

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

«___» _____ 2026р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим рівнем вищої освіти

На тему: «Техніко-економічне обґрунтування використання сучасних конструктивних рішень при будівництві ресторанного комплексу в м. Київ»

Виконав (ла)

В. В. Дяченко

(підпис)

(Прізвище, ініціали)

Група

БУД 2401-2 м

(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

Дяченко Владислав Вікторович

Тема роботи: Техніко-економічне обґрунтування використання сучасних конструктивних рішень при будівництві ресторанного комплексу в м. Київ

Затверджено наказом по університету № _____ від "___" ___ 2025р.
Строк здачі студентом закінченої роботи: "___" _____ 2026 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. Техніко-економічний аналіз незмінної опалубки, 3.1 Опис та класифікація технології, 3.2 Техніко-економічний аналіз використання незмінної опалубки при будівництві ресторанного комплексу, 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)

16 слайдів мультимедійного матеріалу

Керівник :		М. В. Нагорний
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)
Консультант		М. В. Нагорний
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)
Завдання прийняв до виконання:		
Здобувач		В. В. Дяченко
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)

Анотація

Дяченко Владислав Вікторович «Техніко-економічне обґрунтування використання сучасних конструктивних рішень при будівництві ресторанного 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, 2026.

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.

Дослідження зосереджено на впровадженні та аналізі технології незмінної опалубки в будівництві сучасних громадських будівель на прикладі ресторанного комплексу в Києві. У дослідженні висвітлено переваги цієї технології з точки зору енергоефективності, швидкості будівництва та економічної доцільності в кліматичних і експлуатаційних умовах центральної України. Система поєднує конструктивні, теплові та оздоблювальні функції в єдиному інтегрованому елементі стіни, забезпечуючи високий рівень експлуатаційних характеристик і надійності протягом усього терміну служби будівлі.

Доведено, що використання незмінної опалубки значно знижує трудомісткість будівництва, скорочує загальну тривалість робіт та зменшує кількість робітників, необхідних на будівельному майданчику. Процес вимагає лише стандартного будівельного обладнання та мінімальних допоміжних засобів, що сприяє кращій організації будівельного майданчика та підвищенню загальної продуктивності. У порівнянні з традиційними методами кладки або монолітного будівництва, ця система забезпечує більш точні геометричні характеристики стін та більш ефективне використання матеріалів.

Економічний аналіз підтверджує, що використання незмінної опалубки призводить до помітного зниження як прямих витрат на будівництво, так і

загальних витрат на проект. Технологія забезпечує меншу витрату матеріалів, менше відходів та оптимізоване використання енергії під час будівельного процесу. Спрощена установка інженерних мереж та оздоблювальних шарів ще більше підвищує економічну ефективність будівлі.

Ключові слова: опалубка, енергоефективність, ресторан.

Список публікацій та/або виступів на конференціях студента:

1. Дяченко В. В. Техніко-економічне обґрунтування використання сучасних конструктивних рішень при будівництві ресторанного комплексу в м. Київ // Матеріали 87-ї Міжнародної наукової конференції студентів університету, 7–11 квіт. 2025 р. Харків, 2025. С.11.

2. Дяченко В. В. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ НЕЗМІННОЇ ОПАЛУБКИ / М. В. Нагорний // Матеріали ХІХ Міжнародної науково-практичної конференції, 26 листопада 2025 р. Харків, 2025. С.34

В додатках наведено тези конференції, альбом слайдів мультимедійної презентації.

Структура роботи.

Робота складається з основного тексту на 46 сторінках, у тому числі 3 таблиць, 9 рисунків. Текст роботи містить загальну характеристику роботи, 4 розділи, висновки і рекомендації за результатами роботи, список з 17 використаних джерел. Графічна частина складається з 16 слайдів мультимедійної презентації.

Abstracts

Vladyslav Dyachenko “Technical and economic justification for the use of modern design solutions in the construction of a restaurant complex in Kyiv” – Master's thesis in manuscript form.

Master's thesis in the specialty 192 “Construction and Civil Engineering.” – Sumy National Agrarian University, Sumy, 2026.

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, as well as the methods of scientific research, are formulated.

The research focuses on the implementation and analysis of permanent formwork technology in the construction of modern public buildings using the example of a restaurant complex in Kyiv. The study highlights the advantages of this technology in terms of energy efficiency, speed of construction, and economic feasibility in the climatic and operational conditions of central Ukraine. The system combines structural, thermal, and finishing functions in a single integrated wall element, ensuring a high level of performance and reliability throughout the life of the building.

It has been proven that the use of permanent formwork significantly reduces the labor intensity of construction, shortens the overall duration of work, and reduces the number of workers required on the construction site. The process requires only standard construction equipment and minimal auxiliary tools, which contributes to better organization of the construction site and increased overall productivity. Compared to traditional masonry or monolithic construction methods, this system provides more accurate wall geometry and more efficient use of materials.

Economic analysis confirms that the use of permanent formwork leads to a significant reduction in both direct construction costs and overall project costs. The technology ensures lower material consumption, less waste, and optimized energy use during the construction process. Simplified installation of utilities and finishing layers

further increases the economic efficiency of the building.

Keywords: formwork, energy efficiency, restaurant.

List of student publications and/or conference presentations:

1. V. Dyachenko Technical and economic justification for the use of modern design solutions in the construction of a restaurant complex in Kyiv // Materials of the 87th International Scientific Conference of University Students, April 7–11, 2025. Kharkiv, 2025. P. 11.

2. V. Dyachenko TECHNICAL AND ECONOMIC JUSTIFICATION FOR THE USE OF PERMANENT FORMWORK TECHNOLOGY / M. V. Nagorny // Proceedings of the XIX International Scientific and Practical Conference, November 26, 2025. Kharkiv, 2025. P. 34

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 46 pages, including 3 tables and 9 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 17 sources used. The graphic part consists of 16 slides of a multimedia presentation.

ЗМІСТ

Розділ 1. Загальна характеристика роботи.....	9
Розділ 2. Бібліографічний огляд досліджень.....	11
Розділ 3. Техніко-економічний аналіз незмінної опалубки.....	15
3.1 Опис та класифікація технології.....	15
3.2 Техніко-економічний аналіз використання незмінної опалубки при будівництві ресторанного комплексу.....	26
Розділ 4. Опис архітектурно-планувального рішення будівлі.....	34
4.1 Ситуаційний план.....	34
4.2 Об'ємно-планувальне рішення.....	34
4.3 Архітектурно-конструктивне рішення.....	36
Список використаних джерел.....	45

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми: Питання енергоефективного та економічно обґрунтованого будівництва малоповерхових комерційних будівель, таких як ресторани комплекси, є дуже актуальним у сучасній Україні через зростання вартості енергоносіїв, необхідність скорочення витрат на робочу силу та матеріали, а також попит на високоякісні будівельні конструкції. Традиційні методи будівництва стін характеризуються високою трудомісткістю, значним споживанням матеріалів та тривалими термінами будівництва, що негативно впливає на економічну доцільність проектів. Застосування систем незмінної опалубки дозволяє зменшити витрати матеріалів і робочої сили, прискорити і зробити більш технологічним процес будівництва, забезпечити стабільну енергоефективність і поліпшити якість будівлі.

Мета і завдання дослідження: Метою дослідження є оцінка доцільності використання системи незмінної опалубки для будівництва ресторанного комплексу в Києві з урахуванням економічних, технологічних і експлуатаційних параметрів.

Завдання дослідження включають аналіз конструктивних характеристик сучасних систем незмінної опалубки, їх порівняння з традиційними методами будівництва стін, визначення трудомісткості та вартості будівництва, оцінку необхідного обладнання та ресурсів, розрахунок економічної ефективності використання незмінної опалубки в місцевих кліматичних умовах, а також оцінку термінів будівництва та енергоефективності отриманих конструкцій.

Об'єкт дослідження: Ресторанний комплекс в місті Київ.

Предмет дослідження: Використання незмінної опалубки.

Методи дослідження: У дослідженні було застосовано комплексний підхід, що включав аналіз технічної документації виробників систем незмінної опалубки, порівняння параметрів незмінної опалубки з традиційними технологіями будівництва, економічне моделювання витрат на матеріали та робочу силу, розрахунки трудомісткості та заробітної плати, а також оцінку

необхідного обладнання та будівельних ресурсів. Були застосовані методики оцінки технологічної ефективності та енергоефективності, а також розрахунки витрат на обладнання та будівельні ресурси. Економічний аналіз базувався на поточних ринкових цінах на матеріали та обладнання.

Наукова та технічна новизна одержаних результатів: Наукова та технічна новизна дослідження полягає у комплексній оцінці ефективності сучасних систем незмінної опалубки в малоповерховому комерційному будівництві в Києві з урахуванням місцевих кліматичних умов, економічних витрат та технічних характеристик. Було проведено детальний порівняльний аналіз різних видів незмінної опалубки та традиційних методів будівництва, включаючи точні числові дані про матеріали, робочу силу, заробітну плату, обладнання та терміни будівництва. Визначено конкретні параметри економічної вигоди та енергоефективності, що є основою для обґрунтування використання систем незмінної опалубки для комерційних будівель в сучасних умовах.

Практичне значення одержаних результатів: Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості безпосереднього застосування запропонованих висновків у проектуванні та будівництві громадських будівель, зокрема ресторанних комплексів. Дослідження надає обґрунтовану базу для вибору незмінної опалубки як ефективної технології будівництва стін, що дозволяє проектувальникам та підрядникам скоротити терміни будівництва, оптимізувати трудові ресурси та поліпшити енергоефективність будівель.

Апробація та публікація результатів роботи: 1. Дяченко В. В. Техніко-економічне обґрунтування використання сучасних конструктивних рішень при будівництві ресторанного комплексу в м. Київ // Матеріали 87-ї Міжнародної наукової конференції студентів університету, 7–11 квіт. 2025 р. Харків, 2025. С.11.

