

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет архітектури, будівництва та дизайну

(повне найменування факультету)

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

(повне найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»

ОФІСНА БУДІВЛЯ у м. РІВНЕ

спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Будівництво та цивільна інженерія»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи БЦІм-21

МЕРЕЖУК Назар Романович

(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

ЧАПЮК Олександр Сергійович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу

допущено до захисту

« 12 » 12 2025 р.

к.т.н., доцент

Гарант освітньої програми:

КИСЛЮК Дмитро Ярославович

(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет архітектури, будівництва та дизайнуКафедра будівництва та цивільної інженеріїСтупінь вищої освіти: магістрГалузь знань: 19 Архітектура та будівництвоСпеціальність: 192 – Будівництво та цивільна інженеріяОсвітня програма: «Будівництво та цивільна інженерія»Індивідуальна освітня траєкторія здобувача: «Промислове та цивільне будівництво»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О. УЖЕГОВА

" 23 " жовтня 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

_____ МЕРЕЖУКУ Назару Романовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи _____ ОФІСНА БУДІВЛЯ у м. РІВНЕКерівник роботи _____ Олександр ЧАПЮК, к.т.н., доцент

(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом закладу вищої освіти від " 05 " лютого 2025 року №68/01-02
та змінами до цього наказу №439/01-02 від 23 жовтня 2025 року.2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи _____ 01 грудня 2025 р.3. Вихідні дані до роботи _____ район будівництва, ситуаційна схема ділянки, інженерно-геологічні умови будівельного майданчика, схеми планів, фасадів та розрізів будівлі4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
_____ об'ємно-планувальне рішення; архітектурно-конструктивне рішення; інженерне обладнання (принципове вирішення водопостачання і водовідведення, теплогазопостачання); будівельна фізика (теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни, покриття або розрахунок освітлення); техніко-економічні показники проєкту. Обґрунтування вибору конструкцій. Проєктування таких несучих конструкцій будівлі: плити перекриття типового поверху, колон першого поверху, монолітної фундаментної плити та монолітних сходів
_____ Визначення номенклатури та об'ємів робіт; вибір методів виконання робіт; вибір кранів; складання календарного плану або сіткового графіка будівництва; проєктування будгенплану об'єкта.

Складання локального кошторису на загальнобудівельні роботи. Заходи з охорони праці.

Наукова частина.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): архітектурно-будівельна частина виконується на стадії робочого проєкту, включає: плани, фасади, розрізи, схеми елементів покриття, перекриття, покрівлі та фундаментів будівлі.

Розрахунково-конструктивна частина виконується на стадії робочого проєкту, викреслюють основні несучі конструкції запроєктованої будівлі, розраховані у розділі 2.

Розділ "Технологія та організація будівництва" виконується на стадії робочого проєкту, включає проєкт виконання робіт, будівельний генеральний план, календарний або сітковий графік зведення об'єкту, технологічна карта.

Наукова частина (подача графічного матеріалу необмежена)

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Архітектурно-будівельна частина	САМЧУК В.П.	05.02.2025	14.10.2025
2. Розрахунково-конструктивна частина	РОТКО С.В.	05.02.2025	25.10.2025
3. Технологія та організація будівництва	ЧАПЮК О.С.	05.02.2025	25.10.2025
4. Економічна частина	ЧАПЮК О.С.	05.02.2025	29.11.2025
5. Охорона праці	ЧАПЮК О.С.	05.02.2025	29.11.2025
6. Наукова частина	ЧАПЮК О.С.	05.02.2025	29.11.2025

7. Дата видачі завдання " 05 " лютого 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Збір вихідних даних за темою роботи. Виконання архітектурно-будівельної частини	14.10.2025	вик
2	Виконання розрахунково-конструктивного розділу. Виконання розділу з технології та організації будівництва	25.10.2025	вик
3	Складання кошторису. Розробка розділу з охорони праці. Виконання наукової частини	29.11.2025	вик
4	Подання виконаної кваліфікаційної роботи на інструментальну перевірку щодо академічного плагіату	04.12.2025	вик
5	Подання виконаної роботи з відгуком керівника на підпис завідувачу кафедри, направлення на рецензію	12.12.2025	вик
6	Подання виконаної роботи на підпис декану та відповідальному секретарю екзаменаційної комісії	12.12.2025	вик
7	Захист кваліфікаційної роботи	18.12.2025, 20.12.2025	

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Назар МЕРЕЖУК
(ім'я та прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи _____
(підпис)

Олександр ЧАПЮК
(ім'я та прізвище)

РЕЗЮМЕ

Мережук Н.Р. «Офісна будівля у м. Рівне». Кваліфікаційна робота магістра, ОП «Будівництво та цивільна інженерія», спеціальність 192, Луцький національний технічний університет, Луцьк, 2025.

Будівля має складну конфігурацію $47,0 \times 27,1$ м, що забезпечує ефективне використання площі та зручні внутрішні простори. Це 12-поверхова односекційна споруда коридорного типу з висотою поверху 3,3 м та загальною висотою 43,2 м.

На першому поверсі розміщені адміністративні та офісні приміщення; на 2–11 поверхах — офіси різної площі та конференц-зал. Підземний паркінг на $-2,8$ м включає стоянки та технічні приміщення. Передбачено пандус та санвузли для маломобільних груп населення.

Вертикальне сполучення забезпечують дві ліфтові шахти $2,0 \times 1,65$ м та фундаментні стіни 300 мм. Ліфти OTIS вантажопідйомністю 400 кг мають машинні відділення на покрівлі. Зовнішні огорожувальні конструкції - світлопрозорі фасади з алюмінієвих профілів і склопакетів; внутрішні перегородки - газобетонні блоки 100 мм. Міжповерхові перекриття - монолітні залізобетонні 200 мм, покрівля - плоска з внутрішнім водовідведенням.

Каркас - монолітні колони та плити перекриття з бетону C20/25 та арматури А400С. Колони 400×400 мм на 1–4 поверхах, 300×300 мм на 5–9 поверхах. Фундаменти - монолітна плита 600 мм з додатковим армуванням у зонах максимальних навантажень. Сходи Сх-1 розраховані з армуванням $\varnothing 10$ – $\varnothing 8$ мм для забезпечення тріщиностійкості.

Будівництво передбачає 320 днів із середньою чисельністю 49 працівників. На генеральному плані враховані стоянки баштового крана, монтажні та небезпечні зони, тимчасові інженерні мережі.

Розраховано кошторис понад 67 млн грн.

У науковій частині досліджено захист композитної арматури від водопоглинання та покращення її зчеплення з бетоном.

Ключові слова: покриття матеріалом «СІЛОЛ®», зчеплення з бетоном, водопоглинання, довжина анкерування, композитної склопластикова арматура.

SUMMERY

Merezhuk N.R. “Office Building in Rivne.” Master’s Thesis, Educational Program “Construction and Civil Engineering,” Specialty 192, Lutsk National Technical University, Lutsk, 2025.

The building has a complex layout measuring 47.0×27.1 m, which ensures efficient use of space and convenient interior areas. It is a 12-story single-section corridor-type structure with a floor height of 3.3 m and a total height of 43.2 m.

The first floor houses administrative and office spaces; floors 2–11 contain offices of various sizes and a conference hall. The underground parking at -2.8 m includes parking spaces and technical rooms. A ramp and accessible restrooms are provided for people with reduced mobility.

Vertical circulation is provided by two elevator shafts measuring 2.0×1.65 m and 300 mm thick foundation walls. OTIS elevators with a capacity of 400 kg have machine rooms on the roof. The exterior envelope consists of modern transparent facades made of aluminum profiles and double-glazed units, while interior partitions are made of 100 mm aerated concrete blocks. Interfloor slabs are monolithic reinforced concrete, 200 mm thick, and the roof is flat with internal drainage.

The structural frame consists of monolithic columns and floor slabs made of C20/25 concrete and A400C reinforcement. Columns are 400×400 mm on floors 1–4 and 300×300 mm on floors 5–9. Foundations are a 600 mm thick monolithic slab with additional reinforcement in high-stress zones. Staircase Sh-1 is designed with $\text{Ø}10\text{--}\text{Ø}8$ mm reinforcement to ensure crack resistance.

The construction schedule is 320 days with an average of 49 workers. The site plan includes tower crane parking, assembly and danger zones, and temporary utility networks. The estimated construction cost exceeds UAH 67 million.

The scientific part of the study investigates the protection of composite reinforcement from water absorption and the improvement of its bond with concrete.

Keywords: SILOL® coating, concrete bond, water absorption, anchorage length, composite fiberglass reinforcement.

ЗМІСТ

	Вступ	7
	Вихідні дані проекту	10
Розділ 1.	Архітектурно-будівельна частина	12
1.1.	Об'ємно-планувальне рішення	12
1.2.	Архітектурно-конструктивне рішення	13
1.3.	Інженерні мережі	14
1.4.	Будівельна фізика. Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни і покрівлі	15
1.5.	Техніко-економічні показники	20
Розділ 2.	Розрахунково-конструктивна частина	21
2.1.	Розрахунок каркасу будівлі	21
2.2.	Розрахунок плити перекриття типового поверху	27
2.3.	Розрахунок колон першого поверху	32
2.4.	Розрахунок монолітної фундаментної плити	34
2.2.	Розрахунок монолітних сходів	40
Розділ 3.	Технологія і організація будівельного виробництва	44
3.1.	Визначення номенклатури та об'ємів робіт	44
3.2.	Вибір монтажних кранів	47
3.3.	Складання сіткового графіка виконання робіт	48
3.4.	Проектування буд генплану об'єкта	51
Розділ 4.	Економіка будівництва	54
4.1.	Пояснювальна записка до економічної частини проекту	54
4.2.	Локальний кошторис на загально будівельні роботи в додатку 1	54
Розділ 5.	Охорона праці	55
Розділ 6.	Наукова частина	58
	Захист композитної арматури від водопоглинання і покращення зчеплення її з бетоном через покриття засобом СІЛОЛ	58
Література		67

Вступ

Будівництво офісної будівлі у місті Рівне - це не просто реалізація архітектурного задуму чи технічного завдання. Це вираз динаміки економічної системи, яка прагне до сталого розвитку, підвищення конкурентоспроможності регіону та піднесення якості життя його мешканців. У сучасному світі, де світове та локальне взаємодіють через бізнес-процеси, цифрові рішення та міжрегіональні зв'язки, офісна нерухомість виступає як місток між науково-технічним прогресом, інвестиціями та повсякденним життям міста. В Рівному, як і в багатьох містах країни, саме будівництво серйозних ділових центрів підсилює економіку, створює нові можливості для підприємств та водночас формує міський пейзаж, що відображає сучасність та амбіції регіону.

Будівництво офісних центрів має універсальне значення для розвитку економічної системи країни незалежно від її геополітичного положення, рівня розвитку, чисельності населення та інших характеристик. Воно стимулює створення виробничих потужностей у різних секторах, забезпечуючи відповідність сучасному рівню науково-технічного прогресу. Фінансові ресурси, що вкладаються у будівництво, розкривають потенціал для впровадження інновацій, формування нових технологій виробництва, розвиток логістики та послуг підтримки бізнесу. Саме тому розвиток міської офісної інфраструктури стає ключовим інструментом для збільшення економічної активності, залучення інвестицій та зміцнення позицій міста на регіональній та навіть національній аренах.

Погляд на економічне зростання будь-якої країни як на сукупність виробничих потужностей у різних галузях підводить до важливого висновку: без достатнього обсягу капітальних вкладень, які йдуть у будівництво, у важливих напрямках економіка не може розвиватися стабільно. І у цьому сенсі будівництво офісних центрів має подвійний ефект: з одного боку - створює простір для ефективної діяльності бізнесу, з іншого - стимулює суміжні галузі: виробництво будівельних матеріалів, машинобудування, енергетики, інженерії, дизайну та ландшафтної архітектури. Внесок у розвиток міста не зводиться лише до появи нового корпусу: він виходить за межі будівельної площі, впливає на транспортну інфраструктуру, громадські зони, освітні та кадрові потоки, що є важливим для довгострокової конкурентоспроможності регіону.

У центрі цієї концепції - міська інфраструктура та якість проживання. Рівне, як і багато міст України, стало свідком того, як модернізація ділового середовища стимулює розвиток міської системи послуг, підвищує статус міста серед інвесторів та освітлює нові можливості для громадян. Відповідна офісна

будівля, з одного боку, забезпечує сучасні умови для ведення бізнесу: зручні планувальні рішення, високі стандарти безпеки, інтеграцію цифрових сервісів, гнучкість використання простору та комфортні умови праці. З іншого боку - вона стає інструментом формування міського обличчя, що відображає прагнення Рівного стати більш відкритим, інноваційним та привабливим для талановитих спеціалістів з різних галузей.

Даний об'єкт у Рівному - дванадцятиповерхова офісна будівля з високотехнологічним оснащенням, реалізована у форматі сучасного ділового центру та з розкішним скляним фасадом. Таке рішення несе не лише функціональні вимоги, але й естетичні амбіції: фасад, що віддзеркалює міцність і прозорість бізнес-середовища, водночас підкреслює впевненість у майбутньому міста. Архітектурні рішення, які притаманні цьому проекту, поєднують сучасність з контекстом середовища, у якому вони розгортаються, дозволяючи зорієнтувати не лише зручність праці, але й радість від споглядання витвореного простору.

Функціонально будівля розрахована на різні формати використання: відкриті офісні простори для орендарів із можливістю адаптації під потреби стартапів та великих корпорацій, конференц-зали, технічні приміщення, зони для відпочинку та спілкування, а також зручні інфраструктурні вузли - лицеві входи, громадські зони та інтегровані сервісні площі. Такі рішення забезпечують не лише комфорт працівників, а й оптимальну ефективність бізнес-процесів: швидкі ліфти, продумані сценарії переміщення, оптимальний доступ до комунікацій та мереж.

Урбаністичний контекст Рівного для цього об'єкта має значення не менше за саму будівлю. Рівне - місто з динамічним розвитком, з ростом малого та середнього бізнесу, з активною міграцією фахівців та студентів. Нова офісна будівля доповнює існуючий міський ландшафт, сприяє створенню сучасної ділової екосистеми, де підприємствами, підрядниками та сервіс-помічниками підтримуватимуться один одного. Вона також може стати каталізатором для розвитку суміжних напрямків: нерухомості, логістики, міського транспорту, цифрових сервісів та дизайну. Такий вплив важливий не лише з економічної сторони, але й з точки зору соціокультурної інтеграції міста: нові робочі місця, можливості для навчання та підвищення кваліфікації, партнерство між університетами, бізнесом та громадськими ініціативами - усе це створює новий імпульс для міської спільноти.

Щодо екологічної відповідальності та сталого розвитку, проект прагне відповідати сучасним вимогам до енергоефективності та екологічності. Застосовуються енергоефективні системи освітлення та кондиціонування,

розумне управління енергоспоживанням, модернізовані системи вентиляції з рекуперацією тепла, а також ефективна ізоляція та використання якісних віконних пакетів. Зелена лінія зовнішнього оздоблення та можливі рішення для міського озеленення та відкритих просторів сприяють поліпшенню мікроклімату та естетичної привабливості. Передбачено системи водопостачання та водовідведення з мінімізацією витрат та впливу на довкілля, а також застосування матеріалів, які відповідають найвищим стандартам якості та безпеки.

Вітчизняна та регіональна економіка потребує таких проєктів не лише як об'єктів нерухомості, але як символів довіри у майбутнє. Вони демонструють, що місто готове приймати сучасні стандарти якості життя, інвестицій та управління містом. В перспективі це означає, що Рівне може посилити свої позиції як центр ділової активності у Західній Україні, стати привабливим місцем для місцевих та іноземних підприємців, здатним запропонувати повний спектр послуг - від креативних індустрій до надійної інфраструктури для великих корпорацій та середнього бізнесу. Такий розвиток підвищує туристичну та культурну привабливість міста, розширює можливості для освітніх програм та стажувань, що згодом зміцнює економіку на базі глибокого взаємозв'язку між освітою, бізнесом та громадою.

У фіналі варто підкреслити, що будівництво такого масштабу несе відповідальність перед містом, його мешканцями та майбутніми поколіннями. Від того, наскільки продуманими будуть рішення щодо енергоефективності, екології, доступності та безпеки, залежить не лише успіх бізнесу сьогодні, але й якість життя у міста завтра. В Рівному створюють не просто офіс - створюють простір, який заохочує розвиток, підтримує інновації й зміцнює соціально-економічний добробут громадян. І коли з'явиться він, сучасний діловий центр із прозорим фасадом та динамічним внутрішнім середовищем, міський образ Рівного отримає новий штрих: місто, що поєднує міцність та красу, технологічність та людяність, традицію та амбіцію. Таке поєднання стане запорукою того, що Рівне не лише відповідає вимогам часу, але й формує їх, стаючи важливим елементом економічного ланцюга країни та натхненням для майбутніх проєктів у регіоні.

Вихідні дані проекту

Умови району будівництва

Загальні відомості про ділянку

1. Ділянка розташована на рівному рельєфі, територія вільна від забудови та зелених насаджень.
2. Існують діючі мережі електропостачання, водопостачання та теплопостачання, які інтегруються в майбутню інженерну інфраструктуру будівлі.
3. Під'їзні шляхи — це шосейні та асфальтовані дороги місцевого призначення, що забезпечують логістику та доступ до ділянки.
4. Проект розроблено для будівництва у кліматичному районі I – Північно-західному (Полісся, Лісостеп) відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 “Будівельна кліматологія”.

Класифікація та надійність будівлі

1. Клас наслідків (відповідальності) будівлі – СС 3 згідно табл. 1 ДБН В.1.2.-14-2009 “Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ”.
2. Ступінь вогнестійкості будівлі – III згідно додатку ДБН В.1.1-7-2000 (пожежна безпека об'єктів будівництва).
3. Термін експлуатації будівлі – 100 років (згідно таб. 2 ДБН В.1.2-14-2009).
4. Умови гео- та інженерної підготовки передбачаються з урахуванням регіональних норм щодо промерзання та навантажень.

Кліматичні та геоінженерні умови

1. Сніговий район – 4. Значення ваги снігового покриву 1,32 кПа (ДБН В.1.2-2:2006 “Навантаження і впливи. Норми проектування”).
2. Вітровий район – 4. Характеристичне значення вітрового тиску 480 Па (ДБН В.1.2-2:2006).
3. Середня температура найбільш холодних п'яти діб – -22°C ; середня температура найбільш холодної доби – -27°C .
4. Нормативна глибина промерзання ґрунту – 0.9 м (п. 7.5.3 ДБН В.2.1-10-2009 “Основи та фундаменти споруд”).
5. Дані відповідають характеристикам кліматичного району I та призначені для розрахунку теплових режимів будівлі, підземних конструкцій, фундаментних вузлів та водовідведення.

Екологічні та природоохоронні заходи

1. Проект передбачає низку природоохоронних заходів, спрямованих на ліквідацію небезпечних геологічних процесів, санітарне очищення території, озеленення та благоустрій.
2. Після завершення будівництва планується відновлення дернового покриву та насаджень на всій території ділянки.
3. У зоні забудови заплановано посадки декоративних порід, кущів та дерев, створення мережі доріг і тротуарів, що сприятиме міському озелененню та якості міського середовища.

Інженерна підготовка та водовідведення

1. Інженерна підготовка території включає відведення дощових та талих вод.
2. Поверхневі води відведені закритою водосточною мережею через водоприймальні решітки, розташовані уздовж доріг.
3. Стічні води від будівлі відводяться у зовнішню каналізаційну мережу та далі до міських очисних споруд.
4. Такі рішення забезпечують мінімальний вплив на довкілля та відповідають вимогам з водозбірною та водовідвідною режимів ділянки.

Благоустрій ділянки

1. Благоустрій включає асфальтовані покриття для проїздів, тротуарів та парковок.
2. Мощення входних майданчиків та доріжок у озелених зонах фігурною тротуарною плиткою.
3. Озеленення з пристроєм газонів та посадкою нових зелених насаджень.
4. Розташування доріг та пішохідних маршрутів узгоджене з потребами будівництва, забезпечуючи зручний доступ до входів та майданчиків обслуговування.

Архітектурні та містобудівельні умови

1. Будівля передбачає дванадцятиповерхову конструкцію з урахуванням кліматичних факторів та вимог до надійності.
2. Водопостачання, тепlopостачання та електричні мережі інтегруються з існуючою інфраструктурою ділянки.
3. Архітектурно-інженерні рішення мають враховувати вітрові та снігові навантаження, а також обмеження щодо промерзання ґрунту.
4. Забезпечується відповідність ступеня вогнестійкості III та класу наслідків СС 3, з акцентом на безпеку житлового та робочого середовища.

1 Розділ

Архітектурно-будівельний

1.1. Об'ємно-планувальне рішення

Запроектowana офісна будівля у місті Рівне має складну конфігурацію в плані з габаритами в осях 47,0 х 27,1 м, що дозволяє ефективно використовувати площу та формувати зручні внутрішні простори.

Конструктивна схема будівлі – каркасно-монолітна, що забезпечує високу надійність та гнучкість у плануванні. Будівля належить до I класу за довговічністю та III класу за вогнестійкістю.

