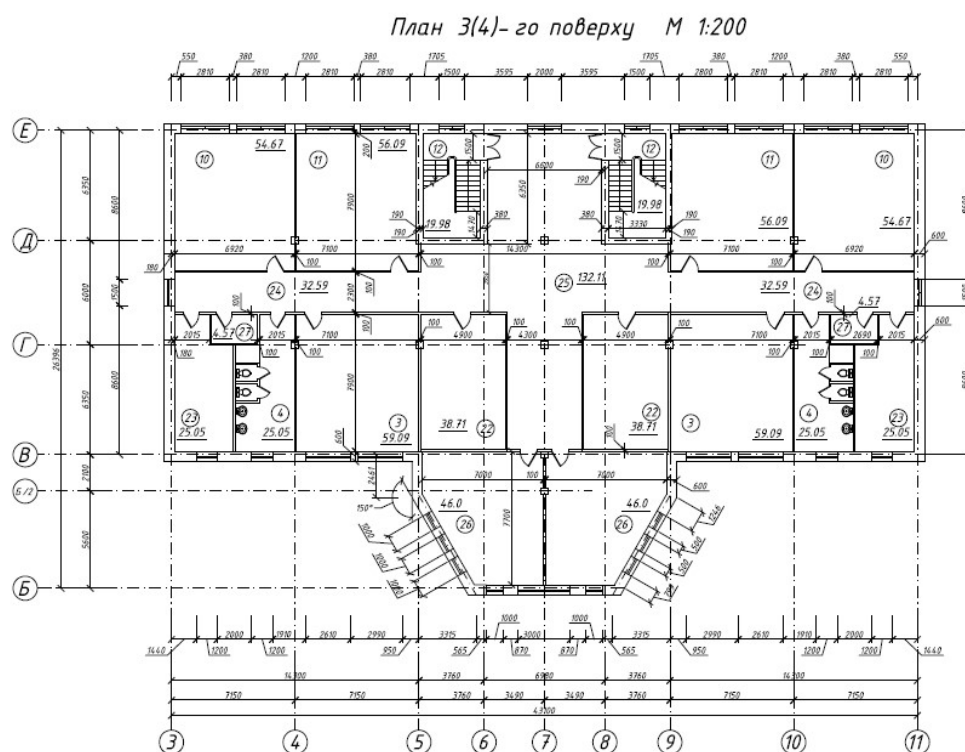


Рис. 2.3. Плани 2,3 та 4го поверхів будівлі

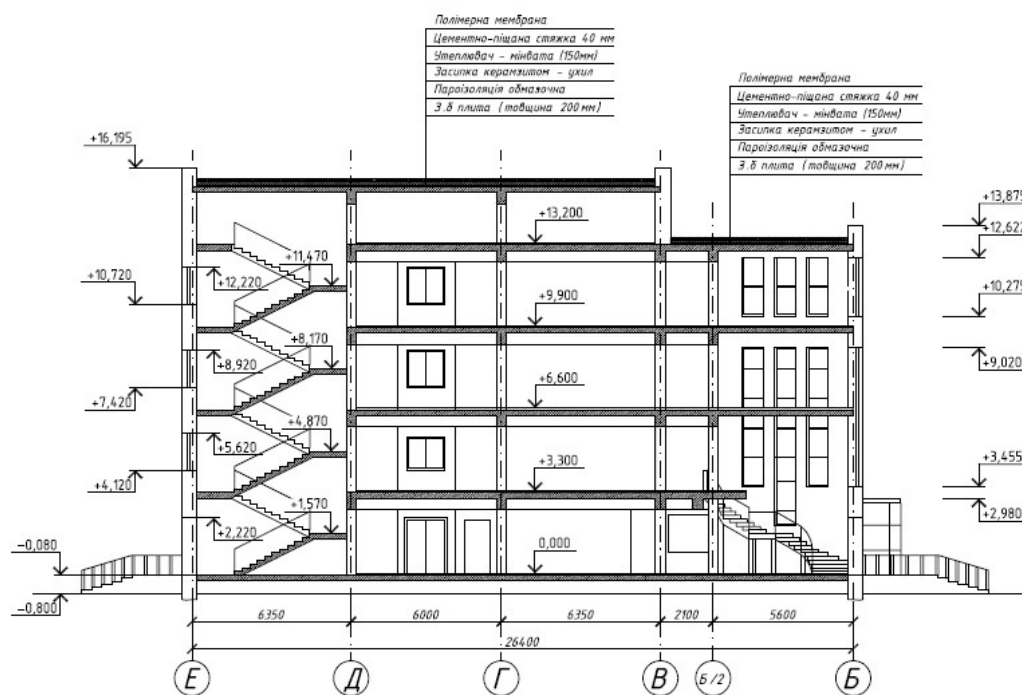


Рис. 2.4. Поперечний розріз будівлі

2.1.3. Конструктивні рішення.

Проектом передбачена конструктивна схема будівлі – неповний каркас, з зовнішніми несучими цегляними стінами та внутрішнім несучим залізобетонним монолітним каркасом.

Просторова жорсткість забезпечується за рахунок спільної роботи стін та каркасу з горизонтальними дисками міжповерхових перекриттів.

Клас наслідків – СС-2. Клас за довговічністю - І (не менше 100 років). Ступінь вогнестійкості – І.

Фундаменти – стрічкові під зовнішні несучі стіни та окремостоячі ступінчасті під внутрішні колони. Товщина плитної частини стрічкового фундаменту складає 500 мм, цокольна частина стіни виконана з бетонних блоків типу ФБС шириною 400 мм. Конструкції фундаментів виконані по шару бетонної підготовки товщиною 100 мм. Глибина закладання підосви фундаментів приймається з урахуванням особливостей геологічного розрізу та глибини промерзання.

Зовні, по стіні цоколю виконується вертикальна гідроізоляція шляхом обмазки бітумом та обшивкою з екструдованого пінополістиролу та горизонтальна з руберойду, яка виконується два рази – із захисним прошарком цементно-піщаного розчину на рівні верхньої частини цоколя та підстиляючого шару підлоги цокольного поверху. По периметру зовнішніх стін, для захисту від зволоження ґрунту основи, виконується вимощення шириною 1,0 м.

Зовнішні несучі стіни – кладка з керамічної цегли товщиною 380 мм; ефективний утеплювач мінеральна вата згідно з теплотехнічним розрахунком, оздоблення – вентильований фасад.

Конструкції монолітного залізобетонного каркасу. Колони – перерізом 400х400 мм. Перекриття та покриття – монолітні залізобетонні плити, обперті по контуру з балками в створах колон: *варіант 1* – плити суцільного перерізу товщиною 200 мм; *варіант 2* – плити з пустотоутворювачами висотою 200 (250; 300) мм.

Перегородки з газобетонних блоків товщиною 100 мм.

Сходові марші та площадки – монолітні залізобетонні.

Вікна та двері. Вікна металопластикові з двохкамерними склопакетами.

Двері застосовуються одностулкові та двостулкові, висотою 2100 мм, шириною 900 мм та 1200 мм. Двері металопластикові та металеві.

Підлоги. Передбачено укладання звукоізоляції з мінераловатних плит, вирівнювання поверхні цементно-піщаною стяжкою, на яку укладається лінолеум на мастиці або керамічна плитка на клейовій суміші, в санвузлах додатково передбачається гідроізоляція з 2 шарів сухої гідроізоляційної суміші.

2.1.4. Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни

Розрахунок виконується з урахуванням вимог до опору теплопередачі огорожуючих конструкцій відповідно до ДБН В.2.6-31: 2016 Теплова ізоляція будівель і ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель.

Необхідно визначити за теплотехнічними умовами товщину утеплювача для зовнішньої стіни громадської будівлі.

Вихідні дані:

Район будівництва - м Дніпро:

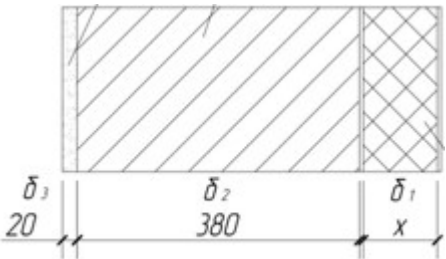
а) громадська будівля;

б) зовнішня стіна - двошарова, складається з цегляної кладки з керамічної цегли з утеплювачем із мінераловатних плит.

Розрахункова схема зовнішньої стіни громадської будівлі наведена в табл. 2.1.1.

Таблиця 2.1.1

Розрахункова схема зовнішньої стіни громадської будівлі

Конструкція стіни	Розрахункові характеристики матеріалів
	<i>Утеплювач</i> - мінераловатні плити $\delta_y - ?$; $\gamma = 70 \text{ кг/м}^3$; $\lambda_y - 0,041 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$; <i>Керамічна цегла</i> $\gamma = 1600 \text{ кг/м}^3$; $\delta_2 = 380 \text{ мм} = 0,38 \text{ м}$; $\lambda_2 = 0,52 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ <i>Штукатурний шар</i> $\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$ $\delta_3 = 20 \text{ мм} = 0,02 \text{ м}$; $\lambda_3 = 0,84 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$;

Виконання розрахунку:

За картою схемою температурних зон України визначається, що м. Дніпро розташоване в I температурній зоні (рис. 2.5.)



Рис. 2.5. Карта-схема температурних зон України

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішніх стін громадських будівель для I температурної зони складає $R_{q \min} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

За розрахунковими значеннями температури і вологості внутрішнього повітря приміщень будівлі ($t_g = 20^\circ\text{C}$ і $\varphi_g = 50\text{-}60\%$) визначаємо вологісний режим приміщень в опалюваний період – нормальний.

Для виконання теплотехнічного розрахунку приймаємо значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої $\alpha_{\text{в}} = 8,7$ та зовнішньої $\alpha_{\text{з}} = 23,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ поверхонь огорожуючої конструкції.

Розраховується за теплотехнічними показниками необхідна товщина теплозахисного шару (утеплювача) δ_y , м.

$$\delta_y = \left(R_{q \min} - \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} - \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right) \cdot \lambda_{y.ш.} (\text{м})$$

$$\delta_y = \left(3,3 - \frac{1}{8,7} - \frac{1}{23} - \frac{0,38}{0,52} - \frac{0,02}{0,84} \right) \cdot 0,041 = 0,1 \text{ м}$$

Приймаємо товщину утеплювача $\delta_y = 0,1 \text{ м} = 100 \text{ мм}$.

Розраховується сумарний опір теплопередачі

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_y}{\lambda_y} + \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,84} + \frac{0,38}{0,52} + \frac{0,1}{0,041} + \frac{1}{23} = 3,35 (\text{м}^2 \text{ К}/\text{Вт})$$

Перевірка виконання умови проектування огорожуючої конструкції за теплотехнічними вимогами.

$$R_{\Sigma} \geq R_{q \min}$$

$$3,35 > 3,3 (\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт}$$

Обов'язкова умова виконується.

Конструктивне рішення зовнішніх стін забезпечує виконання санітарно-гігієнічних вимог для громадської будівлі, при застосуванні ефективного утеплювача - мінераловатних плит товщиною 100 мм, забезпечується теплозахист в зимовий період часу.

2.1.5. Інженерно-технічне обладнання.

Водопровід і каналізація. Громадська будівля обладнується наступними системами водопроводу та каналізації:

- господарсько-питним водопроводом;
- господарсько-фекальної каналізацією.

Побутова каналізація від будівлі самопливом підключається до існуючої мережі діаметром 200 мм. Мережа від будинку запроектована з поліетиленових труб діаметром 200 мм. На мережі передбачені колодязі зі збірних залізобетонних елементів.

Вентиляція. Вентиляція будівлі - природна. З санітарних вузлів - через вентиляційні канали, які виводяться над покрівлею будівлі.

Теплопостачання – централізоване.

Енергозабезпечення. Система енергопостачання будівлі традиційна від міської електромережі із забезпеченням безперебійного та стабільного постачання електроенергією, яка передбачає захист від стрибків напруги і нестачі потужності стабілізаторами.

2.1.6. Техніко-економічні показники проекту.

Проект громадської будівлі характеризується наступними показниками: будівельний об'єм (m^3); площа забудови (m^2); загальна площа (m^2); корисна площа (m^2); K1 - відношення корисної площі до загальної площі, характеризує раціональність використання площі; K2 - відношення будівельного об'єму до загальної площі, характеризує раціональність використання об'єму.

