

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд і технологій
(назва факультету)

Кафедра будівельної механіки
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр
(назва освітнього ступеня)

на тему:

Проект виставкового центру

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МБс-41
спеціальності 192

Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

Тимків Т.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Швед Я.Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Мещерякова О.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Качка О.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2026

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд і технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Будівельної механіки
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ясній В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« » 2026 р.

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

студенту Тимківу Тарасу Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект виставкового центру

Керівник роботи Швед Ярослав Леонідович, доктор філософії
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «22» січня 2026 року № 4/9-53

2. Термін подання студентом завершеної роботи 10 червня 2026

3. Вихідні дані до роботи Район будівництва – місто Тернопіль

Виставковий центр Двоповерхова громадська будівля з монолітним залізобетонним каркасом

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Архітектурно-будівельні рішення виставкового центру: генеральний план, плани поверхів фасади, розрізи, об'ємно-планувальні та конструктивні рішення, енергоефективність.

Розрахунково-конструктивні рішення: створення розрахункової моделі будівлі, розрахунок фундаментів

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Генеральний план ділянки, Плани першого та другого поверхів, експлікація приміщень, функціональне зонування будівлі. Фасади будівлі, розрізи.

Конструктивна схема будівлі, план перекриття. План фундаментів, армування

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Окіпний І.Б. доцент		

7. Дата видачі завдання 27 січня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Архітектурно-будівельний розділ	07.02.2026	
2	Розрахунково-конструктивний розділ	22.05.2026	
3	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	05.06.2026	
4	Оформлення записки	10.06.2026	

Студент _____
(підпис)

Тимків Т.В. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Швед Я. Л. _____
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП 5

РОЗДІЛ 1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ.....8

1.1 Дані про район і ділянку будівництва.....	8
1.1.1 Кліматичні умови району будівництва.....	9
1.1.2 Інженерно-геологічні та гідрологічні умови ділянки	10
1.2 Генеральний план.....	12
1.2.1 Обґрунтування прийнятого рішення.....	14
1.2.2 Архітектурно-планувальні рішення	15
1.2.3 Функціональне призначення будівлі.....	16
1.2.4 Об'ємно-планувальне рішення	17
1.3 Техніко-економічні показники будівлі	18
1.3.1 Опорядження будівлі	19
1.3.2 Енергоефективність будівлі	21
1.3.3 Заходи щодо підвищення енергоефективності	22
1.3.4 Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій	24
1.4 Конструктивні рішення	34
1.5 Доступність для маломобільних груп населення (МГН)	36
1.6 Висновки за розділом 1	38

РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ40

2.1 Загальна характеристика конструктивної схеми	40
2.2 Розрахунок будівлі в Autodesk Robot Structural Analysis	41
2.3 Розрахунок фундаментів	47
2.3.1 Розрахунок ширини підшви фундаментної стрічки	48
2.3.2 Перевірка місцевого розширення під колоною	49
2.3.3 Конструктивний розрахунок та армування фундаментної стрічки	49
2.3.4 Армування місцевого розширення під колоною	50
2.3.5 Орієнтовна оцінка осідання основи	51
2.3.6 Конструювання та армування залізобетонних елементів.....	52
2.3.7 Висновки до розділу 2	54

РОЗДІЛ 3 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ56

3.1 Загальні вимоги з охорони праці на будівельному майданчику56

3.1.1 Безпека під час виконання земляних, арматурних, опалубних і бетонних робіт 57

3.1.2 Безпека під час робіт на висоті, монтажу перекриття, покрівлі та фасадних робіт 59

3.2 Пожежна безпека.....60

3.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях61

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....63

БІБЛІОГРАФІЯ.....66

ВСТУП

Сучасні громадські будівлі повинні забезпечувати не лише виконання основної функції, але й відповідати вимогам безпеки, доступності, енергоефективності, архітектурної виразності та зручності експлуатації. До таких об'єктів належать виставкові центри, які використовуються для проведення виставок, презентацій, конференцій, ярмарків, ділових зустрічей, культурно-масових та просвітницьких заходів. Такі будівлі є важливими елементами міського середовища, оскільки сприяють розвитку громадської активності, культурного обміну, підприємництва та організації публічних заходів різного масштабу.