Це 12-поверхова односекційна споруда з коридорною планувальною структурою, висота поверху якої становить 3,3 м. На першому поверсі розміщені адміністративні та офісні приміщення, що формують відкритий та доступний громадський простір.

На 2–6 та 7–11 поверхах передбачені офісні приміщення різної площі, а також конференц-зал для проведення ділових подій та нарад.

Підземний паркінг розташований на рівні –2,8 м та включає автомобільні стоянки й побутово-технічні приміщення, забезпечуючи зручність для працівників та відвідувачів. Загальна висота будівлі становить 43,2 м.

Для маломобільних груп населення передбачено пандус та спеціально обладнані санітарні вузли, що відповідають сучасним вимогам інклюзивності.

Вертикальне сполучення забезпечують дві ліфтові шахти розміром 2,0 х 1,65 м із товщиною стін 300 мм, а також фундаментні стіни товщиною 300 мм. У будівлі встановлені ліфти OTIS вантажопідйомністю 400 кг (6 пасажирів), машинні відділення яких розташовані на покрівлі, що дозволяє суттєво зменшити довжину канатів і спростити кінематичну схему приводу.

Згідно з чинними протипожежними нормами, кожен поверх обладнаний необхідною кількістю евакуаційних виходів через сходові клітки, що забезпечує безпеку користувачів будівлі.

Будівля має вигідне розташування в межах офісного району Рівного з зручними під'їзними шляхами та хорошим транспортним сполученням. Бізнес-центр забезпечений усією необхідною інфраструктурою: охоронюваними стоянками, окремими телефонними лініями, високошвидкісним інтернетом, включно з Wi-Fi мережами.

1.2. Архітектурно-конструктивне рішення

Проектована офісна будівля є сучасною 12-поверховою спорудою каркасного типу з рамно-в'язевою системою, що забезпечує її просторову жорсткість та стійкість у поперечному та повздовжньому напрямках.

Каркас будівлі виконаний із монолітних залізобетонних колон та суцільних монолітних плит перекриття. На 1–4 поверхах застосовані колони з перерізом 400×400 мм, а з 5 по 9 поверхи переріз зменшується до 300×300 мм. Матеріал колон – бетон класу C20/25 та арматура класу A400C. Монолітні плити перекриття завтовшки 200 мм виконані з бетону C20/25 та арматури A400C.

Фундаменти прийняті у вигляді суцільної монолітної плити товщиною 600мм із бетону C20/25 з робочою арматурою A400C. Стіни підвалу – монолітні, товщиною 300 мм, ззовні ізольовані бітумно-полімерною мембраною Ceresit CR-42. Горизонтальна гідроізоляція виконана у два шари євроруберойду. Вимощення включає ущільнений ґрунт, щебеневу підготовку та покриття з бруківки.

Зовнішні огорожувальні конструкції запроєктовані як сучасні світлопрозорі фасадні системи з алюмінієвих профілів і склопакетів відповідно до ДБН Б.2.2-12:2018. Внутрішні перегородки виконані з газобетонних блоків товщиною 100 мм та оштукатурені гіпсовою штукатуркою. Міжповерхові перекриття – монолітні залізобетонні, товщиною 200 мм.

Покрівельний пиріг включає:

1. Бітумну мастику зі склотканинними армувальними прошарками;
2. Армовану стяжку;
3. Утеплювач із плит пінополістиролу;
4. Пароізоляцію;
5. Ухилоутворюючий шар пінобетону;
6. Монолітну плиту перекриття.

У місцях примикання рулонного килиму до парапету влаштовано додаткові два шари євроруберойду. Підняття покрівельного килима на парапет виконується до 700 мм із перекриттям металевим фартухом. Ділянки стін з вентканалом виконані з монолітного залізобетону класу C12/15 з арматурою A400C. Водовідвід – внутрішній, з водозбірними воронками та системою труб, діаметр водостічних труб – 100 мм.

Сходи – внутрішні, двомаршеві, залізобетонні, розміщені в ізольованих сходових клітках із природним та штучним освітленням. Ухил сходів 1:2. Марші та площадки анкеруються у плити перекриття. Ліфтова шахта

монолітна, з бетону C20/25 та арматури A400C, обладнана ліфтом вантажопідйомністю 400 кг. Машинне відділення розташоване на покрівлі, що оптимізує систему канатів і конструкцію ліфта.

Запроектовані металопластикові вікна з енергозберігаючими двокамерними склопакетами, що забезпечують нормативний опір теплопередачі. Вхідні двері – протиударна скляна вертушка, міжофісні двері – дерев'яні.

1.3. Інженерні мережі Водопостачання

Система водопостачання офісної будівлі запроектована відповідно до вимог діючих нормативів і забезпечує безперебійне постачання питної та технічної води для всіх приміщень споруди.

Підключення до міських водопровідних мереж здійснюється через ввідний вузол, обладнаний водолічильним комплексом, запірною арматурою та фільтрами для очищення води від механічних домішок.

Внутрішня водопровідна система виконується із поліпропіленових або сталевих оцинкованих труб, що гарантують довговічність та корозійну стійкість.

Для забезпечення стабільного тиску на верхніх поверхах передбачено встановлення насосної станції підвищення тиску з автоматичним регулюванням роботи обладнання залежно від водорозбору.

Розведення внутрішнього водопроводу виконується за стояковою схемою з окремими стояками для холодної та гарячої води, що дозволяє рівномірно забезпечити всі поверхи.

Гаряче водопостачання здійснюється від центральної системи або від індивідуальних бойлерів залежно від функціонального призначення приміщень, що дає змогу економно використовувати теплову енергію.

У підвальних і технічних приміщеннях передбачені вузли обліку, запірна арматура, системи фільтрації та резервні елементи для обслуговування інженерних мереж.

На кожному поверсі запроектовані санвузли та технічні точки водорозбору, обладнані сучасною сантехнікою, змішувачами та системами захисту від протікання.

Для аварійних ситуацій передбачена система локального відключення стояків та окремих ділянок трубопроводів, що мінімізує ризики пошкодження майна.

Опалення

Джерелом теплопостачання є міські теплові мережі, до яких будівля підключається через тепловий пункт, обладнаний сучасною автоматикою регулювання витрат теплоносія.

У вузлі теплопостачання встановлено теплообмінники для розділення мережного та внутрішнього теплоносія, що підвищує безпеку та надійність системи.

Внутрішня система опалення запроектована як закрита двотрубна з нижнім розведенням, що забезпечує рівномірний розподіл тепла між поверхами та приміщеннями.

У ролі нагрівальних приладів використовуються сталеві панельні радіатори або алюмінієві секційні прилади з високою тепловіддачею, встановлені під віконними прорізами та в технічних зонах.

Подача теплоносія по поверхах реалізована за допомогою стояків, обладнаних балансувальними клапанами для регулювання витрати та забезпечення стабільної роботи системи на всіх рівнях.

Автоматичні терморегулятори на радіаторах дають змогу індивідуально налаштовувати температуру в окремих приміщеннях, забезпечуючи енергоефективність та комфорт.

Для забезпечення циркуляції теплоносія на верхніх поверхах передбачено насосно-змішувальні групи та обладнання автоматичного видалення повітря зі стояків.

Трубопроводи системи опалення виконані з поліпропіленових або сталевих оцинкованих труб, що гарантує довговічність та стійкість до корозії.

У місцях проходження труб через нерухомі конструкції передбачені компенсатори, а на горизонтальних ділянках - необхідний ухил для нормальної роботи системи та відведення повітря.

Вентиляція

У будівлі передбачена комбінована система вентиляції, що включає припливно-витяжні механічні установки та природну вентиляцію у частині вертикальних каналів.

Припливне повітря подається у приміщення через припливно-витяжні установки, обладнані фільтрами тонкого очищення, калориферами для підігріву повітря в холодний період року та системами автоматичного регулювання подачі залежно від потреб приміщень.

Витяжна вентиляція здійснюється окремими каналами у санвузлах, технічних приміщеннях, кухонних зонах та деяких офісних просторах, забезпечуючи видалення забрудненого повітря та надлишкової вологості.

Вентиляційні канали виконані з монолітного залізобетону або оцинкованої сталі, залежно від ділянки прокладання, та мають необхідну тепло- і звукоізоляцію для мінімізації шуму і запобігання конденсації.

На кожному поверсі передбачено окреме регулювання повітрообміну залежно від призначення приміщень, що дозволяє оптимізувати витрати енергії та підтримувати необхідні параметри повітря.

У конференц-залах та великих open-space передбачені припливно-витяжні установки підвищеної продуктивності з можливістю використання рекуператорів тепла, що підвищує енергоефективність будівлі.

У шахтах вентиляції передбачено легкий доступ для технічного обслуговування, а автоматика систем дозволяє контролювати температуру, вологість, швидкість повітря та стан фільтрів у режимі реального часу.

Вентиляційне обладнання встановлене у технічних приміщеннях, що знижує шум у робочих зонах і забезпечує можливість швидкого доступу для сервісного обслуговування.

Водовідведення

Система водовідведення з покрівлі 12-поверхової офісної будівлі у місті Рівне запроєктована як внутрішня, що забезпечує ефективне відведення атмосферних опадів у будь-яку пору року.

Водовідведення здійснюється через систему водостічних воронок, рівномірно розташованих по площі покрівлі для запобігання накопиченню води та утворенню локальних навантажень.

На покрівлі монтуються сім водостічних воронок діаметром 110 мм, що забезпечує необхідну пропускну здатність для інтенсивних опадів.

Воронки під'єднуються до вертикальних водостічних труб, виконаних із пластмасових труб, що відзначаються корозійною стійкістю, легкістю монтажу та довговічністю.

Водовідвідні трубопроводи прокладені з ухілами, що забезпечують вільний рух води до зливової каналізації, попереджуючи застій та можливі протікання.

У місцях проходження труб через конструкції передбачено теплоізоляцію для запобігання конденсації та промерзанню взимку.

Система оснащена оглядовими елементами для проведення періодичного технічного обслуговування та очищення трубопроводів.

1.4. Будівельна фізика

Експлуатаційні властивості будівлі визначаються не лише її архітектурними параметрами, оздобленням та інженерним оснащенням, але й якістю зовнішніх огорожувальних конструкцій, які виконують функцію бар'єра між внутрішнім простором та зовнішніми впливами.

Ці конструкції захищають приміщення від втрат тепла, надмірної сонячної радіації, атмосферних опадів, зміни температури, вологості, шуму та інших факторів, що впливають на комфорт і мікроклімат.

Огороджувальні елементи, розділяючи середовища з різними параметрами - температурою, вологістю, тиском повітря та рівнем шуму - повинні забезпечувати захист від проникнення повітря, вологи, звуку та надлишкового світла.

Основними напрямками будівельної фізики є будівельна теплотехніка, світлотехніка та акустика, кожна з яких охоплює власні фізичні процеси та вимоги до конструкцій будівлі.

Теплотехнічна частина охоплює питання теплопередачі, вологісного режиму та повітропроникності, забезпечуючи енергоощадність та сприятливий мікроклімат у приміщеннях.

Світлотехнічні аспекти включають організацію природного й штучного освітлення, а також аналіз інсоляції та впливу сонячної радіації на будівельні конструкції.

Акустична складова передбачає забезпечення звукоізоляції огорожень та акустичного комфорту всередині приміщень.

Основними теплотехнічними вимогами до зовнішніх огорожувальних конструкцій є достатній опір теплопередачі, повітронепроникність та забезпечення стабільного вологісного режиму, що гарантує їхню надійність та енергоефективність.

З урахуванням цих вимог формуються конструктивні рішення, які забезпечують довговічність будівлі та високі експлуатаційні показники під час її використання.

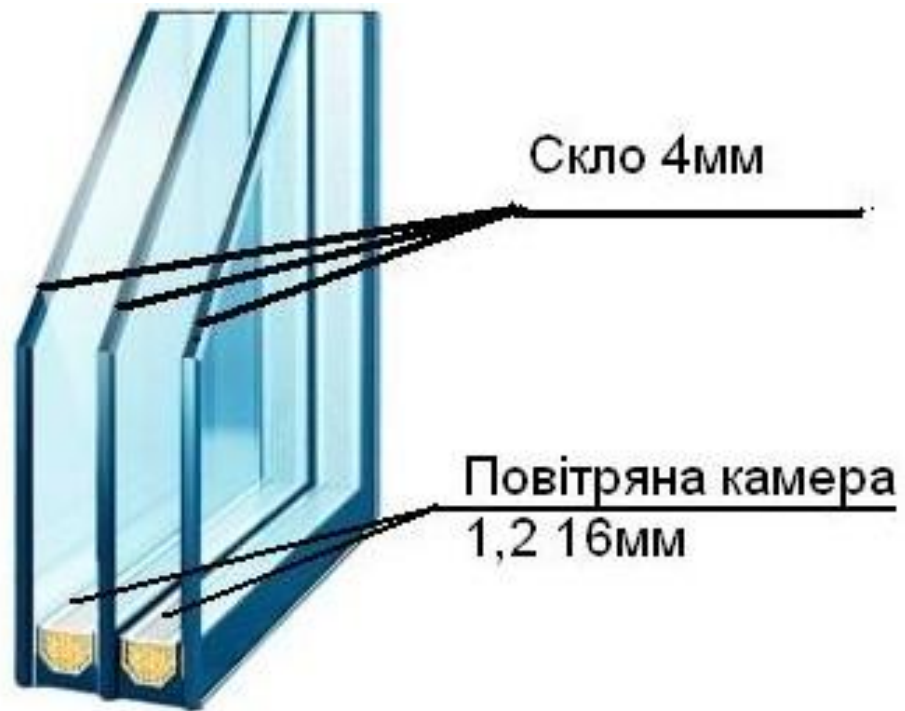
Теплотехнічний розрахунок зовнішніх стін

Опір теплопередачі світлопрозорої конструкції R_{Σ} має задовільняти умову $R_{\Sigma} \geq R_{qmin}$

$R_{qmin} = 0,9 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$, приймається за ДБН В.2.6-31:2021 .

Вираз для величини опору теплопередачі зовнішньої стіни:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i p}} + \frac{1}{\alpha_3}$$



Місто Рівне відноситься до першої температурної зони України. Значення $R_q \text{ min, m}^2 \cdot \text{K/Вт}$, для I температурної зони відповідно до ДБН В.2.6-31:2021 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель» становить $R_q \text{ min,} = 0.9 \text{ m}^2 \cdot \text{K/Вт}$.

Таблиця 1.4.1. Теплотехнічні показники світлопрозорої конструкції

№	Матеріал	Маса кг/м ³	Товщина, δ , мм	Опір тепло- провідності R_1 , (м ² °C / Вт)	Розрахунковий коефіцієнт теплотозасвоєння S , Вт/м ² К
1	Скло пакет 4-16-4-16-4		44	0,85	11,06

Термічні опори по окремих шарах:

$R_1 = \delta_1 / \lambda_1 = 0.85 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ – склопакет 4-16-4-16-4;

Загальний термічний опір прозорій термічно-однорідній огорожувальній конструкції (скло):

$$R_q = \frac{1}{\alpha_6} + \sum R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_6} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_3} = 0,125 + 0,85 + 0,043 = 1.027 \text{ (м}^2\text{К/Вт)}.$$

$R_q = 1.027 \text{ м}^2\text{К/Вт} > R_{q,\min} = 0.9 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ – умова виконується.

Теплотехнічний розрахунок покриття

Згідно ДБН В.2.6-31:2021 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель» мінімальне достатнє значення опору теплопередачі покрівлі $R_{q\min} = 7 \text{ м}^2\text{К/Вт}$.

Визначаємо термічні опори по окремих шарах:

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,01}{0,17} = 0,058 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{К/Вт} \text{ – ПВХ};$$

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,035}{0,93} = 0,038 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{К/Вт} \text{ – стяжка};$$

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,005}{0,17} = 0,028 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{К/Вт} \text{ – пароізоляція};$$

$$R_4 = \frac{\delta_4}{\lambda_4} = \frac{0,02}{0,93} = 0,021 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{К/Вт} \text{ – стяжка};$$

$$R_5 = \frac{\delta_5}{\lambda_5} = \frac{0,200}{1,92} = 0,1 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{К/Вт} \text{ – з/б плита}.$$

Загальний термічний опір покрівлі:

$$R_\Sigma = \left(\frac{1}{\alpha_6} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + \frac{1}{\alpha_3} \right) =$$

$$= \frac{1}{8,7} + 0,058 + 0,038 + 0,28 + 0,21 + 0,1 + \frac{1}{23} = 0,89 \text{ (м}^2\text{К/Вт)}$$

Для утеплення покриття використовуємо плити екструдованого пінополістиролу. Теплопровідність в умовах експлуатації рівна 0,06.

Необхідна товщина плити пінополістиролу для утеплення покрівлі:

$$\delta = (R_{q\min} - R_\Sigma) \cdot \lambda = (7 - 0,89)0,06 = 0,183 \text{ м}$$

Отже, товщина утеплення 150мм.

№ шару	Матеріал шару огорожувальної конструкції	Товщина шару δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності λ_{ip} , Вт/(м · К)	Опір теплопередачі, δ_i / λ_{ip}
1	ПВХ	0,01	0,17	0,58
2	Стяжка	0,040	0,92	0,038
3	Утеплювач – пл екструдованого пінополістиролу	0,15	0,06	4,8
4	Пароізоляція	0,005	0,17	0,028
5	Стяжка	0,04	0,93	0,021
6	Монолітна з/б плита	0,2	1,92	0,98

Загальний термічний опір покриття з утеплювачем:

$$R_{\Sigma} = \left(\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + \frac{1}{\alpha_3} \right) =$$

$$= \frac{1}{8,7} + 0,058 + 0,038 + 0,28 + 0,98 + 4,8 + 1/23 = 8,16 \text{ (м}^2 \text{ К/Вт)}$$

$R_{\Sigma} = 8,16 \geq R_{qmin} = 7 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$ – умова виконується.

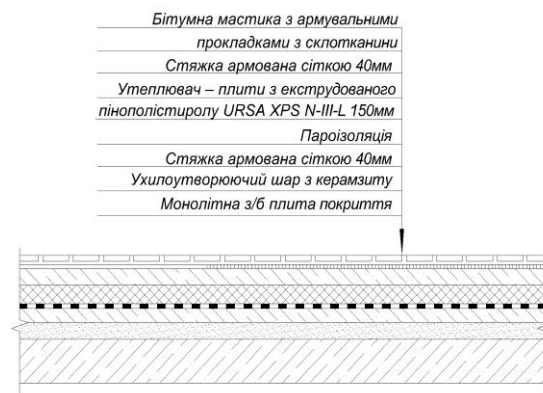


Рис. 1.2. Конструкція покрівлі

1.5. Техніко - економічні показники

Площа будівництва – 1020 м².

Будівельний об'єм – 42500 м³.

Загальна площа S – 6108,2 м².

Корисна площа – 5659 м².

Робоча площа – 4406,9 м².

Коефіцієнт K₁ = 0,7.

Коефіцієнт K₂ = 9,3.

2 Розділ

Розрахунково-конструктивний

Обґрунтування вибору конструкцій

Дану будівлю запроєктовано як каркасно-монолітну, оскільки такий конструктивний тип забезпечує економічну доцільність, високу швидкість виконання робіт та підвищену просторову жорсткість порівняно зі збірними системами.

З урахуванням вимог надійності, довговічності, технологічності та оптимізації витрат були обрані такі основні конструктивні елементи: монолітний залізобетонний фундамент у вигляді плити завтовшки 1 м, монолітний залізобетонний каркас із суцільними плитами перекриття та покриття товщиною 200 мм, а також колони перерізом 400×400 мм.

2.1. Розрахунок каркасу будівлі

Формування моделі будівлі

Розрахунок просторового каркаса 12-поверхової офісної будівлі виконується у програмному комплексі «МОНОМАХ» 4.2.

У модулі «КОМПОНОВКА» формується тривимірна модель будівлі на основі заданої сітки плану.

Розміщення елементів конструктивної системи - фундаментної плити, стін, колон та плит перекриття - виконується у вузлах координатної сітки шляхом введення необхідних геометричних параметрів у діалоговому режимі.

Вертикальні навантаження задаються у вигляді рівномірно розподілених по площині або окремих ділянках плити, при цьому власна вага конструкцій ураховується автоматично програмою.

Для врахування горизонтальних (вітрових) навантажень зазначається інформація про район будівництва та напрям дії вітру.

Місцем будівництва є м. Рівне, яке належить до II кліматичного та IV вітрового районів, а характеристичне значення вітрового тиску становить 550 Па згідно з ДБН В.1.2-2-2006.

Напрямок переважаючих вітрів приймається: у літній період - західний, у зимовий - також західний.

У розрахункових даних задається також сейсмічна активність 7 балів, основний та додатковий напрям вітру - 0°, а категорія ґрунтів - III.

Розрахункова схема каркаса формується автоматично, після чого виконується статичний та динамічний розрахунок, що дозволяє визначити переміщення, внутрішні зусилля та напруження від заданих навантажень.

Після отримання результатів здійснюється підбір і перевірка перерізів конструктивних елементів, а далі виконується експорт даних у відповідні програми для подальшого конструювання.