2. Дяченко В. В. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ НЕЗМІННОЇ ОПАЛУБКИ / М. В. Нагорний // Матеріали ХІХ Міжнародної науково-практичної конференції, 26 листопада 2025 р. Харків, 2025. С.34

РОЗДІЛ 2

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕНЬ

Системи незнімної опалубки є однією з найважливіших конструктивних і технологічних інновацій у будівельній галузі другої половини ХХ століття. Вони з'явилися у відповідь на нагальну потребу у швидкому будівництві житла і з того часу перетворилися на передову будівельну технологію, яка широко застосовується як у житловому, так і в громадському будівництві. Основним принципом цієї системи є використання стінових елементів, зовнішні шари яких виконують функцію опалубки під час бетонування і залишаються невід'ємною частиною кінцевої конструкції, поєднуючи в собі функції несучих, ізоляційних і захисних елементів. Такий підхід значно скорочує час будівництва, мінімізує обсяг монолітних бетонних робіт, зменшує витрату матеріалів і енергії та покращує теплові характеристики будівель.

Поширення технології незнімної опалубки відбувалося одночасно в декількох країнах, кожна з яких адаптувала систему до наявних сировинних ресурсів та промислових потужностей. Ранні розробки включали цементно-стружкові плити, блоки з пінополістиролу та цементні плити, армовані мінералізованою стружкою. Ці матеріали демонстрували сприятливий баланс низької щільності та достатньої механічної міцності. Наприклад, блоки з пінополістиролу мають щільність в діапазоні 15–30 кг/м³ і коефіцієнт теплопровідності 0,035–0,040 Вт/м·К, тоді як цементно-зв'язані композити досягають міцності на стиск понад 10 МПа. Більш досконалі в'язучі та композити на основі магнею досягають міцності на стиск понад 60 МПа, виявляють високу стійкість до стирання та мають природні бактерицидні властивості, що робить їх особливо придатними для інтенсивної експлуатації в громадських будівлях, таких як ресторани.

У сучасній практиці системи незнімної опалубки зазвичай утворюють тришарову структуру стін. Зовнішні шари, часто виготовлені із залізобетону, цементно-зв'язаних плит або панелей із спіненого полістиролу, служать незнімною опалубкою та захисними оболонками. Внутрішній шар забезпечує

теплоізоляцію, товщина якого визначається розрахунками теплотехніки. Для енергоефективних громадських будівель ізоляційний шар становить від 150 до 200 мм, що дозволяє дотримуватися чинних стандартів енергозбереження та зменшити енергоспоживання на опалення та охолодження на 30–40 % порівняно зі звичайними цегляними стінами. Важливо, що стіни таких систем досягають значень теплового опору, еквівалентних традиційним цегляним або легким бетонним стінам товщиною 800–1000 мм, при цьому вони значно легші та дешевші[5].

Переваги незнімної опалубки особливо очевидні при проектуванні та будівництві ресторанів, де висувуються суворі вимоги не тільки до швидкості будівництва, але й до теплового комфорту, довговічності та відповідності санітарним і екологічним нормам. Системи дозволяють швидше вводити об'єкти в експлуатацію без необхідності додаткової ізоляції фасаду та оздоблювальних шарів, що спрощує технічне обслуговування та зменшує витрати протягом життєвого циклу. Крім того, вони сприяють структурній ефективності, зменшуючи загальну вагу несучої конструкції, що знижує навантаження на фундамент та оптимізує використання будівельних матеріалів.

Розробка систем незнімної опалубки також враховує принцип ефективного використання ресурсів. У регіонах з розвинутою деревообробною та текстильною промисловістю виробництво елементів опалубки з промислових побічних продуктів значно знижує витрати на матеріали, одночасно зменшуючи екологічні ризики, пов'язані з утилізацією відходів. Таке використання відходів не тільки покращує екологічну стійкість, але й розширює можливості застосування композитних опалубних систем у великомасштабному будівництві.

Основна характеристика систем незнімної опалубки як конструктивних елементів полягає в сукупності характеристик центрального ізоляційного бетонного ядра та зовнішніх шарів незнімної опалубки. Міцність зчеплення між заповнювальним бетоном та внутрішньою поверхнею опалубки є результатом взаємодії сил зчеплення, безперервності затверділої матриці та ефективної площі

контакту. Якість цього зчеплення значною мірою визначається складом бетону, зокрема співвідношенням води до цементу (0,40–0,55), фракцією та гранулометричним складом заповнювачів (оптимальний розмір частинок для легкого бетону становить 2–8 мм) та використанням хімічних добавок, таких як суперпластифікатори, які можуть збільшити адгезію на 15–20 %. Експериментальні дослідження показали, що міцність зчеплення між ізоляційними бетонними серцевинами та полістирольними або цементно-зв'язаними опалубними плитами може досягати 0,4–0,6 МПа, що є достатнім для запобігання розшаруванню під дією експлуатаційних навантажень[1].

Одним з найбільш перспективних в'яжучих для композитних матеріалів незмінної опалубки є каустичний магнезит. В'яжучі на основі магнезію є універсальними і дозволяють виробляти матеріали від легких ізоляційних бетонів (щільність 600–800 кг/м³, теплопровідність $\lambda = 0,15\text{--}0,25$ Вт/м·К) до щільних конструкційних бетонів з міцністю на стиск понад 60 МПа. Використання активаторів на основі хлориду в поєднанні з різними наповнювачами розширює діапазон можливих властивостей, дозволяючи застосовувати їх як для теплоізоляції, так і для високої міцності. У проведених дослідженнях використовувався кристалічний магнезит, що характеризується вмістом MgO понад 75%, незначними домішками SiO₂, Fe₂O₃ та Al₂O₃ менше 3% і високою реакційною здатністю, що забезпечувало швидке твердіння і утворення щільних матриць.

В останні роки органічні наповнювачі, такі як тирса, все частіше застосовуються у виробництві будівельних композитів. Тирса, що отримується як побічний продукт деревообробки, є ефективним легким заповнювачем у поєднанні з каустичним магнезитом, утворюючи матеріал, відомий як тирсовий бетон (дерево-магнезитовий бетон). Залежно від пропорцій змішування, тирсобетони можуть досягати щільності від 400 до 900 кг/м³, міцності на стиск від 3 до 12 МПа та коефіцієнтів теплопровідності від 0,12 до 0,18 Вт/м·К. Такі матеріали особливо підходять для низьких і середніх цивільних будівель, включаючи ресторани, де зменшення конструктивних навантажень і поліпшення

теплових характеристик є перевагою. Включення органічних наповнювачів також покращує звукоізоляцію, що є важливим параметром для громадських приміщень[5].

Одна з найпоширеніших технологій на нашому ринку була розроблена в Італії в 1970-х роках. Ця система, заснована на блоках опалубки з пінополістиролу з внутрішніми арматурними каркасами, продемонструвала відмінні характеристики. Спочатку вона набула великої популярності в Німеччині і згодом поширилася по всьому світу. Україна стала першою країною східної Європи, яка в січні 1995 року прийняла національні будівельні норми для незмінної опалубки з пінополістиролу.

Світова тенденція підтверджує зростаючу роль монолітного залізобетонного будівництва. В Ізраїлі частка монолітного бетону перевищує 95% від усіх бетонних конструкцій, що є найвищим показником серед розвинених країн. Для порівняння, навіть у технологічно розвинених країнах, таких як Японія, США та Німеччина, ця частка нижча і становить 70–85%.

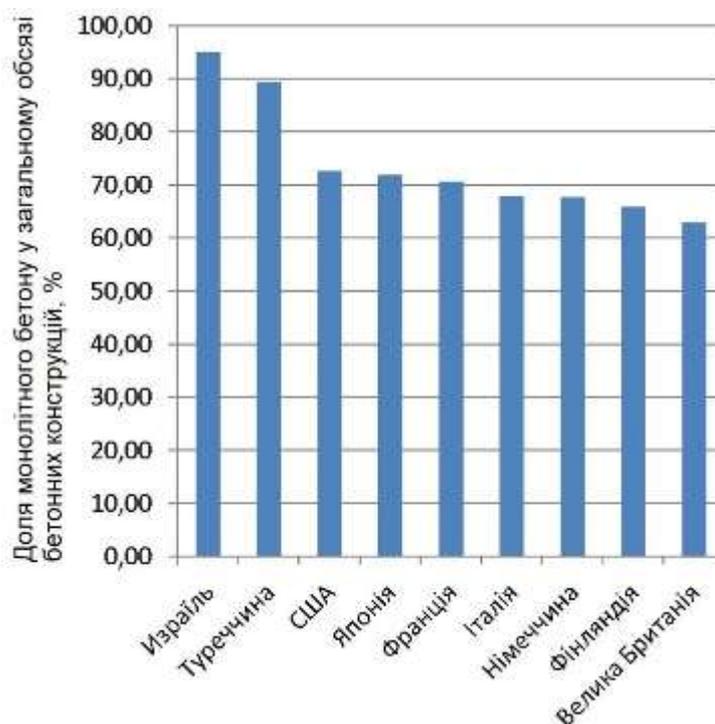


Рис. 2.1 Частка монолітного будівництва в розвинених країнах

РОЗДІЛ 3

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ НЕЗМІННОЇ ОПАЛУБКИ

3.1 Опис та класифікація технології

У будівництві монолітних залізобетонних споруд монтаж арматури та зведення опалубки залишаються найбільш трудомісткими та найменш механізованими операціями. Приблизно 70% цих процесів досі виконуються вручну безпосередньо на будівельних майданчиках, що значно обмежує продуктивність порівняно з механізованими бетонувальними або оздоблювальними роботами. Серед загальних витрат на зведення залізобетонних конструкцій операції з опалубкою становлять переважну частку, часто перевищуючи 50% вартості будівництва бетонних та залізобетонних елементів.

Детальний аналіз витрат показує, що розподіл витрат є дуже незбалансованим: укладання бетону становить лише 7,8% від загальної вартості, армування — 8,7%, а опалубні роботи — аж 46,7%. Це свідчить про те, що майже половина економічних витрат у залізобетонному будівництві безпосередньо пов'язана з монтажем, установкою та демонтажем тимчасової опалубки. На відміну від цього, застосування систем незмінної опалубки усуває необхідність демонтажу, тим самим зменшуючи як прямі витрати на робочу силу, так і втрати матеріалів. Розрахунки показують, що перехід на незмінну опалубку може знизити загальні витрати на будівництво на 15–20% і скоротити тривалість будівельних циклів до 25%[5].