Техніко-економічні показники, які відображають характеристику об'ємно-планувальних рішень громадської будівлі, що проектується, наведені в табл. 2.1.2.

Таблиця 2.1.2

ТЕП громадської будівлі

№	Найменування	Од. вим.	Кількість
1	Поверховість будівлі	поверх	4
3	Площа забудови	м ²	1968,2
4	Загальна площа	м ²	4075,5
5	Корисна площа	м ²	2813,5
6	Будівельний об'єм	м ³	18395,4
7	К1		0,69
8	К2		4,51

2.2. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ЗАЛІЗОБЕТОННОГО КАРКАСУ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ

2.2.1. Конструктивне рішення плит перекриттів

Плити суцільного перерізу. Плита суцільного перерізу оберта по контуру, защемлена на опорах (для середніх ділянок), з розмірами в осях 6х7.15 м. Схема типової комірки плити перекриття будівлі, обмежена балками наведена на рис. 2.6.

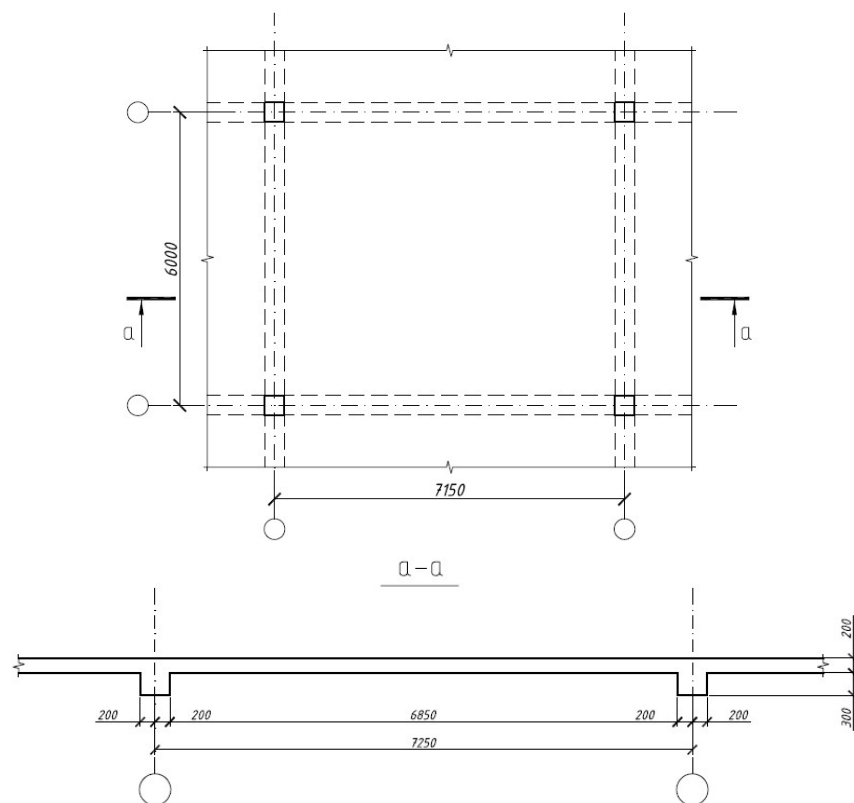


Рис. 2.6. Схема типової комірки плити перекриття будівлі

Плити з пустотоутворювачами.

Пустотоутворювачі розташовані в середній частині плити. Для розрахунку прийняті пустотоутворювачі прямокутного перерізу, розмірами в плані 500х500 мм. Відстань між пустотоутворювачами прийнята 100 мм.

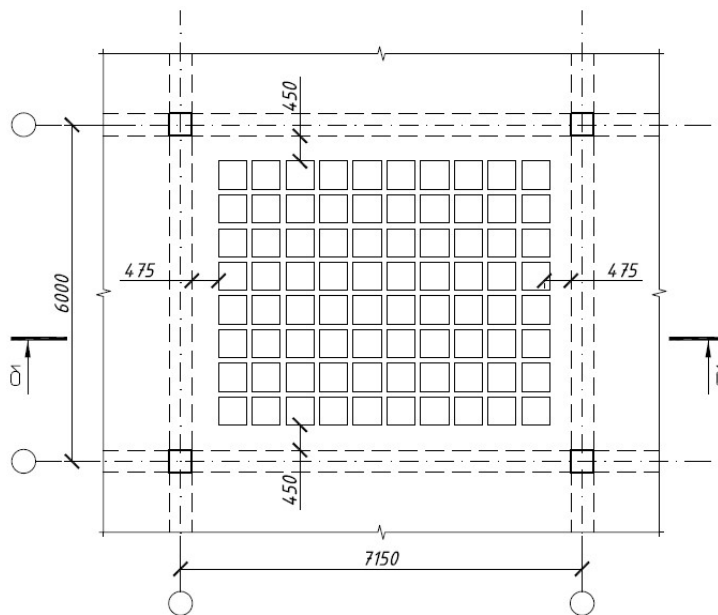
Пустотоутворювачі не вкладаються на ділянках з високими значеннями поперечних сил – на опорних ділянках плит, ширина яких приймається не менше $2h$ плити.

Висота вкладишів прийнята з умови конструктивної висоти плити та необхідної висоти полиць для розташування арматурних стержнів в двох напрямках та забезпечення величини захисного шару.

Для арматурних стержнів діаметром 12 мм в двох напрямках така висота полиць складає 55 мм.

Для оцінки ефективності застосування пустотоутворювачів порівнювались плити перекриття різної товщини плити: 200 мм, 250 мм та 300 мм. Для вказаних товщин плити висота вкладишів буде складати: 90 мм, 140 мм та 190 мм, відповідно.

Схема розкладки пустотоутворювачів в типовій комірці плити наведена на рис. 2.7.



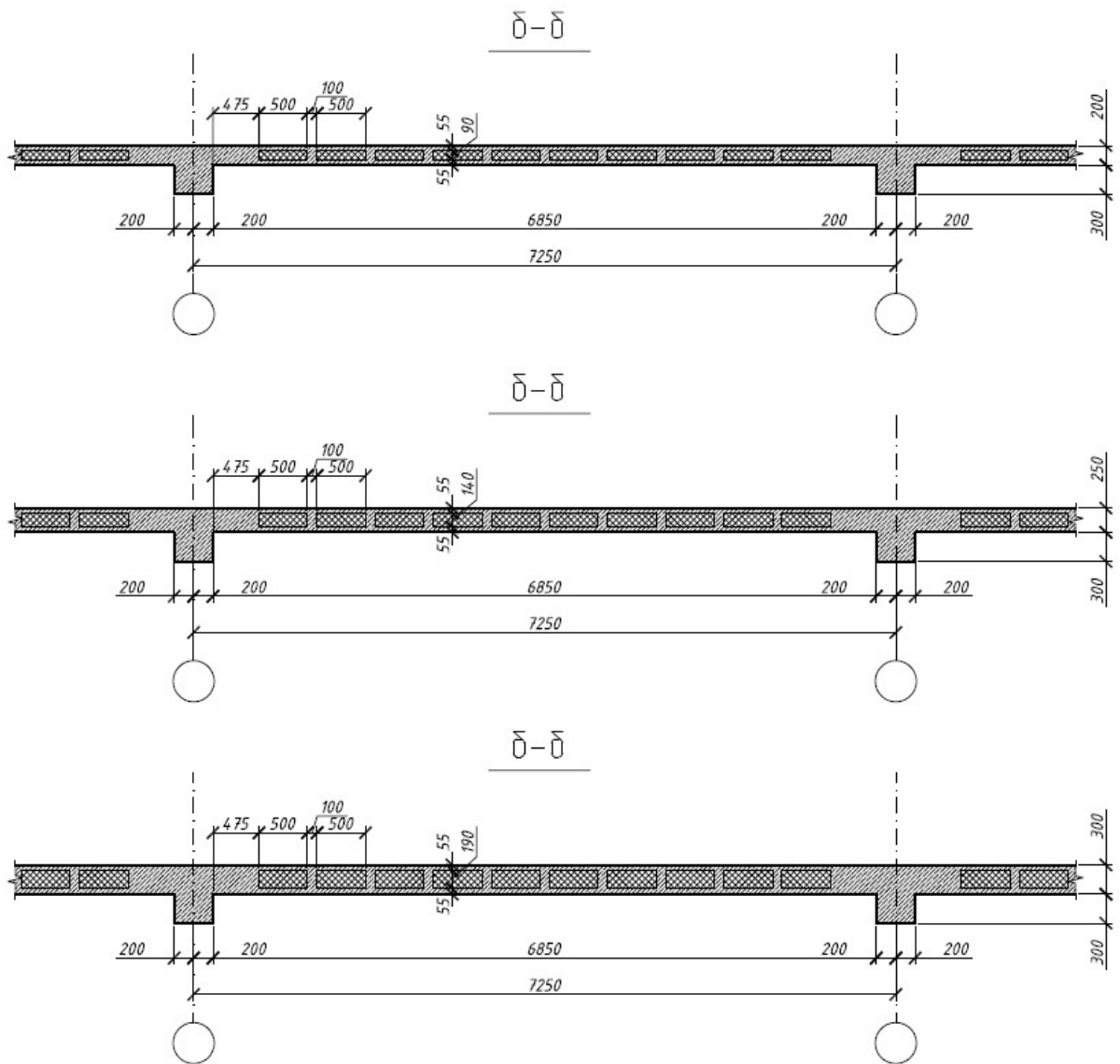


Рис. 2.7. Схема типової комірки плити перекриття будівлі з пустотоутворювачами

2.2.2. Збір навантажень на перекриття та покриття

Кількість поверхів - 4. Район будівництва - м. Дніпро – характеристичне снігове навантаження $S_0=1340$ Па, характеристичне значення вітрового тиску $W_0=500$ Па (ДБН В.1.2-2:2006 [9]).

Характеристичне значення рівномірно розподіленого тимчасового навантаження на плиту перекриття складає 2,0 кПа. Постійне навантаження на перекриття визначається далі.

Для всіх елементів перекриття прийнято важкий бетон класу C16/20; армування – арматура із сталі класів A400C та A240C.

Збір навантажень виконується для варіантів конструктивного рішення, наведених в 2.2.1.

Плити суцільного перерізу.

Таблиця 2.2.1

Визначення навантажень на плити перекриття

Вид навантаження	Характеристичне значення навантаження, кН/м^2	Коефіцієнт надійності по навантаженню γ_{fn}	Граничне значення навантаження, кН/м^2
Постійна			
Керамічна плитка $\delta=8\text{мм}$ $\rho=2500\text{ кг/м}^3$	0,2	1,3	0,26
Клейова суміш $\delta=5\text{мм}$ $\rho=2000\text{ кг/м}^3$	0,1	1,3	0,13
Цементна самовирівнююча стяжка $\delta=30\text{мм}$ $\rho=1800\text{ кг/м}^3$	0,54	1,3	0,702
Пінополістирол $\delta=50\text{мм}$ $\rho=35\text{ кг/м}^3$	0,0175	1,3	0,023
Зб плита перекриття $\delta=200\text{мм}$ $\rho=2500\text{ кг/м}^3$	5,0	1,1	5,5
Всього постійна	6,615		
Тимчасова			
Корисна	2,0	1,3	2,6
Всього повна	9,22		

Таблиця 2.2.2

Визначення навантажень на плиту покриття

Вид навантаження	Характеристичне значення навантаження, кН/м^2	Коефіцієнт надійності по навантаженню γ_{fm}	Граничне значення навантаження, кН/м^2
Постійна			
Руберойд 4 шари	0,3	1,3	0,39
Бітумна мастика	0,135	1,3	0,175
Цементна стяжка $\delta=40\text{мм}$ $\rho=1800\text{ кг/м}^3$	0,72	1,3	0,936
Керамзит $\delta=220\text{мм}$ $\rho=470\text{ кг/м}^3$	1,125	1,3	1,462
Утеплювач мінераловатні плити $\delta=150\text{мм}$	0,375	1,3	0,487
Паробар'єр	0,0086	1,3	0,0111
Плита залізобетонна $\delta=200\text{мм}$	5	1.1	5,5
Всього	8,96		
Тимчасова			
Снігове навантаження	1,34	1,14	1,527
Всього повна	10,49		

Навантаження приймаються до розрахунку з коефіцієнтом за призначенням будівлі, що дорівнює 1.05.

$$S_m = S_o \times \gamma_{Fm} \times c = 1,340 \times 1,14 \times 1 = 1,52 \text{ кН/м}^2$$

S_o – характеристичне значення снігового покриву;

γ_{Fm} – коефіцієнт надійності по навантаженню;

$$c = \mu \times c_e \times c_{alt} = 1$$

μ – коефіцієнт переходу від власної ваги снігового покриву на поверхні ґрунту до поверхні покрівлі;

c_e – коефіцієнт, що враховує режим експлуатації будівлі;

c_{alt} – коефіцієнт географічної висоти;

$\gamma_{Fm} = 1,14$ (експлуатація будівлі 100 років).