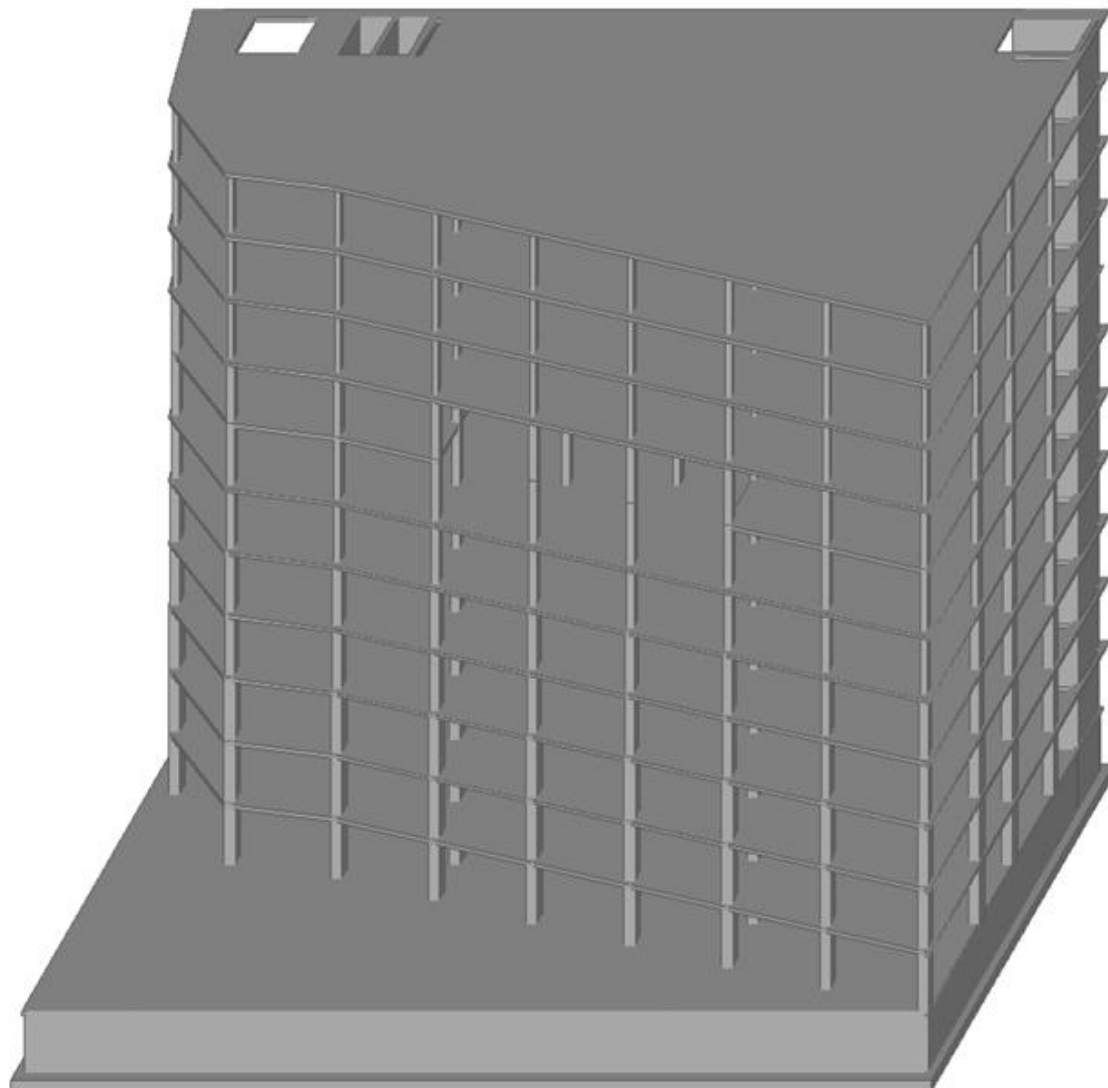


Рис. 2.1. 3D модель офісної будівлі

Збір навантаження на каркас будівлі

Збір навантаження на каркас будівлі є одним із ключових етапів проектування, оскільки саме від точного визначення величин і характеру впливів залежить надійність, стійкість і довговічність споруди.

Усі навантаження, які діють на елементи каркаса 12-поверхової офісної будівлі, поділяються на постійні, тимчасові та особливі, кожне з яких враховується у розрахункових схемах відповідно до чинних норм.

До постійних навантажень належать власна вага покриття, перекриттів, огорожувальних конструкцій, стін, підлог та інженерного обладнання, які формують основну частину впливів на несучі елементи.

Тимчасові навантаження включають корисні навантаження на перекриття, вагу людей, рухоме обладнання, а також снігові та вітрові впливи, що можуть змінюватися в часі.

Особливі навантаження можуть бути пов'язані з можливими аварійними ситуаціями або сейсмічними діями, які також повинні бути враховані для забезпечення безпеки будівлі.

Усі визначені навантаження від покриття, перекриття та огорожувальних елементів систематизовано та подано в таблицях, що дозволяє виконати точний подальший розрахунок несучих елементів каркаса.

Розрахунок снігового навантаження на покрівлю подано нижче окремим розділом, що забезпечує повноту та коректність загальної розрахункової моделі будівлі.

Таблиця 2.1. Збір навантаження на покрівлю

№	Навантаження	Характеристичне навантаження, кН/м ²	Коеф. надійності	Розрах. навантаження, кН/м ²
	Постійне			
1	2 шари гідроізолю по мастиці $\delta = 10$ мм, $\rho = 800$ кг/м ³	0,8	1,3	0,095
2	Стяжка $\delta = 40$ мм, $\rho = 1600$ кг/м ³	0,68	1,3	0,89
3	Екструдований пінополістирол $\delta = 100$ мм, $\rho = 80$ кг/м ³	0,08	1,2	0,095
4	Пароізоляційна плівка $\delta = 5$ мм, $\rho = 600$ кг/м ³	0,032	1,2	0,036
5	Стяжка $\delta = 40$ мм, $\rho = 1600$ кг/м ³	0,65	1,3	0,85
6	Ухилоутворюючий шар з пінобетону $\delta = 150$ мм, $\rho_m = 300$ кг/м ³	0,28	1,2	0,95
7	Плита покриття $\delta = 200$ мм	Навантаження враховується ПК «МОНОМАХ» автоматично		
	Σ	2,6	-	2,88
	Змінне			
	Снігове	0,49	1,4	0,696

Таблиця 2.2. Збір навантаження на перекриття

№ шару	Види навантажень	Характеристичне, кН/м ²	Коеф. надійності	Розрахункове, кН/м ²
	Постійне			
1	Керамогранітна плитка $\delta = 15$ мм, $\rho = 2000$ кг/м ³	0,4	1,1	0,43
2	ЦПР $\delta = 30$ мм, $\rho = 1600$ кг/м ³	0,5	1,3	0,625
3	Тепла підлога $\delta = 20$ мм, $\rho = 800$ кг/м ³	0,15	1,3	0,21
4	Екструдований пінополістирол $\delta = 50$ мм, $\rho = 50$ кг/м ³	0,025	1,2	0,032
5	Плита перекриття $\delta = 200$ мм	Навантаження враховується ПК «МОНОМАХ» автоматично		
	Σ	0,98	-	1,186
	Змінне			
	Квазіпостійне	0,85	1,2	1,022
	Короткочасне	1,15	1,2	1,36
	Σ	2	-	2,7

Таблиця 2.3. Збір навантаження на фундаментну плиту

№ шару	Вид навантаження	Характеристичне, кН/м ²	Коеф. надійності	Розрах., кН/м ²
	Постійне			
1	Наливна підлога $\delta = 60$ мм, $\rho = 2500$ кг/м ³	1,45	1,1	1,585
2	Піщано-гравійна суміш $\delta = 80$ мм, $\rho = 2000$ кг/м ³	1,6	1,1	1,78
3	1 шар ізоляції $\delta = 5$ мм, $\rho = 600$ кг/м ³	0,03	1,3	0,038
4	ЦПР $\delta = 50$ мм, $\rho = 1600$ кг/м ³	0,8	1,3	1,05
5	Фундаментна плита товщиною $\delta = 600$ мм	Навантаження враховується ПК «МОНОМАХ» автоматично		
	Σ	3,85	-	4,425
	Квазіпостійне	0,37	1,2	0,45
	Короткочасне	1,15	1,2	1,35
	Σ	1,5	-	1,82

Розрахунок каркасу будівлі

Визначивши навантаження на покриття та перекриття, включаючи постійні та змінні впливи, а також зібравши всі навантаження від огорожувальних конструкцій та внутрішніх перегородок, можна переходити до формування повної розрахункової моделі будівлі

Постійні навантаження враховують власну вагу всіх елементів конструктивної системи плит перекриття, покриття, колон, стін, несучих та ненесучих перегородок, інженерних систем та оздоблювальних шарів.

Змінні навантаження включають корисні навантаження на перекриття, які залежать від функціонального призначення поверхів, а також тимчасові кліматичні впливи снігове та вітрове навантаження, що визначаються згідно з вимогами чинних будівельних норм.

Після визначення всіх величин навантажень здійснюється їхнє структурування та перенесення у програмне забезпечення «КОМПОНОВКА» у складі ПК «МОНОМАХ», що дозволяє створити просторову модель будівлі.

У процесі моделювання задаються геометричні параметри споруди, розташування конструктивних елементів у плані та по поверхах, а також умови закріплення фундаментної частини.

Навантаження вводяться відповідно до їхнього виду: постійні - у вигляді автоматично обчисленої власної ваги конструкцій, корисні - на площу перекриттів, а кліматичні - з урахуванням місця будівництва, кліматичної зони, категорії ґрунтів та напрямків дії вітру.

Отримана розрахункова схема дозволяє виконати статичний і динамічний аналіз, визначити переміщення, внутрішні зусилля та напруження в елементах каркаса, що надалі використовуються для підбору перерізів і розрахунку окремих конструктивних елементів будівлі.

Розхід матеріалів.всього					
Матеріали	Фундамен	Стіни	Колони	Плити	Всього
Бетон, м3	754.85	289.66	145.95	1367.04	2407.50
Арматура, кг	88582	2987	8875	58092	164836
Опалубка, м2	1276.35	1864.42	1818.24	5935.19	12194.20

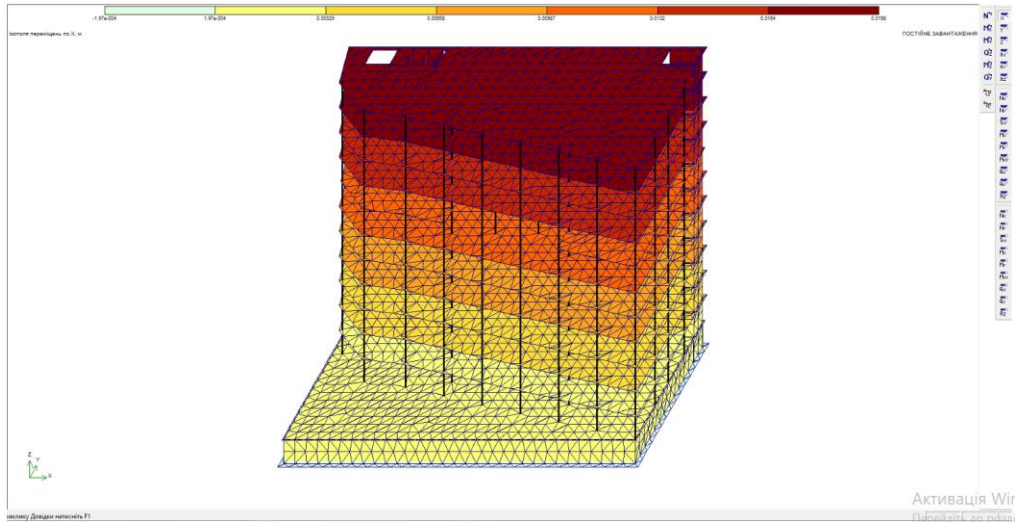


Рис. 2.1.2. Розрахункова схема по переміщеннях в осі X

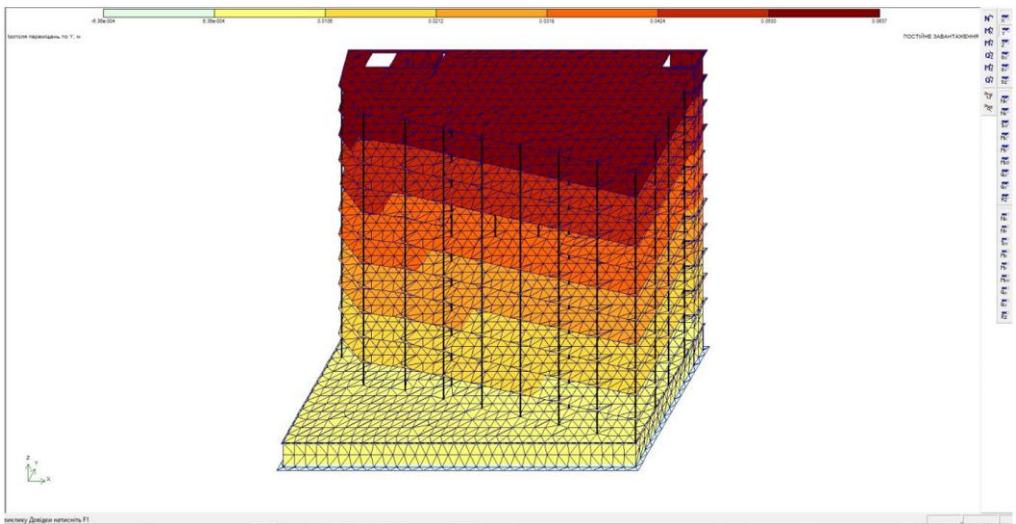


Рис. 2.1.3 Розрахункова схема по переміщеннях в осі Y

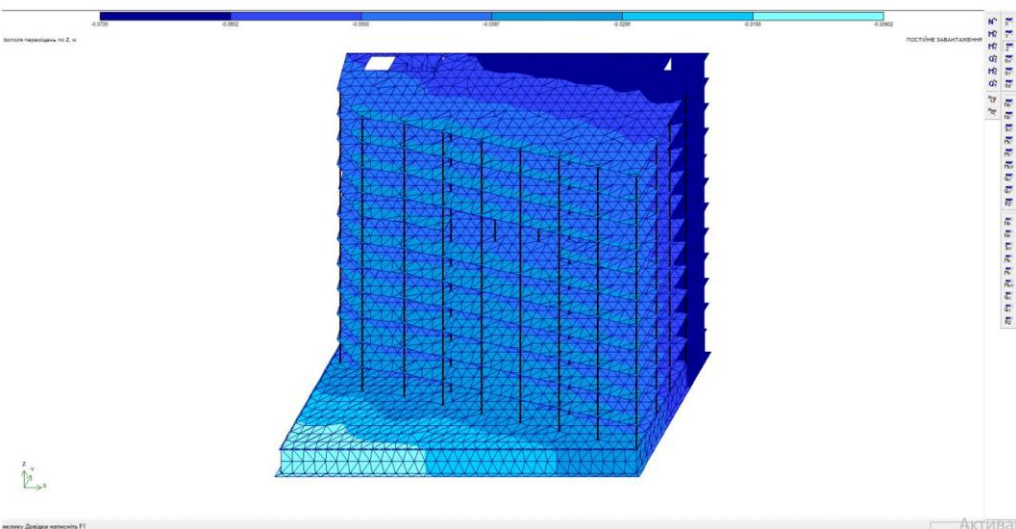


Рис. 2.1.4. Розрахункова схема по переміщеннях в осі Z

2.2. Розрахунок плити перекриття типового поверху

Розрахунок монолітної залізобетонної плити перекриття над типовим поверхом здійснюється за допомогою програмного комплексу «МОНОМАХ», а саме модуля «ПЛИТА», який призначений для моделювання, аналізу та підбору армування плитних елементів. Початкове формування геометричної схеми та вузлової сітки плити виконується в режимі імпорту з програми «КОМПОНОВКА», де попередньо створено просторову модель будівлі. Це забезпечує точне перенесення геометрії, положення опорних конструкцій та навантажень, що гарантує узгодженість розрахунків різних елементів каркаса.

Після імпорту моделі у модуль «ПЛИТА» уточнюються параметри жорсткісних характеристик матеріалу, умови опирання та повний спектр навантажень, що діють на плиту. Розрахунок виконується відповідно до вимог першої та другої груп граничних станів. За першою групою визначаються міцнісні характеристики - максимальні згинальні моменти, поперечні сили, нормальні та дотичні напруження. За другою групою оцінюється тріщиностійкість, деформативність та прогини плити, що мають відповідати нормативним обмеженням для забезпечення експлуатаційної придатності конструкції.

Важливим етапом є правильне визначення навантажень, що передаються на плиту. До них належать постійні навантаження від конструкції підлоги, включно зі стяжкою, вирівнюючими шарами, звукоізоляцією та фінішним покриттям. Ці величини наведені у таблиці 2.3. Окремо враховують навантаження від конструкції зовнішньої стіни, що спирається на плиту, згідно з таблицею 2.5. Сукупність цих даних дозволяє отримати реалістичні значення навантажень, що діють на конструктивний елемент.

Після виконання статичного розрахунку модуль формує карти розподілу згинальних моментів у двох напрямках, епюри зусиль та результати перевірки напружено-деформованого стану. На основі отриманих моментів виконується підбір арматури. Програма визначає необхідну площу арматурного січення в обох робочих напрямках плити, враховуючи умови розтягнення та стиснення. При цьому застосовуються матеріали, прийняті на стадії проектування: бетон класу С20/25 згідно з ДСТУ Б В.2.7-43-96 та арматура робоча класу А400С відповідно до ДСТУ 3760-2019.

Конструювання армування здійснюється згідно з вимогами чинних норм, враховуючи мінімальні та максимальні відсотки армування, необхідність розміщення верхньої та нижньої арматури у зонах максимальних моментів, зони анкерівки та перехльостування стрижнів, а також забезпечення захисного шару бетону. Модуль автоматично формує план армування, схеми розкладки стрижнів і видає підсумкові відомості витрат арматури.

Отримані результати використовуються під час розроблення робочих креслень та подальшого розрахунку всієї конструктивної системи будівлі. Застосування програмного комплексу «МОНОМАХ» забезпечує високу точність, оптимальність і надійність прийнятих конструктивних рішень, що є важливим фактором для сучасного проектування багатоповерхових будівель.