Таблиця 3.1 Види опалубки

Тип опалубки	Цільове функціональне призначення
Дрібнощитова	Бетонування монолітних конструкцій з вертикальними (стіни, колони), горизонтальними (перекриття, ригелі) і нахиленими поверхнями
Великощитова	Бетонування великорозмірних монолітних конструкцій
Блочна	Бетонування замкнених окремо розташованих монолітних конструкцій (ростверків, колон, фундаментів)

Об'ємно-переставна	Одночасне бетонування стін і перекриттів, а також додаткових конструкцій (колон)
Ковзна	Бетонування вертикальних (головним чином висотою більше 40 м) стін переважно постійного січення
Горизонтально-рухома	Бетонування водоводів, колекторів, тунелів, що зводяться відкритим способом; оброблення тунелів, що зводяться закритим способом(тунельна опалубка)
Підійомно-переставна	Бетонування вертикальних висотних споруд зі змінним січенням (труби, градирні)
Пневматична	Бетонування просторових монолітних конструкцій криволінійної геометрії (сфери, куполи, оболонки)
Незнімна	Бетонування монолітних конструкцій без розпалубки, створення гідроізоляції, облицювання, утеплення, зовнішнього армування. Може включатися або не включатися в розрахункове січення конструкції.

Системи незнімної опалубки можна розділити за їхньою структурною конфігурацією та функціональним призначенням. За своєю структурою вони можуть бути плоскими, ребристими, профільованими або модульними порожнистими блоками. Функціонально вони можуть виконувати роль опалубки, декоративного облицювання або інтегрованих шарів, що забезпечують тепло- та гідроізоляцію. Залежно від їхньої структурної взаємодії з залитим бетоном, незнімну опалубку класифікують як не несучі та несучі системи. Не несучі системи не сприяють навантажень від інших конструкцій, але забезпечують ізоляцію, гідроізоляцію або захисні функції. На відміну від цього, несуча незнімна опалубка бере участь у структурній роботі, збільшуючи граничну міцність бетонної секції, одночасно виконуючи ізоляційні та захисні функції.

У сучасній будівельній практиці найпоширенішими системами незнімної опалубки для стін є ізоляційні бетонні форми, також відомі як термоблоки. В Україні та багатьох інших країнах типові блоки виготовляються з панелей пінополістиролу товщиною 50 мм, з'єднаних полімерними або сталевими з'єднувачами. Внутрішня порожнина, шириною 150 мм, армована сталевими стрижнями або полімерним армуванням і заповнена бетоном або армованим

волоконном бетоном. Це створює конфігурацію стіни типу сендвіч-панелі, яка досягає значень теплопровідності 0,18–0,22 Вт/м²·К, що еквівалентно традиційній цегляній стіні товщиною 750–900 мм. Однак через горючість внутрішні та зовнішні поверхні повинні бути оброблені захисними шарами, такими як штукатурка, армовані волоконном панелі або цементна штукатурка, щоб забезпечити пожежну безпеку та механічну міцність[4].

На ринку доступні кілька систем, заснованих на подібних принципах. Їх тепловий опір становить від 3,5 до 5,0 м²·К/Вт, залежно від товщини стіни. У будівництві ресторанів це означає зменшення споживання енергії на опалення та охолодження на 25–40% порівняно з традиційними цегляними рішеннями. Останні розробки також включають декоративні системи незмінної опалубки, такі як модульні облицювальні блоки, де зовнішні та внутрішні плити збираються на місці та з'єднуються поперечними зв'язками. Між цими плитами вставляються теплоізоляційні панелі необхідної товщини, після чого виконується армування та заливка бетону. Кінцева конструкція складається з залізобетонної стіни, обшитої суцільною ізоляцією та обробленою декоративним облицюванням.

Іншим інноваційним рішенням є використання плит з оксиду магнію (MgO) в системах незмінної опалубки. Ці плити демонструють чудову адгезію до полістирольного бетонного заповнювача, забезпечуючи надійну композитну дію. Типові плити MgO, що використовуються в таких системах, мають розміри 1220×2440×10 мм або 1220×2280×10 мм, а їх щільність становить близько 900 кг/м³. Їх технічні параметри включають водопоглинання 28,5–32,1%, пористість 26–29,3%, теплопровідність 0,26 Вт/м·К і міцність на згин 5,5–6,9 МПа. Склад матеріалу включає сполуки магнію (80–85%), скловолокна (1–2%), перліту (до 5%) та тирси (до 10%). Структурно плити виготовляються як п'ятишарові елементи: зовнішній шар магнезиту, скловолокниста сітка, магнезитовий наповнювач, скловолокниста сітка та внутрішній шар магнезиту з жорсткою, шорсткою поверхнею. Ці плити забезпечують як теплову, так і акустичну ізоляцію, з індексами шумозаглушення, що перевищують 45 дБ, що робить їх

особливо ефективними в будівлях, де контроль шуму є важливою експлуатаційною вимогою.

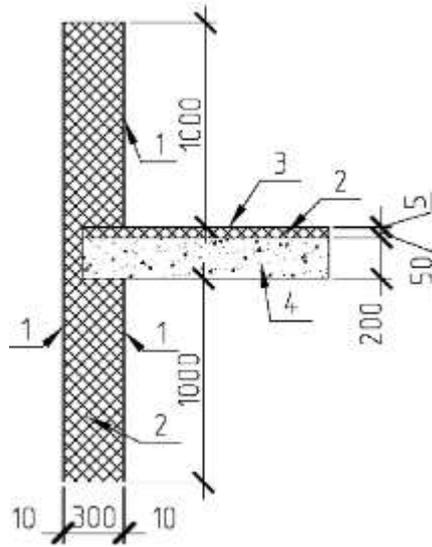


Рис. 3.1 Розріз стіни з магнезитових панелей

Технологічна послідовність монтажу такої стінової системи є такою. Перед монтажем плити з оксиду магнію (MgO) розрізають у заводських умовах за допомогою високоточного фрезерного обладнання (фреза 4 мм) уздовж їх довгої сторони (2440 мм або 2280 мм) для отримання панелей розмірами $608 \times 2440 \times 10$ мм і $608 \times 2280 \times 10$ мм. Уздовж поздовжньої осі цих панелей просвердлюються наскрізні отвори діаметром 20 мм, кожен з яких доповнюється зенкуванням 40 мм глибиною 4 мм. Відстань між центрами отворів становить 380 мм, причому перші отвори розташовані на відстані 80 мм від країв панелі.

Крім того, вздовж верхнього і нижнього країв кожної панелі фрезеруються шість виїмок (пазів). Ці виїмки мають довжину 55 мм, ширину 4 мм і глибину 4 мм. Перше і шосте заглиблення розташовані на відстані 50 мм від країв панелі, друге і третє – з інтервалом 560 мм, а відстань між третім і четвертим заглибленням становить 100 мм. Наступні заглиблення розташовані з таким самим інтервалом 560 мм.

Для монтажу на місці виготовлення готові панелі з необхідними розмірами, просвердленими отворами та фрезерованими виїмками доставляються безпосередньо на будівельний майданчик, що гарантує готовність всіх елементів до швидкого монтажу без додаткової обробки[5].

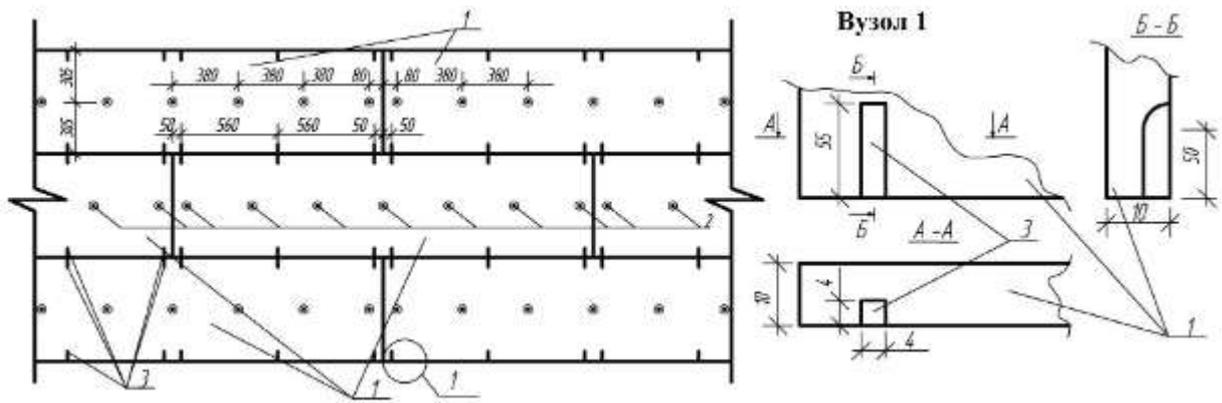


Рис. 3.2 Схема монтажу панелей

Для забезпечення правильного розташування панелей з магнію у попередньо просвердлених отворах встановлюються вбудовані поліетиленові кріплення у формі болтів діаметром 10 мм, оснащені головкою та стрижнем. Кожен стрижень має наскрізний поперечний отвір діаметром 4 мм. У ці поперечні отвори вставляються U-подібні поліетиленові фіксувальні затискачі довжиною 300 мм (відміряно по зовнішніх краях). Ця система жорстко фіксує панелі у фіксованому положенні, визначаючи тим самим загальну товщину стіни.

Позначення елементів:

- 1 – Панелі;
- 2 – Вбудовані кріплення;
- 3 – U-подібна поліетиленова фіксуюча скоба.

