

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Будівництва, архітектури та дизайну
(повне найменування факультету)

Кафедра Будівельного виробництва та управління проектами
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему ПРОЄКТ ЗВЕДЕННЯ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ З ДІЛОВИМ ЦЕНТРОМ ТА
ПІДЗЕМНИМ ПАРКІНГОМ В М. БІЛА ЦЕРКВА.
THE PROJECT OF THE CONSTRUCTION OF A RESIDENTIAL BUILDING WITH A
BUSINESS CENTER AND UNDERGROUND PARKING IN BILA TSERKVA

Виконав: студент ІІ курсу, групи БАД-113м

Спеціальності 192 Будівництво та цивільна
інженерія

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Промислове та цивільне будівництво

ГЕРАСИМЕНКО І.О.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник БОБРАКОВ А.А.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ВОЛКОВА В.Є.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри БВУП

к.т.н., доцент Олексій НАЗАРЕНКО

«_____» _____ 20__ року

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

ГЕРАСИМЕНКО Ігоря Олександровича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Проект зведення житлової будівлі з діловим центром та підземним паркінгом в м. Біла Церква. The project of the construction of a residential building with a business center and underground parking in Bila Tserkva

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доцент БОБРАКОВ Анатолій Анатолійович,
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «_____» квітня 2024 року №_____

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 11 грудня 2024 року

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Архітектурно-будівельний розділ. 2. Розрахунково-конструктивний розділ. 3. Організаційно-технологічний розділ. 4. Економіка будівництва. 5. Охорона праці та цивільна безпека. 6. Науково-дослідний розділ

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів) Слайди презентації, графічний матеріал 9 аркушів А1 роздруковані на А3 з титульним аркушем та зброшуровані

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРІЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Архітектурно-будівельний розділ	БОБРАКОВ А.А., доцент		
Розрахунково-конструктивний розділ	БОБРАКОВ А.А., доцент		
Організаційно-технологічний розділ	БОБРАКОВ А.А., доцент		
Економіка будівництва	БОБРАКОВ А.А., доцент		
Охорона праці та цивільна безпека	ЯКІМЦОВ Ю.В., доцент		
Науково-дослідний розділ	БОБРАКОВ А.А., доцент		
Нормоконтролер	БОБРАКОВ А.А., доцент		

7. Дата видачі завдання «01» жовтня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Постановка завдань по роботі	1 тиждень	Завдання
2	Розробка архітектурно-будівельних рішень.	2-3 тижні	Розділ 1
3	Розробка розрахунково-конструктивної частини.	3-5 тижні	Розділ 2
4	Прийняття організаційно-технологічних рішень	5-6 тижні	Розділ 3
5	Розробка економічної частини роботи	7 тиждень	Розділ 4
6	Розробка заходів з охорони праці та цивільної безпеки.	8 тиждень	Розділ 5
7	Виконання науково-дослідної частини	9-10 тиждень	Розділ 6
8	Оформлення пояснювальної записки та документів до неї	11 тиждень	
9	Оформлення графічної частини	12-13 тиждень	Розділи 1–5
10	Нормоконтроль та рецензування	13-14 тиждень	
11	Перевірка на плагіат	15 тиждень	
12	Захист роботи.	16 тиждень	

Студент

(підпис)

Ігор ГЕРАСИМЕНКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис)

Анатолій БОБРАКОВ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної кваліфікаційної роботи магістра: 106 с., 14 табл., 21 рис., 1 дод., 60 джерел.

Структура та обсяг роботи. Ця робота є науковим дослідженням на тему оптимізації процесу розробки проєктної документації на прикладі зведення житлової будівлі з діловими приміщеннями та підземним паркінгом в м. Біла Церква.

Методи дослідження – Наукова робота базується на комплексному підході, який включає методологію аналізу процесів будівництва, застосування сучасних програмних засобів для проектування та управління будівництвом, таких як BIM-системи та спеціалізоване програмне забезпечення для оптимізації процесів розробки проєктної документації, а також аналізу сучасних наукових публікацій зарубіжних та вітчизняних вчених.

Об'єкт дослідження – проєкт зведення житлової будівлі з діловими центром та паркінгом в м. Біла Церква.

Предмет дослідження – оптимізація розробки проєктної документації з використанням інформаційного моделювання.

Актуальність теми полягає в тому, що сучасне будівництво житлових і комерційних об'єктів потребує оптимізації на всіх етапах проектування та виконання робіт. З огляду на зростаючі вимоги до енергоефективності, зниження витрат та скорочення термінів будівництва, важливим є впровадження новітніх технологій, таких як BIM, а також методів математичного моделювання для покращення управління будівельними проєктами. Це дослідження спрямоване на розробку ефективних стратегій на прикладі проєкту зведення житлової будівлі з діловим центром і підземним паркінгом, що є актуальним в умовах зростання потреб в багатофункціональних будівлях і необхідності підвищення ефективності використання міських територій..

ІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА,
ПРОЄКТНА ДОКУМЕНТАЦІЯ, BIM ТЕХНОЛОГІЇ, ЗВЕДЕННЯ БУДІВЕЛЬ

ABSTRACT

Explanatory note to the master's thesis: 106 pages, 14 tables, 21 figures, 1 app, 60 sources.

Structure and Volume of Work. This work is a scientific study on the topic of optimizing the process of project documentation development, using the example of constructing a residential building with commercial premises and an underground parking lot in Bila Tserkva.

Research Methods. The scientific work is based on a comprehensive approach, which includes a methodology for analyzing construction processes, the use of modern software tools for design and construction management, such as BIM systems and specialized software for optimizing the project documentation development process.

Object of the Study. The project for constructing a residential building with a business center and parking in Bila Tserkva.

Subject of the Study. Optimization of project documentation development using information modeling.

Relevance of the Topic. Modern construction of residential and commercial facilities requires optimization at all stages of design and construction. Given the growing demands for energy efficiency, cost reduction, and shorter construction timelines, it is crucial to implement modern technologies such as BIM and methods of mathematical modeling to improve construction project management. This study aims to develop effective strategies using the example of a residential building project with a business center and underground parking, which is particularly relevant in the context of growing demand for multifunctional buildings and the need to improve the efficiency of urban land use.

INFORMATION MODELING, CONSTRUCTION ORGANIZATION, PROJECT DOCUMENTATION, BIM TECHNOLOGIES, BUILDING CONSTRUCTION

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ	9
1.1 Вихідна інформація для проєктування	9
1.2 Огляд об'ємно-планувальних рішень	9
1.3 Прийняті конструктивні рішення	11
1.3.1 Фундаменти	11
1.3.2 Перекриття та несучі конструкції	12
1.3.3 Зовнішні стіни	12
1.3.4 Перегородки	13
1.3.5 Сходи	13
1.3.6 Зовнішнє оздоблення	14
1.4 Внутрішнє оздоблення та обладнання приміщень	14
1.5 Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій	17
1.6 Розрахунок класу наслідків (відповідальності) житлової будівлі	19
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ	23
2.1 Розрахунок монолітного ребристого перекриття	23
2.1.1 Загальні відомості до розрахунку	23
2.1.2 Збір навантажень на перекриття	24
2.1.3 Розрахунок монолітної плити	27
2.1.4 Розрахунок монолітного залізобетонного пілона	37
РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	48
3.1 Характеристика умов будівництва	48
3.2 Рішення щодо організації будівельного виробництва	48
3.2.1 Підготовчі роботи	48
3.2.2 Виконання геодезичних робіт	49
3.2.3 Визначення обсягів БМР	49
3.2.4 Влаштування фундаментів та фундаментної плити	51
3.3 Вибір монтажного крану	52

	7
3.4 Календарне планування та організація будівництва	54
3.5 Розробка будівельного генплану	57
3.5.1 Тимчасові дороги	57
3.5.2 Розрахунок тимчасових будівель та споруд	57
3.5.3 Визначення потреби в складських приміщеннях	59
3.5.4 Водопостачання будмайданчику	61
3.5.5 Електрозабезпечення будівельного майданчику	62
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА	64
4.1 Локальний кошторис на загальнобудівельні роботи.....	64
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ В БУДІВНИЦТВІ	65
5.1 Питання техніки безпеки до будівельного генплану.....	65
5.2 Аналіз небезпек під час будівельного виробництва.....	68
5.3 Прийняті заходи для попередження нещасних ситуацій.....	72
5.4 Розрахунок освітлення майданчику	75
РОЗДІЛ 6. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ	77
6.1 Оптимізація розробки проєктної документації з використанням BIM технологій	77
6.2 Налаштування IFC Revit для оптимізації проєктування.....	83
6.3 Аналіз ефективності від інтеграції BIM	90
ВИСНОВКИ.....	95
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	96
Додаток А.....	102

ВСТУП

У сучасному будівництві вирішення завдань, пов'язаних із розробкою проєктної документації, вимагає впровадження інноваційних технологій та сучасних підходів як на етапі проєктування, так і в організації робочих процесів. Будівельна галузь є важливим рушієм економічного розвитку, тому постійне вдосконалення методів проєктування та управління ресурсами відіграє ключову роль у досягненні ефективності як окремих будівельних проєктів, так і в розвитку галузі загалом.

З огляду на зростаючу складність будівельних об'єктів і високі вимоги до якості проєктної документації, оптимізація цього процесу стає критичною для досягнення успіху. Сучасне будівництво промислових, житлових і цивільних об'єктів потребує застосування передових технологій, таких як інформаційне моделювання будівель (BIM), які дозволяють раціонально використовувати матеріальні та трудові ресурси, забезпечуючи при цьому високу точність проєктування, енергоефективність та зменшення строків виконання робіт.

Оптимізація процесу розробки проєктної документації з використанням BIM дозволяє значно підвищити якість управління будівельними процесами, зменшити кількість помилок на етапах проєктування та будівництва, а також покращити взаємодію між учасниками проєкту. Ці технології дозволяють інженерам і проєктувальникам детально моделювати всі елементи будівлі, що сприяє зниженню витрат, скороченню строків виконання робіт і підвищенню надійності та якості будівельних конструкцій.

Таким чином, оптимізація розробки проєктної документації з використанням інформаційного моделювання є важливим фактором у забезпеченні успіху сучасного будівництва, де ефективне управління ресурсами, енергоефективні рішення та вдосконалення планувальних процесів сприяють досягненню високої продуктивності та стійкості об'єктів.

РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ

1.1 Вихідна інформація для проєктування

Проєктом передбачається зведення житлової будівлі з діловим центром та підземним паркінгом у м. Біла Церква. Ділянка, на якій планується будівництво, має наступне оточення:

- З північно-західної сторони знаходиться п'ятиповерховий кам'яний житловий будинок.
- З південно-східної сторони розташований ще один п'ятиповерховий житловий будинок.
- З тилу знаходиться 10-поверхова будівлі загальною висотою 41,20 м.

Ця будівля матиме підземний паркінг, яка об'єднує її з житловою будівлею в єдиний архітектурний, конструкційний та композиційний комплекс

1.2 Огляд об'ємно-планувальних рішень

Проєкт будівництва в місті Біла Церква передбачає зведення житлового будинку багатоповерхового типу, з вбудованими комерційними приміщеннями (офіси та бізнес-центр) та підземним паркінгом. Концепція забудови розроблена з урахуванням оптимального рівня інсоляції не лише для нового будинку, але й для оточуючих житлових будівель, що забезпечує комфортні умови проживання та роботи.

Житловий будинок розрахований на одночасне розміщення житлових і комерційних приміщень, а також включає технічні зони та паркінг. Загальна площа комерційних приміщень становить 1475,5 м², вони розташовані на першому поверсі й призначені для офісів та фітнес-центру. Підземний паркінг, який забезпечує 25 машино-місць для мешканців будинку, займає як частину підвальних приміщень, так і окремий заглиблений блок у дворі.

З технічної точки зору, будинок має чітко розподілені просторові рішення. Житлова частина складається з багатоповерхової секції, де на кожному поверсі

передбачено по 6 квартир різного планування: одно-, дво- та трикімнатні. Всього будинок розрахований на 120 квартир, з природним освітленням у всіх приміщеннях. Співвідношення площі вікон до площі підлоги становить 1:6, що відповідає нормативам забезпечення інсоляції.

Основні параметри будівлі:

- Прямокутна односекційна форма, габаритні розміри якої 31,68x24,60 м.
- Висота будівлі – 86,400 м від рівня тротуару.
- Висота поверхів варіюється: житлові мають висоту 3,0 м, нежитлові (перший поверх) – 3,3 м.
- Відмітка 0.000 відповідає рівню чистої підлоги нежитлового першого поверху й становить 146,70 м.

Вхідні офісні приміщення на першому поверсі спроектовані з двома окремими входами з вулиці. Кожне офісне приміщення забезпечено інженерними мережами: електропостачанням, водопостачанням, опаленням та вентиляцією. Санвузли та тамбури в кожному офісі забезпечують комфортне використання простору.

Паркінг у дворі, який також частково розташований під житловим будинком, оснащений системою опалення, що забезпечує захист автомобілів у холодний період року. Окрім цього, передбачені всі необхідні технічні приміщення, включаючи вузли водопостачання, електропостачання, вентиляційні камери та тепlopункти, які розташовані в підвалі. Таке рішення дозволяє максимально ефективно використовувати доступну площу будинку та забезпечити його повну функціональність.

Проект передбачає сучасний підхід до організації як житлових, так і комерційних приміщень, що забезпечує зручність для мешканців і працівників офісів, а також відповідає сучасним вимогам до комфортного міського життя.

Характеристики квартир наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Інформація щодо квартир для комерційного поверху

Тип квартир	Всього площа. м ²	
	Житлова площа	Загальна площа
1-кімн.	67.4	141.72
2-кімн.	102.1	189.5
3-кімн.	137.2	239.1
Загальна площа квартир		1475.49

Автопаркінг манежного типу, розташований частково під житловим будинком і у прибудованому підземному блоці, призначений для легкових автомобілів мешканців. Його конструкція передбачає опалення, що створює комфортні умови для зберігання автомобілів у зимовий період. Загалом паркінг може вмістити 25 автомобілів.

Загальнобудинкові службові приміщення включають простір для чергового вахтера, який знаходиться у вестибюлі житлової частини будинку. Це приміщення обладнане робочим місцем та санвузлом для забезпечення комфортних умов роботи вахтера або охоронця.

Технічні приміщення, такі як тепловий пункт, вузол вводу водопроводу, електрощитова, насосна станція та вентиляційні камери, розміщені у підвальної частині будівлі. Вони раціонально інтегровані у простір паркінгу та підземні частини сходово-ліфтових шахт, що дозволяє оптимізувати використання площі та забезпечити ефективне функціонування інженерних

1.3 Прийняті конструктивні рішення

Конструктивна схема будівлі передбачає каркасно-монолітну структуру.

1.3.1 Фундаменти

Фундаменти будівлі виконані у вигляді пальових основ із суцільним ростверком, що утворюється фундаментною плитою завтовшки 1,20 м. Під плитою передбачено бетонну підготовку товщиною 100 мм для забезпечення рівномірного розподілу навантаження на ґрунт. Верхня відмітка фундаментної плити знаходиться на глибині –12,600 м відносно рівня поверхні.

Палі, діаметром 620 мм, виготовляються за допомогою бурін'єкційної та буронабивної технології. Їх довжина становить 16 м, а верхня відмітка палі розташована на рівні –11,1 м. Для захисту фундаментів від негативного впливу вологи проєктом передбачено асфальтобетонну відмостку завширшки 2,0 м, а також глиняний замок для додаткового захисту від ґрунтової вологи. Система вертикальної та горизонтальної гідроізоляції забезпечує надійний бар'єр від проникнення вологи в підземні частини будівлі.

1.3.2 Переkritтя та несучі конструкції

Несучі конструкції будівлі виконані на основі монолітного залізобетонного каркасу, що забезпечує високу міцність та довговічність споруди. Вертикальні несучі елементи, такі як стіни, мають товщину від до 0,3 м, що гарантує стійкість будівлі до навантажень. Пілони, які виконують роль основних несучих елементів, мають розміри 150х50 см, що сприяє рівномірному розподілу навантаження. Переkritтя також виконані з монолітного залізобетону товщиною 200 мм, що дозволяє забезпечити необхідну жорсткість і міцність будівлі для ефективно́ї експлуатації.

1.3.3 Зовнішні стіни

Зовнішні стіни будівлі виконані як самонесучі з поверховою розрізкою, загальною товщиною 510 мм, з цегли, що забезпечує необхідну міцність конструкцій. Для підвищення енергоефективності з внутрішнього боку стін передбачено шар утеплювача з перлітобетонних блоків товщиною 100 мм,

щільністю $\gamma=500$ кг/м³. Така конструкція відповідає чинним нормативам теплопередачі для житлових будинків, затвердженим наказом Держкомітету України у справах містобудування та архітектури №106 від 29 грудня 2014 року, який набув чинності 1 березня 2015 року.

1.3.4 Перегородки

Внутрішні перегородки будівлі виконуються із силікатної цегли завтовшки 250 мм, що відповідає стандартам ДСТУ Б В.2.7-80-98 «Цегла та каміння силікатні. Технічні умови». Така конструкція забезпечує міцність та надійність внутрішніх стін будівлі. У приміщеннях санвузлів і ванних кімнат для забезпечення стійкості до підвищеної вологості використовуються перегородки з керамічної цегли завтовшки 120 мм, відповідно до стандарту ДСТУ Б В.2.7-61-97 «Цегла та камені керамічні рядові лицьові. Технічні умови».

1.3.5 Сходи

Сходова клітка запроєктована для повсякденного використання та виконана з використанням збірних залізобетонних елементів. Сходи мають двомаршеву конструкцію з опорою на сходові майданчики, ухил яких складає 1:2. Для забезпечення доступу на покрівлю передбачені металеві сходи, обладнані вогнестійкими дверима, що підвищує рівень пожежної безпеки.

Двері на сходовій клітці та у тамбурі спроєктовані так, щоб відкриватися у бік евакуації, що відповідає вимогам протипожежних норм. Природне освітлення забезпечується через віконні прорізи, додатково використовується штучне освітлення для кращої видимості у будь-який час доби. Огорожі сходів виконані з металу, а поручні мають покриття з пластмаси для зручності та довговічності.

Ширина кожного маршу і майданчиків становить 1200 мм, що відповідає сучасним стандартам безпеки та зручності використання.

1.3.6 Зовнішнє оздоблення

Зовнішнє оздоблення будівлі передбачає виконання фасадних робіт без застосування традиційної штукатурки. Замість цього використовуються сучасні технології кладки зовнішнього шару багат шарових стін з ретельною розшивкою швів. Такий підхід не лише забезпечує естетично привабливий вигляд фасаду, але й підвищує довговічність конструкції, знижуючи витрати на її подальше обслуговування.

1.4 Внутрішнє оздоблення та обладнання приміщень

Оздоблення житлових та службових приміщень у проектованій будівлі виконане з урахуванням сучасних стандартів та з використанням високоякісних матеріалів вітчизняного виробництва. Внутрішні оздоблювальні роботи орієнтовані на забезпечення комфортних умов для мешканців і надійність конструкцій.

У житлових приміщеннях передбачено використання різних матеріалів для підлог, залежно від функціонального призначення приміщення. У кімнатах укладено паркет, що забезпечує теплоту і затишок, тоді як у кухнях, коридорах і холах використано лінолеум – практичний та зносостійкий матеріал. У ванних кімнатах і санвузлах підлога викладена керамічною плиткою, що є оптимальним рішенням для вологих приміщень. Стіни у житлових кімнатах оброблені поліпшеною штукатуркою з подальшим наклеюванням шпалер. Для кухонь передбачено вододисперсне фарбування стін, а у ванних кімнатах – оздоблення керамічною плиткою. Стелі фарбуються вододисперсними фарбами для створення гладкої і довговічної поверхні.

Загальнобудинкові приміщення, включаючи коридори та технічні приміщення, мають мозаїчні бетонні підлоги, що відрізняються підвищеною міцністю. У ліфтових холах і сміттекамері використовується керамічна плитка для зручності у догляді. Стіни загальних приміщень покриті вододисперсними

фарбами, а технічні приміщення мають олійне покриття на висоту 1,5 метра для додаткового захисту від механічних пошкоджень.

Вікна житлових і офісних приміщень виконані з металопластику з двокамерними склопакетами, що забезпечують ефективну тепло- та звукоізоляцію. Внутрішні двері мають різний ступінь вогнестійкості залежно від функціонального призначення приміщень. Так, входні двері до квартир є металевими, вогнестійкими, що забезпечує додатковий захист мешканців. Для службових і технічних приміщень використовуються протипожежні двері.

Опалення будівлі організоване через підключення до магістральних теплових мереж із застосуванням нижньої розводки труб у підвалі. Для обігріву приміщень використовуються конвектори, а кожна секція будинку має власний тепловий вузол для регулювання та обліку тепла. Усі трубопроводи ізолювані та покриті алюмінієвою фольгою, що мінімізує тепловтрати і захищає від конденсату.

Водопостачання забезпечується від внутрішньоквартального колектора, з підключенням через два незалежні введення. Трубопроводи водопостачання ізолювані для зниження тепловтрат і забезпечення надійної роботи системи. Система каналізації розподілена на господарсько-фекальну та дощову з окремими випусками в загальну мережу внутрішньоквартальних колодязів.

Електропостачання будинку здійснюється від дворової підстанції з підключенням через два кабелі – основний і резервний, що забезпечує надійне енергопостачання в разі аварійних ситуацій. Електрощитові розташовані на перших поверхах для зручності обслуговування та доступу.

Природне освітлення та тривалість інсоляції відповідають чинним нормативам, зокрема ДБН В.2.5-28:2006 "Природне і штучне освітлення" та ДБН 360-92** "Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень". Житловий будинок, зведений на запланованій ділянці, не впливатиме негативно на інсоляцію житлових приміщень сусідніх будівель.

Сміттевидалення організоване через сміттєпровід, який розташований у зоні сходово-ліфтового вузла, що не опалюється. Сміттєзбірна камера

знаходиться біля входу до житлової частини будинку, забезпечуючи під'їзд для комунального транспорту.

Сміттепровід закінчується в сміттекамері бункером-накопичувачем, де сміття збирається у сміттеві візки для подальшого вивезення. Сміттекамера оснащена холодним і гарячим водопроводом для промивання, а також трапом зі зливом води до господарської каналізації. В підлозі встановлений змієвик для обігріву. Вихід на дах сміттепроводу забезпечує вентиляцію та видалення застоюного повітря або диму у разі пожежі.

Зовнішнє оздоблення фасадів

Фасади будинку оздоблюються облицювальною цеглою та штукатуркою з пофарбуванням фасадними фарбами. Оздоблення елементів фасадів (пілони, балки, зовнішні сходи) виконуються за допомогою штучних плиткових матеріалів і фарбування.

Протипожежні та охоронні заходи

Будівля належить до II категорії вогнестійкості. Конструктивні рішення відповідають вимогам ДБН В.1.1-7:2016 "Пожежна безпека об'єктів будівництва". Евакуація людей здійснюється через дві евакуаційні сходові клітини (I та II типу). Усі двері, включаючи квартири, ліфтові холи, сходові клітки, мають ущільнюючі прокладки. Двері ліфтових холів, технічних приміщень (електрощитова, вентиляційні камери, тепловий вузол) та виходи на дах виконані протипожежними з вогнестійкістю 0,6 год.

Кожна квартира обладнана вогнегасником. Ліфт вантажопідйомністю 1000 кг призначений для транспортування пожежних підрозділів згідно з ДБН В.2.2-15:2005.

Будинок розташований відповідно до нормативних протипожежних та санітарних вимог. Пожежна безпека забезпечується через:

- Використання конструктивних та об'ємно-планувальних рішень для обмеження поширення пожежі;
- Зниження пожежної небезпеки будівельних матеріалів, зокрема на шляхах евакуації;

- Застосування засобів пожежогасіння, включаючи автоматичні установки.

1.5 Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій

Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій є необхідним етапом при проектуванні будівель, оскільки він забезпечує оптимальне теплоізоляційне рішення, яке сприяє зниженню тепловтрат і підвищенню енергоефективності будівлі. В умовах сучасних вимог до енергозбереження, цей розрахунок дозволяє забезпечити комфортний температурний режим всередині приміщень, знизити витрати на опалення та кондиціонування, а також відповідати нормативним показникам опору теплопередачі згідно з діючими будівельними нормами.

У контексті глобальних кліматичних змін і підвищених вимог до екологічної стійкості, теплотехнічний розрахунок є ключовим інструментом для мінімізації викидів вуглекислого газу шляхом раціонального використання енергоресурсів. В умовах зростаючих цін на енергоносії, правильний вибір теплоізоляційних матеріалів і конструктивних рішень є економічно вигідним для інвесторів та власників будівель, зменшуючи їх експлуатаційні витрати.

Схема стіни наведена на рис. 1.1.

