

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
(повна найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»

Проект офісного центру в м. Київ із підземною парковкою із застосуванням композитних матеріалів для проєктування конструкцій

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-22
ФЕДОРЧУК Сергій Валерійович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Андрійчук Олександр Валентинович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«___» _____ 2025 р.
к.т.н., доцент
Гарант освітньої програми:
КИСЛЮК Ярослав Дмитрович

(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет архітектури, будівництва та дизайну.

Кафедра будівництва та цивільної інженерії.

Ступінь вищої освіти: магістр.

Галузь знань: 19 Архітектура та будівництво.

Спеціальність: 192 – Будівництво та цивільна інженерія.

Освітня 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

ФЕДОРЧУК Сергій Валерійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи «Проект офісного центру в м. Київ із підземною парковкою із застосуванням композитних матеріалів для проектування конструкцій»

Керівник роботи _____ Олександр АНДРІЙЧУК к.т.н., доцент

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

затверджені 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 Матеріали інженерних вишукувань по об'єкту: кліматичні умови регіону; дані по будівельно-матеріальним ресурсам регіону; план місцевості з даними по землеволодінню, інфраструктурі, комунікаціях; ґрунтово-геологічні характеристики; гідрологічні дані по місцевості.

4. 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 проекту. Обґрунтування вибору конструкцій. Проектування таких несучих конструкцій будівлі: монолітного перекриття з балочними плитами, фундаменту.

Визначення номенклатури та об'ємів робіт; вибір методів виконання робіт; вибір кранів; складання графіка будівництва; проектування будгеплану, об'єкта, розробка технологічної карти на зведення монолітних залізобетонних конструкцій.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): архітектурно-будівельна частина виконується на стадії робочого проекту, включає: плани, фасади, розрізи, схеми елементів покриття, перекриття, покрівлі та фундаментів будівлі. Розрахунково-конструктивна частина виконується на стадії робочого проекту, викреслюють основні несучі конструкції запроєктованої будівлі, розраховані у розділі 2. Розділ "Технологія та організація будівництва" виконується на стадії робочого проекту, включає проект виконання робіт, будівельний генеральний план, 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., к.т.н., доцент	05.02.2025	14.10.2025
2. Розрахунково-конструктивна частина	УЖЕГОВА О.А., к.т.н., доцент	05.02.2025	25.10.2025
3. Технологія та організація будівництва	АНДРІЙЧУК О.В., к.т.н., доцент	05.02.2025	25.10.2025
4. Економічна частина	АНДРІЙЧУК О.В., к.т.н., доцент	05.02.2025	29.11.2025
5. Охорона праці	АНДРІЙЧУК О.В., к.т.н., доцент	05.02.2025	29.11.2025
6. Наукова частина	АНДРІЙЧУК О.В., к.т.н., доцент	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	
2	Виконання розрахунково-конструктивного розділу. Виконання розділу з технології та організації будівництва	25.10.2025	
3	Складання кошторису. Розробка розділу з охорони праці. Виконання наукової частини	29.11.2025	
4	Подання виконаної кваліфікаційної роботи на інструментальну перевірку щодо академічного плагіату	06.12.2025	
5	Подання виконаної роботи з відгуком керівника на підпис завідувачу кафедри, направлення на рецензію	14.12.2025	
6	Подання виконаної роботи на підпис декану та відповідальному секретарю екзаменаційної комісії	14.12.2025	
7	Захист кваліфікаційної роботи	20.12.2025, 26.12.2025	

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Сергій ФЕДОРЧУК
(ім'я та прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи _____
(підпис)

Олександр АНДРІЙЧУК
(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Федорчук С.В. «Проект офісного центру в м. Київ із підземною парковкою із застосуванням композитних матеріалів для проектування конструкцій», 113 с.

Кваліфікаційна робота магістра ОП «Будівництво та цивільні інженерія» спеціальності 192 – Будівництво та цивільні інженерія. Луцький НТУ. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота магістра складається з вступу, шести розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел, додатків А-Г.

В архітектурно-будівельній частині розроблено об'ємно-планувальне рішення, архітектурно-конструктивне рішення, теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни, техніко – економічні показники.

У розрахунково-конструктивній частині здійснено обґрунтування вибору конструкцій і конструктивної схеми каркасу офісного центру, виконано збір навантажень та здійснено розрахунок основних конструкцій будівлі – поперечної рами монолітного залізобетонного каркасу, монолітного перекриття, фундаментів.

В розділі технологія та організація будівельного виробництва визначено номенклатуру та об'єми робіт, зроблено вибір методів виконання робіт, монтажного крану, визначена необхідність у транспортних засобах, розроблено технологічну карту на зведення монолітних залізобетонних конструкцій, запроєктовано будівельний генеральний план, складено календарний план виконання робіт.

Розроблено заходи з охорони праці під час проведення робіт на об'єкті.

Загальний термін виконання будівельних роботи – 221 день.

Кошторисна вартість виконання робіт становить – 80 млн 110 тис 673 грн.

В науковому розділі магістерської кваліфікаційної роботи здійснено аналіз, порівняння і дослідження композитної арматури.

Ключові слова: будівництво, офісний центр, цегла, бетон, арматура.

SUMMARY

Fedorchuk S.V. "Project of an office center in Kyiv with underground parking using composite materials for structural design", 113 p.

Master's qualification work OP "Construction and Civil Engineering" specialty 192 – Construction and Civil Engineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

Master's qualification work consists of an introduction, six chapters, conclusions and proposals, a list of sources used, appendices A-G.

In the architectural and construction part, a spatial planning solution, an architectural and structural solution, a heat-technical calculation of the external wall, technical and economic indicators were developed.

In the calculation and construction part, a justification of the choice of structures and the structural scheme of the office center frame was carried out, a load collection was performed and the calculation of the main structures of the building was carried out – the transverse frame of the monolithic reinforced concrete frame, monolithic floor, foundations.

In the section on technology and organization of construction production, the nomenclature and scope of work were determined, the choice of methods of work execution, the installation crane was made, the need for vehicles was determined, a technological map for the construction of monolithic reinforced concrete structures was developed, a construction master plan was designed, a calendar plan for the execution of works was drawn up.

Occupational safety measures were developed during the work at the site. The total period of construction work is 221 days. The estimated cost of the work is 80 million 110 thousand 673 UAH.

In the scientific section of the master's qualification work, an analysis, comparison and research of composite reinforcement was carried out.

З М І С Т

Вступ	7
Вихідні дані проєкту	11
Розділ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА	14
1.1. Об'ємно-планувальне рішення	14
1.2. Архітектурно-конструктивне рішення	17
1.3. Інженерні мережі	18
1.4. Теплотехнічний розрахунок	20
1.5. Техніко-економічні показники проєкту	23
Розділ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА	24
2.1. Розрахунок елементів монолітного перекриття з балочними плитами .	24
2.1.1. Вихідні дані	24
2.1.2. Компоновка конструктивної схеми перекриття	24
2.1.3. Розрахунок плити	25
2.2. Розрахунок фундаменту	27
2.2.1. Вихідні дані для проєктування фундаменту	27
2.2.2. Визначення глибини закладання фундаменту	27
2.3. Визначення розмірів підошви фундаменту	29
2.4. Розрахунок осідання фундаменту	29
2.5. Визначення геометричних розмірів фундаменту	30
Розділ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА	32
3.1. Обчислення обсягів робіт	32
3.2. Методи і послідовність виконання робіт	38
3.3. Технологічна карта на зведення монолітних залізобетонних конструкцій	39
3.3.1. Область застосування	39
3.3.2. Технологія і організація виконання робіт	41
3.3.3. Вимоги до якості і приймання робіт	45
3.4. Вибір монтажного крана	46
3.5. Будівельний генеральний план	47
3.6. Розрахунок площі тимчасових будівель	50
3.7. Розрахунок площ складів	51

Розділ 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	53
4.1. Пояснювальна записка до економічної частини проєкту	53
4.2. Характеристика кошторисної документації	53
Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	54
5.1. Техніка безпеки при експлуатації будівельних механізмів	54
5.2. Техніка безпеки під час виконання земляних робіт	55
5.3. Охорона праці при бетонних роботах	55
5.4. Охорона праці при монтажних роботах	56
5.5. Охорона праці при покрівельних роботах	56
Розділ 6. НАУКОВА ЧАСТИНА	58
6.1. Композитна арматура – загальний огляд	58
6.2. Порівняння параметрів сталеві та склопластикові арматури	60
6.3. Рекомендації та практичний досвід застосування неметалевої композитної арматури	62
6.3.1. Досвід і перспективи використання неметалевої арматури в попередньо напружених конструкціях	63
6.3.2. Довговічність склопластикові арматури в багат шарових огорожувальних конструкціях	64
6.3.3. Інші сфери використання склопластикові арматури	65
6.4. Принципи проектування бетонних конструкцій із склопластикові арматурою	67
6.5. Методика оцінки зчеплення арматури з бетоном	69
6.6. Експериментальні випробування	70
6.7. Еквівалентний підбір композитної арматури для проєктованих конструкцій	76
6.8. Висновки до наукового розділу	78
Список використаної літератури	78
Додатку А	81
Додатку Б	84
Додатку В	89
Додаток Г	110

Вступ

Будівельна галузь є однією з ключових складових економіки України. До початку повномасштабної війни, за статистичними даними станом на 2022 рік, у будівельному секторі функціонувало близько 7 000 підприємств, у яких було зайнято приблизно 765 000 працівників. Значення будівництва для економічного розвитку держави пояснюється його тісним зв'язком з іншими галузями виробництва. Будівельне виробництво забезпечує створення значної кількості робочих місць і потребує постачання матеріалів, виробів та обладнання з багатьох суміжних сфер економіки. Саме тому будівельна галузь суттєво стимулює розвиток малого та середнього бізнесу, зокрема підприємств, що спеціалізуються на оздоблювальних і ремонтних роботах, виготовленні та монтажі вбудованих меблів та інших елементів інтер'єру. Розширення обсягів будівельної діяльності позитивно впливає на загальний економічний розвиток країни та сприяє вирішенню соціальних питань, зокрема зайнятості населення. Особливо актуальним це є в умовах збройної агресії проти України, коли масштаби будівельних і відновлювальних робіт є надзвичайно великими. Точна оцінка таких обсягів наразі ускладнена, зокрема для східних і південних регіонів держави, що зазнали значних руйнувань.

Сучасне будівництво офісних будівель у великих містах України характеризується зростанням вимог до функціональності, енергоефективності та довговічності споруд. Місто Київ як діловий та адміністративний центр держави потребує розвитку сучасної офісної інфраструктури. Активна урбанізація та зростання ділової активності зумовлюють підвищений попит на якісні офісні приміщення. Дефіцит вільних земельних ділянок у центральних районах міста потребує раціонального використання територій. Одним із ефективних містобудівних рішень є проектування багатопверхових офісних центрів. Доцільним є влаштування підземних паркінгів. Такі рішення дозволяють зменшити навантаження на вулично-дорожню мережу. Вони також підвищують комфорт працівників та відвідувачів.

Проектований офісний центр належить до будівель громадського призначення. Орієнтовна поверховість будівлі становить 10 поверхів. Загальна площа офісних приміщень може досягати 12 000 15 000 м². Підземна парковка розраховується на 8-120 машиномісць. Таке планувальне рішення відповідає сучасним вимогам до офісних будівель у місті Київ. Розміщення паркінгу у підземному рівні дозволяє ефективно використовувати площу забудови. Це також сприяє покращенню благоустрою прилеглої території.

У сучасних умовах проектування офісних будівель особлива увага приділяється застосуванню інноваційних матеріалів. Композитні матеріали набувають дедалі більшого поширення у будівельній галузі. Їх використання обумовлене високими фізико-механічними показниками. Важливою перевагою композитних матеріалів є мала власна маса. Це дозволяє зменшити навантаження на несучі конструкції та фундаменти. Композити також відзначаються високою корозійною стійкістю. Це особливо актуально для підземних частин будівель. Застосування таких матеріалів сприяє підвищенню довговічності споруд.

Проектування офісного центру з підземною парковкою потребує комплексного інженерного підходу. Необхідно враховувати архітектурні, конструктивні та технологічні аспекти. Значну роль відіграє аналіз інженерно-геологічних умов будівельного майданчика. Для міста Києва характерні складні ґрунтові умови. Рівень ґрунтових вод на окремих ділянках може залягати на глибині 2,5-4,0 м. Це впливає на вибір типу фундаментів та гідроізоляційних рішень. Додаткову увагу приділяють захисту підземних конструкцій від вологи.

Конструктивна схема будівлі передбачається каркасною. Основними несучими елементами є колони, ригелі та перекриття. Перекриття доцільно виконувати з монолітного залізобетону. У плитах перекриття можливе застосування композитної арматури. Модуль прольотів приймається в межах 6,0-7,5 м. Така схема забезпечує гнучкість планування офісних приміщень. Висота поверху приймається не менше 3,3 м. Це відповідає вимогам до офісних будівель класу «В+» або «А».

Особливу увагу приділено проектуванню підземної частини будівлі. Глибина залягання підземного паркінгу може досягати 6,0-7,0 м. Улаштування підземних конструкцій потребує застосування водонепроникного бетону класу не нижче W6-W8. Додатково використовуються сучасні гідроізоляційні мембрани. Конструкції паркінгу повинні мати підвищену тріщиностійкість. Це забезпечує їхню надійну експлуатацію впродовж усього терміну служби.

Застосування композитних матеріалів дозволяє зменшити власну вагу конструкцій на 20-30 %. Це знижує навантаження на фундаменти. Таке рішення є економічно доцільним за складних інженерно-геологічних умов. Композитна арматура має високу стійкість до корозії. Термін її експлуатації може перевищувати 80-100 років. Матеріал не піддається впливу агресивних середовищ. Це є важливою перевагою для підземних конструкцій.

У порівнянні зі сталеву арматурою композитна арматура має у 3-4 рази меншу масу. Це спрощує процес транспортування та монтажу. Зменшуються витрати на вантажно-розвантажувальні роботи. Також скорочується трудомісткість будівельних процесів. Економія експлуатаційних витрат може складати до 10-15 %. Це підвищує загальну ефективність проекту. Застосування композитів відповідає принципам сталого будівництва.

Проектом передбачається дотримання чинних будівельних норм України. Ураховуються вимоги щодо надійності та безпеки будівель. Особлива увага приділяється пожежній безпеці. Конструкції підземного паркінгу розраховуються з урахуванням пожежного навантаження. Передбачається влаштування систем вентиляції та димовидалення. Проектні рішення забезпечують безпечну евакуацію людей. Кількість евакуаційних виходів відповідає нормативним вимогам.

Енергоефективність будівлі є важливою складовою проекту. Передбачається використання сучасних теплоізоляційних матеріалів. Орієнтовний клас енергоефективності будівлі – не нижче «В». Композитні матеріали сприяють зменшенню теплових мостів. Це дозволяє знизити

тепловтрати до 20 %. У результаті зменшуються витрати на опалення та кондиціонування. Такі рішення відповідають сучасним екологічним вимогам.

Актуальність даної магістерської роботи зумовлена необхідністю впровадження інноваційних матеріалів у практику проектування. Метою роботи є розробка проєкту офісного центру в місті Київ із підземною парковкою. У процесі проектування передбачається застосування композитних матеріалів у конструкціях. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити низку інженерних завдань. Серед них вибір конструктивної схеми та обґрунтування матеріалів. У роботі аналізуються основні принципи проектування офісних будівель. Розглядаються особливості проектування підземних паркінгів. Отримані результати можуть бути використані у практиці сучасного будівництва. Робота має практичну та наукову цінність.

Будівництво офісного центру в м. Київ із підземною парковкою потребує обов'язкового дотримання принципів безбар'єрності. Проєктні рішення повинні забезпечувати вільний та безпечний доступ маломобільних груп населення до будівель і прибудинкових територій, що відповідає сучасним соціальним і нормативним вимогам.

Виходячи з мети дотримання етичного використання штучного інтелекту (ШІ) в освітньому процесі в ЛНТУ, під час виконання кваліфікаційної роботи магістра на тему "Проєкт офісного центру в м. Київ із підземною парковкою із застосуванням композитних матеріалів для проектування конструкцій" здійснено користування інструментами ШІ – <https://chatgpt.com/> і <https://gemini.google.com/>

Усі твердження, висновки та результати дослідження належать автору та ґрунтуються на власному аналізі, а отримані результати від генеративного ШІ були перевірені на достовірність та відповідність академічній доброчесності.

Вихідні дані проєкту

В магістерській роботі на тему проєкт офісного центру в м. Київ із підземною парковкою із застосуванням композитних матеріалів для проєктування конструкцій розроблено проєктні рішення адміністративної будівлі офісного призначення з вбудованим підземним паркінгом, розташованої в місті Києві.

Надземна частина споруди запроєктована у вигляді дев'ятиповерхового об'єму з плановими розмірами в координаційних осях $26,4 \times 33,0$ м, при цьому висота одного поверху прийнята рівною 3,9 м. Підземний поверх використовується, як гараж для легкових автомобілів, має габарити в плані $54,0 \text{ м} \times 18,6 \text{ м}$, розрахований на розміщення 73 автомобілів та характеризується загальною площею близько 2927 м^2 .

Несуча система будівлі сформована у вигляді просторового монолітного каркаса багатоповерхової споруди. Перекриття виконані з монолітного залізобетону балкового типу, а передавання навантажень здійснюється через рамну схему в поздовжньому та поперечному напрямках. Основними несучими внутрішніми елементами є монолітні залізобетонні колони, що забезпечують необхідну жорсткість і просторову стійкість будівлі. Зовнішні огорожувальні конструкції запроєктовані зі шлакоблоків, а фундаментна частина представлена окремо розташованими монолітними залізобетонними стовпчастими фундаментами під кожну колону каркасу.

Територія, відведена під будівництво об'єкта, розташована в межах міста Києва на вулиці Галенка та знаходиться у сформованій міській забудові. Навколо ділянки розміщені переважно житлові будинки багатоповерхового типу, що визначає характер містобудівного середовища. З північного та північно-східного напрямків межі ділянки прилягають до житлової забудови, що потребує врахування санітарних і шумових обмежень. Із північно-західної сторони територія межує з дошкільним навчальним закладом, що додатково зумовлює підвищені вимоги до безпеки та організації руху. З південної та південно-

західної сторін уздовж ділянки проходить вулиця Галенка, яка забезпечує зручний транспортний та пішохідний доступ до об'єкта.

Запроєктований офісний центр призначений для розміщення адміністративно-управлінських підрозділів різних компаній, діяльність яких не пов'язана з інтенсивним прийомом відвідувачів. До таких організацій належать оператори кол-центрів, підприємства у сфері інформаційних технологій, логістичні компанії, дистриб'юторські структури, а також представники роздрібних мереж. Функціонально-планувальна структура будівлі орієнтована на забезпечення комфортних умов праці персоналу та раціональну організацію робочих процесів.

Для безпечної експлуатації будівлі передбачено два евакуаційні сходові марші, призначені для персоналу та відвідувачів офісів. Вертикальне транспортне сполучення між поверхами забезпечується трьома пасажирськими ліфтами, які мають зручні та достатньо просторі ліфтові холи. З метою створення належних умов для ділового спілкування у будівлі запроєктовано переговорні кімнати практично на всіх поверхах, за винятком першого. Окремо передбачено облаштування конференц-залу на п'ятому поверсі, що дозволяє проводити наради, презентації та корпоративні заходи.

Для організації харчування працівників у складі громадських приміщень першого поверху запроєктовано кафе формату самообслуговування, розраховане на щоденне користування співробітниками офісного центру. За сукупністю архітектурно-планувальних, інженерних та експлуатаційних характеристик проєктовану будівлю доцільно віднести до офісних центрів класу В. Запропоновані рішення повністю відповідають основним вимогам і критеріям, що застосовуються для даної категорії бізнес-центрів.

