

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет будівництва та транспорту
Кафедра Архітектури та інженерних вишукувань

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри
Архітектури та інженерних
вишукувань
_____ Бородай Д. С.

«__» _____ 2024р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим рівнем вищої освіти

На тему: «Прийоми і засоби реконструкції торгівельно-розважального
комплексу в м. Київ»

Виконав (ла)

(підпис)

О. П. Бадулін

(Прізвище, ініціали)

Група

Буд 2301-1м

(Науковий)
керівник

(підпис)

Д. С. Бородай

(Прізвище, ініціали)

Суми – 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: **Архітектури та інженерних вишукувань**
Спеціальність: **192 "Будівництво та цивільна інженерія"**

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Бадулін Олександр Петрович

Тема роботи: Прийоми і засоби реконструкції торгівельно-розважального комплексу в м. Київ

Затверджено наказом по університету № 3455/ос від " 07 " 10 2024р.
Строк здачі студентом закінченої роботи: " 1 " грудня 2024 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, 1.1. Монолітні безбалкові перекриття, 1.2. Збірні безбалкові перекриття, 1.3. Перевага склопластикової арматури, Розділ 2. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі, 2.1. Ситуаційний план, 2.2. Об'ємно-планувальне рішення, 2.3. Архітектурно-

Анотація

Бадулін Олександр Петрович «Прийоми і засоби реконструкції торговельно-розважального комплексу в м. Київ» – Кваліфікаційна робота магістра на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2024.

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.

Актуальність використання скловолоконної арматури в залізобетонних конструкціях обумовлена її численними перевагами над сталевією. Цей матеріал має значно меншу вагу, що зменшує навантаження на будівлі, а також демонструє високу корозійну стійкість, що робить його ефективним у агресивних середовищах. Скловолоконна арматура має низьку теплопровідність, що покращує теплоізоляційні властивості конструкцій, та високу міцність на розтягнення, забезпечуючи довговічність споруд.

Метою дослідження є оцінка ефективності використання скловолоконної арматури та її впливу на експлуатаційні характеристики залізобетонних конструкцій. Дослідження зосереджене на аналізі фізико-механічних властивостей матеріалу, зокрема стійкості до деформацій і корозійних впливів. Особливу увагу приділено порівнянню скловолоконної та сталевієї арматури за показниками довговічності, теплотехнічних властивостей і економічної доцільності.

Результати роботи показали, що використання скловолоконної арматури усуває проблеми корозії, знижує тепловтрати та збільшує термін служби конструкцій. Її легкість і гнучкість у транспортуванні та монтажі значно

оптимізують будівельні процеси, а висока міцність дозволяє зменшити діаметр арматури без втрати міцності. Висновки дослідження формують основу для впровадження скловолоконної арматури як ефективного та довговічного матеріалу в сучасному будівництві.

Ключові слова: арматура, скловолокно, синтетичні матеріали.

Список публікацій та/або виступів на конференціях студента:

1. Бородай Д. С. ВИКОРИСТАННЯ СКЛОВОЛОКОННОЇ АРМАТУРИ В ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ/ О. П. Бадулін // Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції , 29 листопада 2024 р., ХНАДУ, Харків, С.3

2. Бадулін О. П. ВИКОРИСТАННЯ СКЛОВОЛОКОННОЇ АРМАТУРИ В ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ / Матеріали 86 Міжнародної наукової конференції студентів, 8-12 квітня 2024 р., ХНАДУ, Харків, С.24

В додатках наведено тези конференції, альбом слайдів мультимедійної презентації.

Структура роботи.

Робота складається з основного тексту на 51 сторінках, у тому числі 6 таблиць, 10 рисунків. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 2 розділи, висновки і рекомендації за результатами роботи, список з 17 використаних джерел. Графічна частина складається з 20 слайдів мультимедійної презентації.

Abstracts

Badulin Oleksandr Petrovych 'Methods and means of reconstruction of a shopping and entertainment complex in Kyiv' - Master's qualification work in the form of a manuscript.

Master's thesis in the speciality 192 'Construction and Civil Engineering.' - Sumy National Agrarian University, Sumy, 2024.

The work consists of the table of contents, general characteristics of the work and its qualification features, a review of research on the chosen topic, sections of the main part, conclusions on the results of the ICR (in Ukrainian and English).

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

The relevance of the use of glass fibre reinforcement in reinforced concrete structures is due to its numerous advantages over steel. This material has a significantly lower weight, which reduces the load on buildings, and also demonstrates high corrosion resistance, which makes it effective in aggressive environments. Fibreglass reinforcement has low thermal conductivity, which improves the thermal insulation properties of structures, and high tensile strength, ensuring the durability of structures.

The purpose of the study is to assess the efficiency of using glass fibre reinforcement and its impact on the performance of reinforced concrete structures. The study focuses on analysing the physical and mechanical properties of the material, including resistance to deformation and corrosion. Particular attention is paid to the comparison of glass fibre reinforcement and steel reinforcement in terms of durability, thermal properties and economic feasibility.

The results of the study showed that the use of fibreglass reinforcement eliminates corrosion problems, reduces heat loss and increases the service life of structures. Its ease and flexibility in transportation and installation significantly optimise construction processes, and its high strength allows for a reduction in reinforcement diameter without loss of strength. The conclusions of the study form the basis for the introduction of fibreglass reinforcement as an effective and

durable material in modern construction.

Keywords: reinforcement, glass fibre, synthetic materials.

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

1. Borodai D.S. USE OF FIBREGUARD ARMOUR IN REINFORCED CONSTRUCTIONS / O.P. Badulin // Proceedings of the XVIII International Scientific and Practical Conference, 29 November 2024, KhNADU, Kharkiv, P.3

2. Badulin O. P. USE OF FIBRE GRID ARMOUR IN REINFORCED CONSTRUCTIONS / Proceedings of the 86th International Student Scientific Conference, 8-12 April 2024, KhNADU, Kharkiv, P.24

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

Structure of the work.

The work consists of the main text on 51 pages, including 6 tables, 10 figures. The text of the paper contains a general description of the work, 2 chapters, conclusions and recommendations based on the results of the work, a list of 17 references. The graphic part consists of 20 slides of a multimedia presentation.

ЗМІСТ

Розділ 1. Загальна характеристика роботи.....	9
1.1. Монолітні безбалкові перекриття	12
1.2. Збірні безбалкові перекриття.....	16
1.3. Перевага склопластикової арматури.....	25
Розділ 2. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі.....	42
2.1. Ситуаційний план.....	42
2.2. Об'ємно-планувальне рішення.....	42
2.3. Архітектурно-конструктивне рішення.....	44
Список використаних джерел.....	50

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми: Актуальність використання скловолоконної арматури в залізобетонних конструкціях обумовлена її перевагами над сталевією. Вона має меншу вагу, що дозволяє зменшити навантаження на будівлі, і високу корозійну стійкість, що робить її ефективною в агресивних середовищах. Скловолоконна арматура також має низьку теплопровідність, що покращує теплоізоляційні властивості конструкцій, і високу міцність на розтягнення, що забезпечує довговічність. Завдяки цим властивостям вона стає перспективною альтернативою для сучасного будівництва, спрямованого на енергоефективність і стійкість.

Мета і завдання дослідження: Метою дослідження є аналіз ефективності використання скловолоконної арматури в залізобетонних конструкціях і визначення її впливу на експлуатаційні характеристики будівель та споруд. У процесі дослідження планується вивчити фізико-механічні властивості скловолоконної арматури, зокрема її міцність на розтягнення та стійкість до зовнішніх впливів. Особливу увагу буде приділено вивченню корозійної стійкості арматури в агресивних середовищах, що має велике значення для забезпечення довговічності конструкцій, які експлуатуються в складних умовах.

Крім того, дослідження спрямоване на оцінку впливу скловолоконної арматури на теплоізоляційні властивості залізобетонних елементів, оскільки вона не створює містків холоду на відміну від сталевієї арматури. Важливою частиною роботи є порівняння скловолоконної арматури з традиційною сталевією за показниками міцності, довговічності та ваги, що дозволить визначити переваги та обмеження кожного матеріалу. Результати дослідження дадуть можливість розробити практичні рекомендації щодо оптимального застосування скловолоконної арматури в різних умовах будівництва, враховуючи специфіку експлуатаційних вимог до сучасних залізобетонних конструкцій.

Об'єкт дослідження: Використання скловолоконної арматури в залізобетонних конструкціях.

Предмет дослідження: Реконструкція торгівельно-розважального центра в місті Київ.

Методи дослідження: Методи дослідження передбачають комплексний підхід до вивчення властивостей скловолоконної арматури в залізобетонних конструкціях. Основним методом є експериментальний аналіз, що включає проведення лабораторних випробувань фізико-механічних характеристик арматури, зокрема її міцності на розтягнення, жорсткості та стійкості до деформацій під навантаженням. Для визначення корозійної стійкості арматури використовуються прискорені методи випробування в агресивних середовищах, таких як вплив вологи, хімічних реагентів і змінних температур.

Крім цього, застосовуються методи теплотехнічного аналізу для дослідження теплоізоляційних властивостей залізобетонних елементів зі скловолоконною арматурою. Комп'ютерне моделювання дозволяє відтворити вплив різних типів навантажень на конструкції з використанням арматури, а також проаналізувати поведінку матеріалу в реальних умовах експлуатації. Для порівняння характеристик скловолоконної і сталевий арматури використовується метод порівняльного аналізу, що охоплює розрахунки за основними експлуатаційними параметрами.

Наукова та технічна новизна одержаних результатів: Проведено комплексний порівняльний аналіз обох систем армування, застосованих до комплексу конструкцій. Дослідження призвели до розробки нової системи армування, спеціально розробленої для цього класу конструкцій, яка використовує армування зі скловолокна. Ця система пропонує покращені характеристики продуктивності, які вирішують ключові проблеми, пов'язані зі звичайними матеріалами.

Впровадження армування зі скловолокна приносить суттєві переваги, насамперед через усунення проблем, пов'язаних з корозією, що є загальною проблемою традиційного сталевого армування. Скловолоконна арматура демонструє чудові механічні та фізичні властивості. По-перше, він дуже стійкий до корозійних середовищ, що робить його довговічною альтернативою сталі, особливо у вологих або хімічно агресивних умовах. По-друге, він забезпечує значну економічну ефективність з точки зору транспортування завдяки своїй легкості, оскільки він на 81% легший за метал. Його зменшена маса також полегшує транспортування, зберігання та встановлення, навіть у вологих місцях, без шкоди для його структурної цілісності.

Міцність на розтяг скловолоконної арматури перевищує міцність нержавіючої сталі приблизно на 100%, пропонуючи підвищену несучу здатність, дозволяючи використовувати арматуру з меншим діаметром без шкоди для міцності конструкції. Крім того, його коефіцієнт теплового розширення, який коливається від 8 до 11, майже відповідає такому коефіцієнту бетону, забезпечуючи сумісність у змінах розмірів, викликаних температурою, що має вирішальне значення для запобігання структурним деформаціям.