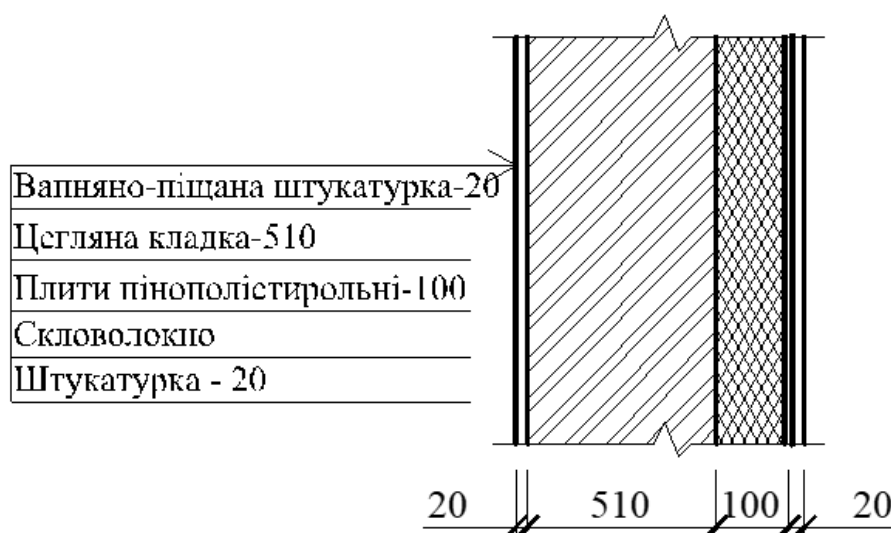


Рисунок 1.1 – Схема стіни до теплотехнічного розрахунку

Характеристики наведеного огороження наведені в табл. 1.2.

М. Біла Церква знаходиться у першому кліматичному районі, тому мінімальне значення опору теплопередачі $R_{q \min} = 4,00 \frac{(\text{м}^2 \cdot \text{К})}{\text{Вт}}$ згідно ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель.

Таблиця 1.2 – Характеристики стіни для розрахунку

Матеріал	Товщина δ (мм)	Щільність γ (кг/м ³)	Теплопровідність λ (Вт/м ² С)
Вапняно-піщана штукатурка	20	1600	0,85
Кладка із цегли	510	1800	0,48
Плити полістирольні	100	35	0,036
Сітка із скловолокна на клейовому розчині	-	-	-
Штукатурка із складного розчину	20	1700	0.74

Згідно табл. 1.2, за формулою (1.1) визначаємо фактичний термічний опір стіни в будівлі, що розглядається:

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_n} \quad (1.2)$$

Використовуючи наступні коефіцієнти тепловідачі внутрішньої та зовнішніх поверхонь (1.2):

$$h_i = 8,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}; h_{ex} = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} \quad (1.2)$$

Таким чином, проводимо розрахунок:

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,85} + \frac{0,51}{0,48} + \frac{0,10}{0,036} + \frac{0,02}{0,74} + \frac{1}{23} = 4,049 \quad \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Перевіряємо виконання умови (1.3):

$$R_{q \min} < R_{np}$$

$$4,00 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} < 4,049 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Умова виконується. Отже, загальна товщина зовнішньої стіни (включаючи утеплювач, штукатурку, несучий шар тощо) складає 650 мм.

1.6 Розрахунок класу наслідків (відповідальності) житлової будівлі

Визначення класу наслідків виконуємо у програмному комплексі БУДІВЕЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ – КОШТОРИС ПВР у відповідності до ДСТУ 8855:2019 «Визначення класу наслідків (відповідальності)» [7, табл. 1].

Розрахунок № 011 БПС

класу наслідків (відповідальності) для об'єкта будівництва:

**«ПРОЄКТ ЗВЕДЕННЯ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ З ДІЛОВИМ
ЦЕНТРОМ ТА ПІДЗЕМНИМ ПАРКІНГОМ В М. БІЛА ЦЕРКВА »**

При визначенні класу наслідків (відповідальності) об'єкта використовувались наступні документи:

1. Закон України від 17.02.2011 №3038-VI «Про регулювання містобудівної діяльності» (з урахуванням змін та доповнень).

2. ДСТУ 8855:2019 «Визначення класу наслідків (відповідальності)».
3. ДБН В.1.2-14:2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд».
4. «Методика оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру», що затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 15 лютого 2002 р. №175.

Відповідно до п.4.4 ДСТУ 8855:2019 клас наслідків (відповідальності) визначається за кожною характеристикою таблиці 1, додатково враховується стаття 32 Закону України від 17.02.2011 №3038-VI «Про регулювання містобудівної діяльності» (з урахуванням змін та доповнень), а також розділ 5 ДБН В.1.2-14:2018 та додаткові умови за п.4.15 ДСТУ 8855:2019.

Визначення класу наслідків (відповідальності) об'єкта

1. Можлива небезпека для здоров'я та життя людей, які постійно знаходяться на об'єкті (кількість людей) - 280.

За цією характеристикою об'єкт відноситься до класу наслідків - СС2.

2. Можлива небезпека для здоров'я та життя людей, які періодично знаходяться на об'єкті (кількість людей) - 90.

За цією характеристикою об'єкт відноситься до класу наслідків - СС1.

3. Можлива небезпека для життєдіяльності людей, які перебувають зовні об'єкта (кількість людей) - 400.

За цією характеристикою об'єкт відноситься до класу наслідків - СС2.

4. *Можливі матеріальні збитки оцінюються витратами, пов'язаними як з необхідністю відновлення об'єкта, що відмовив, так і з побічними збитками (збитки від зупинки виробництва, втрачена вигода).*

Прогнозований обсяг збитку від можливого руйнування чи пошкодження об'єкту згідно з ДСТУ 8855:2019 п.4.12 розраховується за формулою:

$$\Phi = c \times P \left(1 - \frac{1}{2} T_{ef} \times K_{a,i}\right)$$

де:

Φ – прогнозовані збитки, грн.: ;

c – коефіцієнт, що враховує відносну долю вартості об'єкта, повністю втраченої під час аварії. Значення c можна оцінювати при аналізі сценарію розвитку аварії: (0,45);

P – вартість об'єкта, визначена на підставі КНУ «Настанова з визначення вартості будівництва» або за об'єктом-аналогом, грн.;

T_{ef} – середнє значення розрахункового строку експлуатації об'єкта, років: (100);

$K_{a,i}$ – коефіцієнт амортизаційних відрахувань: (0,01).

Прогнозований обсяг збитку від можливого руйнування об'єкта дорівнює:

$$\begin{aligned} \Phi &= 0,45 * 142\,145\,400 * (1 - 1/2 * 100 * 0,01) \\ &= 31\,982\,715 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Можливі матеріальні збитки та/чи соціальні втрати від відмови об'єкта оцінюють, керуючись «Методикою оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру» та розраховують за формулою (1) цієї Методики. Ці збитки складають:

$$\Phi = 0 \text{ грн.}$$

Загальний обсяг збитків дорівнює:

$$\Phi = 31\,982\,715 + 0 = 31\,982\,715 \text{ грн.}$$

обсяг можливого економічного збитку у м.р.з.п. складає:

$$31\,982\,715 / 8000 = 3997,84 \text{ м.р.з.п.}$$

За цією характеристикою об'єкт відноситься до класу наслідків - СС2.

5. Спорудження об'єкта не загрожує призупиненням функціонування лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури, об'єктів комунікації, зв'язку, енергетики та інженерних мереж .

За цією характеристикою об'єкт відноситься до класу наслідків - СС1.

6. Додаткові умови згідно з пунктом 4.15 ДСТУ 8855:2019:
не встановлено.

Висновок. Відповідно до п.6 статті 32 Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» (з урахуванням змін та доповнень), а також п.4.4 ДСТУ 8855:2019 клас наслідків (відповідальності) для даного об'єкту встановлюється за найвищою характеристикою можливих наслідків, отриманих за результатами розрахунків, тобто «ПРОЄКТ ЗВЕДЕННЯ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ З ДІЛОВИМ ЦЕНТРОМ ТА ПІДЗЕМНИМ ПАРКІНГОМ В М. БІЛА ЦЕРКВА» відноситься до класу наслідків (відповідальності) - СС2.

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

2.1 Розрахунок монолітного ребристого перекриття

2.1.1 Загальні відомості до розрахунку

Розрахунок монолітного ребристого залізобетонного перекриття з балочними плитами включає кілька ключових етапів, серед яких компоновка конструктивної схеми, розрахунок і конструювання елементів перекриття, таких як балочна плита, другорядні і головні балки. Конструктивна схема проєкту передбачає застосування каркасно-монолітної просторової рами, що забезпечує стійкість та міцність споруди.

Будівля має 23 поверхи з загальною висотою +85.800 м, при цьому висота кожного поверху становить 3.300 м. У проєкті також передбачений підвал з такою ж висотою. Перекриття виконане у вигляді залізобетонної плити товщиною 250 мм, відповідно до архітектурних креслень, які враховують навантаження на 1 м² перекриття. Плита виготовляється з бетону класу С30, що забезпечує високі міцнісні характеристики, а армування здійснюється арматурою класу А400 у вигляді окремих стержнів, що підвищує надійність конструкції.

Навантаження на перекриття визначається на основі розрахунків, що враховують усі можливі впливи, включаючи постійні та тимчасові навантаження.

- важкий бетон класу С30; коефіцієнт умов роботи $\gamma_c=1.3$;

$$f_{ck, cube}=30\text{МПа}; f_{cm, cube}=38\text{МПа}; f_{ck, prism}=22\text{МПа}; f_{cd}=17\text{ МПа}; f_{ctm}=2.6\text{МПа};$$

$$f_{ctk\ 0,05}=1.8\text{МПа}; E_{cm}=32.5 \cdot 10^3\text{МПа}; E_{cd}=25 \cdot 10^3\text{МПа}; E_{ck}=29 \cdot 10^3\text{МПа};$$

$$C_{Rde}=0.30\text{МПа};$$

- Робоча арматура плити – зі сталі класу А-400С. $f_{yk}=400\text{МПа};$
 $f_{yd}=375\text{МПа}; f_{ywd}=285\text{МПа}; E_s=210 \cdot 10^3\text{МПа}; \varepsilon_{so}=0.00174; \varepsilon_{ud}=0.025;$

Монтажна (конструктивна) арматура класу А-240С: $f_{yk}=240\text{МПа};$
 $f_{yd}=225\text{МПа}; f_{ywd}=170\text{МПа}; E_s=210 \cdot 10^3\text{МПа}; \varepsilon_{so}=0.00107; \varepsilon_{ud}=0.025;$

Розраховується плита типового перекриття, що знаходяться в межах осей 1-9 (рис. 2.1).

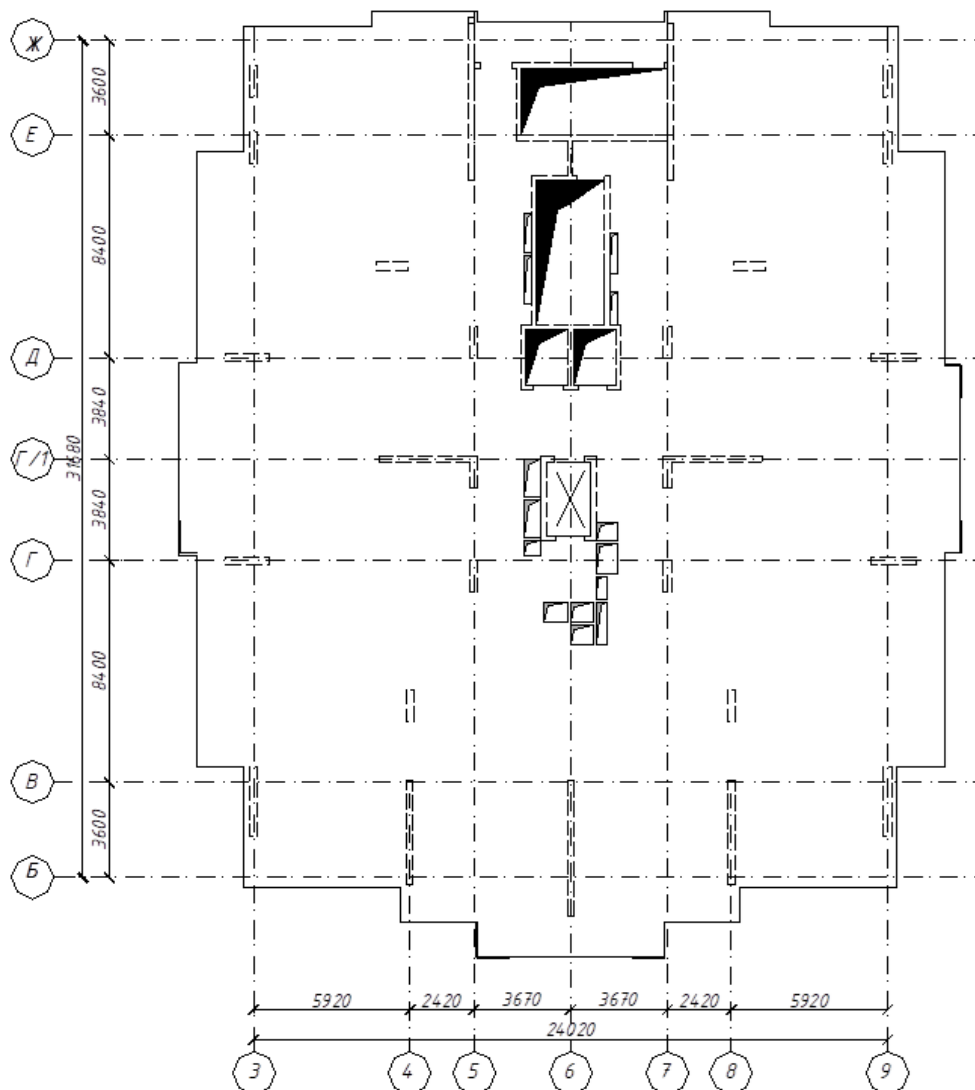


Рисунок 2.1 – Елемент, що розраховується

2.1.2 Збір навантажень на перекриття

Збір навантажень на конструкцію було виконано згідно з вимогами ДБН В.1.2-2:2006 „Навантаження та впливи”, що визначає основні нормативні вимоги до розрахунку навантажень на будівельні конструкції. Важливим аспектом є врахування усіх можливих видів навантажень: постійних, тимчасових, короткочасних та тривалих, що можуть виникати під час експлуатації будівлі (табл. 3.1).

Таблиця 2.1 – Навантаження на 1 м² перекриття

Вид навантаження	Характеристичне навантаж кН/м ²	Коеф. надійності γ_f	Граничне	Коеф. надійності для експл.	Експлуатаційна
1	2	3	4	5	6
Покриття					
Постійне					
1) Захисний шар гравію $\rho=1.6-0.035-9.81-0.95$	0.52	1.3	0.68	1	0.52
2) 4 шари руберойду на мастиці $\rho=1.25-0.02-9.81-0.95$	0.23	1.3	0.3	1	0.23
3) Цем-піщ стяжка $\rho=2.2-0.02-9.81-0.95$	0.51	1.3	0.66	1	0.51
4) Утеплювач керамзит $\rho=0.58-0.2-9.81-0.95$	1.08	1.3	1.4	1	1.08
5) Пароізоляція	0.05	1.3	0.065	1	0.05
6) Покриття $(13/(1.2-3.6)+0.1)-9.81-0.95$	2.9	1.1	3.19	1	2.9
Тимчасове:					
1) Снігова 0.7-0.95	0.07	1.4	0.98	1	0.07
Всього	5.9		7.3	1	5.9
Технічний поверх					
1) Цементно-піщана стяжка	0.51	1.3	0.66	1	0.51
2) Керамзит	1.08	1.3	1.4	1	1.08
3) Покриття	2.9	1.1	3.18	1	2.9
Тимчасове	1.5	1.2	1.7	1	1.5
Всього	5.9		6.95	1	5.9
Прекриття					
1) Паркетна підлога на мастиці	0.16	1.3	0.21	1	0.16
2) Цементно-піщана стяжка	0.51	1.3	0.66	1	0.51
3) Прекриття	2.9	1.1	3.19	1	2.9
4) Тимчасове	1.5	1.2	1.7	1	1.5
На 21 поверхів всього	65.9		74.8	1	65.9
Підлога підвалу					
1) Цементна стяжка	0.51	1.3	0.66	1	0.51
2) Бетонна підготовка 80 мм	1.7	1.1	1.82	1	1.7
3) Тимчасове	2.0	1.2	2.4	1	2.0
Всього	4.21		4.9		4.21

У таблицях 2.1–2.3 наведено результати розрахунку всіх навантажень на перекриття, що дозволяє детально аналізувати всі компоненти навантаження на 1 м² площі перекриття. Дані таблиці включають:

- Власну вагу матеріалів перекриття та оздоблення.

- Експлуатаційні навантаження, враховані для різних типів приміщень.
- Кліматичні впливи, включаючи снігове та вітрове навантаження, відповідно до вимог ДБН.

Таблиця 2.2 – Визначення ваги 1 погонного метру стіни

Вид навантаження	Характеристичне навантаження kH/m^2	Коеф. надійності γ_f	Граничне	Коеф. надійності для експл.	Експлуатаційна
тип 1 (зовнішня)					
штукатурка ($\delta=20mm$ $\rho=1.8t/m^3$ $h=2.8m$)	118.8	1.3	154.44	1	118.8
силікатна цегла ($\delta=510mm$ $\rho=1.0t/m^3$ $h=2.8m$)	990.0	1.2	1188.0	1	990.0
пінополістирол ($\delta=100mm$ $\rho=1.6t/m^3$ $h=2.8m$)	633.6	1.2	760.32	1	633.6
штукатурка ($\delta=20mm$ $\rho=1.8t/m^3$ $h=2.8m$)	118.8	1.3	154.44	1	118.8
Всього	1861.2		2257.2		1861.2
тип 2 (внутрішня)					
силікатна цегла ($\delta=380mm$ $\rho=1.0t/m^3$ $h=2.8m$)	654.0	1.1	719.4	1	654.0
штукатурка ($\delta=40mm$ $\rho=1.8t/m^3$ $h=3.3m$)	237.6	1.3	308.88	1	237.6
Всього	891.6		1028.2		891.6

Таблиця 2.3 – Навантаження на перекриття паркінгу

Вид навантаження	Характеристичне навантаження kH/m^2	Коеф. надійності γ_f	Граничне	Коеф. надійності для експл.	Експлуатаційна
1. Постійне:					
1.1 Паркет на мастиці $\delta=0.03m$. $\rho=600kg/m^3$	171	1.2	205.2	1	171
1.2 Захисна з/б стяжка $\delta=0.04m$. $\rho=2200kg/m^3$	836	1.3	1086.8	1	836
1.3 Утеплювач $\delta=0.15m$. $\rho=500kg/m^3$	736	1.2	883	1	736
1.4 Гідроізоляція гор. бітум $\rho=5kg/m^2$	47.5	1.3	61.75	1	47.5
1.6 Перегородки $\rho=50kg/m^2$	47.5	1.1	522.5	1	47.5
Всього постійна	$g^n=1840$		$g=2790$		$g^n=1840$
2. Тимчасова:					
2.1 від людей та меблів $\rho=150kg/m^2$	5200	1.2	6240	1	520
Всього тимчасова	$s^n=5200$		$s=6240$		$s^n=5200$
Всього	$q^n=7040$		$q=9030$		$q^n=7040$

Для розрахунку залізобетонних конструкцій використовуємо програмне забезпечення МОНОМАХ-САПР (ПК ЛІРА), оскільки будівля проектується із монолітного залізобетону.

2.1.3 Розрахунок монолітної плити

Житловий будинок має наступну розрахункову схему в ПК Мономах (рис. 2.2.).