Плити з пустотоутворювачами.

Зменшення власної ваги плити визначається через об'єм бетону, який заміщає собою пустотоутворювач. Зменшення об'єму конструкції плити визначається як [16]:

$$\Delta V = 100 (1 - V_{red} / V)$$

де V – об'єм м^2 плану суцільної плити; V_{red} – об'єм м^2 плану плити з урахуванням порожнин.

Приведена знижена щільність матеріалу визначається як:

$$R_{01} = R_0 \cdot \Delta V$$

де R_0 – нормована щільність м^3 бетону плити;

R_{01} – знижена щільність м^3 бетону плити.

Збір навантажень виконаний для плит різної висоти.

Таблиця 2.2.3

Визначення навантажень на плити перекриття з пустотоутворювачами
висотою 200 мм

Вид навантаження	Характеристичне значення навантаження, кН/м^2	Коефіцієнт надійності по навантаженню γ_{Fm}	Граничне значення навантаження, кН/м^2
Постійна			
Керамічна плитка $\delta=8\text{мм}$ $\rho=2500 \text{ кг/м}^3$	0,2	1,3	0,26
Клейова суміш $\delta=5\text{мм}$ $\rho=2000 \text{ кг/м}^3$	0,1	1,3	0,13
Цементна самовирівнююча стяжка $\delta=30\text{мм}$ $\rho=1800 \text{ кг/м}^3$	0,54	1,3	0,702

Вид навантаження	Характеристичне значення навантаження, кН/м^2	Коефіцієнт надійності по навантаженню γ_{fm}	Граничне значення навантаження, кН/м^2
Пінополістирол $\delta=50\text{мм}$ $\rho=35 \text{ кг/м}^3$	0,0175	1,3	0,023
Зб плита покриття $\delta=200\text{мм}$ $\rho^*=2000 \text{ кг/м}^3$	4,0	1,1	4,4
Всього постійна	5,52		
Тимчасова			
Корисна	2,0	1,3	2,6
Всього повна	8,12		

Таблиця 2.2.4

Визначення навантажень на плиту покриття з пустотоутворювачами
висотою 200 мм

Вид навантаження	Характеристичне значення навантаження, кН/м^2	Коефіцієнт надійності по навантаженню γ_{fn}	Граничне значення навантаження, кН/м^2
Постійна			
Руберойд 4 шари	0,3	1,3	0,39
Бітумна мастика	0,135	1,3	0,175
Цементна стяжка $\delta=40\text{мм}$ $\rho=1800 \text{ кг/м}^3$	0,72	1,3	0,936
Керамзит $\delta=220\text{мм}$ $\rho=470 \text{ кг/м}^3$	1,125	1,3	1,462
Утеплювач мінераловатні плити $\delta=150\text{мм}$	0,375	1,3	0,487
Паробар'єр	0,0086	1,3	0,0111
Плита залізобетонна $\delta=200\text{мм}$	4	1.1	4,4
Всього	7,86		
Тимчасова			
Снігове навантаження	1,34	1,14	1,53
Всього повна	9,39		

Таблиця 2.2.5

**Визначення навантажень на плити перекриття з пустотоутворювачами
висотою 250 мм**

Вид навантаження	Характеристичне значення навантаження, кН/м^2	Коефіцієнт надійності по навантаженню γ_{fn}	Граничне значення навантаження, кН/м^2
Постійна			
Керамічна плитка $\delta=8\text{мм}$ $\rho=2500\text{ кг/м}^3$	0,2	1,3	0,26
Клейова суміш $\delta=5\text{мм}$ $\rho=2000\text{ кг/м}^3$	0,1	1,3	0,13
Цементна самовирівнююча стяжка $\delta=30\text{мм}$ $\rho=1800\text{ кг/м}^3$	0,54	1,3	0,702
Пінополістирол $\delta=50\text{мм}$ $\rho=35\text{ кг/м}^3$	0,0175	1,3	0,023
Зб плита перекриття $\delta=250\text{мм}$ $\rho^*=1760\text{ кг/м}^3$	4,4	1,1	4,84
Всього постійна	6,32		
Тимчасова			
Корисна	2,0	1,3	2,6
Всього повна	8,92		

Таблиця 2.2.6

**Визначення навантажень на плиту покриття з пустотоутворювачами
висотою 250 мм**

Вид навантаження	Характеристичне значення навантаження, кН/м^2	Коефіцієнт надійності по навантаженню γ_{fn}	Граничне значення навантаження, кН/м^2
Постійна			
Руберойд 4 шари	0,3	1,3	0,39
Бітумна мастика	0,135	1,3	0,175
Цементна стяжка $\delta=40\text{мм}$ $\rho=1800\text{ кг/м}^3$	0,72	1,3	0,936
Керамзит $\delta=220\text{мм}$ $\rho=470\text{ кг/м}^3$	1,125	1,3	1,462
Утеплювач мінераловатні плити $\delta=150\text{мм}$	0,375	1,3	0,487
Паробар'єр	0,0086	1,3	0,0111
Плита залізобетонна $\delta=200\text{мм}$	4,4	1.1	4,84
Всього	8,66		
Тимчасова			
Снігове навантаження	1,34	1,14	1,53
Всього повна	10,19		

Таблиця 2.2.7

**Визначення навантажень на плити перекриття з пустотоутворювачами
висотою 300 мм**

Вид навантаження	Характеристичне значення навантаження, кН/м^2	Коефіцієнт надійності по навантаженню γ_{fn}	Граничне значення навантаження, кН/м^2
Постійна			
Керамічна плитка $\delta=8\text{мм}$ $\rho=2500 \text{ кг/м}^3$	0,2	1,3	0,26
Клейова суміш $\delta=5\text{мм}$ $\rho=2000 \text{ кг/м}^3$	0,1	1,3	0,13
Цементна самовирівнююча стяжка $\delta=30\text{мм}$ $\rho=1800 \text{ кг/м}^3$	0,54	1,3	0,702
Пінополістирол $\delta=50\text{мм}$ $\rho=35 \text{ кг/м}^3$	0,0175	1,3	0,023
Зб плита перекриття $\delta=300\text{мм}$ $\rho^*=1667 \text{ кг/м}^3$	5	1,1	5,5
Всього постійна	6,62		
Тимчасова			
Корисна	2,0	1,3	2,6
Всього повна	9,22		

Таблиця 2.2.8

**Визначення навантажень на плиту покриття з пустотоутворювачами
висотою 300 мм**

Вид навантаження	Характеристичне значення навантаження, кН/м^2	Коефіцієнт надійності по навантаженню γ_{fn}	Граничне значення навантаження, кН/м^2
Постійна			
Руберойд 4 шари	0,3	1,3	0,39
Бітумна мастика	0,135	1,3	0,175
Цементна стяжка $\delta=40\text{мм}$ $\rho=1800 \text{ кг/м}^3$	0,72	1,3	0,936
Керамзит $\delta=220\text{мм}$ $\rho=470 \text{ кг/м}^3$	1,125	1,3	1,462
Утеплювач мінераловатні плити $\delta=150\text{мм}$	0,375	1,3	0,487
Паробар'єр	0,0086	1,3	0,0111
Плита залізобетонна $\delta=300\text{мм}$	5	1.1	5,5
Всього	8,96		
Тимчасова			
Снігове навантаження	1,34	1,14	1,53
Всього повна	10.49		

2.3. РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ КАРКАСУ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ

2.3.1. Розрахунок каркасу громадської будівлі в ПК «Ліра»

Розрахунок виконаний в програмному комплексі «ЛІРА». В основу розрахунку покладено метод скінченних елементів (МСЕ) [8,25].

За допомогою МСЕ розраховуються плоскі і просторові стрижневі системи, пластини та оболонки. Статичні впливи можуть бути силовими, температурними або заданими переміщеннями окремих точок конструкцій.

Розрахункові системи можуть мати довільні контури та умови закріплення, різні ослаблення і вирізи. Бібліотека комплексу містить велику кількість різних скінченних елементів (СЕ). За результатами розрахунку здійснюється вибір невідповідних комбінацій навантажень, перевірка або підбір розмірів поперечних перерізів.

В моделі каркасу громадської будівлі колони та балки перекриття моделюються стрижневим СЕ10, плити перекриттів та покриття плитним СЕ41.

За результатами розрахунку в ПК «Ліра» отримані значення зусиль в елементах каркасу, які застосовуються для розрахунку та конструювання перерізів.

Для випадку розрахунку каркасу з перекриттями з пустотоутворювачами необхідно врахувати їхній вплив.

Найбільш адекватно відображає напружений та деформований стан метод розрахунку, де плита перекриття з пустотоутворювачем моделюється плитою приведеної жорсткості [16].

Зниження жорсткісних характеристик у місцях розташування пустот необхідно виконувати шляхом зменшення модуля пружності [16]:

$$E_1 = E - \Delta E$$

Величину зменшення модуля пружності бетону плити розраховують за наступною формулою:

$$\Delta E = 100 (1 - I_{red} / I)$$

де E – модуль пружності бетону; E_1 – зменшений модуль пружності бетону; I – момент інерції суцільної плити; I_{red} – приведений момент інерції плити з урахуванням порожнин.

Для конструкцій перекриття будівлі прийнятий клас бетону С25/30 модуль пружності якого складає $E=32500$ МПа. Для врахування тривалих деформацій та інших факторів використовується знижуючий коефіцієнт 0,6. Таким чином для суцільної плити модуль пружності в розрахунку прийнятий $E_p=19500$ МПа.

Отримані значення зменшеного модуля пружності бетону плит з пустотоутворювачами наведені в табл. 2.3.1.

Таблиця 2.3.1

Зменшений модуль пружності бетону плит з пустотоутворювачами

Товщина плити, h , мм	Модуль пружності бетону суцільної плити, E_p , МПа	Величина зменшення модуля пружності, %	Зменшений модуль пружності, E_1 , МПа
200	19500	92	17940
250		84	16380
300		77	15015

Для порівняльної оцінки рішень елементів каркасу застосовувалась спрощена модель каркасу будівлі. СЕ модель та просторова модель каркасу будівлі наведена на рис. 2.8.

