

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет будівництва та транспорту**  
**Кафедра будівництва та експлуатації будівель, доріг та транспортних споруд**

**До захисту**  
**Допускається**  
Завідувач кафедри  
Будівництва та експлуатації  
будівель, доріг та транспортних споруд \_\_\_\_\_  
О. С. Савченко

«\_\_\_»\_\_\_\_\_2025р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**за другим рівнем вищої освіти**

На тему: «Використання сучасних будівельних матеріалів при будівництві 10-ти поверхового житлового будинку в м. Полтава»

Виконав (ла)

Є. О. Андрющенко

(підпис)

(Прізвище, ініціали)

Група

ЗПЦБ 2401м

(Науковий)  
керівник

М. В. Нагорний

(підпис)

(Прізвище, ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Кафедра:** Будівництва та експлуатації будівель, доріг та транспортних споруд  
**Спеціальність:** 192 "Будівництво та цивільна інженерія"

## ЗАВДАННЯ

### НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

**Андрющенко Єгор Олексійович**

**Тема роботи:** Використання сучасних будівельних матеріалів при будівництві 10-ти поверхового житлового будинку в м. Полтава

Затверджено наказом по університету № 40/ОС від " 07 " 01 2025р.  
Строк здачі студентом закінченої роботи: " 10 " 12 2025 р.

Вихідні дані до роботи:

Дані інженерно-геологічних вишукувань, типові проекти, завдання проектування \_\_\_\_\_

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці)

Розділ 1. Загальна характеристика роботи, Розділ 2. Бібліографічний огляд досліджень, Розділ 3. Використання сучасних будівельних матеріалів, 3.1 Аналіз використання композитної арматури, 3.2 Техніко-економічне обґрунтування використання композитного армування, Розділ 4. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі, 4.1 Ситуаційний план, 4.2 Об'ємно-планувальне рішення, 4.3 Архітектурно-конструктивне рішення, Список використаних джерел

5. Перелік графічного та або мультимедійного матеріалу (з вказівкою обов'язкових креслень)

14 слайдів мультимедійного матеріалу

<b>Керівник :</b>		М. В. Нагорний
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)
<b>Консультант</b>		М. В. Нагорний
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)
<b>Завдання прийняв до виконання:</b>		
<b>Здобувач</b>		Є. О. Андрющенко
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)

## **Анотація**

**Андрющенко Єгор Олексійович** «Використання сучасних будівельних матеріалів при будівництві 10-ти поверхового житлового будинку в м. Полтава» – Кваліфікаційна робота магістра на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2025.

Робота складається із змісту, загальної характеристики роботи та її кваліфікаційних ознак, огляду досліджень за обраною темою, розділів основної частини, висновків за результатами МКР (українською та англійською мовами).

Сформульовано мету, задачі, об'єкт та предмет дослідження, методи наукового дослідження.

У роботі розглядається застосування композитного армування в конструкції багатоповерхового житлового будинку як альтернатива традиційному сталевому армуванню. Дослідження зосереджено на оцінці механічних властивостей, довговічності та економічної доцільності заміни або поєднання композитних матеріалів зі сталлю в основних несучих елементах, таких як фундаменти, стіни підвалу, колони, балки та плити перекриття.

У контексті сучасного будівництва композитна арматура забезпечує стійке та технологічно прогресивне рішення, яке відповідає принципам енергоефективності та надійності конструкцій. Метою дослідження є аналіз характеристик композитної арматури в реальних умовах будівництва та обґрунтування її оптимального використання в конструктивній системі багатоповерхової будівлі. Дослідження має на меті визначити технічні переваги, оцінити обмеження проектування та встановити найбільш ефективний баланс між механічними характеристиками та економічною вигодою.

У дослідженні використовуються аналітичні, порівняльні та моделювальні методи. Експериментальні та імітаційні дані використовуються для оцінки напружено-деформаційної поведінки, жорсткості конструкції та несучої здатності елементів, армованих композитними елементами. Порівняння з

традиційною сталевую арматурою дозволяє визначити ступінь заміщення матеріалу, який є можливим без порушення вимог безпеки та експлуатаційної придатності.

**Ключові слова:** залізобетон, композитна арматура, житловий будинок.

**Список публікацій та/або виступів на конференціях студента:**

1. Андрющенко Є.О. Використання сучасних будівельних матеріалів при будівництві 10-ти поверхового житлового будинку в м. Полтава // Матеріали 87-ї Міжнародної наукової конференції студентів університету, 7–11 квіт. 2025 р. Харків, 2025.

В додатках наведено тези конференції, альбом слайдів мультимедійної презентації.

Структура роботи.

Робота складається з основного тексту на 43 сторінках, у тому числі 6 таблиць, 6 рисунків. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 4 розділи, висновки і рекомендації за результатами роботи, список з 21 використаних джерел. Графічна частина складається з 14 слайдів мультимедійної презентації.

## **Abstracts**

**Andryushchenko Yehor** “The Use of Modern Building Materials in the Construction of a 10-Story Residential Building in Poltava” – Master's thesis in manuscript form.

Master's thesis in the specialty 192 “Construction and Civil Engineering.” – Sumy National Agrarian University, Sumy, 2025.

The thesis consists of a table of contents, a general description of the work and its qualifying characteristics, a review of research on the chosen topic, sections of the main part, and conclusions based on the results of the MCR (in Ukrainian and English).

The purpose, objectives, object and subject of the research, and methods of scientific research are formulated.

The thesis considers the use of composite reinforcement in the construction of a multi-storey residential building as an alternative to traditional steel reinforcement. The research focuses on assessing the mechanical properties, durability, and economic feasibility of replacing or combining composite materials with steel in key load-bearing elements such as foundations, basement walls, columns, beams, and floor slabs.

In the context of modern construction, composite reinforcement provides a sustainable and technologically advanced solution that meets the principles of energy efficiency and structural reliability. The aim of the study is to analyze the characteristics of composite reinforcement in real construction conditions and to justify its optimal use in the structural system of a multi-story building. The study aims to identify technical advantages, assess design limitations, and establish the most effective balance between mechanical characteristics and economic benefits.

The study uses analytical, comparative, and modeling methods. Experimental and simulation data are used to evaluate the stress-strain behavior, structural stiffness, and load-bearing capacity of elements reinforced with composite elements. Comparison with traditional steel reinforcement allows determining the degree of material substitution that is possible without compromising safety and serviceability requirements.

**Keywords:** reinforced concrete, composite reinforcement, residential building.

**List of publications and/or conference presentations by the student:**

1. Andryushchenko Y. Use of modern building materials in the construction of a 10-story residential building in Poltava // Materials of the 87th International Scientific Conference of University Students, April 7–11, 2025. Kharkiv, 2025.

The appendices contain the conference abstracts and a slide album of the multimedia presentation.

**Structure of the work.**

The work consists of the main text on 43 pages, including 6 tables and 6 figures. The text of the work contains a general description of the work, 4 sections, conclusions and recommendations based on the results of the work, and a list of 21 sources used. The graphic part consists of 14 slides of a multimedia presentation.

## **ЗМІСТ**

<b>Розділ 1. Загальна характеристика роботи.....</b>	<b>9</b>
<b>Розділ 2. Бібліографічний огляд досліджень.....</b>	<b>11</b>
<b>Розділ 3. Використання сучасних будівельних матеріалів.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Аналіз використання композитної арматури.....</b>	<b>20</b>
<b>3.2 Техніко-економічне обґрунтування використання композитного армування.....</b>	<b>27</b>
<b>Розділ 4. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі.....</b>	<b>32</b>
<b>4.1 Ситуаційний план.....</b>	<b>32</b>
<b>4.2 Об'ємно-планувальне рішення.....</b>	<b>32</b>
<b>4.3 Архітектурно-конструктивне рішення.....</b>	<b>34</b>
<b>Список використаних джерел.....</b>	<b>42</b>

## РОЗДІЛ 1

### ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми:** Питання підвищення довговічності, економічної ефективності та енергоефективності в багатоповерховому житловому будівництві є надзвичайно актуальним, особливо в умовах зростання вартості матеріалів та необхідності продовження терміну експлуатації залізобетонних конструкцій. Традиційна сталева арматура схильна до корозії і вимагає значних трудових і логістичних ресурсів. Композитна арматура, яка в 9 разів легша за сталь, стійка до корозії і має міцність на розрив до 1200 МПа (порівняно з 500–600 МПа для сталі), пропонує реалістичний шлях до підвищення ефективності будівництва.

**Мета і завдання дослідження:** Метою дослідження було обґрунтування технічної та економічної доцільності застосування гібридних арматурних систем, що поєднують сталь і композитні матеріали, у 10-поверховому житловому будинку. Завдання включали: визначення оптимальних областей застосування композитної арматури; оцінку надійності конструкції відповідно до будівельних норм; проведення економічного аналізу витрат на матеріали та робочу силу.