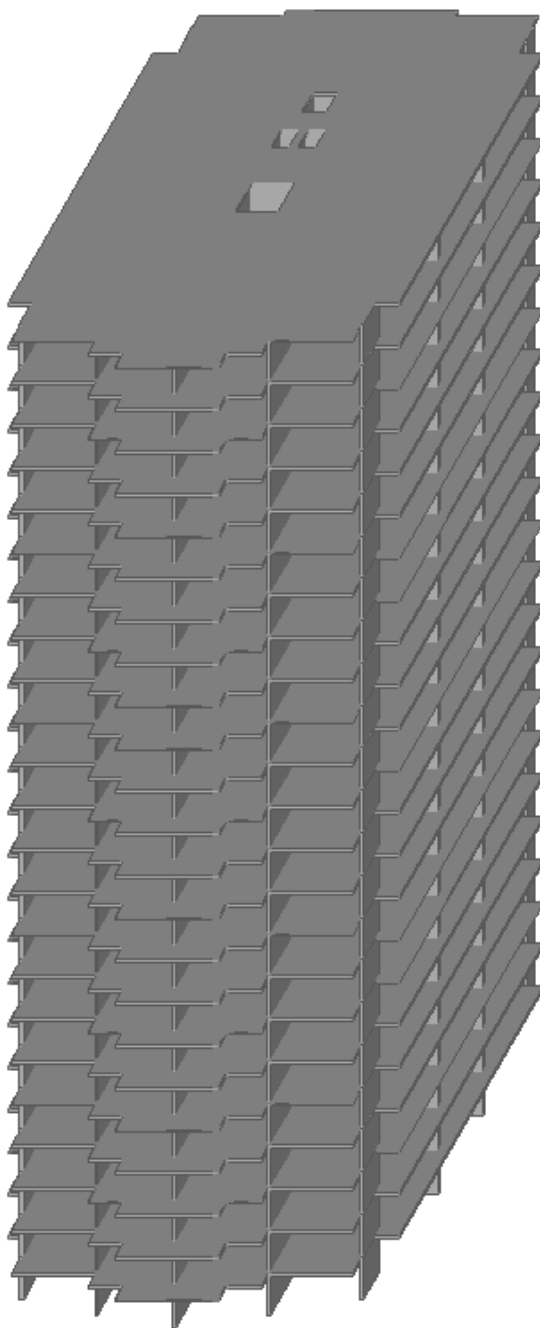


Рисунок 2.2 – Монолітні конструкції в будівлі

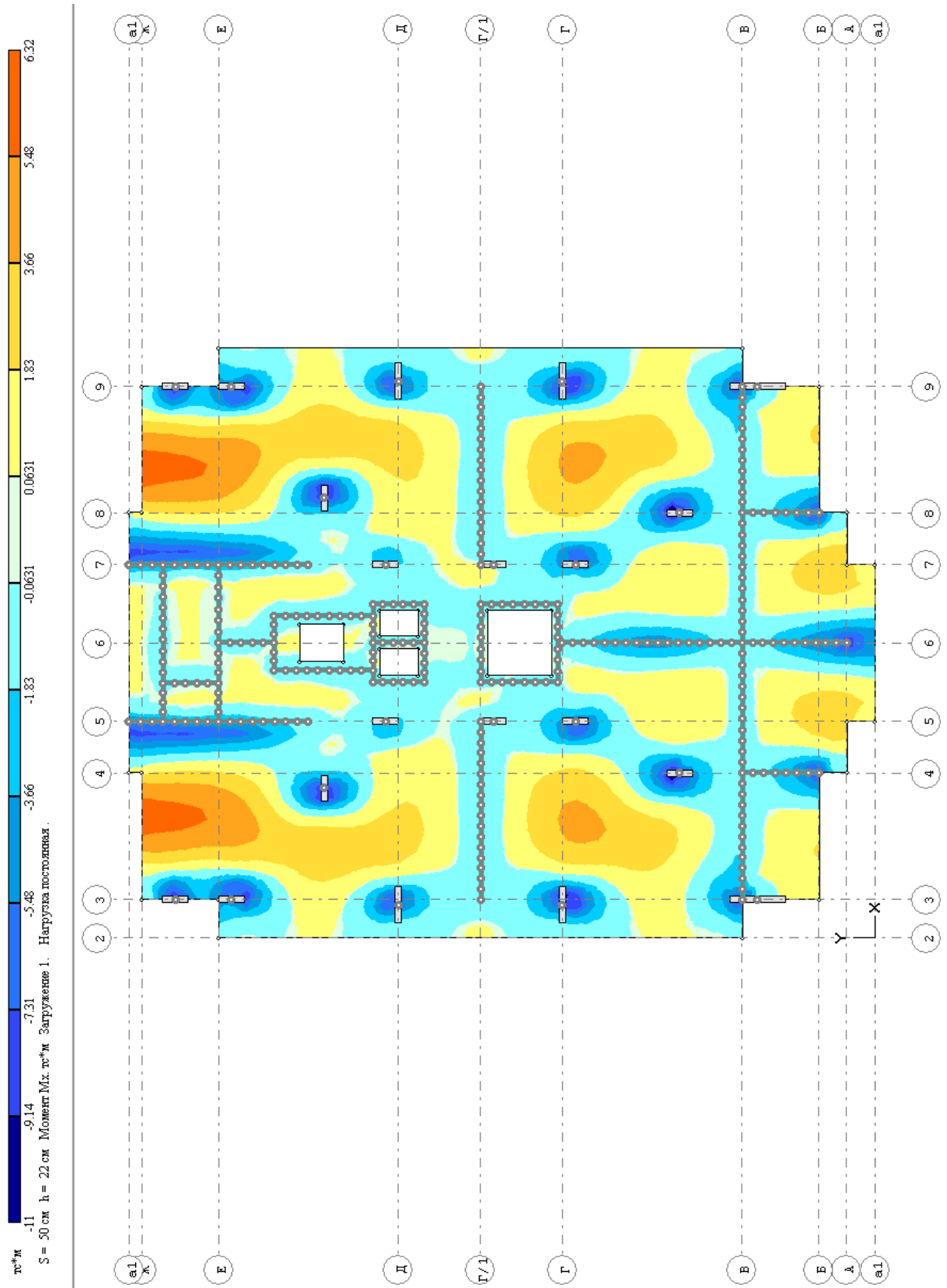


Рисунок 2.3 – Переміщення по осі Z

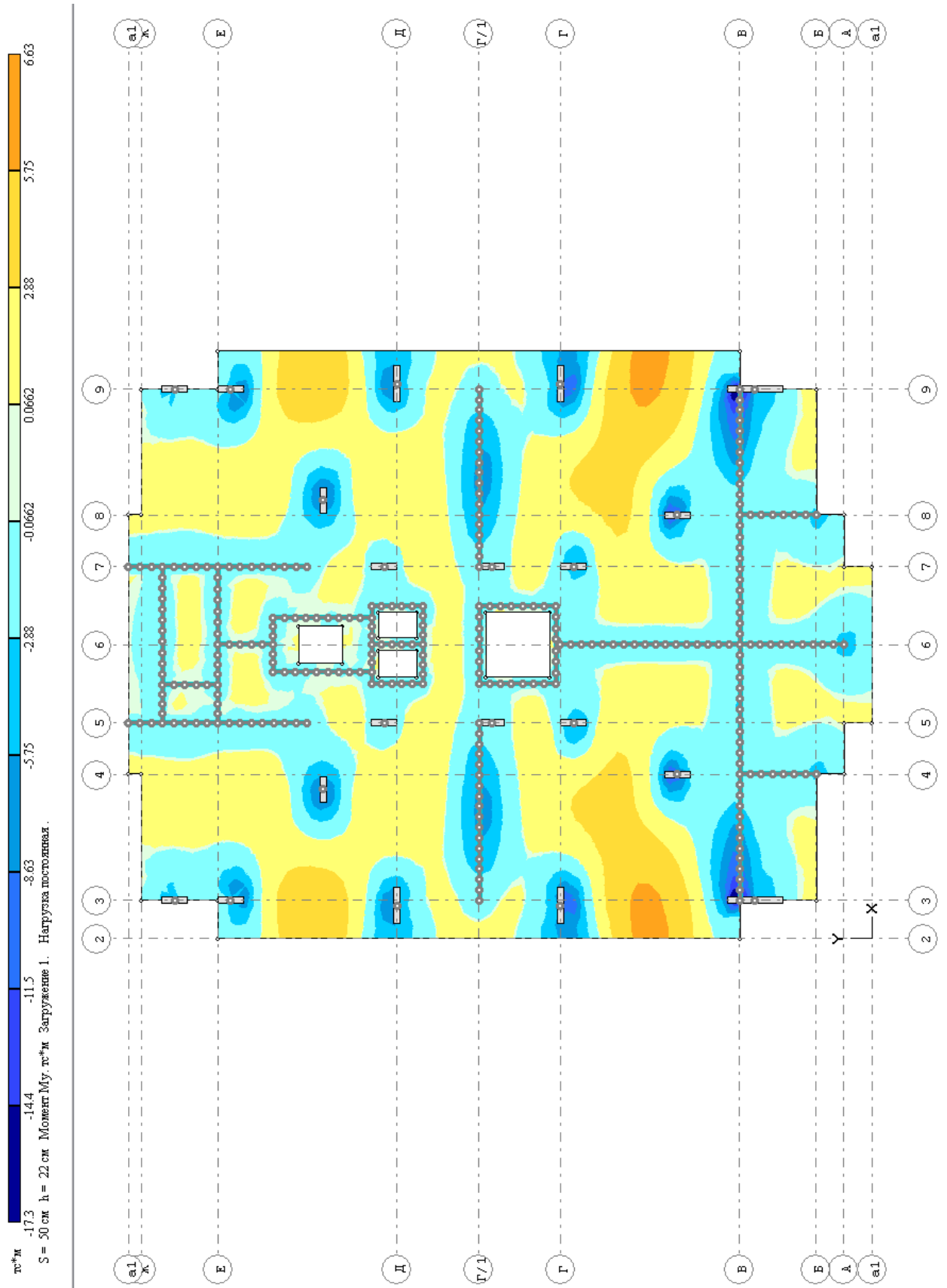


Рисунок 2.4 – Розрахункові моменти M_y

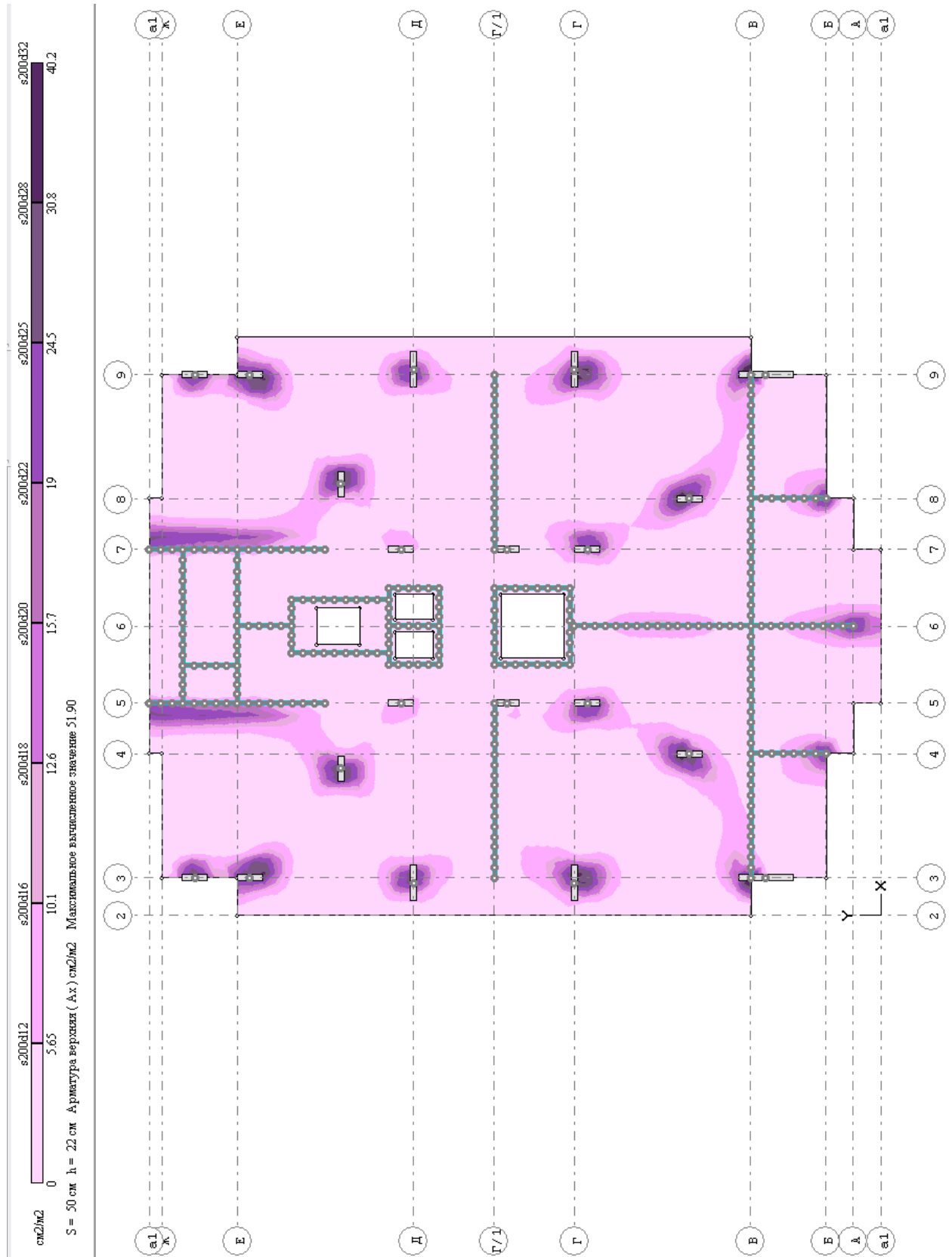


Рисунок 2.5 – Розрахунок армування (арматура верхня X)

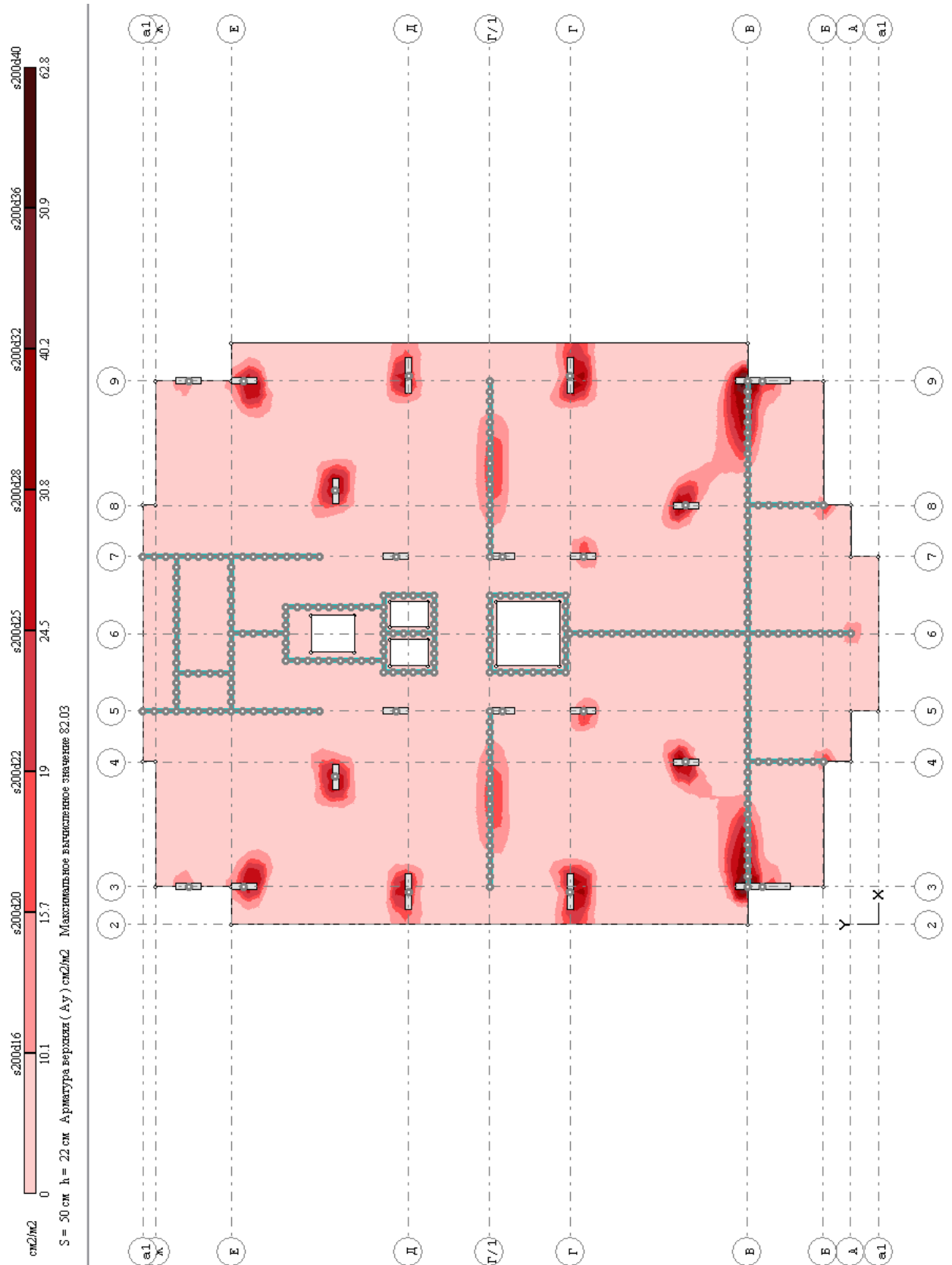
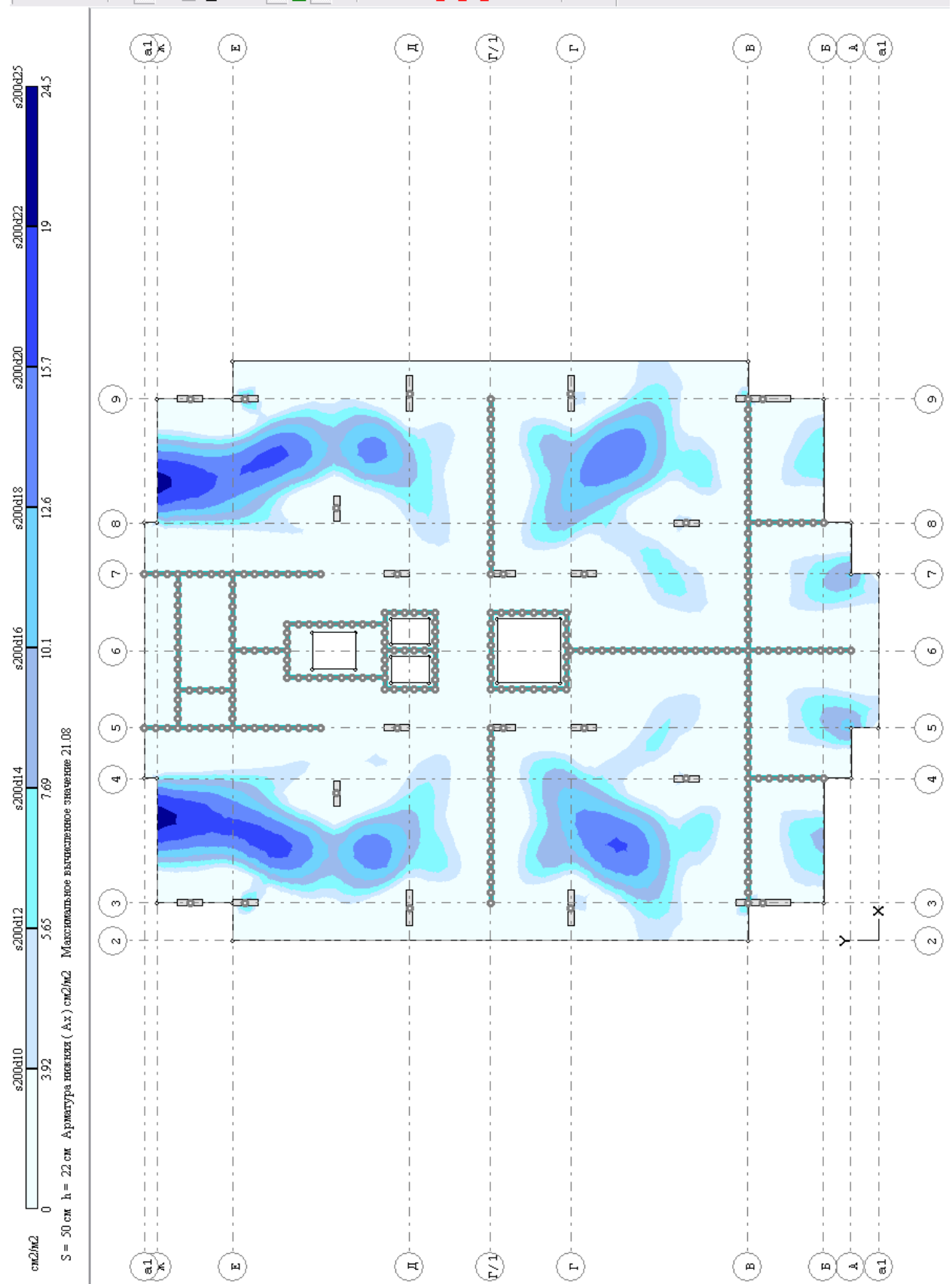


Рисунок 2.6 – Армования верхне по оси Y

Рисунок 2.7 – Армування нижнє A_x

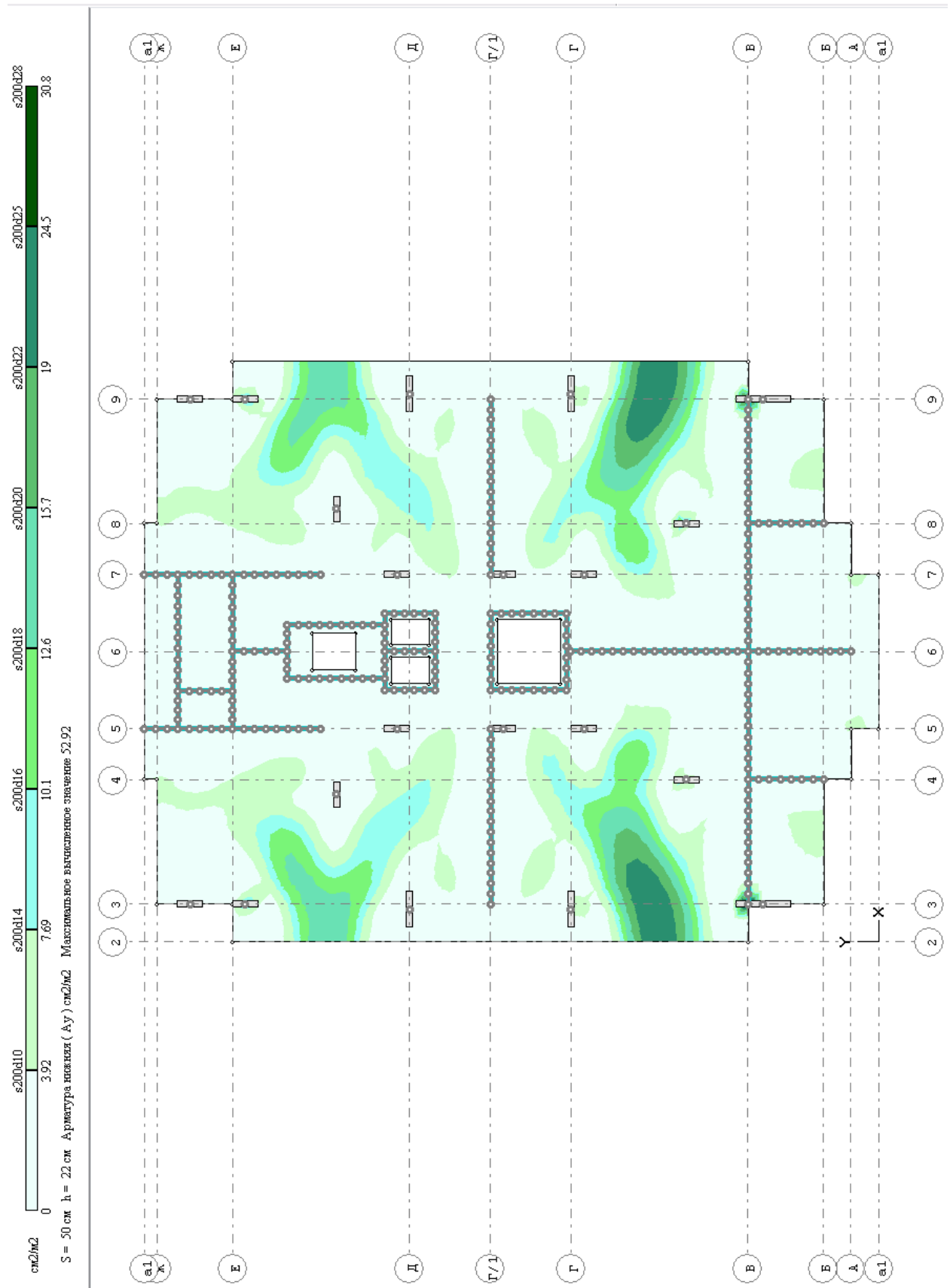


Рисунок 2.8 – Арматура нижня A_y

Специфікація арматури наведена в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Специфікація арматури

Марка, поз.	Найменування				Кількість , шт.			Маса одиниці кг.	Примітка
					Нижній ряд	Верхн. ряд	Всього		
	Армування нижньої зони плити.								
1	Ø10 A500C	ДСТУ 3760-98	Lзаг.= 5800 п.м.	---	---	---	---	0.617	3578,6
2	Ø16 A500C	ДСТУ 3760-98	L= 2000	67	--	67	67	3.16	211,72
3	Ø10 A500C	ДСТУ 3760-98	L= 1200	26	--	26	26	0.74	19,24
4*	Ø16 A500C	ДСТУ 3760-98	L= 1120	66	--	66	66	1.77	116,82
5	Ø16 A500C	ДСТУ 3760-98	L= 1700	60	--	60	60	2.69	161,4
6	Ø10 A500C	ДСТУ 3760-98	L= 1500	32	--	32	32	0.93	29.76
7	Ø16 A500C	ДСТУ 3760-98	L= 2400	146	12	158	158	3.79	598,82
8*	Ø16 A500C	ДСТУ 3760-98	L= 1870	12	103	115	115	2.95	339,25
9	Ø16 A500C	ДСТУ 3760-98	L= 1800	34	13	47	47	2.84	133,48
10*	Ø16 A500C	ДСТУ 3760-98	L= 1320	32	18	50	50	2.09	104,5
11	Ø16 A500C	ДСТУ 3760-98	L= 4100	50	--	50	50	6.48	324.0
12*	Ø16 A500C	ДСТУ 3760-98	L= 1520	26	--	26	26	2.40	62,4
13	Ø16 A500C	ДСТУ 3760-98	L= 2600	98	70	168	168	4.11	690,48
14*	Ø16 A500C	ДСТУ 3760-98	L= 1720	16	--	16	16	2.72	43,52
15	Ø16 A500C	ДСТУ 3760-98	L= 2800	-	52	52	52	4.42	229,84
16	Ø16 A500C	ДСТУ 3760-98	L= 3500	-	10	10	10	5,53	55,3
17	Ø16 A500C	ДСТУ 3760-98	L= 3700	-	34	34	34	5,85	198,9
18	Ø16 A500C	ДСТУ 3760-98	L= 2900	-	72	72	72	4,58	329,76
19	Ø16 A500C	ДСТУ 3760-98	L= 2200	-	39	39	39	3,48	135,72

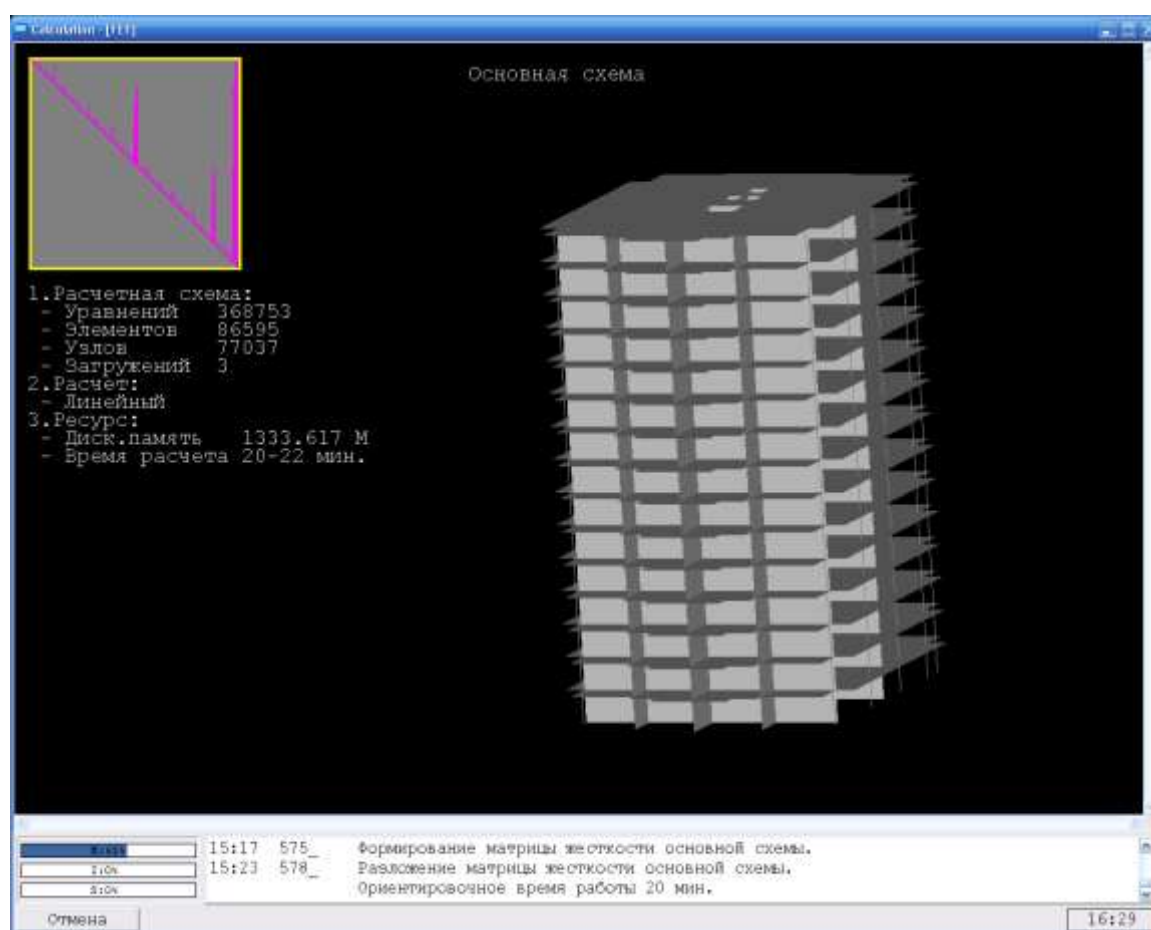


Рисунок 2.9 – Робочий інтерфейс програми

Плита перекриття в даному проєкті розраховується за допомогою обчислювального комплексу «Ліра 9.4», який використовує метод скінченних елементів для точного аналізу конструкцій. Основною метою цього розрахунку є підбір арматури, що забезпечить необхідну міцність і жорсткість плити, відповідно до навантажень, що діють на неї. Процес включає кілька важливих етапів:

1. Збір навантажень. Визначаються всі зовнішні та внутрішні навантаження, включаючи постійні та змінні, експлуатаційні навантаження та інші фактори, що діють на плиту. Всі навантаження розраховуються відповідно до діючих нормативних документів, таких як ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження та впливи».