Скловолоконна арматура поставляється в бухтах, що дозволяє використовувати будь-яку необхідну довжину на місці, таким чином мінімізуючи відходи та оптимізуючи використання матеріалу. Його електроізоляційні властивості (як діелектрика) роблять його особливо придатним для конструкцій, де потрібна ізоляція від електричних струмів. Крім того, його низька теплопровідність запобігає утворенню теплових містків, забезпечуючи кращу теплову ефективність конструкції.

Цей матеріал зберігає свої властивості при надзвичайно низьких температурах, навіть нижче -32°C , забезпечуючи надійну роботу в холодному кліматі. З очікуваним терміном служби щонайменше 85 років, скловолоконна арматура забезпечує тривалу стабільність і мінімальні вимоги

до обслуговування, позиціонуючи її як високоефективну альтернативу традиційним армуючим матеріалам.

Апробація та публікація результатів роботи: 1. Бородай Д. С. ВИКОРИСТАННЯ СКЛОВОЛОКОННОЇ АРМАТУРИ В ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ/ О. П. Бадулін // Матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції , 29 листопада 2024 р., ХНАДУ, Харків, С.3

2. Бадулін О. П. ВИКОРИСТАННЯ СКЛОВОЛОКОННОЇ АРМАТУРИ В ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЯХ / Матеріали 86 Міжнародної наукової конференції студентів, 8-12 квітня 2024 р., ХНАДУ, Харків, С.24

1.1. Монолітні безбалкові перекриття

Ці перекриття складаються з плити, яка безпосередньо спирається на розширені вершини колон, відомі як капітелі. Ці капітелі виконують подвійну функцію: вони зменшують проліт плити, тим самим збільшуючи її міцність на стиск, і підвищують жорсткість з'єднання плита-колона. Проектування систем безбалкових перекриттів часто реалізується в промислових і цивільних спорудах, що піддаються корисним навантаженням від 7 до 25 кН на квадратний метр.

Вони знаходять застосування в спеціалізованих приміщеннях, таких як холодильники, м'ясокомбінати, молокозаводи, резервуари для зберігання, гаражі, багатоповерхові склади та вестибюлі театрів. Ці перекриття можуть бути монолітними, збірними або гібридними збірно-монолітними системами. Порівняно з балковими перекриттями їх основною перевагою є відсутність виступаючих балок, що не тільки покращує розподіл освітлення в просторі, але й спрощує монтаж інженерних комунікацій та теплоізоляцію. Крім того, зменшена конструктивна висота безбалкових перекриттів дозволяє зменшити загальну висоту будівлі, що призводить до економії витрат на матеріали для зведення стін.

У громадських будівлях безбалкові перекриття сприяють покращенню внутрішнього вигляду та збільшенню відстані між опорами. Вони стають

особливо економічними при використанні з прольотами від 5 до 8 метрів і при корисних навантаженнях, що перевищують 12 кН на квадратний метр. Колонна схема може бути як квадратної, так і прямокутної, з коефіцієнтом прольотів не більше 1,45. Серед них конфігурації квадратної сітки пропонують найбільшу економічну ефективність.

Монолітні безбалкові перекриття складаються з суцільної плити, монолітно об'єднаної капітелями. Товщина плити визначається як функція прольоту коливається від $1/30$ до $1/34$ більшого прольоту в сітці прямокутних колон. При використанні легкого бетону товщина може збільшитися приблизно до $1/25$ - $1/28$ прольоту. По периметру будівлі плита може спиратися на несучі стіни, контурні балки або консольно виступати за капітелі крайнього ряду колон.

Використовуються три типи капіталів залежно від навантажень. Для менших навантажень менше 8 кН на квадратний метр достатньо менших капітелей, тоді як для більших навантажень, що перевищують 8 кН на квадратний метр, використовуються більші та міцніші капітелі. Ухил капітальних граней призначений для розподілу несучого тиску всередині бетону під кутом 40 градусів. Розмір і форма капітелі залежать як від навантаження, так і від характеристик міцності використовуваного в конструкції бетону.

Товщина плити ретельно перевіряється шляхом розрахунку розподілу тиску по периметру головки, особливо в регіонах, де товщина плити змінюється, і в областях, де зосереджені навантаження застосовуються на невеликих площах поверхні. Додатково перевіряється міцність секцій без поперечної арматури, щоб забезпечити адекватну стійкість до стискаючих зусиль.

$$F \leq \alpha R_{bt} u_m h_0,$$

де F – продавлювальна сила, яка при коефіцієнті надійності щодо навантаження $\gamma_l > 1$ дорівнює навантаженню на колону $(g + v)l_1 l_2$ без навантаження на площі верхньої основи піраміди продавлювання (розміри l_1 , l_2 , x

$$F = (g + v)[l_1 l_2 - 4(x + h_0)(y + h_0)];$$

α – коефіцієнт, який приймають для важкого бетону рівним 1, для дрібнозернистого – 0,85, легкого – 0,8; u_m – середнє арифметичне між периметрами верхньої та нижньої основ піраміди продавлювання, що утворюється в межах робочої висоти перерізу, $u_m = 4(x + y + h_0)$.

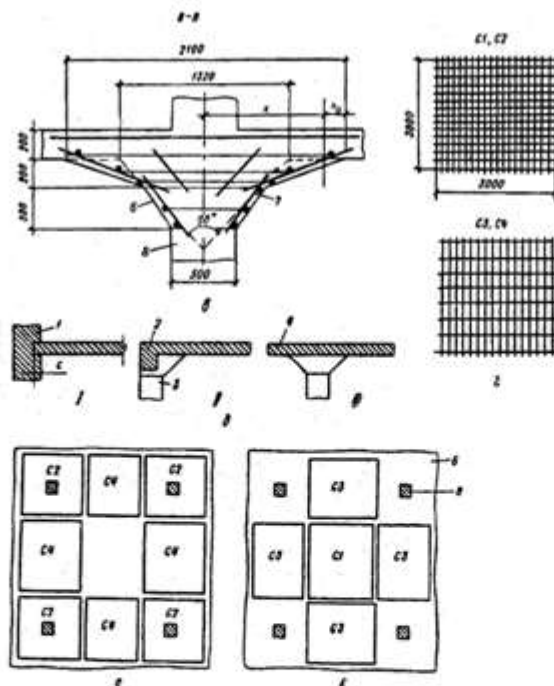


Рис. 1.1. Монолітне безбалкове перекриття: а – загальний вигляд; б – види капітелей; в – армування капітелі; г – типи сіток; д – типи опирання плит; е та є – схема армування плит відповідно верхніми та нижніми сітками; І – опирання плити по контуру будівлі на несучі

При визначенні структурної поведінки передбачається, що сили притискання діють на бічну поверхню піраміди, причому менша основа

представляє область прикладання сили. Похилі бічні грані піраміди утворюють з горизонтальною площиною кут 42 градусів. Цей підхід базується на спостережуваних схемах руйнування плит, які були встановлені шляхом експериментальних досліджень. Монолітні безбалкові системи перекриттів аналізуються за допомогою методу граничної рівноваги, що включає дві різні схеми навантаження.

При навантаженні смуги через один проліт відбувається руйнування з утворенням лінійних пластичних шарнірів, паралельних осі навантаженої смуги. Ці петлі з'являються всередині смуги прольоту в точці руйнування. Механізм руйнування може включати одночасний розрив сусідніх плит у різних рядах. Всередині прольоту утворюється пластиковий шарнір, який характеризується розкриттям тріщин в нижній частині плити. Крім того, біля опор утворюється лінійний пластиковий шарнір, де у верхній частині плити відкриваються щілини. У разі крайніх смуг конфігурація пластикових петель залежить від граничних умов конструкції. Наприклад, при вільній опорі плити на стіну в прольоті утворюється одна пластикова петля, а біля опори біля першого ряду колон — інша.

При постійному навантаженні сусідні плити руйнуються одночасно. Пластикові петлі розвиваються і ділять кожну панель на чотири сегменти, які обертаються навколо опорних пластикових петель, орієнтованих під кутом до сітки колони. Якщо схема зламу плити симетрична відносно обох її осей, опорні пластикові петлі вирівнюються під кутом 42 градусів до сітки колон. При цій умові міцність плити розраховується за умови, що сума внутрішніх і зовнішніх моментів дорівнює нулю.

Армування плит виконується за допомогою плоских або рулонних зварних сіток, призначених для опору діючим зусиллям. У прольотах сітки розташовуються внизу плити, а в опорах - зверху. У випадках, коли вузькі сітки з поздовжньою робочою арматурою використовуються в зонах, що піддаються розтягуванню в двох напрямках, сітки розташовуються в два шари, перпендикулярно один одному, для покращення розподілу

навантаження. Навколо колон сітки розділені для розміщення отворів, а будь-які порушення в арматурі компенсуються додаванням додаткових прутків. Верхні арматурні сітки розташовують на відстані $0,2-0,3$ від осі колони, а нижні - $0,35-0,4$ довжини прольоту.

Капітелі колон конструктивно укріплені стрижнями діаметром $7-12$ мм. Ці стрижні розташовують по кутах і вздовж середин сторін капітелі, або прив'язуючи хомутами, або приварюють до поперечних стрижнів діаметром 5 мм. Капітальні плити додатково зміцнюють сіткою зі стрижнів діаметром від 7 до 12 мм, що укладається з інтервалом від 120 до 140 мм, щоб забезпечити відповідну цілісність конструкції.

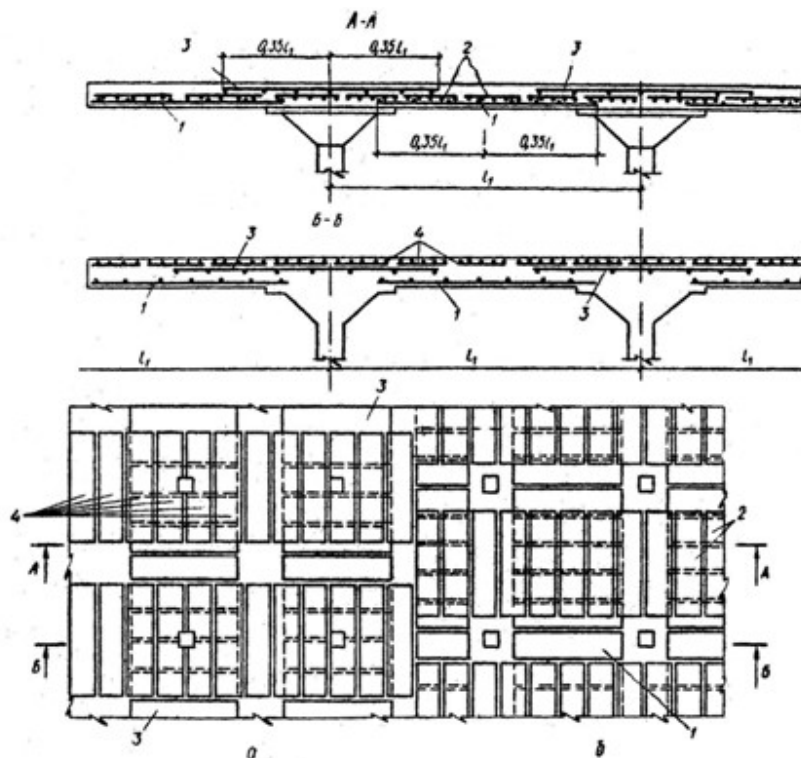


Рис. 1.2. Армуння монолітного безбалкового перекриття вузькими сітками: а – верхні сітки; б – нижні сітки; 1...4 – типи сіток

1.2. Збірні безбалкові перекриття

Ці системи перекриття складаються з плит, що тримаються на колонах, розташованих у двох ортогональних напрямках, включаючи пролітні плити та колони, обладнані капітелями. Плити прольотів і колон залежно від

конкретних конструктивних і функціональних вимог можуть виконуватися ребристими, суцільними або пустотними. Капітель, що служить елементом передачі навантаження між плитою і колоною, може мати форму порожнистої усіченої піраміди з квадратною основою. Ця піраміда часто містить отвір для проходу колон, що сприяє безперебійному з'єднанню між структурними компонентами.