Магістерський проєкт розроблено для будівництва в районі з наступними характеристиками природних умов:

- I - будівельно - кліматична зона по зміні №1 до «ДБН В 2.6-31: 2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [13];

- 4 район по вазі снігового покриву по «ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування» [5];

- 3 район по швидкісному напорі вітру по «ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування» [5].

- сейсмічність по «ДБН В.1.1-12:2014 Будівництво в сейсмічних районах України» [4] - 6 балів;

- розрахункова зимова температура зовнішнього повітря -20°C ;

- клас відповідальності будинку – II;

- глибина промерзання ґрунту – 0,9 м.

Розташування будинку виконано з врахуванням допустимої і оптимальної орієнтації приміщень, проємів, що не порушує вимог згідно «ДБН Б.2.2-12:2019 Планування та забудова територій» [9] та «ДБН В.2.2-15:2019 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення» [10].

Побудова рози вітрів проводиться по величині повторюваності напряму вітру за найхолодніший та найтепліший місяць року (січень та липень) згідно «ДБН В 2.6-31: 2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [13].

Біля ділянки, з боку проходить газопровід, водопровід, підземні кабелі зв'язку, а також повітряна лінія електропередачі. Перенесення інженерних мереж і комунікацій, а також підключення до них проєктного будинку, необхідно виконувати згідно із погодженими технічними умовами служб міста.

Розділ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

1.1. Об'ємно-планувальне рішення

В магістерській роботі розроблено офісний центр в м. Київ із підземною парковкою із застосуванням композитних матеріалів.

Проектований комплекс складається з двох функціонально пов'язаних частин, а саме офісного блоку та підземного гаража-стоянки. Офісна частина будівлі розміщена в координаційних осях 1-6 і А-Е та сформована у вигляді дев'ятиповерхового об'єму з розмірами в плані $26,4 \times 33$ м. Висотна відмітка найвищої точки будівлі становить $+38,85$ м, що визначає її загальні просторові параметри. Підземна стоянка для автотранспорту запроєктована в межах осей 1-7 і Ж-Е та функціонально обслуговує офісний центр.

Планувальні рішення першого поверху, розташованого на відмітці $\pm 0,000$, передбачають розміщення основних громадських і допоміжних приміщень. До їх складу входить вхідна зона з вестибюлем, гардеробом, постом охорони та сходово-ліфтовим вузлом. Також на цьому рівні запроєктовано кафе з обіднім залом на 80 місць, виробничими приміщеннями кухні та допоміжними зонами, а також електрощитову і вентиляційну шахту. Таке функціональне зонування забезпечує зручність користування будівлею для персоналу й відвідувачів.

Приміщення другого – дев'ятого поверхів повністю відведені під офісні функції. На кожному поверсі передбачено по дві окремі переговорні кімнати, а на п'ятому рівні розміщено конференц-зал для проведення нарад і ділових заходів. Висота поверхів – $3,9$ м, що відповідає вимогам до адміністративних будівель. Вертикальне сполучення між рівнями здійснюється за допомогою ліфтів, один з яких розрахований на використання пожежно-рятувальними підрозділами.

Планування і набір приміщень необхідне для створення комфортних умов проживання жителів будинку. Воно підпорядковане функціональним процесам, а також для максимальної зручності. Усі розроблені планувальні рішення

будинку виконані з використанням положень «ДБН Б.2.2-12:2019 Планування та забудова територій» [9] та «ДБН В.2.2-15:2019 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення» [10].

Безпечна евакуація людей з офісної частини забезпечується двома сходовими клітками першого типу, які виконані як незадимлювані. Одна зі сходових кліток має тип Н1 з безпосереднім виходом назовні, друга – типу Н2 з виходом через вестибюль. Таке рішення відповідає вимогам пожежної безпеки для багатоповерхових адміністративних будівель.

Підземний гараж-стоянка запроєктований як окрема функціональна зона комплексу з габаритами в осях $39,6 \times 86,22$ м та висотою поверху 2,9 м. Евакуація людей із приміщень стоянки здійснюється безпосередньо назовні з використанням однієї з трьох сходів. В'їзд і виїзд автотранспорту організовано за допомогою відкритого двоколісного пандуса, що забезпечує зручність руху та безпечну експлуатацію.

Оскільки гараж-стоянка призначена виключно для обслуговування офісної частини будівлі, між цими зонами передбачено внутрішній зв'язок на відмітці – 3,900 через тамбур-шлюз. Крім того, у складі офісного центру запроєктовано підвальний поверх технічного призначення, розташований на відмітці –3,700. Евакуація з підвального рівня здійснюється трьома розосередженими сходами з виходом безпосередньо назовні.

Приміщення підземної стоянки прийняті неопалюваними, що відповідає її функціональному призначенню.

Будівля належить до класу відповідальності І, при цьому ступінь вогнестійкості висотної частини прийнято І, а низької частини – ІІ.

Клас конструктивної пожежної небезпеки визначений як С-І, а пожежна небезпека будівельних конструкцій відповідає показнику К0.

Проектом передбачено влаштування закритої службової автостоянки, розрахованої на 73 машино-місця, яка призначена для зберігання особистих транспортних засобів працівників офісного центру. Приміщення стоянки розміщене в координаційних осях 1-7 і Ж-Е, має планові розміри $54,0 \times 18,6$ м та

загальну площу 2927 м². Запроектована стоянка функціонально пов'язана з будівлею офісного комплексу.

Заїзд автомобілів здійснюється по відкритому двоколійному пандусу, безпосередньо перед яким передбачено контрольно-пропускний пункт. У приміщенні стоянки запроєктовано чотири евакуаційні сходи, а також передбачено внутрішній вихід на перший поверх офісного центру.

Планувальна схема підземної стоянки включає зону розміщення автомобілів та окремі приміщення технічного призначення. У зоні зберігання транспортних засобів паркомісця не мають індивідуального відокремлення, а спосіб розміщення автомобілів прийнято маневрний. Габаритні розміри одного машино-місця становлять 6,6 × 3,3 м, що відповідає нормативним вимогам.

Уздовж стін у місцях паркування передбачені колесовідбійні елементи для захисту огорожувальних конструкцій. Рух автомобілів у межах стоянки організовано по внутрішніх проїздах, при цьому мінімальна ширина проїзної частини у найбільш звуженому місці становить 6,6 м. Прийняті параметри паркомісць і внутрішніх проїздів забезпечують можливість безпечного розміщення та маневрування легкових автомобілів.

За вибухопожежною та пожежною небезпекою будівля автостоянки віднесена до категорії В. Із кожного приміщення зберігання автомобілів передбачені евакуаційні виходи безпосередньо назовні, при цьому відстань між суміжними виходами становить 40 м.

Усі транспортні засоби, що прибувають на автостоянку, проходять через КПП, де здійснюється фіксація факту заїзду автомобіля в журналі обліку, який ведеться службою охорони. Після реєстрації автомобіль направляється до закріпленого за ним машино-місця. При виїзді з автостоянки проводиться відповідна реєстрація факту вибуття транспортного засобу.

Для контролю руху автомобілів під час заїзду та виїзду у приміщенні контрольно-пропускного пункту передбачені оглядові скляні елементи. Прибирання підлог стоянки запроєктоване, як сухе механізоване із застосуванням спеціалізованих прибиральних машин.

1.2. Архітектурно-конструктивне рішення

Система конструкцій офісного центру в м. Київ із підземною парковкою із застосуванням композитних матеріалів для проектування конструкцій складається з об'єднаного комплексу вертикальних та горизонтальних елементів, які забезпечують загальну міцність, жорсткість і стійкість споруди. Горизонтальні елементи включають перекриття та покриття, що сприймають як вертикальні, так і горизонтальні навантаження та інші дії. Після цього впливи передаються на вертикальні несучі конструкції поверхами, а вони, у свою чергу, спрямовують навантаження на ґрунт через фундаменти.

Конструктивне рішення офісного центру - це багатоповерхова будівля з монолітним балковим перекриттям. Просторовий каркас виконаний за рамною схемою в обох напрямках. Між осями Р і П підземного гаража влаштований деформаційний шов, а між осями Ж і Е офісний центр відділений усадковим швом від гаража.

Внутрішні опори представлені колонами перерізом 400×400 мм. Сітка колон прийнята $6,6 \times 6,6$ м.

Фундаменти – монолітні залізобетонні стовпчасті під кожену колонну, висотою 2,6 м та розміром подошви 2×2 м. Поверхні фундаментів, що контактують з ґрунтом, двічі покриваються гарячим бітумом по холодній ґрунтовці.

Зовнішні стіни виконані зі шлакоблоків товщиною 200 мм.

Перекриття – монолітна залізобетонна плита товщиною 80 мм з балочними плитами. Головні балки мають перетин 700×300 мм, другорядні – 500×250 мм. Крок головних балок – 6,6 м, другорядних – 2,2 м, відповідно до сітки колон $6,6 \times 6,6$ м.

Перегородки в приміщеннях передбачені двох видів: гіпсокартонні панелі «KNAUF» на металевому каркасі та цегляні завтовшки 120 мм.

Плоска рулонна покрівля з організованим зовнішнім водовідводом.

Підлоги офісних зон покриті керамічною плиткою «Ceramika Gres» на клейовому розчині «Cerosit» по бетонній основі. Для допоміжних приміщень застосований мозаїчний бетон типу «тераццо». У санвузлах і душових –

керамічна плитка. Кабінети оснащені лінолеумом із полівінілхлоридної основи на теплозвукоізоляційній підкладці по цементно-піщаному стягуванню.

Сходові майданчики виконані з монолітного залізобетону.

Зовнішні двері – металопластикові фірми «КОНКОРД» з профілю «REHAU». Вікна металопластикові того ж виробника і профілю.

Перемички – збірні залізобетонні.

Зовнішні стіни офісної частини споруди виготовлені з легкобетонних блоків щільністю $\gamma = 600 \text{ кг/м}^3$. Внутрішній утеплювальний шар виконано з мінераловатних плит «Rockwool» товщиною 150 мм, а зовнішнє облицювання представлено навісними касетними панелями з алюмінієвого композиту або профільним листом.

Віконні блоки, вітражі, входні двері та тамбури мають металопластикову конструкцію з подвійними склопакетами.

1.3. Інженерні мережі

Водопостачання та опалення

Джерелом водопостачання для офісного центру в м. Київ із підземною парковкою із застосуванням композитних матеріалів для проєктування конструкцій є існуючий магістральний водопровід по вул. Проектна. Вода подається до санвузлів, душових, офісів, кухонь, кафе та інших службових приміщень. Прокладання магістралей здійснено у підземних каналах за кільцевою схемою з нижньою розводкою. Для центра передбачено два водяних вводи діаметром 200 мм від зовнішнього водопроводу. Трубопроводи виконані з чавуну, діаметр 200 мм. Витрату води контролюють водоміри. У вузлі встановлено турбінний водомір ВТ-80, перед та після якого змонтовані запірні вентилі або засувки.

Система водопостачання і водовідведення монтується з дотриманням вимог «ДБН В.2.5-64–2012 Внутрішній водопровід і водовідведення» [12].

Варто зазначити, що запроєктовано опалення й гаряче водопостачання з індивідуальних водонагрівальних систем.

Каналізація

Прокладається каналізаційна мережа з чавунних труб діаметром 100 мм на глибині 1,3 м. Відведення здійснюється в міську систему довжиною 250 м. На поворотах передбачені оглядові колодязі для контролю стану мережі. Усередині передбачені прочищувальні пристрої, а витяжні стояки виводяться на 0,5 м вище покрівлі. Для відведення дощових вод використовується спланована поверхня з твердим мощенням до водовідвідного лотка та підключенням до існуючої ливневої каналізації по вул. Проєктна.

Вентиляція

Система вентиляції центру комбінована: приточно-витяжна з природною та механічною циркуляцією. Природна витяжка організована через верхні фрамуги вікон. Механічні вентилятори – радіальні осьові. Для кондиціонування запроєктовано автономні кондиціонери з вентиляційним стояком діаметром 70 мм, що піднімається на 0,5 м над покрівлею.

Електропостачання

Електроживлення забезпечується від міської мережі через комірку КСО-366 ВН. На території змонтовано тупикову комплектну трансформаторну підстанцію КТПМ – 72М-160 потужністю 160 кВт і вагою 1,34 т із трансформатором ТМ-160/6/10. Від підстанції електроенергія подається на внутрішні системи та зовнішнє освітлення території. Живлення здійснюється від високовольтної ЛЕП, що проходить по вул. Проєктна.

Пожежна сигналізація

Проєкт передбачає автоматичну пожежну сигналізацію (АПС) для забезпечення вибухо-пожежної безпеки. Використано ППКОП “ST 716С” з акумулятором і вбудованим блоком живлення. Для сигналу тривоги монтуються виносні акустичні сповіщувачі. Кабелі прокладаються відкрито, а сигнали з приймально-контрольного пристрою передаються на пульт централізованого нагляду через об’єктовий контролер-передавач NR-SAT. Система внутрішнього пожежегасіння передбачає два струмені води. Пожежні стояки з кранами розташовані при входах, а перед ними встановлені засувки.

1.4. Теплотехнічний розрахунок

Розрахунок теплотехнічних показників огорожувальних елементів є основним етапом при проектуванні ефективної системи опалення будівлі. Він дозволяє визначити мінімальні потреби об'єкта у тепловій енергії та розрахувати витрати тепла для кожного приміщення окремо. На основі цього розрахунку визначають річне та добове споживання палива.

У даному розділі проведено теплотехнічний розрахунок стінової конструкції офісного центру в м. Київ із підземною парковкою відповідно до вимог нормативного документа «ДБН В.2.6-31-2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [13]. При цьому, відповідно до «ДСТУ Н Б.В.1-27-2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія» [20], необхідна кліматична зона визначається за картою.

Сьогодні однією з найактуальніших задач є впровадження енергозберігаючих технологій, особливо при новому будівництві. Одним із ефективних способів зниження теплових втрат є утеплення огорожувальних конструкцій. У проекті теплотехнічний розрахунок виконується для визначення оптимальної товщини утеплювача під час проектування стіни будівлі.

Початкові дані для розрахунку теплового режиму:

Будівельний об'єкт розташований у м. Київ.

Середня зимова температура зовнішнього повітря становить $t_{ht} = -3,1^{\circ} \text{C}$.

Період із середньодобовою температурою нижче 8°C триває $z_{ht} = 230$ діб.

Розрахункова температура зовнішнього повітря визначена як середня температура найхолоднішої п'ятиденки із забезпеченістю 0,92 і становить $t_{ext} = -26^{\circ} \text{C}$.

Розрахункова внутрішня температура $t_{int} = 20^{\circ} \text{C}$.

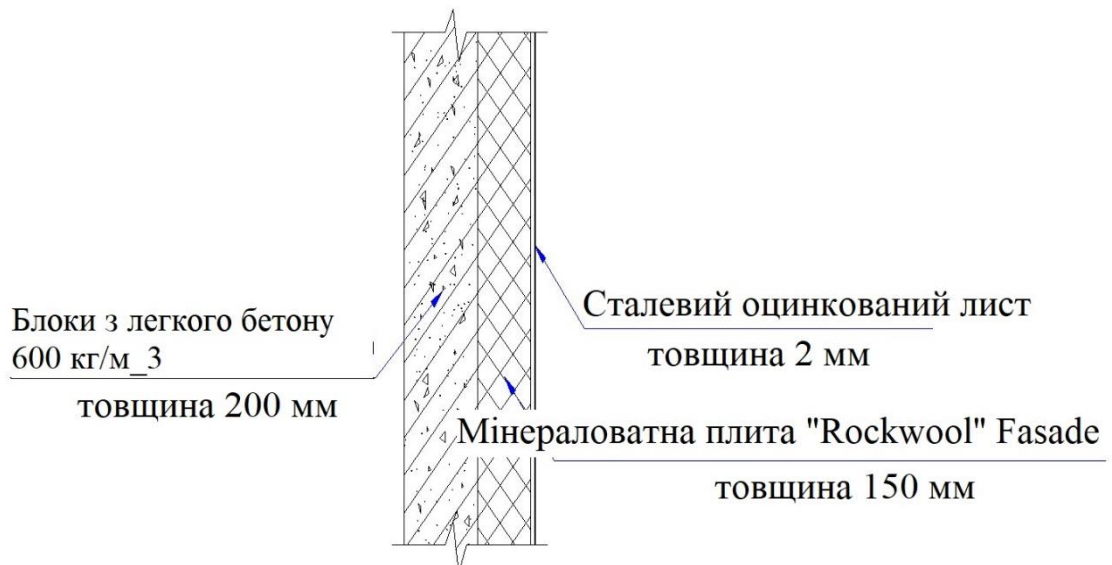


Рисунок 1.1 – Конструкція зовнішньої стіни

Товщини шарів стіни:

$\delta_1 = 200 \text{ мм}$ – я / бетонні блоки.

$\delta_2 = 150 \text{ мм}$ – мінераловатна плита «Rockwool» FASADE BATTS;

$\delta_3 = 2 \text{ мм}$ – сталевий оцинкований лист.

Коефіцієнти теплопровідності:

$\lambda_1 = 0,22 \text{ Вт/(м}\cdot\text{С)}$ – я / бетонні блоки

$\lambda_2 = 0,048 \text{ Вт/(м}\cdot\text{С)}$ – мінераловатна плита «Rockwool»

$\lambda_3 = 58 \text{ Вт/(м}\cdot\text{С)}$ – сталевий оцинкований лист.

Градусо-добу опалювального періоду (D_d) визначаємо за формулою:

$$D_d = (t_{\text{int}} - t_{\text{ht}}) \cdot z_{\text{ht}} = (20 + 3,1) \cdot 230 = 5313 \text{ }^\circ\text{С}\cdot\text{дїб.}$$

Нормативний температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, приймаємо $\Delta t_n = 4,5^\circ\text{С}$.

Коефіцієнт, що приймається в залежності від положення зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій по відношенню до зовнішнього повітря: $n = 1$.

Коефіцієнт теплопередачі внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій – $\alpha_{\text{int}} = 8,7 \text{ Вт/м}^2\text{ }^\circ\text{С}$.

Необхідний опір теплопередачі огорожувальних конструкцій визначаємо за формулою:

$$R_{req} = \frac{n(t_{int} - t_{ext})}{\Delta t_n \cdot \alpha_{int}} = \frac{1 \cdot (20 + 26)}{4,5 \cdot 8,7} = 1,175 \frac{M^2 \cdot ^\circ C}{Bm}$$

отже приймаємо $R_{req} = 2,79 \frac{M^2 \cdot ^\circ C}{Bm}$

Опір теплопередачі R_o , $M^2 \cdot ^\circ C / Bm$ обгородж. конструкції визначають за формулою:

$$R_o := \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum R_i + \frac{1}{\alpha_{ext}}$$

$$R_o := \frac{1}{8,7} + \frac{1}{23} + \frac{0,02}{58} + \frac{0,15}{0,048} + \frac{0,2}{0,22}$$

$$R_o = 4,193 \hat{\Delta} \hat{\Delta} 2 \hat{\Delta} \hat{\Delta}$$

$$\alpha_{ext} = 23 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ \text{C}.$$

Перевірка огорожувальних конструкцій на опір теплопередачі:

– З санітарно-гігієнічних і комфортних умов:

$$R_o = 4,19 \frac{M^2 \cdot ^\circ C}{Bm}.$$

Конструктивне рішення зовнішніх стін забезпечує виконання санітарно-гігієнічних вимог для житлових будівель.