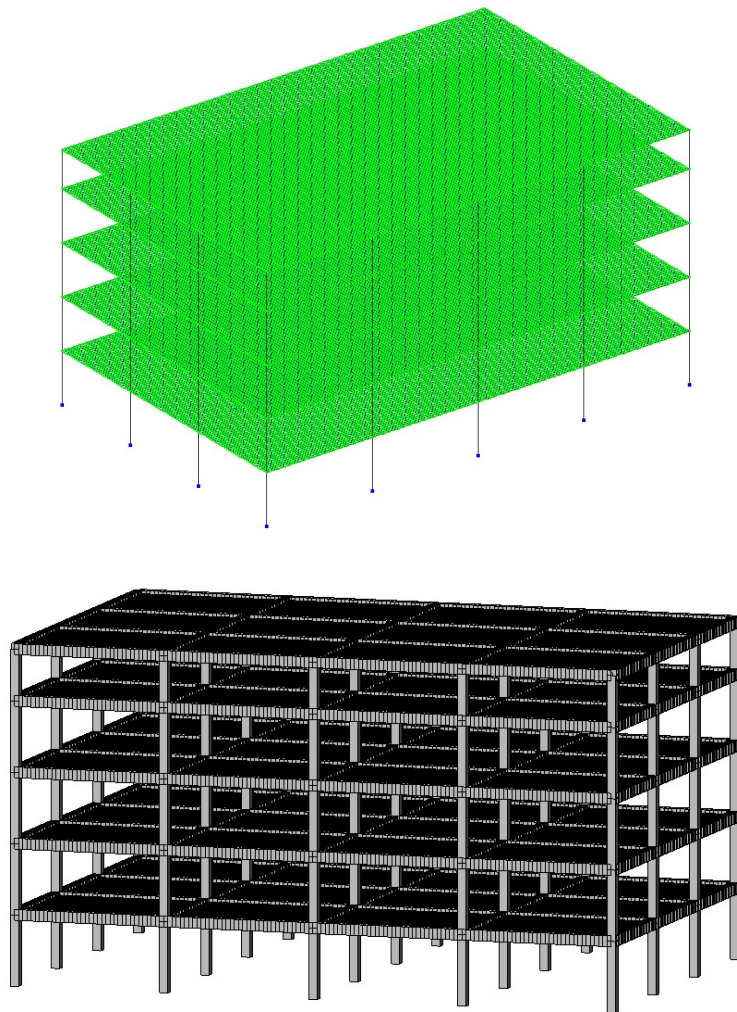


Рис. 2.8. СЕ модель та просторова модель каркасу будівлі

При розрахунку моделі каркасу будівлі отримані зусилля в елементах перекриття – плитах та балках, також оцінювалась жорсткість перекриття за величиною максимального прогину.

Загальний вигляд моделі каркасу з мозаїкою зусиль (згинальних моментів) в плитах перекриття та деформована схема моделі наведені на рис. 2.9.

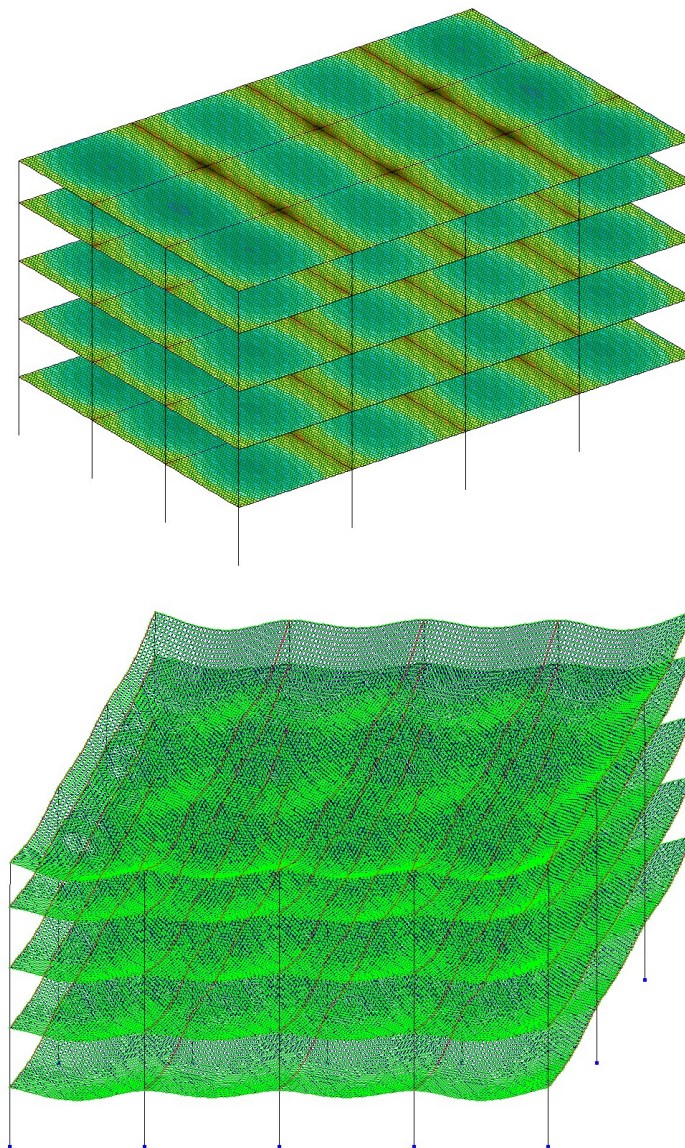


Рис. 2.9. Мозаїка зусиль (згинальних моментів) в плитах перекриття та деформована схема моделі

Результати оцінки жорсткості перекриття за величиною максимального прогину наведені в табл. 2.3.2.

Таблиця 2.3.2

Максимальні прогини плит перекриттів

Варіант розрахунку		Максимальний прогин, мм	Гранично допустимий прогин, мм
Характеристика конструкції	Товщина плити, мм		
Плита суцільного перерізу	200	9,71	30
Плита з пустотоутворювачами	200	8,88	
	250	8,16	
	300	7,44	

Результати визначення згинальних моментів в плитах перекриття каркасу будівлі наведені в табл. 2.3.3.

Результати визначення зусиль в балках перекриття каркасу будівлі наведені в табл. 2.3.4, 2.3.5.

Таблиця 2.3.3

Згинальні моменти в плитах перекриття каркасу будівлі

Варіант розрахунку		Згинальні моменти в плитах, кНм/мп			
Характеристика конструкції	Товщина плити, мм	М _x (вздовж букв. осей)		М _y (вздовж цифр. осей)	
		прол.	опорн.	прол.	опорн.
Плита суцільного перерізу	200	+17,2	-26,6	+15,6	-22,4
Плита з пустотоутворювачами	200	+14,9	-22,5	+13,8	-18,9
	250	+20	-35,8	+16,8	-30,9
	300	+24,3	-47,6	+19,4	-41,8

Таблиця 2.3.4

Згинальні моменти в балках перекриття каркасу будівлі

Варіант розрахунку		Згинальні моменти в балках прольотом, кНм			
Характеристика конструкції	Товщина плити, мм	7,2 м (вздовж букв. осей)		6,35 м (вздовж цифр. осей)	
		прол.	опорн.	прол.	опорн.
Плита суцільного перерізу	200	92,8	154,63	77,2	123,4
Плита з пустотоутворювачами	200	85,6	141,8	70,9	109,6
	250	73,5	131,4	62,7	113,6
	300	59,6	123,8	51,9	109,3

Таблиця 2.3.5

Поперечні сили в балках перекриття каркасу будівлі

Варіант розрахунку		Максимальні поперечні сили, кН в балках прольотом	
Характеристика конструкції	Товщина плити, мм	7,2 м	6,35 м
Плита суцільного перерізу	200	166	152,9
Плита з пустотоутворювачами	200	144	132,5
	250	179	164,6
	300	204,1	188,6

2.3.2 Розрахунок елементів перекриття каркасу громадської будівлі

Розрахунок армування плит перекриття

Площу перетину арматури обчислюємо по формулі:

$$A_s = \frac{Med}{fyd \cdot \eta \cdot h_0}$$

Де: Med – згинальний момент, що виникає в перетині;

fyd – розрахунковий опір арматури на розтягання;

h_0 – робоча висота перетину.

η - коефіцієнт, що залежить від α_m , що обчислюється по формулі:

$$\alpha_m = \frac{Med}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2}$$

Де: γ_{b2} – коефіцієнт умови роботи бетону;

f_{cd} – розрахунковий опір бетону на стиск;

b – ширина перетину;

А. Плити суцільного перерізу.

Нижня (пролітна) арматура плити:

- вздовж буквенних осей

$$\alpha_m = \frac{Med}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{1720}{0,9 \cdot 1,7 \cdot 100 \cdot 18^2} = 0,034 \Rightarrow \eta = 0,982$$

- вздовж цифрових осей осей

$$\alpha_m = \frac{Med}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{1560}{0,9 \cdot 1,7 \cdot 100 \cdot 18^2} = 0,031 \Rightarrow \eta = 0,984$$

Площа арматури нижніх (пролітних сіток)

- вздовж буквенних осей

$$A_s = \frac{1720}{36,5 \cdot 0,982 \cdot 18} = 2,67 \text{ см}^2$$

- вздовж цифрових осей

$$A_s = \frac{1560}{36,5 \cdot 0,984 \cdot 18} = 2,41 \text{ см}^2$$

Приймається сітка С1а $\frac{\emptyset 10 \text{ A400c}-200}{\emptyset 8 \text{ A400c}-200}$

Верхня (опорна) арматура плити:

- вздовж буквенних осей

$$\alpha_m = \frac{Med}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{2660}{0,9 \cdot 1,7 \cdot 100 \cdot 18^2} = 0,054 \Rightarrow \eta = 0,972$$

- вздовж цифрових осей осей

$$\alpha_m = \frac{Med}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{2240}{0,9 \cdot 1,7 \cdot 100 \cdot 18^2} = 0,045 \Rightarrow \eta = 0,977$$

Площа арматури верхніх (опорних сіток)

- вздовж буквенних осей

$$A_s = \frac{2660}{36,5 \cdot 0,972 \cdot 18} = 4,17 \text{ см}^2$$

- вздовж цифрових осей

$$A_s = \frac{2240}{36.5 \cdot 0.977 \cdot 18} = 3.49 \text{ см}^2$$

Приймається сітка С2а $\frac{\text{Ø12A400c-250}}{\text{Ø10A400c-200}}$

Б. Плити з пустотоутворювачами ($h=200$ мм)

Нижня (пролітна) арматура плити:

- вздовж буквенних осей

$$\alpha_m = \frac{Med}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{1490}{0.9 \cdot 1.7 \cdot 100 \cdot 18^2} = 0.03 \Rightarrow \eta = 0.985$$

- вздовж цифрових осей осей

$$\alpha_m = \frac{Med}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{1380}{0.9 \cdot 1.7 \cdot 100 \cdot 18^2} = 0.028 \Rightarrow \eta = 0.986$$

Площа арматури нижніх (пролітних сіток)

- вздовж буквенних осей

$$A_s = \frac{1490}{36.5 \cdot 0.985 \cdot 18} = 2.3 \text{ см}^2$$

- вздовж цифрових осей

$$A_s = \frac{1380}{36.5 \cdot 0.986 \cdot 18} = 2.13 \text{ см}^2$$

Приймається сітка С16 $\frac{\text{Ø8A400c-200}}{\text{Ø8A400c-200}}$

Верхня (опорна) арматура плити:

- вздовж буквенних осей

$$\alpha_m = \frac{Med}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{2250}{0.9 \cdot 1.7 \cdot 100 \cdot 18^2} = 0.045 \Rightarrow \eta = 0.972$$

- вздовж цифрових осей осей

$$\alpha_m = \frac{Med}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{1890}{0.9 \cdot 1.7 \cdot 100 \cdot 18^2} = 0.038 \Rightarrow \eta = 0.979$$

Площа арматури верхніх (опорних сіток)

- вздовж буквенних осей

$$A_s = \frac{2250}{36.5 \cdot 0.972 \cdot 18} = 3.52 \text{ см}^2$$

- вздовж цифрових осей

$$A_s = \frac{1890}{36.5 \cdot 0.979 \cdot 18} = 2.94 \text{ см}^2$$

Приймається сітка С26 $\frac{\text{Ø10A400c-200}}{\text{Ø10A400c-250}}$

В. Плити з пустотоутворювачами ($h=250$ мм)

Нижня (пролітна) арматура плити:

- вздовж буквенних осей

$$\alpha_m = \frac{Med}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{2000}{0.9 \cdot 1.7 \cdot 100 \cdot 23^2} = 0.025 \Rightarrow \eta = 0.987$$

- вздовж цифрових осей осей

$$\alpha_m = \frac{Med}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{1680}{0.9 \cdot 1.7 \cdot 100 \cdot 23^2} = 0.021 \Rightarrow \eta = 0.989$$

Площа арматури нижніх (пролітних сіток)

- вздовж буквенних осей

$$A_s = \frac{2000}{36.5 \cdot 0.987 \cdot 23} = 2.41 \text{ см}^2$$

- вздовж цифрових осей

$$A_s = \frac{1680}{36.5 \cdot 0.989 \cdot 23} = 2.02 \text{ см}^2$$

Приймається сітка С1в $\frac{\text{Ø8A400c-200}}{\text{Ø8A400c-200}}$

Верхня (опорна) арматура плити:

- вздовж буквенних осей

$$\alpha_m = \frac{Med}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{3580}{0.9 \cdot 1.7 \cdot 100 \cdot 23^2} = 0.044 \Rightarrow \eta = 0.977$$