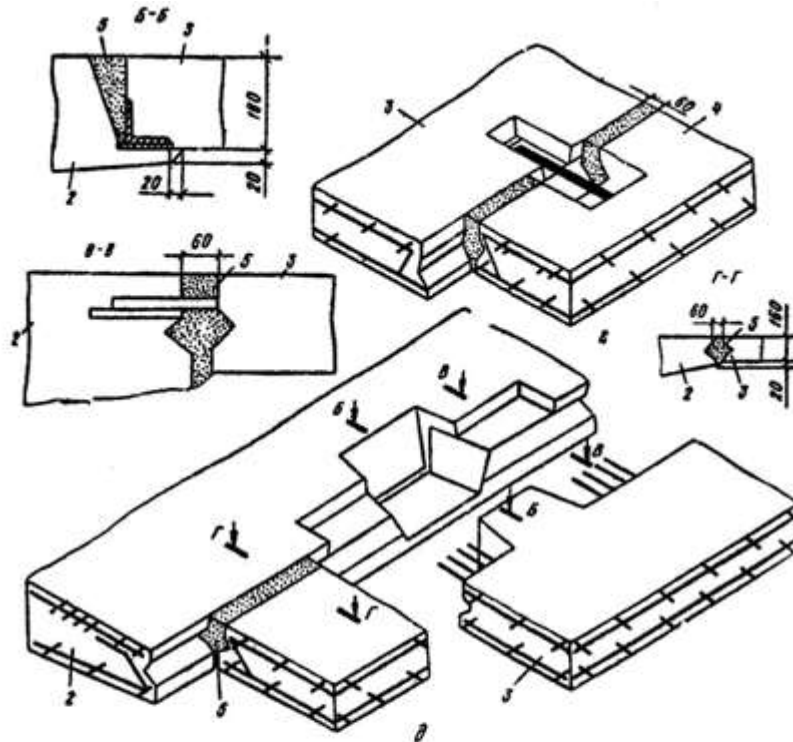


Рис. 1.3. Безбалкове збірне перекриття: а – план; б – загальний вигляд збірних елементів перекриття; в – стик колони з капітеллю; г – з'єднання міжколонної плити з прольотною; д – з'єднання міжколонної плити з капітеллю

Капітелі також можуть бути розроблені як суцільні плоскі компоненти. З'єднання прогонових плит з вершинами колон шарнірне, а надколонних плит з капітелями - жорстке. Ця жорсткість досягається за рахунок зварювання стрижнів або закладних деталей. Консолі колон виконують роль опор для капітелей.

Типова конфігурація передбачає стельову систему з сіткою колон, розташованих на відстані 5 на 5 метрів. Ця система включає суцільні капітелі

висотою 500 мм з отвором для розміщення колонного проходу, суцільні міжколонні плити товщиною 150 мм і квадратні прольотні плити товщиною 120 мм. Капітелі спираються на сталеві вершини колон і кріпляться до них за допомогою зварних закладних деталей. У стику між колоною та внутрішньою поверхнею капітелі вбудовані горизонтальні канавки, що забезпечує шпонкове з'єднання, що підвищує стабільність після процесу монолітизації.

Міжколонні і прогонові плити бувають двох типів: суцільні плити рівномірного перетину і плити з виїмками розміром 750 на 750 мм для полегшення отворів для комунікацій. Міжколонні плити жорстко з'єднані з капітелями за допомогою зварювання арматурних стрижнів, що проходять від плит до закладних частин капітелей. Пролітні плити кріпляться міжколонними петлями, а вся система розрахована на корисне навантаження до 35 кН на квадратний метр.

Розрахунок збірного безбалкового перекриття передбачає розрахунок каркасів з жорсткими з'єднаннями, а також окремих пролітних плит, які спираються на плити колон, що виконують роль ригелів каркасів. Розрахунок каркаса відбувається в два етапи: етап експлуатації та етап монтажу. На етапі експлуатації зварні і монолітні з'єднання елементів конструкції повинні витримувати повні постійні і тимчасові навантаження. На стадії монтажу рами розраховані на постійні навантаження від ваги елементів конструкції, за винятком перекриттів і перегородок, на додаток до тимчасових навантажень від вітру та монтажних робіт, які оцінюються в 25 кН на квадратний метр. Короткочасні навантаження в цій оцінці зменшуються на 22%.

Прольотні плити розраховуються як спираються на деформований контур міжколонних плит. Ці плити перебувають у складному стані розтягування і піддаються розширенню внаслідок часткового стиснення та деформованості несучого контуру. У початкових наближеннях їх міцність оцінюється як плити, що спираються на жорсткий контур, без урахування сил

кріплення і тертя. Згодом ці плити аналізуються в умовах смугового навантаження, подібно до монолітних безбалкових перекриттів.

Розрахунки на міцність для плит розглядають їх як згинальні елементи, а колони розглядають як позацентрово стислі елементи. Плити армуються на основі прикладених зусиль за допомогою просторових каркасів, що складаються із зварних сіток і плоских зварних каркасів, виготовлених з гарячекатаної арматурної сталі класу А-II. Вбудовані компоненти та фурнітура вбудовані в плити, щоб полегшити з'єднання один з одним і з головками.

Капітелі розроблені таким чином, щоб витримувати монтажні навантаження як консолі та можуть бути посилені за потреби. Арматура, вибрана з огляду на негативний момент, розташовується поверх капітелі та об'єднується з верхньою робочою арматурою плит колони.

Збірно-монолітні безбалкові перекриття являють собою ефективно поєднання збірних елементів зменшеної товщини та монолітного бетону. Вони пропонують більші економічні переваги порівняно з повністю монолітними системами, насамперед тому, що опалубка для цих стель виготовляється із збірних елементів, що зменшує трудомісткість і тривалість будівництва. Такі стелі придатні для навантажень до 25 кН на квадратний метр і можуть бути побудовані з використанням стандартних або спеціально розроблених конструктивних елементів із капітелями у формі усічених пірамід або плоских капітелей. У попередній конструкції капітелі та колони з'єднані між собою бетонними шпонками, сформованими в процесі монолітизації.

Потім на ці капітелі укладають тонкостінні ребристі попередньо напружені міжколонні плити, спираючи над ними тонкостінні пролітні плити. Над пролітними плитами укладають шар бетону товщиною 5-6 см, а над міжколонними плитами - товщиною 10-12 см. Над капітелями розташовані арматурні решітки, щоб ефективно справлятися з негативними моментами. Економічна ефективність даної конструкції полягає у відсутності

опалубки та закладних елементів, особливо коли об'єм монолітного бетону становить до 55% від загального об'єму перекриття.

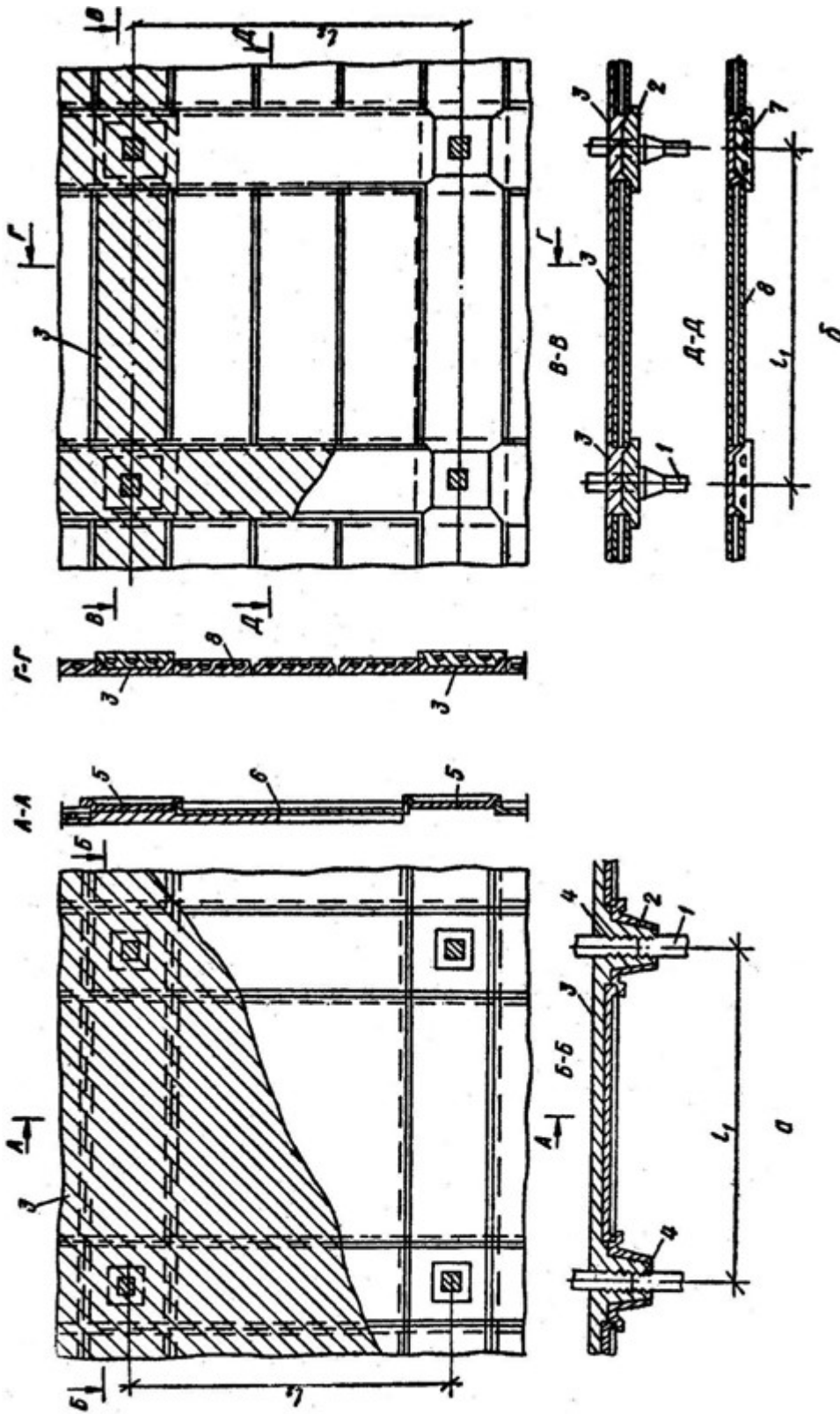


Рис. 1.4. Переріз безбалкового перекриття

Безбалкова система збірного перекриття складається з панелей, які безпосередньо спираються на капітелі колон. Основна конструктивна функція капітелей полягає в створенні жорсткого зв'язку між стелею і колонами, зменшенні ефективного прольоту панелей і забезпеченні опори. Типова колонна сітка має розміри 5 на 5 метрів. Використовується високоміцна сталева арматура, хоча в різних регіонах також досліджуються арматури з бамбука та скловолокна.