Особливістю виставкових центрів є необхідність поєднання великих відкритих експозиційних просторів із допоміжними, адміністративними, технічними та сервісними приміщеннями. При цьому будівля повинна забезпечувати зручний рух відвідувачів і персоналу, можливість розміщення виставкового обладнання, безпечну евакуацію людей, доступність для маломобільних груп населення та надійну роботу несучих конструкцій. Тому проектування таких об'єктів потребує комплексного підходу, який охоплює архітектурно-планувальні, конструктивні, інженерні та безпекові рішення.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає у необхідності розроблення сучасних громадських будівель виставково-експозиційного призначення, які відповідають чинним будівельним нормам України та можуть забезпечити комфортні умови для проведення різних типів заходів. Для міста Тернополя проектування такого об'єкта є доцільним з огляду на потребу у функціональних громадських просторах, придатних для проведення виставок, конференцій, презентацій, форумів та інших суспільно важливих подій.

У кваліфікаційній роботі розглядається проєкт двоповерхового виставкового центру в місті Тернополі. Будівля запроектована як громадський об'єкт із монолітним залізобетонним каркасом. Така конструктивна схема дозволяє забезпечити необхідні прольоти, створити відкриті експозиційні простори, підвищити просторову жорсткість будівлі та забезпечити надійне сприйняття

навантажень. Основними несучими елементами є монолітні залізобетонні колони, плити перекриття та покриття, а також елементи жорсткості в зоні сходово-ліфтового вузла.

Метою кваліфікаційної роботи є розроблення проєкту двоповерхового виставкового центру з монолітним залізобетонним каркасом, який забезпечує функціональність, надійність, безпеку, енергоефективність та доступність будівлі для різних категорій користувачів.

Об'єктом проєктування є двоповерхова громадська будівля виставкового центру.

Предметом проєктування є архітектурно-планувальні, конструктивні, розрахункові, інженерні та безпекові рішення будівлі виставкового центру.

Для досягнення поставленої мети у кваліфікаційній роботі передбачено розв'язання комплексу архітектурно-будівельних, розрахунково-конструктивних та безпекових завдань. Насамперед необхідно проаналізувати район будівництва, містобудівні умови розміщення об'єкта, природно-кліматичні особливості м. Тернополя та інженерно-геологічні умови ділянки. На основі цих даних обґрунтовується вибір природної основи для фундаментів і приймаються відповідні конструктивні рішення.

Розрахунково-конструктивна частина роботи передбачає створення просторової розрахункової моделі будівлі в Autodesk Robot Structural Analysis, аналіз результатів розрахунку несучих конструкцій, визначення характеру роботи плитних елементів, розрахунок фундаментної стрічки та орієнтовну оцінку осідання основи. За результатами розрахунків необхідно прийняти конструктивні рішення щодо армування фундаментів і основних залізобетонних елементів будівлі.

Практичне значення роботи полягає у розробленні комплексного проєктного рішення громадської будівлі виставкового призначення. Прийняті архітектурно-планувальні, конструктивні та фундаментні рішення можуть бути використані як основа для подальшого уточнення проєкту або розроблення аналогічних громадських будівель. Запропоновані рішення спрямовані на забезпечення

раціонального використання території, зручної експлуатації будівлі, надійної роботи несучих конструкцій, енергоефективності та безпечного перебування відвідувачів і персоналу.

Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, загальних висновків і бібліографії. У першому розділі розглянуто архітектурно-будівельні рішення, генеральний план, об'ємно-планувальну структуру, конструктивні рішення, енергоефективність та доступність будівлі. У другому розділі виконано розрахунково-конструктивну частину, зокрема аналіз розрахункової моделі будівлі, розрахунок фундаментів, оцінку осідання основи та прийняття армування залізобетонних елементів. У третьому розділі розроблено заходи з безпеки життєдіяльності та охорони праці, пожежної безпеки і дій персоналу в надзвичайних ситуаціях.

РОЗДІЛ 1

АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ

1.1 Дані про район і ділянку будівництва

Об'єктом проєктування є виставковий центр, який передбачається розмістити в північно-західній частині міста Тернополя, у районі вулиці Текстильної. Обрана територія характеризується сприятливими умовами для розміщення громадської будівлі та має зручне транспортне сполучення з основними районами міста.

Земельна ділянка має прямокутну форму та площу 2,5 га. Рельєф території спокійний, з незначним ухилом, що сприяє виконанню будівельних робіт без значних витрат на вертикальне планування. Територія придатна для нового будівництва.

Навколишня забудова представлена переважно громадськими, торговельними, складськими та виробничими об'єктами. Безпосередньо поруч знаходиться ТРЦ «Подoliaни», який є одним із найбільших торговельно-розважальних центрів міста Тернополя та включає торговельні галереї, заклади громадського харчування, кінотеатр, концерт-хол і значні площі для паркування автотранспорту.