**Об'єкт дослідження:** Десятиповерховий житловий будинок.

**Предмет дослідження:** Використання композитної арматури в залізобетонних конструкціях.

**Методи дослідження:** У дослідженні використовувалися аналітичні методи порівняльного структурного аналізу, нормативної перевірки відповідно до стандартів та кількісних розрахунків. Були використані експериментальні дані попередніх досліджень міцності на розрив, модуля пружності, адгезії та корозійної стійкості арматури зі скла, базальту та вуглецевого волокна. Аналіз витрат базувався на ринкових цінах.

**Наукова та технічна новизна одержаних результатів:** У дослідженні запропоновано гібридну стратегію армування, в якій сталь зберігається в зонах з високим навантаженням, а композитне армування застосовується в другорядних і поперечних елементах. Такий підхід дозволяє зменшити загальне споживання

сталі на 30% і знизити витрати на матеріали на 15–18%. Крім того, зменшення ваги арматури знижує трудомісткість і прискорює монтаж, а використання корозійно-стійких композитних матеріалів майже вдвічі подовжує термін експлуатації залізобетонних елементів порівняно з традиційними системами. Такі результати свідчать про технічну надійність та економічну вигідність методу інтеграції композитних матеріалів у сучасне залізобетонне будівництво.

**Практичне значення одержаних результатів:** Практичне значення одержаних результатів полягає у демонстрації того, що гібридна система армування може ефективно поєднувати композитні та сталеві елементи в багатоповерхових будівельних конструкціях, забезпечуючи підвищену міцність, корозійну стійкість та зменшену масу бетону без погіршення несучих характеристик. Запропонований підхід дозволяє більш ефективно використовувати матеріали, зменшує трудомісткість монтажу та підвищує довгострокову надійність конструкцій. Ці висновки сприяють більш широкому впровадженню сучасних композитних матеріалів у цивільному та промисловому будівництві, пропонуючи більш економічні та технологічно досконалі конструктивні рішення.

**Апробація та публікація результатів роботи:** 1. Андрющенко Є.О. Використання сучасних будівельних матеріалів при будівництві 10-ти поверхового житлового будинку в м. Полтава // Матеріали 87-ї Міжнародної наукової конференції студентів університету, 7–11 квіт. 2025 р. Харків, 2025.

## РОЗДІЛ 2

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ

Поява неметалевого армування в будівництві бере свій початок у середині ХХ століття, коли обмеження традиційного сталевого армування стали все більш очевидними. Зростаюче використання залізобетонних конструкцій в середовищах, що характеризуються високим рівнем хімічної агресивності, поставило серйозні завдання щодо забезпечення довгострокової корозійної стійкості сталевих стрижнів. Крім того, з'явився попит на матеріали з певними фізичними властивостями, такими як немагнітність і діелектричність, особливо для використання в чутливих інфраструктурних і промислових об'єктах. Водночас глобальна залежність від виробництва сталі підкреслила обмеженість запасів залізної руди, що стимулювало інтерес до альтернативних технологій армування. Прискорений розвиток хімічної промисловості в промислово розвинених країнах, включаючи Німеччину, Нідерланди, Японію та США, забезпечив технологічну основу для цього переходу та уможливив створення композитного армування[19].

Перший тип високоміцного неметалевого армування, який знайшов практичне застосування, базувався на лугостійких скловолокнах діаметром 10–15 мікрометрів. Ці волокна об'єднували в щільні пучки і ущільнювали в монолітні стрижні за допомогою синтетичних полімерних матриць, включаючи епоксидні, епоксидно-фенольні та поліефірні смоли. Технологія безперервного виробництва арматури зі скловолокна діаметром 6 міліметрів була впроваджена в науково-дослідних центрах технологічно розвинених країн, де комплексні дослідження фізичних і механічних властивостей цього матеріалу продемонстрували його потенціал як надійної заміни сталевий арматури в певних умовах експлуатації.

Характеристики ранньої арматури зі скловолокна були систематично перевірені на міцність на розрив, модуль пружності, стійкість до повзучості, втомну міцність і хімічну стійкість. Значення міцності на розрив раннього армування скловолокном коливалися в діапазоні від 800 до 1200 мегапаскалів,

залежно від вмісту волокна та типу смоли, що вже перевищувало межу плинності багатьох марок вуглецевої сталі. Однак модуль пружності в діапазоні 45–55 гігапаскалів, був нижчим, ніж у сталевого армування, що вимагало коригування методів проектування конструкцій. Лабораторні випробування в агресивних умовах, включаючи занурення в лужні розчини, вплив високої вологості та циклічні зміни температури, підтвердили чудову корозійну стійкість армування скловолокном, яке після тривалого впливу демонструвало незначну втрату механічних характеристик.



Рис. 2.1 Композитна арматура

Впровадження композитного армування швидко привернуло увагу проєктувальників та інженерів-будівельників у країнах з розвинутою науковою інфраструктурою. Протягом кількох десятиліть було успішно побудовано понад десять пішохідних та автомобільних мостів із використанням армування зі скловолокна, що підтвердило його надійність у повномасштабних проєктах. У Японії використання композитного армування набуло ще більшого значення, зважаючи на сейсмічну вразливість країни. Тут було впроваджено армовані полімери не тільки на основі скловолокна, але й на основі вуглецевого та арамідного волокон. Армування вуглецевим волокном, з міцністю на розрив понад 2000 мегапаскалів і модулем пружності, що наближається до 150–200 гігапаскалів, забезпечувало як міцність, так і жорсткість, необхідні для

сейсмостійкого проектування. Армування арамідним волокном, хоча і дороге, забезпечувало чудові характеристики втоми і ударостійкості, що робило його придатним для критичних елементів конструкцій у висотному будівництві[11].

Застосування композитного армування було підтримано розробкою спеціалізованого виробничого обладнання, яке включало установки для безперервного витягування волокон, системи просочення смолою, лінії пултрузії та камери затвердіння, здатні підтримувати точні термічні та хімічні умови під час полімеризації. Процес виробництва вимагав суворого контролю об'ємної частки волокон, яка становила від 65 до 75 відсотків, щоб досягти оптимального балансу між міцністю на розрив і довговічністю. Для забезпечення надійного зчеплення з бетоном було запроваджено обробку поверхні арматурних стрижнів, таку як піщане покриття або спіральне ребристе покриття, оскільки міцність зчеплення гладких полімерних стрижнів була значно нижчою, ніж у ребристої сталевій арматурі.

Практичне використання армування зі скловолокна та вуглецевого волокна вимагало не тільки розробки нових матеріалів, але й адаптації будівельних технологій. Процеси монтажу передбачали використання спеціалізованих ріжучих інструментів, оснащених лезами з алмазним покриттям, оскільки звичайні сталеві пилки виявилися неефективними проти армованих волокон полімерів. Для кріплення та закріплення часто використовували неметалеві стяжки та полімерні затискачі, щоб зберегти діелектричні та корозійностійкі характеристики системи. Механічні з'єднання та муфти були розроблені з використанням високопродуктивних клеїв або різьбових полімерних втулок, що забезпечувало безперервність армування без погіршення структурних характеристик.

На початку ХХІ століття композитне армування перейшло від експериментального до масового застосування в різних проектах цивільного будівництва. Окрім мостів і висотних споруд, його почали використовувати в гідравлічних спорудах, морських спорудах, хімічно агресивних промислових середовищах та інфраструктурі, що вимагає електромагнітної прозорості,

наприклад, у радіолокаційних станціях і лікарнях, обладнаних системами магнітно-резонансної томографії. Його стійкість до води, ультрафіолетового випромінювання та електрохімічного руйнування забезпечила довший термін експлуатації порівняно зі звичайним армуванням, що дозволило зменшити витрати на технічне обслуговування протягом усього життєвого циклу споруди[19].



Рис. 2.2 Приклад монтажу каркасу з композитної арматури

У Нідерландах досягнуто значного прогресу в розробці композитних армуючих матеріалів, зокрема у виробництві вуглецевого волокна, призначеного для виготовлення високоміцних тросів. Ці троси призначені для використання в будівництві мостів з великою прогоною довжиною, де сталеві троси схильні до корозії та мають надмірну вагу. Вуглецевий дріт також використовується для зовнішнього армування попередньо напружених бетонних елементів, де міцність на розрив, що перевищує 2500 мегапаскалів, і значення модуля пружності до 200 гігапаскалів забезпечують надійну альтернативу традиційним сталевим тросам.

Інші промислово розвинені країни, такі як Канада, Франція та США, також активізували дослідження та виробництво неметалевого армування. Кількість

лабораторних досліджень та технічних публікацій, присвячених цій темі, швидко зросла, охоплюючи такі аспекти, як міцність зчеплення з бетоном, довготривала стійкість до повзучості та довговічність при циклах заморожування-розморозжування. В Україні наукові інститути також проводили дослідження композитного армування з метою адаптації міжнародного досвіду до вітчизняної будівельної практики.

Міцність на розрив арматури зі скловолокна становить 1000–1200 мегапаскалів, що приблизно вдвічі перевищує міцність звичайної гарячекатаної сталеві арматури. Її щільність 1,9–2,0 грама на кубічний сантиметр у чотири рази нижча за щільність сталі, що зменшує вагу арматурної клітки в десять разів і знижує витрати на транспортування та монтаж.