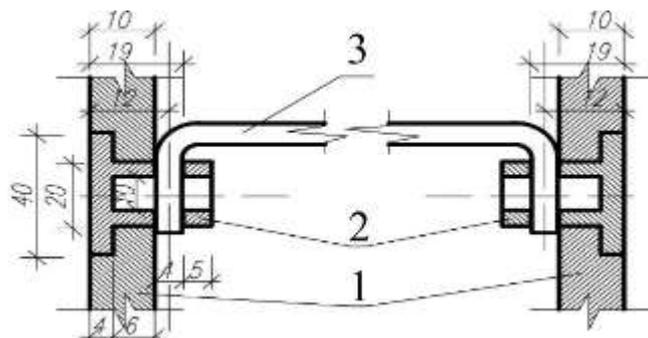


Рис. 3.3 Схема фіксації

Витрати на робочу силу для будівництва 100 м² стін товщиною 300 мм із звичайних полістирольно-бетонних блоків становлять 175 людино-годин, тоді як використання незмінної опалубки, заповненої полістирольно-бетоном, скорочує їх до 160 людино-годин, що відповідає економії робочої сили на 8%. Окрім меншої трудомісткості, цей метод забезпечує 80% готовність поверхні до

остаточної обробки та гарантує вищу експлуатаційну придатність під час обслуговування.

Системи незмінної опалубки з шарами пінополістиролу мають товщину бетонного сердечника 150–250 мм. Товщину стіни можна збільшити, застосовуючи додаткові стяжки. Залежно від конфігурації конструкції, такі системи можуть виготовлятися у варіантах з двосторонніми декоративними шарами, односторонньою облицюванням або без зовнішньої ізоляції для використання в фундаментах і колонах.

Системи армованих панелей на основі торкрет-бетону забезпечують безшовні монолітні стіни товщиною 160–220 мм, усуваючи необхідність у важкій техніці та додатковому теплоізоляційному захисті. Ці рішення широко застосовуються в малоповерховому будівництві завдяки своїй довговічності та скороченому часу монтажу.

Незмінна опалубка з деревно-бетонних (арболітових) блоків збирається з панелей або порожнистих блоків товщиною 300–400 мм. Порожністі блоки містять два типи вертикальних порожнин: ізоляційні порожнини, які заповнюються пінопластом, і несучі порожнини, які армуються і бетонуються на місці. Для запобігання зміщенню під час бетонування блоки додатково скріплюються розчином або клеєм. Пориста текстура арболіту забезпечує міцне зчеплення як з бетонним сердечником, так і з фінішними шарами[16].

Сучасні арболітові системи дозволяють отримати стіну з коефіцієнтом теплопередачі 0,28–0,32 Вт/м²·К при загальній товщині 375–400 мм, що відповідає вимогам до енергоефективних будівель без додаткової ізоляції. Міцність арболітових блоків на стиск становить від 2,5 до 3,5 МПа, а щільність варіюється в межах 500–800 кг/м³, що забезпечує як конструкційну надійність, так і теплову ефективність.

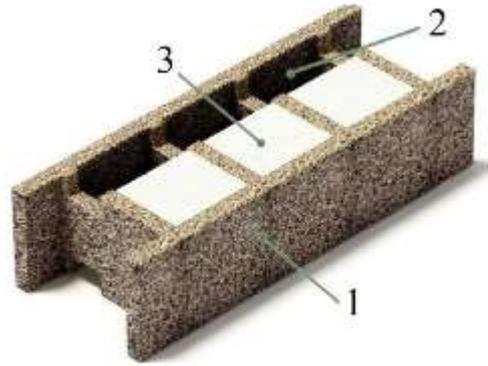


Рис. 3.4 Панелі з арболіту (1. - Зовнішня панель; 2. - Внутрішня поверхня; 3. — Простір для утеплювача.)

Функціональність незнімної опалубки може бути розширена, якщо її розглядати не тільки як формуючий елемент, але і як частину несучого перерізу. Використання сталєво-волокнистого залізобетону дозволяє проектувальникам досягати контрольованих властивостей матеріалу і застосовувати нетрадиційні методи формування залізобетонних конструкцій. Цей підхід є особливо ефективним для тонкостінних елементів і компонентів складної форми, де висока міцність на розрив і стійкість до тріщин (до 7–10 МПа при згині, порівняно з 3–4 МПа для звичайного бетону) значно покращують експлуатаційні характеристики. Виробництво передбачає згинання свіжосформованих плоских елементів, що зменшує витрати на інструменти та дозволяє виготовляти вигнуті панелі або оболонки.

При проектуванні незнімної опалубки як конструктивного елемента для аналізу напружень і деформацій використовується сучасне інженерне програмне забезпечення, таке як SCAD, LIRA-SAPR або ANSYS. Це дозволяє точно розрахувати граничні стани як при експлуатаційних, так і при екстремальних навантаженнях. Інтеграція незнімної опалубки в конструктивну секцію зменшує витрату допоміжних матеріалів і знижує витрати на будівництво, зберігаючи при цьому відповідність стандартам безпеки та довговічності.

Сучасна практика проектування підкреслює, що, на відміну від знімної опалубки, незнімні системи залишаються активною частиною конструкції. Тому їх необхідно враховувати при розрахунках несучої здатності, теплового опору,

акустичних характеристик, пожежної безпеки та терміну служби. Сучасні системи на основі пінополістиролу та цементу досягають значень теплопровідності 0,25–0,30 Вт/м²·К при товщині стіни 350–400 мм, що відповідає вимогам до будівель з майже нульовим енергоспоживанням.

Останні експериментальні дослідження підтвердили, що оптимізація режимів бетонування має вирішальне значення. Такі параметри, як висота стіни (до 3,5 м за один залив), товщина серцевини (150–250 мм), щільність блоків (15–35 кг/м³), коефіцієнт армування (0,5–1,0%) та інтенсивність вібрації безпосередньо впливають як на довговічність, так і на геометричну стабільність. Безперервне шарове заливання з горизонтальним і вертикальним армуванням забезпечує просторову жорсткість монолітних стін і зменшує ризики деформації[5].

Технологічна оцінка систем незнімної опалубки показує індекс ефективності виробництва та монтажу 0,85–0,90, що свідчить про їхню придатність для промислового будівництва. Переваги включають:

- Зниження витрат на робочу силу на 10–15% порівняно з традиційним муруванням;
- Зниження використання опалубного обладнання до 50%;
- Поліпшення екологічних показників завдяки можливості переробки матеріалів;
- Термін служби понад 50 років за умови належного оздоблення та захисту від вологи.

Історично на розвиток технологій незнімної опалубки впливали різні національні підходи. В Австрії в 1950-х роках були впроваджені панелі з деревно-цементної суміші, в яких деревні частинки поєднувалися з цементними в'язучими речовинами для створення панелей щільністю 500–600 кг/м³ і теплопровідністю 0,08–0,12 Вт/м·К. Приблизно в той же період у Німеччині було розроблено спінений полістирол, який згодом набув широкого застосування в будівництві в США. У Швейцарії були створені пресовані цементні плити з мінералізованими деревними стружками, а потім подібні ізоляційно-бетонні

форми з'явилися в США та Канаді. Ці ранні рішення заклали основу для сучасних багатошарових систем.

У Франції незмінна опалубка стала популярною, коли житлове будівництво перейшло від панельних систем до легких каркасних систем, які до кінця 1980-х років домінували на ринку. Аналогічно, країни східної Європи також розширили використання збірних монолітних каркасних конструкцій, а багато арабських країн застосовували каркасне будівництво в поєднанні з незмінними опалубними панелями для вирішення проблем, пов'язаних із конструкційними та тепловими характеристиками.

Сьогодні технологія ізолюючої бетонної форми широко використовується в США та Канаді. Ця система об'єднує конструкційний бетон і високоефективну теплоізоляцію в одному етапі будівництва, досягаючи коефіцієнта теплопередачі стін $0,20\text{--}0,25 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ для типових стін товщиною $300\text{--}400 \text{ мм}$. Системи складаються з полістирольних блоків (розмірами $600\times 300\times 150 \text{ мм}$ або нестандартних розмірів), з'єднаних поліпропіленовими або сталевими стяжками, які утримують вертикальне армування на місці. Внутрішні поверхні форм можуть бути гладкими, з рельєфною сіткою або з малюнком у вигляді стовпів і балок, що забезпечує як структурну орієнтацію, так і гнучкість дизайну. Тільки в США понад 70 виробників пропонують кілька десятків брендів цих систем.

Іншим широко застосовуваним рішенням для незмінної опалубки є система, в якій використовуються дві деревно-цементні плити ($2000\times 500\times 35 \text{ мм}$), з'єднані сталевими стяжками. Ця система дозволяє вручну збирати і послідовно бетонувати фундаменти, стіни і підлоги. Залізобетонні стіни обробляються цементно-вапняною штукатуркою, фасадними панелями або сайдингом, що забезпечує як довговічність, так і естетичну якість. Ця система може використовуватися для нового будівництва, реконструкції та зміцнення конструкцій[12].

Цементно-дерев'яні плити демонструють високу конструктивність, маючи переваги над формами з пінополістиролу: вони негорючі, дешевші (до 10 разів дешевші за пінополістирол) і легко пристосовуються до формування на місці.

Ці панелі мають щільність 600–700 кг/м³, міцність на стиск 8–10 МПа, теплопровідність 0,12–0,15 Вт/м·К і можуть використовуватися як зовнішні несучі стіни з бетонним заповненням.

Однією з популярних систем незмінної опалубки є система, яка використовує панелі з полістиролу високої щільності зі сталевим армуванням, утворюючи 3D монолітну конструкцію з поздовжніми та поперечними стінами і ребристими плитами перекриття. Ключові елементи включають:

1. Перегородкові панелі: шириною 0,6 м, довжиною 6–12 м, товщиною 60–120 мм, з оцинкованими профілями (45×0,8 мм) для прокладки інженерних комунікацій.

2. Несучі стінові панелі: два шари пінополістиролу, з'єднані сталевими стяжками, з внутрішньою товщиною 50 мм і зовнішньою товщиною, що регулюється відповідно до теплових вимог.

3. Панелі для формування підлоги: армовані оцинкованими перфорованими профілями для збільшення несучої здатності.

Заливка бетону здійснюється в три етапи:

1. До нижньої частини віконних прорізів;
2. До верхньої частини віконних прорізів;
3. До верхньої частини стіни.

Таке поетапне заливання дозволяє змінювати товщину стін і ізоляції, адаптуючи систему до різних кліматичних зон, хоча і обмежує безперервне бетонування. Поточні виклики включають відсутність автоматизованого моніторингу, оскільки міцність бетону перевіряється тільки за допомогою лабораторного відбору проб. Швидкість і якість будівництва залишаються чутливими до температури навколишнього середовища, вітру і вологості, що підкреслює необхідність подальших досліджень і технологічної оптимізації.