2. Моделювання будівлі в «Мономах». Спочатку створюється конструктивна схема будівлі в програмі «Мономах». Це включає розміщення осей, пілонів, контурів плити, балок, перегородок та архітектурних отворів. У моделі також враховуються всі конструктивні особливості будівлі, включаючи навантаження, які були розраховані на попередньому етапі.

3. Розрахунок у «Мономах». Після того, як схему будівлі та навантаження введено, виконується розрахунок з кроком триангуляції 500 мм. Це дозволяє розбити плиту на дрібні елементи, що підвищує точність розрахунків.

4. Експорт моделі в «Ліра 9.4». Після завершення розрахунків у «Мономах», модель експортується в «Ліра 9.4», де відбувається остаточний аналіз.

5. Фінальний розрахунок у «Ліра 9.4». У цьому комплексі виконується перерахунок конструкції з урахуванням всіх параметрів. Результати розрахунку показують розподіл напружень і переміщень у плиті. Ці дані дозволяють точно підібрати арматуру для забезпечення необхідної міцності перекриття.

Загалом, розрахункова модель, створена в програмі «Ліра 9.4», складається з 37752 рівнянь, 12177 елементів та 6441 вузлів, що забезпечує високу точність і надійність результатів.

Площа необхідної арматури визначена розрахунковим шляхом. Згідно з сортаментом, обираємо арматуру d16A500C з кроком 200 мм. Площа робочих стержнів відповідає вимогам, проте цей розрахунок не проводиться вручну,

оскільки результати були отримані за допомогою обчислювальної програми. Зосереджена продавлююча сила (2.1):

$$P = 0,95 \cdot 8,43 \cdot 6,0 \cdot 6,3 \cdot 1,15 = 349 \text{ кН} \quad (2.1)$$

Бетон сприймає граничне навантаження (2.2):

$$P_1 = \gamma_c \cdot f_{ctd} \cdot A_c \quad (2.2)$$

, де: A_c – площа розрахункового перерізу, м^2 (2.3):

$$A_c = u \cdot d$$

$$A_c = 2,24 \cdot 0,16 = 0,36 \text{ м}^2 \quad (2.3)$$

Таким чином, проводимо розрахунок:

$$P_1 = 0,9 \cdot 1,15 \cdot 10^3 \cdot 0,36 = 372 \text{ кН}$$

За допомогою програми «Ліра 9.4» виконується імпорт даних в підпрограму «Ліра-Арм», де відбувається підбір арматури та отримуються відповідні результати.

Розрахунок на продавлювання: Зосереджена продавлююча сила P :
Граничне зусилля, яке може сприйняти бетон:

Перевіряємо виконання умови (2.4):

$$P = 349 \text{ кН} < P_1 = 372 \text{ кН} \quad (2.4)$$

Умова виконується. Несуча здатність на продавлювання забезпечується.

2.1.4 Розрахунок монолітного залізобетонного пілона

До розрахунку взято пілон громадської будівлі з підвалом, висотою 23 поверхи, з відносно невеликою відстанню між пілонами:

$$(2,74-5,7) \times (4,85-8,34), \text{ м}$$

і з незначним загальним корисним навантаженням $p_n = 4,0$ кПа. Залізобетонні монолітні пілони жорстко закріплені у фундаментах і з'єднані з плитами перекриття.

На основі вихідних даних було обрано пілон з поперечним перерізом 1700x300 мм, розташований централізовано по відношенню до модульних осей. Закріплення пілона у фундаменті виконується на глибину, що становить 1,5 ширини пілона (600 мм). Верхня частина пілона виходить на 800-1000 мм над плитою перекриття, щоб забезпечити зручність виконання монтажних стиків.

Загальна геометрична довжина пілона від верхнього обрізу фундаменту до його вершини дорівнює 3,6 м. Для виконання розрахунків приймаються наступні матеріали: бетон класу С25/30 і арматура робоча поздовжня А400С, поперечна А240С. Впливи першого порядку враховують геометричні недоліки та похибки монтажу конструкцій.

Таблиця 2.1– Характеристики матеріалів

Бетон С25/30		Арматура			
		А400С		А240С	
$f_{ck,prist}$ МПа	22	f_{yk} МПа	400	f_{yk} МПа	240
f_{cd} МПа	17	f_{yd} МПа	364	f_{yd} МПа	228.6
$f_{ctk,0.05}$ МПа	1.8	f_{ywd} МПа	285	f_{ywd} МПа	170
$\epsilon_{с3,cd}$ ‰	0.68	ϵ_{ud} ‰	0.025	ϵ_{ud} ‰	0.025
$\epsilon_{cu3,cd}$ ‰	3.0	E_p МПа	$2.1 \cdot 10^5$	E_p МПа	$2.1 \cdot 10^5$
γ_{c1}	1	γ_s	1.1	γ_s	1.05
Ест.ГПа	32.50				

При розрахунках за першою групою граничних станів необхідно брати до уваги впливи можливих геометричних похибок у ненавантаженій конструкції.

Потрібно зосереджуватися на врахуванні несприятливих ефектів, які можуть виникнути через різні недоліки. Якщо недосконалості мають менший вплив, ніж розрахункові горизонтальні навантаження, їх можна ігнорувати.

Згідно з умовами завдання, пілон є центрально-стиснутим елементом, що означає, що стискаюче зусилля N_{ed} проходить через центр ваги пілона. Розрахунок пілона виконується як центрально-стиснутого елемента, з урахуванням випадкового ексцентриситету e_a , який враховує помилки у виготовленні, монтажі та передачі навантаження на пілон.

Довжина пілона складає (2.5):

$$l = 3600 - 220 = 3380 \text{ мм} \quad (2.5)$$

Випадковий ексцентриситет розраховується за формулою (2.6):

$$l_0 = \mu \cdot l, \text{ м}$$

$$l_0 = 0.7 \cdot 3380 = 2366 \text{ м} \quad (2.6)$$

, таким чином:

$$e_i = \left\{ \begin{array}{l} l_0 / 600 \\ h / 30 \\ 10 \text{ мм} \end{array} \right\}$$

$$e_i = \left\{ \begin{array}{l} 2366 / 600 = 3.94 \text{ мм} \\ 300 / 30 = 10 \text{ мм} \\ 10 \text{ мм} \end{array} \right\}$$

Приймаємо найбільше значення $e_a = 10 \text{ мм}$.

Впливи другого порядку можуть виникати в конструкціях з гнучкими зв'язками. При їхньому врахуванні необхідно проводити перевірку рівноваги та опору конструкції у вже деформованому стані.

Якщо загальний вплив другого порядку становить менше 10% від відповідних впливів першого порядку, його можна не враховувати. Коли впливи другого порядку беруться до уваги, додаткові розрахунки на стійкість не потрібні, оскільки вважається, що вони вже враховані (2.7):

$$\lambda \leq \lambda_{\text{lim}} \quad (2.7)$$

Розраховуємо фактичну гнучкість наступним чином:

- 1) гнучкість колони $\lambda = l_0/i = l_0/0,289h = 360/0,289 \cdot 30 = 41,52$,
де i – радіус інерції перерізу (для прямокутного перерізу $i = 0,289h$);

- 2) відносна осьова сила
$$n = \frac{N}{A_c f_{cd}} = \frac{2000}{900 \cdot 1.45} = 1,53;$$

- 3) гранична гнучкість
$$\lambda_{\text{lim}} = \frac{20ABC}{\sqrt{n}} = \frac{20 \cdot 0.7 \cdot 1.1 \cdot 0.7}{\sqrt{1.53}} = 8,72 < \lambda = 41,52,$$

тобто, в розрахунку треба враховувати деформації другого порядку.

- 4) Деформації першого порядку (випадковий ексцентриситет)
 $e_i = l_0/400 = 360/400 = 0,9 \text{ см.}$

- 5) Критична сила

$$N = \frac{\pi^2 EI}{l_0^2},$$

де $EI = K_c E_{cd} I_c + 0,01 E_s A_s (0,5h - a)^2$; приймаємо $\varphi_{ef} = 2$;

$$K_c = \frac{0.3}{1 + 0.5 \varphi_{ef}} = \frac{0.3}{1 + 0.5 \cdot 2} = 0,15.$$

$$EI = \frac{0,15 \cdot 2300 \cdot 30^4}{12} + 0,01 \cdot 21000 \cdot 900 (15 - 4) = 46,15 \cdot 10^6 \text{ кНсм}^2;$$

$$N_B = \frac{3 \cdot 14^2 \cdot 46,15 \cdot 10^6}{360^2} = 3511 \text{ кН.}$$

- 6) Остаточна величина розрахункового ексцентриситету

$$e_0 = e_i \left(1 + \frac{\beta}{\frac{N_B}{N} - 1} \right) = 0,9 \left(1 + \frac{1,232}{\frac{3511}{2000} - 1} \right) = 2,37 \text{ см.}$$

- 7) Координата ядрової точки перерізу

$$r = h/6 = 5 \text{ см} > e_0 = 2,37 \text{ см};$$

$$e = e_0 + 0,5h - a = 2,37 + 15 - 4 = 13,37 \text{ см.}$$

При $r > e_0$ подальший розрахунок ведемо за першою формою рівноваги:

- 8) $\varepsilon_{c(1)} = \varepsilon_{cu,3} = 0,0031,$

$$\varepsilon_{c(2)} = \varepsilon_{cu,3} \left(1 - \frac{e_0}{r} \right) = 0,0031(1 - 2,37/5) = 0,00163;$$

- 9) $x = h \frac{\varepsilon_{cu,3}}{\varepsilon_{cu,3} - \varepsilon_{c(2)}} = 30 \frac{0,0031}{0,0031 - 0,00163} = 63,3 \text{ см};$

$$x^I = x \frac{\varepsilon_{cu,3} - \varepsilon_{c3}}{\varepsilon_{cu,3}} = 63,3 \frac{0,0031 - 0,00063}{0,0031} = 50,4 \text{ см} > h = 30 \text{ см},$$

тому напруження в бетоні по всьому перерізу $\sigma_c = f_{cd}$.

- 10) Деформації в менш стиснутій арматурі

$$\varepsilon_{s(2)} = \varepsilon_{cu,3} \frac{x-d}{x} = 0,0031 \frac{63,3-26}{63,3} = 0,00183;$$

- 11) напруження в менш стиснутій арматурі

$$\sigma_{s(2)} = \varepsilon_{s(2)} E_s = 0,00183 \cdot 21000 = 38,36 \text{ кН/см}^2 > f_{yd} = 36,5 \text{ кН/см}^2.$$

- 12) Необхідна кількість арматури з (3.16), (3.17):

$$A_s^I = \frac{Ne - f_{cd}bh(0,5h - a)}{f_{yd}(d - d^I)} = \frac{2000 \cdot 13,37 - 1,45 \cdot 30 \cdot 30(15 - 4)}{36,5(26 - 4)} = 15,4 \text{ см}^2;$$

$$A_s = \frac{N - f_{yd}A_s^I - f_{cd}bh}{\sigma_{s(2)}} = \frac{2000 - 36,5 \cdot 15,4 - 1,45 \cdot 30 \cdot 30}{36,5} = 3,65 \text{ см}^2.$$

Колона може деформуватись в будь-якому напрямку, тому приймаємо симетричне армування ($A_s = A_s^I$). Сумарна площа армування $A_{s\Sigma} = 30,8 \text{ см}^2$.

Приймаємо армування 4Ø32 A400C (32,17 см²).

Розрахунки деформацій слід виконувати з урахуванням появи тріщин, нелінійних характеристик матеріалів і процесу повзучості. Однак, у випадку лінійної роботи матеріалів, ці впливи можуть бути проігноровані шляхом зменшення жорсткості елементів.

Необхідно аналізувати характер поведінки конструкції в тих напрямках, де можуть виникати деформації, а у випадках необхідності враховувати двовісний згин. Невизначеності у геометричних параметрах та розміщенні

стискаючих навантажень слід враховувати як додаткові впливи першого порядку, базуючись на наявних геометричних недосконалостях.

Процес розрахунку пілона починається зі встановлення його розрахункової моделі. Пілон розглядається як вертикальний стрижень, жорстко зафіксований у фундаменті знизу і опертий на нерухомий шарнір у верхній частині (рис. 2.10).



Рисунок 2.10 – Залізобетонний пілон

Довжина стрижня визначається за формулою, де h – це висота першого поверху згідно з технічним завданням, а $0,5\text{ м}$ — це відстань від верхнього краю фундаменту до позначки чистої підлоги. При симетричному армуванні квадратного перерізу та використанні арматури класу А240, А400 і А500 (при умові, що значення $<20h$ та випадковий ексцентриситет не перевищує норми) дозволяється виконувати розрахунок без врахування впливів другого порядку. Розрахункова довжина для монолітних пілонів приймається рівною $0,7H$.

На пілон першого поверху передається навантаження від кожного перекриття через вантажну площу. Для розрахунку постійного навантаження від перекриття кожного поверху враховуються такі фактори:

а) навантаження від маси плити та підлоги, де q — це розрахункове навантаження від маси на 1 м^2 ;

б) навантаження від маси другорядних балок, що потрапляють у вантажну площу, де $\gamma = 25 \text{ кН/м}^3$ — об'ємна вага залізобетону, а n — кількість другорядних балок;

в) навантаження від головних балок.

Сумарне постійне навантаження визначається, беручи до уваги аналогічну конструкцію несучих елементів покриття, однак з меншими перерізами балок і плит, тому маса покриття приймається на рівні 80% від маси перекриття.

Для пілона першого поверху загальне постійне навантаження розраховується на основі кількості поверхів (k) будинку. Також необхідно враховувати тимчасове довготривале навантаження, наприклад, навантаження від людей та матеріалів у зонах обслуговування, яке дорівнює $1,5 \text{ кН/м}^2$.

При розрахунках також розглядається тимчасове короточасне навантаження, зокрема, снігове навантаження, яке визначається відповідно до норм для району будівництва.

Для снігового навантаження застосовується коефіцієнт, що враховує особливості розподілу навантаження на даху згідно ДБН.

В розрахунках використовується дві основні комбінації навантажень та одна додаткова. Основні включають постійні та довготривалі снігові навантаження, а додаткова комбінація враховує максимальні значення навантажень N . Найбільш несприятливі комбінації використовуються для визначення розмірів пілона та його поперечного перерізу.

Уточнення розмірів поперечного перерізу починається з вибору коефіцієнта армування $\rho = 0,01$. Тоді площа поперечного перерізу визначається як (2.8):

$$A_s = N_e d / (f_e d + \rho \cdot f_y d), \text{ см}^2 \quad (2.8)$$

,де h_s — сторона квадратного перерізу. Вибір точних розмірів здійснюється кратно 50 мм.

Далі визначаються моменти від впливів першого порядку, як для верхнього, так і для нижнього кінців пілона, що мають різні моменти опору.

Також розраховується фактична гнучкість конструкції та порівнюється з граничною гнучкістю для визначення стійкості пілона.

Після цього розраховуються робоча висота перерізу та необхідна площа арматури, що забезпечує міцність конструкції.

Мінімальний діаметр арматури для монолітних пілонів становить 12 мм, а процент армування має бути в межах 1%–3%. Поперечна арматура підбирається так, щоб вона запобігала втраті стійкості поздовжньої арматури, а крок її установки залежить від типу каркасу.

Розрахунок пілона можна виконати за допомогою розрахункової програми Мономах, котрий наведено нижче.

Нормативный документ

ДБН В.2.6-98:2009 Бетонні та залізобетонні конструкції

Бетон

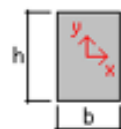
Класс	C30/37
-------	--------

Арматура

Класс продольной	A-III
Класс поперечной	A-I
Расчетный диаметр	40
продольной. мм	
Защитный слой	20
продольной. мм	
Привязка продольной.	40
мм	
Используемый	12.14.16.18.20.22.25.28.32.36.40
сортамент	
продольной	

Требования

Вязанный каркас. Модуль уменьшения шага поперечной арматуры 25 мм

Сечение

Размеры. мм:

b	250
h	1500
Площадь. см ²	3750

Отметки

Высота этажа. мм	3000
Высота перекрытия.	300
мм	

Отметки. м:

низа пілонны	0.000
верха перекрытия	+3.000

Расчетная длина

Коэффициенты расчетной длины:

τ_X	0.7
τ_Y	0.7

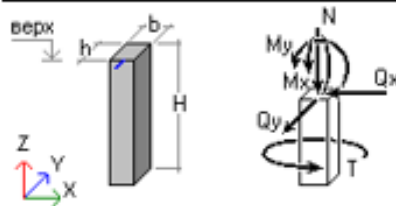
Расчетная длина. мм:

$L_0 X$	2100
$L_0 Y$	2100

Гибкость:

Lo/h X 1.40

Lo/h Y 8.40

Нагрузки

Результаты МКЭ расчета

	N. тс	Tx. тс*м	Ty. тс*м	Qx. тс	Qy. тс	T. тс*м	се ч
Постоянная	9.46	0.0652	0.0059	0.0095	0.0519	0.0018	1
			9	6		6	
	6.65	-	-	0.0095	0.0519	0.0018	2
		0.0905	0.0227	6		6	

Коэффициенты

Надежности по ответственности 1

	Пост.	Длит.	Кр.вр.	Ветр.	Сейсм
Надежности	1.1	1.2	1.2	1.4	1
Длительности	1	1	0.35	0	0
Продолжительности	1	1	1	0	0

Снижающий для кр. врем. нагрузки 1

Учитывать в расчете:

автоматически сформированные РСН

РСН, сформированные для случаев а. б

Коэффициенты расчетных сочетаний нагрузок (РСН)

	Пост.	Длит.	Кр.вр.	Ветр.	Сейсм
1-е. основное	1	1	1	1	0
2-е. основное	1	0.95	0.9	0.9	0
3-е. особое	0.9	0.8	0.5	0	1

Учитывать при автоматическом формировании РСН:

знакопеременность ветровой и сейсмической нагрузки

Расчетное армирование

As1 3.71

As2 3.71

Продольная арматура. см2:

полная 14.83

по прочности 14.83

% армирования	0.40
---------------	------

Поперечная	0
------------	---

арматура. см ² /м	
------------------------------	--

Расстановка продольной арматуры

Армирование симметричное	
--------------------------	--

угловые	4Ø16
---------	------

боковые	6Ø16
---------	------

Всего	10Ø16
-------	-------

Площадь арматуры.	20.1062
-------------------	---------

см ²	
-----------------	--

% армирования	0.54
---------------	------

Анкеровка продольной арматуры

Диаметр стержня. мм	Длина анкеровки. мм	Длина нахлестки. мм
---------------------	---------------------	---------------------

16	390	470
----	-----	-----

Расстановка поперечной арматуры

Зона анкеровки. мм:	4Ø6
---------------------	-----

шаг	150
-----	-----

привязка 1-го	50
---------------	----

зона раскладки	450
----------------	-----

привязка	500
----------	-----

последнего	
------------	--

Основная зона. мм:	10Ø6
--------------------	------

шаг	200
-----	-----

привязка 1-го	700
---------------	-----

зона раскладки	1800
----------------	------

привязка	2500
----------	------

последнего	
------------	--

Доборный. мм:	1Ø6
---------------	-----

шаг	150
-----	-----

привязка	2650
----------	------

расст. до верха	50
-----------------	----

Площадь арматуры.	2.82743
-------------------	---------

Режимы установки шпилек:	нет
--------------------------	-----

Объемы и цены

	Стоим. ед.	Количество	Сумма
Бетон. м ³	1	1.125	1.13
Арматура. кг	1	62.565	62.56
Опалубка. м ²	1	9.45	9.45
Всего. ед.			73.14

В розрахунковій програмі Мономах 4.2 армування пілона матиме вигляд:

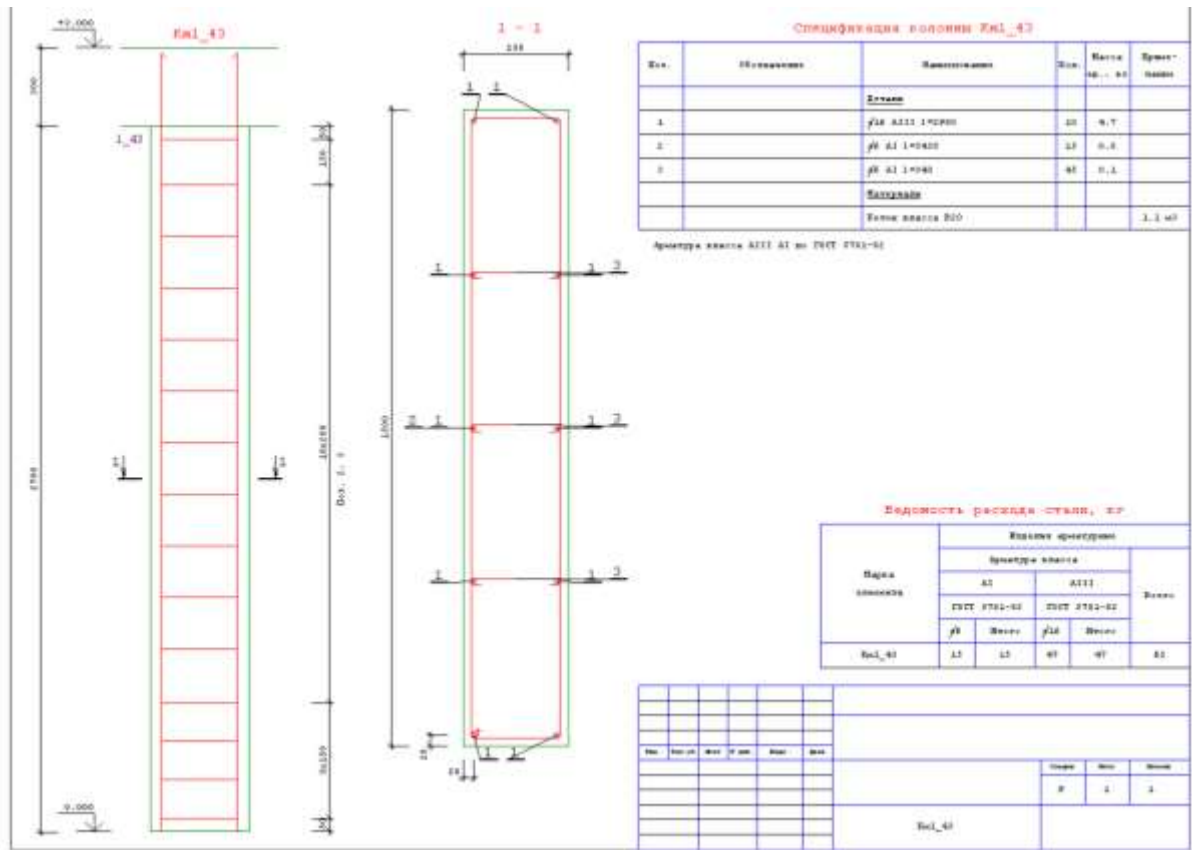


Рисунок 2.11 – Результати розрахунку пілона

РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Характеристика умов будівництва

Проект передбачає зведення житлової будівлі з діловим центром та підземним паркінгом у місті Біла Церква. Рельєф місцевості здебільшого рівний, з незначним нахилом, де висоти поверхні землі варіюються від 141,5 м до 143,0 м. За нульову позначку взято рівень чистої підлоги першого поверху в межах осей «1-14/А-Ж», що відповідає абсолютній позначці 142,10 м. Під час геологічних досліджень не було виявлено підземних вод.

Конструкція будинку виконана із залізобетону та газобетону. Будівля налічує 23 поверхи, кожен з яких має висоту 3,0 м. Розміри плану будівлі складають 31,68х24,60 м. Доставку матеріалів, виробів та конструкцій на об'єкт планується здійснювати автомобільним транспортом від підприємств, складів та промислових баз генерального підрядника, що розташовані на відстані 9 км від об'єкта. Кар'єри та відвали ґрунту знаходяться на відстані 10 км та 15 км відповідно.

Енергозабезпечення будівельного майданчика передбачено за тимчасовою схемою, підключеною до існуючих мереж району. Постачання стисненого повітря планується від пересувних компресорів типу, а кисень доставлятимуть у балонах. Для забезпечення рівномірного виконання робіт і споживання ресурсів будівництво рекомендується організовувати поточним методом, з максимально можливим суміщенням окремих етапів та видів робіт.

3.2 Рішення щодо організації будівельного виробництва

3.2.1 Підготовчі роботи

До початку виконання будівельних робіт на об'єкті необхідно здійснити ряд підготовчих заходів згідно з вимогами ДБН А.3.1-5-2016 Організація будівельного виробництва, а саме:

- проведення організаційних та фінансових підготовчих заходів;

- створення геодезичної бази для будівництва;
- розчищення будівельного майданчика від перешкод;
- планування території для виконання будівельних робіт;
- влаштування тимчасових споруд для потреб будівництва;
- будівництво запроектованих об'єктів та споруд, які будуть використовуватися під час будівельного процесу;
- розробка робочої документації для виконання будівельних робіт.