- вздовж цифрових осей осей

$$\alpha_m = \frac{Med}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{3090}{0.9 \cdot 1.7 \cdot 100 \cdot 23^2} = 0.038 \Rightarrow \eta = 0.979$$

Площа арматури верхніх (опорних сіток)

- вздовж буквенних осей

$$A_s = \frac{3580}{36.5 \cdot 0.977 \cdot 23} = 4.37 \text{ см}^2$$

- вздовж цифрових осей

$$A_s = \frac{3090}{36.5 \cdot 0.979 \cdot 23} = 3.76 \text{ см}^2$$

Приймається сітка С2В $\frac{\text{Ø12A400с-250}}{\text{Ø10A400с-200}}$

Г. Плити з пустотоутворювачами ($h=300$ мм)

Нижня (пролітна) арматура плити:

- вздовж буквенних осей

$$\alpha_m = \frac{M_{ed}}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{2430}{0.9 \cdot 1.7 \cdot 100 \cdot 28^2} = 0.02 \Rightarrow \eta = 0.99$$

- вздовж цифрових осей осей

$$\alpha_m = \frac{M_{ed}}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{1940}{0.9 \cdot 1.7 \cdot 100 \cdot 28^2} = 0.016 \Rightarrow \eta = 0.9992$$

Площа арматури нижніх (пролітних сіток)

- вздовж буквених осей

$$A_s = \frac{2430}{36.5 \cdot 0.99 \cdot 28} = 2.4 \text{ см}^2$$

- вздовж цифрових осей

$$A_s = \frac{1940}{36.5 \cdot 0.992 \cdot 28} = 2.14 \text{ см}^2$$

Приймається сітка С1Г $\frac{\text{Ø8A400с-200}}{\text{Ø8A400с-200}}$

Верхня (опорна) арматура плити:

- вздовж буквенних осей

$$\alpha_m = \frac{M_{ed}}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{4760}{0.9 \cdot 1.7 \cdot 100 \cdot 28^2} = 0.04 \Rightarrow \eta = 0.98$$

- вздовж цифрових осей осей

$$\alpha_m = \frac{M_{ed}}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{4180}{0.9 \cdot 1.7 \cdot 100 \cdot 28^2} = 0.035 \Rightarrow \eta = 0.983$$

Площа арматури верхніх (опорних сіток)

- вздовж буквенних осей

$$A_s = \frac{4760}{36.5 \cdot 0.98 \cdot 28} = 4.75 \text{ см}^2$$

- вздовж цифрових осей

$$A_s = \frac{4180}{36.5 \cdot 0.983 \cdot 28} = 4.16 \text{ см}^2$$

Приймається сітка С2Г $\frac{\text{Ø12 A400с-200}}{\text{Ø12 A400с-250}}$

Розрахунок армування балок

А. Варіант розрахунку: перекриття з плитами суцільного перерізу.

Балки прольотом 7.2 м (вздовж буквених осей).

Нижня (пролітна) арматура

$$\alpha_m = \frac{M_{ed}}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{9280}{0.9 \cdot 1.7 \cdot 40 \cdot 46^2} = 0.072 \Rightarrow \eta = 0.962$$

Площа нижньої (пролітної) арматури балок

$$A_s = \frac{9280}{36.5 \cdot 0.962 \cdot 46} = 5.75 \text{ см}^2$$

Приймається 3Ø16 A400с.

Верхня (опорна) арматура

$$\alpha_m = \frac{M_{ed}}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{15463}{0.9 \cdot 1.7 \cdot 40 \cdot 46^2} = 0.12 \Rightarrow \eta = 0.935$$

Площа нижньої (пролітної) арматури балок

$$A_s = \frac{15463}{36.5 \cdot 0.935 \cdot 46} = 9.85 \text{ см}^2$$

Приймається 3Ø20 A400с.

Балки прольотом 6,35 м (вздовж цифрових осей).

Нижня (пролітна) арматура

$$\alpha_m = \frac{M_{ed}}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{7720}{0.9 \cdot 1.7 \cdot 40 \cdot 46^2} = 0.06 \Rightarrow \eta = 0.969$$

Площа нижньої (пролітної) арматури балок

$$A_s = \frac{7720}{36.5 \cdot 0.969 \cdot 46} = 4.75 \text{ см}^2$$

Приймається 3Ø14 A400с.

Верхня (опорна) арматура

$$\alpha_m = \frac{M_{ed}}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{12340}{0.9 \cdot 1.7 \cdot 40 \cdot 46^2} = 0.095 \Rightarrow \eta = 0.95$$

Площа нижньої (пролітної) арматури балок

$$A_s = \frac{12340}{36.5 \cdot 0.95 \cdot 46} = 7.74 \text{ см}^2$$

Приймається 3Ø18 A400с.

Б. Варіант розрахунку: перекриття з плитами з пустотоутворювачами
h=200 мм.

Балки прольотом 7.2 м (вздовж буквених осей).

Нижня (пролітна) арматура

$$\alpha_m = \frac{M_{ed}}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{8560}{0,9 \cdot 1,7 \cdot 40 \cdot 46^2} = 0,066 \Rightarrow \eta = 0,966$$

Площа нижньої (пролітної) арматури балок

$$A_s = \frac{8560}{36,5 \cdot 0,966 \cdot 46} = 5,28 \text{ см}^2$$

Приймається 3Ø16 A400с.

Верхня (опорна) арматура

$$\alpha_m = \frac{M_{ed}}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{14180}{0,9 \cdot 1,7 \cdot 40 \cdot 46^2} = 0,11 \Rightarrow \eta = 0,941$$

Площа нижньої (пролітної) арматури балок

$$A_s = \frac{14180}{36,5 \cdot 0,941 \cdot 46} = 8,98 \text{ см}^2$$

Приймається 3Ø20 A400с.

Балки прольотом 6,35 м (вздовж цифрових осей).

Нижня (пролітна) арматура

$$\alpha_m = \frac{M_{ed}}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{7090}{0,9 \cdot 1,7 \cdot 40 \cdot 46^2} = 0,055 \Rightarrow \eta = 0,972$$

Площа нижньої (пролітної) арматури балок

$$A_s = \frac{7090}{36,5 \cdot 0,972 \cdot 46} = 4,34 \text{ см}^2$$

Приймається 3Ø14 A400с.

Верхня (опорна) арматура

$$\alpha_m = \frac{M_{ed}}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{10960}{0,9 \cdot 1,7 \cdot 40 \cdot 46^2} = 0,085 \Rightarrow \eta = 0,955$$

Площа нижньої (пролітної) арматури балок

$$A_s = \frac{10960}{36,5 \cdot 0,955 \cdot 46} = 6,84 \text{ см}^2$$

Приймається 3Ø18 A400с.

В. Варіант розрахунку: перекриття з плитами з пустотоутворювачами
h=250 мм.

Балки прольотом 7.2 м (вздовж буквених осей).

Нижня (пролітна) арматура

$$\alpha_m = \frac{M_{ed}}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{7350}{0,9 \cdot 1,7 \cdot 40 \cdot 46^2} = 0,057 \Rightarrow \eta = 0,97$$

Площа нижньої (пролітної) арматури балок

$$A_s = \frac{7350}{36,5 \cdot 0,97 \cdot 46} = 4,51 \text{ см}^2$$

Приймається 3Ø14 А400с.

Верхня (опорна) арматура

$$\alpha_m = \frac{M_{ed}}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{13140}{0,9 \cdot 1,7 \cdot 40 \cdot 46^2} = 0,102 \Rightarrow \eta = 0,946$$

Площа нижньої (пролітної) арматури балок

$$A_s = \frac{13140}{36,5 \cdot 0,946 \cdot 46} = 8,27 \text{ см}^2$$

Приймається 3Ø20 А400с.

Балки прольотом 6,35 м (вздовж цифрових осей).

Нижня (пролітна) арматура

$$\alpha_m = \frac{M_{ed}}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{6270}{0,9 \cdot 1,7 \cdot 40 \cdot 46^2} = 0,048 \Rightarrow \eta = 0,975$$

Площа нижньої (пролітної) арматури балок

$$A_s = \frac{6270}{36,5 \cdot 0,975 \cdot 46} = 3,83 \text{ см}^2$$

Приймається 3Ø14 А400с.

Верхня (опорна) арматура

$$\alpha_m = \frac{M_{ed}}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{11360}{0,9 \cdot 1,7 \cdot 40 \cdot 46^2} = 0,088 \Rightarrow \eta = 0,954$$

Площа нижньої (пролітної) арматури балок

$$A_s = \frac{11360}{36,5 \cdot 0,954 \cdot 46} = 7,09 \text{ см}^2$$

Приймається 3Ø18 А400с.

Г. Варіант розрахунку: перекриття з плитами з пустотоутворювачами
h=300 мм.

Балки прольотом 7.2 м (вздовж буквених осей).

Нижня (пролітна) арматура

$$\alpha_m = \frac{Med}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{5960}{0,9 \cdot 1,7 \cdot 40 \cdot 46^2} = 0,046 \Rightarrow \eta = 0,976$$

Площа нижньої (пролітної) арматури балок

$$A_s = \frac{5960}{36,5 \cdot 0,976 \cdot 46} = 3,64 \text{ см}^2$$

Приймається 3Ø14 А400с.

Верхня (опорна) арматура

$$\alpha_m = \frac{Med}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{12380}{0,9 \cdot 1,7 \cdot 40 \cdot 46^2} = 0,096 \Rightarrow \eta = 0,95$$

Площа нижньої (пролітної) арматури балок

$$A_s = \frac{12380}{36,5 \cdot 0,95 \cdot 46} = 7,76 \text{ см}^2$$

Приймається 3Ø18 А400с.

Балки прольотом 6,35 м (вздовж цифрових осей).

Нижня (пролітна) арматура

$$\alpha_m = \frac{Med}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{5190}{0,9 \cdot 1,7 \cdot 40 \cdot 46^2} = 0,097 \Rightarrow \eta = 0,95$$

Площа нижньої (пролітної) арматури балок

$$A_s = \frac{5190}{36,5 \cdot 0,95 \cdot 46} = 3,25 \text{ см}^2$$

Приймається 3Ø12 А400с.

Верхня (опорна) арматура

$$\alpha_m = \frac{Med}{\gamma_{b2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d_0^2} = \frac{10930}{0,9 \cdot 1,7 \cdot 40 \cdot 46^2} = 0,084 \Rightarrow \eta = 0,954$$

Площа нижньої (пролітної) арматури балок

$$A_s = \frac{10930}{36,5 \cdot 0,954 \cdot 46} = 6,82 \text{ см}^2$$

Приймається 3Ø18 А400с.

Результати розрахунків площі перерізу поздовжньої робочої арматури плит та балок перекриттів та прийняте армування зведені в табл. 2.3.5, 2.3.6.

Таблиця 2.3.5

Розрахункова площа перерізу поздовжньої робочої арматури плит
перекриття та прийняте армування

Варіант розрахунку		Армування плити вздовж букв. осей см ²		Армування плити вздовж цифр. осей см ²	
Характеристика конструкції	Товщина плити, мм	прол.	опорн.	прол.	опорн.
Плита суцільного перерізу	200	2,67 (Ø10-200)	4,17 (Ø12-250)	2,41 (Ø8-200)	3,49 (Ø10-200)
Плита з пустото- утворювачам и	200	2,3 (Ø8-200)	3,52 (Ø10-200)	2,13 (Ø8-200)	2,94 (Ø10-250)
	250	2,41 (Ø8-200)	4,37 (Ø12-250)	2,02 (Ø8-200)	3,76 (Ø10-200)
	300	2,4 (Ø8-200)	4,75 (Ø12-200)	2,14 (Ø8-200)	4,16 (Ø12-250)

Таблиця 2.3.6

Розрахункова площа перерізу поздовжньої робочої арматури балок
перекриття та прийняте армування

Варіант розрахунку		Армування балок прольотом 7.2 м (вздовж букв. осей) см ²		Армування балок прольотом 6.35 м (вздовж цифр. осей) см ²	
Характеристика конструкції	Товщина плити, мм	прол.	опорн.	прол.	опорн.
Плита суцільного перерізу	200	5,75 (3Ø16)	9,85 (3Ø20)	4,75 (3Ø14)	7,74 (3Ø18)
Плита з пустото- утворювачам и	200	5,28 (3Ø16)	8,98 (3Ø20)	4,34 (3Ø14)	6,84 (3Ø18)
	250	4,51 (3Ø14)	8,27 (3Ø20)	3,83 (3Ø14)	7,09 (3Ø18)
	300	3,64 (3Ø14)	7,76 (3Ø18)	3,25 (3Ø12)	6,82 (3Ø18)

2.4. ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО РІШЕННЯ

2.4.1. Оцінка показників вартості перекриття

Для оцінки вартості певного рішення конструкції перекриття використовується умовна вартість, яка включає вартість основних матеріалів поздовжньої робочої розтягнутої арматури, вартість бетону та його укладання, вартість пустотоутворювачів.