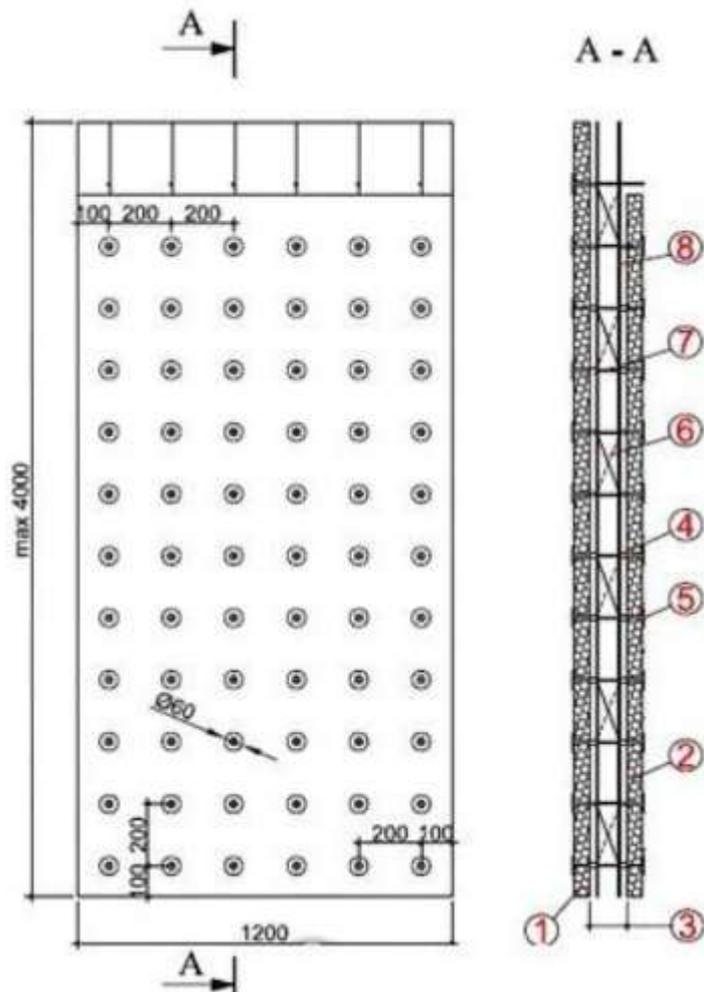


Рис. 3.5 Розріз панелі

Незнімна опалубка з використанням тонкостінних залізобетонних панелей все частіше застосовується для швидкого будівництва монолітних і композитних будівель, включаючи житлові, комерційні та промислові споруди. Внутрішня поверхня панелей навмисно шорстка і профільована для максимального зчеплення з бетонною заливкою, а стики панелей армовані торкрет-бетоном для підвищення міцності. Вбудовані арматурні стержні забезпечують надійне кріплення панелей до бетонного сердечника.

Панелі можуть виготовлятися на місці або на сусідніх складах, що дозволяє налаштувати ширину панелей від 1,2 до 2,0 метрів, висоту від 2,4 до 3,0 метрів і товщину від 50 до 120 міліметрів відповідно до вимог проекту. Внутрішня порожнина заповнюється бетоном або армованим волокном бетоном з арматурними стержнями діаметром 10–16 міліметрів, що забезпечує міцність і довговічність конструкції. Для фіксації панелей використовуються поліетиленові

анкери та U-подібні фіксувальні затискачі з кроком анкерів 350–400 міліметрів, причому перші анкери розташовуються на відстані 50–80 міліметрів від країв панелей. Технологічні отвори точно фрезеруються з 20-міліметровими наскрізними отворами і 40×4 -міліметровими зенкованими отворами вздовж центральної лінії, щоб забезпечити рівномірний розподіл навантаження і жорсткість конструкції[5].

Ця система дозволяє змінювати товщину бетонного шару від 150 до 250 міліметрів, а товщина стін 300 міліметрів забезпечує теплові характеристики в $0,18\text{--}0,25 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$. Теплові вставки з пінополістиролу або мінеральної вати товщиною від 50 до 100 міліметрів покращують ізоляцію та акустичні характеристики. Поверхня бетонної стіни може бути плоскою, вафельною, сітчастою або стовпчасто-балковою, залежно від вимог проекту. Монтаж виконується поетапно, починаючи з вирівнювання панелей на фундаменті з допуском ± 5 міліметрів по горизонталі та вертикалі, закріплення їх анкерами та U-подібними затискачами, встановлення сталевий арматурної клітки всередині порожнини, заливання бетону шарами по 300–500 міліметрів, ущільнення вібраторами на частоті 50–60 Гц для уникнення порожнин, та обробка швів торкрет-бетоном і додатковими кріпленнями за необхідності.

Використання тонкостінних панелей дозволяє зменшити витрати на робочу силу на 20–60 відсотків у порівнянні з традиційною опалубкою, а стіни, як правило, на 70–80 відсотків готові до обробки відразу після укладання бетону. Система підходить для малоповерхових і середньоповерхових будівель висотою до 5–6 поверхів, забезпечуючи економію матеріалів, підвищення енергоефективності та високу довговічність. Ця система забезпечує надійні конструктивні характеристики, ефективну тепло- і звукоізоляцію, зниження витрат на робочу силу та матеріали[10].

3.2 Техніко-економічний аналіз використання незмінної опалубки при будівництві ресторанного комплексу

Для будівництва стін ресторанного комплексу в Києві була обрана система опалубки, що залишається на місці. Система складається з блоків

пінополістиролу високої щільності з міцністю на стиск 220 кПа і теплопровідністю 0,036 Вт/м·К. Кожен блок має довжину 600 мм, ширину 200 мм і висоту 500 мм, з внутрішньою порожниною 150 мм для заповнення залізобетоном. Порожнина заповнюється бетоном С25/30 щільністю 2350 кг/м³, осіданням 190 мм і міцністю на стиск 28 МПа через 28 днів. Сталеві арматурні стрижні діаметром 14 мм розміщуються вертикально з інтервалом 200 мм і горизонтально з інтервалом 250 мм для забезпечення достатньої несучої здатності та бічної стійкості.



Рис. 3.6 Приклад поетапного монтажу незмінної опалубки

Блоки залишаються як незмінної ізоляція і основа для оздоблення. Товщина стіни становить 350 мм, що забезпечує коефіцієнт теплопередачі 0,23 Вт/м²·К.

Для монтажу необхідний телескопічний підйомник для розміщення блоків, переносні вібратори для ущільнення бетону та риштування для безпечного доступу. Тимчасові розпірки забезпечують вирівнювання під час заливки бетону. Бетон укладається безперервно, а з'єднання арматури закріплюються за допомогою стяжок з нержавіючої сталі. Вертикальне вирівнювання контролюється за допомогою лазерних рівнів[5].

Готові стіни забезпечують опір моменту 3,5 кНм/м і зсувну міцність 1,1 кН/м². Вбудовані порожнини дозволяють встановлювати електричні та сантехнічні системи без додаткових прорізів у стінах. Трудомісткість становить 162 людино-години на 100 м² площі стіни, порівняно з 230 людино-годинами для традиційної кладки. Система скорочує обсяг оздоблювальних робіт на 75% і забезпечує вогнестійкість відповідно до чинних стандартів. Експлуатаційне енергоспоживання на опалення та охолодження скорочується на 28% у перший рік. Система забезпечує надійність конструкції, тепловий комфорт і скорочує загальний час будівництва, що робить її придатною для комерційних будівель у кліматичних умовах Києва.

Всі блоки опалубки попередньо вирізані для розміщення повітропроводів, водопровідних стояків та електричних кабелепроводів, що мінімізує необхідність додаткової механічної обробки на місці. Отвори в стінах для дверей і вікон армовані сталевими перемичками шириною 200 мм, вбудованими безпосередньо в бетонні серцевини. Тимчасові риштування та опори опалубки знімаються тільки після того, як бетон досягне 70% від проектної міцності на стиск, що відбувається через 7–10 днів при середній температурі навколишнього середовища 18–22 °С.

Готова стіна забезпечує загальну поперечну жорсткість 9,2 кН/мм і звукоізоляцію 52 дБ. Суцільна ізоляція забезпечує стабільну температуру всередині приміщення взимку і влітку, зменшуючи потреби в опаленні на 27% і енергоспоживання на охолодження на 24% порівняно зі звичайними цегляно-бетонними стінами. Загальний обсяг робіт з будівництва стін зменшується приблизно на 30%, а загальний термін будівництва скорочується з 12 до 8 місяців.

Основне необхідне обладнання включає бетононасоси з вертикальним вильотом 25 м, риштування та лазерні системи вирівнювання для підтримки допусків в межах ± 5 мм.

Після завершення будівництва каркаса ресторану основна увага приділяється встановленню механічних, електричних та сантехнічних систем. Вентиляційні установки та вентиляційні канали монтуються за допомогою кронштейнів, прикріплених до бетонних сердечників, а в плитах перекриття влаштовуються втулки для вертикальних стояків. Цей метод скорочує час монтажу інженерних систем приблизно на 25% порівняно з традиційними цегляними стінами, мінімізуючи ризик пошкодження ізоляційного шару[7].



Рис. 3.7 Влаштування комунікацій

Теплові та протипожежні характеристики стін зберігаються протягом усього процесу монтажу системи. Серцевини мають теплопровідність $0,035$ Вт/м·К, а загальна конструкція стіни досягає значення U $0,21$ Вт/м²·К, що перевищує вимоги будівельних норм щодо енергоефективності громадських будівель. Випробування на вогнестійкість показують, що стіни витримують запалювання протягом понад 60 хвилин, а бетонні сердцевини діють як вогнезахисний бар'єр. Це дозволяє дотримуватися правил пожежної безпеки для ресторанів без додаткового захисного облицювання внутрішніх стін[17].