Арматуру в бетонних конструкціях поділяють на робочу, монтажну та розподільчу. Кількість робочої арматури визначається розрахунками, а монтажна і розподільна арматура вибирається з урахуванням проектних міркувань. Різноманітність залізобетонних конструкцій обумовлює необхідність широкого асортименту арматурних сталей і елементів.

Арматурні сталі поділяють на м'які, що характеризуються межею текучості, і «тверді», що визначаються межею міцності на розрив. Міцність арматури можна підвищити за допомогою коригування хімічного складу (наприклад, вмісту вуглецю та легуючих елементів) і різних механічних процесів, таких як витягування, сплющення, скручування або термічна обробка. Важливо, щоб арматурна сталь мала достатню пластичність, що визначається відносним подовженням під час випробування на розтягування та її продуктивністю в умовах згинання або згинання.

Деформаційна поведінка арматурної сталі є критичною для оцінки її придатності. Гарячекатані м'які сталі демонструють чітку межу текучості та лінійну залежність напруги від деформації, тоді як холоднооброблені та термічно загартовані сталі переходять у пластичну деформацію без чіткої межі текучості, що вимагає використання умовної межі текучості, визначеної при залишковому подовженні. 0,25%.

Механічні властивості арматурних сталей регламентуються відповідними стандартами, які також визначають їх раціональне використання в конструкції. Ефективне зчеплення між арматурою та бетоном досягається за рахунок сил зчеплення та, в деяких випадках, додаткових

механізмів кріплення. Використання арматурної сталі з періодичним профілем підвищує адгезію і зменшує ширину тріщин. Гарячекатані армуючі профілі створюються під час виробництва, а холодна обробка дозволяє підвищити міцність за рахунок пластичності.

Застосування періодичних профілів дозволяє використовувати сталь з вищою межею текучості, що призводить до зниження витрат матеріалу на 20-35% порівняно з традиційними марками. Правильно спроектовані профілі забезпечують надійне зчеплення з бетоном. Високоміцне армування є особливо корисним для попередньо напруженого бетону, затримуючи утворення тріщин і підвищуючи структурну жорсткість. Однак кріплення високоміцної арматури викликає труднощі, що робить періодичні профілі бажаними для покращення продуктивності.

Основні види гарячекатаної арматури класифікуються за характеристиками міцності, який визначає чотири класи арматури. Класи призначені для стандартних залізобетонних конструкцій, тоді як клас А-I включає гладку круглу сталь, придатну для монтажу та розподілу. До класів А-I і А-II відносяться періодично профільовані вуглецеві і низьколеговані сталі, а клас А-III характеризується мінімальною межею текучості 3200 кг/см² і міцністю на розрив 5200 кг/см². Клас А-II має вищі порогові значення, з міцністю та міцністю на розтяг 4100 кг/см² і 6300 кг/см² відповідно. Клас А-II служить основним типом арматури у звичайних залізобетонних застосуваннях завдяки своїй ефективності використання матеріалу. Клас А-I рекомендований для гідротехнічних споруд, особливо там, де необхідні водонепроникні умови.

До класів А-IV належать високоміцні, гладкі та періодично профільовані леговані сталі, призначені для застосування під напругою в середовищах від помірних до низьких температур. Ці сталі мають мінімальну межу текучості 6300 кг/см² і міцність на розрив 9400 кг/см². Класи А також можуть бути використані в попередньо напружених конструкціях, які можуть

піддаватися процесу механічного зміцнення, при цьому подовження під час витягування контролюється в межах від 3,2% до 5,4%.

Арматура випускається діаметром від 5 мм до 85 мм. Прутки діаметром 5-10 мм поставляються у вигляді катанок у бухтах, а діаметром 12-85 мм виготовляються у прямих прутках довжиною від 5 до 15 метрів. Зі збільшенням міцності сталі максимальний доступний діаметр також змінюється; наприклад, сталеві кришки класу А-ІІ на 45мм.

Попит на тонкостінні та попередньо напружені бетонні конструкції призвів до збільшення використання дротяної арматури діаметром 3-5 мм, яка виготовляється методом холодного волочіння, що покращує міцнісні властивості сталі. Низьковуглецевий холоднотягнутий дріт демонструє тимчасову міцність на розрив від 4400 до 5200 кг/см², що робить його придатним для стандартних залізобетонних конструкцій. Цей дріт з гладким профілем можна надійно зварити контактним точковим електричним зварюванням і використовується у зварних сітках і каркасах, забезпечуючи ефективне кріплення в бетоні.

Високовуглецевий холоднотягнутий дріт використовується в попередньо напруженому бетоні, доступний діаметром до 10 мм і поставляється в бухтах вагою до 220 кг. Міцність цього дроту зростає зі зменшенням діаметра, мінімальна міцність на розрив становить від 21000 до 16000 кг/см² для діаметрів від 2,4 мм до 4 мм. Крім того, стандартизовані механічні властивості, такі як межа текучості, відносне подовження та допуск на вигин.

Рекомендується, щоб дріт з високим вмістом вуглецю постачався в бухтах із внутрішнім діаметром, що в 350 разів перевищує діаметр дроту, щоб зберегти прямолінійність. Зварювання високовуглецевого дроту не рекомендується, оскільки це значно знижує міцність матеріалу в місці з'єднання. Високоміцні періодичні профілі можуть бути створені за допомогою методів холодної обробки, що покращує адгезію до бетону та полегшує ранню передачу попереднього напруження.

Дротова арматура діаметром 2 мм може демонструвати виняткову міцність, досягаючи 35000 кг/см^2 , що дозволяє створювати гнучкі арматурні елементи різної довжини з розривним зусиллям до 540 тонн. Цей високоміцний дрід є особливо вигідним для великопролітних і сильно армованих попередньо напружених конструкцій. Для цих застосувань теплоізоляційні матеріали часто поєднуються з гладкими та періодично профільованими дровими прутками діаметром від 5 до 10 мм, які складаються з вуглецевої сталі $C=0,6\%$. Після термічної обробки міцність на розрив цих дротяних прутків може досягати 15500 кг/см^2 .

Дуже важливо, щоб як холоднотягнуті, так і термічно армовані катанки були належним чином захищені від тривалого впливу температур, що перевищують 310°C . Крім того, ткані сітки, виготовлені з низьковуглецевого холоднотягнутого дроту, діаметром від 0,6 до 1,2 мм і отворами від 6 до 12 мм, слід розглядати в конструкціях, що піддаються пульсуючим навантаженням. Примітно, що зварювання, локальні вигини та періодичні профілі можуть негативно вплинути на межу витривалості сталі.

Зварні решітки та каркаси необхідні для індустріалізації процесів армування із застосуванням електрозварювання для з'єднання стрижнів. Зварюваність арматурної сталі має вирішальне значення в цих застосуваннях. Зварні арматури часто виготовляють у вигляді плоских елементів, що полегшує створення просторових каркасів, коли це необхідно. Цей підхід оптимізує методи виробництва, дозволяючи використовувати передові методи точкового зварювання, а також спрощує зберігання та транспортування.

Така зварна арматура особливо підходить для громадських будівель зі значними тимчасовими навантаженнями, а також для таких конструкцій, як багатоповерхові склади та холодильні установки. У контекстах, де навантаження на підлогу перевищує 12 кН/м^2 , безбалкові панельні підлоги демонструють явні переваги перед традиційними системами на балках.

Збірна безбалкова конструкція перекриття складається з трьох основних елементів: капітелі, панелі колон і панелі прольоту. Капітелі, розташовані на верхніх розширеннях колон, витримують навантаження від пересічних панелей, які функціонують як балки. Підлога функціонує подібно до ребристої системи, з панелями, що спираються вздовж своїх контурів, де панелі колон діють як широкі балки. Панелі стелі можуть бути ребристими або порожнистими, тоді як капітелі можуть бути суцільними або порожнистими, що сприяє загальній ефективності конструкції.

Експериментальні дослідження показують, що надколонні панелі демонструють мінімальну деформацію в поперечному напрямку, що дозволяє рівномірно розподілити поздовжню арматуру по поперечному перерізу. Момент польоту для капітелей, змодельованих як квадратні панелі, враховує часткові ефекти кріплення та гнучкість опорного контуру. Несучі та прольотні моменти панелей над колонами оцінюються подібно до нерозрізаних балок, включаючи перерозподіл моментів.

Капітелі аналізуються в обох напрямках, враховуючи навантаження від несучих тисків і моментів, створених плитами вище. Арматура стратегічно розміщена на вершині капітелей, а стіни капітелей також структурно посилені. Крім того, капітелі повинні бути розроблені таким чином, щоб витримувати монтажні навантаження як консольні конструкції.

Стовпи в каркасі оцінюються на основі поздовжньої стискаючої сили, що виникає в результаті навантажень верхніх поверхів, і згинального моменту, що виникає внаслідок односторонніх тимчасових навантажень на підлогу.

1.3. Перевага склопластикової арматури

Перекриття без балок мають ряд переваг перед традиційними системами на балках, насамперед завдяки більш ефективному використанню внутрішнього простору через відсутність виступаючих країв. Така конструкція полегшує монтаж промислової проводки і комунікацій. Крім того, зменшена конструктивна висота безбалкових перекриттів зменшує

загальну висоту багатоповерхових будинків, що призводить до меншого споживання стінових матеріалів і підвищення естетичної привабливості.

Ці конструкції спираються на металеву арматуру, яка може значно підняти вартість будівництва, збільшити вагу елементів і потенційно знизити загальну довговічність будівлі. Для вирішення цих проблем в якості альтернативи пропонується використання склопластикової арматури.

Склопластикова арматура має відмінні характеристики в порівнянні з металевою арматурою класу А-500. Її менша вага сприяє зниженню загального навантаження на конструкцію, а стійкість до корозії підвищує довговічність. Більше того, скловолоконна арматура може забезпечити порівнянну міцність на розрив, дозволяючи ефективно розподіляти навантаження без недоліків, пов'язаних із традиційною металевою арматурою.

Скловолоконна арматура демонструє чудову стійкість до поздовжніх навантажень, перевершуючи металеву арматуру в два рази. Крім того, її коефіцієнт теплового розширення майже відповідає коефіцієнту теплового розширення бетону, що сприяє структурній цілісності та довговічності композитної системи. Використовуючи армування зі скловолокна замість традиційного металу, термін служби конструкцій можна подвоїти, а початок розтріскування значно відкладається порівняно з системами, армованими металом.