Не розглянутий вплив на вартість перекриття деякого збільшення трудомісткості при вкладанні пустотоутворювачів. Для різних типів пустотоутворювачів та ступеня їх заводської готовності величин трудоемності може змінюватись.

Тому, оцінка показників вартості перекриття виконана за такими складовими:

- витрата та вартість бетону на одиницю площі перекриття;
- витрата та вартість арматури на одиницю площі перекриття;
- витрата та вартість пустотоутворювачів на одиницю площі перекриття.

Для розрахунку прийняті наступні значення вартості складових:

- вартість арматури: 18000 грн / т;
- вартість бетону з укладанням: 1500 грн / м³;
- вартість пінополістиролу: 600 грн / м³.

Умовна вартість перекриття приводилась до одиниці площі перекриття.

Результати визначення умовної вартості 1 м² перекриття громадської будівлі для розглянутих в роботі конструктивно-технологічних рішень наведені в табл. 2.4.1.

Таблиця 2.4.1

Питома умовна вартість влаштування 1м² плити перекриття

Варіант розрахунку		Бетон		Арматура		Пустотоутворювач		Вартість матеріалів, грн/м ²
Характеристика конструкції	Товщина плити, мм	Витрата м ³ /м ²	Вартість грн/м ²	Витрата кг/м ²	Вартість грн/м ²	Витрата кг/м ²	Вартість грн/м ²	
Плита суцільного перерізу	200	0,2	300	11,71	210,8	-	-	510,8
Плита з пустотоутворювачами	200	0,16	240	9,52	171,4	0,048	28,8	440,2
	250	0,176	264	10,6	190,8	0,074	44,4	499,2
	300	0,2	300	11,95	215,1	0,101	60,6	575,7

2.4.2. Вибір раціонального конструктивно-технологічного рішення

Необхідність дотримання конструктивних вимог до влаштування полиць плити зверху та знизу пустотоутворювачів, влаштування ребер знижує ефективність використання пустотоутворювачів (зменшення власної ваги) для перекриття невеликої товщини (в роботі – 200 мм). При збільшенні необхідної висоти перекриття ефективність застосування пустотоутворювачів зростає (рис. 2.10).

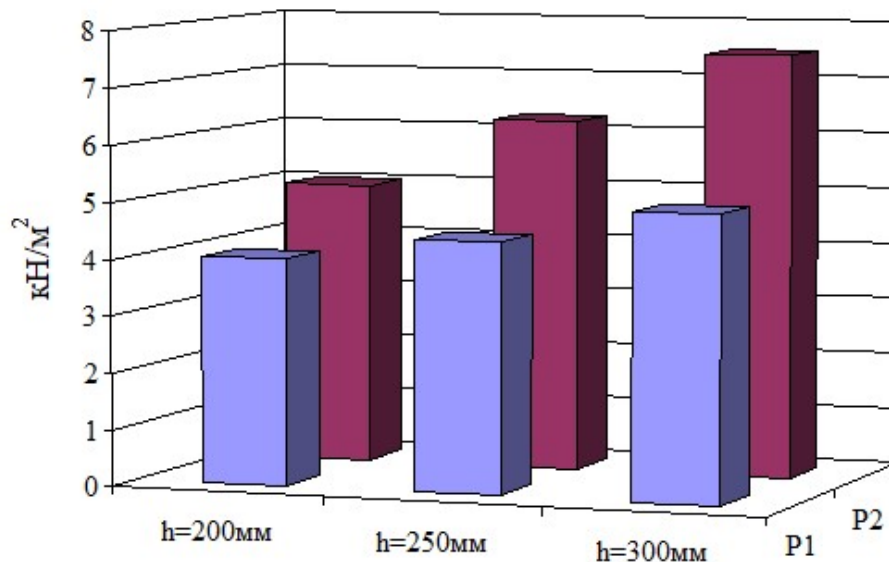


Рис. 2.10. Порівняння власної ваги 1м² перекриття плит суцільного перерізу та з пустотоутворювачами

Плити з пустотоутворювачами раціонально застосовувати в тих випадках, де для забезпечення необхідної міцності та жорсткості конструкції необхідно збільшувати її висоту (великі навантаження, великі прольоти).

В іншому разі економія матеріалів буде незначною, а загальна вартість виконання конструкції плити перекриття буде більшою за рахунок вартості пустотоутворювачів та вищої трудоемкості робіт при їх вкладанні та фіксації.

Значне зменшення матеріалоємності перекриттів могло б бути отримане при порівнянні плит з пустотоутворювачами з плитами суцільного перерізу висотою 250 та 300 мм, але для розроблюваного проекту такі рішення є недоцільними.

Для елементів каркасу – плит перекриття запроектованої громадської будівлі з невеликими значеннями корисного навантаження (2кПа) та середньою величиною прольотів висота перекриття h=200 мм є достатньою для забезпечення міцності та жорсткості.

За отриманими значеннями питомої умовної вартості влаштування 1м^2 плити перекриття (табл. 2.4.1) зниження вартості каркасу можна отримати виконанням плит перекриття $h=200$ мм з пустотоутворювачами.

Враховуючи незначну різницю вартості, яка ще зменшиться при збільшенні трудомісткості, ускладнення технологічного процесу та контролю якості виконання робіт, для розробленої громадської будівлі, ефективність застосування перекриттів з пустотоутворювачами є неочевидною.

Більший ефект міг бути отриманий при загальній оцінці впливу зменшення маси перекриттів на матеріалоємність колон каркасу та фундаментів. Але це питання потребує додаткового розгляду.

2.5. ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 2

За результатами проведеного порівняння варіантів конструктивно-технологічного рішення елементів каркасу громадської будівлі, зокрема плит перекриттів, можна зробити наступний висновок.

За отриманими значеннями, зниження вартості каркасу можна отримати виконанням плит перекриття товщиною 200 мм з пустотоутворювачами. Але, враховуючи незначну різницю вартості, ускладнення технологічного процесу та контролю якості виконання робіт, для розробленої громадської будівлі, ефективність застосування перекриттів з пустотоутворювачами є неочевидною.

Таким чином, остаточне рішення може прийматись замовником будівництва з урахуванням додаткових чинників.

РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

3.1 ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ ПІД ЧАС ЗВЕДЕННЯ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ

Цей розділ розроблений згідно з НПАОП 45.2-7.02-12 Охорона праці і промислова безпека у будівництві [23].

Перелік робіт при зведенні будівлі

Зведення запроектованої громадської будівлі включає наступні види робіт:

- вантажно-розвантажувальні роботи на будівельному майданчику;
- земляні роботи;
- влаштування основ і фундаментів
- кам'яні роботи
- бетонні роботи
- опоряджувальні роботи, влаштування теплоізолювальних фасадних систем
- покрівельні роботи.

Далі, більш детально, розглядаються вимоги безпеки праці під час виконання кам'яних та бетонних робіт.

Основні машини, механізми, устаткування та інструмент, що використовуються для кам'яних та бетонних робіт

- інструменти, які використовуються при виконанні кам'яної кладки: комбінована кельма, кувалда, трамбовка, молоток-кирочка, розшивка;
- інструменти та обладнання для операцій з вимірювання: рулетка, сталевий метр, шнур-причалка, гнучкий водяний рівень, будівельний рівень, правило, висок.
- вантажопідіймальні крани та вантажні підйомники згідно з НПАОП 0.00-1.80-18 для подавання будівельних матеріалів та виробів;
- бункери або бетононасоси для подачі бетонної суміші;
- електровібратори - для ущільнення бетонної суміші;
- інвентарні засоби підмоцнування та риштування для зміни рівня робочого місця мулярів.

Експлуатація вантажопідіймальних кранів та вантажних підйомників повинна здійснюватись у відповідності з НПАОП 0.00-1.80-18 «Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання» [22].

Вантажно-розвантажувальні роботи, знімні вантажозахоплюючі пристрої, стропи і тара, призначені для подавання бетонної суміші

вантажопідіймальними кранами, повинні відповідати вимогам НПАОП 0.00-1.80-18.

3.1.1. Вимоги безпеки праці під час виконання кам'яних робіт

Згідно НПАОП 45.2-7.02-12 [23] під час виконання кам'яних робіт при зведенні будівлі, що проектується, на робітників можуть впливати наступні шкідливі і небезпечні виробничі фактори:

- розташування робочого місця на значній висоті щодо поверхні землі;
- спонтанне обвалення елементів цегляної кладки;
- машини, що рухаються, їх робочі органи; конструкції і матеріали, що ними переміщуються;
- недостатня штучна освітленість робочої зони під час виконання робіт у темний період доби;
- несприятливі метеорологічні умови [23].

Згідно НПАОП 45.2-7.02-12 [23] до виконання кам'яних робіт встановлюються наступні вимоги безпеки праці:

За наявності зазначених шкідливих і небезпечних виробничих факторів безпека працюючих повинна забезпечуватися відповідно до проектно-технологічної документації (ПОБ та ПВР), а також такими заходами:

- раціональною організацією робочих місць мулярів із використанням засобів підмоцнування, контейнеризації, оптимального розташування матеріалів, тари, вантажозахоплювальних пристроїв;
- визначенням безпечної послідовності виконання робіт;
- визначенням місць установа і типів засобів захисту людей і предметів від падіння з висоти.

Зведення стін (цегляна кладка) кожного вищого поверху багатоповерхового будинку необхідно здійснювати після монтажу конструкцій міжповерхового перекриття, площадок і маршів у сходових клітках.

Під час зведення стін висотою більше ніж 7 м необхідно застосовувати захисні козирки або сітчасту огорожу по периметру будинків, що повинні задовольняти таким вимогам:

- ширина захисних козирків або сітчастих огорож повинна бути не менше ніж 1,5 м з ухилом до стіни так, щоб кут, утворений між нижньою частиною стіни будинку і поверхнею козирка, був 110° , а зазор між стіною будинку і площиною козирка не перевищував 50 мм;

- захисні козирки та сітчасті огорожі повинні витримувати снігове навантаження, визначене для даного кліматичного району, і зосереджене навантаження не менше 1600 Н (160 кгс), при-кладене в середині прогону;

- перший ряд захисних козирків повинен бути встановлений на висоті до 6 м від землі, мати суцільний настил і зберігатися до закінчення зведення стін на всю висоту.

Другий ряд захисних козирків необхідно встановлювати на висоті 6 м - 7 м над першим рядом і в процесі подальшого зведення стіни він повинен переставлятися через кожних 6 м - 7 м та мати суцільний або сітчастий настил з розміром отворів (чарунок) не більше ніж (50 x 50) мм.

Працівники, які зайняті на встановленні, очищенні або зніманні захисних козирків, повинні працювати в запобіжних поясах. Ходити по козирках, використовувати їх в якості риштувань, а також складати на них матеріали забороняється.

Зведення стін необхідно виконувати з міжповерхових перекриттів або риштувань. Конструкція риштувань повинна відповідати допустимим навантаженням відповідно до зазначених у ПВР.

Виконувати цегляне мурування з випадкових риштувань заборонено.

Висота кожного робочого ярусу кладки визначається з таким розрахунком, щоб рівень кладки після кожного перемощування засобів підмоцнування був не менше ніж на два ряди кладки вище від рівня нового робочого настилу.

Зведення стін нижче та на рівні перекриття, що улаштовано зі збірних залізобетонних плит, необхідно виконувати з риштувань, що установлені на нижчому поверсі.

Заборонено монтувати плити перекриття без попередньо викладеного з цегли борту на два рядки вище плит, що укладаються.