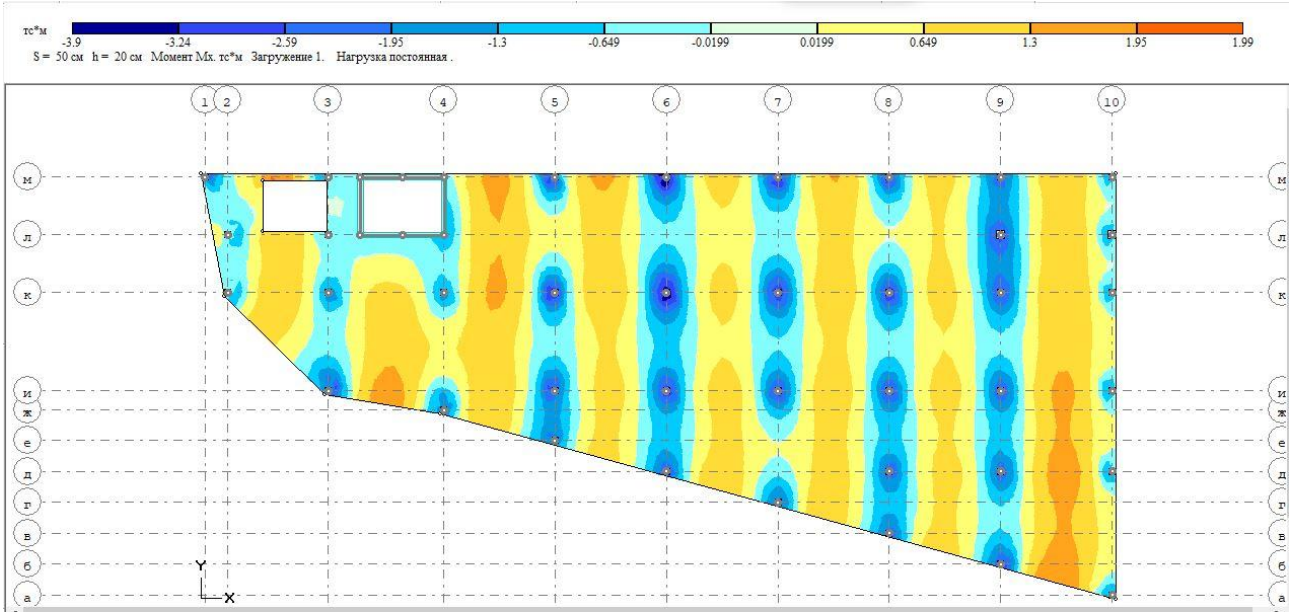


Рис. 2.2.1. Моменты по осям X

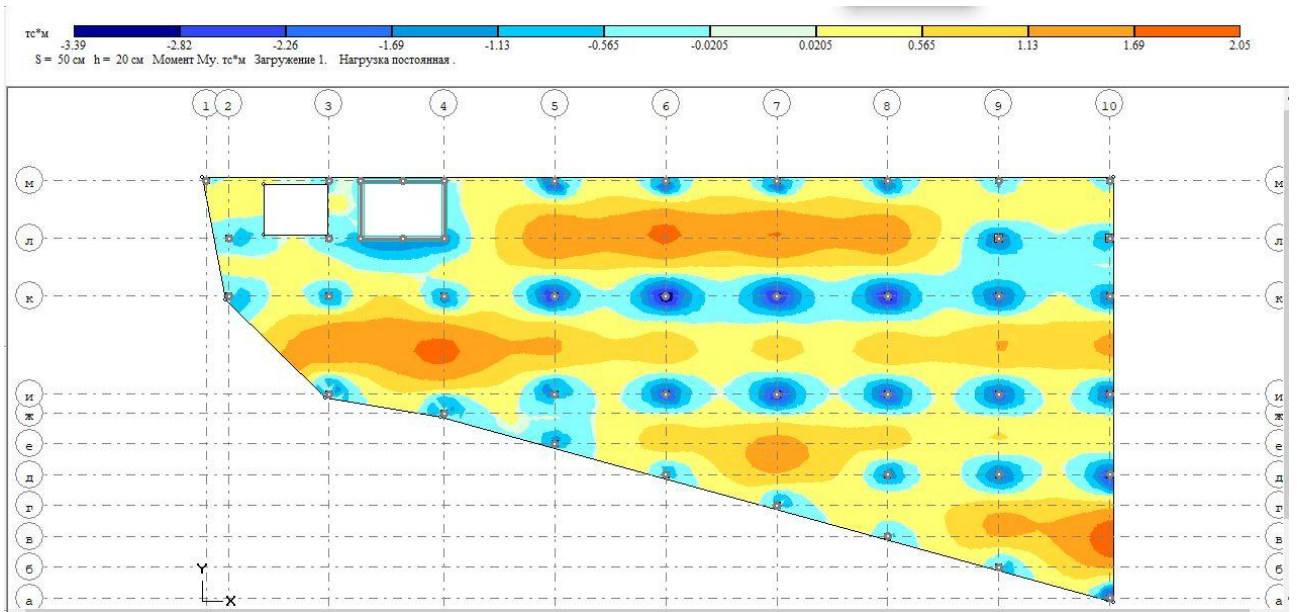


Рис. 2.2.2. Моменты по осям Y

Підбір арматури плити перекриття

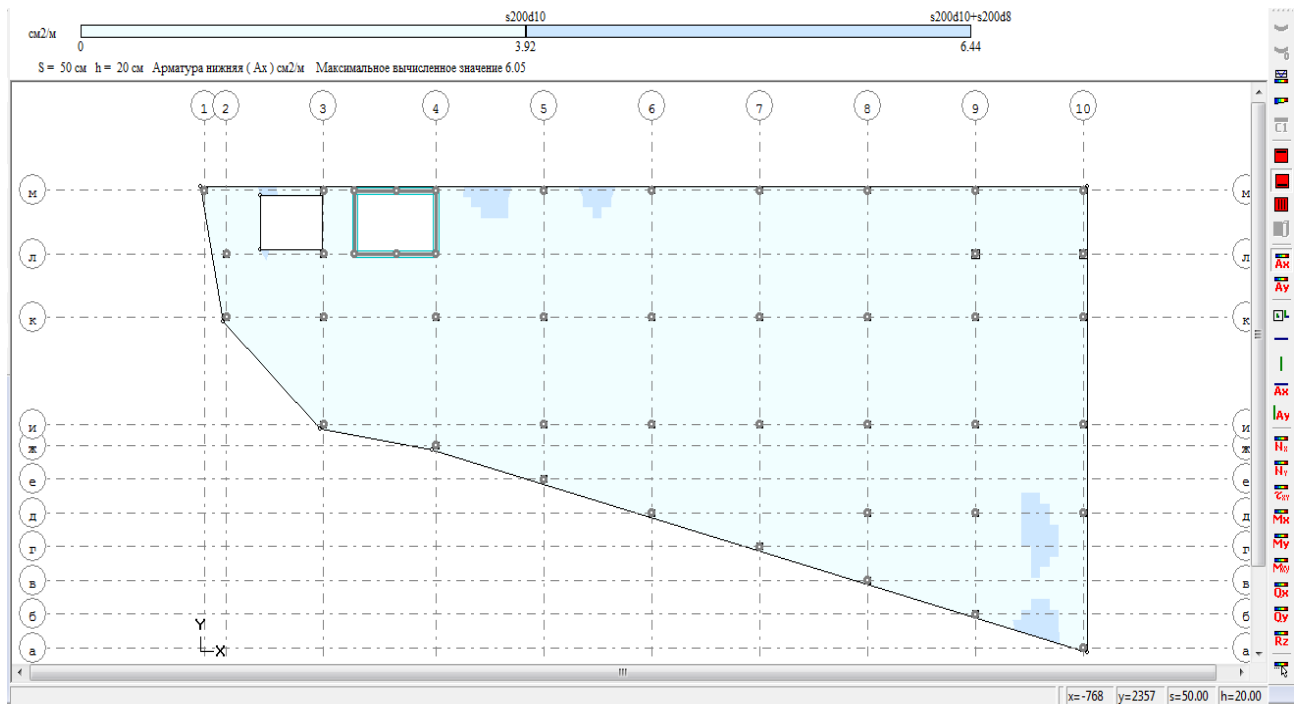


Рис. 2.2.3. Ізополя нижньої арматури вздовж осі X

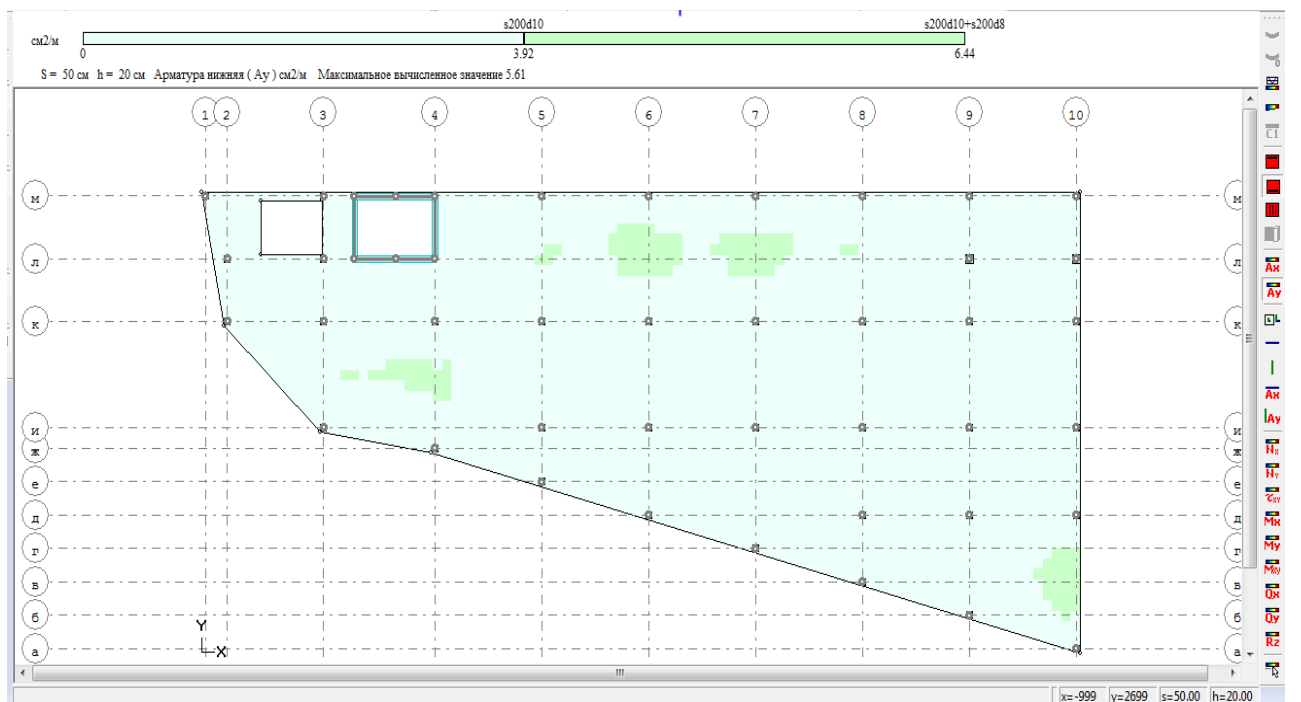


Рис. 2.2.4. Ізополя нижньої арматури вздовж осі Y

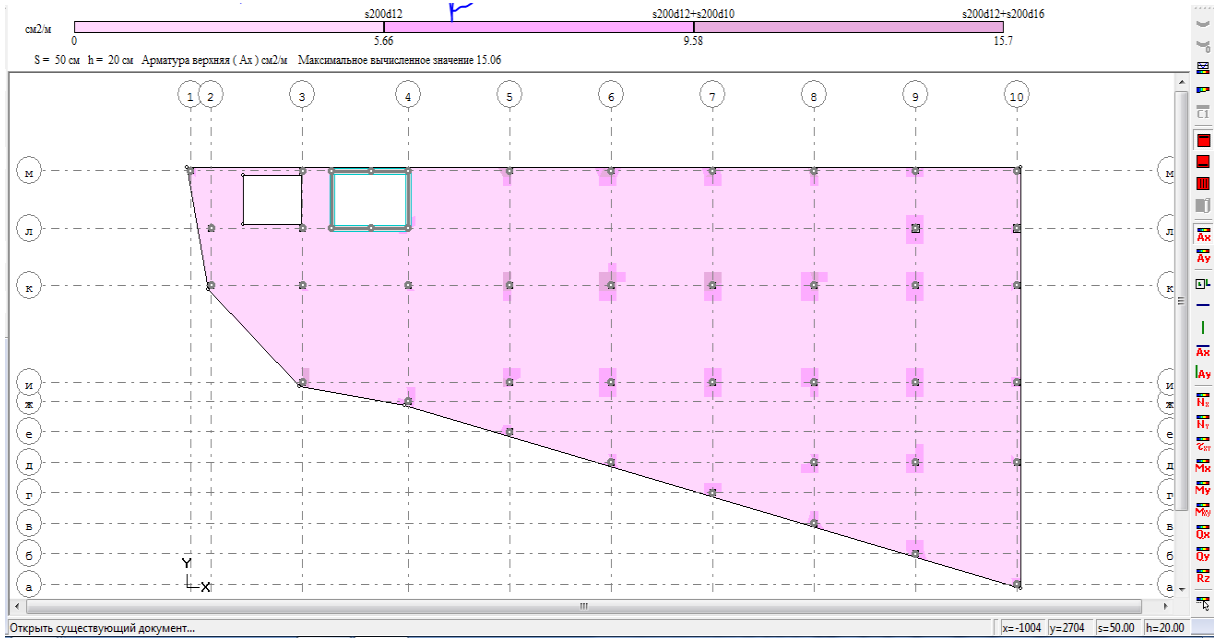


Рис. 2.2.5. Изополя верхней арматуры вдоль оси X

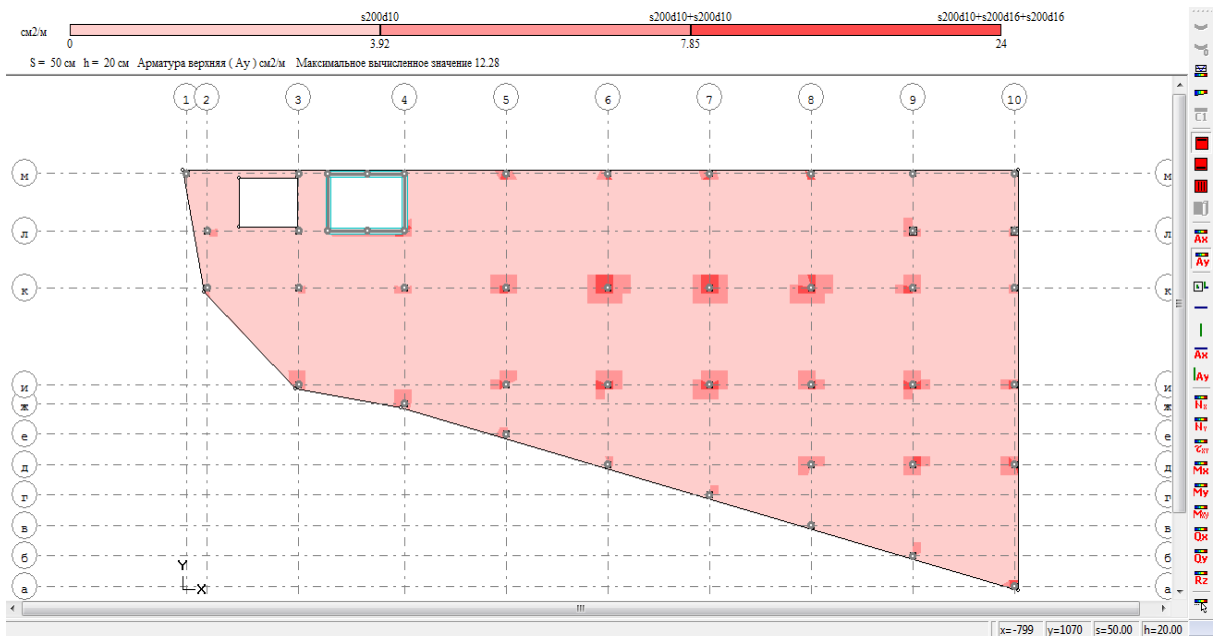


Рис. 2.2.6. Изополя верхней арматуры вдоль оси Y

Результати розрахунку з/б плити перекриття типового поверху

За підсумками виконаного статичного та конструктивного розрахунку монолітної залізобетонної плити перекриття було прийнято рішення застосувати комбіновану систему армування у вигляді окремих робочих стержнів, розташованих у двох взаємно перпендикулярних напрямках. Армування передбачено у вигляді верхньої та нижньої робочих сіток, що забезпечує достатню несучу здатність, тріщиностійкість та довговічність конструкції за умов експлуатаційних навантажень.

Основне робоче армування плити приймається зі стержнів діаметром $\varnothing 10$ мм класу А400С з кроком 200 мм у двох напрямках. Такий вибір ґрунтується на результатах розрахунку згинальних моментів, які визначають необхідну площу арматурного січення, а також відповідає мінімальним та конструктивним вимогам для плит перекриття згідно з чинними нормами. Рівномірний крок 200 мм дозволяє забезпечити раціональний розподіл арматури, оптимальну жорсткість та достатній запас міцності при сприйнятті вертикальних навантажень.

Окрему увагу приділено ділянкам із підвищеним рівнем напружень. Зокрема, зони біля технологічних та інженерних отворів підсилюються додатковими стержнями $\varnothing 12$ мм класу А400С. Таке підсилення потрібне для компенсації зниження несучої здатності плити у місцях ослаблення її перерізу та для забезпечення рівномірного перерозподілу зусиль у прилеглих ділянках.

Ділянки підколонних вузлів, де спостерігаються значні концентрації згинальних моментів і поперечних сил, також потребують додаткового армування. У верхній зоні плити над колонами встановлюються робочі стержні $\varnothing 16$ мм класу А400С.

Арматурні стержні розташовуються таким чином, щоб забезпечити нормативний захисний шар бетону, умови анкеровки та перехльостування, а також сполучення верхньої та нижньої сіток у зонах максимальних моментів згідно з вимогами ДБН та ДСТУ.

Після виконання розрахунків та формування остаточної схеми армування були підготовлені детальні креслення плити перекриття, на яких зазначено діаметри стержнів, їх розташування, крок, довжину, прив'язку до несучих елементів каркаса та місця додаткового підсилення. Креслення наведено у графічній частині проекту (лист 3), де повністю представлено конструктивне рішення армування типового міжповерхового перекриття.

2.3. Розрахунок колон першого поверху

Розрахунок монолітних залізобетонних колон першого поверху 12-поверхової офісної будівлі виконується за допомогою спеціалізованого програмного комплексу «КОЛОНА» ПК «МОНОМАХ», який дозволяє здійснювати точний аналіз напружено-деформованого стану та визначати оптимальне армування елементів каркаса, що працюють на центральний та позацентровий стиск.

Формування розрахункової схеми та параметрів колон виконується шляхом імпорту даних із програми «КОМПОНОВКА», у якій попередньо створено просторову модель будівлі та проведено збір навантажень.

Розрахунок колон проводиться за першим граничним станом - на міцність, а також за другим граничним станом - на жорсткість та тріщиностійкість, що дає можливість забезпечити нормативний запас надійності та довговічності конструкції.

У процесі розрахунку визначається необхідна площа перерізу поздовжньої арматури, оптимальна кількість та діаметр робочих стержнів, а також характеристики поперечного армування, яке виконує роль хомутив для запобігання втрати стійкості поздовжніх стержнів.

Для виготовлення колон застосовуються матеріали, що відповідають чинним державним стандартам і забезпечують необхідні експлуатаційні властивості.

Основним матеріалом колон є бетон класу С20/25 згідно з ДСТУ Б В.2.7-43-96, що характеризується достатньою міцністю, морозостійкістю та водонепроникністю. Робоча поздовжня арматура приймається класу А400С відповідно до ДСТУ 3760-2019, що забезпечує високу несучу здатність при роботі на стиск і розтяг.

Поперечна арматура - класу А240С, яка застосовується для формування хомутив та конструктивного армування.

У даному проекті виконується розрахунок трьох найбільш завантажених колон першого та четвертого поверхів, які сприймають основну частину вертикальних навантажень від верхніх поверхів: колони Км-15 із квадратним перерізом 400×400 мм, колони Км-23 та Км-8 діаметром 500 мм (умовно приведений до квадратного перерізу 400×400 мм).

За результатами розрахунку для колони Км-15 прийнято робоче армування у складі 4Ø36 + 4Ø16 + 4Ø18 класу А400С, що забезпечує

достатній запас несучої здатності при значних згинальних моментах та позацентровому стиску.

Конструктивні хомути прийнято $\varnothing 10$ А240С із кроком 150 та 200 мм.

Для колони Км-23 прийнято армування $4\varnothing 22 + 4\varnothing 16$ А400С із конструктивними хомутами $\varnothing 6$ А240С.

Для колони Км-8 призначено $4\varnothing 16$ А400С із поперечним армуванням $\varnothing 6$ А240С з кроком 150–200 мм.

Усі прийняті рішення щодо армування колон відповідають вимогам чинних норм, забезпечують достатній рівень надійності, тріщиностійкості та жорсткості, а також враховують особливості сприйняття навантажень у нижніх поверхах будівлі.

Маркувальна схема колон та їх деталювання наведені у графічній частині проекту на листі 4.

Результати армування

Армування колони виконується за симетричною схемою, що забезпечує рівномірний розподіл поздовжніх зусиль та підвищену стійкість елемента при роботі на центральний та позацентровий стиск. Для колони Км 1-23 у трьох варіантах завантаження (1-23), (2-23) та (3-23) визначено різні параметри основного та конструктивного армування залежно від величини згинальних моментів та нормованої несучої здатності.

У варіанті Км 1-23 (1-23) у кутах перерізу встановлюються чотири стержні діаметром $\varnothing 22$ мм, які виконують функцію основного робочого армування та сприймають максимальні згинаючі моменти, що виникають у колоні першого поверху. Загальна площа арматури для цього варіанта становить $15,2053 \text{ см}^2$, що відповідає коефіцієнту армування 0,95%, тобто знаходиться в межах нормативних вимог для несучих колон нижніх поверхів.

Для варіантів Км 1-23 (2-23) та Км 1-23 (3-23) прийнято по чотири стержні $\varnothing 16$ мм, що зумовлено меншим рівнем розрахункових навантажень на ці схеми. Площа арматури у цих варіантах становить по $8,04248 \text{ см}^2$, а відсоток армування - 0,50%, що також відповідає вимогам норм щодо мінімального й конструктивного армування.

Анкерування поздовжніх стержнів у всіх варіантах приймається відповідно до нормативів, однак у даних розрахункових ситуаціях довжини анкерування та нахльостування для діаметрів 22 мм і 16 мм

прийняті рівними нулю, що пов'язано з використанням прямих випусків у наступні поверхи.

Поперечне армування виконується хомутами різних діаметрів і з різним кроком залежно від необхідної жорсткості та зони роботи колони. У зоні анкерування для Км 1-23 (1-23) використовується три хомути $\varnothing 10$ мм із кроком 200 мм, що забезпечує формування необхідного обтиснення бетонного ядра. Для Км 1-23 (2-23) і (3-23) встановлено чотири та три хомути $\varnothing 8$ мм відповідно, з кроком 150 мм, що враховує зменшені значення зусиль.

У основній зоні колон кількість хомутів зростає - у варіанті (1-23) передбачено сім хомутів $\varnothing 10$ мм із кроком 300 мм, що забезпечує достатню тріщиностійкість і стійкість поздовжніх стержнів. У варіантах (2-23) і (3-23) застосовуються 14 та 15 хомутів $\varnothing 8$ мм відповідно з кроком 200 мм, що відповідає зниженню навантаження.

Добірна зона армування передбачає один додатковий хомут $\varnothing 10$ мм у варіанті (1-23), що забезпечує зміцнення верхньої частини колони. Усі варіанти містять дані про відстань до верху елемента - 50, 100 і 50 мм відповідно, що забезпечує нормативний захисний шар бетону.