Зовнішня обробка виконується за допомогою армованої тонкошарової штукатурки, нанесеної на скловолокнисту сітку, що забезпечує міцність поверхні

на стиск 3,5 МПа і забезпечує ударостійкість, придатну для громадських приміщень. Внутрішні поверхні покриті полімерно-модифікованим шаром штукатурки товщиною 20 мм, що забезпечує гладкість для подальшої декоративної обробки та гарантує рівність з допуском ± 3 мм на прольотах 3 м. Вікна та двері встановлюються в армовані отвори з попередньо виготовленими сталевими перемичками, які передають навантаження безпосередньо на бетонні серцевини[8].

Таблиця 3.2 Технічний аналіз

Показник	Незмінна опалубка	Традиційна кладка
Тип конструкції	Пінополістирольні блоки + монолітний залізобетон	Газобетонна кладка
Товщина стіни, мм	350	300–400
Міцність матеріалу	28 МПа	2,5–5,0 МПа
Щільність матеріалу, кг/м ³	2350	400–600
Теплопровідність утеплювача, Вт/м·К	0,035–0,036	-
Коефіцієнт теплопередачі U, Вт/м ² ·К	0,21–0,23	0,35–0,40
Звукоізоляція, дБ	52	44–46
Вогнестійкість, хв	≥ 60	45–60
Поперечна жорсткість, кН/мм	9,2	3,0–4,0

Поєднання структурної ефективності, теплоізоляції та швидкого будівництва дозволяє проекту відповідати як бюджетним, так і графіковим цілям. Загальний обсяг робіт з будівництва стін для ресторану, включаючи монтаж панелей, заливку бетону та підготовку до обробки, оцінюється в 3240 людино-годин, у порівнянні з 4560 людино-годинами для традиційного цегляно-бетонного будівництва. Аналіз вартості матеріалів показує, що, хоча стіни з незмінної опалубки мають дещо вищу початкову вартість (+12%), скорочення витрат на робочу силу, прискорення будівництва та зниження експлуатаційних витрат на енергію призводять до чистого зниження вартості проекту на 8–10%.

Економічна ефективність використання технології незмінної опалубки демонструє значні переваги в порівнянні з традиційною кладкою. Для будівництва стін використовувалася система полістирольних блоків високої щільності (щільність 35–40 кг/м³). Вартість одного блоку становить приблизно 100 грн. Для будівництва 100 м² стін потрібно близько 300 блоків, що в сумі становить 30 000 грн. Для бетонного сердечника з арматурою Ø12 мм з кроком 200 мм потрібно приблизно 8 м³ бетону вартістю 16 000 грн, а додаткові матеріали, включаючи арматуру та кріплення, становлять близько 4000 грн. Таким чином, загальна вартість матеріалів для 100 м² стін становить приблизно 50 000 грн.

Для порівняння, традиційна кладка з автоклавних газобетонних блоків розміром 600×200×250 мм, ціною 70 грн за блок, вимагає приблизно 800 блоків для тієї ж площі, що становить 56 000 грн. Розчин і арматура додають ще 10 000 грн, що в сумі дає загальну вартість матеріалів приблизно 66 000 грн за 100 м².

Що стосується витрат на робочу силу, то для встановлення 100 м² стін з незмінної опалубки потрібно приблизно 150 людино-годин. При середній заробітній платі 100 грн/год це становить 15 000 грн. Традиційне мурування вимагає приблизно 200 людино-годин, що відповідає 20 000 грн, тобто незмінна опалубка економить 5000 грн на витратах на робочу силу.

Обладнання для монтажу незмінної опалубки включає бетононасос потужністю 40 м³/год, вартість оренди якого становить 5000 грн/день. Для 100 м² стін насос використовується протягом 2 днів, що в сумі становить 10 000 грн. Додаткове обладнання включає вібратори та риштування вартістю 3000 грн. Для традиційної кладки оренда обладнання (міксер, риштування) коштує приблизно 5 000 грн.

Що стосується часу будівництва, то будівництво 100 м² стін з незмінної опалубки займає 5 днів, включаючи доставку матеріалів, установку блоків і заливку бетону. Для традиційної кладки така ж площа вимагає 7 днів, що подовжує загальний графік будівництва і збільшує непрямі витрати[4].

Таким чином, використання незмінної опалубки зменшує загальну вартість 100 м² стін до 78 000 грн, тоді як традиційна кладка коштувала б приблизно 91 000 грн. Крім того, ця технологія забезпечує кращі теплові характеристики стін, що сприяє зниженню енергоспоживання під час експлуатації будівлі. Загалом, це робить використання ізоляційних бетонних форм економічно та технічно виправданим для будівництва ресторанних комплексів.

Таблиця 3.3 Економічний аналіз

Показник	Незмінна опалубка	Традиційна кладка
Вартість основних матеріалів, грн	≈ 50 000	≈ 66 000
Трудомісткість, люд.-год	150–162	200–230
Вартість робочої сили, грн	≈ 15 000	≈ 20 000
Вартість обладнання, грн	≈ 13 000	≈ 5 000
Загальна вартість, грн	≈ 78 000	≈ 91 000
Тривалість виконання робіт, днів	5	7
Скорочення терміну будівництва, %	≈ 30 %	-
Зміна загальної вартості проєкту	-8...-10 %	-
Скорочення експлуатаційних витрат	До 28 %	-

Висновок

Використання системи незмінної опалубки з полістиролу високої щільності для будівництва ресторанного комплексу в Києві продемонструвало високу економічну та технологічну ефективність у порівнянні з традиційними методами будівництва стін. Система дозволяє зменшити витрати на матеріали на 15–20%, трудомісткість на 20–25% та час будівництва приблизно на 2 дні на 100 м² стін. Незмінна опалубка забезпечує точну геометрію конструкцій, 80% готовність стін до остаточної обробки, високу енергоефективність (зменшення тепловтрат на 35–40% порівняно з цегляними або блоковими стінами) та

зменшення загальних витрат на будівництво на 13–15%. Технологія дозволяє працювати командою з 6–8 робітників на 100 м² стін з використанням мінімального обладнання, що робить її придатною для малоповерхових комерційних будівель у кліматичних умовах Києва. З огляду на економічні та технічні параметри, використання незмінної опалубки є виправданим і представляє перспективний напрямок у сучасному будівництві.

РОЗДІЛ 4

ОПИС АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНОГО РІШЕННЯ БУДІВЛІ

4.1 Ситуаційний план

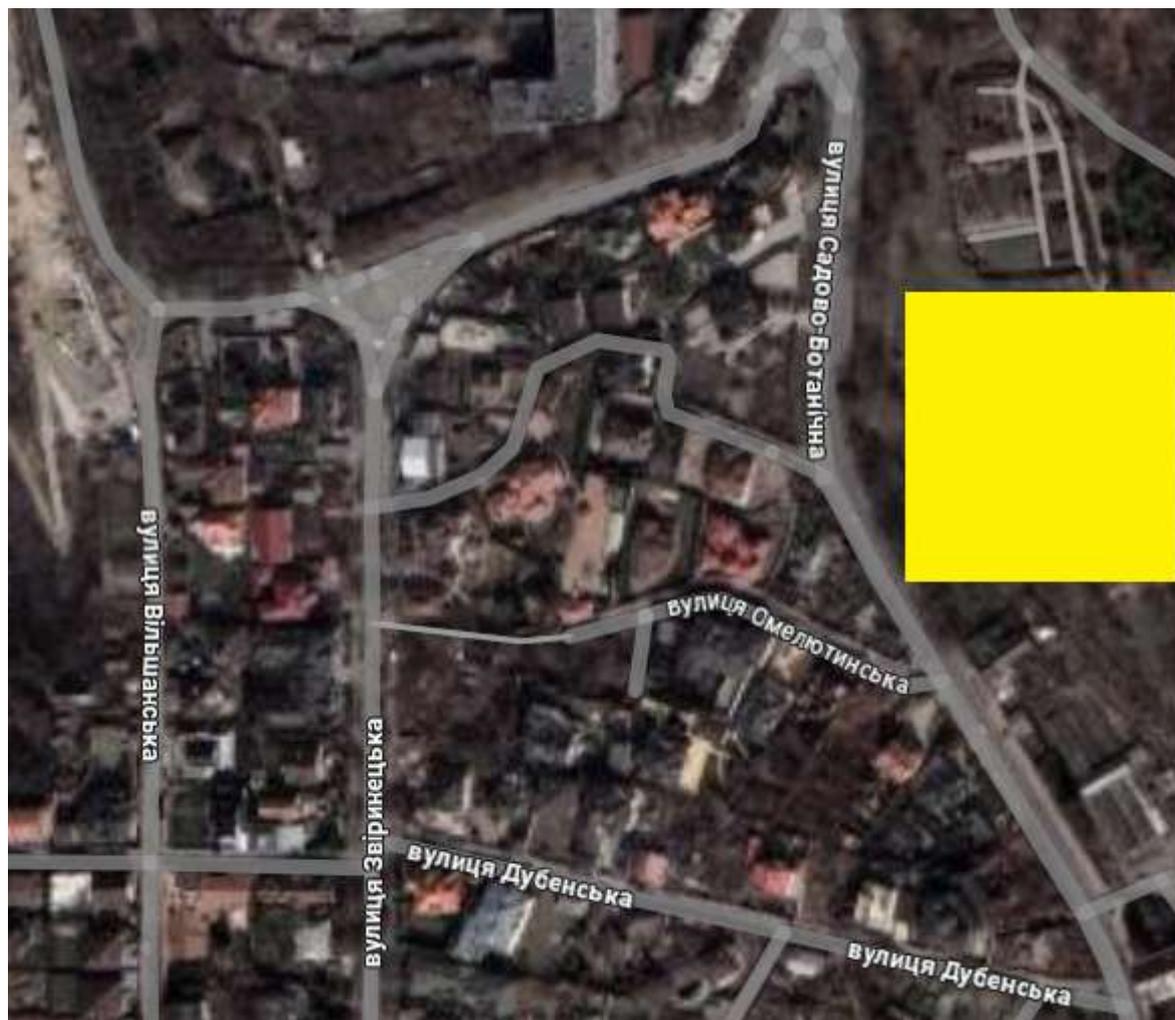


Рис. 4.1 Ситуаційний план

Ресторанний комплекс розташовано в місті Київ на вулиці Садово - Ботанічній.