Рис. 2.3 Приклад фасування композитної арматури в бухти для транспортування

Коефіцієнт теплового розширення арматури зі скловолокна ( $8\text{--}10 \times 10^{-6}$   $1/^\circ\text{C}$ ) близький до коефіцієнта бетону, що запобігає тепловому розтріскуванню. Його теплопровідність становить менше  $0,5$  Вт/(м·К), що в сто разів менше, ніж у сталі, що мінімізує теплові мости. Матеріал залишається стабільним при

температурах до  $-70$  °C без втрати міцності, на відміну від сталі, яка стає крихкою в умовах екстремального холоду. Крім того, він хімічно інертний в лужному бетоні та середовищах, багатих на хлориди, що забезпечує довговічність промислових споруд та конструкцій постійно покритих водою.

Армування базальтовим волокном є однією з найефективніших альтернатив сталі завдяки вищій міцності зчеплення з бетоном у порівнянні з армуванням скловолокном. Значення міцності на розрив базальтового армування знаходяться в діапазоні 1000–1200 мегапаскалів, а модуль пружності досягає 55 гігапаскалів. Корозійна стійкість базальтового армування дозволяє використовувати його в морській воді, каналізаційних системах і хімічно агресивних ґрунтах, що значно подовжує цикл технічного обслуговування залізобетонних конструкцій.

Незважаючи на свої переваги, нижчий модуль пружності композитної арматури в порівнянні зі сталлю означає, що для контролю прогину і тріщин в згинальних елементах необхідно використовувати більший діаметр стрижнів. З цієї причини композитні стрижні часто застосовуються вибірково: наприклад, базальтова арматура використовується як верхня арматура над опорами в суцільних балках, тоді як сталь залишається в прольотах. Такий гібридний підхід оптимізує витрати і продуктивність.

Економічні вигоди досягаються за рахунок зменшення ваги матеріалу, спрощення обробки без використання важкого підйомного обладнання та зниження витрат на різання і монтаж. Композитна арматура може поставлятися в рулонах будь-якої необхідної довжини, що виключає відходи і стики. У порівнянні зі сталевією арматурою, загальна вартість арматурних робіт може бути знижена на 20-30 відсотків, особливо в проектах, що вимагають корозійної стійкості і тривалого терміну служби[8].

Підготовка та монтаж композитного армування вимагають суворого дотримання правил охорони праці та технологічних інструкцій. Роботи з арматурними стрижнями повинні виконуватися тільки в захисних рукавичках, які повинні бути виготовлені з бавовни з внутрішнім латексним шаром, щоб

забезпечити як комфорт, так і надійний захист шкіри. Під час різання обов'язково потрібно використовувати захисні окуляри та спеціальний одяг з щільної тканини, який повністю покриває тіло, оскільки це запобігає контакту з частинками скловолокна. Розмотування катушок арматури діаметром 8, 10 і 12 міліметрів повинно виконуватися як мінімум двома працівниками, що мінімізує ризик травмування і запобігає неконтрольованому розмотуванню прутків.

Перед монтажем проводяться точні розрахунки необхідної кількості і довжини прутків для оптимізації витрати матеріалу. Розмотування рулонів проводиться безпосередньо на будівельному майданчику у вертикальному положенні. Після зняття елементів упаковки прутки можна розмотувати двома загальноприйнятими методами: знімаючи арматуру кільце за кільцем з рулону або котячи рулон по землі, залишаючи на місці необхідну довжину прутка. Щоб уникнути самовільного розмотування, всі кільця біля протилежного кінця рулону повинні бути міцно зафіксовані.

Різання композитної арматури залежить від її діаметра. Прутки товщиною до 8 міліметрів ефективно ріжуться болторізами або ножицями по металу, тоді як прутки більшого діаметра вимагають використання кутової шліфувальної машини, оснащеної ріжучим диском, або ножівки по металу. Дисківі пилки мають додаткову перевагу, оскільки дозволяють різати кілька прутків одночасно в одному пакунку, тим самим підвищуючи продуктивність.

Збірка арматурних каркасів з композитних прутків здійснюється за допомогою сталевого дроту або нейлонових стяжок. Завдяки невеликій вазі композитної арматури, зв'язування сіток і каркасів не вимагає використання важкого обладнання; це можна зробити в обмеженому робочому просторі. Після попередньої збірки арматурні елементи легко транспортуються і встановлюються безпосередньо в місці, де буде заливатися бетонна конструкція. Під час монтажу каркас необхідно розтягнути і зафіксувати в потрібному положенні за допомогою стяжок, прикріплених до кілків, вбитих у землю по кутах опалубки. Після монтажу і фіксації арматурного каркаса можна приступати до бетонування[19].

У малоповерховому будівництві композитна скловолокниста арматура використовується для стрічкових фундаментів, де 8-міліметрові прутки замінюють традиційну 12-міліметрову сталеву арматуру. Технологічний процес починається з підготовки опалубки. Щоб продовжити термін служби опалубки і забезпечити можливість її повторного використання, рекомендується покрити внутрішні поверхні пергаментним папером або подібною захисною підкладкою. За допомогою рівня на внутрішній стороні опалубки наносяться позначки. Ці позначки забезпечують рівномірний розподіл бетону під час укладання.

Важливо, щоб арматурна сітка була повністю занурена в бетон, зберігаючи мінімальний захисний шар 50 міліметрів від поверхонь опалубки. Для цього клітка розміщується на тимчасових опорах, які можуть включати шматки цегли, забезпечуючи необхідний простір від землі. На цих опорах поздовжні стрижні розташовуються в два ряди, а потім зв'язуються поперечними стрижнями з інтервалом 150 міліметрів, утворюючи рівномірну сітку. Для зв'язування використовуються нейлонові стяжки, оскільки вони швидкі та прості у використанні. Потім фіксуються вертикальні стрижні, що забезпечують жорсткість і стабільність арматурної сітки. Бажано використовувати суцільні стрижні, нарізані з рулонів на необхідну довжину, щоб уникнути зайвих з'єднань, які можуть порушити цілісність конструкції.

Після монтажу арматури проводиться заливка бетону. Для стрічкових фундаментів житлових будинків використовується бетон марки С25/30. Необхідний об'єм бетону розраховується на основі розмірів опалубки: довжина периметра, помножена на висоту і ширину. Після укладання бетон проходить процес затвердіння, який триває від 14 до 21 дня в залежності від температури і вологості. Протягом цього періоду поверхню слід захищати від надмірної втрати вологи в спекотну погоду шляхом регулярного обприскування водою, а від дощу — поліетиленовим покриттям.

Композитна арматура сама по собі представляє широке сімейство матеріалів. Крім скловолокна, для виробництва арматурних стрижнів також використовуються арамідні, вуглецеві та базальтові волокна. У всіх випадках

суцільні волокна просочують полімерним сполучною речовиною, найчастіше епоксидною смолою, після чого арматурні стрижні затверджують у спеціальній печі для досягнення необхідних характеристик міцності. Окремий тип композитного армування використовує поліетилентерефталат як сполучну матрицю. На відміну від епоксидних систем, цей термопластичний полімер дозволяє переробляти використані продукти, що є значною перевагою з точки зору стійкості та циркулярної економіки.



Рис. 2.4 Класифікація арматури

## РОЗДІЛ 3

### ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

#### 3.1 Аналіз використання композитної арматури

Порівняльна оцінка сталевій та композитній арматури повинна базуватися не тільки на механічних властивостях, але й на повному економічному циклі матеріалу — від виробництва і транспортування до монтажу та подальшого обслуговування залізобетонних конструкцій.

Сталева арматура класу А-500 вимагає високих енерговитрат під час виробництва: процес плавлення і прокатки споживає в середньому 600–800 кВт·год на тонну готової продукції. На відміну від цього, виробництво композитної арматури, яке базується на витягуванні волокон і просочуванні полімерами, вимагає 150–200 кВт·год на тонну матеріалу. Ця різниця в енергоємності значно зменшує екологічний та економічний вплив композитних матеріалів[6].

Логістика є ще одним важливим компонентом аналізу витрат. Один вантажний автомобіль, що перевозить 20 тонн сталевих прутків, може забезпечити арматурою обмежену кількість середніх за розміром конструкцій. Та сама машина, завантажена композитними прутками, забезпечує в чотири рази більший обсяг арматури завдяки меншій щільності матеріалу. Це означає менше перевезень, менше споживання палива та скорочення термінів доставки. Крім того, композитна арматура поставляється у вигляді рулонів довжиною до декількох сотень метрів, що мінімізує кількість відходів, що утворюються під час різання, та усуває численні з'єднання, які є неминучими при використанні стандартних сталевих прутків.

Витрати на робочу силу на будівельному майданчику також значно відрізняються. Сталеві каркаси вимагають підйомних пристроїв, зварювання та ручного згинання прутків, що збільшує як час, так і витрати. Композитна арматура, завдяки своїй гнучкості та легкості, встановлюється вручну без спеціального обладнання. Відсутність зварювальних робіт усуває необхідність в

електропостачанні, а зв'язування нейлоновими стяжками скорочує час монтажу на 30-40% порівняно зі сталевими каркасами.