Підсумкова площа поперечного армування становить $5,23590 \text{ см}^2/\text{м}$ для варіанта (1-23) та по $5,02655 \text{ см}^2/\text{м}$ для варіантів (2-23) і (3-23), що гарантує достатню жорсткість і стійкість колон під дією вертикальних і горизонтальних навантажень.

2.4. Розрахунок монолітної фундаментної плити

Розрахунок монолітної залізобетонної фундаментної плити будівлі виконується з використанням програмного комплексу «ПЛИТА» ПК «МОНОМАХ». Застосування цього програмного модуля дає змогу здійснити просторове моделювання роботи плити, врахувати взаємодію елемента з основою та визначити напружено-деформований стан конструкції з необхідною точністю. Формування розрахункової схеми фундаментної плити проводиться у режимі імпорту даних із програми «КОМПОНОВКА», що забезпечує узгодженість геометричних характеристик та навантажень у всіх розділах розрахунку конструктивної схеми будівлі.

Розрахунок фундаментної плити виконується відповідно до вимог нормативних документів та включає перевірку за першим (міцність, тріщиностійкість) і другим (придатність до нормальної експлуатації) граничними станами. У процесі розрахунку визначаються епюри згинальних моментів, поперечних сил, переміщень та деформацій, що дозволяє встановити найбільш напружені ділянки фундаментної конструкції. На основі отриманих результатів визначається необхідна площа поперечного перерізу робочої арматури у верхній і нижній зонах плити, після чого виконується підбір діаметрів і розміщення стержнів відповідно до вимог міцності, жорсткості та тріщиностійкості.

Збір навантаження на плиту здійснюється відповідно до конструктивних рішень будівлі. В навантаження від конструкції враховано власну вагу підлогового покриття, стяжки, утеплювача (за наявності) та додаткові експлуатаційні навантаження. Навантаження від конструкції зовнішньої стіни наведено у таблиці 2.5 і включає вагу стінового матеріалу, оздоблення та інших шарів огорожувальної конструкції. Окрім того, до розрахунку включаються вертикальні навантаження від колон та несучих стін, а також рівномірно розподілені навантаження від усіх надземних поверхів, які передаються через каркас будівлі.

Матеріали, прийняті для виготовлення фундаментної плити, відповідають вимогам чинних українських стандартів. Для бетонної суміші використовується бетон класу С20/25 згідно ДСТУ Б В.2.7-43-96, що забезпечує необхідні показники міцності, морозостійкості та тріщиностійкості. Як робоча арматура поздовжнього та поперечного напрямків застосовуються стержні класу А400С згідно ДСТУ 3760-2019, які характеризуються високою міцністю, надійним зчепленням із бетоном та достатньою пластичністю для роботи у конструкціях фундаментного типу. Для конструктивного армування можуть використовуватися арматурні стержні менших діаметрів класу А240С відповідно до технічних вимог.

Конструювання фундаментної плити передбачає формування верхньої та нижньої робочих сіток з урахуванням максимальних згинальних моментів у прольотах та над опорами. Нижня арматура розміщується у зонах максимальних позитивних моментів, тоді як верхня - у місцях дії негативних моментів, зокрема над колонами та фундаментними ребрами. При необхідності у найбільш напружених ділянках передбачається додаткове армування окремими стержнями або укрупненими сітками.

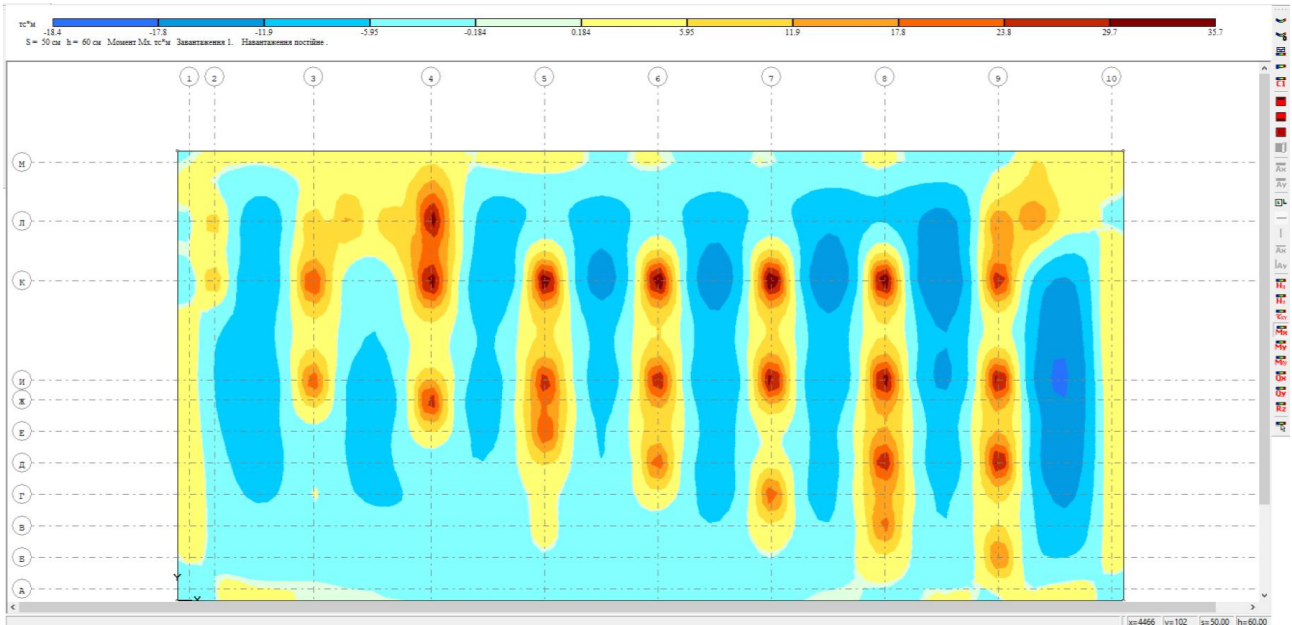


Рис. 2.4.1. Моменты в осях X

Отримані результати розрахунку, а також прийняті рішення щодо армування фундаментної плити, є основою для подальшого виконання робочих креслень та забезпечують надійність і довговічність фундаментної конструкції при роботі під дією експлуатаційних і розрахункових навантажень.

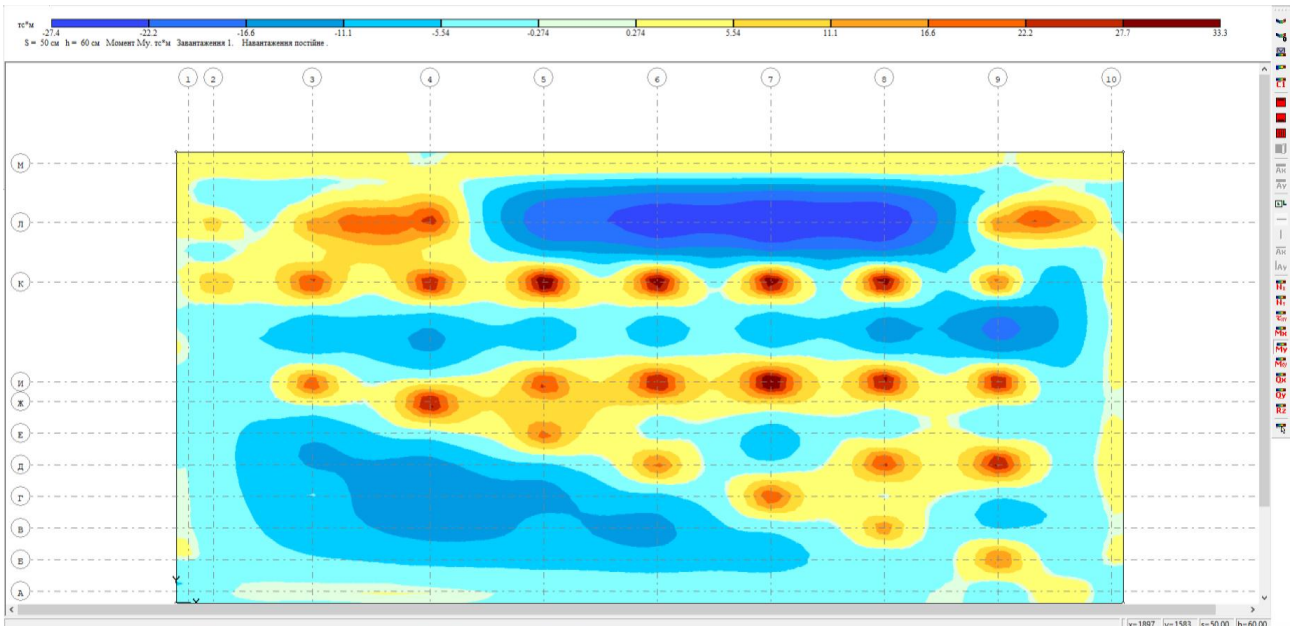


Рис. 2.4.2. Моменты в осях Y

Підбір арматури монолітної фундаментної плити

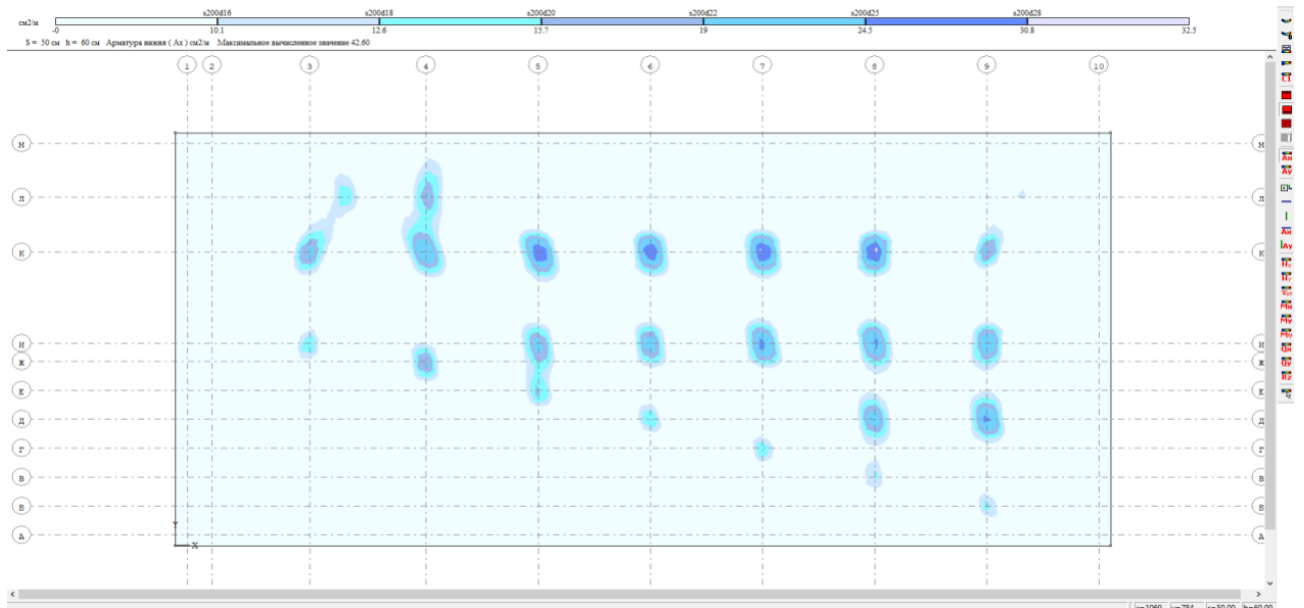


Рис. 2.4.3. Ізополя нижньої арматури по осі X

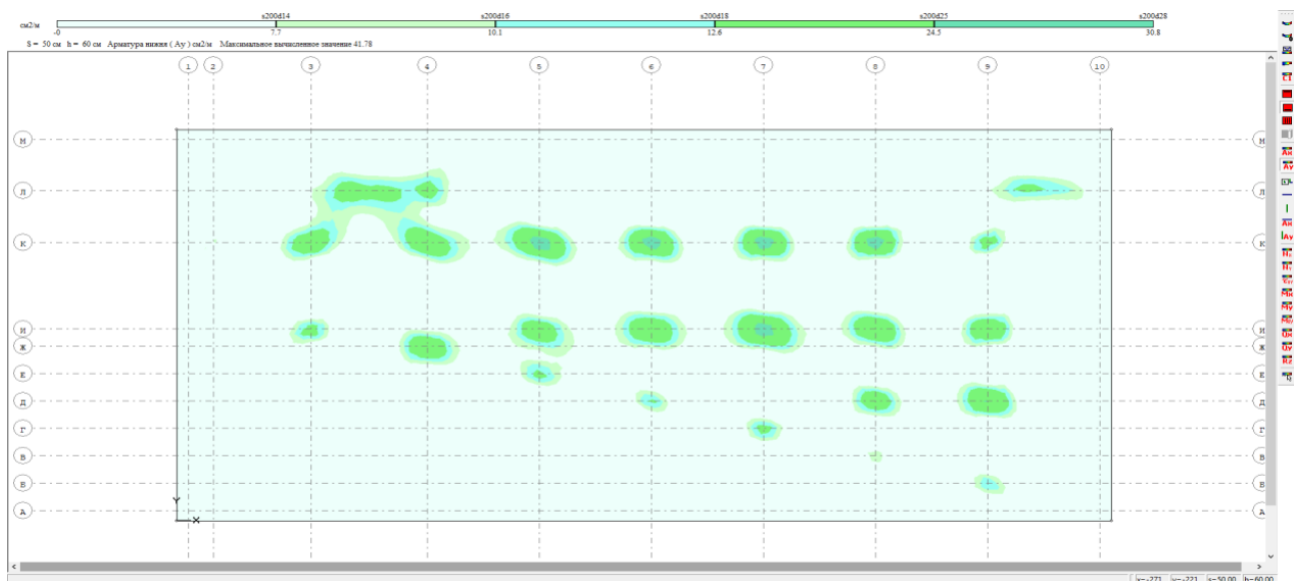


Рис. 2.4.4. Ізополя нижньої арматури по осі Y

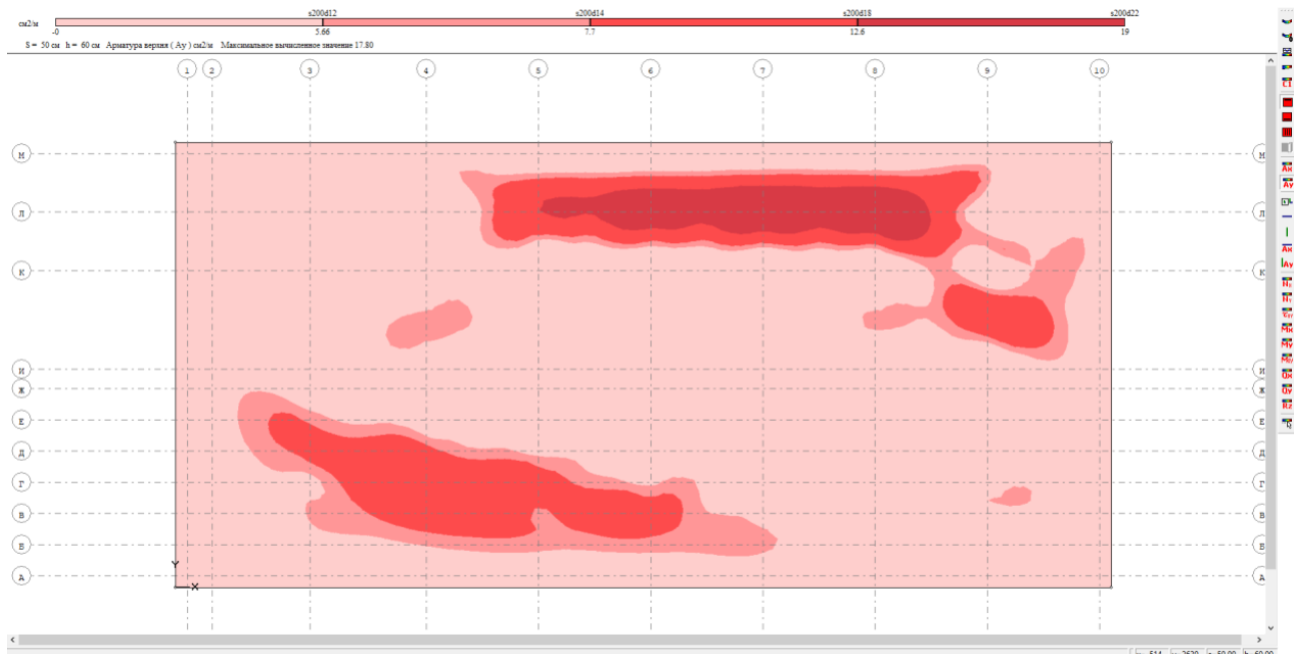


Рис. 2.4.5. Ізополя верхньої арматури по осі X

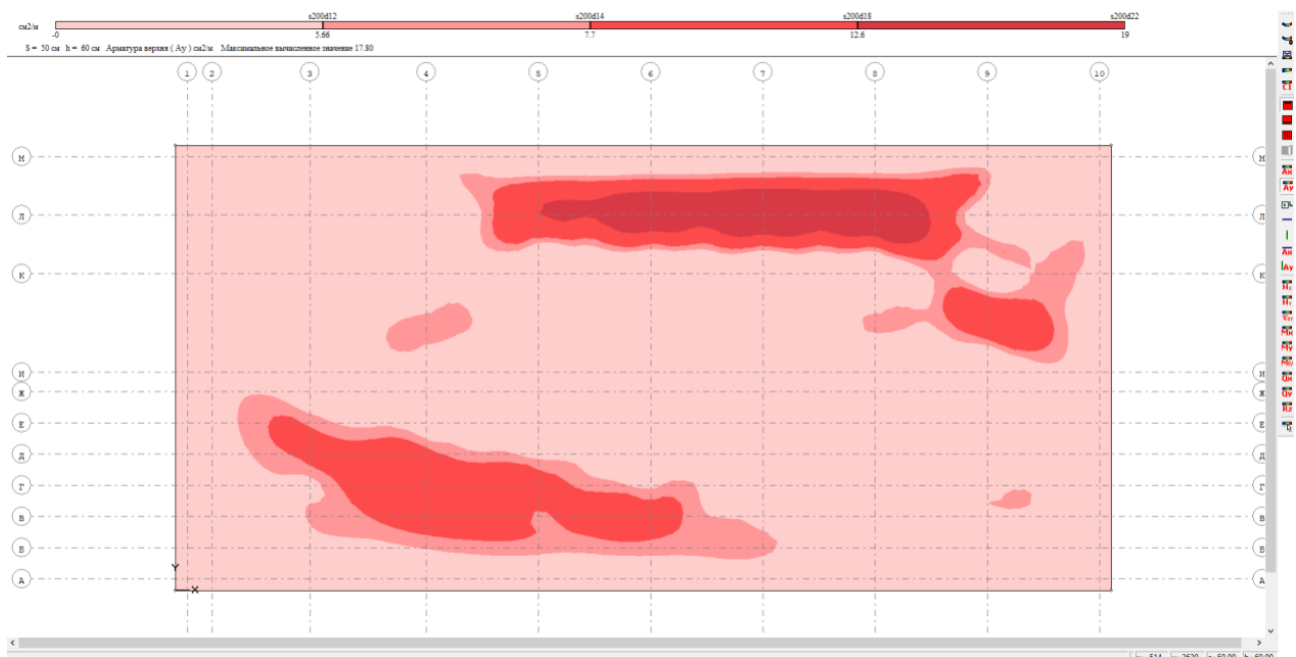


Рис. 2.4.6. Ізополя верхньої арматури по осі Y

За результатами розрахунків, виконаних у програмному комплексі «ПЛИТА» ПК «МОНОМАХ», для фундаментної плити приймається схема армування, що передбачає розміщення робочої арматури у двох взаємно перпендикулярних напрямках, як у верхній, так і в нижній зонах перерізу плити. Така конструктивна схема забезпечує сприйняття згинальних

моментів, поперечних сил та нерівномірних контактних тисків основи, які виникають під час експлуатації споруди.

Основне армування фундаментної плити передбачає застосування стержнів діаметром $\varnothing 16$ та $\varnothing 18$ класу А400С із кроком 200 мм. Арматура цього класу характеризується достатньою міцністю та надійним зчепленням з бетоном, що дозволяє ефективно працювати на розтяг та забезпечувати необхідну жорсткість конструкції. Крок 200 мм вибраний відповідно до вимог міцності та тріщиностійкості, визначених у результаті розрахункових комбінацій навантажень.

Окрім основної арматури, конструкцією передбачено додаткове підсилення окремих зон фундаментної плити. Нижня робоча зона, яка сприймає максимальні позитивні згинальні моменти у прольотах між опорами, підсилюється окремими стержнями діаметром $\varnothing 10$, $\varnothing 12$ та $\varnothing 14$ класу А400С. Це дозволяє забезпечити рівномірний перерозподіл напружень та виключити можливість розвитку надмірних прогинів або тріщин у найбільш навантажених ділянках.