1.5. Техніко-економічні показники проєкту

Згідно «ДБН В.2.2-9-2018 Громадські будинки та споруди. Основні положення» [8] визначаємо фактичні значення необхідних ТЕП (техніко-економічних показників) для генерального плану будівельного об'єкту – «Офісного центру в м. Київ із підземною парковкою» – табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Техніко-економічні показники

Показники	Од. вим.	Кількість
Площа ділянки в межах: проєкту	Га	2,32
Площа забудови	м ²	4388
Відсоток забудови	%	18,9
Площа озеленення	м ²	1340
Відсоток озеленення	%	5,78
Площа покриттів Проїзд з твердим покриттям, в тому числі покриття під автостоянкою -Плиткові покриття	м ²	5975,7
	м ²	2814,5
	м ²	997,8
	м ²	3161,2

Техніко-економічні показники:

$S_{\text{забуд.}} = 4388 \text{ м}^2$.

$S_{\text{заг.}} = 9972,85 \text{ м}^2$.

$V_{\text{буд. надз. частина}} = 41040 \text{ м}^3$.

$V_{\text{буд. підз. частина}} = 17552 \text{ м}^3$.

Корисна площа загальна = 14809,4 м², з них:

- офісний центр – 11033,7 м²;
- гараж-стоянка – 2927,1 м²;
- підвал техніч. прим. – 678,5 м².

Розділ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

2.1. Розрахунок елементів монолітного перекриття з балочними плитами

2.1.1. Вихідні дані

Необхідно спроектувати конструктивні елементи монолітного міжповерхового перекриття офісного центру в м. Київ із підземною парковкою. Воно складається з плити, що працює інтенсивно в короткому напрямку, а також головних і другорядних балок.

Двоповерхова будівля має планові розміри 42×42 м. Відстань між осями в обох напрямках становить 6 м. Нормативне корисне навантаження на перекриття приймається 10 кПа. Коефіцієнт надійності визначений за призначенням конструкції. Температурні умови стандартні, вологість повітря перевищує 40%.

2.1.2 Компоновка конструктивної схеми перекриття

Головні балки проектуємо вздовж будови, другорядні – перпендикулярно з кроком 2 м.

Попередньо задаємося розмірами перерізів балок:

- головної $h = (1/8 \dots 1/15)l = (1/8 \dots 1/15) \cdot 6000 = 750 \dots 400$ мм – приймаємо $h = 600$ мм; $b = (0,4 \dots 0,5)h = (0,4 \dots 0,5) \cdot 600 = 240 \dots 300$ мм – приймаємо $b = 250$ мм.

- другорядної $h = (1/12 \dots 1/20) \cdot l = (1/12 \dots 1/20) \cdot 6000 = 500 \dots 300$ мм – приймаємо $h = 400$ мм; $b = (0,4 \dots 0,5)h = (0,4 \dots 0,5) \cdot 400 = 160 \dots 200$ мм – приймаємо $b = 200$ мм

Товщина плити приймається рівною 80 мм.

2.1.3. Розрахунок плити

За розрахункове значення першого та середнього прольотів приймаємо відстань між гранями другорядних балок (рис. 1):

$$l_{01} = 2 - 0,2/2 - 0,2/2 = 1,8\text{м};$$

В поздовжньому напрямку: $l_0 = 5,75\text{м}$.

Відношення прольотів $5,75/1,8 = 3,19 > 2$, отже плита працює за балочною.

Розрахункові навантаження

Підрахунок навантажень на 1 м^2 перекриття наведений у таблиці 2.1.

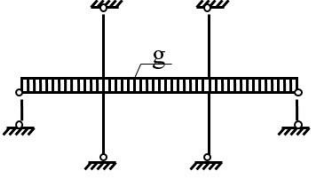
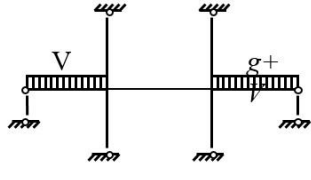
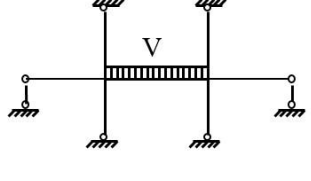
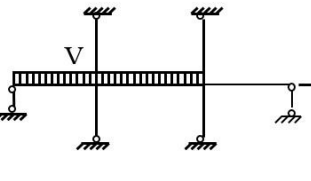
Таблиця 2.1 – Визначення навантаження на 1 м^2 перекриття

Вид навантаження та підрахунок при середній щільності	Нормативне значення, Па	Коефіцієнт надійності з навантаження,	Розрахункове значення, Па
<i>Постійне:</i>			
- керамічна плитка t=12 мм			
0,012·1500·10	180	1,1	198
- цементний розчин t=20 мм			
0,02·1800·10	360	1,3	468
- плита t=80 мм			
0,08·2500·10	2000	1,1	2200
Разом			2866
<i>Тимчасове:</i>	10000	1,2	12000

Визначаються опорні моменти ригеля під дією постійного навантаження та різних варіантів тимчасового навантаження. На основі отриманих результатів формуються найбільш критичні комбінації постійного й тимчасового навантажень для розрахунку опорних і прольотних моментів.

Результати проведених розрахунків подано у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Опорні моменти ригеля
при різних схемах навантаження, комбінації моментів

№ схем	Схеми навантаження	Опорні моменти, кН·м		
		M_{A1}	M_{B1}	M_{B2}, M_{B2}
1		$-0,077 \cdot 2,86 \cdot 1,8^2 = -0,67$	$-0,09 \cdot 2,86 \cdot 1,8^2 = -0,83$	$-0,083 \cdot 2,86 \cdot 1,8^2 = -0,77$
2		$-0,077 \cdot 12 \cdot 1,8^2 = -3$	$-0,079 \cdot 12 \cdot 1,8^2 = -3,07$	$-0,006 \cdot 12 \cdot 1,8^2 = -0,23$
3		$0,005 \cdot 12 \cdot 1,8^2 = 0,19$	$-0,011 \cdot 12 \cdot 1,8^2 = -0,43$	$-0,077 \cdot 12 \cdot 1,8^2 = -3$
4		$-0,071 \cdot 12 \cdot 1,8^2 = -0,76$	$-0,092 \cdot 12 \cdot 1,8^2 = -3,58$	$-0,088 \cdot 12 \cdot 1,8^2 = -3,4$
Найбільш несприятливі комбінації для розрахунку опорних моментів		1+2	1+4	1+4
		-3,67	-4,41	-4,17
Найбільш несприятливі комбінації для розрахунку прольотних моментів		1+3	1+3	1+2
		-0,48	-1,26	-1

Алгоритм розрахунку представлено в Додаток А.

2.2. Розрахунок фундаменту

2.1.2. Вихідні дані для проектування фундаменту

При розробленні проєкту офісного центру в м. Київ із підземною парковкою із застосуванням композитних матеріалів для проектування конструкцій встановлено наступні вихідні дані для проектування фундаменту:

Рівень підземних вод: 8,7 м.

Переріз колони: 0,4х0,4 м.

Навантаження, що прикладається на фундамент: $N = 29075$ кН.

2.2.2. Визначення глибини закладання фундаменту

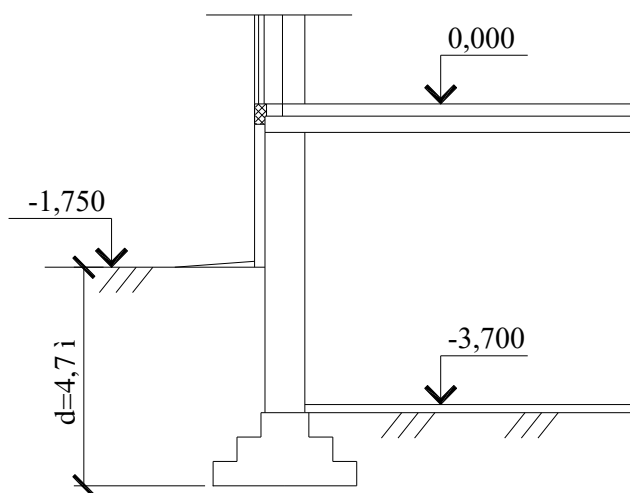


Рисунок 2.1 – Визначення глибини закладання фундаменту

Для основи фундаменту обираємо жовто-бурий суглинок (шар 3, рис. 2.2). Визначено глибину закладання фундаменту з урахуванням кількох факторів.

Серед них: інженерно-геологічні умови, які передбачають, що мінімальна глибина повинна забезпечувати прорізання небудівельних ґрунтів і занурення фундаменту у несучий шар щонайменше на 0,3 м. Також враховуються гідрогеологічні умови будівельного майданчика та глибина сезонного промерзання ґрунту для м. Києва $d_f = 0,9$ м.

Таблиця 2.1 – Потужність шарів та фізико-механічні характеристики ґрунтів інженерно-геологічного розрізу

Назва ґрунту	ρ_d , т/м ³	γ , кН/ м ³	γ_d , кН/ м ³	γ_s , кН/ м ³	n	e	S_r	I_p	I_L	E_o , МПа	γ_{sw} , кН/ м ³	C_n , кПа	ϕ_n^o , град	R_0 , кПа
1. Рослинний шар: (h=0,35м)	-	16,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2. Супісок сіривато-бурий, лесовидний, гумусований, твердий (h=4,4м)	1,900	20,01	18,20	26,3	0,450	0,624	0,402	0,04	-1,5	9,600	-	15	25	180
3. Суглинок жовто-бурий, лесовидний, карбонатний, твердий (h=4,5м)	1,907	20,5	18,71	26,3	0,288	0,405	0,497	0,09	-0,5	22,500	11,601	32	28	400
5. Суглинок темно-бурий, карбонатний, тугопластичний (h≥9м)	1,575	19,1865	15,49	26,3	0,487	0,649	0,565	0,15	0,333	25,420	10,3585	34	27	400

2.3. Визначення розмірів підшови фундаменту

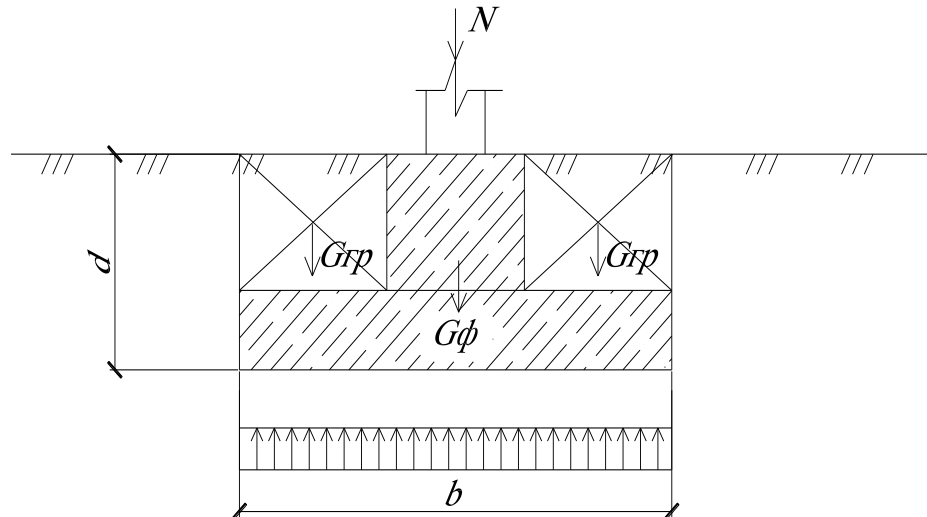


Рисунок 2.2 – Розміри підшови фундаменту

Алгоритм розрахунку розмірів підшови фундаменту представлено в Додаток Б1.

2.4. Розрахунок осідання фундаменту

Розрахунок осідання фундаменту представлено в Додаток Б.2.

Отримані дані представлено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Визначення осідання фундаменту

№ точок	h, м	z, м	$\zeta=2z/b$	α	Σ_{zg} , кПа	σ_{zp} , кПа	$\sigma_{zp,cp}$, кПа	E_0 кПа	S, м
1	0	0	0	1	99,4	721,4			
2	0,8	0,80	0,8	0,800	115,8	577,1	649,3	22500	0,0185
3	0,8	1,60	1,6	0,449	148,6	323,9	450,5	22500	0,0128
4	0,8	2,40	2,4	0,257	165,0	185,4	254,7	22500	0,0072
5	0,8	3,20	3,2	0,160	181,4	115,4	150,4	22500	0,0043
6	0,8	4,00	4	0,108	197,8	77,9	96,7	22500	0,0028
7	0,8	4,80	4,8	0,077	206,1	55,5	66,7	25420	0,0017
8	0,8	5,60	5,6	0,058	214,4	41,8	48,7	25420	0,0012

Загальне осідання основи фундаменту становить $S = 0,0485 \text{ м} = 4,85 \text{ см}$, а це не перевищує максимально допустимого значення $S_u=10 \text{ см}$ (згідно табл. Д.1 додатку Д ДБН В.2.1-10-2018).

Встановлені епюри природного і додаткового тисків подано на рис. 2.3.

Епюри природного і додаткового тисків

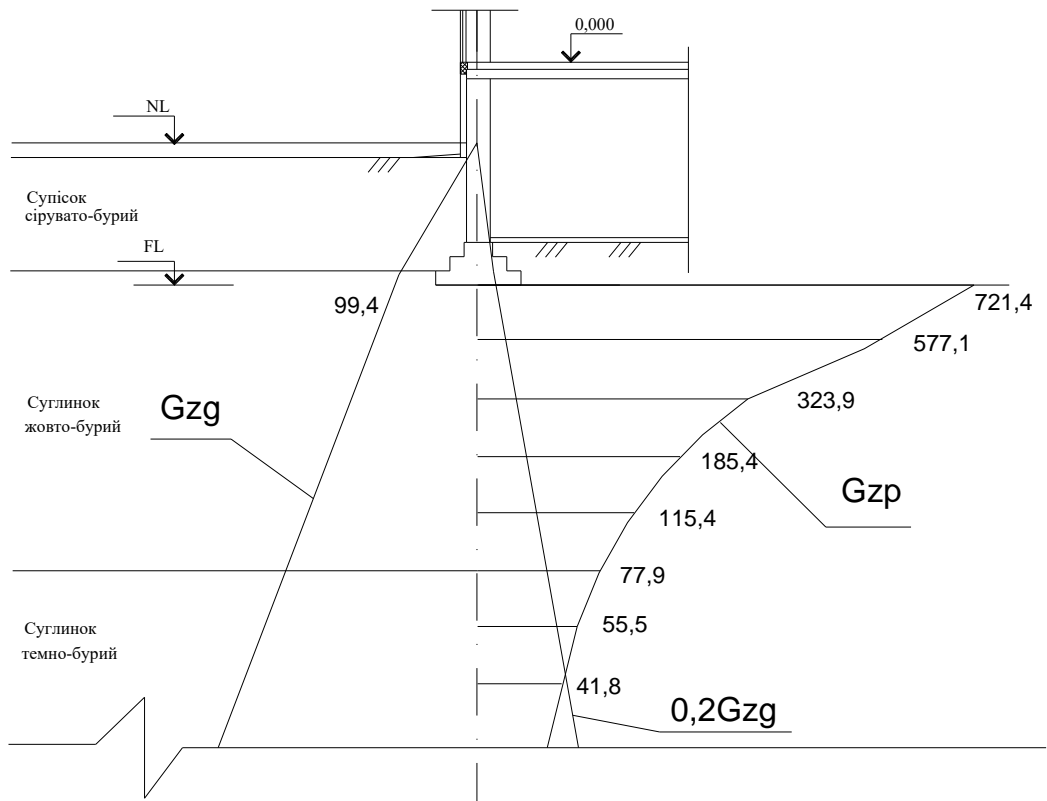


Рисунок 2.3 – Епюри природного і додаткового тисків

2.5 Визначення геометричних розмірів фундаменту

Розрахункове навантаження $N_1 = N_n \cdot 1,1 = 2907 \cdot 1,1 = 3198 \text{кН}$.

Переріз колони: 400x400 мм.

Приймаємо для фундаменту бетон класу С15/20.

$$R_b = 11,5 \text{МПа}$$

$$R_{bt} = 0,9 \text{МПа}$$

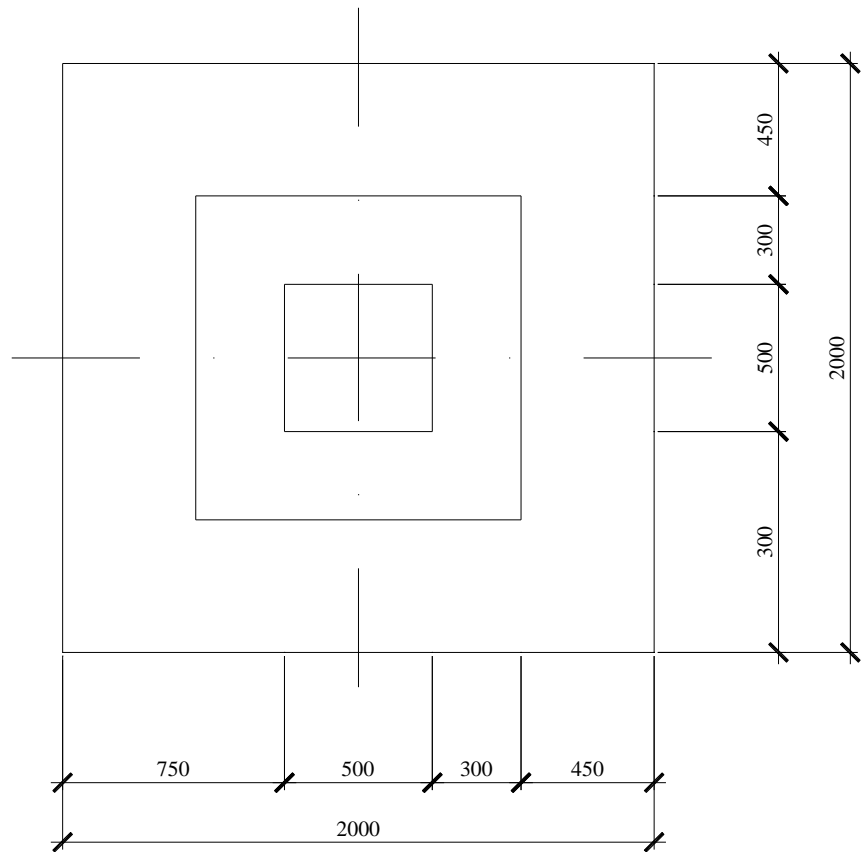
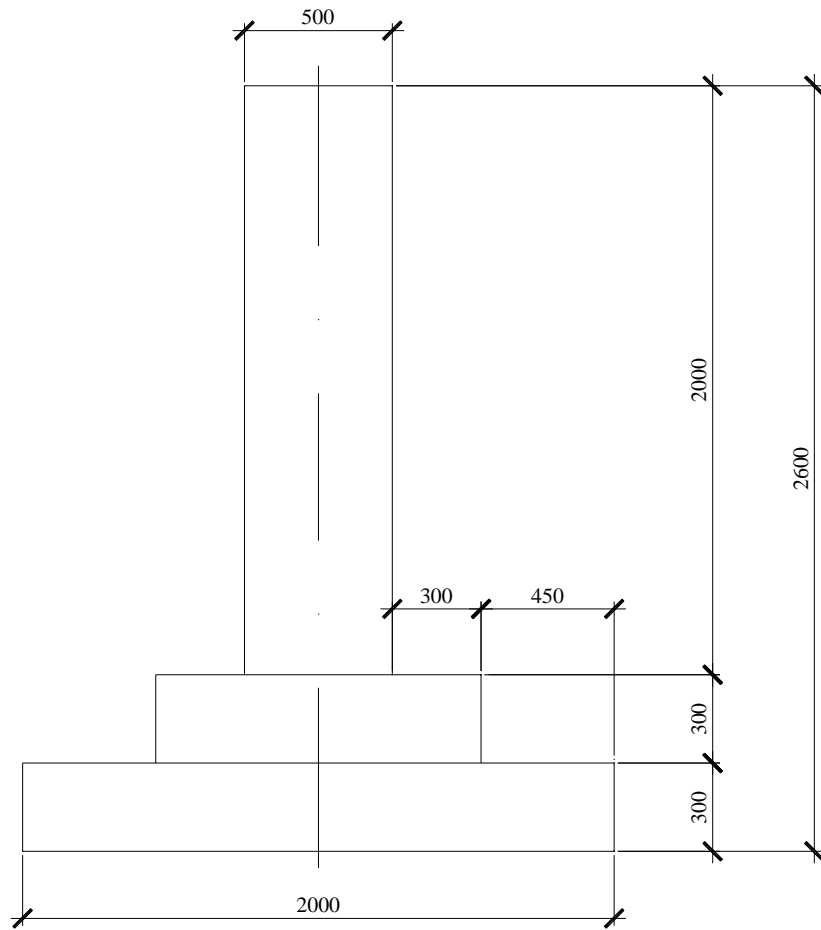
$$\gamma_{b2} = 0,9; \gamma_{b9} = 0,9; \gamma_{b3} = 0,85;$$

Арматура класу А400С, $R_s = 365 \text{МПа}$; $E_s = 2 \cdot 10^5 \text{МПа}$.