Переваги переходу на композитну арматуру очевидні, якщо порівняти вартість однієї тонни стандартної металевої арматури класу А-500 (діаметр 14 мм) з її еквівалентом зі скловолокна (діаметр 10 мм). У сучасному будівництві існує нагальна потреба у підвищенні структурної та технологічної ефективності при мінімізації енергоспоживання, використання матеріалів, трудомісткості та загальних витрат на будівництво.

Досвід експлуатації, особливо в регіонах, подібних до Йорданії, показує, що корозія сталевих арматур та невідповідна якість бетону, що характеризується високою водопроникністю, є основними факторами, що

сприяють погіршенню стану бетонних конструкцій. Корозія дозволяє шкідливим агентам, таким як волога та іони хлориду, проникати та порушувати цілісність конструкції. Відновлення пошкодженого залізобетону часто вимагає значних фінансових витрат.

Для пом'якшення корозії були запропоновані різні захисні заходи для сталеві арматури. Наприклад, епоксидні покриття можуть захистити сталеві фітинги від корозійних агентів; однак вони вимагають ретельного монтажу та значних витрат на обробку, що обмежує їх застосування переважно до агресивних хімічних середовищ.

У всьому світі заміна металевої арматури на неметалеву альтернативу набула актуальності. Життєвим рішенням є неметалева або композитна арматура, виготовлена з таких матеріалів, як скло, базальт або вуглецеві волокна. Покращення, такі як додавання поперечних або спіральних ребер на поверхню армування або просочення термореактивними або термопластичними полімерами, ще більше покращують продуктивність.



Рис. 1.5. Види композитної арматури: 1 – за типом періодичного профілю; 2 – за матеріалом

Таблиця 1.1. Порівняльна характеристика сталевї 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 ⁻⁵ /°С	13-15	9-12
12	Густина, кг\м ³	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 небезпеки)

Композитне армування пропонує кілька переваг перед традиційними металевими фітингами, включаючи потенційну пряму економію до 34% і непряму економію близько 22% при заміні металу однакової міцності композитними матеріалами. Примітно, що композитна арматура значно легша — майже в дев'ять разів менша за металеву — що призводить до зниження витрат на транспортування та обробку. Її можна виготовити будь-якої необхідної довжини, діаметром до 12 мм, згорнутим у ролони по

120 м, мінімізуючи звис під час монтажу та досягаючи економії до 5% довжини матеріалу, одночасно підвищуючи міцність конструкції.

Підвищується експлуатаційна надійність і довговічність конструкцій, оскільки композитні матеріали дозволяють збільшувати міжремонтні періоди і прискорюють процес складання, скорочуючи час, витрачений на зв'язування арматури, до 45%. Крім того, спрощується логістика, оскільки монтаж часто можна завершити без спеціального підйомного обладнання, що додатково знижує витрати на транспортування завдяки зменшеній вазі.

Композитні матеріали, включаючи вуглець, базальт, арамід і скловолокно, демонструють чудову стійкість до втоми, корозійну стійкість і електромагнітну нейтральність, а також низький коефіцієнт теплового розширення.

Однак композитна арматура має і помітні недоліки. Її модуль пружності приблизно в три-чотири рази нижчий, ніж у сталі, що може призвести до надмірної деформації таких конструкцій, як балки та плити, якщо їх попередньо не напружити. Оскільки він є діелектричним матеріалом, його не можна використовувати для опалення в холодних умовах, і його не можна зварювати, що вимагає плоских сіток і рам. Крім того, його вогнестійкість обмежена, він витримує температури лише приблизно до 65 °С, для чого можуть знадобитися спеціальні вогнестійкі покриття.

У таких контекстах поширені високі температури навколишнього середовища, обмеження щодо нагрівання та зварювання є менш критичними. Для типових багатоповерхових будинків (до 9 поверхів) допустимий нижній модуль пружності, достатньо використання арматурної сітки без використання міцних каркасних систем. Композитна арматура ефективно використовується в середовищах, які піддаються впливу агресивних умов, таких як хімічні заводи та підземні споруди, демонструючи її універсальність у різних сферах застосування.

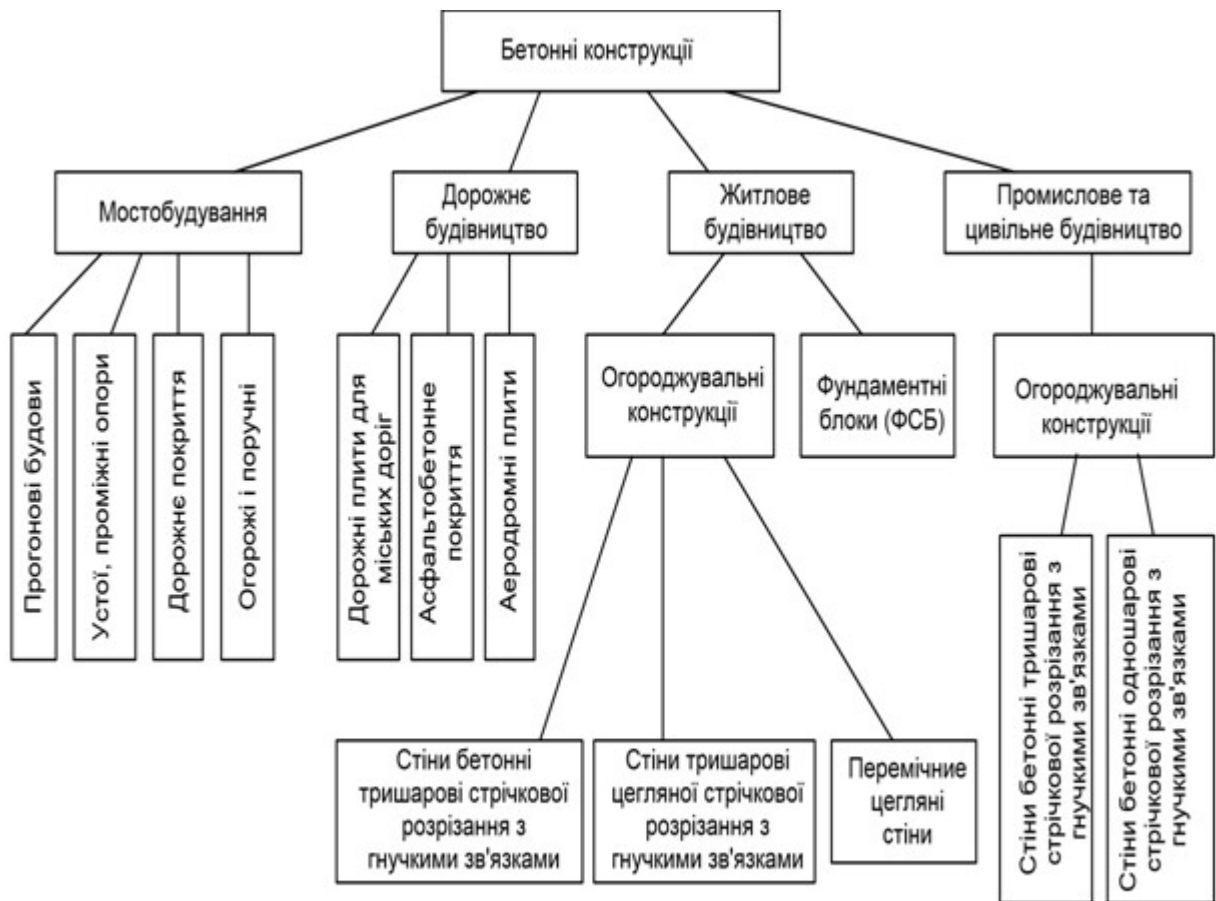


Рис. 1.6. Области застосування композитної арматури

Сучасна література наводить суперечливі докази щодо доцільності використання композитної неметалевої арматури в бетонних конструкціях. Це підкреслює необхідність подальших досліджень для покращення властивостей та ефективності такого армування в бетоні. Вивчаються різні стратегії модифікації композитної арматури для оптимізації її продуктивності.

Для оцінки характеристик композитної періодичної профільної арматури були проведені комплексні дослідження, включаючи розробку методів заводського контролю. Дослідження зосереджено на довговічності арматури зі скла та композиту, пропонуючи прогностичну модель її міцності в лужному середовищі. Крім того, гібридні органо-неорганічні сполуки були розроблені для базальтового композитного армування з модифікацією вуглецевих нанотрубок, що забезпечує механічні властивості та стійкість до

лугів, які можна порівняти з традиційними матеріалами, хоча цей підхід може призвести до більших витрат.

Розширення мережі швидкісних доріг США в 1960-х роках підкреслило необхідність цілорічного обслуговування, що призвело до широкого використання солей для видалення льоду, що прискорило корозію сталевій арматури в мостах автомагістралей. Були досліджені різні захисні заходи, включаючи цинкові покриття, електростатичні спреї, полімербетони та епоксидні покриття. Серед них сталева арматура з епоксидним покриттям виявилася найефективнішим рішенням для конструкцій, що піддаються впливу агресивних умов, хоча її висока вартість обмежувала широке застосування до кінця 1980-х років. З часом проблеми з корозією залишалися, особливо зі сталевими фітингами, що призвело до значного погіршення інфраструктури.

Однією з важливих проблем композитної арматури є її відносно слабка зчеплення з бетоном. Дослідження переважно зосереджені на покращенні властивостей самого армування, часто нехтуючи проблемами адгезії. Різноманітні дослідження вивчали вплив різних покриттів на міцність з'єднання та досліджували поведінку напруги та деформації на межі композитної арматури та бетону.

З кінця 1980-х років використання передових композитних матеріалів для армування бетонних конструкцій стало більш поширеним, особливо для таких застосувань, як мости та дороги в агресивних середовищах, а також для зміцнення промислової та цивільної інфраструктури. Композитна базальтова арматура також використовується в берегозахисних конструкціях, включаючи бетонні підпірні стіни, берми хвилерізів, дамби та насипи гравітаційних стін, підвищуючи довговічність фундаментів проти ерозії та осідання.