Особливу увагу приділено армуванню верхньої зони плити в місцях розташування колон. У цих ділянках виникають підвищені негативні згинальні моменти, які потребують додаткового посилення. Для цього у верхній зоні передбачено встановлення окремих стержнів діаметром $\varnothing 10$ та $\varnothing 12$ класу А400С. Розміщення арматури у цих ділянках забезпечує надійне сприйняття зосереджених навантажень, що передаються колонами від надземних конструкцій будівлі, та гарантує просторову жорсткість фундаментного вузла.

Армування фундаментної плити розроблено таким чином, щоб забезпечити необхідну несучу здатність та тріщиностійкість конструкції відповідно до вимог першого та другого граничних станів. Зокрема, вибрані діаметри арматури та їхнє розташування відповідають умовам роботи плити на нерівномірну деформацію основи, а також враховують додаткові локальні напруження у місцях передавання зусиль від колон та стінових елементів.

Усі прийняті рішення щодо армування виконані відповідно до чинних норм проектування залізобетонних конструкцій, а також з урахуванням фактичних значень навантажень, отриманих під час розрахунку будівлі в програмному комплексі «КОМПОНОВКА». Розподіл арматури виконано з урахуванням технологічних вимог, забезпечення зручності монтажу та

можливості якісного ущільнення бетонної суміші під час бетонування фундаментної плити.

Графічне відображення прийнятої схеми армування фундаментної плити наведено на листі 4 графічної частини проекту. Креслення містять розміщення верхньої та нижньої арматурних сіток, зони додаткового підсилення, діаметри стержнів і крок армування, що дозволяє забезпечити точність виконання конструкції на будівельному майданчику та відповідність проєктним вимогам.

2.5. Розрахунок монолітних сходів Сх-1

Розрахунок монолітних залізобетонних сходів Сх-1, розташованих між типовими поверхами на відмітці +7.200, виконано з використанням програмного комплексу «ЛИРА-САПР 2017». Для забезпечення високої точності розрахункової моделі геометрія та конструктивні параметри сходового маршу формувалися шляхом імпорту з моделювального середовища «САПФИР 2017», що дозволило відтворити реальні габарити елементів, їхнє взаємне розташування та схему опирання на майданчики і несучі конструкції каркасу.

Розрахунок сходів проводився відповідно до вимог перших та других граничних станів. За першим граничним станом оцінювалася несуча здатність елементів на дію згинальних моментів, поперечних сил та нормативних експлуатаційних навантажень. За другим граничним станом аналізувалися деформації, прогини, ширина розкриття тріщин та відповідність конструкції умовам нормальної експлуатації. Такий підхід гарантує забезпечення безпеки, довговічності та комфортності користування сходовим маршем в процесі експлуатації будівлі.

Для виконання розрахунку були визначені всі компоненти навантажень, що діють на сходовий марш. До постійних навантажень віднесено власну вагу залізобетонної конструкції сходів, яка визначається автоматично програмним комплексом, а також вагу конструкцій підлоги та декоративного оздоблення. Змінні навантаження прийнято згідно з нормативами для громадських та адміністративних будівель, що передбачають значні людські потоки, а отже - підвищені вимоги до міцності та жорсткості сходових конструкцій.

У ході розрахунку було отримано поля внутрішніх сил - згинальні моменти, поперечні сили та нормальні зусилля, що виникають у маршах та площадках при діях комбінацій навантажень. На основі цих даних

визначено необхідну площу робочої арматури в поздовжньому та поперечному напрямках. Окрему увагу приділено ділянкам біля опор та зонах розподілу навантаження, де концентрація напружень є максимальною.

Матеріали, прийняті для виготовлення сходів, відповідають чинним стандартам та забезпечують необхідний запас міцності. Несучі елементи сходів виконуються з важкого бетону класу С16/20 згідно ДСТУ Б В.2.7-43-96. У якості робочої арматури поздовжнього та поперечного напрямків застосовується арматура класу А400С відповідно до ДСТУ 3760-2019. Арматура цього класу має стабільні механічні характеристики та забезпечує надійне зчеплення з бетоном, що є критично важливим при роботі конструкції під дією циклічних та динамічних навантажень, характерних для сходових перекриттів.

На основі результатів розрахунку розроблено конструктивне рішення армування сходового маршу Сх-1, яке включає розташування робочої та конструктивної арматури, її діаметри, крок та необхідні анкеровки. Прийнята схема армування забезпечує рівномірний розподіл напружень, мінімізує ризик утворення тріщин та гарантує експлуатаційну надійність сходів протягом усього строку служби будівлі.

Графічні матеріали, що містять креслення сходового маршу, схеми розташування арматури та прив'язки до конструкцій каркасу, наведені у відповідних листах графічної частини проєкту.

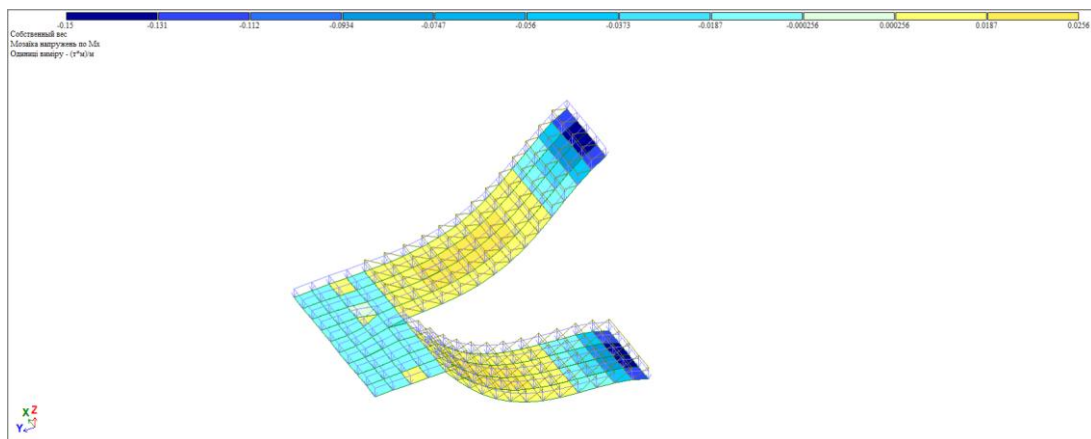


Рис. 2.5.1. Моменти по осі Х

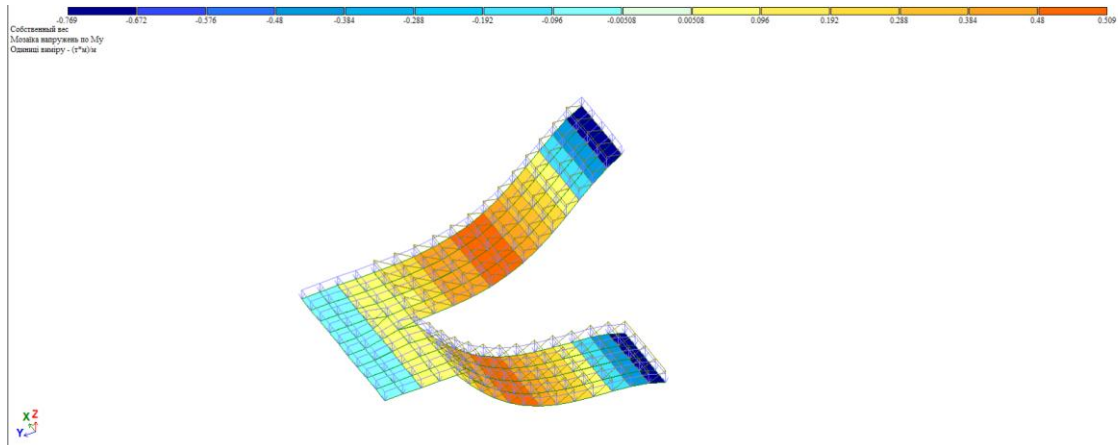


Рис. 2.5.2. Моменты по осі Y

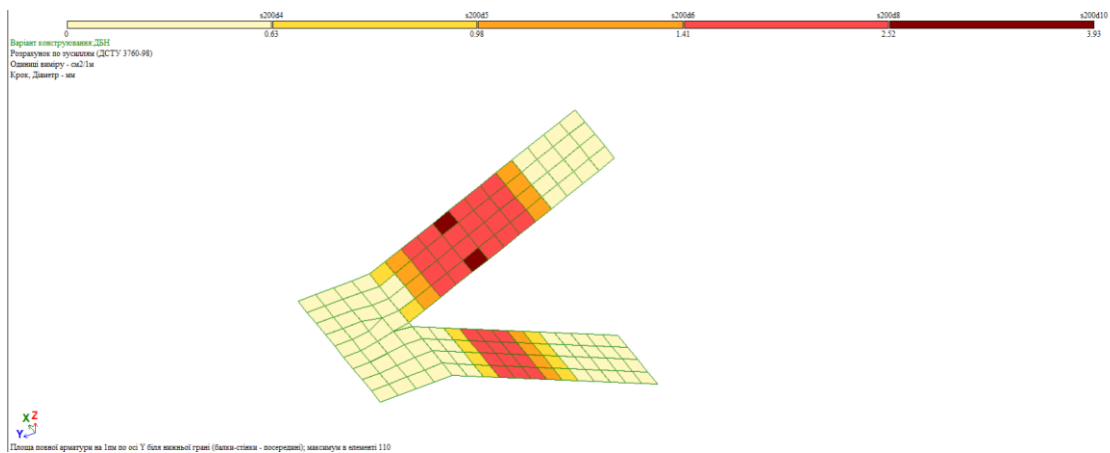


Рис. 2.5.3. Изополя нижней арматуры по осі Y

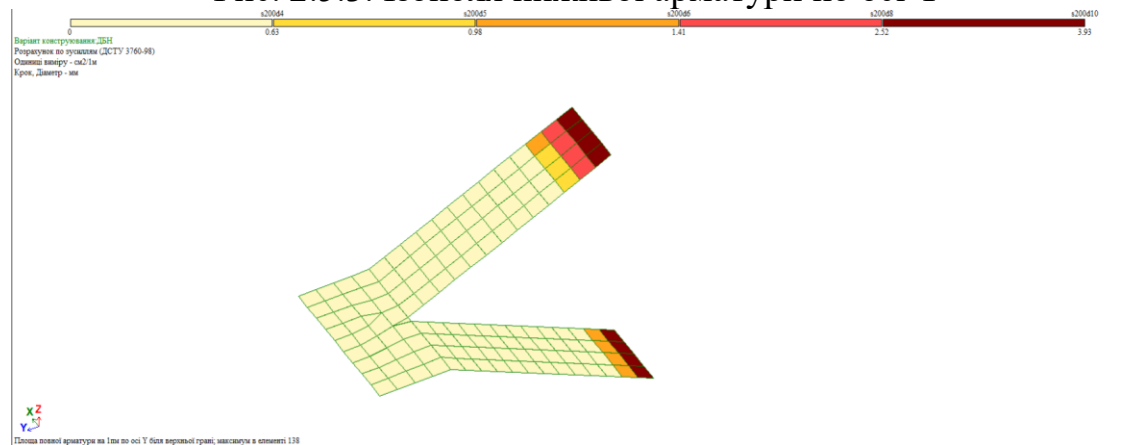


Рис. 2.5.4. Изополя верхней арматуры по осі Y

Основним робочим армуванням у напрямку дії найбільших згинальних моментів прийнято стержні діаметром $\varnothing 10$ класу А400С з кроком 200 мм, що відповідає розрахунковим значенням та нормативним

вимогам щодо мінімальної та необхідної площі перерізу арматури для даного типу конструкцій.

Для підвищення тріщиностійкості та забезпечення конструктивної цілісності сходового маршу виконано додаткове армування сходинок стержнями Ø6 класу A240C, які рівномірно розміщуються по довжині проступів та подступенків.

Не робочу зону, що бере участь у формуванні просторової роботи сходів, додатково армовано стержнями Ø8 класу A400C, що дозволяє запобігти можливому локальному руйнуванню або надмірним деформаціям у перехідних ділянках.

Прийнята схема армування повністю відповідає вимогам нормативів, забезпечує необхідний запас міцності та гарантує довговічну експлуатацію сходового маршу при діючих навантаженнях.

Креслення сходів наведені на листі 6 графічної частини проєкту.

3 РОЗДІЛ

Технологія та організація будівельного виробництва

3.1. Визначення номенклатури та об'ємів робіт

Номенклатура будівельно-монтажних робіт у межах даного проєкту повинна повністю охоплювати всі основні процеси, необхідні для зведення споруди, включно з земляними, бетонними, монтажними, оздоблювальними та допоміжними операціями.

Для визначення обсягів зазначених робіт здійснюється детальний аналіз архітектурно-будівельних креслень та розрахунково-конструктивної частини проєкту, що забезпечує точність підрахунків і можливість коректного планування ресурсів.

Підготовчі роботи, необхідні перед початком основного будівництва, виконуються з урахуванням місцевих умов майданчика, наявної інфраструктури, геологічних характеристик ґрунтів та вимог нормативних документів.

Обґрунтування складу і послідовності робіт підготовчого періоду виконується відповідно до ДСТУ Б А.3.1-22:2013 «Визначення тривалості будівництва об'єктів», що дозволяє забезпечити раціональну організацію будівельного процесу та скоротити загальні строки зведення будівлі.

Усі підготовчі заходи спрямовані на створення безпечних умов праці, оптимізацію логістики будівельного майданчика та забезпечення безперервного виконання наступних етапів будівельно-монтажних робіт.

Таблиця 3.1.1. Відомість визначення номенклатури та об'ємів робіт з б-ва

№ з/п	Види робіт	Од виміру	К-сть
	1. Земляні роботи		
1	Розроблення ґрунту бульдозерами з переміщенням у відвал	м3	215.8
2	Механізоване розроблення ґрунту з навантаженням у автосамоскиди за допомогою одноковшових екскаваторів	м3	3680
3	Розроблення ґрунту вручну у межах котлованів із подальшим переміщенням	м3	312
4	Улаштування плоских залізобетонних	м3	680

	фундаментних плит		
	2. Улаштування стін підземного паркінгу		
5	Монтаж та демонтаж деревометалевої модульної опалубки типу «PERI» для формування стінових конструкцій	м3	78
6	Монтаж арматурних каркасів із в'язанням вузлів з'єднань у стінових елементах	т	0.984
7	Укладання бетонної суміші в стіни та перегородки прямолінійної конфігурації за допомогою баддів	м3	78
	3. Улаштування колон		
8	Встановлення та розбирання модульної опалубки типу «PERI» для бетонування колон	м3	58
9	Монтаж арматури окремими стрижнями із в'язанням стикових вузлів у каркасах колон	т	6.12
10	Подання та укладання бетонної суміші в колони та вертикальні стояки рам за допомогою баддів	м3	58
	4. Улаштування перекриття		
11	Монтаж і розбирання системної опалубки перекриттів типу «PERI», «Дока»	м3	1264
12	Встановлення арматури у вигляді окремих стрижнів із формуванням з'єднувальних вузлів	т	56.5
13	Укладання бетонної суміші в конструкції безбалкових перекриттів баддями	м3	1264
	5. Улаштування покриття		
14	Збір та демонтаж опалубки типу «PERI», «Дока» для конструкцій покриття	м3	38.6
15	Монтаж арматурних стрижнів із в'язанням вузлів	т	1.62
16	Укладання бетонної суміші в елементи	м3	38.6
	6. Влаштування перегородок		
17	Улаштування перегородок з газобетон блоків	м2	4642
	7. Улаштування покрівлі		
18	Теплоізоляція покриття пінобетоном	м3	56.5
19	лаштування вирівнювальних цементних	м2	1450

	стяжок		
20	Монтаж пароізоляційного шару	м2	1450
21	Утеплення покриття плитами пінополістиролу з	м2	1450
22	Улаштування покрівельного покриття з бітумних мастик	м2	1450
	8. Підлоги		
23	Утеплення підлог плитами пінополістиролу	м2	5469
24	Ізоляція плоских і криволінійних поверхонь	м2	5469
26	Улаштування бетонної стяжки товщиною 30	м2	5169
27	Монтаж підлогових покриттів із керамогранітних плиток	м2	5169
	9. Зовнішні роботи		
28	Монтаж алюмінієвих віконних і фасадних рам	т	71.24
29	Заповнення рам двошаровими склопакетами	м2	3502
	10. Внутрішнє оздоблення		
30	Високоякісне механізоване штукатурення стін цементно-вапняними або цементними розчинами	м2	8684
31	Покращене штукатурення сходових маршів і площадок з опорядженням конструктивних елементів	м2	82
32	Поліпшене клейове фарбування стін та стель по підготовленій основі	м2	8684
33	Монтаж дверних блоків у прорізи	м2	5469
34	Високоякісне механізоване штукатурення стін цементно-вапняними або цементними розчинами	м2	384
	11. Спеціальні види робіт		
35	Благоустрій території	%	8
36	Електромонтажні роботи	%	2
37	Сантехнічні роботи	%	4
38	Улаштування систем опалення та вентиляції	%	8
39	Виконання неврахованих робіт	%	12
40	Здача об'єкта в експлуатацію	%	1
41	Виконання підготовчих робіт	%	3

3.2. Вибір монтажних кранів

Під час виконання монтажних робіт одним із ключових етапів є правильний вибір баштового крана, оскільки саме від відповідності його технічних параметрів залежить безпека, продуктивність та якість будівельно-монтажних процесів. Основними характеристиками, що визначають вибір монтажного баштового крана, є вантажний момент, висота підйому гака та максимальний виліт стріли. Кожен із цих параметрів повинен відповідати фактичним умовам будівельного майданчика та масі монтованих елементів.

Вантажний момент крана визначають як добуток маси елемента, що піднімається, на відстань від його центру ваги до осі обертання крана. Це значення є критичним, оскільки воно регламентує безпечну вантажопідйомність крана на певному вильоті стріли. Маса монтованих елементів включає не лише масу самого виробу, але й масу бадді з бетоном та монтажних пристосувань, які піднімаються разом з елементом. Сумарну масу визначають за формулою, що враховує масу вантажу та допоміжного обладнання, необхідного для безпечного та технологічно правильного виконання підйому.

$$G = G_m + \Sigma g = 2,4 + (0,5 + 0,02) = 2,92 \text{ т},$$

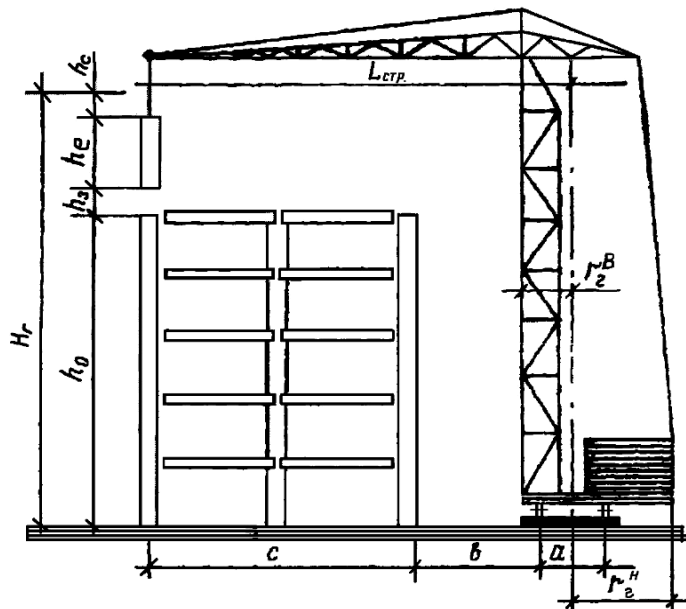


Рис. 3.2.1. Схема визначення монтажних характеристик крана

Висота підйому гака також є важливим параметром, який повинен забезпечувати можливість підняття конструкцій на проектну позначку з урахуванням перевищення опорних поверхонь, висоти самих елементів, висоти стропувальних пристроїв та необхідного монтажного запасу. У даному випадку розрахункова висота підйому гака становить 77 м, що забезпечує безперешкодне переміщення вантажів над змонтованими елементами та конструктивними виступами будівлі.

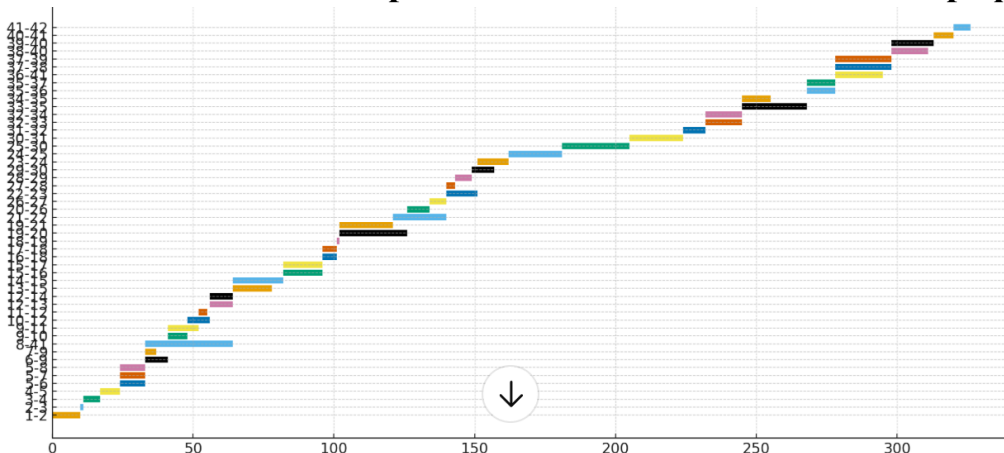
$$H_z = h_0 + h_3 + h_e + h_c = 69,20 + 2,3 + 3,5 + 2,0 = 77,0 \text{ м},$$

Виліт стріли визначають на підставі геометричних параметрів будівлі та розміщення крана відносно об'єкта. До уваги беруть ширину бази крана, відстань від осі крана до найбільш виступаючої частини будівлі, а також габарити споруди в напрямку від крана. Отримане значення дає змогу визначити необхідний мінімальний виліт стріли, щоб кран міг безперешкодно подавати вантажі до найвіддаленіших зон монтажу.

$$L_{стр} = \frac{2,0}{2} + 5,0 + 24,2 = 30,2 \text{ м},$$

Проаналізувавши всі вищезазначені параметри, для виконання монтажних робіт обрано баштовий кран «Yangong FO/23B», який за своїми технічними характеристиками відповідає вимогам будівництва. Кран має виліт стріли 35 м, вантажопідйомність 3 т та висоту підйому гака 85 м, що забезпечує необхідний запас за вантажним моментом, висотою та радіусом обслуговування. Такий вибір гарантує безпечне та ефективне виконання монтажних операцій у заданих умовах.