Висота фундаменту $h=2,6\text{м}$. Приймаємо розміри перерізу підколонника кратними 100 мм: $l_{ef} = b_{cf} = 500\text{мм}$.

Плитну частину приймаємо двоступінчатою, з виносом ступеней по сторонам $c_1=450\text{ мм}$ $c_2=300\text{ мм}$. Висота ступеней $h_1= h_2=300\text{ мм}$.

$$\text{Висота підколонника } h_{ef} = h - h_{cm} = 2600 - 300 - 300 = 2000\text{мм}.$$



Розділ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

3.1. Обчислення обсягів робіт

Під час будівництва офісного центру в м. Київ із підземною парковкою необхідно здійснити розрахунок обсягів виконання робіт. Щоб на основі отриманих даних розробити календарний план виконання будівельних робіт. Також передбачається складання локального кошторису на виконання загальнобудівельних робіт. Отримані розрахунки дозволяють обґрунтувати послідовність виконання робіт та визначити їх вартість.

При зведенні будівлі з монолітного бетону основними будівельними процесами є установка та демонтаж опалубки стін, перекриттів та інших конструктивних елементів. Опалубка забезпечує необхідну геометрію та проєктні розміри бетонних конструкцій. Важливим етапом є монтаж арматурних каркасів і сіток. Також виконується встановлення закладних деталей і випусків інженерних мереж. Подача бетонної суміші здійснюється за допомогою бетононасосів або кранів. Після укладання бетон обов'язково підлягає ущільненню механічними вібраторами. Ущільнення забезпечує зменшення пористості та підвищення міцності бетону. Значну роль відіграє догляд за бетоном у період тверднення. Він включає зволоження та захист поверхонь від висихання. Дотримання технологічної послідовності цих процесів забезпечує якість і надійність зведеної будівлі.

Розрахунок обсягів робіт проводимо в табличній формі – таблиця 3.1.

Таблиця 3.1 – Відомість обсягів робіт

№	Найменування робіт	Од. вимір.	Формула підрахунку	Обсяг робіт
1	Зрізання рослинного шару завтовшки 25 см	м 2		2600
2	Розробка котловану екскаватором	м 3		7135
3	Влаштування щебеневої підготовки під фундам-ти	м3	$2 \cdot 2 \cdot 0,15 \cdot 29$	17,4
4	Пристрій бетонної підготовки	м3	$2 \cdot 2 \cdot 0,1 \cdot 29$	11,6
5	Пристрій горизонтальної гідроізоляції	м2	$2 \cdot 2 \cdot 29$	116
6	Установка каркасів і сіток фундаментів	т	$128,85 \cdot 29/1000$	3,74
7; 9	Монтаж / демонтаж опалубки для фундам-тів	м2	$(2 \cdot 0,3 + 1,1 \cdot 0,3) \cdot 4 \cdot 29$	108
8	Влаштування монолітних фундаментів	м3	$1,84 \cdot 29$	53,4
10	Гідроізоляція фундаментів	м2	$((2 \cdot 2 - 0,4 \cdot 0,4) + (0,3 \cdot 2 + 0,3 \cdot 1,1 + 2 \cdot 0,5) \cdot 4) \cdot 29$	335,3
11	Монтаж фундам. балок	шт.		19
12	Зворотне засипання котловану з пошаровим ущільненням	м3	$7135 \cdot 0,25$	1784
13	Встановлення каркасів колон	т	$3,54 \cdot 29$	102,7
14; 16	Монтаж / демонтаж опалубки для колон	м2	$0,4 \cdot 40 \cdot 4 \cdot 29$	1 856
15	Бетонування колон	м 3	$0,4 \cdot 0,4 \cdot 40 \cdot 29$	185,6
17	Встановлення каркасів конструкцій перекриття	т		5,533
18; 19	Монтаж / демонтаж опалубки конструкцій перекриття	м2		1307
20	Бетонування конструкцій перекриття	м 3		176,5
21	Встановлення каркасів сходових маршів, майданчиків і ліфтових шахт	т	$0,03 \cdot 38 + 2,352 \cdot 2 + 0,1305 \cdot 18$	8,2
22; 24	Монтаж / демонтаж опалубки для сходів, сходових майданчиків	м2	$7,5 \text{ м}^2 \cdot 38 + 398 \text{ м}^2 \cdot 2 + 8 \text{ м}^2 \cdot 18$	1 225

	і ліфтових шахт			
23	Бетонування сходових маршів, майданчиків і ліфтових шахт	м3	$0,54\text{м}^3 \cdot 38 + 80\text{м}^3 \cdot 2 + 0,76\text{м}^3 \cdot 18$	194,2
25	Кладка шлакоблоку зовнішніх стін	м 3	$[(33,8 \cdot 2 + 27,2 \cdot 2) \cdot 39,1\text{м} \cdot 0,2] \cdot 60\%$	572
26	Улаштування комбінованого покриття	м2	$33,8 \cdot 27,2$	920
27	Улаштування фасадів	м 2	$[(33,8 \cdot 2 + 27,2 \cdot 2) \cdot 37,1] \cdot 60\%$	2716
28	Установка вікон і дверей	м 2	$[(33,8 \cdot 2 + 27,2 \cdot 2) \cdot 37,1] \cdot 40\%$	1810
29	Сантехнічні роботи	люд. / год.	$40960,5 \cdot 0,05$	2048
30	Електромонтажні роботи	люд. / год.	$40960,5 \cdot 0,05$	2048
31	Влаштування бетонної підготовки під підлоги	м3	$[26 \cdot 32,6] \cdot 0,1$	85
32	Гідроізоляція по підготовці	м 2	$26 \cdot 32,6$	848
33	Утеплення підлоги	м 2	$26 \cdot 32,6$	848
34	Влаштування бетонної підлоги	м3	$[26 \cdot 32,6] \cdot 0,1$	848
35	Монтаж перегородок	м 2		6735
36	Влаштування прорізів	шт.		212
37	Влаштування підвісної стелі	м 2		6542
38	Встановлення внутр. дверей і вікон	м2		1347
39	Влаштування чистої підлоги	м 2	$[26 \cdot 32,6] \cdot 9 \cdot 90\%$	6866
40	Монтаж обладнання	люд. / год	$40960,5 \cdot 0,01$	409,6
41	Влаштування вимощення з бетону (товщ 15см, шир. 1,5м)	м 3	$[(33,8 + 1,5) \cdot 1,5 \cdot 2 + (27,2 + 1,5) \cdot 1,5 \cdot 2] \cdot 0,15$	29
42	Благоустрій території	люд. / год.	$40960,5 \cdot 0,03$	1229
43	Пуско-налагоджувальні роботи	люд. / год.		50
44	Здача об'єкту в експлуатацію	люд. / год.		15

Відомість потреби основних матеріалів, конструкцій і напівфабрикатів представлено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Відомість потреби основних матеріалів,
конструкцій і напівфабрикатів

№ п/п	Найменування робіт	Найменування матеріалів і ресурсів	Кількість матеріалів і ресурсів
1	Земляні роботи	Піщаний ґрунт	16800 м ³
2	Влаштування фундаменту	Каркаси з сітки бетон В25	105 т 906 м ³
3	Монолітні конструкції	Каркаси з сітки бетон С20/25	506,6 т 6622 м ³
4	Покрівля	Покриття двошарове Влашт. ізоляції покрівлі	685 м ² 1465,3 м ³
5	Сходові марші	Марш	96 шт
6	Перегородки цегляні	Цегла	107,0 м ³
10	Влаштування підлоги	Плитка керамічна	2934,0 м ²
11	Установка дверних блоків	Дверні блоки	2774 м ³
12	Заповнення віконних прорізів	Віконні блоки	1320 м ³
14	Внутрішні оздоблювальні роботи	Розчин ц/п Лакофарбові мат-ли	2248,8 м ³ 12 т
15	Зовнішні оздоблювальні роботи	Розчин ц / п Лакофарбові мат-ли	948,8 м ³ 7 т
16	Сміттепровід	Цилінд. Блоки	60 шт

Згідно табл. 3.2 процес будівництва розпочинається із масштабних земляних робіт, які передбачають переміщення 16 800 м³ піщаного ґрунту. Наступним важливим етапом є влаштування фундаменту, для якого заплановано використати 105 тон каркасів із сітки та 906 м³ класу С20/25.

Найбільш ресурсомісткою частиною проекту є монолітні конструкції, на які виділено понад 6600 м³ бетону С20/25 та понад 500 т арматурних каркасів. Для облаштування даху передбачено двошарове покриття площею 685 м² разом із значним обсягом ізоляції покрівлі. Вертикальне переміщення у майбутній будівлі забезпечуватимуть 96 сходових маршів. Внутрішнє планування просто-ру реалізується за допомогою цегляних перегородок загальним об'ємом 107 м³.

Таблиця 3.3 – Відомість трудомісткості і машиномісткості робіт

з/п	Найменування	Обсяг робіт		Норма часу		витрати праці		Склад ланки, к-ть люд
		од. вим.	к-сть	люд-год	маш-год	люд-дн	маш-зм	
1	Підготовка території	100 грн	18.2	404.8	81	49.4	9.88	Землекоп. – 5
2	Розробка мокрих ґрунтів одноковшевим екскаватором з навантаженням на автомобілі-самоскиди з зачисткою дна і стінок котловану вручну з викид. ґрунту	100м3	16,8	3,9	1,95	13,03	16,52	Землекоп 2 чол. Маш.4р
3	Влаштування монолітної плити фундаментів:							
	– монтаж-розбирання щитової опалубки	м2	170,0	0,51	-	10,84	-	Тесл. 4р,2р Арм-к 4р;3р
	– установка арматурних сіток і каркасів	т	104,0	3,9	-	50,7	-	Бетоняр 4р;2р
	– прийом бетонної суміші	м3	800	0,22	-	22,0	-	Бет. 2р
	– подача бетонної суміші	100м3	8,00	0,11	0,11	0,11	0,11	Маш 6р
4	Влаштув. монолітних стін підземної частини							
	– монтаж опалубки	м2	1040	0,24	0,06	31,2	7,8	Маш 6р Арм. 5р;2р
	– монтаж сіток і каркасів	т	50,0	15,0	-	93,75	-	Бет. 4р;2р
	– прийом бетонної суміші	м3	252,0	1,6	-	50,4	-	Бет.2р
	– подача бетонної суміші	м3	252,2	0,11	0,11	3,47	3,47	
5	Влаштув. гідроізоляції фундаментів гідроізолем в 2 шари на бітумній мастиці	100м2	7,10	3,0	1,5	2,66	1,33	Гідроіз. 3; 2 р.
6	Засипка бульдозером пазух котлованів з пошаровим трамбуванням пневмат. трамбовками і поливанням водою	10м3	70,0	0,97	0,97	8,49	8,49	Маш.4р
7	Улаштув. монолітних колон надземної частини							
	– монтаж опалубки	м2	22406	0,24	0,06	672,2	168,05	Маш 6р Арм.5р; 2р
	– монтаж сіток і каркасів	т	727,0	15,0	-	1363,1	-	Бет.4р; 2р
	– прийом бетонної суміші	м3	4069,8	1,6	-	813,96	-	Бет.2р
	– подача бетонної суміші	м3	4069,8	0,11	0,11	55,96	55,96	Бет.2р
8	Кладка окремих ділянок стін товщ. 200 мм з л / бетонних блоків	м3	100,0	3,9	-	48,75	-	Муляр 4р, 3р

9	Улаштув. монолітного з/б балкового перекриття							Тесл. 4р,2р
	• монтаж-розбирання опалубки	м2	18190	0,22	-	500,23	-	Арм-к. 4р,2р
	• влаштув. арм. сіток і каркасів	т	904	16,0	-	1 808	-	Бет. 4р,2р
	• прийом бетонної суміші	м3	3638	0,98	-	445,66	-	Бет.2р
	• подача бетонної суміші	м3	3638	0,11	0,11	50,02	50,02	Маш.6р
10	Улаштування пароізоляції утеплення зовнішніх стін	100м2	86,4	18,9	-	204,12	-	Ізол. 3р, 2р
		м3	1727,8	11,5	-	2483,7	-	
11	Укладання сходових маршів (без зварювання)	шт.	52,00	1,52	0,38	9,88	2,47	Монт. 4р, 3р, 2р
12	Перегородки армовані, товщиною в 1/2 цегли з (керамічного) цегли	100 м2	31,0	3,9	-	15,11	-	Муляр 4р,3р.
13	Оздobl. перекрит. з плиток керамічних на розчині силікатному кислототривкому	м2	1705	1,75	-	372,97	-	Облиц-к 4р, 3р.
16	Заповнення прорізів							Тесляр 4р, 2 ризиор.
	- дверних	шт	420	1,76	-	92,4	-	
	- віконних	шт	1957	1,6	-	391,4	-	
17	Внутрішні оздоблювальні роботи	100 м ²	280,14	10,5	-	367,68	-	Штукат. 4р-2, 3р-2, 2р, маляр4р
	- штукатурні роботи	100 м ²	138,82	5,3	-	91,97	-	
	- забарвлення							
18	Зовнішні оздоблювальні роботи	100 м2						Штукат. 4р-2, 3р-2, 2р, маляр4р облиц-к 4р3р
	- штукатурні роботи	100 м2	86,39	10,5	-	113,39	-	
	- забарвлення	м2	86,39	5,3	-	57,23	-	
	- керамічна плитка	100 м2	4,02	185	-	92,96	-	
19	Покриття покрівлі двошарове влаштув. ізоляції покрівлі	100 м ²	8,10	42,5	-	43,03	-	Ізол.3р 2р
			1,42	11,5		204,13		
20	Установка вентиляційних блоків	шт.	420	1,0	-	52,5	-	Монт. 4р; 2р
21	Установка труб водопроводу і каналізації	шт.	1460	1,5	-	273,75	-	Слюсар 4р; 2р
22	Монтаж обладнання		24,53	120р	40,8	25,55	5,11	5чол
23	Пусконаладжувальні роботи		18,5	120р	38,5	19,57	4,82	4чел
24	Електромонтажні роботи		27,75	40р	86,7	86,72	10,84	8 чол
25	Сантехнічні роботи		92,5	50р	232	232	28,91	8 чол
26	Введення комунікацій		12,45	45р	39,5	34,58	4,94	7 чол
27	Благоустрій		46,25	25р	370	231,3	46,25	5 чол
28	Невраховані роботи		138,75	25р	1110	693,8	138,8	5 чол
	РАЗОМ:					12211,4	553,7	

3.2. Методи і послідовність виконання робіт

До початку виконання бетонних робіт при будівництві офісного центру в м. Київ необхідно здійснити повний комплекс підготовчих будівельних заходів, що забезпечують безперервність, безпеку та якість бетонування. Насамперед на будівельному майданчику мають бути улаштовані тимчасові автомобільні дороги та під'їзні шляхи. Вони повинні забезпечувати безперешкодний доїзд будівельної техніки, зокрема автобетонозмішувачів, бетононасосів і кранів, безпосередньо в зону бетонування. Стан тимчасових доріг має відповідати вимогам щодо несучої здатності та безпеки руху.

Обов'язковою умовою є організація тимчасового електропостачання будівельного майданчика. Електроживлення необхідне для роботи механізмів, електроінструменту та обладнання. Також передбачають улаштування тимчасового освітлення території, особливо в місцях виконання бетонних робіт. Освітлення повинно забезпечувати достатню видимість у темний час доби та за несприятливих погодних умов.

До початку бетонування на об'єкт повинні бути доставлені та підготовлені всі необхідні механізми, інвентар і пристосування. До них належать бетононасоси, вібратори, ємності для бетонної суміші, інструмент для розрівнювання та догляду за бетоном. Усе обладнання перевіряється на справність і готовність до роботи. Також забезпечуються засоби малої механізації та допоміжні пристрої.

Ділянка, на якій виконується бетонування, підлягає попередньому плануванню та підготовці. Поверхня повинна бути вирівняна та мати проєктні відмітки. За необхідності виконуються підготовчі роботи з ущільнення основи. Це забезпечує правильне розташування конструкцій та рівномірне сприйняття навантажень.

Перед початком бетонування повинні бути встановлені арматурні каркаси, сітки та закладні деталі відповідно до робочих креслень. Монтаж арматури виконується з дотриманням проєктних відстаней і захисного шару бетону. Якість

виконаних арматурних робіт підлягає обов'язковому контролю. За результатами перевірки оформлюються акти на приховані роботи.

Також до початку бетонування має бути встановлена опалубка відповідно до проектних рішень. Опалубка повинна забезпечувати проектну форму, розміри та положення бетонних конструкцій. Вона перевіряється на міцність, жорсткість і стійкість. Прийняття опалубки здійснюється майстром або відповідальною особою з оформленням відповідної документації. Додатково встановлюються засоби підмащування та робочі настили для бетонувальників, що забезпечують безпечне виконання робіт.

3.3. Технологічна карта на зведення монолітних залізобетонних конструкцій

3.3.1. Область застосування

Технологічну карту розроблено для виконання робіт зі зведення монолітних залізобетонних елементів багатофункціонального торговельно-офісного комплексу. За основу прийнято типовий поверх будівлі. Документом передбачено виконання робіт з улаштування монолітних колон, стін та міжповерхов перекриття.

До переліку основних робіт належать: встановлення опалубних систем і риштування, монтаж арматурних каркасів і закладних елементів, укладання з подальшим ущільненням бетонної суміші в стіни, догляд за бетоном у процесі твердіння, а також демонтаж опалубки після досягнення необхідної міцності. Будівельно-монтажні роботи виконуються у дві зміни в умовах зимового періоду.

Контроль якості бетонних робіт здійснюється на всіх стадіях виробничого процесу, а саме: під час підготовки, у процесі бетонування (включаючи приготування, транспортування та укладання суміші), на етапі витримування бетону й розпалублення, а також під час приймання залізобетонних конструкцій або окремих частин споруди.

На підготовчому етапі передбачається перевірка відповідності матеріалів вимогам ДСТУ, оцінка готовності бетонозмішувального, транспортного й допоміжного обладнання, правильності вибору складу бетонної суміші та її рухливості згідно з проєктною документацією і умовами виконання робіт. Також враховуються результати випробувань контрольних зразків, отриманих під час підбору складу бетону. Підбір складу бетонної суміші виконується будівельною лабораторією з урахуванням вимог до приготування, перевезення та укладання.

Перед початком бетонування необхідно перевірити стан основ (грунтових або штучних), правильність монтажу опалубки, арматурних каркасів і закладних деталей. Робочі шви та бетонні поверхні мають бути очищені від цементної плівки без пошкодження конструкції, опалубка – від забруднень, а арматура – від слідів корозії. Внутрішні поверхні інвентарної опалубки покриваються спеціальними мастильними матеріалами, які не погіршують зовнішній вигляд і міцнісні характеристики конструкцій.