У прилеглій зоні також розташовані автосалони, складські комплекси, підприємства комерційного призначення, автозаправні станції та об'єкти транспортної інфраструктури. Санітарно-захисні розриви між існуючою забудовою та проєктованим об'єктом відповідають чинним будівельним нормам.

Транспортна доступність ділянки забезпечується магістральною вулицею міського значення, що дозволяє організувати зручний під'їзд легкового, громадського та вантажного транспорту. Передбачено влаштування основного в'їзду для відвідувачів і окремого службового в'їзду для обслуговування виставкового центру.

Інженерне забезпечення території здійснюється шляхом підключення до існуючих міських мереж водопостачання, водовідведення, електропостачання,

газопостачання та телекомунікацій. Підключення інженерних мереж виконується відповідно до технічних умов експлуатуючих організацій.

Обрана ділянка відповідає функціональному призначенню об'єкта та забезпечує необхідні умови для будівництва і подальшої експлуатації виставкового центру.

1.1.1 Кліматичні умови району будівництва

Район будівництва м. Тернопіль, Тернопільська область, Україна. Відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» територія України поділяється на кліматичні зони за розрахунковими параметрами зовнішнього середовища для теплотехнічних розрахунків будівель.

Місто Тернопіль відноситься до II кліматичної зони, яка характеризується помірно-холодними кліматичними умовами. Для даної зони приймаються розрахункові температури зовнішнього повітря найбільш холодної п'ятиденки до приблизно $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, що визначає підвищені вимоги до теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій будівель.

Клімат району будівництва характеризується помірно-континентальними умовами. Середньорічна температура повітря становить близько $+7...+8\text{ }^{\circ}\text{C}$, середня температура найхолоднішого місяця (січня) $-4...-6\text{ }^{\circ}\text{C}$, а найтеплішого (липня) $+18...+20\text{ }^{\circ}\text{C}$. У зимовий період можливе зниження температури до $-25...-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, що враховується при проектуванні будівельних конструкцій і виборі матеріалів.

Опалювальний період триває орієнтовно 5–7 місяців, що свідчить про тривалий сезон з пониженими температурами та підвищеними витратами на опалення. Середньорічна кількість опадів становить 600–700 мм, з максимумом у літній період. В теплу пору року переважають дощі, взимку — снігові опади. Сніговий покрив зазвичай встановлюється у грудні та зберігається до березня, а його висота може досягати 20–40 см.

Переважаючими є західні та північно-західні вітри із середньою швидкістю 3–5 м/с, при цьому в зимовий період можливі посилення вітрових навантажень, що

враховується при розрахунку несучих та огорожувальних конструкцій будівлі. Глибина промерзання ґрунту в районі будівництва становить орієнтовно 0,8–1,0 м, що визначає вимоги до закладання фундаментів та прокладання інженерних мереж.

Таким чином, кліматичні умови м. Тернополя є типовими для західного регіону України та обумовлюють необхідність забезпечення належного рівня теплоізоляції будівель, ефективної системи опалення та врахування нормативних вимог ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» при проектуванні конструктивних елементів, виборі матеріалів і технології виконання будівельно-монтажних робіт.

1.1.2 Інженерно-геологічні та гідрологічні умови ділянки

Інженерно-геологічні умови ділянки прийнято за геологічним розрізом майданчика будівництва. Геологічний розріз характеризує пошарову будову ґрунтової товщі між свердловинами Св. 1, Св. 4 та Св. 5 і використаний для вибору типу фундаментів та попередньої оцінки роботи основи.