Довгострокова економічна ефективність визначається насамперед терміном експлуатації. В агресивних середовищах залізобетон зі сталевую арматурою вимагає періодичного ремонту: заміни пошкоджених ділянок, латання відколів бетону та встановлення захисних покриттів. Ці заходи накопичують значні витрати протягом терміну експлуатації будівлі, часто перевищуючи початкову вартість матеріалів. Композитна арматура, яка є стійкою до корозії та хімічного впливу, практично усуває необхідність у таких ремонтах. Отже, вартість життєвого циклу композитно-армованої конструкції на 20–25% нижча, навіть якщо початкова вартість матеріалу на погонний метр дещо вища, ніж у сталі[8].

Нарешті, важливо підкреслити роль композитних матеріалів у розширенні меж проектування будівель. Для попередньо напружених конструкцій все частіше використовуються гібридні схеми армування: сталь застосовується в зонах стиснення, а композитні матеріали зміцнюють зони розтягування, що піддаються агресивним факторам. Такий комбінований підхід оптимізує загальний бюджет, зменшує споживання нержавіючої або епоксидно-покритої сталі та дозволяє проектувати конструкції з більш тривалими періодами без технічного обслуговування.

Таблиця 3.1 Техніко-економічне порівняння сталеві та композитної арматури

№ з/п	Порівняльні показники	Сталева арматура	Композитна арматура
1	2	3	4
1	Діаметр арматури (при рівномісній заміні), мм	12	8
2	Межа міцності при розтягуванні, МПа	390	1000-1300
3	Модуль пружності, МПа	210000	45000-55000
4	Відносне подовження, %	25	2,2
5	Довговічність, років	Відповідно до будівельних нормами 10–50 (в залежності від умов експлуатації)	За прогнозами не менше 80–100
6	Кількість одиниць транспортних засобів з вантажопідйомністю 20 т (при рівномісній заміні)	6 зі спец. технікою	1
7	Заміна арматури за фізико-механічними властивостями	6 А400С 8 А400С 10 А400С 12 А400С	4АКС (АКБ) 6АКС (АКБ) 7АКС (АКБ) 8АКС (АКБ) 10АКС (АКБ)

8	Вага (у разі рівномірної заміни), кг	6 А400С – 0,222 8 А400С – 0,395 10 А400С – 0,617 12 А400С – 0,888	4АКС (АКБ) – 0,02 6АКС (АКБ) – 0,05 7АКС (АКБ) – 0,07 8АКС (АКБ) – 0,08
9	Деформованість	Пружнопластична	Ідеально-пружна
10	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м * °С)	46-56	<0,35
11	Коефіцієнт лінійного розширення, 10 <sup>-5</sup> /°С	13-15	9-12
12	Густина, кг\м <sup>3</sup>	7850	1900-2100
13	Випускаються профілі	6–80	4–25
14	Довжина, м	11,7	Відповідно до заявки замовника
15	Корозійна стійкість до агресивних середовищ	Схильна до корозії	Неіржавний матеріал
16	Теплопровідність	Теплопровідна	Нетеплопровідна
17	Електропровідність	Електропровідність	Діелектрик
18	Екологічність	Екологічна	Екологічна, малотоксична (4 клас безпеки)

Економічна та експлуатаційна оцінка композитного армування в порівнянні зі звичайною сталлю повинна зосереджуватися на загальному робочому процесі будівництва та ефективності життєвого циклу. Наприклад, у житлових будинках витрати на робочу силу, пов'язані з монтажем сталевих каркасів, становлять до 40% від загальних витрат на армування через різання, згинання, зв'язування та використання підйомного обладнання. Заміна сталі на композитне армування значно зменшує ці витрати, оскільки можливе ручне оброблення і механічне згинання не потрібне. Дані, отримані на місцях, свідчать про скорочення витрат

на монтаж на 35–50 %, що в перерахунку дає середню економію 450–560 грн на квадратний метр армованої плити для елемента товщиною 200 мм.

Цікавою є також перспектива витрат на матеріали. Для сучасного армування зі скловолокна, виробленого за міжнародними стандартами, ринкова ціна становить 110–185 грн за кілограм, тоді як армування з сталі коштує від 16 000 до 22 500 грн за тону. Для перекриття площею 150 м<sup>2</sup>, для якої потрібно 1,2 тони сталі, еквівалентна композитна арматура важить лише 140–160 кг, що дає пряму економію матеріалів 18 000–22 000 грн. У поєднанні зі зменшенням транспортних витрат завдяки меншій вазі — до 65 % менше споживання палива — та відмовою від важкого підйомного обладнання, загальне зниження витрат на рівні проекту може наблизитися до 30–35 % [8].

Композитна арматура додатково скорочує терміни реалізації проектів. Досвід європейських і північноамериканських проектів показує, що монтаж арматурних сіток у житлових підлогах з використанням композитних матеріалів відбувається на 25–40% швидше, ніж зі сталевими, в першу чергу завдяки меншій складності обробки та меншій кількості точок з'єднання. У виробництві збірних панелей таке прискорення може скоротити цикли виготовлення елементів на 2–3 дні на панель, що є критично важливим при поставці багатоповерхових об'єктів у стислі терміни.

Ще одна перевага полягає в гнучкості конструкції композитного армування. Довгі катушки довжиною до 120 метрів дозволяють виконувати безперервні прогони, мінімізуючи необхідність механічних з'єднань, які в сталевих системах можуть становити 10–15% довжини матеріалу та додаткову працю. У складних геометріях, таких як вигнуті балконні плити або ребристі елементи підлоги, композити дозволяють точно регулювати на місці без використання згинальних машин, що зменшує кількість переробок на 20% [14].

З точки зору життєвого циклу, композитні матеріали також покращують економічні характеристики конструкцій, що піддаються впливу хімічно агресивних або вологих середовищ, таких як підземні паркінги або очисні споруди. Хоча початкова вартість матеріалу за кілограм вища, ніж у звичайної

сталі, зменшення витрат на робочу силу, швидше складання та усунення необхідності технічного обслуговування, пов'язаного з корозією, дають змогу розрахувати термін окупності в 4–6 років для типових багатоповерхових проектів, а загальна економія за 50-річний термін експлуатації перевищує 25–30%.

Таблиця 3.2 Механічні властивості різних видів арматури

Характеристика	Арматура			
	склопластикова	вуглецева	базальтова	сталева
1	2	3	4	5
Щільність (кг/см <sup>3</sup> )	1,25 ÷ 2,1	1,5 ÷ 1,6	1,25 ÷ 1,4	7,9
Поздовжнє теплове розширення (10 <sup>-6</sup> · °C)	6 ÷ 10	9 ÷ 0	– 6 ÷ – 2	11,7
Поперечне теплове розширення (10 <sup>-6</sup> · °C)	21–23	74–104	60–80	11,7
Тиск, МПа	–	–	–	400 ÷ 500
Поздовжній розрив, МПа	480 ÷ 160	600 ÷ 369	1720 ÷ 254	550
Поздовжній модуль пружності, ГПа	35 ÷ 50	120 ÷ 580	41 ÷ 125	200
Поздовжні деформації розтягування, %	–	–	–	0,20 ÷ 0,25
Кінцеві деформації розтягування	1,2 ÷ 3,1	0,5 ÷ 1,7	1,9 ÷ 4,4	15 ÷ 20

Композитна арматура має виражену анізотропію в порівнянні зі звичайною сталевією арматурою. Модуль пружності скловолокна, базальту та вуглецевих композитів коливається в межах від 45 до 60 ГПа, що значно нижче за типові 200 ГПа для сталі, і залишається відносно постійним до руйнування, демонструючи крихко-пружну поведінку. На відміну від цього, конструкція залізобетонних споруд в першу чергу покладається на характеристики пластичної деформації сталі, які дозволяють перерозподіляти напруження після пружної деформації. Ця

фундаментальна відмінність призводить до більш виражених прогинів в залізобетонних елементах, в яких використовуються композитні матеріали, особливо в балках і плитах під навантаженням, в порівнянні зі спорудами, армованими сталлю.

Механічна різниця між композитним армуванням і бетоном також впливає на характеристики зчеплення. Армування скловолокном забезпечує міцність зчеплення 12–18 МПа зі стандартним бетоном С25/30, тоді як базальтові та вуглецеві композити можуть досягати 20–30 МПа, залежно від малюнка ребер поверхні та просочення матриці. Такі значення вимагають ретельного зазначення в проектній документації, особливо при проектуванні стикових з'єднань, довжини анкерування та зон, критичних до зсуву.