3.2.2 Виконання геодезичних робіт

Усі геодезичні роботи на об'єкті виконуються відповідно до ДБН В.1.3-2-2010 «Геодезичні роботи у будівництві». Винесення в натуру головних осей будівель, інженерних мереж та інших споруд здійснюється за допомогою знаків, які описані в додатках до цього нормативного документа. Будівельно-монтажна організація несе відповідальність за виконання геодезичного контролю точності усіх етапів будівництва, а також за відповідність змонтованих конструкцій проектним рішенням.

Вимоги до приладів, обладнання та умов забезпечення точності кутових, лінійних і висотних вимірювань, а також точності передачі відміток по висоті, осей і точок по вертикалі наведені в додатках до ДБН В.1.3-2-2010.

3.2.3 Визначення обсягів БМР

Відомість підрахунку обсягів будівельних робіт наведено в табл.3.1.

Таблиця 3.1 – Обсяги виконання будівельних робіт

№ п/п	Найменування робіт	Об'єм робіт	
		Один. Виміру	Кількість
1	Підготовчий етап будівництва		3%
2	Зрізання рослинного шару ґрунту	1 м ³	190

3	Розробка ґрунту в котловані із навантаженням в автотранспорт	1 м3	370.9
4	Добірка ґрунту вручну	1 м3	1500
5	Розмітка площадки під палі	1 м3	796
6	Влаштування паль	1шт.	315
7	Влаштування щебеневої підготовки	100м2	33.4
8	Ущільнення щебеневої підготовки	100м2	33.4
9	Влаштування з/б монолітного ростверку	1 м3	5012
10	Влаштування пілонів підвалу	1 м3	83.25
11	Влаштування стінового огородження	1 м3	244.8
12	Влаштування внутрішніх стін	1 м3	108
13	Влаштування з/б монолітної плити перекриття на відм. 0.000	1 м3	668.3
14	Монтаж елементів сходів	1 ел	5
15	Влаштування шахти ліфту	1 м3	8.3
16	Влаштування монолітних з/б пілонів 1-23 поверхів	1 м3	1481.1
17	Влаштування монолітних з/б плити перекриття 1-23 поверх	1 м3	6787.3
18	Влаштування газобетонних стін 1-23 поверхів	1 м3	11592
19	Влаштування внутрішніх стін та перегородок 1-23 поверхів	1м2	2732.4
20	Монтаж елементів сходів 1-23 поверхів	1 ел	46
21	Влаштування шахти ліфту 1-23 поверхів	1 м3	138
22	Влаштування монолітних з/б колон технічного поверху	1 м3	61.88
23	Влаштування монолітних з/б плити перекриття технічного поверху	1 м3	295.1
24	Влаштування газобетонних стін технічного поверху	1 м3	504
25	Влаштування внутрішніх стін та перегородок технічного поверху	1м2	118.1
26	Монтаж елементів сходів технічного поверху	1 ел	2
27	Влаштування шахти ліфту технічного поверху	1 м3	5.5
28	Влаштування монолітної з/б плити покриття	1 м3	295.1
29	Влаштування покрівлі	1м2	1475.5
30	Влаштування підлоги з лінолеуму	1м2	21.52
31	Влаштування підлоги з паркетної дошки	1м2	48662

32	Влаштування наливної підлоги	1м2	732.48
33	Влаштування підлоги з керамічної плитки	1м2	36288
34	Влаштування віконних та балконних блоків	100м2	80503
35	Влаштування дверних блоків	100м2	805
36	Влаштування гідроізоляції	1м2	172.2
37	Штукатурка стін паркінгу	1м2	4150
38	Штукатурка стін 1-23 поверхів	1м2	49800
39	Покращена штукатурка стелі	1м2	13020
40	Високоякісне фарбування стін водоемульсійними сумішами для паркінгу	1м2	4150
41	Високоякісне фарбування стін водоемульсійними сумішами для 1-23 поверхів	1м2	49800
42	Декоративне облицювання фасадів	100м2	158.4
43	Облицювання цоколя гранітними плитами	100м2	5.8
44	Інші роботи	—	—
45	Сантехнічні роботи	—	—
46	Електромонтажні роботи	—	—
47	Благоустрій	—	—
48	Прийом об'єкту в експлуатацію	—	—

3.2.4 Влаштування фундаментів та фундаментної плити

Влаштування фундаментів передбачає використання буроін'єкційних паль діаметром 620 мм, які встановлюються за допомогою бурової установки BG-50. Процес буріння виконується через важкий кондуктор, який після досягнення необхідної глибини знімається. Далі встановлюється короткий обсадний патрубок, у який опускається арматурний каркас. Скважина заповнюється бетонною сумішшю через бетонолітну трубу. Після завершення бетонування обсадний патрубок видаляють і формують голову палі. Монтаж монолітного ростверку здійснюється у такій послідовності:

- встановлюється опалубка ростверку з готових щитів з дошок товщиною $\delta=30$ мм;
- монтується арматура ростверку у вигляді просторових каркасів;
- виконується бетонування ростверку. Бетонна суміш подається за допомогою крану LIEBHERR 180EC-H6 у поворотних бункерах об'ємом 1 м^3 ;
- під час бетонування суміш ущільнюється глибинними вібраторами типу ИВ-67;
- після досягнення бетоном 50% міцності, через 5 днів технологічної перерви, проводиться розбирання опалубки.

Під монолітну залізобетонну плиту фундаменту влаштовується бетонна підготовка завтовшки 100 мм із бетону класу C7.5, яка має випуски на 100 мм з усіх сторін за периметром фундаменту.

Для влаштування плитного фундаменту монтується інвентарна дрібнощитова опалубка. Спочатку вкладається нижня сітка основного та додаткового армування на підставки для забезпечення захисного шару. Потім встановлюються просторові каркаси випусків для стін підвалу, каркаси поперечного армування та підтримуючі просторові каркаси. Після цього вкладається верхня сітка основного і додаткового армування.

Бетонування фундаменту виконується за допомогою стаціонарного бетононасоса Putzmeister BSA 1005 E з максимальною продуктивністю 47 м^3 . Під час процесу бетонування бетон ущільнюється за допомогою глибинних вібраторів ИВ-80. Демонтаж опалубки проводиться після досягнення бетоном 70% міцності.

3.3 Вибір монтажного крану

Вибір монтажного крану – це ключовий етап у процесі будівництва, який визначає ефективність монтажних робіт, а також безпеку та швидкість

зведення конструкцій. При виборі крану потрібно враховувати низку факторів, які впливають на його технічні характеристики та відповідність завданню.

Монтажна маса визначається за формулою (3.1):

$$P_m = P_e + P_{t.o.}, \text{ т} \quad (3.1)$$

, де: P_e – маса будівельного елемента (наприклад, баддя з бетоном);

$P_{t.o.}$ – маса такелажного оснащення для монтажу.

$$P_m = 3.0 + 0.2 = 3.2 \text{ т}$$

Монтажна висота визначається за формулою (3.2):

$$H_m = h_1 + h_2 + h_3 + h_4, \text{ м} \quad (3.2)$$

, де: $h_1 = 1.54 + 34.30 = 35.84$ м – висота від рівня стоянки крана до рівня опори будівлі;

$h_2 = 0.5$ м – зазор між рівнем опори та нижнім кінцем елемента;

$h_3 = 1.5$ м – висота елемента, що монтується;

$h_4 = 3.0$ м – висота такелажного пристрою.

Проводимо розрахунок:

$$H_m = 35.84 + 0.5 + 1.5 + 3 = 40.84 \text{ м}$$

Виліт стріли визначається за формулою (3.3):

$$L_m = L_1 + L_2 + L_3, \text{ м} \quad (3.3)$$

, де: $L_1 = 22.8$ м – відстань від виступаючої частини будівлі з боку крана до центру ваги елемента, що монтується;

$L_2 = 2.5$ м – відстань від виступаючої частини будівлі до крайньої рейки підкранової колії;

$L_3 = 3$ м – половина ширини підкранової колії.

$$L_m = 22.8 + 2.5 + 3 = 28,3 \text{ м}$$

Приймаємо кран LIEBHERR 180EC-H6 з такими характеристиками:

- вантажопідйомність: $Q = 4-10$ т;
- виліт стріли: $L = 40$ м;
- максимальна висота підйому: $H = 50$ м.

3.4 Календарне планування та організація будівництва

Основним завданням календарного планування є встановлення послідовності виконання будівельно-монтажних робіт, а також визначення потреб у трудових та матеріальних ресурсах. План складається у вигляді таблиці, де в лівій частині розміщуються вихідні дані, а в правій частині представлений лінійний графік виконання робіт у масштабі часу.

Головними вихідними даними для проектування є перелік та обсяг будівельно-монтажних робіт (БМР), нормативні джерела, такі як рекомендації та технологічні розрахунки, що використовуються для визначення трудомісткості та машиноємності робіт. Також враховуються дані про наявність будівельної техніки та склад робочих бригад, необхідних для виконання робіт.

Виробництво основних будівельно-монтажних робіт організоване з урахуванням одночасного виконання різних видів БМР. Для подачі бетону та арматури використовується кран LIEBHERR 180EC-H6.

Зведення каркаса будівлі планується із застосуванням крупнощитової опалубки BAUTA. Зовнішні стіни виконуються з цегли товщиною 380 мм з утеплювачем Rockwool та вентильованою фасадною системою з керамічної плитки.

Перед початком бетонування колон та стін проводяться такі підготовчі роботи:

- встановлення арматурних виробів;
- монтаж всіх елементів опалубки;
- перевірка наявності змащення на опалубочних щитах;
- підготовка інструментів та інвентарю.

Великогабаритні щити опалубки та каркаси арматури монтуються за допомогою крана. Опалубка для плит перекриття встановлюється вручну за допомогою стійок.

Бетонна суміш з осіданням до 8 см під час бетонування стін і колон укладається рівномірно по всій довжині шарами 30...40 см безперервно на всю висоту. Подача бетонної суміші здійснюється в баддях об'ємом 1 м³ за допомогою крана.

Для ущільнення суміші застосовуються глибинні вібратори ИВ-67. Після досягнення бетоном початкової міцності проводяться розпалубочні роботи, при цьому великі щити опалубки переставляються на нову позицію за допомогою крана.

Під час бетонування стін у журнал бетонних робіт заносяться такі дані:

- дата початку та завершення бетонування за захватками;
- робочі склади бетонної суміші та показники її рухливості;
- обсяг виконаних робіт по захватках;
- температура зовнішнього повітря під час бетонування;
- температура бетонної суміші під час укладання.

Операційний контроль якості бетонування стін виконується відповідно до ДБН А.3.1-5:2016 "Організація будівельного виробництва". Відхилення у положенні та розмірах монолітних стін і колон не повинні перевищувати

норми, зазначені в ДБН 8.2.6-98:2009 "Бетонні та залізобетонні конструкції". Роботи проводяться з дотриманням техніки безпеки згідно з ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислова безпека в будівництві". У зимовий період важливо підтримувати температурно-вологісний режим, що забезпечує наростання міцності бетону, застосовуючи штучний підігрів конструкцій.

Міцність бетону контролюється випробуванням зразків, результати яких заносяться у журнал контролю температур.

Влаштування монолітного перекриття виконується за технологічною картою та графічною частиною проекту.

При зведенні будинку застосовується комплексний спосіб, що передбачає зведення несучих конструкцій (стін, колон і перекриттів) на кожному поверсі. Цегляна кладка, теслярські роботи та обробка приміщень виконуються після влаштування трьох перекриттів вище. До завершення плити перекриття на кожен новий поверх подається малогабаритне обладнання та матеріали, необхідні для завершення БМР. У місцях розвантаження і тимчасового складування цегли опалубка перекриття не розбирається, доки бетон перекриття не набере проектну міцність.

Календарне планування будівництва — це процес створення графіка виконання будівельно-монтажних робіт для забезпечення послідовного та організованого будівництва. Планування починається з визначення етапів будівництва, таких як фундаментні роботи, зведення каркаса, оздоблювальні роботи тощо. На кожному етапі оцінюється тривалість робіт, необхідні ресурси та їх взаємозв'язок. Важливим аспектом є організація послідовності робіт для уникнення затримок і забезпечення безперервного процесу. Також проводиться постійний контроль за дотриманням запланованих термінів і, за потреби, вносяться корективи.

Календарний план графік виробництва наведено в графічній частині дипломного проекту.

3.5 Розробка будівельного генплану

3.5.1 Тимчасові дороги

Тимчасові шляхи влаштовуються для забезпечення доступу до будівельного майданчика та переміщення техніки. У цьому випадку тимчасовий шлях має ширину 6.0 м, що дозволяє організувати двополосний рух транспорту. Для покриття використовуються збірні залізобетонні плити розміром 0,12 на 3 на 6 м. Тимчасові шляхи розташовуються в зоні дії баштового крана LIEBHERR 180EC-H6, що дозволяє ефективно переміщати вантажі під час будівельних робіт.

Поперечний переріз тимчасового шляху включає:

- основне покриття з залізобетонних плит;
- шар піщаної основи або щебеню для вирівнювання та дренажу;
- при потребі, бордюрні елементи для утримання плит на місці.

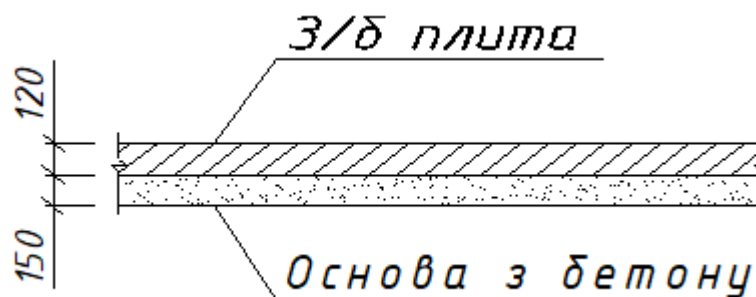


Рисунок 3.1 – Влаштування тимчасових доріг

3.5.2 Розрахунок тимчасових будівель та споруд

На будівельному майданчику розміщуються різні типи тимчасових споруд, зокрема санітарно-побутові, адміністративні, виробничі та складські приміщення. Потреба в цих тимчасових спорудах визначається виходячи з максимального числа працюючих на майданчику та нормативної площі, що припадає на одну людину.

Загальна кількість працівників розраховується за формулою (3.4):

$$N_{\text{заг}} = (N_{\text{роб}} + N_{\text{итр}} + N_{\text{служб}} + N_{\text{мон}}) \cdot K_o, \text{ чол}$$

$$N_{\text{заг}} = (58+8+6+3) = 75 \text{ чол}$$
(3.4)

Розрахунок наведено в табличному вигляді та занесено до табл. 3.6.

Таблиця 3.2 – Розрахунок площ тимчасових будівель

№ п/п	Найменування	Розр. к-сть. праців., чол	Показник на 1 працюючих	Площа за розрахунком. м²	Тип будівлі	Розміри будівлі в плані, м	Площа. м²	Висота приміщення. м²	К-сть. шт..
1	Прохідна	2	8...10	16	зб-розб.	3х3	18	2.8	2
2	Їдальня	53	1.2	64.8	конт.	7х10	70	2.8	1
3	Гардеробна чоловіча	75	0.6	34.2	конт.	6х7	42	2.8	1
4	те ж жіноча	10	0.6	2	конт.	6х3	18	2.8	1
5	Душові чоловічі	37	0.82	32	конт.	5х7	35	2.8	1
6	те ж жіночі	16	0.43	12.3	конт.	2х7	14	2.8	1
7	Туалет чоловічий	37	0.14	6	конт.	2х4	8	2.8	1
8	Туалет жіночий	16	0.14	2.1	конт.	2х3	6	2.8	1
9	Медпункт	54	до 70м²	20	зб-розб.	5х4	20	2.8	1
10	Кабінет техн.безпеки	8	22	22	зб-розб.	4х6	24	2.8	1
11	Прорабська	10	7	21	конт.	4х6	24	2.8	1

Для початку обчислюється загальна кількість працівників на будівельному майданчику. Це число залежить від етапів будівництва, виду робіт та кількості робітників, задіяних на кожному з етапів. На основі цих даних визначають кількість необхідних побутових і адміністративних приміщень, а також площу для кожного з них.

Санітарно-побутові приміщення включають душові, роздягальні, туалети, а адміністративні будівлі — офіси для керівного складу та технічного персоналу.

3.5.3 Визначення потреби в складських приміщеннях

Об'єм матеріалів, які підлягають збереженню на складі, визначається формулою (3.5):

$$Q_s = Q \times \alpha \times T \times \pi, \text{ м}^3 \quad (3.5)$$

де Q – об'єм матеріалу, який необхідний для будівництва;

$\alpha = 1.1$ – коефіцієнт нерівномірності постачання матеріалів і виробів на склади;

T – тривалість використання даного ресурсу (за календарним планом);

π – нормативний запас матеріалу.

Корисна площа складу (без проходу) (3.6):

$$S_k = \frac{Q_s}{q}, \text{ м}^2 \quad (3.6)$$

, де: q – кількість матеріалу, що вкладається на 1 м² площі складу (значення визначається за таблицею).

Розрахункова площа складу з проходами (3.7)

$$S_p = \frac{S_k}{\beta}, \text{ м}^2 \quad (3.7)$$

, де β – коефіцієнт використання площі складу (приймається за таблицею).

Складувати матеріали та обладнання слід так, щоб вони не створювали небезпеку для робітників, не перевантажували конструкції в місцях складування (перекриття, ліси, підмостки) та не обмежували проходи.

Складування матеріалів, конструкцій та обладнання повинно відповідати вимогам стандартів і технічних умов на матеріали, вироби та обладнання. Конструкції складуються в робочому положенні, а підкладки та прокладки в штабелях розміщують по одній вертикалі, при цьому їх товщина повинна бути більшою за висоту монтажних петель щонайменше на 20 мм.

Розрахунок складів наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Розрахунок площі необхідних складських приміщень

№ п/п	Найменуванням матеріалів. конструкцій	Од. вимір у	Кількі сть необх ідних теріал ів Q	Найбі льші добов витра ти	Прийн ятий запас в натур. показн иках. Р	Нс Норм рма а збер. на 1м ² площі ді. днсклад у	Корп сна плош а склад у	Коеф іцієн т на прох одн. β	Розра хунк ова плош а склад у	Прий нята плош а склад у	Розмір складу . м по УТС	Тип складу	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Пісок	м³	200	33.3	102	5	4	25.5	0.5	51	54	6x9	відкр.
2	Щебінь	м³	225	46	230	5	2.4	65.8	1.0	65.8	70	7x10	відкр.
3	Цемент	м³	150	25	50	6	4	12.5	0.5	25	28	4x7	закр.
4	Арматура	т	120	20	37.8	7	1.4	27	0.5	54	56	4x14	відкр.
5	Утеплювач	м³	300	50	144	6	4	9	0.5	18	20	5x4	закр
6	Цегла	м³	116	60	105	7	0.75	140	0.5	280	300	20x15	відкр.
7	Сходишкові марші	м³	50	10	12.8	5	0.8	16	0.5	32	36	4x9	відкр.

Відстань між штабелями і стелажми повинна бути не менше 1.0 м, а ширина проїздів – відповідати габаритам транспортних засобів плюс 1.5 м.

Пилоподібні матеріали зберігаються в закритих ємностях. Якщо глибина ємностей перевищує 2.0 м, вони повинні бути обладнані засобами для запобігання утворенню сводів або зависань матеріалу, або ж для примусового його обрушення.

Небезпечні розчинники зберігаються в герметично закритій тарі.

При роботі з вибухонебезпечними та шкідливими речовинами на робочих місцях електрообладнання повинно бути у вибухозахищеному виконанні, а також застосовується примусова вентиляція.

Використання відкритого вогню дозволяється на відстані понад 50 м від складу легкозаймистих і вибухонебезпечних матеріалів. Запас матеріалів на робочих місцях розраховується на одну зміну.

Перед початком робіт у колодязях, шурфах або закритих ємностях, де можливе скупчення шкідливих газів, необхідно провести контроль повітряного середовища. Робота в таких умовах виконується із страховкою (мінімум дві людини нагорі). У колекторах або комунікаційних тунелях мають бути відкриті два найближчих люки для безпеки працівників.

3.5.4 Водопостачання будмайданчику

Необхідний діаметр водопроводу визначається для забезпечення безперебійного постачання води на будівельний майданчик для виробничих, господарських потреб та пожежогасіння. Сумарні витрати води обчислюються на основі окремих потреб: виробничі потреби включають використання води для бетонування, охолодження обладнання та інших технологічних процесів, господарські потреби – для забезпечення санітарних умов на майданчику.

Після розрахунку сумарних витрат води визначають діаметр водопроводу, який забезпечить достатню пропускну здатність системи.

Сумарні витрати води визначаються за формулою (3.8):

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{пр}} + Q_{\text{гос}} + Q_{\text{пож}}, \text{ л/с} \quad (3.8)$$

, де: $Q_{\text{пр}}$ – витрати води на виробничі потреби, л/с;

$Q_{\text{гос}}$ – витрати на господарські потреби, л/с;

$Q_{\text{пож}}$ – витрати на пожежогасіння, л/с.

Визначившись з основними витратами в залежності від технологічних процесів, проводимо розрахунок:

$$Q_{\text{заг}} = 4.03 + 1.05 + 10 = 15,08 \text{ л/с}$$

Необхідний діаметр трубопроводу розраховується за формулою (3.9):

$$P = \sqrt{4 \cdot Q_{\text{заг}} + 1000 / (\pi \cdot V)} \quad (3.9)$$

, де: $V = 1,5$ м/с – швидкість руху води в трубах;

$$P = \sqrt{4 \cdot 15,08 + 1000 / (3,14 \cdot 1,5)} = 95,4 \text{ мм}$$

Прийнятий діаметр водопроводу 100 мм відповідає розрахованим витратам і забезпечить необхідну подачу води для всіх зазначених потреб

3.5.5 Електрозабезпечення будівельного майданчику

Для визначення розрахункової потужності трансформатора використовуємо формулу (3.10):

$$P_p = \left(\sum \frac{P_c \cdot k_{1c}}{\cos \varphi} + \sum \frac{P_m \cdot k_{2c}}{\cos \varphi} + \sum P_{c\phi} \cdot k_{3c} + \sum P_{o3} \right) \cdot \alpha, \text{ кВт} \quad (3.10)$$

де: $\alpha = 1,1$ – коефіцієнт, що враховує втрати енергії;

P_s – потужність силових споживачів.

У цьому випадку вона включає:

- кран LIEBHERR– 320 кВт;
- машини та механізми – 90 кВт, зварювальний трансформатор – 250 кВт.

$$P_s = 320 + 90 + 250 = 660 \text{ кВт}$$

P_{te} – це потужність технологічних споживачів, яка дорівнює 425 кВт.

P_{os} – це загальна потужність, витрачена на освітлення, включаючи:

- внутрішнє освітлення, $P_{ss} = 120 \text{ кВт}$;
- зовнішнє освітлення, $P_{ox} = 36 \text{ кВт}$;
- аварійне освітлення, $P_a = 6 \text{ кВт}$.

$$P_{os} = 36 + 6 = 42 \text{ кВт}$$

Загальна розрахункова потужність трансформатора обчислюється наступним чином:

$$P_p = \left(\frac{0.36 \cdot 658}{0.65} + \frac{0.5 \cdot 425}{0.85} + 0.8 \cdot 120 + 42 \right) \cdot 1.1 = 827.6 \text{ кВт}$$

Приймаємо трансформаторну підстанцію СКГП з потужністю 1000 кВт, що забезпечить безперебійне енергопостачання для будівельного майданчика та відповідних потреб.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА

4.1 Локальний кошторис на загальнобудівельні роботи

Локальний кошторис на загальнобудівельні роботи — це документ, що детально визначає вартість будівельних процесів, необхідних для зведення об'єкта. Він включає розрахунок вартості матеріалів, обладнання, робочої сили та всіх витрат, пов'язаних із виконанням будівельних робіт. На основі цього кошторису можна визначити загальну вартість будівництва та правильно розподілити фінансові ресурси.

Основними етапами його складання є визначення обсягів робіт, оцінка матеріальних витрат, розрахунок трудовитрат та облік витрат на непрямі потреби, такі як енергоресурси та забезпечення техніки безпеки. Важливим аспектом є точність визначення обсягів робіт та використаних матеріалів, адже це дозволяє уникнути помилок у розрахунках і запобігти перевитратам.

Локальний кошторис допомагає забезпечити контроль за витратами та виконанням робіт відповідно до бюджету, що є ключовим фактором у будівельному процесі. Він також служить основою для взаєморозрахунків між замовником і виконавцем, гарантує прозорість у визначенні вартості та допомагає уникнути фінансових непорозумінь.

Розрахунок локального кошторису наведено в Додатку А.

.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ В БУДІВНИЦТВІ

5.1 Питання техніки безпеки до будівельного генплану

Основними заходами з техніки безпеки на будівельному майданчику є дотримання вимог, що забезпечують безпечну організацію робіт і захист працівників. Зону складування матеріалів та монтажну зону необхідно обгородити тимчасовим парканом висотою 2 м для запобігання несанкціонованого доступу. Для безпечного переміщення транспорту на майданчику встановлюється схема руху, причому швидкість не повинна перевищувати 10 км/год на прямих ділянках і 5 км/год на поворотах.