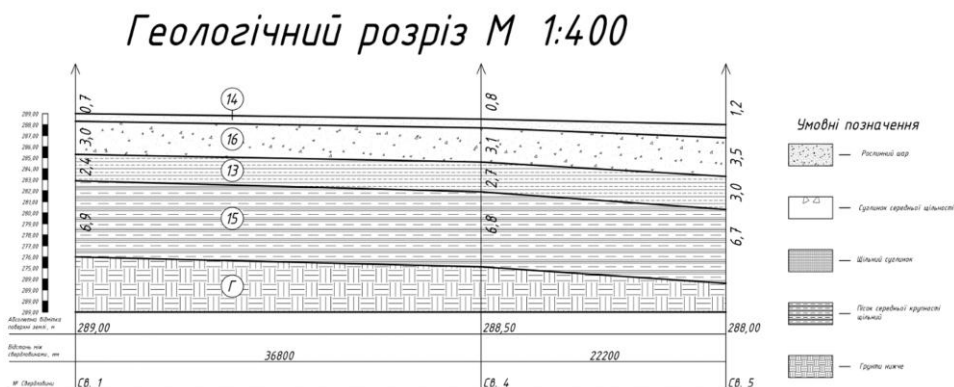


Рисунок 1.1 — Геологічний розріз ділянки будівництва

Поверхневий шар представлений рослинним ґрунтом ІГЕ-14 потужністю орієнтовно 0,7-1,2 м. Цей шар не може використовуватися як природна основа фундаментів і перед початком робіт підлягає повному зняттю в межах плями забудови та робочої зони.

Нижче рослинного шару залягає ІГЕ-16 - суглинок середньої щільності. За розрізом його потужність становить близько 3,0-3,5 м. Саме цей шар прийнято як основний несучий шар для спирання монолітних стрічкових фундаментів.

Під ІГЕ-16 розташований ІГЕ-13 - щільний суглинок, нижче якого залягає ІГЕ-15 - щільний пісок середньої крупності. Наявність щільніших підстильних шарів покращує умови роботи основи та зменшує ризик значних нерівномірних осідань.

Таблиця 1.1 — Характеристика ґрунтів за геологічним розрізом

ІГЕ	Назва шару	Орієнтовна потужність, м	Характеристика та використання
14	Рослинний шар	0,7-1,2	Підлягає повному зняттю; як основа фундаментів не використовується.
16	Суглинок середньої щільності	3,0-3,5	Прийнятий як несучий шар для спирання стрічкових фундаментів.
13	Щільний суглинок	1,7-3,0	Підстильний шар з кращими міцнісними характеристиками.
15	Пісок середньої крупності, щільний	6,7-6,9	Щільний підстильний шар, сприятливий для роботи основи.
Г	Ґрунти нижче	нижче шару піску	У розрахунку фундаментів безпосередньо не використовується.

Планувальну поверхню землі біля будівлі прийнято на відмітці -0,500 м. Підшву фундаментів розташовано на відмітці -2,000 м, тому глибина закладання від планувальної поверхні землі становить 1,50 м. Таке рішення забезпечує розміщення підшви нижче рослинного шару та нижче глибини сезонного промерзання ґрунту.

Для попереднього розрахунку основи прийнято розрахунковий опір ґрунту $R = 200$ кПа та модуль деформації $E = 20$ МПа. Значення прийняті для навчального розрахунку з урахуванням того, що підшва фундаментів спирається на ІГЕ-16 - суглинок середньої щільності. Остаточні характеристики основи мають уточнюватися за повним звітом інженерно-геологічних вишукувань.

1.2 Генеральний план

При розробці генерального плану ділянки будівництва враховано її функціональне призначення, особливості навколишньої забудови, існуючі транспортно-пішохідні зв'язки та вимоги чинних нормативних документів, зокрема ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій». Ділянка проєктування розташована в промислово-громадській зоні міста Тернополя по вулиці Текстильній, у безпосередній близькості до великого торгово-розважального центру «Подільня». Таке розташування забезпечує високий рівень доступності об'єкта, але вимагає чіткого розмежування внутрішніх та транзитних потоків.

Проектowana будівля розміщена на ділянці з урахуванням нормативних санітарно-гігієнічних та протипожежних розривів відносно існуючих споруд та червоних ліній вулиці Текстильної. Головний фасад будівлі орієнтований у бік основної транспортної артерії, що забезпечує її композиційну виразність та легку візуальну орієнтацію для відвідувачів. Фіксація посадки будівлі виконана з мінімальним порушенням існуючого рельєфу, забезпечуючи оптимальний баланс земляних робіт (виїмка/насип) та ефективне відведення поверхневих дощових і талих вод від фундаментів споруди в міську мережу дощової каналізації.

Для забезпечення потреб відвідувачів та персоналу об'єкта запроєктовано відкритий автомобільний паркінг. Розрахунок кількості машино-місць виконано відповідно до місткості та призначення будівлі. Паркувальна зона чітко зонована: передбачено місця для короткочасного зберігання автотранспорту відвідувачів, зони для транспорту персоналу, а також спеціалізовані місця для автомобілів маломобільних груп населення (МГН), які розташовані найближче до головного входу та позначені відповідною розміткою і знаками. Покриття автостоянки передбачено з міцного дрібнорозмірного асфальтобетону.