Незважаючи на нижчий модуль пружності, композитні матеріали забезпечують значне підвищення міцності на розрив. Армування скловолокном може збільшити граничну міцність на розрив майже удвічі порівняно зі звичайними сталевими стрижнями, тоді як базальтові та вуглецеві композити можуть перевищувати міцність сталі на розрив у 3–3,5 рази, з заявленими граничними напруженнями 1500–2000 МПа для вуглецевих стрижнів і 1200–1400 МПа для базальтових стрижнів. Ці поліпшені властивості розтягування роблять композити високоефективними в застосуваннях, де критично важливими є висока несуча здатність і зменшена власна вага, хоча при проектуванні необхідно враховувати обмежену пластичність, властиву цим матеріалам[19].

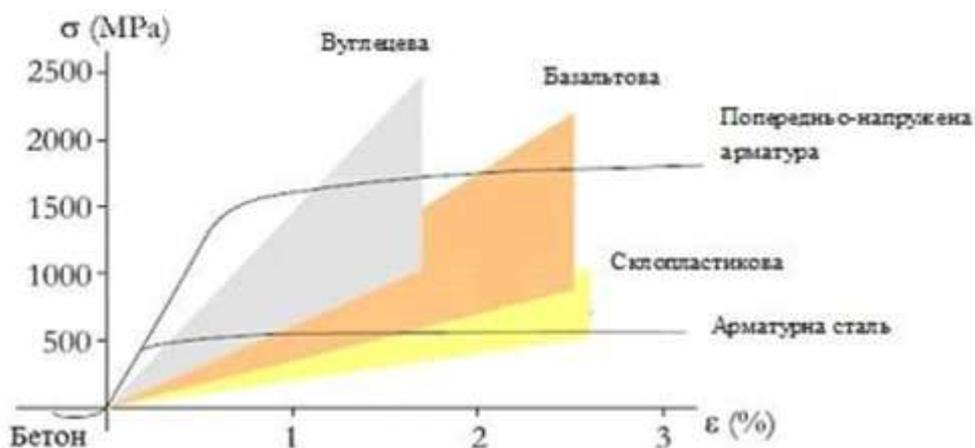


Рис. 3.1 Співвідношення між напруженням та деформацією для різних видів арматури

Композитне армування відрізняється від сталевого в першу чергу своїми властивостями при розтягуванні, оскільки подовження викликає диференціальне напруження між волокнами серцевини та поверхні, створюючи нерівномірне напруження поперек поперечного перерізу. Наразі не існує універсальних стандартів для виробничих процесів або геометричних параметрів, що вимагає перевірки для кожного конкретного проекту. Характеристики поверхні, включаючи мікрошорсткість і виступи, мають вирішальний вплив на міцність зчеплення з бетоном. Гібридні композити, такі як системи вуглець/графіт або скло/скло, демонструють псевдопластичну поведінку, при якій залишкові волокна продовжують нести навантаження після початкового руйнування волокон, підтримуючи структурну міцність. Дисперсія вуглецевого волокна додатково підвищує міцність на розтяг і характеристики зчеплення[3].

Адгезія має вирішальне значення в лужних середовищах затвердіння, де міцність зчеплення залежить від хімічного складу полімеру, обробки волокон, товщини сполучного шару та вмісту вологи. Матриці на основі епоксидної смоли, зокрема ді- та триепоксидні олігомери з відповідними затверджувачами, покращують адгезію, протистоять воді та хімічному розкладанню і зберігають механічну міцність при температурах до  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Затвердіння призводить до утворення гетерополімерів шляхом конденсації або каталізованої полімеризації, причому оптимальне співвідношення епоксидної смоли та затверджувача має вирішальне значення для в'язкості, теплової реакції та кінцевих характеристик. Правильно сформульовані епоксидні матриці дозволяють композитному армуванню надійно працювати в хімічно агресивних умовах, умовах високої вологості та низьких температур.

### **3.2 Техніко-економічне обґрунтування використання композитного армування**

Проект передбачає будівництво десятиповерхового житлового будинку з монолітним залізобетонним каркасом. Фундамент складається з забитих паль, з'єднаних монолітним залізобетонним ростверком. Основними несучими елементами будівлі є колони з перетином 500 на 500 міліметрів, балки з

перетином 500 на 600 міліметрів і монолітні перекриття товщиною 200 міліметрів. Всі елементи спроектовані для монолітного бетонування з використанням високоміцного бетону марки М400 з міцністю на стиск 40 мегапаскалів.

Монолітний залізобетонний ростверк має товщину 800 міліметрів і служить для розподілу навантажень від колон на палі, що знаходяться нижче. Поздовжня арматура в ростверку складається з восьми сталевих стрижнів класу А500С діаметром 25 міліметрів, розміщених у два шари, що забезпечує достатню міцність на розтяг і згин під осьовими і поперечними навантаженнями. Поперечне армування забезпечується арматурними стрижнями зі скловолокна діаметром 12 міліметрів, розташованими з кроком 200 міліметрів, що утворюють суцільні хомути, які підвищують міцність, покращують стійкість до корозії та зменшують загальну вагу елементів фундаменту[12].

Стіни підвалу також виконані з монолітного залізобетону товщиною 800 міліметрів, розрахованого на опір бічному тиску ґрунту та вертикальним навантаженням від надбудови. Поздовжня арматура складається зі сталевих стрижнів класу А500С діаметром 20 міліметрів, розташованих у два вертикальні шари, доповнених горизонтальними арматурними стрижнями з скловолокна, діаметром 12 міліметрів, розташованими з кроком 150 міліметрів. Така схема армування забезпечує ефективну стійкість до згину, зсуву і розтріскування, одночасно значно зменшуючи загальну вагу стін у порівнянні з традиційними повністю сталевими армованими елементами.

Колони армовані за допомогою гібридної системи, що поєднує високоміцну сталеву арматуру класу А500С з діаметром 20 міліметрів, розташовану у вигляді восьми поздовжніх стрижнів по периметру, разом із арматурою зі скловолокна діаметром 10 міліметрів, що утворює поперечні пояси з кроком 200 міліметрів. Поздовжні сталеві стрижні забезпечують основну міцність на розтяг, а скляні волокна збільшують обмеження, підвищують корозійну стійкість і зменшують загальну вагу колон. Ця гібридна система забезпечує структурну стабільність як

при осьових, так і при бічних навантаженнях, одночасно продовжуючи термін служби в агресивних умовах навколишнього середовища[2].

Для балок поздовжня арматура складається з чотирьох сталевих стрижнів діаметром 22 міліметри, розміщених у верхній і нижній зонах поперечного перерізу. Поперечне армування забезпечується арматурними стрижнями зі скловолокна діаметром 12 міліметрів, розташованими з кроком 150-200 міліметрів, що утворюють хомути. Така конструкція оптимізує опір балок на згинальні моменти та зсувні сили, зберігаючи при цьому зменшену вагу та підвищену міцність у вологих або хімічно агресивних середовищах.

Монолітні плити перекриття армуються скловолокном, діаметром 12 міліметрів, розташованим у два поздовжні шари, доповненими поперечними стрижнями діаметром 10 міліметрів з інтервалом 150 міліметрів. Така схема армування мінімізує прогин плит, контролює утворення тріщин і забезпечує рівномірний розподіл навантаження по всій плиті, одночасно значно зменшуючи власну вагу конструкції в порівнянні з традиційним сталевим армуванням.

Вибрана комбінація сталевого та армованого скловолокном полімерного армування забезпечує баланс між структурними характеристиками, довговічністю та економічною ефективністю. Вона дозволяє зменшити вагу армування на 35 відсотків у колонах і балках, полегшує обробку та монтаж, а також покращує стійкість до корозії та агресивного впливу навколишнього середовища. Такий підхід дозволяє будувати багатоповерхові житлові будинки з підвищеною довговічністю та зменшеними вимогами до технічного обслуговування, не погіршуючи цілісності конструкції та дотримання будівельних стандартів[15].

Для будівництва 10-поверхового житлового будинку було проведено детальну техніко-економічну оцінку на прикладі 100 м<sup>3</sup> залізобетонних конструкцій, включаючи колони, балки, плити, стіни підвалу та ростверк, з акцентом на гібридне армування з використанням сталевих та композитних стрижнів.

Монолітні колони з поперечним перерізом  $500 \times 500$  мм були армовані сталевими поздовжніми стрижнями діаметром 25 мм, а в якості поперечних стрижнів з кроком 200 мм використовувалися армовані скловолокном полімерні елементи діаметром 12 мм. Для  $100 \text{ м}^3$  колон це відповідає 2,8 т сталі та 0,6 т композитних стрижнів. Для монолітних балок розміром  $500 \times 600$  мм використовували сталеві стрижні діаметром 20 мм для верхнього і нижнього поздовжнього армування і композитні поперечні елементи діаметром 12 мм з інтервалом 150 мм, що дало 1,6 т сталі і 0,45 т композитних стрижнів на  $100 \text{ м}^3$ .

Плити товщиною 200 мм були армовані переважно композитною сіткою з 12-міліметрових прутків в обох напрямках, а сталева арматура загальною вагою 0,2 т була застосована лише в зонах з високим навантаженням. Така конструкція дозволяє використовувати загалом 0,8 т композитних прутків на  $100 \text{ м}^3$  плит.