Працівники, які займаються стропуванням, повинні мати при собі посвідчення, червоні пов'язки та індивідуальні засоби захисту. Під час роботи гусеничного крана доступ до монтажно́ї зони повинен бути заборонений із встановленими попереджувальними знаками. Сигнали між особами, що керують монтажем, і машиністом крана подаються тільки однією відповідальною особою, за винятком сигналу "стоп", який може подати будь-хто в разі явної небезпеки.

При розвантаженні автотранспорту водій зобов'язаний покинути машину і перебувати в спеціально відведеній для цього зоні. Складування вантажів і конструкцій повинно здійснюватися згідно з встановленими правилами. Усі металеві частини механізмів, які можуть опинитися під напругою через порушення ізоляції, повинні бути заземлені.

Будівельний майданчик повинен бути огорожений парканом висотою 2 м. Під час виконання покрівельних робіт робітники зобов'язані використовувати захисні пояси, прикріплені до надійних конструкцій. Розігрів бітуму дозволяється тільки на спеціально відведених ділянках, з дотриманням вимог ДБН А.3.2-2-2009, і забороняється його розігрів безпосередньо на даху.

Тимчасові будівлі санітарно-побутового призначення, розміщені на будівельному майданчику, включають такі приміщення, як вбиральні, душові, вмивальні, приміщення для їжі та відпочинку працівників, а також

приміщення для обігріву, сушіння одягу та взуття. Для цих потреб використовуються тимчасові будівлі контейнерного типу розміром 9х3 м.

Складування будівельних матеріалів і конструкцій передбачено за межами призми обвалення ґрунту котловану, з дотриманням нормативних вимог. Матеріали слід зберігати відповідно до чинних стандартів та технічних умов на конкретні види матеріалів. Наприклад, цегла та плиткові матеріали зберігаються в спеціальних контейнерах, у штабелях висотою не більше двох рядів. Збірні залізобетонні плити типу ПК розташовуються в штабелях висотою до 2,5 м, що відповідає семи плитам з прокладками, а колони та ригелі штабелюються в три ряди.



Рисунок 5.1 – Плакати з охорони праці на будмайданчику

Для запобігання мимовільному зміщенню або осіданню матеріалів, їх розміщують на вирівняних майданчиках, засипаних та ущільнених щебенем. Прокладки та підкладки в штабелях повинні бути розташовані в одній вертикальній площині, а їх товщина має перевищувати висоту монтажних петель на не менше ніж 20 мм.

Майданчики для складування повинні мати ухил для відведення атмосферних опадів, що запобігає накопиченню води. Проходи між штабелями на складі повинні бути не менше 1 м завширшки, а проїзди — з урахуванням габаритів транспорту плюс 1,5 м для маневрів.

Для прийому розчинів та бетонів організовуються спеціальні майданчики з суцільною огорожею, яка запобігає утворенню пилу. На цих ділянках має бути передбачений водорозбірний кран для зволоження сипучих матеріалів і для інших технологічних потреб.

Внутрішньобудівельний транспорт, дороги та проїзди проектується відповідно до вимог ДБН А.3.1-5-2016 та ДБН А.3.2-2-2009, забезпечуючи належний рівень безпеки та організації транспортних потоків на будівельному майданчику.

Будівельний майданчик має один в'їзд та один виїзд, що забезпечує контрольований рух транспорту на територію. Ширина воріт для автомобільного в'їзду розрахована на найбільшу ширину транспортного засобу (наприклад, 6-тонний транспорт із шириною 2,4 м) з додаванням зазорів, що в підсумку дає ширину воріт 4,5 м. Автомобільні дороги на майданчику спроектовані з кільцевим рухом та під'їздами для розвантаження транспорту. Окремі ділянки доріг розміщені в зоні дії крана, тому проїзд по цих ділянках дозволяється лише за умови, що кран не працює. небезпечні ділянки позначаються спеціальними знаками для запобігання випадковому потраплянню транспорту в зону ризику.

Покриття основних тимчасових доріг виконане зі збірних залізобетонних плит розміром 2х4 м, тоді як під'їзди та допоміжні ділянки покриваються ущільненим щебенем, щоб зменшити утворення пилу. Радіуси закруглення доріг визначені відповідно до найбільшої довжини транспортних засобів, зокрема для перевезення арматури та опалубки приймаються радіуси не менше 9 м.

Для безпечного переміщення працівників на будмайданчику передбачені тротуари вздовж автомобільних доріг на відстані 2 м від краю

проїзду, ширина тротуарів — 1,1–1,5 м. Для входу в будівлю споруджено спеціальний навіс, який виходить за межі небезпечної зони роботи крана.

Зони дії потенційних небезпечних чинників (наприклад, рухомі частини машин, зони роботи крана) огорожуються сигнальними огорожами відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.8-43:2011. Роботи, не пов'язані з переміщенням вантажів краном, виконуються в безпечних зонах.

Межі небезпечної зони для роботи крана становлять $R_{\text{ок}} = 38$ м, що розраховано згідно з технологічною картою. Для забезпечення безпеки на майданчику організована система огорож, щоб виключити потрапляння в небезпечну зону. Робота крана передбачена переважно на ст. 1, і для цього тимчасово встановлені пересувні упори.

Будмайданчик огорожений парканом висотою 2 м відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.8-43:2011, що запобігає доступу сторонніх осіб. Панелі огорожі закріплені на залізобетонних плитах для забезпечення стабільності та безпеки на території будівництва.

5.2 Аналіз небезпек під час будівельного виробництва

Охорона праці — це комплекс заходів, спрямованих на забезпечення безпеки, збереження здоров'я і життя працівників під час виконання ними трудових обов'язків. Основною метою охорони праці є створення таких умов, за яких імовірність травмування або захворювання була б мінімальною, а продуктивність праці — максимальною. Для цього необхідно застосовувати науково обґрунтовані методи оцінки ризиків та управління безпекою на виробництві.

Управління охороною праці включає різні аспекти: оцінка можливих ризиків на кожному робочому місці та в кожному виробничому процесі дозволяє ідентифікувати небезпеки й усунути їх або зменшити до допустимого рівня. Профілактичні заходи включають навчання працівників правилам безпеки, організацію їхнього робочого місця з урахуванням всіх вимог

безпеки, використання засобів індивідуального захисту, а також впровадження технічних рішень, що зменшують ризики травматизму або аварій.

Технічне обслуговування обладнання, своєчасний ремонт і модернізація також є важливими складовими охорони праці, оскільки зношені механізми або системи можуть стати джерелом небезпеки. Водночас організація робочого процесу має забезпечувати правильне розміщення обладнання, безпечний рух людей і техніки, а також легкий доступ до аварійних виходів та евакуаційних шляхів.

Значну увагу слід приділяти медичному контролю за станом працівників та дотриманню санітарно-гігієнічних норм на робочих місцях. Моніторинг умов праці, таких як рівень шуму, освітлення, наявність шкідливих речовин, допомагає своєчасно виявляти шкідливі фактори і усувати їх.

Основне завдання охорони праці полягає не лише в тому, щоб звести до мінімуму ризики, пов'язані з виробництвом, але й забезпечити комфортні умови роботи для працівників, що сприяє підвищенню їхньої продуктивності. Важливо забезпечити працівникам належний рівень обізнаності про ризики і заходи безпеки, що досягається шляхом регулярного навчання, проведення інструктажів та профілактичних бесід.

Небезпечні та шкідливі фактори можуть включати фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні впливи. Відповідно до положень про розслідування нещасних випадків та професійних захворювань, необхідно чітко ідентифікувати такі ризики, щоб забезпечити належний рівень безпеки на виробничих об'єктах.

Особлива увага повинна бути приділена правильному монтажу світильників на необхідній висоті для забезпечення оптимального розподілу світла. Регулярна перевірка і технічне обслуговування освітлювального обладнання також є важливими для уникнення несправностей, що можуть створити небезпечні умови на будівельному майданчику.

Продовження таблиці 5.1

7	Недостатня освітленість	земельні роботи бетонні роботи цегляні роботи монтажні роботи покрівельні роботи зварювальні роботи оздоблювальні роботи а) зовнішні б) внутрішні ізоляційні роботи а) зовнішні б) внутрішні	10 Лк 30 Лк 10 Лк 30 Лк 30 Лк 50 Лк 30 Лк 100 Лк 30 Лк 30 Лк	ДБН В.2.5-28-2006 ДСТУ Б А.3.2-15:2011
8	Шум	земельні роботи бетонні роботи цегляні роботи зварювальні роботи монтажні роботи ізоляційні роботи а) зовнішні б) внутрішні оздоблювальні роботи а) зовнішні б) внутрішні	65 дБ 80 дБ 80 дБ 80 дБ 80 дБ 75 дБ 75 дБ 70 дБ 70 дБ	ГОСТ 12.1.003-83* ДСН 3.3.6.037-99
9	Вібрація	Ущільнення бетонної суміші Експлуатація машин і механізмів	$V_1 = 0.02$ м/с $V_2 = 0.04$ м/с	ДСТУ ГОСТ 12.1.012-2008 ДСН 3.3.6.39-99
10	Мікроклімат	Термічні роботи: Зварювальні Покрівельні Роботи на відкритому повітрі: земельні роботи бетонні роботи зварювальні роботи монтажні роботи оздоблювальні роботи: а) зовнішні б) внутрішні	$t=2000^{\circ}\text{C}$ $t=180^{\circ}\text{C}$ $V \leq 12$ м/с $V \leq 12$ м/с $V \leq 12$ м/с $V \leq 12$ м/с $V = 12$ м/с $V = 3.2$ м/с	ДБН А.3.2-2-2009 ГОСТ 12.1.005-88 ДСН 3.3.6.042-99
11	Електрострум	електрозварювальні машини, механізми електромонтажні освітлення	6000 / 380 В 380 В 220, 380 В 220 В	ДСТУ Б А.3.2-13:2011 НПАОП 40.1-1.21-98 ПУЕ 2014
12	Атмосферна електрика	Захист від блискавки	РБЗ=III	ДСТУ В.2.5-38-2008
13	Пожежна безпека	Захист від пожежі	$K_{\text{вог.}} = \text{II ступінь}$ $K_{\text{п/в}} = \text{В}$	ДБН В.1.1-7-2002 ДБН В.1.2-7-2008 ДСТУ Б В.1.1-36:2016

Оперативне управління охороною праці базується на систематичному аналізі ризиків та вжитті необхідних заходів для їх мінімізації. Важливим

елементом є постійний моніторинг виробничих процесів і виявлення нових потенційних загроз, що дає змогу своєчасно впроваджувати коригуючі дії.

5.3 Прийняті заходи для попередження нещасних ситуацій

Підготовчі роботи на будівельному майданчику включають низку заходів, спрямованих на створення безпечних і зручних умов для проведення будівельно-монтажних робіт. На початковому етапі організовується встановлення щита з планом будівництва та схемою руху автотранспорту, що допомагає чітко регламентувати переміщення техніки та забезпечити належну організацію руху під час виконання робіт.

Будівельний майданчик огорожується забором висотою 2 метри відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.8-43:2011, що гарантує безпеку навколо зони проведення робіт. Межі монтажною та небезпечною зони при роботі крана КБ-403 також позначаються, встановлюються попереджувальні знаки. Тимчасові будівлі адміністративного та побутового призначення, такі як контора виконроба, вбиральні з душовою, інструментальні комори, біотуалет та контейнер для сміття, розташовуються за межами небезпечної зони з урахуванням напрямку вітру для уникнення можливих ризиків.

На будмайданчику влаштовуються тимчасові шляхи зі збірних залізобетонних плит шириною 6 метрів, при цьому швидкість руху автотранспорту обмежується до 10 км/год на прямих ділянках і до 5 км/год на поворотах. Для забезпечення належних умов для вантажопідйомного крану та руху транспорту створюються тимчасові дороги з покриттям із шлаку товщиною 200 мм. Для очищення коліс транспорту передбачено спеціальні майданчики, що допомагають запобігти забрудненню території будівництва.

Тимчасові склади для матеріалів розміщуються на відстані 2 метрів від тимчасових шляхів, що забезпечує їх безпечне складування. У водопровідній мережі будівельного майданчика облаштовуються пожежні гідранти на відстані 2,5 метрів від краю тимчасових шляхів для забезпечення безпеки у

разі пожежі. Проект також передбачає підключення до існуючих мереж електро- та водопостачання, а також організацію освітлення території в темний час доби за допомогою прожекторів, які забезпечують мінімальний рівень освітленості в 2 люкси.

Пожежна безпека на майданчику забезпечується встановленням пожежного щита з комплектом первинних засобів для гасіння вогню, що відповідають вимогам НАПБ Б.03.002-2007. Побутові приміщення забезпечуються аптечками з набором медикаментів і засобами для надання первинної допомоги у разі нещасних випадків.

Для запобігання обваленню ґрунту під час робіт у траншеях під фундаменти проект передбачає заходи для відведення поверхневих і підземних вод. Зниження рівня ґрунтових вод здійснюється за допомогою установки УВВЗ-6КМ із використанням голкофільтрів, що забезпечують контроль і стабільність ґрунту під час робіт. До початку земляних робіт проводиться очищення майданчика від валунів, каміння та будівельного сміття, а також усуваються можливі відшарування ґрунту на укосах.

Проектом також передбачено шпунтове огородження по периметру забудови за допомогою буроін'єкційних паль діаметром 220 мм і довжиною 10 м. Улаштування паль відбувається шляхом буріння свердловини до проектної відмітки, заповнення її цементним розчином із відповідним водоцементним співвідношенням, після чого встановлюється армування палі.

Основна низка заходів щодо попередження нещасних випадків на будівельному виробництві наведена в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Зниженні ризиків на будівельному майданчику

Категорія заходів	Міри профілактики
Профілактика падіння людини з висоти	- Спуск у котлован через в'їзну траншею шириною 6 м та ухилом 1:10. - Підйом робітників на монтажний горизонт із використанням інвентарних драбин, обладнаних огородженням висотою 1.1 м. Робітники оснащуються запобіжними поясами за ДСТУ

	4304:2004. - Під час покрівельних робіт початок робіт тільки після встановлення огорожі по периметру покрівлі.
Профілактика падіння конструкцій і матеріалів	- Підйом конструкцій виконується з використанням вантажозахватних засобів, відповідно до проекту виконання робіт. - Подача покрівельних матеріалів та розчинів здійснюється механічно за допомогою крана КБ-403.
Експлуатація машин та механізмів	- Виконання технічного обслуговування згідно з НПАОП 0.00-1.01-07. - Машини повинні знаходитися за межею призми обвалення + 1 м. - Забороняється залишати вантаж на висоті під час перерви або після закінчення роботи. - Технічне обслуговування проводиться після зупинки двигуна. - Дотримуватися мінімальної відстані між машинами — не менше 10 м. - Забороняється підйом рам при вітрі понад 12 м/с. - Перед підйомом конструкцій усі елементи мають бути надійно закріплені, рами повинні мати звукову сигналізацію та обмежник висоти підйому.
Профілактика впливу шкідливих речовин	- Під час зварювальних робіт використовувати засоби захисту органів дихання за ДСТУ 12.4.041:2006. - Під час опоряджувальних робіт із летючими шкідливими речовинами використовувати засоби захисту та виконувати контроль рівня шкідливих речовин. Засоби індивідуального захисту також відповідно до ДСТУ 12.4.041:2006.

Заходи профілактики враження електричним струмом передбачають виконання зовнішньої електропроводки тимчасового електропостачання ізольованим дротом. Цей дріт розміщується на опорах на різній висоті в залежності від зони: 2.5 м над робочими місцями, 3.5 м над проходами і 6.0 м над проїздами, що забезпечує безпеку на будівельному майданчику.

Для профілактики впливу атмосферної електрики передбачено влаштування блискавкоприймної сітки діаметром 10 мм з арматури А240С на покритті будівлі. Сітка має крок 200x200 мм і з'єднується відвідними

стержнями діаметром 8 мм з арматурою фундаментів, що гарантує надійний захист від удару блискавки.

Щодо профілактики пожежі, проектом передбачено встановлення пожежного гідранта в тимчасовому водопроводі на відстані 2.5 м від краю тимчасового шляху. Під час зварювальних робіт робочі місця зварювальників огорожуються азбестовими щитами висотою 1.8 м в радіусі 5 м навколо місця зварки, що допомагає уникнути загорянь. Для опоряджувальних робіт передбачені заходи, аналогічні заходам для попередження вибуху.

При виконанні покрівельних робіт доставка мастики організовується централізовано, а підігрів бітуму виконується в котлах СО-170 у спеціально облаштованій зоні. Ця зона огорожена азбестовими щитами висотою 1.8 м в радіусі 5 м і обладнана засобами пожежогасіння для оперативного реагування на можливі загоряння.

5.4 Розрахунок освітлення майданчику

Здійснюємо розрахунок рівномірного освітлення будівельного майданчика, який має габарити в плані 36.6x20.8 м². Площа цього майданчика (5.1):

$$A = 36.6 \times 20.8 = 417.7 \text{ м}^2 \quad (5.1)$$

Відповідно до нормативних вимог ДСТУ EN 12464-2:2016, стандартна освітленість (E_n) повинна бути не менше 2 лк. Як попередній варіант джерела світла розглядаємо прожектор ПЗС-35 з лампою ЛНГ-220-500. Орієнтовна кількість прожекторів визначається за наступною формулою (5.2):

$$N = \frac{m \cdot E_n \cdot k \cdot A}{P_n} \quad (5.2)$$

де: t — коефіцієнт, що враховує ефективність використання світлового потоку, ККД прожектора та віддачу джерела світла (приймаємо $t = 0.2$);

K — коефіцієнт запасу для прожекторів (приймаємо $K = 1.5$);

P_p — потужність лампи (у лампи ЛНГ 220-200 потужність 200 Вт).

$$N = \frac{0.2 \cdot 2 \cdot 1.5 \cdot 418}{200} = 6.95 шт$$

Фінальний варіант передбачає встановлення 7 прожекторів ПЗС-35 з лампами ЛНГ-220-200, які будуть розміщені на будівельному майданчику вздовж тимчасових доріг. Відстань між прожекторами становить 20 м.

Коефіцієнт нерівномірності освітлення визначається відповідно до розрахункових вимог (5.3):

$$Z = \frac{E_{\min}}{E_{cp}} = 0.6 \quad (5.3)$$

Питома потужність освітлення майданчика складає 0.7 Вт/м².

Мінімальна висота встановлення прожектора (5.4):

$$h_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\max}}{300}} = \sqrt{\frac{83000}{300}} = 16.63 м \quad (5.4)$$

Встановлюємо висоту $h = 17$ м.

Кут нахилу прожекторів складає 15° .

В той час кут між їх оптичними осями $\rho = 15^\circ$.

РОЗДІЛ 6. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ

6.1 Оптимізація розробки проєктної документації з використанням BIM технологій

У нинішньому динамічному світі будівництва, швидка та точна розробка проєктної документації є критично важливою для успішної реалізації проєктів. Традиційні методи створення документації часто не відповідають сучасним вимогам, оскільки вони можуть бути повільними, неефективними та схильними до помилок. Це призводить до затримок, перевищення бюджету та зниження якості будівельних робіт.

Технологія BIM (Building Information Modeling) відкриває нові горизонти в оптимізації процесів проєктування та управління будівництвом. Створення інтегрованих тривимірних моделей дозволяє об'єднати всю необхідну інформацію про об'єкт: архітектурні рішення, інженерні мережі, будівельні матеріали та ресурси. Такий підхід сприяє покращенню координації між учасниками проєкту, зменшує ризики помилок та забезпечує більш ефективне використання ресурсів.

Впровадження BIM технологій дозволяє ідентифікувати потенційні проблеми ще на етапі проєктування, що значно підвищує ефективність будівельних процесів. Інженери та підрядники можуть моделювати різні сценарії, оптимізувати плани та передбачати можливі труднощі. Це сприяє скороченню витрат, підвищенню якості та забезпеченню своєчасного завершення проєктів.

Незважаючи на численні переваги, застосування BIM в будівельній галузі все ще є обмеженим. Основними перешкодами є відсутність стандартів та нормативної бази, недостатня обізнаність спеціалістів та необхідність інвестицій у навчання та програмне забезпечення. Тому виникає нагальна потреба в оптимізації розробки проєктної документації з використанням BIM технологій.

Метою даного дослідження є розробка методів та рекомендацій для ефективного впровадження BIM у процес створення проєктної документації. Це включає аналіз сучасних технологічних рішень, оцінку їх впливу на якість та швидкість проєктування, а також вивчення способів подолання існуючих бар'єрів.

Враховуючи тенденції розвитку будівельної індустрії, інтеграція BIM є стратегічно важливою для підвищення конкурентоспроможності підприємств. Оптимізація процесів проєктування за допомогою BIM сприятиме більш ефективному управлінню проєктами, зниженню ризиків та покращенню взаємодії між усіма учасниками будівельного процесу.

Технологія BIM передбачає створення детальних цифрових моделей будівель, що включають не лише геометричні параметри, але й інформацію про матеріали, інженерні системи та експлуатаційні характеристики. Такий інтегрований підхід дозволяє здійснювати всебічний аналіз проєкту на всіх стадіях його життєвого циклу, від концептуального дизайну до будівництва та експлуатації. Використання BIM сприяє більш точному прогнозуванню поведінки конструкцій, що мінімізує ризики та зменшує потребу в дорогоцінних коригуваннях на пізніх етапах.

Однією з ключових переваг BIM є покращення співпраці між усіма учасниками проєкту. Завдяки спільному доступу до актуальної моделі, архітектори, інженери, підрядники та замовники можуть ефективно комунікувати та координувати свої дії (рис. 6.1).

Проте впровадження BIM може супроводжуватися певними викликами. Серед них—необхідність інвестування в нове програмне забезпечення та обладнання, навчання персоналу, а також адаптація існуючих робочих процесів та стандартів. Для успішного переходу до BIM важливо розробити стратегію впровадження, що включає поетапний план дій, визначення відповідальних осіб та критеріїв оцінки ефективності.

У результаті дослідження запропоновано ряд практичних рекомендацій для оптимізації процесу розробки проєктної документації з використанням

BIM. Вони спрямовані на підвищення якості проєктів, зниження витрат та скорочення термінів будівництва. Впровадження цих рекомендацій сприятиме підвищенню конкурентоспроможності будівельних компаній та загальному розвитку галузі.

Використання технології BIM є стратегічно важливим кроком для сучасного будівництва. Воно забезпечує більш ефективне управління проєктами, покращує взаємодію між учасниками та сприяє досягненню високих стандартів якості у будівельних проєктах.

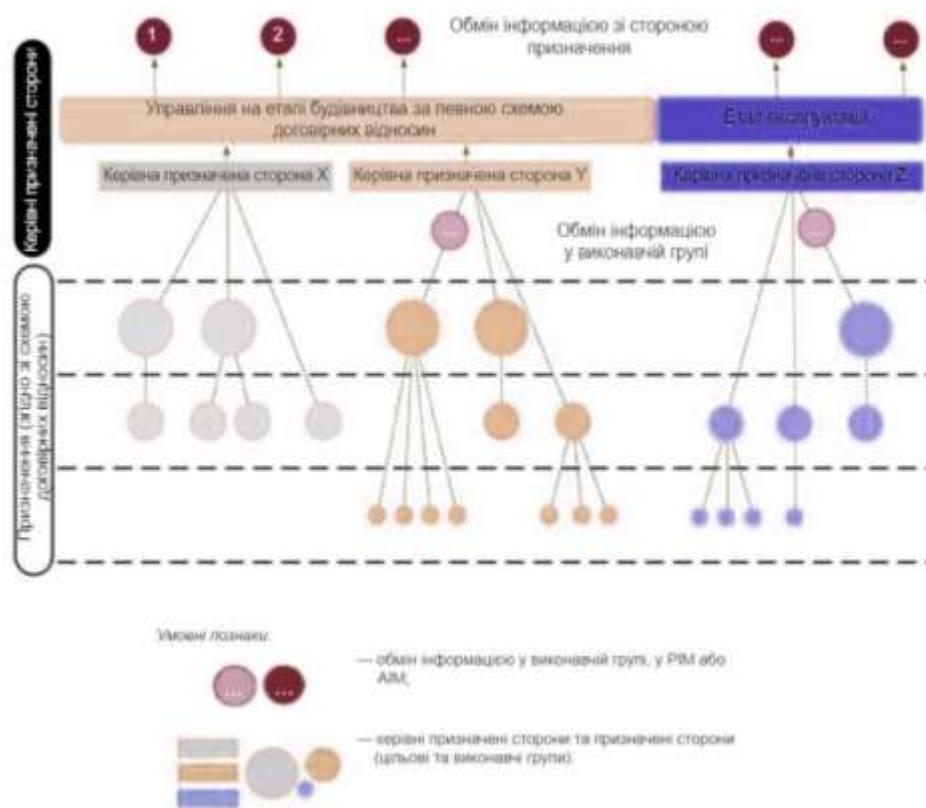


Рисунок 6.1 – Варіанти передачі інформації в робочі групи

Виходячи з рис. 6.1., у сучасній будівельній індустрії організації активно переходять до використання нових платформ для спільної роботи, спрямованих на підвищення якості проєктів та ефективне використання наявних знань і досвіду. Однією з головних переваг такої колаборації є можливість обміну інформацією та досвідом, що сприяє зниженню ризиків втрат даних, суперечностей або неправильного їх трактування. Для досягнення

високої ефективності в спільній роботі необхідні взаєморозуміння, довіра та більш глибока стандартизація процесів порівняно з традиційними методами.