У процесі укладання бетонної суміші здійснюється контроль за станом риштування й опалубки, положенням арматури, якістю суміші, дотриманням правил її подачі та розподілу, товщиною шарів, режимом ущільнення, а також правильністю влаштування робочих швів. Приділяють увагу відбору проб для виготовлення контрольних зразків бетону. Усі результати перевірок фіксуються в журналі бетонних робіт.

На етапі витримування бетону та догляду за ним забезпечується необхідний температурно-вологісний режим, що гарантує набір проєктної міцності у встановлені терміни. Вживаються заходи для запобігання температурно-усадочним деформаціям, появі тріщин, а також захисту бетону від механічних пошкоджень, атмосферних опадів і втрати вологи.

Розпалублення конструкцій дозволяється після досягнення бетоном встановленої міцності, що підтверджується результатами випробувань контрольних зразків на стиск. Дані контролю якості відображаються в журналах та актах приймання виконаних робіт.

До переліку прихованих робіт, які підлягають обов'язковому актуванню після завершення, належать армування залізобетонних елементів, встановлення закладних деталей, виконання антикорозійного захисту закладних частин і зварних з'єднань, а також монтаж опалубки з інструментальною перевіркою відміток, осей та стиків збірно-монолітних конструкцій до їх замонолічування.

3.3.2. Технологія і організація виконання робіт

До початку виконання робіт зі зведення підземної частини офісного центру в м. Київ із підземною парковкою із застосуванням композитних матеріалів для проєктування конструкцій з монолітного залізобетону повинні бути реалізовані організаційно-підготовчі заходи відповідно до вимог ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва».

Перед початком монтажу опалубних систем необхідно виконати розбивку осей стін, провести нівелювання поверхонь стін і перекриттяв, здійснити розмітку приміщень згідно з проєктними рішеннями. На поверхнях перекриттів фарбою наносять контрольні ризики, що фіксують робоче положення опалубки. Додатково готують монтажну оснастку та інструмент, а також очищають робочі поверхні від забруднень і будівельного сміття.

Опалубні роботи

Опалубка повинна надходити на будівельний майданчик у повній комплектації, у стані, придатному для монтажу та експлуатації, без необхідності додаткових доробок. Елементи опалубки розміщують у зоні дії баштового крана КБ-676-2 та зберігають у транспортному положенні з розподілом за марками і типорозмірами. Зберігання здійснюють під навісами в умовах, що унеможливають пошкодження. Щити укладають у штабелі висотою до 1,0-1,2 м на дерев'яних прокладках, а інші елементи, залежно від габаритів і маси, – у спеціальні ящики.

Монтаж і демонтаж опалубки виконують комбінованим способом – вручну та з використанням баштового крана. Улаштування опалубки розпочинають з встановлення маякових рейок по периметру бетонуваних конструкцій, при цьому

внутрішня грань рейки повинна відповідати зовнішній поверхні стіни. Після вивірки положення рейок на них наносять яскраві позначки, що визначають граничне положення опалубних щитів. Далі щити монтують краном уздовж стін, а верхні яруси встановлюють на монтажні підмости, закріплені до вже забетонованих конструкцій.

Під час бетонування забезпечується постійний контроль стану опалубки. У разі виникнення деформацій або надмірного розкриття щілин виконують додаткове закріплення та усунення виявлених дефектів. Демонтаж опалубки дозволяється лише після досягнення бетоном нормативної міцності відповідно до вимог ДБН В.2.6-33:2018.

Відокремлення опалубки від бетону здійснюють із застосуванням домкратів або монтажних ломиків без пошкодження поверхні конструкцій. Використання вантажопідіймальних кранів для відриву опалубки не допускається. Після демонтажу проводять огляд елементів, очищення від залишків бетону, мастило поверхонь палуб і гвинтових з'єднань, а також сортування опалубки за марками.

Розрахунок технологічних параметрів виконано для одного бетонованого елемента – перекриття довжиною 33 м (п'ять прольотів по 6,6 м). Робочі шви бетонування розташовані на відстані 3,3 м від осі колони, при цьому довжина однієї захватки становить 16,2 п.м.

Арматурні роботи

До початку монтажу арматури здійснюють перевірку відповідності опалубки проектним розмірам і якості її встановлення, оформлюють акт приймання опалубки, готують такелаж, інструменти та зварювальне обладнання, а також очищають арматурні елементи від забруднень і корозії.

Плоскі арматурні каркаси і сітки транспортують у пакетах, а просторові каркаси для запобігання деформаціям підсилюють дерев'яними елементами. Стержні перевозять у зв'язаних пачках, закладні деталі – у контейнерах. На будівельному майданчику арматуру зберігають у закритих складах або в зоні дії крана з розподілом за марками, діаметрами та довжиною. Висота штабелів плоских каркасів не перевищує 1,5 м.

Арматурні каркаси масою до 50 кг подають до місця монтажу баштовим краном і встановлюють вручну. Перед монтажем на опалубці виконують розмітку положення каркасів. Для тимчасового закріплення та вирівнювання використовують струбцини, після чого горизонтальні стержні приєднують до каркасів за допомогою дротяних в'язок. Захисний шар бетону забезпечують установленням фіксаторів з кроком 1,0-1,2 м для стін і 0,8-1,0 м для перекриття. Стикування арматурних каркасів передбачено виконувати зварюванням.

Приймання змонтованої арматури здійснюють до початку бетонування з оформленням акту на приховані роботи. Контроль включає візуальний огляд, перевірку геометричних параметрів, відповідності діаметрів, кількості та розташування стержнів проектній документації, а також оцінку якості зварних з'єднань.

Бетонування колон і балок перекриттів

Перед укладанням бетонної суміші перевіряють правильність монтажу арматури й опалубки, усувають виявлені дефекти, контролюють наявність фіксаторів захисного шару та приймають приховані елементи конструкцій. Опалубку й арматуру очищають від сміття, бруду та іржі, а також перевіряють справність механізмів і обладнання.

Доставку бетонної суміші на об'єкт здійснюють автобетонозмішувачами СБ-126, а подачу до місця укладання – автобетононасосом SCHWING P 1620 з роздавальною стрілою KVM 24-4 Н. Комплекс робіт з бетонування включає приймання суміші, її укладання та ущільнення при влаштуванні колон і балок, а також подальший догляд за бетоном.

Бетонну суміш укладають шарами товщиною 30-40 см із ретельним ущільненням глибинними вібраторами. Глибина занурення вібратора в попередній шар повинна становити 5-10 см, а крок перестановки – не менше 1,5 радіуса дії. У зонах кутів і біля опалубки додатково застосовують ручне штикування. Контакт вібратора з арматурою або опалубкою не допускається. Вібрування припиняють після зникнення осідання суміші та появи цементного

молока на поверхні. Перерви між етапами бетонування не перевищують 2 годин, але не менші за 40 хв.

У перекриттях ущільнення бетонної суміші здійснюють поєднанням глибинних і поверхневих вібраторів. У період початкового твердіння забезпечують оптимальний температурно-вологісний режим і захист бетону від механічних впливів. Переміщення людей і встановлення опалубки допускається після досягнення бетоном міцності не менше 15 кгс/см².

Розпалубка конструкцій

Розпалубка є складовою частиною комплексного технологічного процесу зведення монолітних конструкцій і виконується з дотриманням вимог щодо збереження опалубки та недопущення пошкоджень бетону. Початок робіт із розопалублення забетонованих конструкцій дозволяється після досягнення бетоном встановленої міцності.

Бічні елементи опалубки, що не сприймають навантаження, знімають після забезпечення збереження кутів і поверхонь конструкцій. Несучі елементи демонтують поетапно, залежно від прольоту та маси конструкцій. Для плит перекриття допускається зняття опалубки при досягненні бетоном 50 % проєктної міцності за умови залишення проміжних опорних стійок. Повне видалення опор дозволяється лише після досягнення проєктної міцності бетону.

Під час розпалубки стін спочатку знімають замки, розпірки та з'єднувальні елементи, після чого відокремлюють окремі щити. Демонтаж опалубки перекриттів розпочинають з опускання панелей і балок за допомогою регульованих опор із подальшим частковим видаленням стійок. Перед повторним використанням усі елементи опалубки очищають від залишків бетону та, за необхідності, ремонтують.

3.3.3. Вимоги до якості і приймання робіт

Вимоги до якості і приймання робіт подано в табличній формі (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Вимоги до якості і приймання робіт

Найменуєв. технолог. процесів	Предмет контролю	Спосіб, метод контролю	Час проведення	Відпов. за контроль	Техн. критерій
1. Приймання АРМАТУРИ	Відповідність арматурних стержнів і сіток проекту	візуально	До початку установки	Виконроб	
	Діаметр і відстань між робочими стрижнями	штангенциркуль лінійка	До початку установки	Майстер	
2. МОНТАЖ АРМАТУРИ	Відхилення від проектних розмірів товщини захисного шару	лінійка вимірювальна	В процесі роботи	Майстер	При товщ. З.С.> 15мм - 15мм, при <15мм - 3мм
	Зсув арматурних стержнів при їх установці в опалубку	лінійка вимірювальна	В процесі роботи	Майстер	Доп. відхилення $1/5\varnothing m$ ах стержня і $1/4</math> устан. стрижня$
	Відхилення від проектних розмірів положення осей вертикальних каркасів	геодезичний інструмент	В процесі роботи	Майстер	Доп. відхилення 5мм
3. Приймання опалубки і сортування	Наявність комплектів опалубки. Маркування.	візуально	В процесі роботи	Виконроб	
4. МОНТАЖ опалубки	Зсув осей опалубки від проектного положення	лінійка вимірювальна	В процесі монтажу	Майстер	Доп. відхилення 8мм
	Відхилення площини опалубки від вертикалі на всю висоту	Схил, лінійка вимірювальна	В процесі монтажу	Майстер	Доп. відхилення 20мм
	Прогин опалубки: вертикальної горизонтальної	Заводське випробування і на будмайданчику	В процесі монтажу	Майстер	1/400 L 1/500 L
	Мінімальна міцність бетону незавантаженої монолітної конструкції: вертикальні горизонтальні	Вимірювальний	Ежедневно	Будує. лабораторія	0.2-0.3 МПа 70% R28

5. Укладання бетонної суміші	Товщина шарів бетонної суміші	візуально	В процесі роботи	Майстер	Товщ <1,25 довж
	рухливість суміші		До бетонивання	Буд лабораторія	Рухлив. 1-3см
	Відхилення ліній поверхностей перетину від вертикалі або проектного нахилу	схил, рівень, геод.інструмент	Після распалубливання	Майстер	15мм
	Відхилення горизонтальних поверхонь на всю довжину ділянки	рейка рівень, геод.інструмент	Після распалубливання	Мастерпрораб	20мм на 100м
	місцеві нерівності	рейка рівень, геод.інструмент	Після распалубливання	Мастерпрораб	5мм
	довжина елементів	рейка рівень, геод.інструмент	Після распалубливання	Прораб	±20мм
	Поперечний переріз	рейка рівень, геод.інструмент	Після распалубливання	Прораб	+ 6мм, -3мм

3.4. Вибір монтажного крана

При будівництві офісного центру в м. Київ потрібно підібрати баштовий кран для виконання основних робіт.

До технічних параметрів крана відносяться:

Q_k – необхідна вантажопідйомність крана;

H_k – найбільша висота підйому крана;

L_k – найбільший виліт гака;

Q_e – маса елемента, що монтується;

$Q_{пр}$ - маса монтажних пристосувань;

$Q_{гр}$ - маса вантажозахоплювального пристрою;

$$Q_k = Q_e + Q_{пр} + Q_{гр}$$

Розрахунок необхідних технічних параметрів баштового крана

Висоту підйому гака над рівнем стоянки баштового крана визначають

$$H_k = h_0 + h_3 + h_e + h_{ст},$$

де: h_0 – перевищення монтажного горизонту над рівнем стоянки баштового крана (м);

h_3 – запас по висоті для забезпечення безпеки монтажу (1 м);

h_e – висота елемента (м);

$h_{ст}$ – висота стропування (м).

Визначаємо виліт гака:

$$L_k = a / 2 + b + c,$$

де: a – ширина підкранової колії (м);

b – відстань від осі підкранової рейки до найближчої виступаючої частини будівлі (м);

c – відстань від центра ваги елемента до виступаючої частини будівлі з боку крана (м).

$$L_k = 4,6 / 2 + 2,6 + 25,55 = 30,45 \text{ м.}$$

Приймаємо кран **КБ-676-2** із наступними характеристиками:

$$Q_k = 8\text{-}3\text{т}; \quad L_k = 55 - 15 \text{ м}; \quad H_k = 65,7 \text{ м}$$

3.5. Будівельний генеральний план

У межах проєктування офісного центру в м. Київ із підземною парковкою із застосуванням композитних матеріалів розроблено будівельний генеральний план (будгенплан) для періоду виконання робіт зі зведення надземної частини будівлі. Будгенплан є одним з основних організаційно-технологічних документів, який визначає раціональне використання території будівельного майданчика, порядок розміщення тимчасових і постійних об'єктів, а також забезпечує безпечні і ефективні умови виконання будівельно-монтажних робіт.

На об'єктному будівельному генеральному плані наведено план проєктованої будівлі з прив'язкою її осей до координатної розбивочної сітки, що забезпечує точність геодезичних робіт і правильність взаємного розташування конструктивних елементів. Крім того, на плані відображено розміщення постійних і тимчасових транспортних шляхів, що забезпечують під'їзд будівельної техніки, доставку матеріалів, конструкцій і обладнання, а також організацію внутрішньо майданчикових перевезень.

Будгенпланом передбачено прокладання тимчасових інженерних мереж, зокрема електропостачання, водопостачання, теплопостачання та каналізації, необхідних для функціонування будівельного майданчика, роботи механізмів, освітлення території та забезпечення побутових потреб працівників. Інженерні комунікації запроєктовані з урахуванням вимог безпеки, зручності експлуатації та можливості поетапного демонтажу після завершення будівництва.

Особливу увагу при розробці будгенплану приділено розміщенню монтажних кранів і механізованих установок. На плані показано кранові шляхи, напрямки руху вантажопідіймальних механізмів, радіуси їх дії, а також небезпечні зони, у межах яких забороняється перебування сторонніх осіб. Таке планування дозволяє забезпечити безперебійну подачу матеріалів і конструкцій до місць монтажу, підвищити продуктивність праці та знизити ризик виникнення аварійних ситуацій.

На БГП також визначено місця розташування майданчиків для складування будівельних матеріалів, збірних та укрупнених конструкцій, а також технологічного обладнання. Складські зони запроєктовано з урахуванням номенклатури матеріалів, умов їх зберігання, черговості використання та мінімізації внутрішніх переміщень. Відкриті та закриті склади розміщені таким чином, щоб не перешкоджати руху т/з та роботі будівельних механізмів.

Крім виробничих зон, будгенпланом передбачено розміщення тимчасових побутових приміщень для робітників і інженерно-технічного персоналу, адміністративно-побутових будівель, складів, майстерень, пунктів охорони праці, а також інших допоміжних споруд і пристроїв, необхідних для нормального функціонування будівельного майданчика. Їх розташування відповідає санітарно-гігієнічним вимогам і забезпечує зручний доступ персоналу.

Рішення, прийняті в будівельному генеральному плані для зведення офісного центру в м. Київ із підземною парковкою із застосуванням композитних матеріалів, розроблені з дотриманням чинних протипожежних норм будівельного проєктування, а також вимог правил техніки безпеки та охорони праці. На плані передбачено протипожежні проїзди, розриви між будівлями і складами, місця

розташування первинних засобів пожежогасіння та вільний доступ пожежної техніки до основних зон будівництва.

Побудова будгенплану виконана з використанням загальноприйнятих умовних графічних позначень, що забезпечує його наочність, зручність читання та однозначність трактування для всіх учасників будівельного процесу.

Під час розроблення будівельного генерального плану виконано необхідні інженерно-технічні розрахунки, зокрема:

- визначено потребу в тимчасових будівлях і спорудах з урахуванням чисельності працюючих та тривалості будівництва;
- розраховано необхідні площі складських приміщень і зон відкритого зберігання матеріалів і конструкцій;
- виконано розрахунок освітлення будівельного майданчика для забезпечення безпечної роботи у темний час доби;
- визначено потребу у воді для виробничих, господарсько-побутових і протипожежних потреб.

Усі розрахунки, прийняті організаційно-планувальні рішення та їх техніко-економічне обґрунтування наведені в пояснювальній записці до дипломного проєкту.

3.6. Розрахунок площі тимчасових будівель

Потреба у тимчасових будівлях і спорудах на будівельному майданчику при зведенні офісного центру в м. Київ із підземною парковкою визначається відповідно до чинних нормативних документів і встановлюється на розрахункову чисельність працівників, до складу яких входять робітники основного та допоміжного виробництва, інженерно-технічні працівники (ІТП), службовці, молодший обслуговуючий персонал (МОП), а також працівники служби охорони.

Загальна чисельність персоналу, зайнятого на будівництві, становить $N = 1984$ чол. З урахуванням коефіцієнта нерівномірності використання трудових ресурсів приймається: $N = 1,05 \times 1984 = 2083$ чол., у тому числі $N = 0,15 \times 2083 = 312$ чол. Та $N = 0,85 \times 2083 = 1\ 771$ чол.

Чисельність окремих категорій персоналу визначається за встановленими нормативними співвідношеннями: $N = 0,08 \times 1984 = 159$ чол. $N = 0,05 \times$ тисяча дев'ятсот вісімдесят чотири = 99 чол. $N = 0,02 \times 1984 = 40$ чол.

При організації робіт приймається, що в максимально завантажену зміну кількість робітників становить 70 %, а чисельність службовців та ІТП – 80 % від їх загальної кількості. У розрахунках чисельність робітників визначається за найбільш чисельною зміною з урахуванням додаткового збільшення цього показника на 5 %, що пов'язано з проходженням виробничої практики учнями та практикантами.

Площі адміністративно-побутових приміщень конторного типу розраховуються виходячи із загальної чисельності ІТП, службовців і МОП. Площі гардеробних приміщень та сушарок приймаються на загальну (спискову) кількість робітників, які залучаються до виконання будівельно-монтажних робіт у різні періоди будівництва.

Кількість працівників, що користуються їдальнями та буфетами, враховується у співвідношенні 3:1, виходячи з чисельності персоналу найбільш завантаженої зміни. При цьому організація харчування на будівельному

майданчику передбачається у 3 зміни, що забезпечує рівномірне навантаження об'єктів громадського харчування та безперервність виробничого процесу.

Результати розрахунків площ тимчасових будівель і споруд систематизуються та зводяться у відповідну таблицю. На підставі отриманих даних формується побутове містечко будівельного майданчика, яке розміщується на будівельному генеральному плані таким чином, щоб найбільш віддалена точка споруджуваного об'єкта знаходилася на відстані не більше ніж 150 м. До побутового містечка підводяться тимчасові інженерні комунікації, необхідні для забезпечення нормальних санітарно-побутових та виробничих умов праці.

3.7. Розрахунок площ складів

Приоб'єктні склади при зведенні офісного центру в м. Київ із підземною парковкою призначені для тимчасового зберігання будівельних матеріалів, конструкцій, виробів, технологічного обладнання та інших матеріально-технічних ресурсів, що використовуються у процесі зведення будівель і споруд. Обсяги матеріалів, які підлягають складуванню, приймаються мінімально можливими за рахунок раціональної організації будівництва, застосування прогресивних методів виконання будівельно-монтажних робіт, контейнеризації вантажів та впровадження ефективних організаційно-технічних рішень.

При проектуванні приоб'єктних складів вирішується комплекс основних завдань, до яких належать визначення необхідних запасів матеріалів, конструкцій і виробів, що підлягають зберігання; розрахунок площ складів для основних видів матеріальних ресурсів; вибір типів складських майданчиків і обґрунтування їх розміщення на території будівельного майданчика.