Стіни підвалу та ростверк товщиною 800 мм використовували гібридне армування, де композитні арматурні стрижні замінювали 30% сталевих елементів. Горизонтальні та поперечні композитні арматурні стрижні були вбудовані для полегшення укладання бетону та зменшення скупченості. На  $100 \text{ м}^3$  сталеве армування становило 3,2 т, а композитні арматурні елементи додавали 1,0 т.

З економічної точки зору, приймаючи вартість 70 000 грн/т на сталь і 55 000 грн/т на композитні стрижні, вартість матеріалів для  $100 \text{ м}^3$  гібридно-армованої конструкції становить 546 000 грн для сталі і 156 750 грн для композитних стрижнів, що в сумі дає 702 750 грн. Значно менша вага композитних стрижнів, приблизно в дев'ять разів легших за еквівалентну сталь, дозволяє прискорити монтаж і зменшити витрати на транспортування, що призводить до додаткової економії приблизно 100 000–120 000 грн на  $100 \text{ м}^3$ [8].

Застосування гібридного армування в колонах, балках, плитах, стінах підвалів і решітках демонструє очевидні технічні та економічні переваги. Поєднання сталі та композитних матеріалів забезпечує цілісність конструкції, зменшує трудомісткість, підвищує корозійну стійкість і покращує довговічність, зберігаючи при цьому ефективність будівельних процесів.

## **Висновок**

Це дослідження надало комплексну оцінку композитного армування як альтернативи традиційній сталі в багатоповерховому житловому будівництві. Аналіз підтвердив, що композитні матеріали, завдяки своїй невеликій вазі, корозійній стійкості та достатній міцності на розрив, можуть значно поліпшити довговічність і спростити процеси монтажу. Водночас їхні обмеження, зокрема менша жорсткість і знижена вогнестійкість, підкреслюють необхідність ретельно збалансованих гібридних рішень.

У випадку десятиповерхової будівлі із залізобетонним каркасом, дослідження продемонструвало, що раціональне поєднання сталевого та композитного армування забезпечує безпеку конструкції, відповідність стандартам та оптимізацію технології будівництва. Економічна оцінка додатково довела, що гібридний підхід зменшує витрати на матеріали та робочу силу, одночасно подовжуючи термін експлуатації.

Загалом, результати підкреслюють, що інтеграція композитного армування в будівельну практику є не тільки технічно виправданою, але й економічно вигідною, що є перспективним напрямком для сучасного залізобетонного будівництва.

## РОЗДІЛ 4

### ОПИС АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОГО РІШЕННЯ БУДІВЛІ

#### 4.1 Ситуаційний план

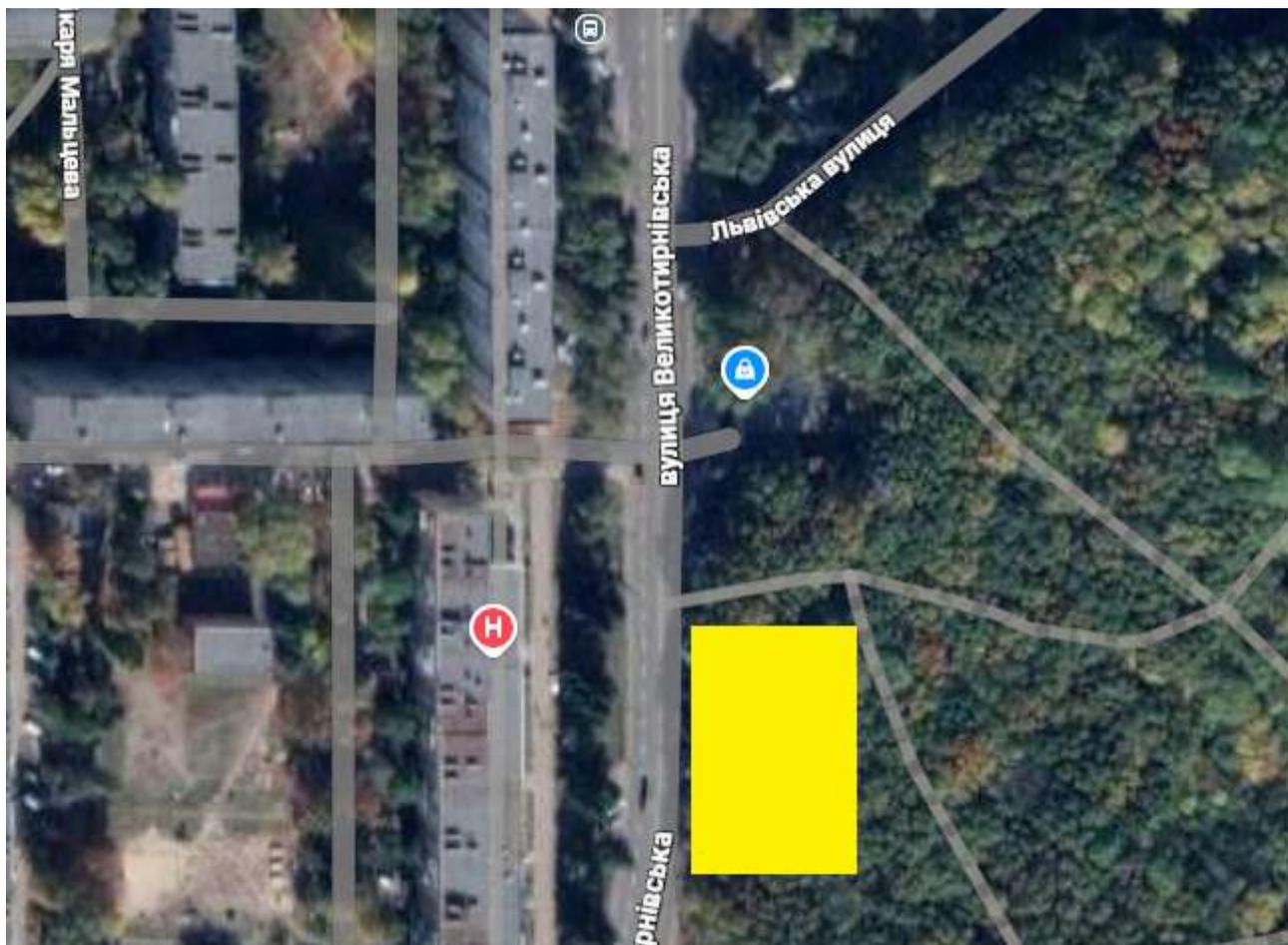


Рис. 4.1 Ситуаційний план

Десятиповерховий житловий будинок розташовано на вулиці Великотирнівській в місті Полтава.

#### 4.2 Об'ємно-планувальне рішення

Будівля є десятиповерховою монолітною залізобетонною спорудою загальною висотою 36 метри, включаючи підвальний рівень висотою 2,8 метри та стандартні житлові поверхи висотою 3,2 метри кожен. Будівля складається з одного під'їзду та має розміри 25 400 мм по осях 1–8 і 24 600 мм по осях А–Ж, що забезпечує оптимальні пропорції для природного освітлення, вентиляції та організації внутрішнього простору[1]. Вертикальна циркуляція всередині будівлі забезпечується центральною сходовою кліткою та пасажирським ліфтом, що утворюють центральне ядро жорсткості.

Кожен типовий поверх вміщує чотири квартири, що в підсумку дає сорок житлових одиниць у будівлі. Квартири спроектовані для досягнення максимальної функціональної ефективності з оптимальним зонуванням житлових, службових та санітарних приміщень. Планувальна структура будівлі дозволяє гнучко планувати інтер'єр, зберігаючи при цьому цілісність конструкції[4].

Таблиця 4.1 Експлікація приміщень першого поверху

Номер приміщення	Найменування	Площа, м <sup>2</sup>	Кат. приміщення
1	Вітальня	24.5	
2	Спальня	18.2	
3	Кухня	16.1	
4	Ванна кімната	5.6	
5	Кухня	16.1	
6	Ванна кімната	5.6	
7	Вітальня	24.5	
8	Спальня	18.2	
9	Ванна кімната	7.5	
10	Вітальня	26.4	
11	Кухня	16.1	
12	Ванна кімната	5.6	
13	Санвузол	3.4	
14	Спальня	10.1	
15	Кухня	17.4	
16	Вітальня	26.4	
17	Спальня	18.2	
18	Спальня	19.8	
19	Кімната вахтера	5.7	

Таблиця 4.2 Експлікація приміщень типового поверху

Номер приміщення	Найменування	Площа, м <sup>2</sup>	Кат. приміщення
1	Вітальня	24.5	
2	Спальня	18.2	
3	Кухня	16.1	
4	Ванна кімната	5.6	
5	Кухня	16.1	
6	Ванна кімната	5.6	
7	Вітальня	24.5	
8	Спальня	18.2	
9	Ванна кімната	7.5	
10	Вітальня	26.4	
11	Кухня	16.1	
12	Ванна кімната	5.6	
13	Санвузол	3.4	
14	Спальня	16.8	
15	Кухня	17.4	
16	Вітальня	26.4	
17	Спальня	18.2	
18	Спальня	19.8	

Основною несучою системою є монолітний залізобетонний каркас, що складається з квадратних колон з розмірами поперечного перерізу 500 × 500 мм і прямокутних балок розміром 500 × 600 мм. Ці елементи утворюють жорстку каркасну конструкцію, яка забезпечує необхідну жорсткість і опірність як вертикальним, так і горизонтальним навантаженням. Міжповерхові плити виготовлені з монолітного залізобетону товщиною 200 мм, що забезпечує достатню несучу здатність, контроль вібрації та звукоізоляцію між поверхами.