Впровадження технології інформаційного моделювання будівель (BIM) істотно зменшує ризик виникнення критичних помилок у проєктуванні, які можуть призвести до значного перевищення будівельних витрат. Завдяки BIM стає можливим точне прогнозування та планування ресурсних і фінансових витрат, що мінімізує ймовірність непередбачених витрат через неточні розрахунки. Цифрові моделі, створені за допомогою BIM, відображають всі аспекти майбутнього об'єкта, дозволяючи проводити детальний аналіз і вносити необхідні корективи на ранніх стадіях.

BIM забезпечує високу гнучкість у процесі розробки проєктної документації. Проєктні команди можуть проводити комплексний аналіз прийнятих рішень ще до початку будівельних робіт, що підвищує шанси на успішну реалізацію проєкту та знижує ризики, пов'язані з конструктивними недоліками. Це дозволяє оптимізувати проєктні рішення, враховуючи можливі зміни та вдосконалення без значних затрат часу і ресурсів.

Ефективне використання BIM вимагає тісної співпраці між командами різних спеціалізацій. Інтегровані команди з проєктування, фінансового консультування, генерального підряду та технічного обслуговування повинні фокусуватися на своїх ключових компетенціях, активно взаємодіючи між собою. Такий підхід зміцнює співпрацю між різними етапами та підрозділами проєкту, охоплюючи процеси від проєктування до будівництва та подальшої експлуатації.

Спільна робота в єдиному BIM-середовищі дозволяє всім учасникам проєкту працювати з однією віртуальною моделлю, що підвищує узгодженість дій та зменшує ризик помилок. Це сприяє більш плавному переходу від стадії проєктування до будівництва, забезпечуючи своєчасне виявлення та вирішення потенційних проблем. Така інтеграція процесів підвищує ефективність управління проєктом та сприяє досягненню високих стандартів якості.

На відміну від традиційних підходів, де проектування здійснюється шляхом створення окремих креслень, використання BIM дозволяє створювати комплексні цифрові моделі, які інтегрують всі аспекти проекту. Це не тільки спрощує процес проектування, але й покращує комунікацію між учасниками, сприяючи більш ефективній реалізації будівельних проєктів.

Розглянемо алгоритм взаємодії між стейкхолдерами у процесі інтеграції BIM й наявні можливості для оптимізації проектування та розробки документації під час будівництва (рис. 6.2.):

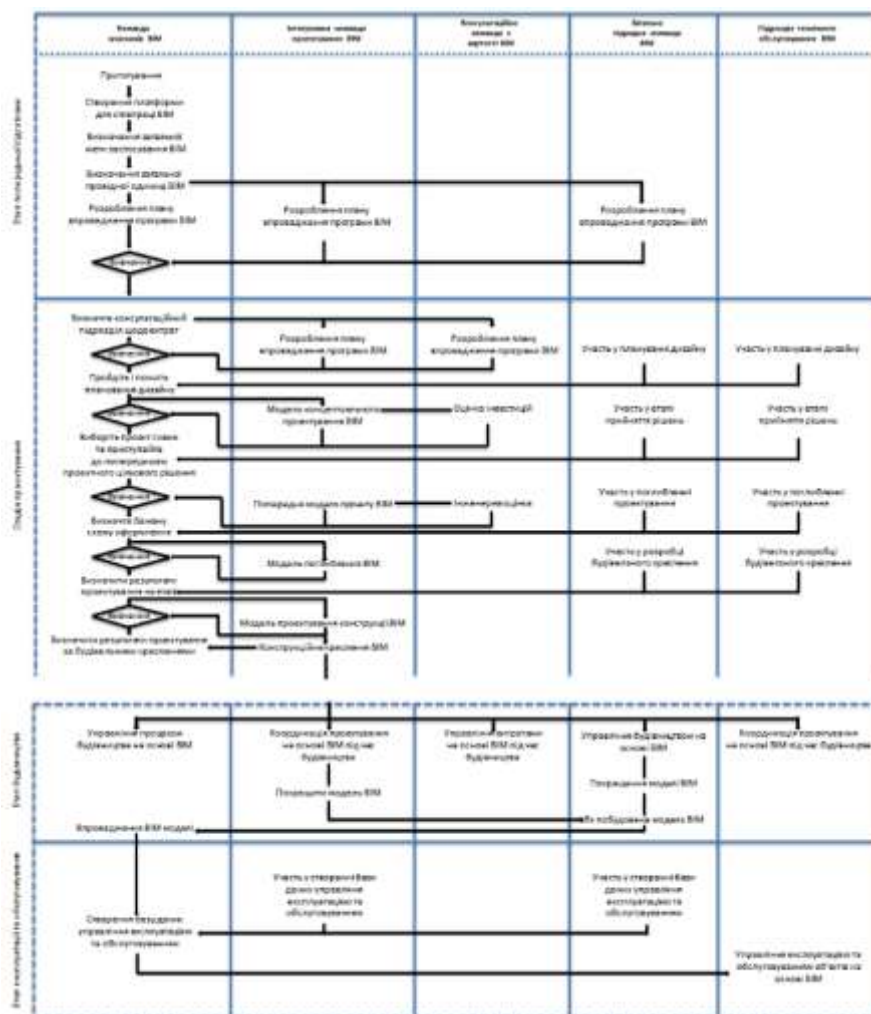


Рисунок 6.2 – Схема потоку керування будівельним процесом за допомогою BIM технологій

Аналізуючи сучасні інструменти для обміну інформацією в спеціалізованому програмному забезпеченні, можна обрати найефективніші

рішення з доступних варіантів. Такий підхід сприяє оптимізації процесу створення проєктної документації на всіх етапах її розробки. Інтеграція цих інструментів з BIM-технологіями забезпечує підвищену гнучкість, що позитивно впливає на терміни виконання та загальну продуктивність процесу.

Одним із ключових форматів для обміну інформацією в BIM є формат IFC (Industry Foundation Classes). Використання файлів IFC у програмі Revit дозволяє ефективно взаємодіяти з моделями, створеними в різних програмних середовищах. Рекомендується підключати IFC-файли як посилання (рис. 6.3), що забезпечує актуальність даних та спрощує їх оновлення.

Застосування формату IFC сприяє стандартизації обміну даними, що особливо важливо в умовах багатoproфільних команд, де кожен спеціаліст може використовувати різне програмне забезпечення, що забезпечує єдиний інформаційний простір для всіх учасників проєкту, підвищуючи ефективність комунікації та співпраці.

Крім того, сучасні програмні рішення підтримують інтеграцію з хмарними сервісами, що дозволяє працювати з BIM-моделями в режимі реального часу. Це відкриває можливості для віддаленої співпраці, оперативного обміну інформацією та швидкого прийняття рішень, що є критичним для успішної реалізації проєктів.

Інтеграція ефективних інструментів обміну інформацією з BIM-технологіями не лише підвищує якість проєктної документації, але й сприяє оптимізації ресурсів та зниженню витрат. Це дозволяє будівельним компаніям бути більш гнучкими та адаптивними до змін ринку, забезпечуючи конкурентні переваги та підвищуючи рівень задоволеності клієнтів.

Таким чином, вибір і впровадження найефективніших інструментів для обміну інформацією в поєднанні з BIM-технологіями є стратегічно важливим кроком для оптимізації процесу розробки проєктної документації. Це забезпечує більш точне планування, підвищує продуктивність та сприяє успішній реалізації будівельних проєктів.

Під час зв'язування Revit автоматично створює унікальний набір допоміжних файлів, що містять метадані та додаткову інформацію, необхідну для обробки посилань. Це підвищує ефективність роботи, зменшуючи ризик помилок при імпорті даних та забезпечуючи кращу інтеграцію між різними елементами проєкту.

Однак варто враховувати, що зміни в даних IFC можуть спричинити певні складнощі, особливо з огляду на нормативно-правові вимоги. При переході на інше програмне забезпечення для розробки існує ризик втрати даних або спотворення інформації, що може призвести до помилок і втрати ключових елементів моделі. Тому при імпорті файлів IFC важливо ретельно перевіряти їх на наявність помилок та пропущених даних. Ключовим фактором, який впливає на якість імпортованої моделі, є правильність налаштувань експорту. Від цього залежить повнота переданої інформації та збереження структурної цілісності моделі.

Помилки, спричинені некоректними налаштуваннями експорту, можуть призвести до значних затримок і додаткових витрат, оскільки доведеться виправляти невідповідності та доповнювати відсутні дані, що може негативно вплинути на загальний графік проєкту та його бюджет. Тому важливо забезпечити належну підготовку та контроль на етапі експорту даних.

Для повноцінного впровадження BIM-технологій необхідно здійснити ряд додаткових заходів. Удосконалення нормативно-правової бази для встановлення єдиних стандартів є одним із ключових кроків. Це допоможе усунути розбіжності в підходах та сприятиме більш широкому застосуванню BIM у галузі. Інтеграція BIM у освітні програми також має велике значення, оскільки підготовка кваліфікованих спеціалістів забезпечить ефективне використання технології в майбутньому.

Державна підтримка, зокрема інвестиції в технологічну інфраструктуру та стимулювання впровадження інновацій, сприятиме розвитку BIM. Обговорення та співпраця на рівні муніципалітетів допоможуть

визначити специфічні потреби різних регіонів та сприятимуть більш широкому впровадженню BIM у будівництві.

У рамках дослідження було створено прикладову BIM-модель, яка демонструє можливості оптимізації розробки проєктної документації за допомогою BIM-технологій. Через відсутність доступних реальних проєктів з необхідним різноманіттям будівельних систем, було вирішено змодельовати офісну будівлю, зосереджуючись на інтеграції різних інженерних компонентів.



Рисунок 6.4 – Приклад моделі BIM з подальшим рендером

Модель представляє собою будівлю з підземним паркінгом (рис. 6.4). Загальна площа становить 2300 м², з яких корисна площа складає 1850 м².

Конструктивна система будівлі виконана як залізобетонний каркас з підвалом. Зовнішні стіни виготовлені із залізобетону з сердечниковою теплоізоляцією та облицьовані клінкерною цеглою. Фасади доповнені навісними алюмінієвими стінами типу "стійка-ригель". Вікна представлені в різних варіантах—алюмінієві, пластикові та дерев'яні з потрійним склінням.

Плоска залізобетонна покрівля має ущільнення та часткове озеленення, що сприяє підвищенню енергоефективності та екологічності будівлі.

Архітектурні та інженерні компоненти будівлі були змодельовані з використанням програмного забезпечення Autodesk Revit у поєднанні з linear та зовнішніми базами даних BIM-об'єктів. Рівень деталізації моделі (LOD) перевищує 300, що дозволяє виконувати детальний аналіз та оптимізацію проєктних рішень.

Головна увага приділялася правильній інтеграції різноманітних інженерних систем у BIM-модель для подальшого зв'язування з наборами даних ÖKOBAUDAT для оцінки життєвого циклу (LCA). Метою було представити всі можливі референтні одиниці з ÖKOBAUDAT для будівельних послуг як профілі вимог для аналізу та перевірки.

Особливий акцент зроблено на включенні максимальної кількості технічних компонентів інженерного обладнання, таких як системи опалення, вентиляції, кондиціонування повітря та охолодження (HVACR), а також сантехнічні, електричні та протипожежні системи. Це дозволило імітувати широкий спектр будівельних послуг у BIM-моделі та провести детальний аналіз їх взаємодії та впливу на загальну ефективність будівлі.

Через відсутність відповідних LCA-наборів даних для систем автоматизації будівель в ÖKOBAUDAT, ці компоненти не були включені в модель. Також було прийнято рішення не фокусуватися на точному розмірному визначенні системних технологій, оскільки основна мета полягала в структурній інтеграції та дослідженні зв'язків між компонентами.

Для різних поверхів були змодельовані різні типи монтажу та систем постачання. Наприклад, на першому та другому поверхах теплопередача здійснюється через різні типи радіаторів, тоді як на інших поверхах використовується система теплої підлоги. Це дало можливість дослідити ефективність різних систем опалення та їх вплив на комфорт і енергоефективність будівлі.

Створена BIM-модель стала ефективним інструментом для оптимізації процесу розробки проєктної документації. Вона дозволила провести комплексний аналіз різних технічних рішень, оцінити їх взаємодію та вплив

на загальну продуктивність будівлі. Використання BIM-технологій продемонструвало потенціал у підвищенні якості проєктів, зниженні ризиків та оптимізації витрат.

Таблиця 6.1 – Компоненти обраної будівельної системи

Система	Опис
Постачання гарячої води	Локальне нагрівання води за допомогою електричних проточних нагрівачів.
Теплогенератор	Газовий конденсаційний котел як джерело тепла.
Теплова мережа	Накопичувачі гарячої води, опалювальні колектори, циркуляційні насоси; труби різних діаметрів (DN) з матеріалів PE-X, нержавіюча сталь, мідь; ізоляція труб піною EPDM; розширювальні баки.
Опалення першого поверху	Використання різних типів радіаторів; розподільча мережа змодельована за схемою Тіхельмана для оптимізації теплопостачання.
Опалення другого поверху	Застосування радіаторів різних розмірів; стандартна установка розподільчої мережі з однаковою довжиною подаючих і зворотних труб.
Опалення інших поверхів	Підлогове опалення різних типів залежно від матеріалу труб (PEX, мідь) та кроку укладання (100 мм, 200 мм).
Сантехнічні системи	Труби для холодної води різних діаметрів (DN) з міді, ізольовані мінеральною ватою; каналізаційні труби різних діаметрів (DN) з ABS-пластику; сантехнічна кераміка (унітази, змішувачі).
Система вентиляції	Центральна вентиляційна установка з рекуперацією тепла на основі перехресного теплообмінника для підвищення енергоефективності.
Вентиляційна мережа	Повітроводи з оцинкованої сталі різних діаметрів (DN) і форм (круглі, прямокутні), ізольовані кам'яною ватою; регулюючі заслінки
Вентиляційні елементи	Стельові дифузори для рівномірного розподілу повітря в приміщеннях.
Холодильне обладнання	Холодильна установка, розташована на підземному рівні; чилер, встановлений на даху для забезпечення охолодження будівлі.
Мережа охолодження	Труби різних діаметрів (DN) зі сталі, ізольовані гнучким еластомером; колектори охолодження; циркуляційні насоси; мережа змодельована за схемою Тіхельмана.

Продовження табл. 6.1

Система охолодження приміщень	Охолоджувані стелі для комфортного мікроклімату в приміщеннях.
Автономні електроустановки	Фотоелектрична система, що включає сонячні панелі, кабелі, кріплення та інвертор для перетворення енергії.

Комплексний підхід до інтеграції BIM, який враховує технічні, нормативні та освітні аспекти, дозволяє максимально реалізувати потенціал цієї технології. Підхід сприяє підвищенню ефективності та надійності будівельних процесів, зниженню ризиків та оптимізації витрат, що в цілому покращує результати в будівельній індустрії.

Застосування BIM відкриває нові можливості для інновацій та розвитку галузі, забезпечуючи конкурентоспроможність та стійкість на ринку.

Для оптимізації проектування в Revit за допомогою налаштування IFC важливо правильно інтегрувати інструменти та бази даних. Користувацький інтерфейс може бути створений з використанням JavaScript, jQuery та HTML, що забезпечує зручність роботи з моделями та гнучкість у налаштуваннях. Алгоритми розрахунків можна реалізувати як скрипти на JavaScript, що дозволяє виконувати необхідні обчислення безпосередньо в інтерфейсі.

Базу даних екологічних показників матеріалів та компонентів можна інтегрувати у форматі CSV-файлу, що дозволяє використовувати її в DESITE чи безпосередньо в Revit. Наприклад, база даних ÖKOBAUDAT (версія 2020-І) надає детальну інформацію про життєвий цикл (LCA) будівельних матеріалів. Також можна використовувати інші LCA-бази даних, такі як швейцарська KBOB LCA або австрійська baubook Eco2soft, які безкоштовно надають дані для оцінки екологічного впливу будівельних послуг.

При налаштуванні IFC в Revit важливо враховувати можливість інтеграції додаткових параметрів для аналізу. Це включає виведення інформації про класи IFC, ідентифікатори компонентів, номери шарів, типи матеріалів з моделі BIM, площі, товщини шарів, пов'язані набори даних та

терміни служби. Такі налаштування дозволяють детальніше аналізувати модель та оптимізувати проєктні рішення.

Користувачі можуть редагувати та налаштовувати матеріали, терміни служби, площі компонентів та товщини шарів безпосередньо в моделі. Це забезпечує гнучкість та точність у проєктуванні, дозволяючи адаптувати модель до специфічних вимог проєкту. Вибираючи об'єкти, можна візуально виділити окремі компоненти будівлі або групи та отримати миттєві розрахунки впливу на навколишнє середовище.

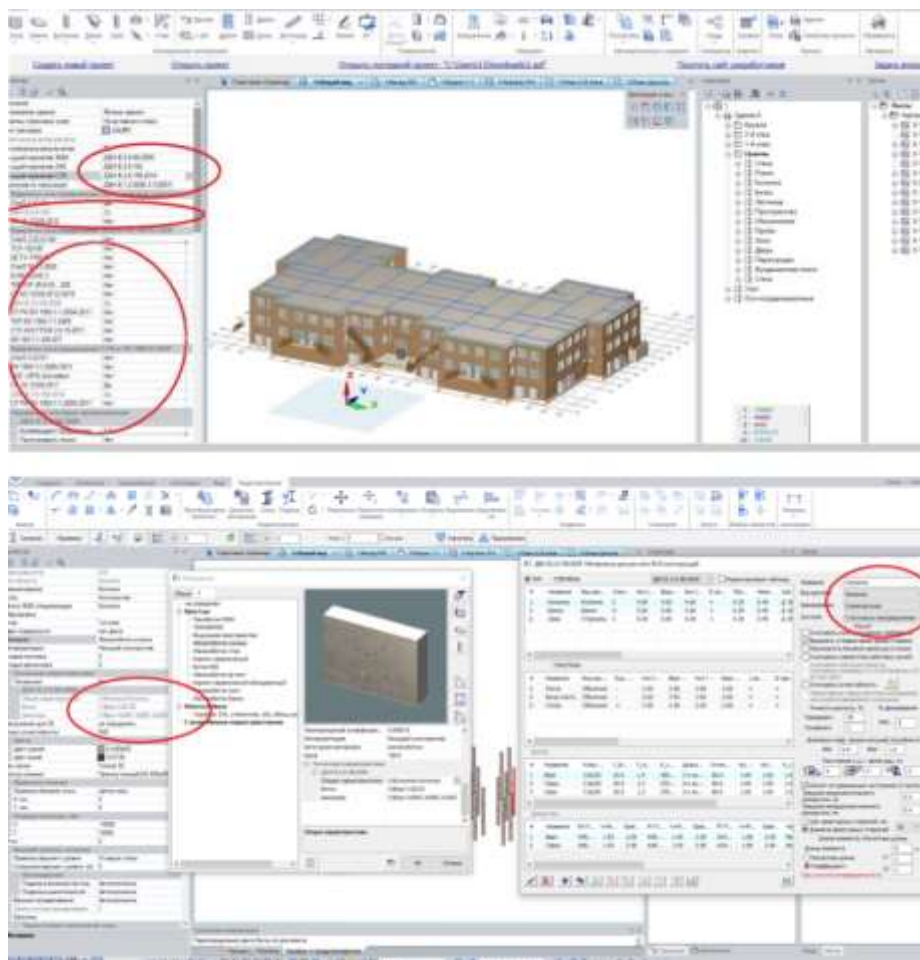


Рисунок 6.5 – Налаштування розрахункової моделі в Revit

Додаткові функції інтерфейсу дозволяють здійснювати специфічну фільтрацію за класами IFC. Наприклад, можна відфільтрувати елементи інженерних систем будівлі—труби, повітропроводи чи радіатори—та оцінити

їхній екологічний вплив. Це сприяє більш точному аналізу та оптимізації вибору матеріалів і компонентів.

Правильне налаштування IFC в Revit є ключовим для ефективної оптимізації проектування. Воно забезпечує інтеграцію важливої інформації, покращує аналіз та сприяє прийняттю обґрунтованих рішень під час розробки проєктної документації. Використання цих можливостей дозволяє підвищити якість проєктів, знизити ризики та покращити загальну ефективність будівельних процесів.

6.3 Аналіз ефективності від інтеграції BIM

В сучасних умовах модельно-інформаційне проектування (BIM) набуває дедалі більшої актуальності в будівельній галузі. Одним із ключових аспектів ефективного виконання будівельних робіт є оптимізація їх тривалості. Це досягається шляхом визначення оптимальних резервів часу для робіт, що дозволяє мінімізувати втрати через простой робітників та інших ресурсів.

Програми, спрямовані на впровадження BIM-технологій, мають на меті не лише модернізацію методів проектування, але й підтримку всього життєвого циклу об'єкта – від початкового планування до експлуатації. Це включає перепідготовку кадрів, стандартизацію процесів і інтеграцію нових інформаційних систем. Однак головний акцент робиться не на управлінських чи економічних механізмах, а саме на технічних засобах та методах автоматизації проектування.

BIM технології мають особливе значення на етапах проектування. Чим далі просувається проєкт, тим складніше вносити зміни, і після початку будівництва будь-які корективи можуть значно збільшити вартість проєкту. Саме тому впровадження BIM дозволяє фахівцям працювати з проєктом на ранніх етапах, коли внесення змін є найбільш ефективним і менш витратним.

На рисунку 6.6 відображено, що на різних етапах розробки проєкту витрати на зміни зростають, а їх вплив на кінцевий результат знижується. Найкращий варіант — коли основні рішення приймаються на початкових стадіях, що дозволяє уникнути значних додаткових витрат у майбутньому.



Рисунок 6.6 – Порівняння ефективності в залежності від стадії

Оскільки BIM допомагає дотримуватися оптимальних шляхів проєктування, його впровадження є стратегічно важливим для розвитку будівельної галузі в цілому. Незважаючи на потенціал цієї технології, в Україні масове впровадження BIM-технологій все ще перебуває на початковому етапі. Інформаційне моделювання поступово освоюється, проте наразі не спостерігається достатнього стимулювання та підтримки з боку держави.

Оптимізація проєктування в рамках BIM надає великі можливості для скорочення витрат, часу і зменшення кількості помилок. Це досягається за рахунок автоматизації багатьох процесів, які раніше вимагали ручної роботи або залучення декількох відокремлених інструментів. Замість цього, всі ключові етапи — від початкового моделювання до аналізу і візуалізації кінцевого результату — об'єднуються в одній платформі, що дозволяє

зменшити кількість повторних циклів редагування і знизити ризик помилок при внесенні змін на пізніх етапах.

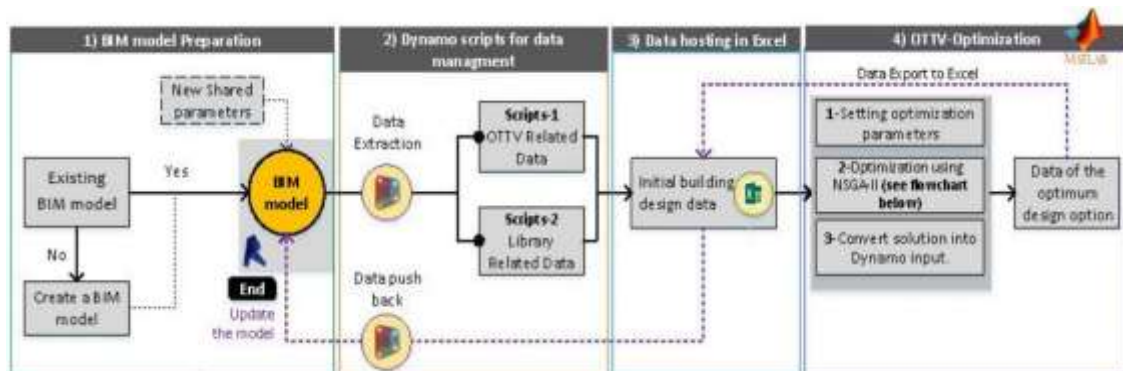


Рисунок 6.7 – Модель оптимізації трудовитрат на основі BIM

Оптимізація, проведена за допомогою BIM, має декілька ключових ефектів (рис. 6.7). По-перше, це дозволяє швидше оцінювати альтернативні варіанти проектних рішень, аналізувати їхній вплив на енергоефективність, матеріаломісткість та екологічність будівлі. Це особливо важливо на етапі раннього проектування, коли ще можна внести значущі зміни без значних витрат. Інструменти візуального програмування, інтегровані в BIM, наприклад, дозволяють створювати параметричні моделі, які автоматично адаптуються до змін у дизайні.

По-друге, використання візуальних програмних інструментів, таких як Dynamo, відкриває можливість для більш гнучкого і інтуїтивного управління параметрами будівлі. Це дозволяє не тільки спростити процес моделювання, але й інтегрувати складні алгоритми для аналізу енергоефективності, оптимізації конструкцій або навіть автоматизації певних аспектів планування.