3.3. Складання сіткового графіку виконання робіт Складання картки визначника для сіткового графіку



Розрахунок СГ проводимо в програмі NetCraf 1.0.

Результати розрахунку:

Код робіт	Тривалість	Ранній початок	Раннє закінчен	Пізній початок	Пізнє закінч	R	r
1-2	8	0	8	0	8	0	0
2-3	1	8	9	8	9	0	0
3-4	6	9	15	9	15	0	0
4-5	7	15	22	15	22	0	0
5-6	9	22	31	22	31	0	0
5-7	5	22	27	30	35	8	0
5-8	9	22	31	273	282	251	0
6-9	8	31	39	31	39	0	0
7-9	4	27	31	35	39	8	8
8-41	32	31	63	282	314	251	251
9-10	7	39	46	39	46	0	0
9-11	11	39	50	40	51	1	0
10-12	8	46	54	46	54	0	0
11-12	3	50	53	51	54	1	1
12-13	8	54	62	54	62	0	0
13-15	8	62	70	68	76	6	6
13-15	14	62	76	62	76	0	0
14-15	15	8	23	61	76	53	53
15-16	14	76	90	76	90	0	0
15-17	14	76	90	76	90	0	0
16-18	5	90	95	90	95	0	0
17-18	5	90	95	90	95	0	0
18-19	1	95	96	95	96	0	0
19-21	19	96	115	96	115	0	0
20-26	8	120	128	168	176	48	0
21-22	19	115	134	115	134	0	0
22-23	11	134	145	134	145	0	0
23-24	11	145	156	145	156	0	0
24-25	19	156	175	156	175	0	0
25-30	24	175	199	175	199	0	0
26-27	6	128	134	176	182	48	0
27-28	3	134	137	182	185	48	0
28-29	6	137	143	185	191	48	0
29-30	8	143	151	191	199	48	48
30-31	19	199	218	199	218	0	0
31-32	8	218	226	218	226	0	0
32-33	13	226	239	226	239	0	0
32-34	13	226	239	239	252	13	0
33-35	23	239	262	239	262	0	0
34-35	10	239	249	252	262	13	13
35-37	10	262	272	262	272	0	0
35-36	10	262	272	287	297	25	0
36-41	17	272	289	297	314	25	25
37-38	20	272	292	274	294	2	0

37-39	20	272	292	272	292	0	0
38-40	13	292	305	294	307	2	2
39-40	15	292	307	292	307	0	0
40-41	7	307	314	307	314	0	0
41-42	6	314	320	314	320	0	0

ТЕП

Середня кількість робітників

Для визначення середньої кількості робітників використовується формула:

$$N_{\text{ср}} = 1,1 \cdot \sum Q / T_{\text{кр}},$$

де: Q – повна трудомісткість робіт, люд.-дні;

• $T_{\text{кр}}$ – тривалість критичного шляху, днів;

• $1,1$ – коефіцієнт, що враховує невиходи (відпустки, хвороби).

За вихідними даними:

$$\sum Q = 2879,43 \text{ люд.-днів}$$

$$T_{\text{кр}} = 206 \text{ днів}$$

$$N_{\text{ср}} = 1,1 \cdot 2879,43 / 206 = 48 \text{ чол.}$$

Коефіцієнт нерівномірності руху трудових ресурсів

За даними графіка руху робочої сили:

$$N_{\text{max}} = 70 \text{ чол.}$$

$$N_{\text{ср}} = 48 \text{ чол.}$$

$$K_{\text{нер}} = 26 / 15 = 1,645$$

3. Коефіцієнт суміщення будівельно-монтажних процесів у часі

Формула для визначення:

$$K_{\text{сум}} = (\sum t_{ij}) / T_{\text{кр}},$$

$$\sum t_{ij} = 320 \text{ днів}$$

$$T_{\text{кр}} = 206 \text{ днів}$$

$$K_{\text{сум}} = 320 / 206 = 1,56$$

Техніко-економічні показники СГ

Загальна трудомісткість ($\sum Q$) = **2879,43** люд.-дні

Загальна тривалість (T) = **320** роб. днів

Максимальна кількість робітників (N_{max}) = **70** чол.

Середня кількість робітників ($N_{\text{ср}}$, задано) = **48** чол.

Коефіцієнт нерівномірності (заданий) = **1,545**

Коефіцієнт суміщення ($K_{\text{сум}}$, заданий) = **1,56**

3.4 Проектування будгенплану

Розробка будівельного генерального плану є одним із ключових етапів організаційно-технологічної підготовки будівництва та визначає раціональне планування території будівельного майданчика на період виконання основних будівельно-монтажних робіт. Для спорудження 12-поверхової офісної будівлі будгенплан розробляється на стадії повного розгортання робіт і відображає організаційно-планувальне рішення майданчика в період зведення надземної частини будинку. Саме на цьому етапі спостерігається максимальна інтенсивність виконання робіт, що потребує ефективного розміщення всіх тимчасових споруд, складів, інженерних мереж, під'їзних шляхів і вантажопідіймальної техніки.

Вихідними даними для розробки будгенплану є календарний план виконання будівельно-монтажних робіт, який визначає послідовність і тривалість процесів, а також прийняті методи виробництва робіт, що зумовлюють потребу в машинах, механізмах та трудових ресурсах. Використання цих даних дозволяє сформулювати оптимальне рішення щодо організації будівельного майданчика з урахуванням реальних виробничих потреб та умов виконання робіт.

При проектуванні будівельного генерального плану дотримуються принципів раціональної організації будівництва, що забезпечують безпечне, економічно виправдане та технологічно зручне виконання робіт. Зокрема, важливим є забезпечення зручності транспортування матеріалів, конструкцій та обладнання по майданчику при мінімальних витратах на транспортні операції. Це досягається шляхом раціонального прокладання внутрішньобудівельних доріг, правильного розташування складів та майданчиків для розвантаження.

Одним із ключових аспектів будгенплану є мінімізація вартості тимчасових будівель та споруд, адже вони не входять до основного складу будівельного об'єкта, проте потребують фінансових витрат. Раціональне розташування таких споруд забезпечує скорочення довжини тимчасових мереж водопостачання, електропостачання та каналізації, що істотно впливає на зменшення кошторисної вартості.

Окрему увагу приділено виконанню вимог охорони праці, техніки безпеки та пожежної безпеки. На будгенплані передбачаються безпечні шляхи руху людей та техніки, зони дії вантажопідіймальних кранів, місця розташування протипожежних засобів, побутові приміщення для

робітників. Важливим принципом також є найраціональніше обслуговування будівельників: розміщення побутових приміщень так, щоб працівники витрачали мінімум часу на пересування в межах майданчика.

Розроблений будівельний генеральний план забезпечує ефективну організацію всіх процесів будівництва, сприяє скороченню витрат, підвищенню продуктивності праці та створює передумови для безперебійного і безпечного виконання робіт на всіх етапах зведення 12-поверхової офісної будівлі.

Визначення потреби в інвентарних будинках

Організація будівельного майданчика під час зведення 12-поверхової офісної будівлі потребує забезпечення необхідних умов для роботи персоналу, розміщення інженерно-технічних працівників, складування матеріалів, а також облаштування побутових приміщень, що забезпечують належний рівень санітарно-гігієнічних умов, безпеки та охорони праці. Усі ці потреби реалізуються шляхом встановлення інвентарних будинків — тимчасових модульних споруд заводського виготовлення, які використовуються протягом періоду будівництва. Відповідно до норм ДБН А.3.2-2-2009 та ДСТУ-Н Б А.3.2-3:2012, інвентарні будинки підбирають з урахуванням чисельності працівників, умов роботи, тривалості будівництва, методів виконання робіт та прийнятої схеми організації виробництва.

Основою визначення кількості інвентарних будинків є максимальна чисельність робітників у зміну. Згідно з організаційно-технологічними розрахунками, найбільша кількість будівельників у період максимального інтенсивного виконання робіт становить **70 осіб**. Крім того, на майданчику постійно працює від 6 до 10 ІТР та службовців, зайнятих організаційним управлінням, технічним контролем, геодезичним супроводом, охороною та адміністративними функціями.

Також враховується тривалість робіт по надземній частині будівлі, яка становить близько 8–12 місяців залежно від типу каркаса, способів монтажу конструкцій та погодних умов. При цьому передбачається потреба у цілорічному використанні інвентарних будівель, обладнаних системами опалення, освітлення, вентиляції та електропостачання.

Підбір конкретних модулів проводиться з урахуванням того, що найбільш поширеними є інвентарні будинки типу К-1, К-2, К-3,

«Універсал», «Контейнер-М», які мають площу від 12 до 36 м² та можуть об'єднуватися у блоки.

Згідно з нормами, на 1 будівельника потрібно передбачити:

- у роздягальні — не менше 0,65–0,8 м²;
- у приміщенні для відпочинку — не менше 0,2–0,3 м²;
- у сушильні — не менше 0,1–0,15 м²;
- у санітарно-побутових приміщеннях — від 0,08 до 0,12 м².

Для 70 робітників мінімальна загальна площа побутового комплексу становить:

$$(0,8 + 0,3 + 0,15 + 0,12) \times 70 \approx 98 \text{ м}^2.$$

З урахуванням додаткових площ, місць для проходів та обладнання фактична потреба становитиме приблизно **120–140 м²**, що відповідає використанню 5–6 інвентарних модулів типу К-2 або К-3.

Для ІТР та службового персоналу (до 10 осіб) потрібні такі приміщення:

- 2 кабінети по 18–24 м² для виконробів та інженерів;
- кімната нарад площею близько 20–30 м²;
- технічна кімната (геодезія, документообіг) площею 12 м²;
- пункт охорони — 10–12 м².

Загальна площа потреби становить близько **70–80 м²**, що відповідає установці 3–4

Потреба визначається за обсягами дрібних та допоміжних матеріалів. Для даного об'єкта, з урахуванням темпів монтажу конструкцій та оздоблення, необхідно:

- інструментальна комора — 12 м²;
- склад дрібних матеріалів — 12–24 м²;
- комора для електротехнічних матеріалів — 12 м².

Загальна площа — **36–48 м²**, тобто 2 інвентарні модулі.

Сумарно для забезпечення будівництва необхідно:

Тип приміщень	Площа, м ²	Орієнтовна кількість модулів
Побутові для робітників	120–140	5–6
Адміністративні	70–80	3–4
Медпункт, охорона праці	20–25	1
Складські	36–48	2
Технічні (щитові, інвентар)	12–24	1

Разом: 12–14 інвентарних будинків.

Розрахунок площі складських приміщень та площадок

Раціональна організація складського господарства на будівельному майданчику є важливим елементом ефективної організації будівництва 12-поверхової офісної. Визначення необхідних площ складських приміщень здійснюється з урахуванням номенклатури матеріалів, обсягів їх споживання, нерівномірності постачання, норм запасів та особливостей технології будівництва.

Для столярних виробів, дверних блоків, утеплювачів, рулонних матеріалів приймаються такі щільності укладання:

- дерев'яні вироби — $q = 0,3-0,4 \text{ м}^3/\text{м}^2$;
- утеплювачі та рулонні матеріали — $q = 8-10 \text{ рулонів}/\text{м}^2$;
- сухі суміші — $q = 0,7-1 \text{ т}/\text{м}^2$.

Загальна потреба таких матеріалів визначається за кошторисними розрахунками або відомостями обсягів робіт. Для офісної будівлі, наприклад:

- утеплювач — 40 м³;
- сухі суміші — 25 т;
- дверні блоки — 100 шт.

Площа напівзакритого складу становить близько **40–60 м²**.

Закритий склад необхідний для лакофарбових матеріалів, електротехнічного обладнання, кабельної продукції та гіпсокартону. Ці матеріали чутливі до вологи, тому їх потрібно зберігати у приміщеннях із стабільною температурою.

Потреба площ закритих складів для 12-поверхової офісної будівлі зазвичай становить **30–40 м²**.

Для 12-поверхової офісної будівлі загальна площа складів становить:

- відриті склади — **60–80 м²**;
- напівзакриті — **40–60 м²**;
- закриті — **30–40 м²**;
- допоміжні майданчики (розвантаження, тимчасове укладання) — **20–25 м²**.

Разом: орієнтовно 150–200 м².

4 Розділ

Економіка будівництва

4.1. Пояснювальна записка до економічної частини проекту

Локальний кошторис по загальних будівельних процесах в АВК-5 по будівництву офісної будівлі у м. Рівне склало більше 71 млн грн.

4.2. Локальний кошторис в Додатку 1.

5 Розділ

Охорона праці

Загальні положення

Будівництво 12-поверхового офісного центру з монолітним залізобетонним каркасом належить до категорії складних та потенційно небезпечних видів діяльності, що пов'язано з великою кількістю робіт на висоті, використанням вантажопідіймальних машин, експлуатацією опалубних систем, значними обсягами бетонних робіт, а також необхідністю забезпечення безпеки великої кількості працівників різних спеціальностей.

Метою організації охорони праці є створення безпечних умов роботи на всіх етапах будівництва, запобігання виробничим травмам, зменшення ризиків для здоров'я працівників, а також дотримання чинних нормативних документів у сфері охорони праці, пожежної та техногенної безпеки.

Проект організації будівництва передбачає наявність системи управління охороною праці, що включає планування, контроль, проведення інструктажів, навчання, забезпечення засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), а також моніторинг небезпечних виробничих факторів.

Нормативна база

При розробці даного розділу враховано вимоги таких нормативних документів:

- Закон України «Про охорону праці»;
- ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві»;
- ДБН В.1.2-14:2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки»;
- НПАОП 0.00-1.21-98 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями»;
- НПАОП 0.00-1.03-13 «Правила будівельних робіт»;
- НПАОП 0.00-1.02-08 «Правила безпечної роботи вантажопідіймальних кранів»;
- Правила пожежної безпеки в Україні (ППБУ);

Вимоги безпеки при земляних роботах

Основні ризики: зсув ґрунту, падіння техніки, потрапляння людей у котлован.

Організаційні заходи:

- улаштування кріплень стінок котловану;
- встановлення сигнальної огорожі;
- заборона виконання робіт у зоні роботи екскаватора;
- щоденний огляд стану стінок котловану;
- безпечний спуск у котлован трапами.

У нічний час зона котловану освітлюється не менше ніж 20 лк.

Вимоги безпеки при монтажі опалубки та армуванні

Опалубка повинна відповідати технічній документації, мати паспорт і маркування. Монтаж виконують спеціально навчені працівники.

Основні вимоги:

- заборонено працювати на опалубці без огорожень;
- усі риштування перевіряються перед початком зміни;
- армування ведеться з інвентарних робочих настилів;
- перенос арматурних стрижнів – тільки у ЗІЗ: рукавицях, касках, взутті з твердим носком;
- опалубка має витримувати тиск бетонної суміші без деформацій.

Безпека при бетонуванні

Бетонування монолітного каркаса супроводжується підвищеними ризиками:

- ожеледиця на поверхні свіжих конструкцій;
- тиск бетонної суміші на опалубку;
- небезпека падіння у відкриті технологічні прорізи.

Заходи безпеки:

- обов'язкове огороження прорізів;
- перевірка стійкості опалубки перед подачею суміші;
- заборона перебування людей під розподільними рукавами бетонопроводу;
- використання гумового взуття при роботі з бетонною сумішшю;
- промивання інструменту у спеціальних місцях, щоб уникнути опіків цементом.

Робота на висоті

Роботи на висоті є основним джерелом ризику смертельного травматизму.

Заходи безпеки:

- застосування страхувальних поясів;
- монтажні пояси із закріпленням до анкерних точок;
- використання інвентарних драбин та лісів;
- заборона переміщення вантажів у зоні роботи монтажників.

Електробезпека

Електроінструменти повинні мати цілу ізоляцію, справний кабель та перевірені штепсельні з'єднання.

Застосовуються:

- УЗО;
- заземлення;
- осушення зон підвищеної вологості;
- заборона роботи мокрими руками.

Усі шафи тимчасового електропостачання опломбовані і підлягають періодичній перевірці електротехнічним персоналом.

Пожежна безпека

Основні вимоги:

- наявність пожежних щитів на кожному поверсі при виконанні опоряджувальних робіт;
- проходи та евакуаційні виходи не захаращуються;
- зберігання бензину, мастил, розчинників – у металевих ящиках;
- заборона паління на території;
- регулярні протипожежні інструктажі;

Навчання, інструктаж і контроль

Кожен працівник зобов'язаний пройти:

- вступний інструктаж;
- первинний інструктаж на робочому місці;
- повторний інструктаж не рідше ніж раз у 6 місяців.

Для працівників підвищеної небезпеки проводяться спеціальні навчання і перевірки знань.

Контроль здійснюють:

- служба охорони праці;
- керівники підрозділів;
- уповноважені представники трудового колективу.

Завдяки виконанню вимог нормативних документів, застосуванню сучасних методів організації робочого місця, правильному використанню ЗІЗ та підвищенню культури безпеки можливо забезпечити безпечну та ефективну роботу всіх учасників будівництва.

6 Розділ. Наукова частина
ЗАХИСТ КОМПОЗИТНОЇ АРМАТУРИ
ВІД ВОДОПОГЛИНАННЯ І ПОКРАЩЕННЯ ЗЧЕПЛЕННЯ ЇЇ З
БЕТОНОМ З ЧЕРЕЗ ПОКРИТТЯ ЗАСОБОМ «СІЛОЛ»

Актуальність дослідження

Зчеплення арматурних стержнів із бетонною матрицею є ключовою характеристикою, від якої залежить ефективність сумісної роботи цих матеріалів у залізобетонних елементах. Для сталевих арматур ця проблема вивчена досить глибоко, оскільки вона використовується в будівництві багато десятиліть. Однак останніми роками стрімко зростає інтерес до застосування композитної арматури, особливо в конструкціях будівель і споруд, де необхідна підвищена стійкість до впливу зовнішніх факторів.

Популярність композитної арматури пояснюється низкою її унікальних властивостей. Вона має високу корозійну стійкість, значну міцність при розтягуванні та пружно-еластичний характер деформацій. Її відносне подовження при руйнуванні є дуже малим - від 0,5 % до 3 %, а коефіцієнт теплового розширення близький до аналогічного показника бетону, що сприяє покращенню сумісної роботи в умовах змінної температури. До важливих переваг належать також невелика власна маса, хімічна інертність, стійкість до дії лужних середовищ, відсутність впливу на магнітні поля, електроізоляційні властивості, радіопрозорість та низька теплопровідність, яка приблизно у 100 разів менша, ніж у сталі.

Разом із тим композитна арматура має і свої обмеження. Модуль її пружності приблизно у чотири рази нижчий за модуль сталі, що впливає на деформаційні характеристики конструкції. Матеріал руйнується крихко, оскільки не має межі текучості, а його анізотропність призводить до зменшеної міцності при зрізі та осьовому стиску. Крім того, вогнестійкість композитної арматури невисока - при температурах понад 100 °С її властивості різко погіршуються.

У теперішній час склопластикова та базальтова арматура найбільш широко застосовується у дорожньому, гідротехнічному та геотехнічному будівництві - для армування фундаментів, плит на ґрунті, різних другорядних та огорожувальних елементів, тобто там, де не висуваються жорсткі вимоги щодо вогнестійкості конструкцій. Однак для того, щоб значно розширити сферу її застосування, необхідна велика кількість порівняльних досліджень з традиційною сталлю та оцінка реальної

поведінки композитної арматури у складі бетонних елементів. На сьогоднішній день відомості про сумісну роботу композитних стержнів та бетону є недостатніми, що стримує її використання у відповідальних конструкціях.

Для впровадження композитної арматури у широке будівельне застосування потрібні системні експериментальні дослідження, що охоплювали б її міцність, жорсткість, тріщиностійкість, довговічність, а також механізми взаємодії з бетоном у конструкціях різних типів. Однією з актуальних проблем залишається водопоглинання скловолокнистих стержнів, яке сприяє їх поступовому руйнуванню, зменшує параметри зчеплення та негативно впливає на довговічність. У зв'язку з цим велике значення мають дослідження щодо можливості підвищення водостійкості, зокрема за допомогою спеціальних матеріалів типу «СІЛОЛ®», що здатні подовжувати строк експлуатації стержнів та покращувати їх взаємодію з бетонною масою.