Під час зведення стін будинків на висоту до 0,7 м від робочого настилу, а також під час робіт на висоті необхідно застосовувати зазначені в ПВР засоби колективного захисту (огорожувальні, уловлювальні пристрої) або запобіжні пояси. Не допускається зведення зовнішніх стін товщиною до 0,75 м, стоячи на стіні без використання засобів індивідуального захисту.

Під час грози, снігопаду, туману, які значно погіршують видимість у межах фронту робіт, або за швидкості вітру 15 м/с і більше виконувати цегляне мурування зовнішніх стін багатоповерхових будинків і споруд забороняється.

Для транспортування вантажопідіймальними кранами штучних матеріалів - цегли, керамічних каменів, дрібних блоків - необхідно застосовувати інвентарні піддони, контейнери, вантажозахоплювальні пристрої, які

унеможлижують падіння цих елементів під час піднімання, розпакування, вибирання для роботи.

Над місцем завантаження підйомника повинен бути установлений на висоті 2,5 м - 5 м захисний подвійний настил із дощок завтовшки не менше ніж 40 мм [23].

3.1.2. Вимоги безпеки праці під час виконання бетонних робіт

Згідно НПАОП 45.2-7.02-12 [23] під час виконання бетонних робіт (приготування, подавання, укладання і догляд за бетоном, заготовлення, монтаж арматури, а також монтаж та демонтаж опалубки) при зведенні будівлі, що проектується, на робітників можуть впливати наступні шкідливі і небезпечні виробничі фактори:

- розташування робочих місць поблизу перепаду по висоті до 1,3 м і більше;
- машини, що рухаються, та предмети, що ними переміщуються;
- обвалення елементів будівельних конструкцій і опалубки;
- підвищена температура арматури (під час виконання робіт із попереднього термонапруження арматури);
- шум і вібрація, недостатня освітленість робочого місця;
- несприятливі метеорологічні умови;
- підвищена напруга в електричному колі, замикання якого може відбутися через тіло людини [23].

Згідно НПАОП 45.2-7.02-12 [23] до виконання бетонних робіт встановлюються наступні вимоги безпеки праці [23]:

За наявності небезпечних і шкідливих виробничих факторів, безпека виконання бетонних робіт повинна бути забезпечена відповідно до вимог проектно-технологічної документації (ПОБ, ПВР тощо), потрібно визначити:

- небезпечні зони та засоби їх позначення (огорожі);
- безпечні засоби механізації для приготування, транспортування, подавання та укладання бетону;
- несучу здатність, міцність та стійкість опалубки, послідовність її монтажу та демонтажу;
- послідовність монтажу арматури;
- заходи та засоби забезпечення безпеки робочих місць на висоті;
- заходи та засоби безпеки праці під час догляду за бетоном у теплу та холодну пори року.

Під час бетонування перекриттів опалубку необхідно огородити вздовж всього периметру. Всі отвори в робочій підлозі опалубки повинні бути закриті щитами. Якщо необхідно, щоб отвори були постійно відкритими, вони повинні бути закриті ґратами.

Місця розташування опор стояків опалубки перекриттів повинні бути огорожені та позначені заборонними знаками безпеки з пояснювальними написами. Вхід (прохід) під час виконання бетонних робіт в (через) цю зону заборонено.

Перед монтажем збірної опалубки стін, колон, пілонів, що розташовані на краю перекриття, ригелів, склепінь у випадках, коли монтажник під час виконання робіт перебуває не на робочій підлозі опалубки, повинні бути улаштовані робочі настили завширшки не менше ніж 0,8 м із захисними суцільними огорожами, конструкція яких повинна бути розрахована на можливі технологічні навантаження і бути визначена у ПВР.

Заготівлю та складання укрупнених арматурних каркасів необхідно виконувати у спеціально призначених для цього місцях.

Під час застосування бетонних сумішей з хімічними добавками необхідно використовувати захисні рукавички й окуляри.

Перед початком бетонних робіт керівник зобов'язаний перевірити стійкість, міцність, справність риштувань, конструкцій опалубки, огорож робочих горизонтів; справність тари, бункерів, бетононасосів, маніпуляторів; забезпечити працівників необхідними засобами індивідуального захисту.

Під час заготівлі арматури необхідно:

- огорожувати місця, призначені для розмотування бухт (мотків) і виправлення арматури;
- під час різання верстатами стрижнів арматури на відрізки довжиною менше ніж 30 см застосовувати пристрої, що запобігають їх розлітання;
- огорожувати робоче місце під час обробки стрижнів арматури, що виступають за габарити верстака, а у разі використання двобічних верстаків, крім цього, розділяти верстак посередині поздовжньою металевою запобіжною сіткою висотою не менше ніж 1 м;
- складати заготовлену арматуру в спеціально відведені для цього місця;
- закривати щитами торцеві частини стрижнів арматури в місцях загальних проходів, які повинні бути завширшки не менше ніж 1,0 м.

Стропування арматурних стрижнів або каркасів під час переміщення їх вантажопідіймальними кранами повинні здійснювати стропальники.

Складати арматурні каркаси вертикальних конструкцій (колон, стінової огорожі тощо) необхідно з робочих настилів шириною не менше ніж 0,8 м, що мають захисну огорожу.

Відстань між настилами по висоті повинна бути не більше ніж 2,0 м.

Під час виконання робіт на висоті робоче місце арматурника повинно бути огорожено. Якщо неможливо встановити огорожу, а також якщо нахил робочої поверхні більше ніж 20° , працівники повинні користуватись запобіжними поясами і страхувальними канатами, місця закріплення яких визначаються у технологічних картах.

Доступ робітників на встановлені арматурні та арматурноопалубні блоки до повного їх закріплення забороняється.

Ходіння по укладеній арматурі допускається тільки по спеціальних настилах завширшки не менше ніж 0,6 м, закріплених на арматурному каркасі.

Арматурні випуски з плит за їх висоти над рівнем бетону до 1,0 м повинні бути захищені (наприклад, гофрованою пластмасовою трубкою).

Установлення підкладок чи фіксаторів захисного шару під виготовлені арматурні сітки необхідно виконувати з використанням подовжувачів.

Під час проектування технології будівництва монолітних, каркасно-монолітних будівель і споруд необхідно передбачати відставання зведення конструкцій сходових кліток не більше ніж на один поверх. Методи піднімання працівників на робочі горизонти повинні бути визначені в ПВР.

Опалубка для зведення вертикальних елементів будівель і споруд повинна бути жорстко закріплена на робочому горизонті. Опалубка повинна бути облаштована елементами (площадки, драбини тощо), використання яких забезпечує безпечне піднімання працівників на позначки робочих місць.

Методи захисту від падіння з висоти працівників, елементів опалубки під час її улаштування та розбирання повинні бути передбачені в технологічних картах на виконання бетонних робіт.

Переміщення завантаженого або порожнього бункера для бетону дозволяється тільки, якщо затвор зачинено.

Під час укладання бетону з бункера відстань між нижнім краєм бункера та раніше покладеним бетоном або поверхнею, на яку укладається бетон, повинна бути не більше ніж 1,0 м, якщо інші відстані не передбачені ПВР.

Подавання бетонної суміші за допомогою бетононасоса за відсутності надійної сигналізації між оператором і робітниками, які укладають бетон, забороняється.

Перед включенням бетононасоса повинна бути перевірена надійність роботи замкових з'єднань і ввімкнута сигналізація.

Розбирати опалубку з дозволу керівника робіт допускається після досягнення бетоном не менше 70 % міцності, що визначена проектною документацією конструкції.

Під час розбирання опалубки повинні бути вжиті заходи з унеможливлення випадкового падіння працюючих, елементів опалубки, обвалення підтримувальних риштувань і конструкцій.

Під час ущільнення бетонної суміші електровібраторами переміщувати їх необхідно за допомогою спеціальних тяг; під час перерв у роботі та під час переходу з одного місця на інше електровібратори повинні бути вимкнуті.

Експлуатація електрокабелю, що живить вібратор, з пошкодженою ізоляцією заборонена.

Під час електропрогрівання бетону, монтажу та приєднання електрообладнання до живильної мережі роботу повинні виконувати тільки електромонтери, які мають кваліфікаційну групу з електробезпеки не нижче III.

Місце електропрогрівання бетону повинно бути огорожене захисною огорожею, на якій встановлюються попереджувальні написи та сигнальні лампи червоного кольору (у разі виходу їх з ладу (перегоряння) повинно відбуватися автоматичне відключення напруги на прогрівальній ділянці).

Зона електропрогрівання бетону повинна знаходитися під цілодобовим наглядом електромонтерів, які виконують монтаж електромережі.

Перебування працівників і виконання робіт на цих ділянках не допускається за винятком робіт, що виконуються за нарядом-допуском.

Вимірювати температуру прогрівання бетону дозволяється лише при повному знятті напруги або при напрузі не більше ніж 25 В.

Відкрита (не забетонована) арматура залізобетонних конструкцій, що пов'язана з ділянкою, яка знаходиться під електропрогріванням, підлягає заземленню.

Після кожного переміщення електрообладнання, що застосовувалось під час прогрівання бетону, на нове місце необхідно візуально проконтролювати стан мережі живлення та інструментально виміряти опір ізоляції.

Забороняється виконання бетонних робіт з риштувань, площадок тощо під час грози, ожеледі, туману і за швидкості вітру 12 м/с і більше.

Системна опалубка, що використовується (придбана або орендована) будівельною організацією, повинна експлуатуватися відповідно до інструкції з експлуатації організації-виробника опалубки. Інструкція повинна бути

адаптована до умов праці організації-користувача. Без інструкції з експлуатації виробника опалубки її використання заборонено.

Основа, на якій устанавлюється системна опалубка, або елементи, що її підтримують, не повинні деформуватись під дією технологічних навантажень і факторів, що виникають під час експлуатації опалубки.

Установлення елементів системної опалубки виконується організацією, що експлуатує цю опалубку, або організацією, що здає її в оренду.

До виконання робіт з монтажу (демонтажу) системної опалубки допускаються працівники, що мають відповідну до Єдиного класифікатора технічних спеціальностей (ЄКТС) професійну підготовку, пройшли спеціальне навчання та отримали відповідні інструктажі з безпеки праці.

Системну опалубку необхідно встановлювати відповідно до технологічних карт зведення залізобетонних конструкцій.

Розкладання несучих та формувальних елементів горизонтальної опалубки необхідно здійснювати з перекриття поверху, розташованого нижче, за допомогою спеціальних пристосувань та засобів підмоцнення. Розкладання елементів горизонтальної опалубки необхідно виконувати із застосуванням засобів індивідуального захисту - поясів та страхувальних канатів. Можливість вільного руху працівників та/або в разі втрати працівником стійкості його переміщення у просторі не повинно бути нижче рівня робочого горизонту.

Для встановлення та утримання щитів вертикальної опалубки необхідно застосовувати відкоси, що передбачені інструкцією з експлуатації опалубки. Забороняється використовувати випадкові відкоси або підтримувальні стояки, що використовуються для горизонтальної опалубки.

Під час спорудження будівель і споруд каркасно-монолітним методом із використанням дрібноштучної (системної) опалубки робочі горизонти повинні бути огорожені інвентарними захисними огорожами, що розміщуються по периметру горизонтальної опалубки та поверхів будівлі (споруди) (під час зведення будівель (споруд) висотою до 20 м (або до 7 поверхів).

Улаштування суцільних захисних огорожувальних систем необхідно робити перед установленням горизонтальної опалубки. Висота огорожі робочого горизонту, що утворюється вертикальними захисними системами, повинна бути для будівель:

- а) до 16 поверхів - не менше ніж 1,2 м;
- б) понад 16 поверхів - не менше ніж 1,8 м.

Вертикальні захисні огорожувальні системи повинні бути виготовлені відповідно до технічної документації, затвердженої у визначеному порядку.

За неможливості встановлення захисних огорожувальних систем через складні архітектурні форми будівлі, як виняток, допускається використання інших методів додаткового захисту від падіння з висоти працівників і предметів (захисні уловлювальні сітки, козирки тощо).

Відстань від конструкцій огорожувальних систем до опалубки перекриття повинна бути не більше ніж 50 мм.