Розрахунок складів полягає у визначенні необхідної площі з урахуванням приймально-відпускних зон, внутрішніх проїздів і пішохідних проходів. Основним типом складських споруд на будівельному майданчику є відкриті складські майданчики, які забезпечують зручність завантаження та розвантаження матеріалів і конструкцій.

Відкриті склади розміщуються, як правило, в зоні дії вантажопідіймального крана, що використовується для подачі матеріалів і конструкцій на споруджуваний об'єкт. Майданчики для зберігання конструкцій, стінових матеріалів та інших ресурсів розташовують уздовж тимчасових внутрішньо майданчикових доріг, що забезпечує безперешкодний під'їзд транспортних засобів. У місцях розвантаження автомобільного транспорту на тимчасових дорогах передбачаються локальні розширення проїзної частини, необхідні для безпечного виконання вантажно-розвантажувальних робіт.

При розміщенні приоб'єктних складів особлива увага приділяється забезпеченню безпеки виконання складських і вантажно-розвантажувальних робіт, а також дотриманню вимог охорони праці. Склади розташовують з урахуванням послідовності використання матеріалів у процесі будівництва, що дозволяє скоротити час їх подачі до місць монтажу та зменшити кількість внутрішньо майданчикових переміщень. Матеріали і конструкції складують відповідно до вимог нормативних документів і технічних умов з дотриманням правил стійкості штабелів та забезпечення вільного доступу для огляду і контролю.

Для запобігання пошкодженню будівельних матеріалів передбачаються заходи щодо їх захисту від атмосферних впливів, зокрема застосування підкладок, накриття та організація водовідведення з території складів. Проїзди і проходи між складськими зонами повинні бути чітко позначені та постійно утримуватися в справному стані. Експлуатація приоб'єктних складів здійснюється під контролем відповідальних осіб, що забезпечує облік матеріальних ресурсів і своєчасне поповнення запасів. Раціональна організація складського господарства сприяє підвищенню ефективності будівельного виробництва та зниженню непродуктивних витрат часу і ресурсів.

Розділ 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1. Пояснювальна записка до економічної частини проєкту

Під час зведення офісного центру в м. Київ із підземною парковкою із застосуванням композитних матеріалів для проєктування конструкцій доцільним є визначення загальних витрат для подальшого складання локальних кошторисів. Загальні витрати виражаються як у натуральних, так і у грошових одиницях. Підготовлений кошторис, що відповідає чинним нормативам і затверджений усіма зацікавленими сторонами, є основним документом для фінансування будівельного процесу. Для складання кошторису використано спеціалізований програмний пакет АВК, який дозволяє здійснювати розрахунки витрат на будівництво багатопверхового житлового будинку у Львові. Розрахунки виконано на підставі конструктивних елементів будівлі та обсягу необхідних робіт. Також враховані технічні рішення проєкту, які забезпечують правильне виконання будівельно-монтажних робіт.

4.2 Характеристика кошторисної документації

Для визначення фактичної кошторисної вартості будівництва офісного центру в м. Київ із підземною парковкою із застосуванням композитних матеріалів для проєктування конструкцій підготовлено низку кошторисних розрахунків. Об'єктні кошториси, розроблені для магістерської роботи та необхідні для визначення вартості будівництва житлового комплексу, представлені у Додатках В1, В2, В3:

Розроблений локальний кошторис становить 80 млн 110 тис грн, що відображає комплексний розрахунок витрат на матеріали, роботи та інші ресурси для будівництва об'єкта.

Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Техніка безпеки при експлуатації будівельних механізмів

Перед початком будівництва офісного центру в м. Київ із підземною парковкою із застосуванням композитних матеріалів необхідно визначити схему руху та розміщення механізмів таким чином, щоб роботи виконувались у правильній технологічній послідовності та з дотриманням всіх правил безпеки. Робочі місця повинні бути достатньо освітлені, а механізми – розташовані на рівній поверхні.

Якщо оператор механізму не має прямого огляду території або не бачить працівників для подачі сигналу, слід організувати радіозв'язок між ним та сигнальником. У зоні дії механізмів необхідно встановити знаки безпеки та інформаційно-попереджувальні вказівки, що безпосередньо стосуються використання даного механізму.

Залишати працюючі механізми без нагляду забороняється. Під час переміщення механізмів біля котлованів слід дотримуватися безпечних відстаней від передніх опор до краю котловану.

Технічний огляд механізмів проводять лише після вимкнення двигуна. При виявленні несправностей паливних систем забороняється застосовувати відкритий вогонь для розігріву двигуна. Під час обслуговування електроприводних механізмів передбачаються заходи для недопущення випадкового подання електричного струму. Манометри в гідро- та пневмосистемах усіх механізмів мають бути перевірені та запломбовані. У разі руйнування манометра подальша експлуатація забороняється.

Будівельні роботи не проводяться при несприятливих погодних умовах, таких як сильний снігопад, туман або ожеледиця.

5.2. Техніка безпеки під час виконання земляних робіт

При влаштуванні котловану під час будівництва офісного центру в м. Київ із підземною парковкою в місцях руху працівників та транспорту встановлюють огорожу висотою 1,2 м та мережу освітлювальних приладів. Перед початком розробки ґрунту здійснюють відведення ґрунтових та поверхневих вод.

Механізоване розроблення масиву ґрунту виконується за умови забезпечення безпечного та раціонального використання машин та механізмів. Всі землерийні механізми обладнують звуковою сигналізацією. При встановленні, переміщенні чи ремонті механізмів вживають заходів, що запобігають їх перекиданню.

Рух для екскаваторів та бульдозерів під нахилом понад допустимий за технічними паспортами заборонено. При розробці котлованів з уступами ширина уступів повинна становити не менше 2,5 м. Екскаватор на будівельному майданчику встановлюють на рівній поверхні або з ухилом, що не перевищує значень, передбачених паспортом.

5.3. Охорона праці при бетонних роботах

Всі роботи при будівництві офісного центру в м. Київ із підземною парковкою із застосуванням композитних матеріалів виконуються відповідно до ДБН А.3.2-2-2009 «ССБП. Охорона праці та промислова безпека в будівництві», а також з дотриманням правил безпечної експлуатації будівельних машин. При виконанні опалубних, арматурних, бетонних і розпалубних робіт необхідно контролювати надійність кріплення риштовань, їх стійкість, правильність укладання настилів, сходів, поручнів та огорож. Монтаж укрупнених елементів слід виконувати за допомогою крана.

Перед початком робіт робочі місця та проходи очищають від сміття, сторонніх предметів і бруду, взимку – від снігу та льоду, посипають піском. Працювати механізованим інструментом з приставних драбин заборонено. До виконання зварювальних робіт допускаються тільки кваліфіковані зварники, які

мають відповідний дозвіл. Металеві частини установок, що не перебувають під напругою, а також зварювані елементи слід заземлювати. Частини електрозварювальних установок під напругою мають бути закриті захисними кожухами. Налагодження та ремонт електроустановок виконують лише електромонтери.

Бетонозмішувальні та інші установки чистять та обслуговують лише при вимкненому рубильнику. Перед подачею бетону бетононасос і бетоновод перевіряють гідравлічним тиском не менше 3 МПа. Навколо бетононасосів слід передбачити проходи шириною не менше 1 м. При укладанні бетону у конструкції з ухилом 30° і більше робітники забезпечуються запобіжними поясами. Корпус вібратора заземляють перед роботою та підключають через понижуючий трансформатор 220-380 В → 36 В. Усі рукоятки повинні бути ізольовані, а працювати необхідно в гумових рукавичках і взутті.

Електропрогрів бетонної суміші виконують під напругою до 60 В. Подачу струму супроводжують сигналізацією (червона лампа). Під час бетонування, ремонту або поливу бетону рубильники слід відключати.

5.4. Охорона праці при монтажних роботах

Робоче місце повинно бути очищене від сторонніх предметів і сплановане. Сторонні особи в зоні монтажу не допускаються. Під час підйому конструкцій подача сигналів здійснюється однією відповідальною особою. небезпечні зони для руху людей огорожуються та оснащуються попереджувальними знаками.

Стропування виконують лише за монтажні петлі або спеціальні захвати з бирками. Звільнення елементів від строп допускається лише після надійного закріплення. Переміщення елементів після установки та зняття захватів заборонено. Елементи, по яких переміщуються монтажники, обладнують підмостками, мостками, сходами або страхувальними тросами.

Монтажники забезпечуються спецодягом та засобами індивідуального захисту. При негативних температурах проводять заходи боротьби з льодом

(сколювання, посипання піском) та вітром (захисні екрани). Роботи забороняються під час дощу, густого туману, температур нижче -27°C із вітром (або -30°C без вітру), а також при вітрі понад 6 балів.

5.5. Охорона праці при покрівельних роботах

Допуск на дах дозволяється лише після перевірки справності несучої основи, риштування, тимчасових огорож та робочих містків. Під час роботи на даху працівники користуються поясами, спецодягом і нековзним взуттям.

Покрівельні роботи забороняються під час ожеледиці, густого туману, сильного вітру понад 6 балів, зливого дощу або темряви без достатнього освітлення. Складування матеріалів, інструменту та тари повинно бути надійним, щоб уникнути їх ковзання або падіння.

Місця варіння та розігріву мастики розташовують не ближче ніж 50 м від вогнебезпечних споруд та складів і не менше 15 м від бровок котлованів і траншей. У разі загоряння мастику закривають кришкою, засипають піском або заливають вогнегасною рідиною; воду застосовувати заборонено.

Працівники, які готують і наносять бітумну мастику або лакофарбові покриття, забезпечуються спецодягом, окулярами та респіраторами. Наносити мастику слід із навітряного боку, щоб уникнути потрапляння на шкіру. Потрапила мастика змивається спеціальною пастою або мильно-ланоліноюю сумішшю з теплою водою.

Ємності для розплавлення бітуму встановлюють під нахилом, протилежним до топки, щоб уникнути загоряння при вихлюпуванні. Котли заповнюють не більше ніж на $\frac{3}{4}$ об'єму. Змішування бітуму з бензином проводять на відстані не менше 50 м від місця нагріву, вливаючи гарячий бітум у бензин, а не навпаки. Температура бітуму – 70°C . Забороняється скидати матеріали та інструменти з даху. Робоча зона повинна бути огорожена.

Розділ 6. НАУКОВА ЧАСТИНА

6.1. Композитна арматура – загальний огляд

У сучасному будівництві композитна арматура застосовується як ефективна альтернатива традиційним сталевим армувальним елементам, особливо в конструкціях, що експлуатуються в агресивних або змінних кліматичних умовах. Найбільшого поширення набули вироби на основі скляних та базальтових волокон, з'єднаних полімерною матрицею. Така структура матеріалу забезпечує поєднання високої міцності з малою питомою вагою, що є важливим чинником при проєктуванні сучасних інженерних споруд.

Технологічний процес виготовлення композитної арматури ґрунтується на формуванні волокнистого наповнювача з подальшим просоченням його терморезактивними смолами та твердінням у контрольованих умовах. У результаті отримують стрижні з однорідною структурою та прогнозованими фізико-механічними характеристиками. Межа міцності на розтяг для склопластикової арматури, залежно від типу волокна, становить у середньому 800-1200 МПа, що у 1,8-2,5 рази перевищує аналогічний показник сталеві арматури класу А400С ($\approx 390-400$ МПа). При цьому модуль пружності композитних матеріалів знаходиться в межах 45-60 ГПа, що необхідно враховувати під час розрахунку деформацій залізобетонних елементів.

Суттєвою перевагою композитної арматури є її стійкість до корозійних процесів. В умовах підвищеної вологості, дії солей або агресивних хімічних середовищ термін служби сталевих елементів може зменшуватися до 25-30 років, тоді як композитні стрижні здатні зберігати експлуатаційні властивості протягом 80-100 років без додаткового антикорозійного захисту. Це робить їх доцільними для застосування у фундаментах, гідротехнічних спорудах, дорожніх конструкціях та об'єктах прибережної інфраструктури.

Температурна стабільність композитної арматури дозволяє використувати її в діапазоні від -70 °С до $+100$ °С без втрати міцнісних характеристик. За низьких температур матеріал не переходить у крихкий стан, а за підвищених – не зазнає пластичних деформацій. Така властивість особливо важлива для споруд, що

експлуатуються в умовах різких сезонних коливань температур, характерних для кліматичних зон України.

Додатковою технічною перевагою є діелектричні властивості композитної арматури. Матеріал не проводить електричний струм, має низьку теплопровідність (приблизно у 100 разів меншу, ніж у сталі) та не створює електромагнітних перешкод. Це дозволяє використовувати його в будівлях спеціального призначення, у тому числі в медичних, лабораторних і телекомунікаційних об'єктах.

Значний вплив на економічну ефективність будівництва має мала маса композитної арматури. Питома вага матеріалу становить близько 1,9-2,1 т/м³, тоді як для сталі цей показник дорівнює приблизно 7,85 т/м³. У результаті маса композитних стрижнів у 4-5 разів менша, а при рівній несучій здатності – до 8-9 разів. Це дозволяє знизити витрати на транспортування до 30-40 %, спростити монтажні операції та зменшити трудомісткість будівельних робіт.

Можливість виготовлення композитної арматури будь-якої необхідної довжини без стиків позитивно впливає на конструктивні рішення та зменшує кількість з'єднань у каркасах. У сукупності наведені властивості підтверджують доцільність використання композитної арматури як перспективного матеріалу в сучасному проектуванні та будівництві, особливо за умов підвищених вимог до довговічності, надійності та експлуатаційної ефективності будівельних конструкцій.

У результаті виконаного аналізу встановлено, що композитна арматура є перспективною альтернативою традиційній сталевій арматурі в сучасному будівництві. Її використання дозволяє зменшити масу конструкцій до 4-5 разів, підвищити корозійну стійкість та збільшити термін експлуатації залізобетонних елементів до 80-100 років. Разом з тим, обмеження щодо температурної стійкості та модуля пружності потребують обґрунтованого проектного застосування.

6.2. Порівняння параметрів сталеві та склопластикові арматури

Перехід від використання традиційних металевих стрижнів до застосування сучасних неметалевих аналогів є стратегічно виправданим кроком у будівництві. Ця технологія гарантує повну відсутність окислювальних процесів, які неминуче вражають залізо і призводять до розтріскування чи відшарування бетонного покриття. Завдяки абсолютній інертності полімерних матеріалів до вологи та хімічних впливів, споруди залишаються цілісними, зберігаючи свій первинний естетичний вигляд протягом усього терміну служби. Додатковою перевагою стає суттєва фінансова ефективність – оскільки потреба в частих реставраційних роботах зникає, а інтервали між плановими ремонтами значно збільшуються, загальна вартість утримання об'єкта суттєво знижується.

Рівноцінна («рівноміцнісна») заміна арматури діаметрів 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 класу А400С за фізико-механічними властивостями на склопластикову композитну полімерну арматуру представлено в таблиці 6.1.

Порівняльні характеристики металеві арматури класу А400С та склопластикові композитної полімерної арматури представлено в таблиці 6.2.

Таблиця 6.1 – Рівноцінна («рівноміцнісна») заміна арматури за фізико-механічними властивостями

Металева класу А400С	Арматура композитна полімерна склопластикові (АКС)
6 А400С	4 АКС
8 А400С	5,5 АКС
10 А400С	6 АКС
12 А400С	8 АКС
14 А400С	10 АКС
16 А400С	12 АКС
18 А400С	14 АКС
20 А400С	16 АКС

Таблиця 6.2 – Порівняльні характеристики арматури

Характеристики	Металева класу А400С	Арматура композитна полімерна склопластикові (АКС)
Матеріал	Сталь	Склоровінг, пов'язаний полімером на основі епоксидної смоли
Межа міцності при розтягуванні, МПа	390	1000
Модуль пружності, МПа	200 000	55 000
Відносне подовження, %	25	2,2
Щільність, т / м ³	7	1,9
Корозійна стійкість до агресивних середовищ	Кородує	Нержавіючий матеріал
Теплопровідність	Теплопровідна	Нетеплопровідного
Електропровідність	Електропровідність	Неелектропровідна – є діелектриком
Випускаються профілі, мм	6 - 80	4 - 20
Довжина	Стрижні завдовжки 6-12 м	Відповідно до заявки покупця. Будь-яка будівельна довжина. Можлива поставка в бухтах.
Екологічність	Екологічна	Чи не токсична, за ступенем впливу на організм людини і навколишнє середовище відноситься до 4 класу небезпеки (малонебезпечні)
Довговічність	Відповідно до будівельних норм	Прогнозована довговічність не менше 80 років
Параметри рівномірного арматурного каркаса при навантаженні 25 т / м ²	При використанні арматури Ø8А400 розмір осередку 14 × 14 см. Вага 5,5 кг / м ²	При використанні арматури 8 АКС розмір осередку 23 × 23 см. Вага 0,61 кг / м ² . Зменшення ваги в 9 разів

6.3. Рекомендації та практичний досвід застосування неметалевої композитної арматури

Неметалева композитна арматура доцільна для використання в бетонних сумішах, які не забезпечують належного захисту сталевих стрижнів від корозійних процесів. До таких належать бетони на портландцементі з обмеженим вмістом лужних компонентів (не більше 0,6 %), а також суміші на шлакопортландцементі, пуцоланових і комбінованих в'язучих. Ефективність НКА підтверджена також у бетонах з низькою водопотребою та підвищеною часткою активних мінеральних домішок, де ризик електрохімічної корозії традиційної арматури є підвищеним.

Доцільним є використання композитних стрижнів у монолітних бетонних конструкціях із протиморозними добавками хлоридного типу, що не містять лугів. Зокрема, це суміші з хлоридом кальцію, нітратно-хлоридними компонентами або їх модифікаціями з органічними домішками. У таких умовах застосування сталеві арматури призводить до прискореного руйнування захисного шару бетону вже через 8-12 років експлуатації, тоді як композитна арматура зберігає експлуатаційні властивості понад 50 років.

Неметалева арматура ефективно використовується в крупнопористих та легких бетонних матеріалах, зокрема в елементах дренажних систем, трубах, а також у монолітних конструкціях зі зниженою щільністю. Особливо актуальним є її застосування для армування елементів, що контактують з агресивними хлоридовмісними середовищами, таких як тротуарні плити, дорожні покриття, зупинки транспорту та прибережні інженерні споруди.

Однією з рекомендованих сфер використання НКА є зовнішні шари тришарових стінових панелей та гнучкі зв'язки між несучими й облицювальними шарами. Таке рішення дозволяє усунути появу корозійних плям на фасадах, знизити тепловтрати на 8-12 % та підвищити довговічність огорожувальних конструкцій. Крім того, композитні гнучкі зв'язки ефективно застосовуються у шаруватих стінах з теплоізоляційними прошарками.

Попри тривалий період досліджень полімерних композиційних матеріалів, наявна експериментальна база дозволяє лише орієнтовно оцінювати механічні властивості таких матеріалів. Для більшості конструкцій відсутні достовірні методики прогнозування довготривалої міцності з урахуванням експлуатаційних впливів. Особливо це стосується круглих склопластикових стрижнів малого діаметра (6-10 мм), для яких необхідна адаптація стандартних випробувальних методів з урахуванням геометрії та умов закріплення.

6.3.1. Досвід і перспективи використання неметалевої арматури в попередньо напружених конструкціях

Інтерес до неметалевих арматурних матеріалів сформувався у середині ХХ століття у зв'язку з активним розвитком відповідальних бетонних конструкцій, що експлуатуються в агресивних середовищах. Забезпечення корозійної стійкості сталевій арматури в таких умовах вимагало значних витрат, що стимулювало пошук альтернативних матеріалів із діелектричними та антимагнітними властивостями. Додатковим чинником стала обмеженість запасів рудної сировини та дефіцит легувальних елементів для сталей.