### 4.3 Архітектурно-конструктивне рішення

#### Фундамент

Фундамент будівлі спроектований як пальовий, здатний передавати вертикальні та горизонтальні навантаження на стабільні шари ґрунту на глибині

від 10,24 до 12,15 метрів. Палі – це залізобетонні елементи з перерізом 300 мм, забиті за допомогою гідравлічного пальового верстата з енергією удару 50–60 кН·м, що забезпечує несучу здатність не менше 350 кН на палю. Палі встановлені з інтервалом 1,0 метр в обох[11].

Ростверк та стіни підвалу товщиною 800 мм виконані з класу бетону – С35/45 з характерною міцністю на стиск 45 МПа, класом водостійкості W10 і класом морозостійкості F200. Армування складається з гібридної системи: 60% ребристих сталевих стрижнів А500С діаметром 20–25 мм, що використовуються як поздовжня робоча арматура у верхній і нижній зонах, та 40% склопластикових композитних стрижнів Ø12 мм як поперечна і розподільна арматура. Поздовжні сталеві стрижні розміщені у два шари з інтервалом 100 мм, а композитна арматура – з інтервалом 150 мм. Захисний шар бетону підтримується на рівні 40 мм. Середня щільність арматури в підземних конструкціях становить 110–120 кг/м<sup>3</sup>, що забезпечує граничну опірність на згин 450 кНм на метр[12].

Опалубка виконується з використанням модульних сталєво-фанерних панелей з несучою здатністю до 80 кН/м<sup>2</sup>. Вирівнювання забезпечується регульованими сталєвими опорами та гвинтовими домкратами. Бетон подається за допомогою насоса, встановленого на вантажівці, з 36-метровою стрілою і ущільнюється за допомогою високочастотних вібраторів з амплітудою 0,6 мм і частотою 200 Гц.

Після 14 днів витримки в стандартних умовах вологості зовнішні поверхні підземних конструкцій гідроізольються двошаровою полімерно-бітумною мембраною загальною товщиною 6 мм. Мембрана забезпечує водонепроникність під гідростатичним тиском до 0,6 МПа. У місцях проходження труб і будівельних швів застосовується додаткове армування полімерною стрічкою шириною 300 мм. Над гідроізоляцією за допомогою бітумного клею і механічних дюбелів кріпляться екструдовані пінополістирольні ізоляційні плити товщиною 100 мм з щільністю 35 кг/м<sup>3</sup> і коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda = 0,034$  Вт/(м·К). Утеплена поверхня покривається профільованою дренажною мембраною (висота ребер 8 мм) і фільтрувальним шаром з геотекстилю щільністю 300 г/м<sup>2</sup>[20].

## Каркас будівлі

Конструкція каркаса будівлі являє собою монолітну залізобетонну систему, призначену для забезпечення просторової жорсткості та несучої здатності під дією вертикальних і горизонтальних навантажень. Основні несучі елементи складаються з колон і балок. Колони мають квадратний переріз  $500 \times 500$  мм і армовані поздовжніми сталевими стрижнями класу А500С діаметром  $\varnothing 22-25$  мм, розташованими симетрично по периметру перерізу, загалом вісім стрижнів на колону. Поперечна арматура складається зі скловолоконних стрижнів  $\varnothing 10$  мм, розміщених з інтервалом 200 мм по висоті колони. Використовується бетон класу С35/45 з розрахунковою міцністю на стиск 45 МПа і модулем пружності 32 000 МПа[11].

Балки мають прямокутний переріз  $500 \times 600$  мм і служать як каркас перекриття, так і елементами бічного кріплення. Арматура на розтяг у нижній зоні складається зі сталевих стрижнів А500С  $\varnothing 20-22$  мм, розташованих у два шари з інтервалом 100 мм, тоді як верхня зона армована стрижнями  $\varnothing 12-14$  мм. Стійкість до зсуву забезпечується композитними хомутами з армованого скловолокном полімеру  $\varnothing 8-10$  мм, розміщеними з інтервалом 150 мм в зонах, критичних до зсуву, і 200 мм в зонах середини прольоту. Використання композитних хомутів значно зменшує ризик корозії і знижує власну вагу арматурної клітки приблизно на 12%. Захисне бетонне покриття для всіх елементів підтримується на рівні 30 мм для внутрішніх елементів і 40 мм для відкритих компонентів.

Сходова клітина та ліфтова шахта повністю інтегровані в залізобетонний каркас і підвищуючи загальну просторову жорсткість і стійкість будівлі. Стіни сходової клітки та ліфтової шахти виконані з монолітного залізобетону товщиною 400 мм. Розташування арматури: вертикальні робочі стрижні  $\varnothing 16-20$  мм з кроком 200 мм і горизонтальні розподільні стрижні  $\varnothing 10-12$  мм з кроком 150 мм, всі з сталі класу А500С. Зони перетину і кути додатково армовані L-подібними елементами для забезпечення монолітності і контролю тріщин.

Сходи виконані з залізобетону класу С30/37, з шириною сходинки 300 мм і висотою підсходинки 150 мм, утворюючи двопроліткову конфігурацію з проміжними майданчиками шириною 1,5 м. Основне поздовжнє армування кожного прольоту складається з чотирьох стрижнів А500С Ø14 мм, з поперечним армуванням Ø8 мм з інтервалом 200 мм. Сходи спираються на залізобетонні майданчики, інтегровані в каркас, і оснащені металевими поручнями, закріпленими вбудованими пластинами в балки майданчиків. Загальна ширина кожного прольоту сходів становить 1,2 метра[16].

Ліфтова шахта призначена для ліфту з вантажопідйомністю кабіни 630 кг і номінальною швидкістю 1,0 м/с. Внутрішні розміри шахти становлять 2000 × 2000 мм, з вбудованими кронштейнами напрямних рейок, закріпленими до залізобетонних стін за допомогою анкерів.

### **Зовнішні, внутрішні стіни та перегородки**

Стіни будівлі спроектовані як самонесучі та виконані з автоклавних газобетонних блоків стандартних розмірів 600 × 300 × 200 мм, що забезпечує легку оболонку з достатньою міцністю та тепловими характеристиками. Зовнішні стіни та міжквартирні перегородки мають загальну товщину 300 мм. Для забезпечення точності розмірів і мінімізації холодних мостів використовується тонкошаровий клейовий розчин з товщиною шва 3 мм на основі портландцементу і полімерних добавок. Міцність на стиск блоків відповідає класу В2.5 із середньою щільністю 700 кг/м<sup>3</sup> і коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda = 0,14$  Вт/(м·К).

Для міжкімнатних перегородок використовуються блоки того ж типу, але укладені на ребро, утворюючи стіни товщиною 200 мм. Ці перегородки забезпечують рівень звукоізоляції не менше 43 дБ, що відповідає стандартам комфорту житлових приміщень. Різання блоків і підгонка в місцях стиків і отворів виконуються за допомогою прецизійної електричної стрічкової пилки для пористого бетону.

Перемички над дверними і віконними отворами – це збірні залізобетонні балки з висотою перерізу 200 мм і шириною, що відповідає товщині стіни.

Перемички виготовляються з бетону класу С25/30 із армуванням сталевими стрижнями А500С Ø10–12 мм. Довжина опори з кожного боку отвору становить 250 мм. Всі контактні поверхні між перемичками і блоковою кладкою покриваються цементно-піщаним розчином для забезпечення адгезії.

Зовнішня поверхня кладки теплоізолювана пінопластовою ізоляцією у вигляді жорстких плит товщиною 100 мм і щільністю 25 кг/м<sup>3</sup>. Ізоляційні плити приклеюються до поверхні стіни за допомогою мінерального клею і додатково фіксуються механічними дюбелями з пластинчастими головками з розрахунку п'ять кріплень на одну плиту. Потім утеплена поверхня армується скловолонистою сіткою, вбудованою в полімерно-цементний вирівнювальний розчин товщиною 3–4 мм, що утворює базовий шар для остаточного декоративного штукатурного покриття[7].

Внутрішнє штукатурення кладки виконується гіпсовою сумішшю для житлових приміщень і цементно-вапняним розчином для технічних і господарських приміщень, що наноситься у два шари загальною товщиною 15–20 мм. Поверхня штукатурки обробляється до необхідної гладкості і готується до подальшого фарбування або обклеювання шпалерами. Всі внутрішні та зовнішні кути захищені оцинкованими сталевими кутовими профілями, що забезпечує лінійну точність і запобігає утворенню тріщин.