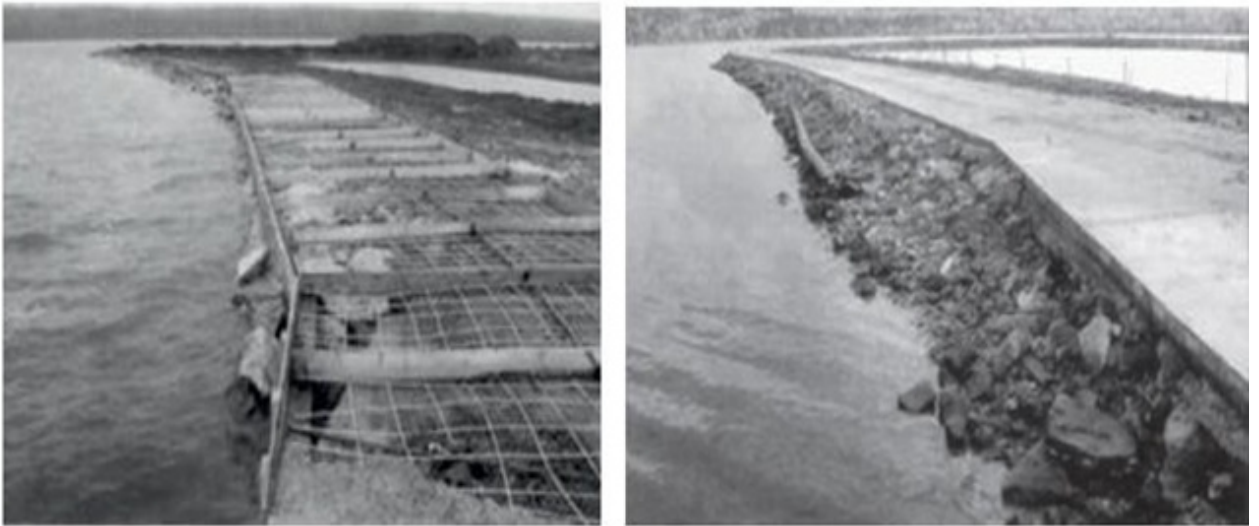


Рис. 1.7. Спорудження буни з використанням композитної арматури

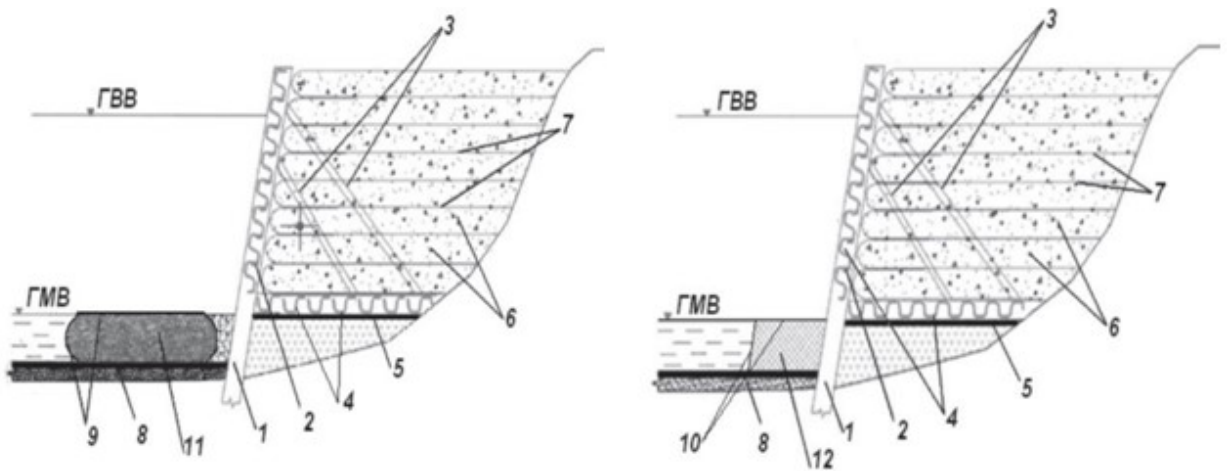


Рис. 1.8. Берегозахисна підпірна утримувальна споруда з армогрунтовою застінною частиною з композитної арматури і геотубами з боку акваторії

Великі дослідження властивостей і застосування композитної арматури були проведені в Канаді. Експерти з цивільного будівництва розробили рекомендації щодо інтеграції композитної арматури в проектування автодорожніх мостів, прикладом якого є міст Хедінглі в Манітобі, де використовувалися полімерні композити, виготовлені зі скла та вуглецевого волокна.

Поєднання неметалевої арматури зі спеціальними бетонами, такими як полімерні та полімерсилікатні склади, підвищує її експлуатаційні характеристики. Однак, як зазначено в літературі, адгезійні характеристики

між неметалевою арматурою та стандартним цементним бетоном залишаються недостатньо вивченими.

Результати досліджень свідчать про те, що композитна базальтова арматура може ефективно зміцнювати бетонні конструкції за наявності відповідних техніко-економічних обґрунтувань. Балки, армовані одинарною композитною базальтопластиковою арматурою, демонструють несучу здатність, порівнянну з балками, армованими сталлю. Однак балки з подвійним армуванням з використанням композитного базальту демонструють нижчу несучу здатність, ніж їх аналоги, армовані сталлю, що пояснюється меншою міцністю композиту на стиск. Моделі розтріскування, деформації та руйнування бетонних елементів, армованих композитним базальтом, подібні до тих, що спостерігаються в елементах, армованих сталлю.

Дослідження підтверджують ефективність неметалевої арматури для виробництва спеціалізованих виробів в агресивних середовищах. Помічено, що композитна арматура з плоскою намоткою забезпечує кращі характеристики адгезії порівняно зі сталевією та іншими типами композитної намотки. Перші спроби створити надміцну неметалеву полімерну арматуру почалися в 1970-х роках в СРСР, де спіралью намотані скляні нитки використовувалися для підвищення адгезії з бетоном.

Еволюція скловолоконної арматури сягає давніх практик, таких як використання соломи у виробництві цегли. Його активне використання різко зросло після Другої світової війни, особливо в автомобільному та аерокосмічному секторах, але серйозні міркування щодо бетонної арматури з'явилися в 1970-х роках. Наприкінці 1980-х років фітинги зі скловолокна набули популярності на північноамериканському ринку завдяки просуванню досліджень у 1990-х роках. Ця технологія знайшла застосування в основному в будівництві мостів, портових спорудах і медичних центрах, де потрібні можливості магнітно-резонансної томографії.

Прикладом практичного застосування скловолоконної арматури в Південній Америці є її використання у виноробні, побудованій у Британській Колумбії. Дослідження продемонстрували доцільність використання базальтової композитної арматури в опорах контактної мережі, де застосовувалася унікальна технологія попереднього напруження та анкерування для значного пом'якшення вібраційного навантаження на конструкцію.

У Канаді армування композитним матеріалом було ефективно використано в будівництві мостів на автомагістралях, позиціонуючи країну як лідера у використанні армованого волокном полімеру для армування мостів. Дослідження, проведені в далекосхідних регіонах, оцінили застосування базальтової композитної арматури в цементобетонних дорогах, що призвело до рекомендацій щодо інтеграції цієї арматури в дорожнє покриття на основі результатів досліджень і виробничих випробувань.

У 2005 році скловолоконна арматура була використана при будівництві залізничного тунелю під річкою Темза, де її збірка під час проходки тунелю була вигідною, оскільки вона не затуплювала ріжучі інструменти тунелебурильної машини, на відміну від сталевих арматур. У 1990-х роках спостерігався зростаючий попит на неметалеве армування в медичних технологіях, особливо для застосувань, які потребують непровідності електрики, наприклад, магнітно-резонансної томографії.

Модуль пружності армуючих волокон є критичним у конструкційних розрахунках. Жорсткі зовнішні армуючі елементи можуть ефективно зменшити напругу в існуючому посиленні, хоча накладки зі скла або арамідного волокна повинні бути значно товщі, ніж накладки з вуглецевого волокна через їх нижчий модуль пружності. Більш товсті пластини створюють проблеми для забезпечення сумісності з бетонними конструкціями, включаючи ризик високих дотичних напружень і потенційного крихкого руйнування через сили зсуву.

Базальтова арматура відрізняється довговічністю, термін служби якої перевищує 80 років без втрати експлуатаційних характеристик. Крім того, його низький коефіцієнт теплопровідності підвищує енергоефективність конструкцій. Дослідження показали, що міцність вологого бетону, армованого базальтопластиком, залишається майже незмінною в умовах циклічного заморожування-відтавання та впливу лужних середовищ зі зниженням міцності не більше ніж на 17% порівняно з сухим бетоном.

Попит на більш міцні та довговічні матеріали привів до розробки та застосування вуглецевого волокна. Цей матеріал характеризується високою хімічною стійкістю, водонепроникністю та сприятливими механічними властивостями. Тканини з вуглецевого волокна демонструють гнучкість у поєднанні зі значною міцністю, що робить їх придатними для зовнішнього зміцнення конструкцій, особливо у складних конфігураціях або там, де потрібне локальне зміцнення. Процес встановлення надзвичайно простий.

Аналіз різних композитних армуючих елементів дозволяє виявити ключові характеристики: ці матеріали складаються з двох або більше компонентів, з'єднаних клеєм, де геометричне розташування має вирішальне значення для вирішення складних інженерних завдань. Ця унікальна конфігурація дозволяє інтегрувати контрастні властивості, такі як пластичність проти крихкості та еластичність проти жорсткості.

Основу класифікації композитних матеріалів можна сформулювати таким чином: перший тип має численні межі між різнорідними матеріалами; другий тип має межі, утворені адгезією, що впливає на властивості композиту; третій тип характеризується тривимірною інтеграцією різнорідних матеріалів, яка дає нові властивості, яких немає в окремих компонентах.

Ефективність зчеплення цементобетону з композитною неметалевою арматурою шарнірів на досягнення якісного адгезійного контакту. Механічні властивості композитної арматури можуть значно відрізнитися залежно від типу волокон, об'єму, характеристик смоли та орієнтації волокон.

Таблиця 1.2. Механічні характеристики композитної і сталеві арматури

Характеристика	Арматура			
	склопластикова	вуглецева	базальтова	сталева
1	2	3	4	5
Щільність (кг/см ³)	1,25 ÷ 2,1	1,5 ÷ 1,6	1,25 ÷ 1,4	7,9
Поздовжнє теплове розширення (10 ⁻⁶ · °С)	6 ÷ 10	9 ÷ 0	- 6 ÷ - 2	11,7
Поперечне теплове розширення (10 ⁻⁶ · °С)	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 демонструє помітну анізотропію порівняно зі сталеві арматурі. Модуль пружності для композитних матеріалів нижчий, ніж у сталі, і залишається відносно постійним до руйнування, демонструючи пружно-крихкі властивості. Навпаки, проектна документація для будівництва в першу чергу враховує пластичну поведінку сталеві арматури. Ця притаманна відмінність призводить до більш частих деформацій у залізобетонних конструкціях, які використовують композитні матеріали, на відміну від тих, які армовані сталлю.

Ці відмінності механічних властивостей суттєво впливають на взаємодію між арматурі та бетоном, підкреслюючи необхідність ретельного розгляду в проектній документації. Примітно, що скловолоконна

арматура може збільшити міцність на розрив майже вдвічі порівняно зі сталевими прутками, тоді як вуглепластикова та базальтова арматура може збільшити міцність більш ніж у три рази, залежно від конкретних волокон і матриці, що використовуються.