Транспортне сполучення з ділянкою здійснюється через влаштування зручних з'їздів з вулиці Текстильної. Організація руху на майданчику запроєктована з нормативними розворотними майданчиками. Ширина проїздів

прийнята з урахуванням безперешкодного руху як легкового транспорту, так і спецтехніки. Запроектовано круговий протипожежний об'їзд довкола всієї будівлі завширшки не менше 3,5–4,5 м, що забезпечує доступ пожежних машин до будь-якої точки споруди у разі надзвичайної ситуації. Радіуси поворотів доріг розраховані на безперешкодний проїзд великогабаритної техніки.

Пішохідна інфраструктура ділянки проєктується в ув'язці з існуючими тротуарами по вулиці Текстильній та пішохідними напрямками від ТРЦ «Подoliaни». Рух пішоходів організовано ізолювано від основних потоків автомобільного транспорту задля безпеки людей. Ширина тротуарів забезпечує комфортний зустрічний рух відвідувачів. Покриття виконано з фігурних елементів мощення з шорсткою поверхнею, що запобігає ковзанню в зимовий період. Усі перетини тротуарів із проїжджою частиною виконані в одному рівні або обладнані пониженими бордюрами (висота бортового каменю не більше 2.5 см) та тактильною плиткою, що повністю відповідає вимогам ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд».

Вільна від забудови, доріг та майданчиків територія підлягає обов'язковому благоустрою та озелененню, що виконує як естетичну, так і захисну функцію (екранування від шуму та пилу з проїжджої частини). Проєктом передбачено влаштування газонів із багаторічних травосумішей, висадку декоративних кущів та низькорослих дерев, які не перекривають нормативну інсоляцію вікон та видимість для водіїв на виїздах з ділянки. Зелені насадження слугують природними розмежувачами між пішохідними зонами та автостоянкою. Додатково на території передбачено встановлення елементів малих архітектурних форм (МАФ): урн для сміття, лавок для відпочинку, а також сучасних енергоефективних LED-світильників на опорах для забезпечення нормативного освітлення території у вечірній та нічний час

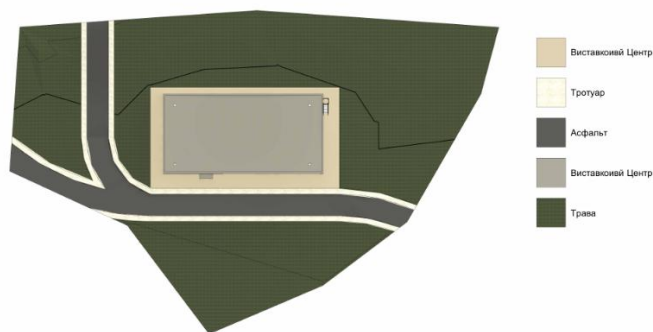


Рисунок 1.2 — Генеральний план М 1:500

1.2.1 Обґрунтування прийнятого рішення

Прийняте об'ємно-планувальне та генеральне планувальне рішення виставкового центру обумовлене функціональним призначенням будівлі, містобудівною ситуацією та вимогами до організації громадських просторів. Розміщення будівлі у центральній частині земельної ділянки забезпечує рівномірний розподіл транспортних і пішохідних потоків, а також дозволяє сформувати зручні під'їзди та зони обслуговування. Такий підхід сприяє ефективному використанню території та забезпечує можливість подальшого розвитку комплексу за потреби.

Функціональне зонування території виконано з урахуванням поділу потоків відвідувачів, персоналу та вантажного транспорту. Відокремлення експозиційної, господарської та паркувальної зон підвищує безпеку експлуатації та комфорт користувачів. Орієнтація головного входу в бік основної міської магістралі забезпечує зручну транспортну доступність та логічну організацію підходів до будівлі. Це також підвищує візуальну виразність об'єкта та його містобудівну роль у навколишній забудові. Передбачене паркування для легкового транспорту та окремі під'їзди для обслуговуючого і вантажного транспорту дозволяють уникнути перетину транспортних потоків, що позитивно впливає на безпеку та функціональність комплексу. Прийняті рішення щодо благоустрою території, включаючи озеленення, освітлення та організацію пішохідних шляхів, спрямовані

на створення комфортного міського середовища та підвищення естетичної привабливості об'єкта.

Таким чином, обрані планувальні рішення є обґрунтованими з точки зору функціональності, безпеки та відповідності сучасним вимогам до громадських будівель виставкового типу.