Опалубка зовнішніх залізобетонних стін, колон, ригелів, пілонів, склепінь повинна бути установлена зі спеціальних навісних площадок або риштовань, що прикріплені до конструкцій попереднього поверху, які здатні витримати технологічні навантаження, що при цьому виникають.

Вертикальна опалубка повинна бути обладнана жорстко закріпленими площадками, огороженими з трьох боків, для перебування на них бетонярів, і драбиною для підймання працівників. Застосування збірних навісних площадок забороняється.

Опорні стояки, що використовуються для підтримування елементів системної опалубки, повинні бути без частин, що самовільно роз'єднуються.

Демонтаж системної опалубки необхідно виконувати після забезпечення надійної стійкості елементів опалубки для запобігання їх падінню під час демонтажу.

Після розбирання системної опалубки ушкоджені елементи опалубки необхідно вилючити з подальшого використання. Норми відбракування цих елементів повинні визначатись в інструкції з експлуатації опалубки.

Після зняття опалубки повинні бути встановлені захисні огорожі по периметру поверху, а також огорожі прорізів у перекриттях або настили на них, які зберігаються до улаштування постійних огорож відповідно до технічної документації. Прорізи шахт ліфтів, сходових кліток повинні бути накріплені щитами, розрахунок і конструкція яких зазначаються в ПВР.

Складають дрібні елементи системної опалубки в контейнерах і пакетах, що переміщуються по перекриттях у вантажних візках. Подавання елементів опалубки на наступний поверх у контейнерах і пакетах здійснюють з використанням виносних площадок.

Складають щити опалубки для вертикальних конструкцій або горизонтально на висоту не більше ніж 2,0 м, або в спеціальних касетах; під час складання на відкосах необхідно вжити заходів із запобігання перевертання щитів під дією вітру.

Встановлення вантажозахоплювальних пристосувань і з'єднувальних елементів щитів опалубки необхідно виконувати з риштовань або драбин.

Переміщення по щиту, що знаходиться у вертикальному положенні, заборонено.

Виконання електрозварювальних робіт на горизонтах, де встановлена опалубка, заборонено. Як виняток допускається виконання електрозварювання окремих стрижнів з додержанням правил виконання вогневих робіт [23].

3.2. ДІЇ ПРАЦІВНИКІВ В АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЯХ.

При зведенні монолітного залізобетонного каркасу громадської будівлі може виникнути ряд небезпечних ситуацій, які можуть призвести до травмування або загибелі працівників. Такі ситуації є аварійними, потребують розгляду причин виникнення та розробки правил поведінки працівників.

Аварійну ситуацію при будівництві запроектованої будівлі можна розглянути на прикладі втрати стійкості тимчасових стійок, що підтримують опалубку для бетонування елементів монолітного перекриття на стадії монтажу і до набору бетоном достатньої міцності.

Тимчасові стійки можуть втратити стійкість в наступних випадках:

- втрата опори стійкою,
 - помилки при встановленні стійок,
 - місцеве перевантаження змонтованих конструкцій перекриття будматеріалами;
 - пошкодження стійки рухомими частинами механізмів.
- Втрата стійкості тимчасової стійки може призвести до таких наслідків:
- обвалення змонтованих збірних елементів перекриття;
 - падіння працівників з висоти;
 - падіння предметів на працівників, які перебувають нижче і їх травмування;
 - пошкодження механізмів і конструкцій.

Правила поведінки в такій ситуації для працівників розрізняються.

Працівник, який виявив загрозу втрати стійкості тимчасових стійок, повинен негайно вжити заходів щодо запобігання аварійної ситуації - подати голосовий (гучний окрик, команда) і візуальний (махи руками) сигнал для попередження про небезпеку працівників, які перебувають у зоні ризику щодо необхідності негайної зупинки робіт.

У разі якщо такі дії мали позитивний результат, необхідно припинити подальше виконання робіт на ділянці, доповісти про те, що трапилося особі, відповідальній за безпечне ведення робіт і / або безпосередньому керівнику. До прибуття відповідальних осіб продовжувати роботу на аварійній ділянці

забороняється. Необхідно огородити небезпечну зону і вжити заходів для недопущення в цю зону інших працівників.

У разі травмування працівника (ів) необхідно надати постраждалим першу долікарську допомогу, викликати швидку медичну допомогу або організувати доставку потерпілого до медичного закладу. Необхідно повідомити керівника робіт про те, що трапилось, забезпечити до прибуття керівника робіт збереження обстановки на місці події, якщо це не загрожує життю і здоров'ю оточуючих і не може привести до аварії.

Процес втрати стійкості тимчасових стійок може статися досить швидко і непомітно для працівника, який перебуває на перекритті, тому протидіяти такій ситуації з його боку практично неможливо. У разі якщо працівник почув або побачив сигнал про небезпеку, він повинен негайно припинити роботу, по можливості вжити заходів для запобігання травматизму себе і колег. Якщо свідків інциденту немає, необхідно, по можливості, покликати на допомогу. У разі незначних пошкоджень потрібно повідомити керівника робіт про те, що трапилось і звернутися за медичною допомогою.

Особа, відповідальна за безпеку проведення робіт, отримавши інформацію про аварію, зобов'язана повідомити про подію головному інженеру підприємства, прибути на місце аварії, забезпечити надання медичної допомоги постраждалим, забезпечити збереження обстановки на місці події якщо це не загрожує життю і здоров'ю оточуючих і не може привести до аварії.

Залежно від тяжкості наслідків аварії призначається комісія для розслідування причин та оцінки наслідків, складається відповідний акт встановленого зразка.

Відновлювати роботу на аварійній ділянці можна тільки після ліквідації причин, що призвели до аварійної ситуації, з дозволу керівника робіт. У важких випадках - після розслідування і отримання дозволу комісії.

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі визначалось раціональне конструктивно-технологічне рішення елементів монолітного залізобетонного каркасу громадської будівлі.

1. При розгляді особливостей конструктивно-технологічних рішень монолітних залізобетонних каркасів будівель, визначено ефективний напрямок покращення ефективності монолітних каркасів шляхом зменшення їх власної ваги при застосуванні пустотоутворювачів в конструкціях монолітних плит перекриттів.

2. Основними факторами, що впливають на вибір конструктивно-технологічного рішення перекриття є проліт, призначення приміщень та власна вага, які обумовлюють величину зусиль в конструкції та її конструктивні параметри, які визначають вартість.

3. За результатами проведеного порівняння варіантів конструктивно-технологічного рішення елементів каркасу громадської будівлі, зокрема плит перекриттів, можна зробити наступний висновок.

За отриманими значеннями, зниження вартості каркасу можна отримати виконанням плит перекриття товщиною 200 мм з пустотоутворювачами. Але, враховуючи незначну різницю вартості, ускладнення технологічного процесу та контролю якості виконання робіт, для розробленої громадської будівлі, ефективність застосування перекриттів з пустотоутворювачами є неочевидною.

Таким чином, остаточне рішення може прийматись замовником будівництва з урахуванням додаткових чинників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. AirDeck: a truly unique lightweight floor system / <https://www.airdeck.be/>
2. Cobiax Technologies / <https://www.cobiax.com/>
3. Punching shear reinforcement SHEARFIX // <https://www.archiexpo.com/prod/ancon-building-products/product-69643-1098603.html>
4. The biaxial hollow IBS precast slab system / <https://www.bubbledeck.com>
5. Антипенко Є.Ю. Порівняльний аналіз конструктивних особливостей сучасних багатопустотних перекриттів / Є.Ю. Антипенко, Л.В. Щербіна, С.С. Жердєв // Режим доступу: https://nbuv.gov.ua/j-pdf/stmr_b_2017_8_6.pdf
6. Бабій І.М. Ефективні попередньо напружені монолітні залізобетонні перекриття з використанням вкладишів - пустотоутворювачів, які не виймаються / І. М. Бабій, В. Г. Коломійчук // Режим доступу: <https://stmkvb.vntu.edu.ua/index.php/stmkvb/article/view/547>
7. Буцька О.Л. Обґрунтування оптимального виду пустотоутворювача в монолітному плоскому перекритті / О.Л. Буцька, Д.М. Зезюков, М.М. Махінько, О.Г. Зінкевич // Режим доступу: https://nbuv.gov.ua/j-pdf/Vrabria_2019_3_3.pdf
8. Городецкий А.С., Езеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. – К.: издательство «Факт», 2005. – 344 с.
9. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України. – Київ, 2009. – 97 с.
10. ДБН В.2.2-9:2018 Громадські будинки та споруди. Основні положення
11. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель
12. ДСТУ 3760:2006. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови. – Державний стандарт України. – Київ : Держспоживачстандарт України, 2007. – 28 с.
13. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель
14. ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2010 «Будівельна кліматологія та геофізика» [Текст]. На зміну СніП 2.01.01-82- Чинний від 01-10-2010.- К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 132 с.
15. Кріпак В. Експериментальні дослідження багато порожнистих монолітних плит перекриття / В. Кріпак, Р. Антонов // Режим доступу: http://bctp.knuba.edu.ua/article/download/194169/pdf_6
16. Кріпак В. Методи розрахунку залізобетонних монолітних перекриттів з порожнистими вкладишами / В. Кріпак, В. Колякова, В. Скопец // Режим доступу: <http://library.knuba.edu.ua/books/zbirniki/18/5/PDF/5-15-23.pdf>

17. Кудрявцев А.В. Устройство монолитных перекрытий с не извлекаемыми пустотообразователями для уменьшения материалоемкости конструкции / А.В. Кудрявцев, Н.Г. Головин // Режим доступа: <https://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2014/C19/V1/043.pdf>

18. Мейер-Бое В. Строительные конструкции зданий и сооружений / Пер. с нем. Ю.Н. Потапова; Под ред. З.А. Казбек-Казиева. – М.: Стройиздат, 1993. – 408 с.

19. Мельник І. В. Техніко-економічна ефективність монолітних залізобетонних перекриттів з вставками / І. В. Мельник, В. М. Сорохтей, Т. В. Приставський, В. П. Партута // Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. - 2018. - Вип. 36. - С. 142-150. - Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/rmkbs_2018_36_20

20. Менейлюк А.И. Инновации в строительстве и реконструкции / А.И. Менейлюк, Т.М. Дубельт, И.А. Менейлюк. - К.: ТОВ НВП «Інтерсервіс», 2018. – 650 с.

21. Мухаметрахимов Р.Х. Особенности технологии устройства и контроля качества монолитных сталефибробетонных перекрытий с использованием пустотообразователей / Р.Х. Мухаметрахимов, А.Ф. Хузин, Д.Д. Хамидуллина // Режим доступа: https://izvestija.kgasu.ru/files/3_2018/228_235_Mukhametrakhimov_Khuzin.pdf

22. НПАОП 0.00-1.80-18 Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання

23. НПАОП 45.2-7.02-12 Охорона праці і промислова безпека у будівництві

24. Павліков А.М. Залізобетонні конструкції: будівлі, споруди та їх частини : Підручник / А.М. Павліков – Полтава, ПолтНТУ, 2017. – 284 с.

25. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. – К.: Изд-во «Сталь», 2002. – 600 с.

26. Пономарев В.А. Архитектурное конструирование / Пономарев В.А.: Учебник для вузов. – М.: «Архитектура-С», 2008. – 736 с.

27. Проектирование железобетонных конструкций: Справочное пособие / А.Б. Голышев, В.Я. Бачинский, В.П. Полищук и др.; - 2-е изд., перераб и доп. – К.: Будивельник, 1990. – 544 с.

28. Савицкий Н.В. Технология и технико-экономическая эффективность возведения облегченных плоских монолитных перекрытий / Н.В. Савицкий, В.А.Чернец, В.М. Рутштейн, Т.Д. Никифорова, В.Л.Седин, А.М. Ливинский,

Ю.Г. Чумак // Режим доступу: <https://smm.pgasa.dp.ua/article/download/154640/154248>

29. Санников И.В. Монолитные перекрытия зданий и сооружений / И.В. Санников, В.А. Величко, С.В. Сломонов, Г.Е. Бимбад, М.Г. Томильцев. – К.: Будівельник, 1991. – 152 с.

30. Шерешевский И.А. Конструирование гражданских зданий. Учеб. пособие для техникумов. – «Архитектура-С», 2005. - 176 с.

ДОДАТОК А
ГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