Окремо варто відзначити ефект від автоматизації процесу аналізу. Завдяки інтеграції BIM з алгоритмами оптимізації, наприклад багатоцільовою оптимізацією (МОО), можна одночасно враховувати кілька конфліктуючих факторів (наприклад, мінімізацію вартості та максимізацію енергоефективності). Це дозволяє знаходити компромісні рішення, які будуть оптимальними за всіма критеріями.

Таким чином, оптимізація, яка здійснюється за допомогою BIM, дозволяє значно підвищити ефективність не лише на етапі проектування, але й протягом усього життєвого циклу будівлі. Вона сприяє скороченню витрат, зниженню енергоємності, покращенню стійкості об'єктів і забезпечує більш раціональне використання ресурсів. Впровадження таких підходів в будівельні процеси є важливим кроком на шляху до більш сталого і ефективного будівництва.

Прийняття рішень щодо стійкого проектування огорожувальних конструкцій має враховувати багато факторів, таких як енергоефективність, економічна доцільність і вплив на навколишнє середовище. Одним з ключових викликів є забезпечення відповідності цих рішень різним вимогам і стандартам, що може вимагати значних ресурсів у вигляді часу та коштів. Однак, в умовах сучасної будівельної галузі, все більше значення набуває автоматизація процесу прийняття проектних рішень. Це необхідно для прискорення процесів і досягнення оптимального результату, зокрема в контексті стійкості будівель.

Оптимізація огорожувальних конструкцій, зокрема зовнішніх теплових властивостей (ОТВ), має вирішальне значення для досягнення енергоефективності. Використання BIM у поєднанні з візуальним програмуванням та алгоритмами багатоцільової оптимізації (МОО) відкриває нові можливості для автоматизації цих процесів. Така інтеграція дозволяє значно підвищити ефективність проектування, зменшуючи витрати на енергію та забезпечуючи раціональне використання ресурсів.

Дослідження, спрямовані на автоматизацію цих процесів, показали, що впровадження обчислювальної моделі на основі BIM дозволяє не лише зменшити ОТВ огорожувальних конструкцій, але й оптимізувати вартість будівництва. Хоча початкові інвестиції можуть бути дещо вищими, в довгостроковій перспективі це сприяє значному скороченню витрат на експлуатацію будівлі, що робить такі рішення економічно вигідними.

Підхід є універсальним і може бути адаптований до інших кліматичних та економічних умов, що робить його гнучким інструментом для глобального використання.

Попри те, що модель на сьогодні охоплює лише параметри ОТВ і вартості будівництва, вона має великий потенціал для подальшого розвитку. У майбутньому можна розширити її функціональність, включивши додаткові змінні, такі як акустика, вітростійкість, вплив на довкілля та інші характеристики. Це дозволить створити комплексний BIM-інструмент для багатофакторної оптимізації, який враховуватиме всі аспекти проектування, забезпечуючи максимально ефективні рішення для стійких будівель.

Автоматизація процесів проектування та оптимізація за допомогою BIM є важливим кроком у напрямку підвищення ефективності будівельної галузі. Це допоможе не лише знизити витрати на енергію та експлуатацію будівель, але й сприятиме створенню екологічно стійких і економічно вигідних споруд.

ВИСНОВКИ

1. Розроблено проєкт зведення житлової будівлі з діловим центром та підземним паркінгом у місті Біла Церква, який охоплює всі основні аспекти будівельного процесу: архітектурне планування, організацію будівельних робіт, конструктивну частину, логістику постачання матеріалів, охорону праці та економічні аспекти. Проєкт представляє собою комплексне інженерно-будівельне завдання з детальним аналізом технологічних процесів і оптимальним плануванням робіт.

2. Визначено ключові параметри оптимізації розробки проєктної документації з використанням Інформаційного моделювання для будівництва багатоповерхової житлової будівлі з урахуванням специфіки ділового центру та підземного паркінгу. Особлива увага приділена раціональному використанню ресурсів, ефективній організації робіт і мінімізації часових витрат.

3. Виконаний аналіз стану використання Інформаційного моделювання в сучасному будівництві, крім того, розглянуті можливості при взаємодії декількох програмних комплексів з метою оптимізації процесу проєктування та розробки робочої документації при зведенні будівель.

4. Отримані результати створюють основу для подальшого вдосконалення управління проєктами в будівельній галузі з використанням Інформаційного моделювання. Впровадження розроблених стратегій дозволить скоротити терміни будівництва, покращити ефективність використання ресурсів і знизити витрати. За тематикою магістерської роботи написана стаття, опублікована в фаховому виданні категорії «Б», а також тези доповідей.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ Б А.2.4-6:2009 Правила виконання робочої документації генеральних планів, – 30с.
2. ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва», К.: Мінрегіон України, 2017, – 47с.
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія [Чинний від 01.11.2011], 80с. (Інформація та документація).
4. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [Чинний від 01.09.2022]. Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (ДП «ДНДІБК»), 23с. (Інформація та документація).
5. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель [Чинний від 01.03.2023]. ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (НДІБК), 60с. (Інформація та документація).
6. ДСТУ EN 14351-1:2020 Вікна та двері. Вимоги. Частина 1. Вікна та зовнішні двері (EN 14351-1:2006 + A2:2016, IDT)
7. ДСТУ 8855:2019 Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності) [Чинний від 01.12.2019]. Технічний комітет стандартизації «Експертиза містобудівної та проектної документації на будівництво» (ТК 319), 19с. (Інформація та документація).
8. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Залізобетонні та кам'яні конструкції» (для слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.06010101 – «Промислове та цивільне будівництво») / Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова; уклад.: Є. С. Сєдишев. – Х.: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2013. – 50 с.
9. ДБН В.2.6-98:2009 Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011, 71с.

10. ДБН В.2.6-162:2010 Конструкції будинків і споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення Архітектура громадських і промислових будівель / Укл.: Т.Г. Маклакова. – М.: Стройиздат, 1981. – 386с.

11. Методичні вказівки до виконання з дисципліни «Залізобетонні та кам'яні конструкції». Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: Є. Г. Стоянов, Н. О. Псурцева. – Х.: ХНУМГ, 2014. – 35 с.

12. Проектування залізобетонних конструкцій: Довідник / О.Б. Голишев, В.Я. Бачинський, В.П. Поліщук; Ред. А.Б. Голишева. – К.: Будівельник, 1985. – 496с.

13. Конспект лекцій з курсу «Проектування залізобетонних конструкцій» (для студентів 4 і 5 курсів всіх форм навчання напряму підготовки 6.060101 / Є. Г. Стоянов, Н. О. Псурцева; Харків. НУ міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 105с.

14. ДСТУ 3760:2019 Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови, 28с.

15. Технологія будівельного виробництва, Курсове й дипломне проектування / Хамзин С. К., | Карасев А. К. Для будів, спец. внз. — М.: ООО «БАСТЕТ», 2006, 216с., 62с.

16. Організація будівництва/ С.А. Ушацький, Ю.П. Шейко, Г.М. Тригер та ін.; За редакцією С.А. Ушацького. 0-64 Підручник. – К.: Кондор, 2007. – 521 с.

17. Організація будівельного виробництва: навчальний посібник / А. М. Дорош. – К.: Аграрна освіта, 2011. – 255 с.

18. Система проектної документації для будівництва. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів: ДСТУ Б В.1.2-3:2006. – [Чинний від 1 січня 2007]. – К. : Держстандарт України, 2007. – 14 с. – (Національні стандарти України).

19. ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва, 62с.

20. Організація будівництва/ С.А. Ушацький, Ю.П. Шейко, Г.М. Тригер та ін.; За редакцією С.А. Ушацького. Підручник. – К.: Кондор, 2007. – 521 с.

21. Організація і планування будівництва / В.М. Майданов, Ю.П. Шейко, Г.М. Тригер та ін. – К.: Урожай, 1993. – 384с.
22. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», К.: Мінрегіон України, 2016. – 66с.
23. ДСТУ Б В.2.8-43:2011 Огородження інвентарних будівельних площ і ділянок виконання будівельно-монтажних робіт. Технічні умови (ГОСТ 23407-78, MOD), К.: Мінрегіон України, 2012. – 12с.
24. Кошторисні норми України. Настанова з визначення вартості будівництва, 57с.
25. Головацька С.І. Облік і контроль витрат на виконання робіт в підрядних будівельних організаціях (на матеріалах підрядних будівельних організацій споживчої кооперації): дис. ... кандидата екон. наук: 08.06.04 / Головацька Світлана Іванівна. – Львів, 1998. – 199 с.
26. Конспект лекцій дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі», змістовний модуль «Цивільний захист», для студентів усіх спеціальностей та всіх форм навчання / Укл.: М. О. Журавель – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка». Каф. ОП і НС, 2020 р. – 49 с.
27. Залізобетонні конструкції. Методичні рекомендації до практичних занять для студентів напряму підготовки 6.060101 Будівництво/ В.Є. Волкова. – Д.: ДВНЗ Національний гірничий університет, 2013. – 25 с
28. ДБН В.2.2-5:2023 Захисні споруди цивільного захисту, 131 с.
29. ДБН В.1.1-7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», К.: Мінрегіон України, 2016 – 39с.
30. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», К.: Мінрегіон України, 2016. – 66с.
31. ДСТУ Б А.3.2-13:2011 Система стандартів безпеки праці. Будівництво. Електробезпечність. Загальні вимоги, К.: Держбуд України, 2012. – 14с.

32. ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення», К.: Мінрегіон України, 2018. – 137с.
33. ДСТУ Б А.3.2-15:2011 «Норми освітлення будівельних майданчиків (ГОСТ 12.1.046-85, MOD)», К.: Мінрегіон України, 2012. – 31с.
34. О.Ф. Осипов, Є.В. Літнарович / Технологія влаштування буронабивних паль на складному рельєфі // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин, Вип. 39, Технічний, 2019, С. 116-123.
35. Осипов О. Ф. Технологічні аспекти зведення конструкцій підземної частини з поруч розташованими будинками [Текст] / О. Ф. Осипов, Ф. Н. Акимов, І. Т. Гладун // Строительство и техногенная безопасность: сб. науч. трудов. – Симферополь: КАПКС, 2008. – Вип. 22. – С. 70-75 (концепція та методика дослідження, узагальнення результатів)
36. Шерешевський І. А. Конструювання промислових будівель та споруд. – М.: «Архітектура-С», 2005.– 186 с
37. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», К.: Мінрегіон України, 2016. – 66с.
38. ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві», К.: Держбуд України, 2012. – 202с.
39. Конспект лекцій з курсу «Безпека праці в будівництві» / Заїченко В. І // 2014 – 97с.
40. ДСТУ 2293:2014 «Охорона праці. Терmini и визначення основних понять», Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці, 2014, 13с.
41. Охорона праці в будівництві: підручник / Сухачов О.А. // 2013 – с. 229 – 232.
42. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження та впливи: ДБН В.1.2-2:2006.
43. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98-2009. – [Чинні з 01.06.2011 р.]. СПДБ.

Основні вимоги до проектної та робочої документації: ДСТУА.2.4-4-2009. – [Чинний з 24.01.2009 р.]

44. Геодезичні роботи в будівництві: ДБН В.1.3-2:2010. - К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018. – 36с.

45. ДСТУ EN ISO 12100:2016 «Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків», ДП «УкрНДНЦ», 2016. 110с.

46. Система нормування та стандартизації у будівництві. Основні положення: ДБН А.1.1-1:2009. – [Чинні з 01.01.2011р.].

47. Hartmann, Veronika. (2022). Methoden zur Quantifizierung und Optimierung der Robustheit von Bauablaufplänen. 10.25643/bauhaus-universitaet.4579.

48. Calis, Gokhan & Yıldız, Sadık & Arslan, Yusuf. (2019). Construction project management with multiple calendars.

49. Алтухова Д. В., Тугай О. А. Календарне планування в сучасних умовах //Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – 2016. – №. 34. – С. 31-39.

50. Гребінчук О. М. Оптимізація ключових параметрів потокового виробництва при оперативно-календарному плануванні на машинобудівному підприємстві //Економіка та держава. – 2010. – №. 5. – С. 50-53.

51. Безугла Г. Є., Чоломбисько Д. В. Застосування методів математичного моделювання для оптимізації навантаження на робітників підприємства //Інформаційні технології в культурі, мистецтві, освіті, науці, економіці та бізнесі: матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції. – 2021. – С. 25-28.

52. Lu M., Lam H. C. Critical path scheduling under resource calendar constraints //Journal of Construction Engineering and Management. – 2008. – Т. 134. – №. 1. – С. 25-31.

53. Franck B., Neumann K., Schwindt C. Project scheduling with calendars //OR-Spektrum. – 2001. – Т. 23. – С. 325-334.

54. Rokooei, Saeed & Pickavance, Neil & Shojaei, Alireza & Ross, Andrew. (2020). Construction Industry Perspective on Planning and Scheduling Content. 10.3311/CCC2020-043.

55. 6. Brahim, Juliana & Ahmad Latiffi, Aryani & Fathi, Mohamad Syazli. (2018). Application of building information modelling (bim) in design and build (D&B) projects in Malaysia. Malaysian Construction Research Journal. 25. 29-41.

56. Nadim, Wafaa & Goulding, Jack. (2009). Offsite Production in the UK: The Construction Industry and Academia. Architectural Engineering and Design Management. 5. 136-152. 10.3763/aedm.2008.0094.

57. Theißen, Sebastian & Höper, Jannick & Drzymalla, Jan & Wimmer, Reinhard & Markova, Stanimira & Meins-Becker, Anica & Lambertz, Michaela. (2020). Using Open BIM and IFC to Enable a Comprehensive Consideration of Building Services within a Whole-Building LCA. Sustainability. 12. 10.3390/su12145644.

58. Tregub, O.V. & Lando, Ye.O. & Balashova, Yu.B. & Ishutina, Hanna & Samko, B.I.. (2024). METHODOLOGY OF BUILDING INFORMATION MODELING OF URBAN STREETS AND ROADS. Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture. 117-125. 10.30838/J.BPSACEA.2312.300824.117.1082.

59. Donenko, Vasyl & Ishchenko, E. & Vakuliuk, Y.. (2019). BIM–technologies as a method of optimizing the use of resources in the construction industry. WAYS TO IMPROVE CONSTRUCTION EFFICIENCY. 141-147. 10.32347/2707-501x.2019.41.141-147.

60. Чечель М.В., Герасименко І.О., Познанський Д.В., Кушнір Д.Р. / Оптимізація розробки проєктної документації за допомогою технології BIM // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди, вип. №45 (2024), С. 448-458.

Додаток А

Локальний кошторис на БМР

Додаток 1
до Настанови (пункт 3.11)

Проект зведення житлової будівлі з діловим центром та підземним паркінгом в м. Біла Церква
(найменування об'єкта будівництва)

Локальний кошторис на будівельні роботи № 02-001

на Проект зведення житлової будівлі з діловим центром та підземним паркінгом в м. Біла Церква
(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

ОСНОВА: креслення(специфікації)№	Кошторисна вартість	139 502,467	тис. грн.
	Кошторисна трудомісткість	298,76033	тис. люд.-год
	Кошторисна заробітна плата	24 852,824	тис. грн.
	Середній розряд робіт	3,7	розряд

Складений в поточних цінах станом на 16 листопада 2024 р.

№ Ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год. не зайнятих обслугову- ванням машин	
					Всього	експлуа- тації машин	Всього	заробітної плати	експлуа- тації машин	тих, що обслуговують машини	
										на одиницю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	КБ1-205-1	Корчування густого чагарника і дрібнолісся у ґрунтах природного залягання викорчовувачами-збирачами на потужністю тракторі 79 кВт [108 к.с.]	1 га	1,4	12 982,63	12 982,63	18 176	-	18 176	-	-
					-	2 644,87			3 703	25,4898	35,69

2	КБ1-30-1	Планування площ бульдозерами потужністю 59 кВт [80 к.с.] за 1 прохід	1000м2 спланованої поверхні за 1 прохід бульдозеру	1,4	329,35	329,35	461	-	461	-	-
					-	69,11			97	0,7740	1,08
3	КБ1-15-2	Розроблення ґрунту з навантаженням на автомобілі-самоскиди екскаваторами одноковшовими електричними кар'єрними з ковшом місткістю 8 [6,3-10] м3, група ґрунтів 2	1000 м3 ґрунту	0,373	13 587,13	13 192,40	5 068	134	4 921	4,5600	1,70
					359,60	3 374,95			1 259	34,4817	12,86
4	КБ1-162-2	Розробка ґрунту вручну з кріпленням у траншеях шириною до 2 м, глибиною до 2 м, група ґрунтів 2	100м3 ґрунту	15,0	22 568,11	-	338 522	338 522	-	321,3000	4 819,50
					22 568,11	-			-	-	-
5	КБ5-73-1	Установлення у свердловину паль масою до 5 т	1 паля	315,0	11 117,48	1 314,70	3 502 006	177 140	414 131	7,4800	2 356,20
					562,35	344,67			108 571	3,3957	1 069,65
6	КБ6-1-1	Улаштування бетонної підготовки	100м3 бетону, бутобетону і залізобетону в ділі	0,78	292 571,54	2 459,78	228 206	8 030	1 919	150,7000	117,55
					10 294,32	965,14			753	10,6641	8,32
7	КБ6-1-13	Улаштування залізобетонного монолітного ростверку	100м3 бетону, бутобетону і залізобетону в ділі	30,12	377 466,84	9 526,84	11 369 301	1 338 316	286 948	598,1800	18 017,18
					44 432,81	3 730,79			112 371	41,2362	1 242,03
8	КБ6-1-13	Улаштування пілонів підвалу	100м3 бетону, бутобетону і залізобетону в ділі	0,83	377 466,84	9 526,84	313 297	36 879	7 907	598,1800	496,49
					44 432,81	3 730,79			3 097	41,2362	34,23
9	КБ8-5-3			250,0	4 331,90	133,55	1 082 975	179 795	33 388	9,0100	2 252,50

10	КБ8-5-7	Конструкції з цегли. Мурування стін зовнішніх середньої складності при висоті поверху до 4 м	1 м3 мурування	109,0	719,18	55,39	510 481	70 115	13 848	0,6120	153,00
11	КБ6-1-15	Конструкції з цегли. Мурування стін внутрішніх при висоті поверху до 4 м	1 м3 мурування	6,68	4 683,31	133,55	1 945 060	69 789	14 557	8,6600	943,94
		Улаштування монолітної з/б плити перекриття на відм. 0.000	100м3 бетону, бутобетону і залізобетону в ділі		643,26	55,39			6 038	0,6120	66,71
					291 176,70	5 732,63			38 294	140,6500	939,54
					10 447,48	2 248,49			15 020	24,8458	165,97
12	КБ6-1-16	Улаштування монолітних залізобетонних плит перекриття 1-23 поверхів	100м3 бетону, бутобетону і залізобетону в ділі	67,87	509 128,54	9 007,38	34 554 554	1 257 371	611 331	249,4100	16 927,46
					18 526,17	2 938,19			199 415	32,7235	2 220,94
13	КБ8-22-1	Мурування зовнішніх стін в монолітно-каркасних будівлях з газобетонних блоків	1 м3 мурування	11 592,0	1 444,91	59,99	16 749 397	4 244 063	695 404	4,9900	57 844,08
					366,12	23,54			272 876	0,2601	3 015,08
14	КБ8-22-2	Мурування внутрішніх стін в монолітно-каркасних будівлях з газобетонних блоків	1 м3 мурування	2 732,0	1 506,65	59,99	4 116 168	922 050	163 893	4,6000	12 567,20
					337,50	23,54			64 311	0,2601	710,59
15	КБ7-55-3	Установлення шахт ліфта масою до 2,5 т	100 шт збірних конструкцій	0,23	954 083,89	30 691,25	219 439	6 052	7 059	311,7500	71,70
					26 314,82	10 566,50			2 430	123,5350	28,41
16	КБ7-39-1	Складання і установлення сходів	100 м3 збірних конструкцій	0,23	1 519 279,63	181 902,28	349 434	18 833	41 838	942,5000	216,78
					81 884,40	39 053,65			8 982	420,8665	96,80
17	КБ6-14-4	Улаштування монолітної залізобетонної плити покриття	100 м3 залізобетона в ділі	2,95	700 057,69	40 120,43	2 065 170	346 768	118 355	1 508,0000	4 448,60
					117 548,60	14 902,96			43 964	165,0336	486,85
18	КБ8-22-1	Влаштування стін та перегородок технічного поверху	1 м3 мурування	589,0	850,47	59,99	500 927	215 645	35 334	4,9900	2 939,11
					366,12	23,54			13 865	0,2601	153,20

19	КБ12-2-1	Влаштування покрівлі	100 м2 покрівлі	14,87	238 871,98	672,53	3 552 026	35 297	10 001	30,1000	447,59
					2 373,69	217,48			3 234	2,3651	35,17
20	КБ11-11-1	Улаштування стяжок цементних з розчину товщиною 20 мм	100 м2 стяжки	210,55	11 011,34	100,86	2 318 438	846 807	21 236	56,2500	11 843,44
					4 021,88	85,89			18 084	1,0323	217,35
21	КБ11-39-1	Улаштування покриттів з лінолеуму полівінілхлоридного на клеї 'Бустилат'	100 м2 покриття	21,52	29 141,33	6,51	627 121	91 426	140	55,7900	1 200,60
					4 248,41	5,54			119	0,0666	1,43
22	КБ11-36-1	Улаштування покриттів з дошок паркетних по укладених лагах	100 м2 покриття	15,02	281 445,08	37,96	4 227 305	71 696	570	60,5300	909,16
					4 773,40	32,32			485	0,3885	5,84
23	КБ11-21-1	Улаштування покриттів одношарових наливних товщиною 4 мм	100 м2 покриття	7,32	19 256,08	885,92	140 955	51 546	6 485	94,8000	693,94
					7 041,74	689,99			5 051	9,6495	70,63
24	КБ11-28-2	Улаштування покриттів із плиток керамічних багатокольорових	100 м2 покриття	17,52	36 849,12	143,30	645 597	208 729	2 511	160,3900	2 810,03
					11 913,77	103,70			1 817	1,2489	21,88
25	КБ10-18-1	Установлення віконних блоків зі спареними рамами у кам'яних стінах житлових і громадських будівель при площі прорізу до 2 м2	100 м2 прорізів	77,56	244 717,77	3 790,50	18 980 310	1 492 493	293 991	255,9600	19 852,26
					19 243,07	1 318,42			102 257	12,9015	1 000,64
26	КБ10-26-1	Установлення дверних блоків у зовнішніх і внутрішніх прорізах кам'яних стін, площа прорізу до 3 м2	100 м2 прорізів	8,05	807 107,03	6 914,31	6 497 212	86 631	55 660	139,6700	1 124,34
					10 761,57	2 404,95			19 360	23,5338	189,45
27	КБ15-36-2	Поліпшене штукатурення цементно-вапняним розчином по каменю стін вручну	100 м2 поверхні штукатурення	563,51	13 880,24	139,70	7 821 654	4 884 031	78 722	101,2400	57 049,75
					8 667,16	106,95			60 267	1,5228	858,11
28	КБ15-46-8	Штукатурення поверхонь цементно-вапняним або цементним розчином по каменю і бетону поліпшене, стель вручну	100 м2 поверхні штукатурення	135,02	17 091,56	228,97	2 307 702	1 460 320	30 916	132,0100	17 823,99
					10 815,58	190,15			25 674	2,7071	365,51
29	КБ15-152-4	Високоякісне фарбування приміщень клейовими розчинами стін	100 м2 поверхні фарбування	563,51	3 509,47	1,08	1 977 621	941 834	609	20,4000	11 495,60
					1 671,37	0,92			518	0,0111	6,25
30	КБ15-152-4			135,02	3 496,84	1,08	472 143	225 668	146	20,4000	2 754,41

31	КБ15-155-1	Високоякісне фарбування приміщень клеєвими розчинами стель	100 м2 поверхні фарбування		1 671,37	0,92			124	0,0111	1,50
		Фарбування фасадів з риштувань з підготовленням поверхні вапняне	100 м2 фасаду	158,2	1 221,21	5,42	193 195	111 555	857	9,2600	1 464,93
32	КБ31-18-1	Улаштування асфальтового вимощення на щебеневій основі товщиною 20 см	100м2 вимощення	0,7	705,15	4,62			731	0,0555	8,78
					108 232,84	960,69	75 763	2 336	672	49,3300	34,53
					3 337,17	254,09			178	2,6621	1,86
Разом прямих витрат по кошторису							127 705 684	19 739 871	2 996 432		254 464,10
									1 108 499		12 285,81
Разом прямі витрати						грн.	127 705 684				
в тому числі:											
вартість матеріалів, виробів і комплектів						грн.	104 969 381				
вартість ЕММ						грн.	2 996 432				
в т.ч. заробітна плата в ЕММ						грн.		1 108 499			
заробітна плата робітників						грн.		19 739 871			
всього заробітна плата						грн.		20 848 370			
Загальновиробничі витрати						грн.	11 796 783				
трудомісткість в загальновиробничих витратах						люд-г					32 010,42
заробітна плата в загальновиробничих витратах						грн.		4 004 454			
Всього по кошторису						грн.	139 502 467				
Кошторисна трудомісткість						люд-г					298 760,33
Кошторисна заробітна плата						грн.		24 852 824			

Склав

Герасименко І.О.

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

Бобраков А.А.

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