Розвиток хімічної промисловості дозволив реалізувати ідею високоміцної композитної арматури. У низці промислово розвинених країн, зокрема в Німеччині, Японії, США та країнах колишнього СРСР, було започатковано масштабні наукові програми. Як армувальну основу спочатку використовували лугостійке скловолокно діаметром 10-15 мкм, з'єднане полімерними матрицями на основі епоксидних та поліефірних смол.

У вітчизняних наукових центрах була розроблена безперервна технологія виготовлення склопластикових стрижнів діаметром 6-14 мм. Дослідження показали, що при вмісті волокна близько 80 % за масою тимчасовий опір розриву досягає 1400-1500 МПа, модуль пружності становить 45-55 ГПа, а граничні деформації при розтягуванні сягають 2,5-3 %. Щільність матеріалу не перевищує 2,0 т/м³, що у 4 рази менше за показник сталевій арматури.

Експериментальні попередньо напружені балки зі склопластиковими стрижнями досліджувалися під дією статичних і тривалих навантажень. Результати випробувань стали основою для розроблення рекомендацій щодо проектування та виготовлення таких конструкцій. Встановлено, що довготривала міцність композитної арматури в нормальних умовах експлуатації становить близько 60-70 % від короткочасної.

Окрему увагу приділено базальтовій арматурі, виробництво якої є менш енергоємним. У промислових масштабах підтверджено можливість застосування базальтопластикових стрижнів у попередньо напружених елементах із прольотами до 20-25 м.

Значний досвід накопичено у Німеччині, де була створена арматура типу «полісталь» діаметром 7,5 мм. Її міцність на розтяг досягає 1650 МПа, а модуль пружності – близько 51 ГПа. На основі цієї арматури збудовано понад 10 автодорожніх і пішохідних мостів із прольотами до 25 м, де натяг пучків досягав 600 кН.

У Японії освоєно виробництво арматури з вуглецевих та арамідних волокон. Вуглепластикові канати характеризуються межею міцності до 3600 МПа, модулем пружності 140 ГПа та теплостійкістю до 200 °С. Такі матеріали застосовуються як у новому будівництві, так і для підсилення існуючих залізобетонних конструкцій.

6.3.2. Довговічність склопластикової арматури в багат шарових огорожувальних конструкціях

Перспективним напрямом підвищення енергоефективності будівель є використання багат шарових стін із легкими теплоізоляційними матеріалами. Застосування таких систем дозволяє збільшити опір теплопередачі стін до нормативних значень без зростання їх товщини. Водночас ключовою проблемою залишається забезпечення надійного з'єднання шарів стінової конструкції через утеплювач.

Одним із найбільш ефективних рішень є використання склопластикових стрижнів як гнучких зв'язків. Для оцінки їх довговічності проведено спеціальні експериментальні дослідження з моделюванням реальних умов експлуатації. Випробування виконувалися на зразках, еквівалентних 60-65 рокам роботи в умовах помірного клімату.

У процесі досліджень встановлено, що щільність матеріалу залишається стабільною та не змінюється під дією вологи, температурних коливань і навантажень. Водопоглинання зросло з нормативних 0,12 % до 1,44 % після прискореного старіння, а після 50 циклів заморожування-відтавання – до 1,5 %.

Міцність при вигині знизилася не більше ніж на 6 %, що знаходиться в допустимих межах. Для компенсації впливу кліматичних факторів доцільно застосовувати знижувальний коефіцієнт 0,9. Аналогічний коефіцієнт рекомендовано вводити при розрахунку зчеплення стрижня з бетоном у зонах дії циклічного заморожування.

6.3.3. Інші сфери використання склопластикової арматури

Склопластикова арматура активно впроваджується в дорожньому та транспортному будівництві. Це пояснюється високим співвідношенням міцності до маси, стійкістю до корозії та морозостійкістю. Матеріал не проводить електричний струм, що дозволяє уникнути блукаючих струмів і явищ електроосмосу.

Склопластикова арматура активно застосовується в дорожньому та транспортному будівництві для підвищення надійності та довговічності бетонних покриттів. Вона використовується у бетонних плитах доріг, мостових конструкціях, тротуарах та стоянках, забезпечуючи стійкість до корозії у вологому та агресивному середовищі. Використання склопластикових стрижнів дозволяє зменшити масу конструкцій, що особливо важливо для мостів і шляхопроводів, а також знизити товщину бетонних шарів без втрати несучої здатності.

Композитна арматура підвищує стійкість споруд до впливу хімічних реагентів і солей, що застосовуються для боротьби з ожеледицею, та забезпечує надійність конструкцій у регіонах із високим рівнем підземних вод. Вона зменшує витрати на ремонт і технічне обслуговування доріг, сприяючи підвищенню безпеки та ефективності транспортної інфраструктури. Завдяки своїм властивостям, склопластикова арматура стає оптимальним матеріалом для сучасного дорожнього будівництва, особливо в умовах інтенсивного руху та складних кліматичних факторів.

Найбільш доцільним є застосування композитної арматури в морських та гідротехнічних спорудах, зокрема в зонах змінного рівня води. У таких умовах сталезалізобетон зазнає інтенсивної сольової корозії та циклічного руйнування. Використання поверхневого склопластикового армування дозволяє збільшити термін служби палів і опор до 80-100 років.

Герметичність композитної оболонки захищає бетон від дії агресивного середовища, що дає можливість оптимізувати склад бетонної суміші, орієнтуючись виключно на вимоги міцності та тріщиностійкості.

У результаті виконаного аналізу встановлено, що неметалева композитна арматура є ефективною альтернативою сталевій у конструкціях, які експлуатуються в агресивних середовищах. Її застосування дозволяє підвищити корозійну стійкість та довговічність бетонних елементів до 80–100 років при одночасному зменшенні маси армування у 3-4 рази. Досвід використання НКА в попередньо напружених та багатошарових конструкціях підтверджує стабільність фізико-механічних характеристик за умови врахування кліматичних і силових впливів. Введення знижувальних коефіцієнтів порядку 0,9 забезпечує необхідний рівень надійності при проектуванні. Таким чином, застосування неметалевої композитної арматури є технічно та економічно обґрунтованим у сучасному будівництві.

6.4. Принципи проектування бетонних конструкцій із склопластикової арматурою

Проектування бетонних елементів зі склопластиковою арматурою в основному здійснюється на основі загальних принципів проектування залізобетонних конструкцій. Подібним є також розподіл за типами застосовуваних матеріалів: армування може бути внутрішнім, зовнішнім або комбінованим, що поєднує обидва підходи.

Внутрішнє армування використовується у бетонних елементах, які експлуатуються в середовищах, агресивних до сталі, але нейтральних щодо самого бетону. Внутрішні елементи можуть бути дискретними, дисперсними або змішаними. Дискретне армування передбачає використання окремих стрижнів, плоских або просторових каркасів і сіток, а також їх комбінації.

Найбільш поширеним видом внутрішнього армування є склопластикові стрижні заданої довжини. Вони замінюють сталеві, не поступаючись їм по міцності, але значно перевищують їх за корозійною стійкістю. Для формування каркасів стрижні скріплюють самозатискними пластиковими елементами або зв'язуванням дротом.

Дисперсне армування реалізується введенням у бетон коротких склопластикових волокон (фібр), що хаотично розподіляються в об'ємі суміші. За допомогою спеціальних методів можливо частково орієнтувати волокна. Такі суміші отримали назву фібробетонів.

Зовнішнє армування застосовують у випадках, коли агресивне середовище негативно впливає на бетон. Листова зовнішня арматура виконує кілька функцій одночасно: сприймає механічні навантаження, захищає бетон від впливів зовнішнього середовища та виконує роль опалубки при бетонуванні. Якщо зовнішнього армування недостатньо, встановлюють додаткову внутрішню арматуру, що може бути як склопластиковою, так і металевією.

Зовнішнє армування поділяють на суцільне та дискретне. Суцільне покриває всю поверхню бетону, дискретне складається із сітчастих або смугових елементів.

Найчастіше здійснюється одностороннє армування розтягнутої грані балки або плити. В таких випадках доцільно заводити відгини листа на бічні грані, що підвищує тріщиностійкість. Арматуру можна розташовувати по всій довжині або лише в найбільш напружених ділянках.

Основна ідея конструкцій із зовнішнім армуванням полягає у створенні герметичної склопластикової оболонки, яка одночасно захищає бетон та сприймає механічні навантаження.

Існують два способи виготовлення таких конструкцій. Перший передбачає виготовлення бетонного елемента, його сушку та обмотку багат шаровим склотканиним або склострічковим матеріалом із просоченням смолою. Після полімеризації утворюється суцільна склопластиково оболонка, а конструкція набуває властивостей трубобетонного елемента. Другий спосіб базується на попередньому виготовленні склопластикової оболонки та заповненні її бетонною сумішшю.

Перший метод дозволяє створювати попереднє поперечне обтиснення бетону, що суттєво підвищує міцність та знижує деформативність елемента. Ця особливість критично важлива, оскільки трубобетонні конструкції мають підвищену деформативність. Поперечне обтиснення формується не лише за рахунок натягу оболонки, а й внаслідок усадки сполучного при полімеризації.

Стійкість склопластикової арматури до агресивних середовищ залежить від типу волокна та полімерного сполучного. Для внутрішнього армування необхідно враховувати вплив лужного середовища бетону на алюмоборосилікатні волокна, що може призводити до руйнування. У таких випадках застосовують захисний шар смоли або волокна іншого складу.

Випробування показали, що стійкість склопластикових стрижнів у кислотних розчинах перевищує аналогічну для сталевий арматури більш ніж у 10 разів, а у сольових розчинах – понад 5 разів. Найбільш руйнівним для склопластикових волокон є лужне середовище, через проникнення рідкої фази до волокон через дефекти сполучного або дифузію через матрицю. Сучасні технології та вибір

складу сполучного дозволяють досягати дуже низької проникності та мінімізувати корозію волокна.

Використання зовнішнього склопластикового армування для посилення та відновлення бетонних конструкцій доцільне завдяки високій технологічності, малим термінам полімеризації та високій міцності. Методика вибору способу залежить від конструктивних особливостей ремонтovаних елементів та умов експлуатації проєктованих конструкцій.

6.5. Методика оцінки зчеплення арматури з бетоном

У сучасній світовій практиці основним способом оцінки зчеплення арматури з бетонною сумішшю є балковий метод RILEM / СЕВ / FIP. Цей метод передбачає проведення випробувань спеціально підготовлених бетонних балок на згин з контролем сили та деформацій арматурних стержнів.

Балка складається з двох половинок, які з'єднуються між собою у розтягнутій зоні за допомогою випробовуваних арматурних стержнів. У стислій зоні половинки балок фіксуються шарнірами, що включають дві закладні деталі та сталевий циліндр, розташований між ними. Арматурний стержень на середині кожної половинки має довжину зчеплення з бетоном, що дорівнює $10d$, де d – діаметр стержня. На інших ділянках стержень розміщений у спеціальних трубках, які виключають контакт із бетонною масою, забезпечуючи контрольовані умови випробувань.

Для визначення відповідності зчеплення арматури вимогам проєктування, зокрема EN 1992-1-1 для сталевих стержнів, при випробуваннях методом RILEM / СЕВ / FIP використовуються такі критерії: середні значення дотичних напружень в МПа при зсуві вільного кінця стержня на 0,001 мм; 0,1 мм і 1 мм, а також дотичні напруження при руйнуванні (висмикуванні).

Експериментальні дослідження передбачали випробування на зчеплення композитної арматури, включаючи базальтопластикову та склопластикову, з бетонними зразками балковим методом RILEM / СЕВ / FIP. Для досліджень були

обрані стержні склопластикової арматури діаметром 8 мм та 12 мм, а також базальтопластикової арматури діаметром 8 мм, 10 мм і 12 мм. Композитна арматура виготовлялась методом пултрузії, що забезпечує високий рівень однорідності матеріалу. Загальний вигляд зразків арматури наведено на рис. 6.1.

Використання цього методу дозволяє оцінювати ефективність зчеплення арматури з бетонною сумішшю, а також прогнозувати поведінку конструкцій під навантаженням, що особливо важливо для відповідальних інженерних споруд та об'єктів з високими вимогами до довговічності.



Рисунок 6.1 – Загальний вигляд зразків склопластикової (а) базальтопластикової (б) арматури

6.6. Експериментальні випробування

Для проведення експерименту були підготовлені випробовувані зразки у вигляді балок із прямокутним поперечним перерізом 120×220 мм. Загальна довжина кожної балки становила 1230 мм, причому довжина окремих половинок сягала 600 мм. Між половинками балки передбачався зазор шириною 30 мм, який слугував для створення необхідних умов деформації та контролю розподілу зусиль у випробуваній зоні (рис. 6.2). Таке конструктивне рішення дозволяло забезпечити правильне розташування арматури та рівномірний розподіл навантаження по всій довжині зразка. Балки були виготовлені з матеріалів, що відповідають стандартам, і підготовлені для проведення серії дослідів з визначення механічних характеристик арматури та її зчеплення з бетоном.

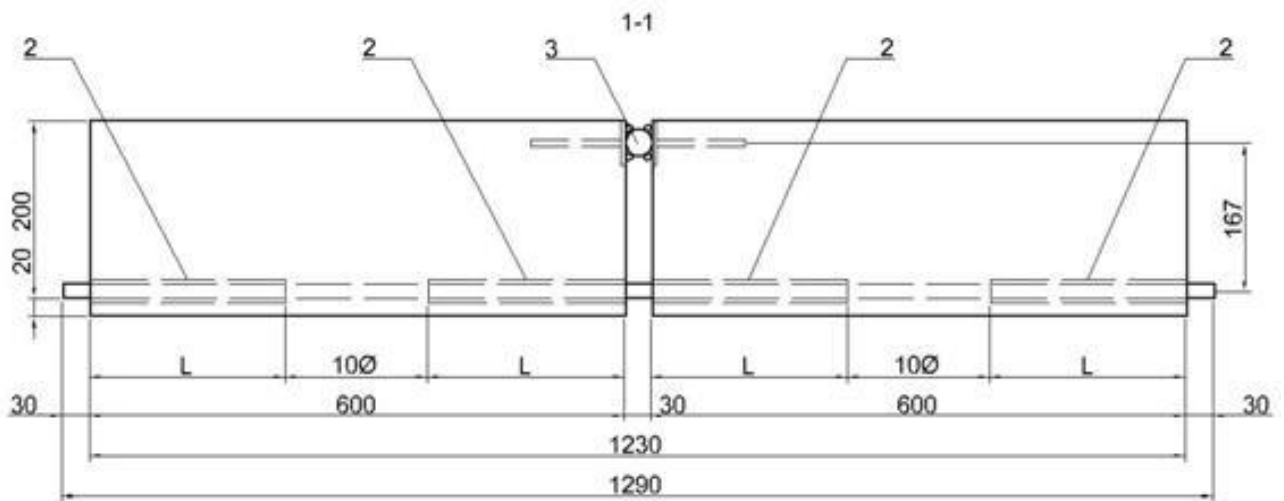


Рисунок 6.2 – Конструкція експериментальних зразків:

1 - композитна арматура; 2 - пластикова трубка; 3 - сталевий циліндр

Випробування балок проводилися шляхом прикладання двох зосереджених сил у визначених точках. Під час експерименту фіксували переміщення вільного кінця арматурного стержня, розташованого на торці балки, що дозволяло оцінити деформаційні характеристики та зчеплення арматури з бетоном. Конструктивна схема проведення випробувань представлена на рис. 6.3, яка демонструє розташування сил, опор та контрольних точок для вимірювання переміщень. Такий підхід забезпечував точне визначення механічної поведінки балок під дією зовнішніх навантажень.

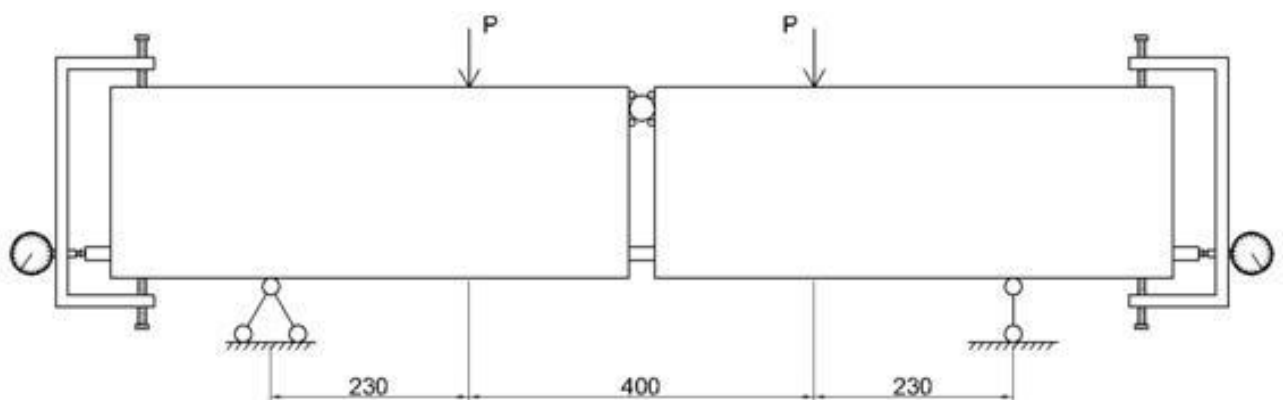


Рисунок 6.3 – Схема випробування досліджуваних зразків.

Дослідні зразки виготовлялися з бетону класу С20/25 з крупним заповнювачем фракції 10-20 мм. Вистоювання бетону відбувалося у звичайних умовах, а розпалубка виконувалася на 3-4 добу після заливки бетону. Для контролю міцності на стиск (клас бетону) додатково готували кубічні зразки розміром 100x100x100 мм.

Випробування зразків, як балок, так і кубів, проводилися у віці 30-38 діб. Навантаження виконувалося покроково, з приростом 0,1 від передбачуваного граничного навантаження. Величина прикладеного навантаження фіксувалася динамометром з індикатором стрілочного типу.

Переміщення вільних кінців арматурних стержнів визначалося стрілочним індикатором годинникового типу з межами вимірювання 1 мм та точністю 0,001 мм. На кожному етапі навантаження витримували 15 секунд, протягом яких проводилося зняття показань індикаторів.

Середні результати експериментальних досліджень по п'яти зразках-балках кожного діаметра і типу арматури наведено у табл. 6.3 та на рис. 6.4...6.7 у вигляді:

- середніх значень досліджуваних дотичних напружень τ_m , τ_r та нормованих по формулах (див. табл. 6.1);
- графіків середніх залежностей дотичних напруги-деформації зсуву для композитної склопластикової арматури діаметром 8, 12 мм (див. рис. 6.4);
- графіків середніх залежностей дотичних напружень-деформації зсуву для композитної базальтопластикової арматури $\varnothing 8, 10, 12$ мм (рис. 6.5);
- графіків середніх залежностей дотичних напружень-деформації зсуву для композитної склопластикової та Б-пластикової арматури $\varnothing 8$ мм (рис. 6.6);
- графіків середніх залежностей дотичних напружень-деформацій зсуву для композитної склопластикової і базальтопластикової арматури $\varnothing 12$ мм (рис. 6.7).

Таблиця 6.3 – Результати експерименту

№	Діаметр зразка, мм	Тип волокна основи	Середні експериментальні значення дотичних напружень, МПа		Нормовані значення дотичних напружень за (1) і (2), МПа	
			τ_m	τ_r	τ_m	τ_r
1	8	Скло	16,00	23,15	6,90	11,25
2		базальт	18,02	25,84	6,90	11,25
3	10	базальт	13,84	21,55	6,66	10,88
4	12	Скло	11,54	17,30	6,43	10,51
5		базальт	13,34	18,08	6,43	10,51

Використання композитної арматури в будівництві загалом економічно виправдане. Це пов'язано не стільки з економією на перевезенні, вантажно-розвантажувальних та монтажних роботах, скільки зі значним зниженням витрат на обслуговування бетонних конструкцій протягом їх експлуатації. Навіть за наявності спеціального захисту (наприклад, цинкування), металеві арматурні елементи з часом піддаються корозії, що призводить до втрати цілісності конструкції. У таких випадках може виникати потреба у повній заміні елементів або проведенні дорогого і трудомісткого ремонту.