### **Перекриття та покрівля**

Плити перекриття монолітні залізобетонні товщиною 200 мм. Армування складається з композитних стрижнів із склопластику діаметром 12 мм, розташованих у двонаправленій сітці з кроком 150 мм як у поздовжньому, так і в поперечному напрямках. Така конфігурація арматури забезпечує рівномірний розподіл навантаження по всій плиті, ефективний контроль згинальних і зсувних напружень, а також зменшення власної ваги. Бетон класу С30/37, з розрахунковою міцністю на стиск 37 МПа і щільністю 2400 кг/м<sup>3</sup>, забезпечує достатню жорсткість для динамічних навантажень 2,0 кПа в житлових приміщеннях. Плити заливаються на модульну сталеву-фанерну опалубку, ущільнюються і витримуються протягом мінімум 14 днів для досягнення

проектної міцності. Бетонне покриття над композитним армуванням підтримується на рівні 25 мм, що забезпечує захист від механічних пошкоджень і впливу навколишнього середовища.

Дах будівлі є традиційним плоским дахом з багатошаровою системою. Конструктивна основа даху складається з залізобетонної плити товщиною 200 мм. Пароізоляція складається з поліетиленової плівки товщиною 0,2 мм для запобігання міграції вологи з внутрішніх приміщень вгору. Теплоізоляційний шар складається з екструдованих пінополістирольних плит товщиною 120 мм, щільністю 35 кг/м<sup>3</sup> і теплопровідністю  $\lambda = 0,034$  Вт/(м·К), укладених в шаховому порядку для запобігання утворенню теплових мостів. Поверх виконується вирівнювальна стяжка під кутом в 1-2 градуси для стікання води[17].

Над стяжкою наноситься гідроізоляційна мембрана, що складається з двошарової полімерно-бітумної системи товщиною 6 мм, яка наноситься за допомогою паяльної лампи для забезпечення повної адгезії та водонепроникності. Всі стики і проникнення, включаючи вентиляційні труби і водостоки, герметизуються полімерною стрічкою і армуються скловолокнистою сіткою[13].

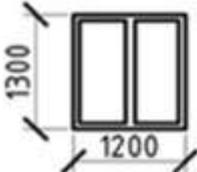
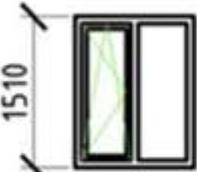
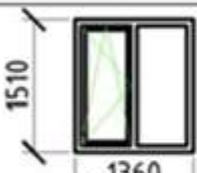
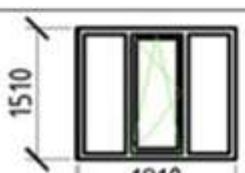
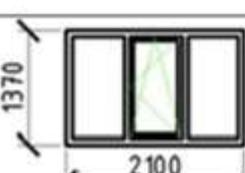
### **Зовнішнє та внутрішнє оздоблення**

Оздоблення будівлі виконується з метою забезпечення як естетичної якості, так і функціональних характеристик, зберігаючи при цьому довговічність конструкційних і огорожувальних систем. Зовнішні стіни з 100-міліметровим шаром пінопластової ізоляції, готуються до остаточного декоративного покриття шляхом нанесення базового шару полімерно-цементного вирівнюючого розчину, армованого вбудованою скловолокнистою сіткою. Потім зовнішні поверхні покриваються фасадною фарбою на мінеральній основі, обраною за стійкість до УФ-випромінювання, водовідштовхуваність і паропроникність. Це забезпечує термін служби не менше 10-12 років за стандартних кліматичних умов. Нанесення виконується в два шари за допомогою безповітряного розпилювача для досягнення рівномірного покриття і стабільності кольору. Зовнішні кути та

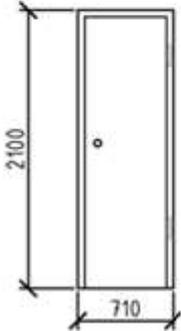
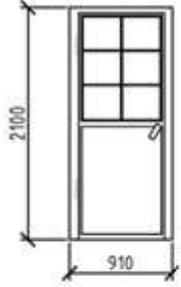
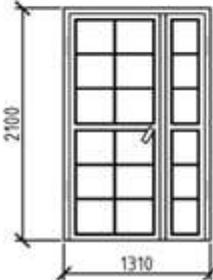
стики захищаються ПВХ-кутовими профілями, вбудованими в вирівнювальний розчин, щоб запобігти відколюванню та тріщинам.

Внутрішні приміщення готуються до подальшої обробки, всі стіни та перегородки штукатуряться гіпсовим розчином у житлових приміщеннях та цементно-вапняним розчином у технічних або господарських приміщеннях[5]. Штукатурка наноситься у два шари загальною товщиною 15–20 мм. Стеля обробляється аналогічним чином. Поверхні підлоги готуються шляхом укладання цементно-піщаної стяжки товщиною 50–70 мм[10].

Таблиця 4.3 Експлікація віконних отворів

Марка по проекту	Позначення, ескіз	Найменування елемента	Площа, м <sup>2</sup>	Кількість, шт.	Примітка
1	2	3	4	5	6
ВК-1		Металопластикове вікно фірми REHAU з подвійним склопакетом	1,56	12	
ВК-2		Металопластикове вікно фірми REHAU з подвійним склопакетом	1,83	40	
ВК-3		Металопластикове вікно фірми REHAU з подвійним склопакетом	2,05	80	
ВК-4		Металопластикове вікно фірми REHAU з подвійним склопакетом	2,73	40	
ВК-5		Металопластикове вікно фірми REHAU з подвійним склопакетом	2,877	20	

Таблиця 4.4 Експлікація дверних отворів

Марка по проекту	Розміри пройому, схема заповнення пройому	Назва	Всього	Примітка
1	2	3	7	8
1		Дерев'яні двері	192	
2		Дерев'яні двері зі склом	75	
3		Дерев'яні двері зі склом	75	

Поверхні сходових майданчиків та вестибюлі ліфтів вирівняні цементно-піщаним розчином, щоб забезпечити основу для терацо. Металеві поручні закріплені в вбудованих сталевих пластинах і покриті порошковим покриттям для захисту від корозії. Стіни сходових клітин і вестибюлів оштукатурені. Підвісне освітлення забезпечує мінімум 150 люксів[18]. Механічні та електричні установки вбудовані або приховані за сервісними панелями, що забезпечує охайний та функціональний вигляд.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Благоустрій територій (зі Змінами): ДБН Б.2.2-5:2011 [Чинний від 2012-09-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2019. – 44 с. (Національні стандарти України).
2. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009 [Чинний від 2011-01-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 45 с. (Національні стандарти України).
3. Довідково-інформаційний збірник ресурсів та одиничних розцінок на будівельно-монтажні роботи, Суми, СНАУ – 2011 р.
4. Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2-15:2019 [Чинний від 2019-12-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2019. – 54 с. (Національні стандарти України).
5. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування: ДБН В.2.5-75:2013.
6. Кам'яні та армокам'яні конструкції: ДБН В.2.6-162:2010.
7. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією: ДБН В.2.6-33:2018.
8. Кошторисні норми України «Настанова з визначення вартості будівництва»: [Чинний від 2021-11-09]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2021. – 44-46 с. (Національні стандарти України).
9. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Оздоблювальні роботи.
10. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Підлоги.
11. Навантаження і впливи. Норми проектування: ДБН В.1.2-2:2016 [Чинний від 2017-10-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2016. – С. 13–16 с. (Національні стандарти України).
12. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення: ДБН В.2.1-10:2018.

13. Охорона праці і промислова безпека в будівництві ДБН А.3.2-2-2009: [Чинний від 2012-04-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2012. – 53–54 с. (Національні стандарти України).

14. Організація будівельного виробництва: ДБН А.3.1-5:2016 [Чинний від 2016-01-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2016. – 44–46 с. (Національні стандарти України).

15. Організація будівельного виробництва (посібник для розробки курсових та дипломних проектів). – Суми, СНАУ, 2011. – 125 с.

16. Пожежна безпека об'єктів будівництва: ДБН В.1.1.7-2016 [Чинний від 2017-06-01]. – К.: Держбуд України, 2017. – 84 с. (Національні стандарти України).

17. Покриття будівель і споруд: ДБН В.2.6-220:2017.

18. Природне і штучне освітлення: ДБН В.2.5-28:2018 [Чинний від 2019-02-28]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2018. – 7 с. (Національні стандарти України).

19. Сердюк В. Р., Антонюк О. М., Антонюк Т. С. Композитна арматура в будівельній галузі: тенденції розширення використання / В. Р. Сердюк, О. М. Антонюк, Т. С. Антонюк. – Т. 33, № 2, 2023. – С. 25–35.

20. Склад та зміст проектної документації на будівництво: ДБН А.2.2-3-2014 [Чинний від 2014-10-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – 10 с. (Національні стандарти України).

21. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016 [Чинний від 2016-10-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2017. – 15 с. (Національні стандарти України).