Для армування бетонних конструкцій застосовують композитні стержні з різними видами періодичного профілю поверхні - гвинтовим, серповидним, кільцевим та іншими варіантами. Варіювання геометрії поверхневих виступів є визначальним фактором, оскільки саме ці мікроструктурні нерівності створюють механічне зачеплення між арматурою та бетоном. Очевидно, що стержні різних виробників, які застосовують відмінні технологічні рішення для формування профілю, демонструють різні показники зчеплення. Це підтверджено численними експериментальними дослідженнями, які вказують, що варіації у формі та параметрах профілю можуть суттєво впливати на сумісну роботу у складі залізобетонних елементів.



Рис. 6.1. Вид поверхні склокомпозитної арматури: а) склокомпозитна арматура Ø16АКС800 виробництва ТОВ Технологічної групи «ЕКІПАЖ» (м.Харків); б) технічний дизайн поверхні арматури іншого виробника

Аналізуючи сучасний стан досліджень, можна дійти висновку, що сьогодні існує гостра потреба в поглибленому вивченні механізмів взаємодії арматурних стержнів із бетоном, а також у вдосконаленні методів розрахунку та визначення необхідної довжини анкерування. Довжина закладення арматури повинна гарантувати, що навіть за умов тривалих навантажень не відбуватиметься поступового зміщення її вільного кінця. Саме тому ключовим параметром оцінювання якості зчеплення є рівень напружень у стержні на момент, коли починається його відносне зміщення в бетоні.

У процесі експериментальних досліджень фіксують переміщення ненавантаженого кінця стержня. Проте цей параметр не завжди дозволяє точно визначити момент початку реального зміщення арматури, оскільки виміряні величини містять і переміщення самого бетону. Це включає депланацію торця зразка, локальні деформації зминання під виступами профілю, а також інші побічні деформації. Тому для оцінки цього моменту застосовують різні підходи.

Один із поширених підходів передбачає приймати за початковий момент зсуву те навантаження, при якому фіксується переміщення ненавантаженого кінця арматури на 0,2 мм. Інша група дослідників пропонує орієнтуватися на характер зміни приростів переміщень і визначати момент початку зміщення за відхиленням їх від лінійної ділянки графіка. Це дозволяє точніше оцінити реальний початок руху арматури відносно бетонного тілу.

Сили зчеплення безпосередньо впливають на формування напружено-деформованого стану залізобетонного елемента та можуть спричиняти розколюючу дію в бетоні. Навіть за умови повного забезпечення анкерування зчеплення залишається одним із ключових чинників, що визначають міцність перерізів. У випадку, коли адгезія між арматурою і бетоном недостатня, поява першої тріщини різко збільшує подовження арматурних стержнів на всій довжині розтягнутої зони. Це спричиняє швидке розкриття тріщини, зменшення висоти стиснутої частини перерізу та часто стає причиною передчасного руйнування елементів конструкції. Саме тому питання забезпечення надійного зчеплення має першорядне значення для довговічності та безпечної експлуатації залізобетонних споруд.

Методика експериментальних досліджень

Таблиця 6.1. Механічні характеристики бетону

Клас бетону	Кубкова міцність, f_{cube} , МПа	Призмova міцність, f_{prism} , МПа	Початковий модуль пружності E_{b0} , $\times 10^4$ МПа
C20/25	30,5	21,3	2,4

Були виготовлені зразки з скловолокнистою композитною арматурою ЕКІВАР® діаметром номінальний 16 мм АКС 800, покрита одним чи двома шарами матеріалу «СІЛОЛ®» (Рис. 6.2).

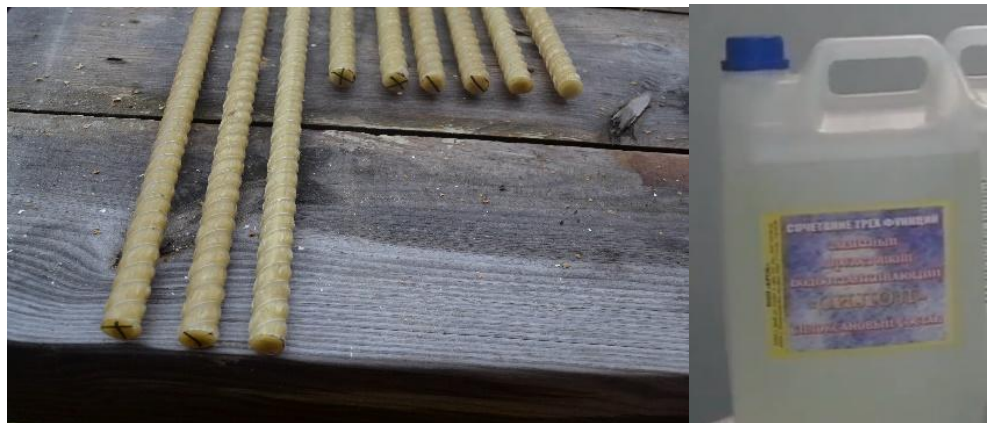


Рис. 6.2. Склокомпозитна арматура діаметром 16 мм:

- 0 – не покрита «СІЛОЛ®»;
- – покрита в 1 шар «СІЛОЛ®»
- x – покрита в 2 шари «СІЛОЛ®»

«СІЛОЛ®» являє собою силоксанову рідку композицію, призначену для нанесення на поверхню різноманітних будівельних матеріалів. Її застосовують для гідрофобізації пористих основ - зокрема бетону, залізобетону, цегли, склопластикової композитної арматури та інших матеріалів. Завдяки просоченню цим засобом підвищується їхня стійкість до проникнення води, солей та агресивних розчинів, а також покращується морозостійкість і загальна атмосферостійкість. Після обробки матеріали демонструють підвищену довговічність та здатність протистояти зволоженню.

Зазвичай витрата складу при дворазовому нанесенні становить близько 250мл на квадратний метр, однак цей показник залежить від структури

матеріалу та необхідної глибини просочення. На поверхні покриття не утворюється плівка - склад проникає всередину на глибину приблизно 2-10 мм. У пористому середовищі він переходить у стан еластичної смоли, яка формує стійкі водовідштовхувальні властивості.

Для визначення того, як «СІЛОЛ®» впливає на адгезію між бетоном і склопластиковою арматурою, що була покрита цим матеріалом, виготовили серію випробувальних зразків. Ці зразки виконували у формі бетонних призм із квадратним перерізом 150×150 мм. Висоту призм задавали залежно від довжини анкерування арматурних стержнів: обирались варіанти висотою 5d, 10d та 15d, де d - діаметр арматури (у даному випадку 16 мм).

Композитні стержні попередньо рівномірно покривали шаром «СІЛОЛ®». Час, необхідний для висихання просочення за температури приблизно +20 °С, становив близько 120 хвилин. Під час виготовлення зразків стержні встановлювали так, щоб їхні осі збігалися з центральною віссю призм. Вільні кінці арматури мали виступати назовні: з одного боку - для закріплення у випробувальному обладнанні, а з іншого - для фіксації переміщення щодо торця бетонного елемента.

Випробування на зчеплення виконували методом висмикування стержнів із бетонних блоків на гідравлічній розривній машині. Навантаження прикладали поступово, із кроком 1,0 кН. Під час збільшення навантаження фіксували переміщення вільного кінця арматури за допомогою індикатора годинникового типу з точністю до 0,001 мм. Це дозволяло відстежувати процес руйнування зчеплення та аналізувати взаємодію між матеріалами.



Рис. 6.3. Дослідні зразки – бетонні призми: а – загальний вигляд бетонних призм; б – загальний вигляд випробування зразків

Для уникнення пошкодження поверхні арматури в захваті преса на вільний кінець арматури було приклеєно металеву трубку, яка скріплювалась зі стержнем епоксидною смолою і та кварцовим піском у співвідношенні 1:1 (рис. 6.4).



Рис. 6.4. Захист арматурного стержня від пошкоджень преса
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Маркування експериментальних зразків здійснювали з урахуванням кількості шарів просочення арматурних стержнів матеріалом «СІЛОЛ®». Позначення мали вигляд П-8/16-0, П-8/16-1 та П-8/16-2. У першій частині індексу (число «8») вказувалась довжина анкерування, яка відповідала 5d, 10d або 15d залежно від серії зразків (d – діаметр арматури, що в цьому дослідженні становив 16 мм). Друге число позначало діаметр стержня, а третє - кількість нанесених шарів складу «СІЛОЛ®»: 0 означало відсутність покриття, 1 - одноразову обробку, 2 - двошарове просочення.

Бетон для виготовлення призм мав клас міцності С12/15, а розмір поперечного перерізу кожного зразка становив 150×150 мм. У ході випробувань визначали момент досягнення критичного зміщення $\delta_u = 0,2$ мм (схематично показано на рис. 6.5). Відповідні напруження в композитних стержнях у цей момент становили: 39,0 МПа для серії без покриття (П-8/16-0), 46,3 МПа - для зразків із одним шаром обробки (П-8/16-1) та 51,2 МПа - для стержнів, покритих двічі (П-8/16-2).

Руйнування серії зразків, у яких довжину анкерування прийнято рівною 10d ($l_{an} = 160$ мм, переріз 150×150 мм, бетон класу С12/15), відбулося при досягненні стержнями таких напружень (рис. 6.10): $f_{yd} = 170,7$ МПа для зразків без обробки (П-16/16-0); 175,6 МПа - для серії, покритої одним шаром (П-16/16-1), та 192,6 МПа - для двошарового покриття (П-16/16-2).

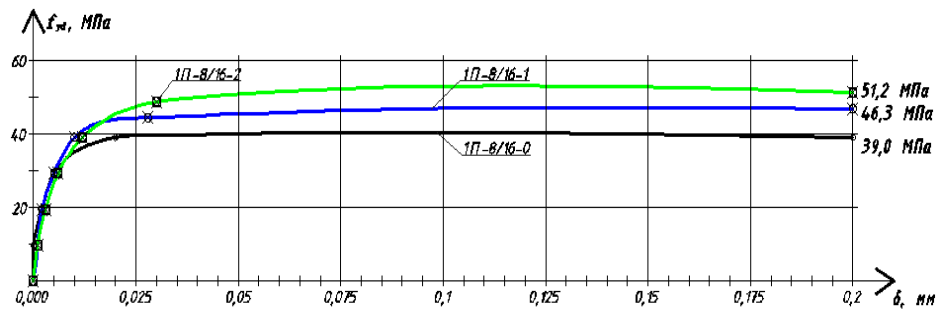


Рис. 6.5. Зміна проковзування δ стержнів від напруження f_{yd} (поперечного перерізу 150×150 мм, клас бетону C12/15):
 ○ – призми П-8/16-0; ✕ – П-8/16-1; ◻ – П-8/16-2;

Для іншої групи зразків, у яких довжину анкерування збільшено до $15d$ ($l_{an} = 240$ мм), а геометричні параметри та клас бетону залишалися незмінними (150×150 мм, C12/15), критерій проковзування $\delta_u = 0,2$ мм (рис. 6.6) був досягнутий за таких значень напружень: $f_{yd} = 292,6$ МПа для П-24/16-0; $360,9$ МПа - для П-24/16-1; $375,5$ МПа - для П-24/16-2.

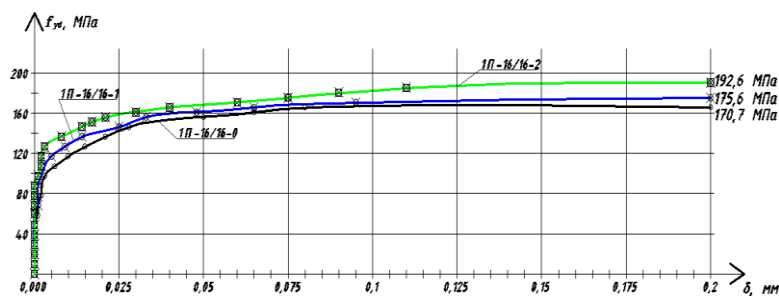


Рис. 6.6. Зміна проковзування δ стержнів залежно від напруження f_{yd} (поперечного перерізу 150×150 мм, клас бетону C12/15): ○ – призми П-16/16-0; ✕ – П-16/16-1; ◻ – П-16/16-2;

Ці результати демонструють чітку тенденцію: як збільшення довжини анкерування, так і застосування просочення «СІЛОЛ®» позитивно впливають на граничні напруження зчеплення композитних стержнів із бетоном.

З метою оцінити робочу здатність арматури щодо зчеплення розраховали максимальні дотичні напруження τ_u , приймаючи, що вони рівномірно розподілені по довжині анкерування. Значення τ_u визначали за формулою (6.1):

$$\tau_u = f_{yd} A_s / (\pi d l_{an}), \quad (6.1)$$

де

f_{yd} - напруження в арматурі в момент досягнення $\delta_u = 0,2$ мм;
 A_s , d - площа поперечного перерізу та діаметр стержня;
 l_{an} - довжина анкерування.

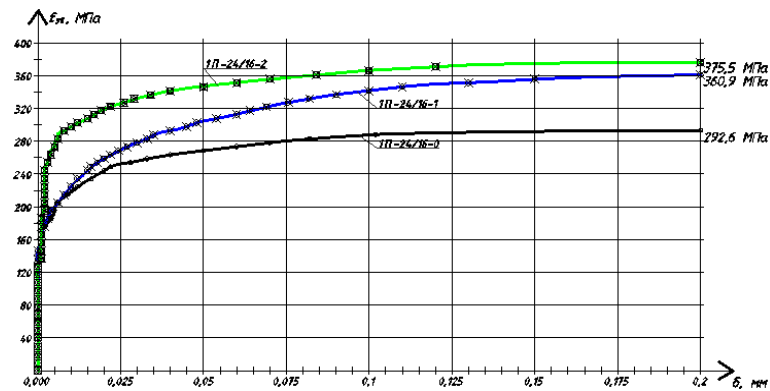


Рис. 6.7. Зміна проковзування δ стержнів залежно від напруження f_{yd} (поперечного перерізу 150×150 мм, клас бетону С12/15): \circ – призми ПП-24/16-0; \otimes – ПП-24/16-1; \boxtimes – ПП-24/16-2;

Максимальні дотичні напруження зчеплення τ_u для зразків з довжиною анкерування $l_{an} = 80$ мм (переріз 150×150 мм, бетон С12/15) були визначені такими: для серії П-8/16-0 τ_u становило **1,95 МПа**, для П-8/16-1 - **2,32 МПа**, а для П-8/16-2 - **2,56 МПа**. Порівняння показує, що обробка арматури складом «СІЛОЛ®» підвищує величину зчеплення: одношарове покриття дає приблизно **+18,5 %**, а двошарове - близько **+31,3 %** у порівнянні з необробленими стрижнями.

Для групи зразків з довжиною анкерування $l_{an} = 160$ мм (з тим самим поперечним перерізом та класом бетону) граничні дотичні напруження становили:

4,27 МПа для П-16/16-0;

4,39 МПа для П-16/16-1;

4,82 МПа для П-16/16-2.

У цьому випадку ефект від покриття менш виражений: приріст для одношарового нанесення становить лише **2,8 %**, тоді як двошарове збільшує τ_u на **12,9 %** порівняно з необробленими зразками.

Для найдовших досліджених анкерувань - $l_{an} = 240$ мм — отримали такі значення дотичних напружень:

4,88 МПа для П-24/16-0;

6,02 МПа для П-24/16-1;

6,26 МПа для П-24/16-2.

У цій серії вплив матеріалу «СІЛОЛ®» найбільш помітний: одношарова обробка забезпечує підвищення τ_u на **23,4%**, а двошарове покриття - на **28,3%** у порівнянні зі зразками без захисного складу.

Таблиця 6.2

Максимальні дотичні напруження зчеплення зразків

Довжина анкерування	Кількість шарів «СІЛОЛ®»	Максимальні дотичні напруження в зразках 150x150 мм	Різниця у %
5d (80мм)	0	1,95	0
	1	2,34	+18,5
	2	2,55	+31,3
10d (160мм)	0	4,26	0
	1	4,38	+2,8
	2	4,85	+12,9
15d (240мм)	0	4,87	0
	1	6,02	+23,4
	2	6,27	+28,3

Висновки

1. Покриття матеріалом «СІЛОЛ®» композитної склопластикової арматури значно збільшує зчеплення її з бетоном і, напевно, зменшує нею водопоглинання.
2. Зразки, у яких стержні були покриті матеріалом «СІЛОЛ®» зруйнувалися при навантаженні всередньому на 15% більшому, а при дворазовому покритті на 25% порівняно зі зразками, в яких арматура не покрита.
3. Збільшення довжини анкерування вдвічі з $5d$ до $10d$ призводить до збільшення дотичних напружень зчеплення в 1,7 рази, а при збільшенні довжини анкерування втричі з $5d$ до $15d$ в 2,55 рази.
4. Експериментально доведено доцільність покриття композитної арматури матеріалом «СІЛОЛ®» для покращення роботи будівельних конструкцій.
5. Для більш широкого використання даної технології необхідно виконати порівняння декількох матеріалів покриття стержнів і донести інформацію до виробників.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. — К.: Мінрегіон України.
2. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. - К.: Мінрегіонбуд України.
3. ДБН В.1.2-14:2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. - К.: Мінрегіон України.
4. ДБН В.2.2-9:2018. Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення. - К.: Мінрегіон України.
5. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. - К.: Мінрегіонбуд України.
6. ДБН В.2.6-220:2017. Кам'яні та армокам'яні конструкції. - К.: Мінрегіон України.
7. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. - К.: Мінрегіон України.
8. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. - К.: Мінрегіон України.
9. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. - К.: Мінрегіон України.
10. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. - К.: Мінрегіон України.
11. ДСТУ Б EN 1990:2011. Єврокод. Основи проектування конструкцій. - К.: ДП «УкрНДНЦ».
12. ДСТУ Б EN 1991-1-1:2010. Єврокод 1. Дії на конструкції. - К.: ДП «УкрНДНЦ».
13. ДСТУ Б EN 1992-1-1:2012. Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. - К.: ДП «УкрНДНЦ».

- 14.ДСТУ Б EN 1993-1-1:2012. Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. - К.: ДП «УкрНДНЦ».
- 15.ДСТУ Б EN 1997-1:2012. Єврокод 7. Геотехнічне проектування. - К.: ДП «УкрНДНЦ».
- 16.Будников М. С. Будівельні матеріали. - К.: Вища школа, 2008.
- 17.Пічугін В. І. Залізобетонні конструкції. - К.: КНУБА, 2010.
- 18.Шмуклер О. М. Сталеві конструкції промислових і цивільних будівель. - Х.: ХНУБА, 2012.
- 19.Дроздов О. І. Основи та фундаменти будівель і споруд. - К.: Будівельник, 2009.
- 20.Бабаєв А. М. Технологія будівельного виробництва. - К.: Вища школа, 2011.
- 21.Савйовський В. О. Організація будівництва. - К.: КНУБА, 2013.
- 22.Методичні вказівки до виконання магістерської роботи для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія». - Луцьк: ЛНТУ.
- 23.ДСТУ та ресурсні елементні кошторисні норми України у будівництві.
- 24.Чапюк О.С. Гришкова А.В. Порівняльний аналіз зчеплення сталеві арматури серповидного профілю з важким бетоном за призовим та балковим методом випробувань / Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. – Рівне: НУВГП, 2014. – Випуск 29. – С. 391-399.
- 25.Чапюк О.С. Особливості зчеплення арматури серповидного профілю з бетоном : монографія / О. С. Чапюк; ЛНТУ - Луцьк : РВВ ЛНТУ, 2012. - 164 с.

Фасад в осях 1-10
Панорамное изображение
План первого этажа
Фасад в осях А-А

План цокольного этажа
План 7-й из этажей
Планы 2-й, 3-й, 4-й из этажей
План этажа
Рисунки 1-1
Рисунки 2-2
Деталь оконного проема

Верхнее армирование плиты перекрытия Пя-8 на об. +21.400
Сечение плиты перекрытия Пя-8
Нижнее армирование плиты перекрытия Пя-8 на об. +21.400
Выборка выемки стаян, м
Спецификация элементов армирования Пя-8

Нижнее армирование фундаментной плиты ФТ-1
Спецификация плиты ФТ-1
Верхнее армирование фундаментной плиты ФТ-1
Выборка выемки стаян, м
Деталь опускания фундаментной плиты

Кол-15
Кол-16
Кол-23
1-1
2-2
3-3
4-4
5-5
Схема размещения колонн
Спецификация элементов армирования колонн
Выборка выемки стаян, м

Сходы Сп-1 на об.в. +7.200
а-а (прямой)
б-б (звучащий)
в-в (звучащий)
г-г (звучащий)
д-д (звучащий)
е-е (звучащий)
Каркас Кр-1
Деталь Ахвата 3Д-1
Спецификация элементов схода Сп-1
Выборка выемки стаян, м
Выборка бортика

Отдельный график
Трассы выполнения работ
График пути работ
Условные обозначения

План участка
Будущий строительный этап
Условные обозначения
Спецификация будущей застройки