Серед ключових переваг композитної арматури також варто відзначити високі показники міцності на розтягнення, що становлять понад 1300 МПа, у той час як у сталевій арматурі цей показник складає близько 550 МПа. Завдяки цьому композитна арматура здатна витримувати значно більші навантаження без деформацій і руйнування. Хоча початкова вартість таких елементів вища, з часом вона окупається, оскільки відпадає необхідність у частому ремонті або заміні бетонних елементів. Таким чином, застосування композитної арматури забезпечує економію коштів і підвищує надійність споруд у довгостроковій перспективі.

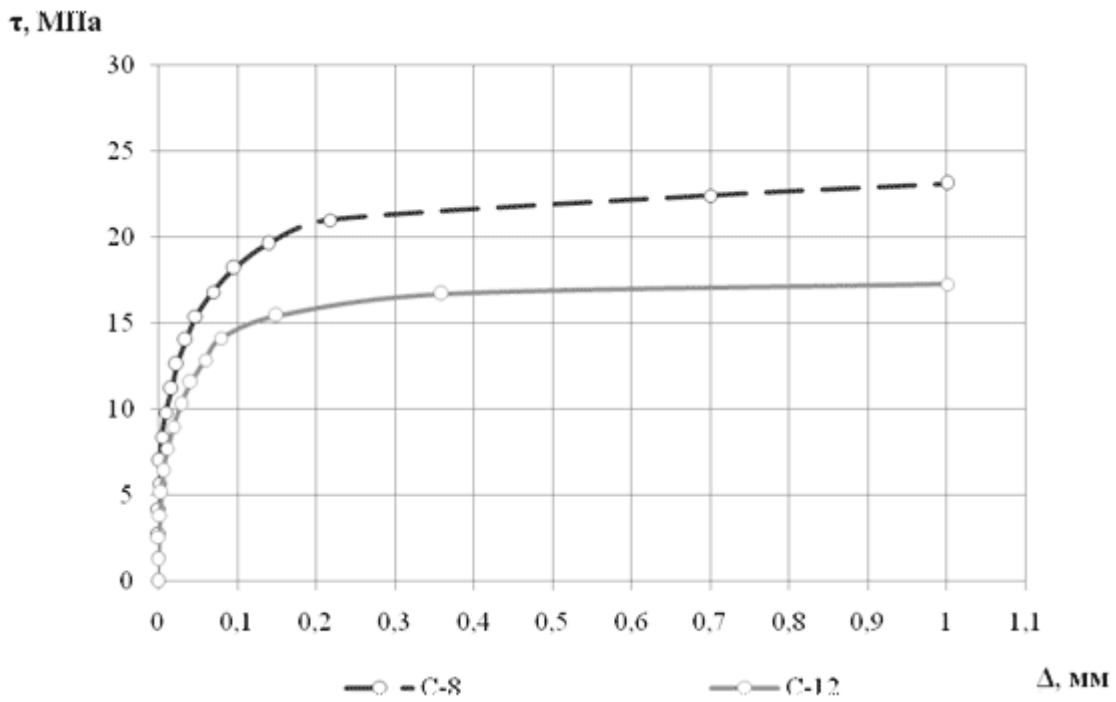


Рисунок 6.4 – Залежність дотичних напружень-деформацій зсуву для склопластикової арматури $\varnothing 8, 12$ мм.

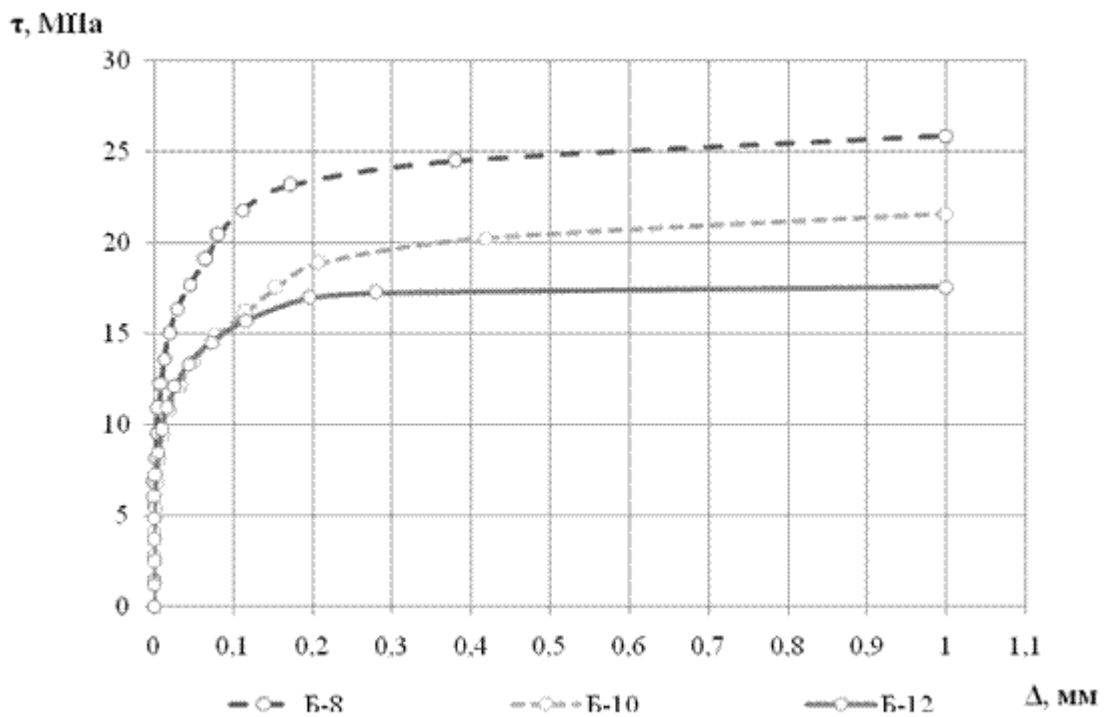


Рисунок 6.5 – Залежність дотичних напружень-деформацій зсуву для базальтопластикової арматури $\varnothing 8, 10, 12$ мм.

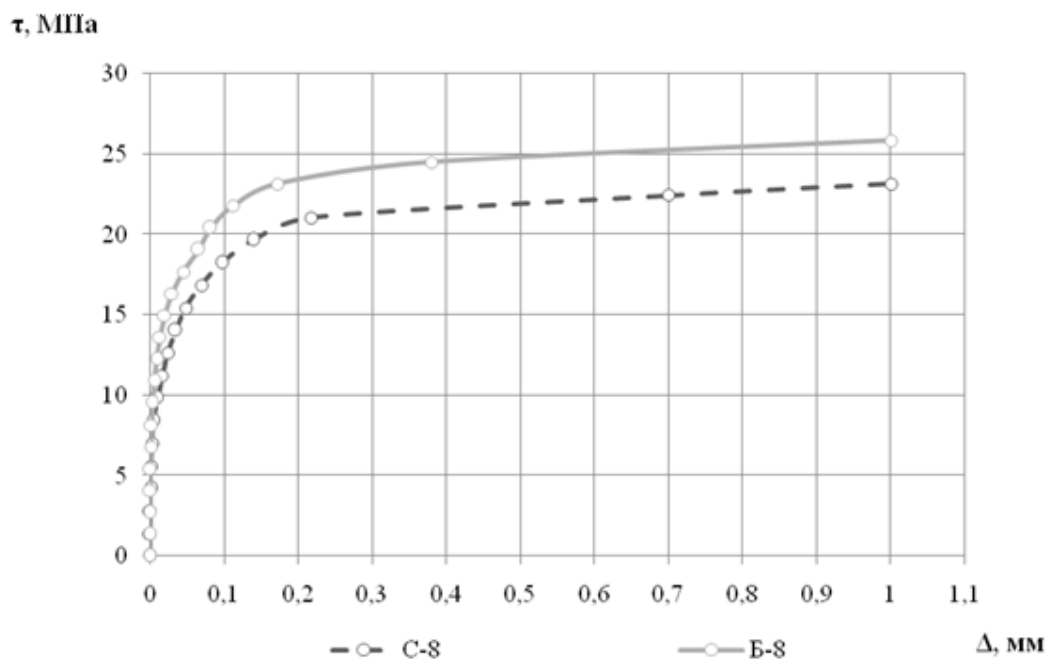


Рисунок 6.6 – Залежність дотичних напружень-деформацій зсуву для склопластикової і базальтопластикової арматури $\varnothing 8$ мм.

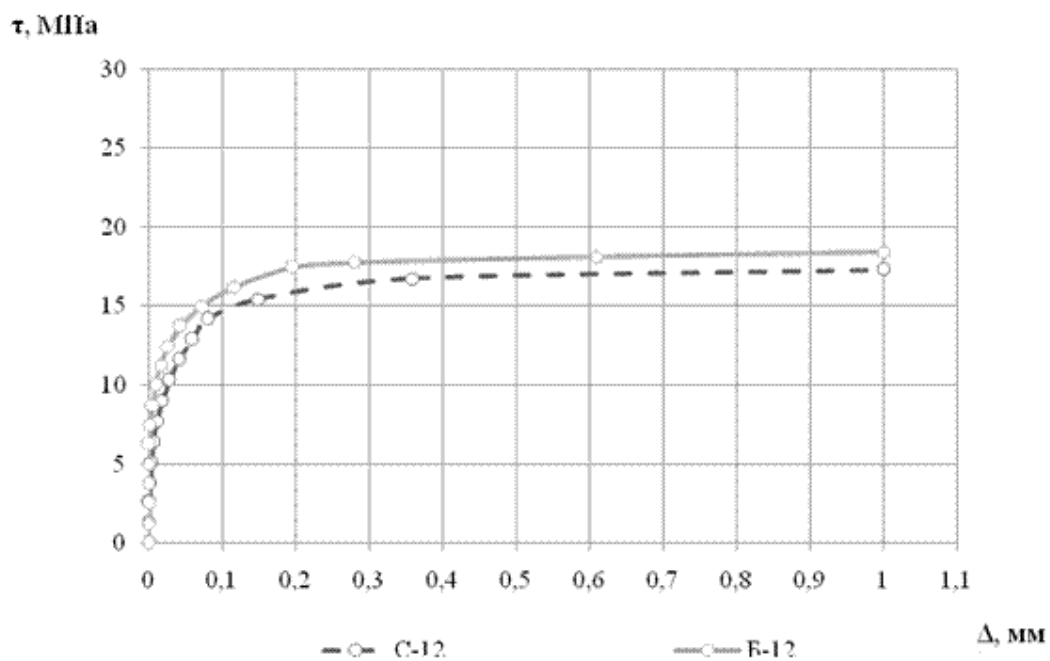


Рисунок 6.7 – Залежність дотичних напружень-деформацій зсуву для склопластикової і базальтопластикової арматури $\varnothing 12$ мм.

6.7. Еквівалентний підбір композитної арматури для проєктованих конструкцій

Згідно архітектурно-конструктивного розділу для проєкту було виконано розрахунки таких конструкцій: монолітного ребристого перекриття, включаючи плиту, другорядні та головну балки, а також колони середнього ряду.

Алгоритм розрахунку армування плити – Додаток Г1.

Алгоритм розрахунку армування другорядної балки – Додаток Г2.

Алгоритм розрахунку армування головної балки – Додаток Г3.

Алгоритм розрахунку армування колони середнього ряду – Додаток Г4.

У науковій частині виконано аналіз робочого армування та здійснено еквівалентний (рівноміцнісний) підбір площ композитної арматури по відношенню до металевої для зазначених конструкцій, запроєктованих у розділі 2. Результати підбору представлені в таблиці 6.4.

Також варто зауважити, що якщо застосувати розглянуті композитні матеріали, зокрема АКС 600 або подібні за технічними характеристиками, для армування всієї конструкції цілком, то вагу каркасів (сіток) і стрижнів можна зменшити у 4-5 разів у порівнянні з металевим варіантом.

У свою чергу це зробить будівельні конструкції, виготовлені з важкого бетону, легшими на понад 3 %.

Таблиця 6.4 – Еквівалентна заміна металевої арматури на композитну

1. Плита монолітного перекриття				
(1 м умовно виділеної смуги)				
1.1. Крайній проліт				
Вид, клас арматури, розрахункове значення опору на розтяг	Характеристики			
	Діаметр стрижня Ø, мм	Зусилля розриву, 1 стр., Н	Кількість стрижнів	Площа армування, см ²
Арматура металева класу Вр-I ($A_s = 360 \text{ МПа}$)	5	7 068	10	1,96
Арматура композитна полімерна склопластикова АКС 600 ($f_{fd} = 400 \text{ МПа}$)	5	7 850	8	1,57
1.2. Середній проліт				
Вид, клас арматури, розрахункове значення опору на розтяг	Характеристики			
	Діаметр стрижня Ø, мм	Зусилля розриву 1 стр., Н	Кількість стрижнів	Площа армування, см ²
Арматура металева класу Вр-I ($A_s = 360 \text{ МПа}$)	5	7 068	10	1,96
Арматура композитна полімерна склопластикова АКС 600 ($f_{fd} = 400 \text{ МПа}$)	6	11 304	7	1,98
2. Другорядна балка монолітного перекриття				
2.1. Крайні прольоти				
Вид, клас арматури, розрахункове значення опору на розтяг	Характеристики			
	Діаметр стрижня Ø, мм	Зусилля розриву, 1 стр., Н	Кількість стрижнів	Площа армування, см ²
Арматура металева класу А400С ($A_s = 365 \text{ МПа}$)	25	179 078	2	9,82
Арматура композитна полімерна склопластикова АКС 600 ($f_{fd} = 400 \text{ МПа}$)	22	151 978	2	7,6
2.2. Перші проміжні підпори				
Вид, клас арматури, розрахункове значення опору на розтяг	Характеристики			
	Діаметр стрижня Ø, мм	Зусилля розриву, 1 стр., Н	Кількість стрижнів	Площа армування, см ²
Арматура металева класу А240 ($A_s = 225 \text{ МПа}$)	14	34 619	5	7,96
Арматура композитна полімерна склопластикова АКС 600 ($f_{fd} = 400 \text{ МПа}$)	12	45 218	6	6,97

3. Головна балка монолітного перекриття (розрахункові перерізи 1 – 3)				
Вид, клас арматури, розрахункове значення опору на розтяг	Характеристики			
	Діаметр стрижня Ø, мм	Зусилля розриву, 1 стр., Н	Кількість стрижнів	Площа армування, см ²
Арматура металева класу А400С ($A_s = 365 \text{ МПа}$)	12	41 260	4	4,52
	18	92 834	2	5,09
	25	179 078	2	9,82
Арматура композитна полімерна склопластикова АКС 600 ($f_{fd} = 400 \text{ МПа}$)	12	45 216	4	4,52
	16	80 384	2	3,83
	25	196 250	2	9,82
4. Колона				
Вид, клас арматури, розрахункове значення опору на розтяг	Характеристики			
	Діаметр стрижня Ø, мм	Зусилля розриву, 1 стр., Н	Кількість стрижнів	Площа армування, см ²
Арматура металева класу А240 ($A_s = 225 \text{ МПа}$)	18	57 226	4	10,18
Арматура композитна полімерна склопластикова АКС 600 ($f_{fd} = 400 \text{ МПа}$)	18	101 736	4	10,18

6.8. Висновки до наукового розділу

У ході дослідження встановлено, що композитна арматура є ефективною альтернативою сталевій за показниками міцності, корозійної стійкості та довговічності. Її застосування дозволяє збільшити термін служби бетонних конструкцій до 80-100 років в агресивних умовах експлуатації.

Порівняльний аналіз сталевий та склопластиковий арматури підтвердив можливість їх рівномірної заміни за умови коректного еквівалентного підбору діаметрів і площ армування. При цьому маса армування зменшується у 3-5 разів без втрати несучої здатності конструкцій.

Узагальнення практичного досвіду показало доцільність застосування неметалевої композитної арматури в дорожніх, гідротехнічних, багатошарових та попередньо напружених конструкціях. Врахування кліматичних, силових і довготривалих впливів забезпечує стабільність її фізико-механічних характеристик.

Експериментальні дослідження зчеплення композитної арматури з бетоном підтвердили достатній рівень адгезії для використання в несучих елементах. Запровадження знижувальних коефіцієнтів при розрахунку дозволяє забезпечити необхідну надійність і безпеку проектних рішень.

Список використаної літератури

1. ДБН А.3.1-5-2016. Організація будівельного виробництва.
2. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві.
3. ДБН В.1.1-7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.
4. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво в сейсмічних районах України.
5. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінбуд України, 2006. – 72 с.
6. ДБН В 1.2-14-2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд
7. ДБН В.2.1-10-2018. Основи і фундаменти будівель та споруд.
8. ДБН В.2.2-9-2018. Громадські будинки та споруди. Основні положення.
9. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій.
10. ДБН В.2.2-15:2019. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення.
11. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення.
12. ДБН В.2.5-64-2012. Внутрішній водопровід і водовідведення.
13. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель.
14. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення.
15. ДБН В.2.6-161:2010. Конструкції будівель та споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення.
16. ДБН В.2.6-162:2010. Конструкції будівель та споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу.
17. ДБН В.2.6-163:2010. Конструкції будівель та споруд. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу.
18. ДСТУ 3760:2019. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови. (ISO 6935-2:1991, NEQ). – К.: Держспоживстандарт України, 2007.
19. ДСТУ Б А.3.1-22:2013. Визначення тривалості будівництва об'єктів".
20. ДСТУ Н Б.В.1-27-2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія.
21. ДСТУ Б В.2.6-11. Блоки дверні металеві протиударні вхідні в квартири. Загальні

технічні умови.

22. ДСТУ Б В.2.6-203:2015. Настанова з виконання робіт при виготовленні та монтажі будівельних конструкцій.

23. ДСТУ Б В.2.7-61-2008. Цегла і камені керамічні. Технічні умови.

24. ДСТУ Б В.2.7-215:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Правила підбору складу.

25. ДСТУ Б В.2.7-239-2010. Будівельні матеріали. Розчини будівельні. Загальні технічні умови.

26. ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 Правила визначення вартості будівництва.

27. ДСТУ Б Д.2.4-1/21:2012 Ресурсні елементні кошторисні норми.

28. ДСТУ 8943:2019 Труби сталеві електрозварні. Технічні умови

29. С.В. Ротко, О.А. Ужегова, І.В. Задорожнікова. Розрахунок кам'яних і армокам'яних конструкцій: Навчальний посібник / За редакцією д.т.н., проф. Барашикова А.Я. – Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2010. – 355 с.

30. Ужегова О.А. Розрахунок і конструювання плити з круглими порожнинами. Методичні поради. – Луцьк: ЛНТУ, 2011. – 24 с.

31. Технологія будівельного виробництва: конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, освітньо-професійної програми «Будівництво та цивільна інженерія», галузі знань 19 Архітектура та будівництво, спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія, денної та заочної форм навчання / уклад. О.В. Андрійчук – Луцьк: Луцький НТУ, 2020. – 68 с.

32. Технологія будівництва [текст]: Методичні вказівки до практичних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, освітньо-професійної програми «Архітектура та містобудування», галузі знань 19 Архітектура та будівництво, спеціальності 191 Архітектура та містобудування, денної та заочної форм навчання / уклад. О.В. Андрійчук. – Луцьк: Луцький НТУ, 2020. – 36 с.

33. Кошторисні норми України. Ресурсні кошторисні норми експлуатації будівельних машин та механізмів.

34. Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://sad.ukr.bio/ua/articles/10174/>. 26.09.2014.