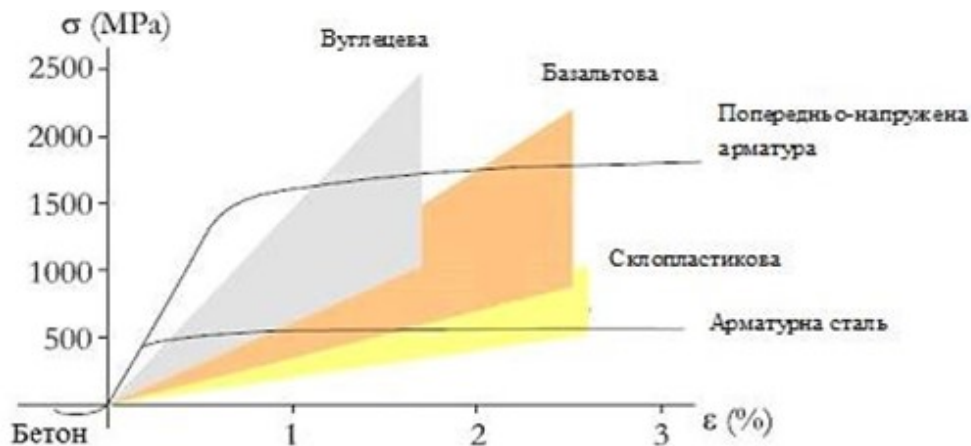


Рис. 1.9. Співвідношення між напруженнями і деформаціями для сталевих та композитної арматури

Композитна арматура відрізняється від сталевих тим, що не зберігає постійну міцність на розрив. Дослідження вказують на те, що витягування композитної арматури може спричинити напругу, що призводить до диференціального руху між серцевиною та поверхневими волокнами. Це призводить до нерівномірного розподілу нормальних напруг по поперечному перерізу, при цьому волокна поблизу центру зазнають різних рівнів напруги, ніж волокна поблизу зовнішньої поверхні.

В даний час відсутні нормативні стандарти, що регламентують вимоги до композиційної арматури, включаючи технологічні процеси виготовлення і геометричні параметри, що ускладнює її застосування. Існуюча література надає різні характеристики цих матеріалів.

Незважаючи на різні періодичні профілі, композитна арматура різних виробників демонструє відмінні адгезійні властивості з бетоном. Дослідження підкреслюють, що адгезія між бетоном і виступами та мікрорівномірностями поверхні армування є критичним фактором, що

впливає на ефективність їх з'єднання. Отже, необхідні подальші дослідження цього механізму адгезії.

Експерименти на гібридних композитних зразках, включаючи системи вуглець/графіт і скло/скло, демонструють псевдопластичну поведінку, коли зразки витримують навантаження навіть після руйнування початкових волокон. Це явище характеризується перерозподілом напруги між рештою волокон, що забезпечує продовження несучої здатності. Дослідження показують, що дисперсія вуглецевих волокон значно підвищує як міцність на розрив, так і адгезію арматури до бетону.

Адгезія є особливо важливою для внутрішньозміцнених бетонних елементів, оскільки лужне середовище під час затвердіння може сприяти деградації. Дослідження показали, що на адгезію впливає кілька факторів, включаючи хімічний склад, структуру, товщину з'єднувального шару та вміст вологи.

Проведено дослідження впливу складу епоксидної полімерної матриці на адгезійні властивості скло- та базальтоволоконних композитів. Один із методів підвищення міцності адгезії передбачає створення активних центрів на армуючій поверхні.

Розроблено математичні моделі для прогнозування міцності зчеплення скловолоконної арматури з бетоном. Крім того, дослідження показали, що збільшення вмісту активного розчинника покращує адгезію шляхом зменшення граничного кута змочування.

Порівняльні аналізи показали, що скловолоконна арматура демонструє більшу стійкість до лужної корозії, ніж сталева арматура, демонструючи лише 5-8% зниження адгезії після впливу кислотних умов протягом 28 днів, тоді як сталева арматура зазнала зниження на 22-25%.

Використання ді- та триепоксидних олігомерів у поєднанні з різними комбінаціями затверджувачів є перспективною стратегією для покращення адгезії композитних матеріалів до бетону. Системи епоксиаміну мають низку основних властивостей, які роблять їх придатними для будівельних

застосувань. Ці системи демонструють високу адгезію до різноманітних поверхонь, мінімальну усадку в процесі затвердіння та чудову тепло- та електроізоляцію. Вони також виявляють значну хімічну та водостійкість, а також високу механічну міцність, довговічність і стійкість до атмосферних впливів і зношування.

Крім того, епоксидні системи мають відносно низьку токсичність через відсутність органічних розчинників, що сприяє їх безпеці в будівельних середовищах. Вони стійкі до біологічно агресивних умов і можуть ефективно твердіти у присутності води та при низьких температурах до $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Потенціал швидкого затвердіння дозволяє отримувати епоксидні полімери з сильними експлуатаційними властивостями. Крім того, ці системи забезпечують задовільні технологічні параметри, такі як життєздатність, в'язкість і тиксотропія, що робить їх зручними для використання.

Під час процесу затвердіння гетерополімер утворюється шляхом конденсації молекул епоксидної смоли з багатофункціональними затверджувачами, які містять кілька реакційноздатних груп, або шляхом полімеризації з каталізатором. Певні затверджувачі можуть навіть викликати каталітичний ефект за певних умов, у результаті чого полімер містить як гетеро-, так і гомополімерні сегменти. Важливо відзначити, що оптимальна кількість затверджувача може відрізнятися від стехіометричного співвідношення, залежно від технологічних параметрів композиції, таких як в'язкість і термічні ефекти під час затвердіння, а також специфічних вимог до епоксидних полімерів.

Висновок

Дослідження показують, що застосування сталевих арматур значно обмежено в різних кліматичних зонах через її високу вартість і недостатню стійкість до агресивних ґрунтових вод і мінеральних складів ґрунту, а також до підвищених температур, які сприяють корозії. Навпаки, хоча композитна арматура демонструє нижчий модуль пружності та міцність на стиск порівняно зі сталлю, вона пропонує кілька переваг, включаючи меншу вагу,

стійкість до корозії та діелектричну міцність. Однак його основним обмеженням є низька адгезія до цементного бетону.

Комплексний огляд патентів і літератури показує, що посилення адгезії між полімерною композитною арматурою та бетоном може бути ефективно досягнуто шляхом модифікації поверхні та включення активних центрів поверхні. Оптимальних технологічних і експлуатаційних властивостей з'єднання арматура з бетоном можна досягти, використовуючи полімерні клеї, які мають високу адгезію до полімерної арматури.

Серед найбільш перспективних матеріалів для модифікації поверхні композитної арматури є ди- та триепоксидні олігомери. Ці олігомери полегшують як фізичні, так і хімічні модифікації, тим самим значно покращуючи адгезію на межі між бетоном і арматурою.

РОЗДІЛ 2. ОПИС АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОГО РІШЕННЯ БУДІВЛІ

2.1. Ситуаційний план

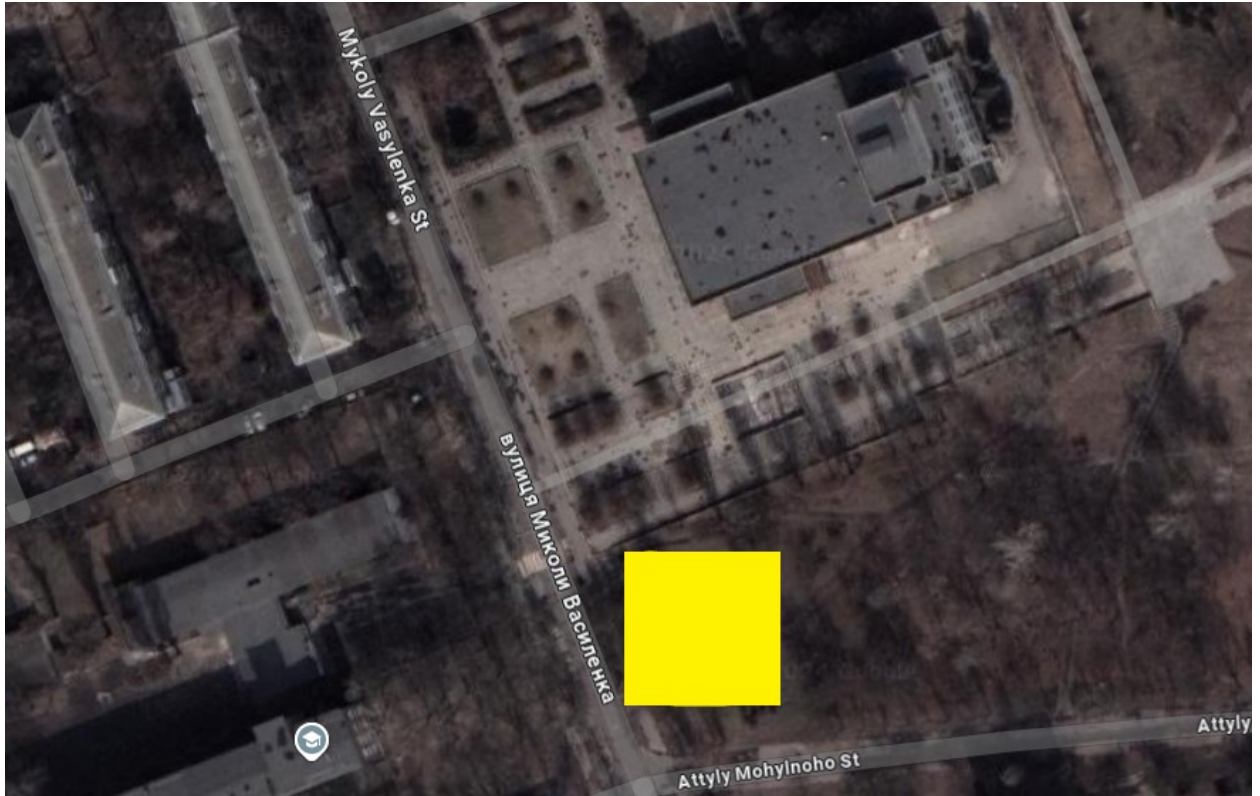


Рис. 2.1. Ситуаційний план

Торгівельно-розважальний комплекс розташовано на вулиці Миколи Василенка в місті Київ на правому березі Дніпра. Будівельний майданчик позначено жовтим контуром.

2.2. Об'ємно-планувальне рішення

Будівля складається з кількох взаємопов'язаних секцій, кожна з яких має різні конструктивні характеристики. Загальні розміри будівлі складають 25,9 метра по осі А-В і 62,5 метра по осі 1-9, причому висота найвищої частини будівлі досягає 11,7 метра.

Первинна і найдавніша частина має форму прямокутника, розміри 19 на 42,2 метра. Ця частина будівлі охоплює два поверхи, спираючись на несучі стіни товщиною 510 мм, побудовані із залізобетону або залізобетону. Перекриття в цій секції складається зі збірних панелей товщиною 220 мм, що

забезпечує ефективний розподіл навантаження. Максимальна висота цієї секції досягає 8 метрів, що забезпечує достатньо простору для різноманітного використання.

Друга секція, також прямокутна, але менша, має розміри 15,6 на 7,2 метра. Це одноповерхова споруда висотою 3.8 метри. На етапі реконструкції було спроектовано нову надбудову, яка складається зі складної круглої споруди радіусом 16 метрів. Ця нещодавно додана секція має три поверхи, кожен з однаковою висотою 3,2 метра. Перекриття в цій зоні виконано за системою монолітних плит, армованих склопластиковими композитами. Скловолоконна арматура була обрана через її чудову міцність на розрив, стійкість до корозії та меншу вагу порівняно з традиційною сталевую арматурою, що сприяє більш тривалому терміну служби та мінімальним вимогам до обслуговування.

Будівля також обладнана двома невеликими підвалами, які виконують експлуатаційні та господарські функції. Ці підвали інтегровані в загальну систему фундаменту.