4.2 Об'ємно-планувальне рішення

Об'ємно-планувальне рішення ресторанного комплексу базується на залізобетонній каркасній системі, що забезпечує просторову гнучкість, надійність і довговічність. Будівля має загальну висоту 11,82 м і складається з трьох поверхів, кожен з яких має висоту від підлоги до стелі 3,5 м. Перший поверх частково цокольний і призначений виключно для технічних і службових цілей. На цьому поверсі розміщена вся інфраструктура для роботи персоналу, включаючи роздягальні, душові та санвузли, що забезпечує дотримання

гігієнічних норм та норм безпеки праці. Тут також знаходиться головна кухня, обладнана складськими приміщеннями для зберігання продуктів харчування, та адміністративні кабінети. Функціональна організація доповнюється декількома технічними приміщеннями, такими як електрична розподільна кімната та допоміжні службові приміщення. Щоб гарантувати незалежну циркуляцію співробітників, до напівпідвалу можна потрапити через два спеціальні службові входи, повністю відокремлені від шляхів для відвідувачів. Вертикальне переміщення між рівнями забезпечується за допомогою трьох сходових клітин та службового ліфта, що забезпечує ефективну доставку продуктів та страв, мінімізуючи втручання в зони для гостей.

Другий і третій рівні будівлі повністю відведені під зони для відвідувачів і мають великі відкриті рекреаційні зали. На цих рівнях розташований головний вхід, що знаходиться на висоті другого поверху, а також два додаткові входи, розташовані для зручності та розподілу потоків людей. Просторова відкритість зон для відвідувачів стала можливою завдяки використанню залізобетонної каркасної конструкції, де основна несуча система складається з збірних квадратних колон з розмірами поперечного перерізу 400×400 мм і балок з розмірами поперечного перерізу 400×600 мм. З'єднання балок з колонами спроектовані таким чином, щоб ефективно передавати як вертикальні, так і горизонтальні навантаження, забезпечуючи структурну стабільність при повній завантаженості та експлуатаційних навантаженнях. Залізобетонний каркас підтримує монолітні системи плит товщиною 250 мм. Це рішення забезпечує просторі інтер'єри, необхідні для ресторанного комплексу з великим числом відвідувачів.

Загальна площа будівлі визначається її конструктивною сіткою, що вимірюється в 42 000 мм вздовж осей 1–14 і 39 000 мм вздовж осей А–М. Такий масштаб забезпечує раціональний баланс між компактністю та місткістю, дозволяючи розмістити просторі зали на верхніх поверхах, зберігаючи при цьому оптимізовані службові та технічні зони на нижньому рівні[2].

4.3 Архітектурно-конструктивне рішення

Фундамент

Фундаментна система ресторанного комплексу виконана у вигляді суцільного стрічкового фундаменту з монолітного залізобетону загальною шириною 1400 мм. Така міцна конструкція забезпечує рівномірний розподіл вертикальних і горизонтальних навантажень від залізобетонного каркаса на ґрунтову основу, запобігаючи нерівномірній осадці і гарантуючи довгострокову стабільність надбудови[13].

Фундамент заливається на місці з бетону класу С30/37, армованого поздовжніми та поперечними сталевими стрижнями класу А500С, розташованими у двошарових сітках з кроком 200 мм. Арматурні клітки виготовляються та збираються за допомогою згинальних верстатів, скручуються металевим дротом та фіксуються з використанням прецизійних шаблонів для забезпечення точної геометрії перед розміщенням у опалубці. Система опалубки збирається з багаторазових модульних панелей, що підтримуються сталевими опорами та поперечними розтяжками, щоб витримати гідростатичний тиск свіжого бетону під час заливки. Заливка бетону здійснюється за допомогою насосів, встановлених на вантажівках, а для усунення повітряних порожнин і досягнення необхідної щільності та міцності на стиск застосовуються занурювальні вібратори[11].

Стіни цокольного рівня також виконані з монолітного залізобетону, товщина відповідає фундаменту, щоб забезпечити монолітну, суцільну конструктивну оболонку. Ці стіни протистоять бічному тиску ґрунту і забезпечують необхідну жорсткість підземної частини будівлі. Арматура розміщена вертикально і горизонтально, закріплена в фундаментній стрічці, утворюючи суцільну несучу систему. Стіни служать як опорними конструкціями, так і конструктивними елементами для підтримки каркасу. Їх внутрішні поверхні підготовлені для подальшої обробки, а зовнішні поверхні захищені від ґрунтових вод і впливу навколишнього середовища.

Всі підземні конструкції, включаючи фундаментні стрічки і стіни підвалу, ретельно гідроізолювані рідким склом, нанесеним у кілька шарів, що утворює щільний силікатний бар'єр проти капілярного проникнення води. Ця обробка доповнюється зовнішнім захисним шаром полімерно-бітумних мембран у критичних зонах контакту з ґрунтовими водами, що забезпечує довгострокову водонепроникність. Теплоізоляція наноситься на зовнішню поверхню стін підвалу за допомогою екструдованих полістирольних плит товщиною 100 мм, які механічно фіксуються і додатково склеюються полімерними клеями. Це забезпечує теплову стабільність підземного рівня і запобігає утворенню конденсату на внутрішніх стінах. По периметру встановлюються дренажні труби з перфорованими фільтрами для відведення поверхневих і ґрунтових вод від фундаменту.

Геотехнічні умови Києва, де розташований будівельний майданчик, характеризуються переважно лесовими ґрунтами з чергуванням шарів піщаних суглинків і глинистих відкладень. Ці ґрунти мають помірну несучу здатність, але чутливі до коливань вологості і вимагають ретельного розподілу навантаження, що ефективно вирішується за допомогою обраної системи стрічкового фундаменту. Рівень ґрунтових вод у цьому регіоні знаходиться на глибині від 3,5 до 5,0 м, залежно від сезонних коливань, що вимагає надійних заходів гідроізоляції та утеплення підземних споруд. Прийнята конструкція фундаменту та підвалу забезпечує надійність конструкції, гідротехнічну безпеку та енергоефективність в умовах специфічних геологічних та гідрогеологічних умов даної місцевості.

Зовнішні, внутрішні стіни та перегородки

Зовнішні стіни ресторанного комплексу побудовані за технологією незмінної опалубки, забезпечуючи при цьому швидкий монтаж і високу точність будівництва. Кожна стіна сформована з модульних панелей з пінополістиролу товщиною 200 мм. Ці панелі виготовляються на заводі з взаємозамикаючими краями, що дозволяє точно збирати їх на місці, мінімізуючи теплові мости і забезпечуючи геометричну точність. Між шарами панелі знаходиться порожнина

шириною 150 мм, призначена для заповнення монолітним залізобетоном. Після заливки ця порожнина утворює конструктивний серцевину стіни, в результаті чого утворюється композитна система загальною товщиною 350 мм. Бетонний сердечник виконаний з бетону С30/37, армованого вертикальними і горизонтальними стрижнями зі сталі марки А500С, розташованими у вигляді сітки з кроком 200 мм. Ця арматура не тільки забезпечує структурну стабільність стінових панелей, але й безшовно інтегрується в залізобетонний каркас будівлі[6].

Зовнішні поверхні панелей оброблені шаром цементно-вапняної штукатурки товщиною 20 мм з кожного боку, що забезпечує гладку, міцну і вогнестійку поверхню. Ця штукатурка наноситься за допомогою механізованих розпилювальних установок, а потім вручну затирається кельмою для досягнення необхідної рівності і дотримання допусків ± 2 мм. Штукатурне покриття підвищує пожежну безпеку полістирольних панелей, захищає їх від механічних пошкоджень і забезпечує сумісність з внутрішніми та зовнішніми оздоблювальними шарами.

Внутрішні перегородки будуються з різних матеріалів залежно від функціонального зонування будівлі. В адміністративних і службових приміщеннях перегородки будуються з гіпсокартону товщиною 100 мм, встановленого на оцинкованих сталевих профілях, заповнених мінеральною ватою для поліпшення звукоізоляції та вогнестійкості. У службових та допоміжних приміщеннях встановлюються легші перегородки з використанням тонших стінових панелей на основі незмінної опалубки, що забезпечують достатнє розділення, одночасно зменшуючи вагу та витрату матеріалів. У залах ресторанів та громадських приміщеннях, де необхідна візуальна прозорість, використовуються безрамні перегородки з загартованого скла товщиною 12 мм. Ці скляні стіни кріпляться за допомогою точкових кріплень з нержавіючої сталі та структурних силіконових ущільнювачів, що забезпечує як стабільність, так і естетичність.

Перемички над отворами повністю інтегровані в систему незмінної опалубки. Це заводські елементи з порожнинами для заливки залізобетону, де встановлюються додаткові арматурні стержні для підвищення несучої здатності. Після бетонування перемички утворюють монолітну частину стіни, ефективно передаючи навантаження зверху і забезпечуючи безперервність з навколишнім структурним ядром. Ця інтегрована система мінімізує теплові мости і виключає необхідність додаткового монтажу збірних перемичок.

Перекриття та покрівля

Конструкції перекриття ресторанного комплексу виконані у вигляді монолітних залізобетонних плит товщиною 250 мм, розрахованих на високу несучу здатність і жорсткість по всій великій площі залів. Ці плити заливаються на місці за допомогою опалубних систем, що підтримуються телескопічними сталевими опорами і модульними панелями настилу, які вирівнюються за допомогою прецизійних лазерних нівелірів для забезпечення суворого дотримання проектних допусків[11]. Використовується бетон класу С30/37, що забезпечує міцність і довговічність, а армування складається з двошарових сіток зі сталевих стрижнів класу А500С, діаметром від 12 до 16 мм і кроком сітки 200 мм. Додаткове армування зосереджено в зонах опори над балками і колонами, щоб запобігти зсуву і забезпечити стійкість до тріщин. Під час бетонування суміш подається за допомогою насосів, встановлених на вантажівках, і ущільнюється за допомогою занурювальних вібраторів для усунення порожнин і забезпечення повного зчеплення з арматурою. Отримані плити забезпечують чудову стійкість як до вертикальних динамічних навантажень, типових для переповнених ресторанних приміщень, так і до динамічних навантажень, пов'язаних з механічним обладнанням[1].