Таблиця 2.1. Експлікація приміщень першого поверху

Номер приміщення	Найменування	Площа, м ²	Кат. приміщення
1	Торговий зал	87.90	
2	Технічне приміщення	2.88	
3	Торговий зал	129.90	
4	Туалет	18.20	
5	Торговий зал	64.90	
6	Магазин	16.80	
7	Магазин	8.60	
8	Магазин	13.90	
9	Магазин	13.50	
10	Торговий зал	64.90	
11	Туалет	9.20	
12	Торговий зал	265.00	

Таблиця 2.2. Експлікація приміщень другого поверху

Номер приміщення	Найменування	Площа , м	Кат. приміщення
1	Адміністративне приміщення	18.36	
2	Кімната персоналу	6.82	
3	Туалет	3.60	
4	Підсобне приміщення	11.84	
5	Магазин	31.36	
6	Торговий зал	135.20	
7	Торговий зал	166.32	
8	Торговий зал	64.96	
9	Торговий зал	352.20	
10	Підсобне приміщення	5.15	

Таблиця 2.3. Експлікація приміщень третього поверху

Номер приміщення	Найменування	Площа , м	Кат. приміщення
1	Торговий зал	352.20	
2	Підсобне приміщення	5.15	

2.3. Архітектурно-конструктивне рішення

Фундаменти та основи

Випробування ґрунту показали, що земля під існуючою конструкцією залишилася непорушеною, а фундаменти виявилися структурно міцними, що усуває потребу в ремонті. Для нової прибудови були обрані збірні фундаментні палі для забезпечення стабільної опори. Ці палі зроблені з високоміцного бетону, були розроблені для ефективного розподілу навантажень на підстилаючі шари ґрунту. Інтеграція нової системи фундаменту з існуючою структурою вимагала ретельної уваги, щоб забезпечити загальну стабільність.

Бетонні фундаментні блоки з'єднували за допомогою високоміцного розчину, утворюючи вертикальні шви шириною 22 мм для можливого диференціального осідання. Особливу увагу приділено кінцевим з'єднанням

балок, забезпечуючи повну адгезію та безперервність конструкції завдяки акуратному нанесенню розчину. При монтажі вертикальних і кутових балок в горизонтальні шви закладали сталеві шайби діаметром 5 мм. Ці шайби відіграли вирішальну роль у розподілі сил і запобіганні деформації конструкції.

Для додаткового зміцнення шви між сітчастою конструкцією та блоками зміцнили бетоном марки 20, який відомий своєю надійною міцністю на стиск і довговічністю. Цей матеріал був обраний спеціально через його здатність справлятися з динамічними навантаженнями будівлі та забезпечувати довгострокову цілісність конструкції.

Для гідроізоляції вертикальних швів використовувалася мембрана з рідкої гуми. Цей матеріал був обраний завдяки його видатним фізико-хімічним властивостям, включаючи високу еластичність, відмінну адгезію до різних будівельних основ і довговічність. Рідка гума утворює суцільний безшовний бар'єр, який адаптується до потенційних рухів у структурі, таких як осідання або незначні зсуви, які інакше можуть призвести до розтріскування. Висока гнучкість і міцність мембрани забезпечують збереження гідроізоляційного шару навіть під навантаженням.

Зовнішні, внутрішні стіни та перегородки

Існуюча будівля має цілісні зовнішні та внутрішні несучі стіни з повнотілої цегли товщиною 510 мм, яка відома своєю довговічністю та термічною масою. Внутрішні перегородки зведені з двох матеріалів: високоякісної цегли товщиною 100 мм, скріпленої розчином марки 50, та гіпсокартонних панелей товщиною 80 мм. Цегляні перегородки забезпечують міцну конструкційну опору, а гіпсокартонні перегородки складаються з оцинкованих сталевих профільних рам, обшитих двома шарами гіпсокартону з кожного боку.

Для покращення ізоляції гіпсокартонні перегородки заповнені мінерально-волокнистими теплоізоляційними плитами товщиною 5 см,

щільністю 110 кг/м³ і теплопровідністю 0,02 Вт/м·К. Цей матеріал покращує звукоізоляцію, теплоізоляцію та вогнестійкість.

У новій прибудові використано ту саму технологію будівництва та матеріали для узгодженості всієї будівлі.

Покрівля

Системи даху для всіх трьох секцій будівлі були побудовані з використанням узгодженого методу для забезпечення довговічності, ізоляції та ефективного водовідведення. Плоский дах збітумним покриттям був встановлений на шар цементного розчину зі співвідношенням суміші 1:3 (цемент до піску), щоб забезпечити міцну гладку поверхню. Цей шар полегшує відведення дощової води, створюючи невеликий ухил. Під шаром розчину встановлюється пароізоляційна мембрана ПВХ. Ця мембрана товщиною 1,5 мм забезпечує високу стійкість до проникнення вологи та пари, запобігаючи проникненню води в нижні структурні шари. Система водопроводу, інтегрована в дах, була розроблена з використанням поліпропіленових труб діаметром 110 мм, здатних ефективно відводити дощову воду від поверхні даху.

По краях покрівлі надійно закріплені захисні щити з фібробетону товщиною 200 мм для підвищення її стійкості до механічних пошкоджень і впливу зовнішнього середовища. Ці дошки також забезпечують додаткову стійкість конструкції даху, запобігаючи пошкодженню від впливу вітру та води.

У верхній частині будівлі дах овальної форми. Основна відмінність між секціями полягає в тому, що в прямокутній частині будівлі покрівля побудована на збірній бетонній плиті товщиною 220 мм, а в овальній частині – монолітна залізобетонна плита товщиною 250 мм. Бетон, який використовується для монолітної плити, має міцність на стиск 36 МПа, що забезпечує його здатність витримувати значні навантаження та вплив навколишнього середовища з часом. Обидві плити покриваються однаковим шаром цементного розчину, зберігаючи рівномірність по системі даху.

Комплексна дренажна система була вбудована в дах для управління дощовою водою. Ця система включає в себе водостоки з нержавіючої сталі діаметром 150 мм, розроблені для довговічності та стійкості до корозії. Ці водостоки з'єднані з системою поліпропіленових труб, що дозволяє ефективно відводити воду навіть під час сильних опадів. Крім того, дах оснащений спеціально розробленими сталевими опорами для встановлення рекламних вивісок. Ці опори виготовлені з оцинкованої сталі товщиною 10 мм, що гарантує, що вони можуть витримувати як вагу знаків, так і зовнішні сили, такі як вітер.

Покриття підлог

Підлога в будівлі розроблена відповідно до конкретних потреб кожної зони. В адміністративних приміщеннях використано комерційний лінолеум товщиною 3 мм, виготовлений з ПВХ зі склопластиковим шаром та поліуретановим покриттям, що забезпечує довговічність та зручність обслуговування. Торгові зали, коридори та туалети облицьовані керамогранітом товщиною 10 мм PEI IV класу з матовим покриттям для захисту від ковзання та епоксидним розчином для захисту від вологи. У підвалі встановлено шліфований бетон міцністю на стиск 40 МПа, оброблений ущільнювачем і герметиком для підвищення міцності, стійкості до плям і простоти очищення.

Таблиця 2.4. Специфікація покриття підлог

Найменування приміщення	Схема підлоги	Елементи підлоги та їх товщини	Площа підлоги, м ²
Адміністративні кімнати		1 Покриття лінолеум 5мм 2 Плита основи підлоги 40мм 3 Стрічкові звукоізоляційні прокладки через 500 4 Стяжка 5 Плита переkritтя 220мм	25.18
Торгові зали, технічні кімнати та туалети		1 Покриття - плитка керамічна 5мм на клею Ceresit 2 Гріючий кабель залитий цементно піщаним розчином М100,30мм. 3 Вирівнююча стяжка з цементно-піщанного розчину М100,30мм	1127.98
Підвал		1 Покриття - бетон шліфований 30мм 2 Гідроізоляція - 1 шар руберойду на мастиці. 3 Підстильний шар бетон класу В 15 140мм Підстава. 4 Ущільнений ґрунт 100мм.	80.12

Зовнішнє і внутрішнє опорядження

Внутрішні стіни матеріальної кімнати покриті основною емульсійною фарбою поверх гладкої штукатурки з використанням формули на водній основі для легкого нанесення та довговічності. Навпаки, магазини та комерційні приміщення мають високоякісні вінілові покриття для стін, які покращують естетику та забезпечують стійкість до плям і потертостей.

У ванних кімнатах стіни та підлога вкриті керамічною плиткою товщиною стін 10 мм, підлоги 12 мм. Плитка має водопоглинання менше 0,7%, склеєна цементним клеєм, модифікованим полімером, і затерта епоксидною смолою для стійкості до вологи.

Стіни диспетчерської оздоблені шпалерами з вініловим покриттям, наклеєними на заґрунтовану поверхню, а підлога покрита комерційним

лінолеумом товщиною 5 мм, укріпленим скловолокном і захищеним поліуретановим захисним шаром.

Покрівля покрита білою водорозчинною фарбою на силікатній основі, що забезпечує тепловідбивну здатність і повітропроникність. Декоративні елементи на зовнішніх стінах виготовлені з фіброцементних панелей, що забезпечує довговічність і стійкість до атмосферних впливів.

Внутрішні поверхні оброблені шаром цементного розчину товщиною 22 мм, покритого високоякісною штукатуркою та акриловою фарбою на водній основі. У приміщеннях з підвищеною вологістю для стін і перегородок використовуються панелі із загартованого скла, які підтримуються фурнітурою з нержавіючої сталі.

Під час ремонту пошкоджену керамічну плитку або перефарбували спеціальною керамічною фарбою, або замінили безшовним епоксидним покриттям товщиною 2,5 мм.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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).
2. Благоустрій територій (зі Змінами): ДБН Б.2.2-5:2011 [Чинний від 2012-09-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2019. – 44 с. (Національні стандарти України).
3. Природне і штучне освітлення: ДБН В.2.5-28:2018 [Чинний від 2019-02-28]. -К: Мінрегіонбуд України, 2018. – 7 с. (Національні стандарти України).
4. 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).
5. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016 [Чинний від 2016-10-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2017. – 15 с. (Національні стандарти України).
6. Навантаження і впливи. Норми проектування: ДБН В.1.2-2:2016 [Чинний від 2017-10-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2016. – 13-16 с. (Національні стандарти України).
7. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення: ДБН В.2.1-10:2018.
8. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією: ДБН В.2.6-33:2018.
9. Покриття будівель і споруд: ДБН В.2.6-220:2017
10. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Підлоги.
11. Вікна та двері: ДСТУ EN 14351-1:2020.
12. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Оздоблювальні роботи

13. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування: ДБН В.2.5-75:2013.
14. 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).
15. Організація будівельного виробництва: ДБН А.3.1-5:2016 [Чинний від 2016-01-01]. -К: Мінрегіонбуд України, 2016. – 44-46 с. (Національні стандарти України).
16. Кошторисні норми України «Настанова з визначення вартості будівництва»: [Чинний від 2021-11-09]. -К: Мінрегіонбуд України, 2021. – 44-46 с. (Національні стандарти України).
17. 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).