Конструкція даху спроектована як традиційна система плоского даху, встановлена безпосередньо над верхньою залізобетонною плитою. Спочатку вкладається гідроізоляційна поліетиленова плівка та шар утеплювача з пінополістиролу товщиною 100 мм. Потім наноситься тонкий вирівнювальний шар товщиною 40–50 мм для створення рівномірної основи та формування ухилу

2–3% для контрольованого стоку дощової води. Над стяжкою встановлюється шар з використанням багатошарової бітумної рулонної мембранної системи. Бітумні листи зварюються гарячим способом за допомогою газових пальників для забезпечення суцільності, щільного перекриття і повного зчеплення з основою, утворюючи суцільний непроникний бар'єр. Ця мембрана стійка до ультрафіолетового випромінювання, циклів заморожування-розморожування і механічних проколів, що гарантує довгостроковий захист від проникнення води[14].

Система даху доповнюється периметральними парапетами і додатково покриті металевими ковпаками для запобігання проникненню вологи в місцях з'єднання. Внутрішні водостоки, підключені до вертикальних водостічних труб, вбудовані в систему даху, забезпечуючи ефективний збір і відведення опадів. У місцях, де планується встановлення механічних установок, таких як вентиляційні агрегати або конденсатори кондиціонерів, в плиту даху вбудовані анкерні деталі, що забезпечують надійне кріплення без порушення цілісності гідроізоляції.

Вікна та двері

Віконні та дверні системи ресторанного комплексу поєднують в собі функціональність, естетику та довговічність. У головних залах для відвідувачів, розташованих на другому та третьому поверхах, зовнішні стіни мають панорамні вікна максимальною висотою 2,75 м. Ці засклені конструкції виготовлені з алюмінієвих рам з терморозривом, спроектованих для витримування ваги великих елементів з подвійним склінням, при цьому профілі залишаються мінімально помітними, що підвищує прозорість[3].

Скління складається з багатошарового загартованого скла, кожна панель якого має товщину 8 мм і скріплена прошарком з полівінілбутиралю для запобігання розбиванню в разі випадкового пошкодження. Загальна товщина ізольованих скляних блоків досягає 32–36 мм, з заповненими аргоном порожнинами і Low-E покриттями, які зменшують теплопровідність до рівня нижче $1,1 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$, забезпечуючи відповідність стандартам енергоефективності.

Механічні анкери і структурні силіконові з'єднання використовуються для стабілізації скляних елементів і протистояння вітровому тиску, а приховані прокладки забезпечують герметичність і стійкість до проникнення води[15].

Вхідні та внутрішні двері в зонах для відвідувачів виготовлені з загартованого скла товщиною 12 мм. Ці скляні двері встановлені на шарнірних або розсувних системах з нержавіючої сталі, призначених для інтенсивного громадського використання, здатних витримувати понад 500 000 циклів відкривання без погіршення функціональних характеристик. Скло термічно зміцнене та оброблене, що збільшує ударостійкість приблизно в п'ять разів порівняно зі звичайним флоат-склом. Всі дверні панелі оброблені гідрофобними покриттями, які відштовхують бруд і вологу, спрощуючи обслуговування і продовжуючи термін служби. Ручки, замки і доводчики виготовлені з полірованої нержавіючої сталі, стійкої до корозії і механічного зносу.

В службових і технічних зонах, включаючи приміщення для персоналу, кухні, комори і адміністративні офіси, використовуються вікна і двері стандартного розміру, виготовлені з металопластикових профілів. Віконні блоки складаються з потрійних склопакетів загальною товщиною 40 мм, армованих оцинкованими сталевими вставками, вбудованими в ПВХ-профілі для забезпечення стабільності під робочими навантаженнями. Ці вікна досягають значень теплопровідності близько $1,0 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ і оснащені прокладками для забезпечення повітро- та водонепроникності. Двері також виготовлені з металопластикових композитних профілів з поліуретановою пінопластовою вставкою, що забезпечує належну ізоляцію та жорсткість. Петлі та замки розраховані на частоту використання, а поверхні оброблені стійкими до атмосферних впливів полімерними покриттями.

Зовнішнє та внутрішнє опорядження

Фасад ресторанного комплексу покритий декількома шарами фарби, нанесеної безпосередньо на оштукатурену поверхню стін з ізольованої бетонної опалубки.

Вибрана фасадна фарба містить мінеральні наповнювачі та неорганічні пігменти, які забезпечують стабільне збереження кольору з часом. Її паропроникність гарантує, що будь-яка залишкова волога з бетонного сердечника або штукатурки може мігрувати назовні, не створюючи зон конденсації або внутрішніх пошкоджень, а гідрофобні властивості запобігають проникненню дощової води та зменшують забруднення поверхні. Крім того, покриття містить біоцидні добавки, що запобігають росту водоростей, грибків та моху, які є поширеними ризиками в міських кліматичних умовах. Середня товщина сухої плівки після нанесення становить 220–250 мкм, що є достатнім для створення міцного захисного бар'єру.

Процес фарбування вимагає використання механізованого розпилювального обладнання для рівномірного покриття великої площі фасаду, а валики та пензлі застосовуються для деталізації біля віконних рам та деформаційних швів. Поверхні були попередньо оброблені лугостійким ґрунтовкою для нейтралізації залишкової лужності цементної штукатурки. Умови сушіння та затвердіння контролювалися при температурі вище +8 °C і відносній вологості нижче 80%, що забезпечувало належну полімеризацію плівки фарби.

Внутрішнє оздоблення ресторанного комплексу виконано з чітким функціональним зонуванням, де матеріали та обробка поверхонь підібрані з урахуванням міцності, гігієни, акустичного комфорту та естетичних вимог[8].

У залах розташованих на другому та третьому поверхах, підлога оброблена великоформатною керамогранітною плиткою товщиною 12 мм, що характеризується низьким коефіцієнтом водопоглинання ($\leq 0,5\%$) та високою стійкістю до стирання. Ця плитка укладена на цементно-піщану вирівнювальну стяжку товщиною 80 мм, склеєну полімермодифікованим клеєм для забезпечення стійкості до тріщин під термічними та механічними навантаженнями. Шви заповнені епоксидною затіркою, яка гарантує стійкість до плям та полегшує гігієнічне прибирання[9]. Стіни в цих приміщеннях оштукатурені, а потім пофарбовані високостійкою водорозчинною акриловою фарбою, нанесеною у

два шари на ґрунтовку. Це покриття забезпечує мийну, нетоксичну поверхню, стійку до стирання та вицвітання. Для досягнення акустичного комфорту стелі побудовані з підвісних гіпсокартонних систем з інтегрованими панелями з мінеральної вати товщиною 50 мм, що покращує як звукопоглинання, так і вогнестійкість. Поверхні стелі оброблені матовою водорозчинною фарбою, що забезпечує дифузне відбиття світла та зменшує відблиски у великих залах.

У зонах обслуговування — кухнях, коморах та приміщеннях для персоналу — матеріали підбираються суворо відповідно до санітарно-гігієнічних вимог. Підлоги покриті міцною поліуретановою стяжкою товщиною 4 мм, що забезпечує суцільну, безшовну та хімічно стійку поверхню. Стіни в кухнях покриті керамічною плиткою на висоту до 2,4 м, вище якої вони оброблені мийною акриловою фарбою. Таке поєднання гарантує дотримання вимог безпеки харчових продуктів, оскільки дозволяє легко проводити дезінфекцію. Стелі оброблені вологостійкими гіпсокартонними панелями, герметизованими і пофарбованими антимікробною емаллю. У технічних приміщеннях для зменшення пилу застосовуються гладкі цементні стяжки з епоксидною просоченням, а стіни обробляються цементно-вапняною штукатуркою, пофарбованою вогнезахисними покриттями.

В адміністративних приміщеннях в оздоблювальних матеріалах пріоритет надається ергономіці та комфорту. Підлоги покриті високоякісним ламінатом комерційного класу товщиною 10 мм з класом зносостійкості AC5, встановленим на підкладці. Стіни оштукатурені та оброблені фарбою на вініловій основі, що забезпечує стійкість до механічного зносу та зберігає естетичний вигляд. Стелі побудовані з використанням модульних підвісних систем з акустичними панелями з мінерального волокна розміром 600×600 мм.

Зони циркуляції, такі як коридори, сходи та вхідні зони, призначені для інтенсивного руху. Тут застосовується керамогранітна плитка, схожа на ту, що в холах, але з текстурованою протиковзкою поверхнею, що відповідає стандартам безпеки. Стіни посилені двошаровою штукатуркою і пофарбовані ударостійкими акриловими покриттями. Сходинок сходові оброблені гранітними плитами

товщиною 30 мм, закріпленими епоксидним клеєм, а поручні та балюстради виготовлені з сталі для довговічності. Стелі в коридорах і вестибюлях це гіпсокартонні конструкції з вбудованим світлодіодним освітленням, оброблені матовою акриловою фарбою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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).
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. Вікна та двері : ДСТУ EN 14351-1:2020.
4. Довідково-інформаційний збірник ресурсів та одиничних розцінок на будівельно-монтажні роботи. – Суми : СНАУ, 2011.
5. Дзюбак А.-М., Мещерякова О. Особливості застосування незнімної опалубки при спорудженні стін // Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій : матеріали Міжнар. наук.-техн. конф. – Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2018. – С. 47–48.
6. Кам'яні та армокам'яні конструкції : ДБН В.2.6-162:2010.
7. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування : ДБН В.2.5-75:2013.
8. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Оздоблювальні роботи.
9. Кошторисні норми України. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Підлоги.
10. Кошторисні норми України. Настанова з визначення вартості будівництва [Чинний від 2021-11-09]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2021. – 44–46 с. (Національні стандарти України).
11. Навантаження і впливи. Норми проектування : ДБН В.1.2-2:2016 [Чинний від 2017-10-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2016. – С. 13–16. (Національні стандарти України).
12. Організація будівельного виробництва : ДБН А.3.1-5:2016 [Чинний від 2016-01-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2016. – С. 44–46. (Національні стандарти України).

13. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення : ДБН В.2.1-10:2018.

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

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

16. 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).

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