1.2.2 Архітектурно-планувальні рішення

Архітектурно-планувальні та об'ємно-просторові рішення будівлі виставкового центру розроблені на основі завдання на проєктування, чинних будівельних норм України, зокрема ДБН В.2.2-9 «Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди», а також з урахуванням містобудівної ситуації у місті Тернопіль.

Будівля виставкового центру запроєктована двоповерховою, прямокутної форми в плані. Композиційне вирішення об'єкта базується на поєднанні великих зальних просторів із функціональними блоками допоміжного та адміністративного призначення. Головний фасад споруди орієнтований на магістральну вулицю і має розвинену систему скління, що забезпечує максимальне природне освітлення інтер'єрів та візуальний зв'язок внутрішнього простору з навколишнім середовищем.

Планувальна схема будівлі розроблена за принципом чіткого функціонального зонування, що дозволяє одночасно проводити різні за тематикою заходи без перетину людських та технологічних потоків. Конструктивна схема із широким кроком колон забезпечує гнучке планування та можливість трансформації внутрішнього простору експозиційних залів за допомогою мобільних звукоізоляційних перегородок.

Вертикальний зв'язок між першим та другим поверхами забезпечується за допомогою парадних відкритих сходів у зоні вестибюля, двох евакуаційних сходових кліток типу С1, які мають безпосередній вихід назовні, а також за

допомогою сучасних ліфтових підйомників, розрахованих на транспортування відвідувачів та великогабаритних експонатів.

При проектуванні архітектурних форм особливу увагу приділено надійності огорожувальних конструкцій, довговічності оздоблювальних матеріалів, а також дотриманню жорстких вимог щодо енергоефективності, пожежної безпеки та безперешкодного доступу всіх категорій населення.

1.2.3 Функціональне призначення будівлі

За своїм функціональним призначенням будівля є спеціалізованим громадським об'єктом виставково-експозиційного типу. Вона призначена для організації та проведення культурно-масових, просвітницьких, науково-технічних та комерційних заходів, включаючи художні виставки, бізнес-форуми, ярмарки, презентації, міжнародні конференції та тематичні семінари.

Функціональна структура будівлі розрахована на одночасне перебування великої кількості відвідувачів, експонентів та обслуговуючого персоналу. Для забезпечення технологічного процесу функціонування центру всі приміщення згруповані у взаємопов'язані блоки та розподілені за двома рівнями.

Функціональні зони першого поверху:

Вхідна та сервісна група включає просторий вестибюль, де розташовані зони зустрічі та реєстрації відвідувачів, інформаційні стійки, касовий вузол, гардероб для верхнього одягу та блоки санвузлів, пристосовані для використання маломобільними групами населення.

Головний експозиційний зал запроєктовано як велике зальне приміщення з мінімальною кількістю внутрішніх опор. Зал призначений для розміщення великогабаритного виставкового обладнання, масивних стендів та мобільних павільйонів. Підлога першого поверху розрахована на підвищені корисні навантаження від експонатів та внутрішнього завантажувального транспорту.

Господарсько-технічний блок складається з приміщень для зберігання та розпакування виставкового інвентарю, складів, інженерних вузлів, включаючи

електрощитову, насосну та теплопункт, а також дебаркадера з прямим виходом до експозиційного залу.

Функціональні зони другого поверху:

Універсальний конференц-зал є багатофункціональним простором, призначеним для проведення лекцій, семінарів, прес-конференцій та офіційних відкриттів заходів. Зал обладнується сучасними мультимедійними системами та мобільними звукоізоляційними перегородками для можливості поділу простору на менші лекторії.

Малий експозиційний зал або галерея призначена для проведення мобільних художніх виставок, презентацій малогабаритної продукції чи організації фуршетних зон.

Адміністративний блок об'єднує кабінети дирекції, менеджерів з організації виставок, кімнату персоналу, серверну та архів.

Кафетерій виконує функцію зони громадського харчування для відвідувачів та учасників виставок, працює на напівфабрикатах без повного циклу приготування та включає обідній зал і підсобні приміщення.

Всі функціональні групи приміщень мають зручні зв'язки між собою, але сплановані так, щоб потоки завантаження матеріалів не перетиналися з основними маршрутами руху відвідувачів центру.

1.2.4 Об'ємно-планувальне рішення

Об'ємно-планувальне рішення двоповерхової будівлі виставкового центру базується на прямокутній формі в плані, що забезпечує найбільш раціональне використання внутрішнього простору та спрощує конструктивну схему споруди. Геометричні розміри будівлі в крайніх координаційних осях становлять 43,0 м у довжину та 21,0 м у ширину, що відповідає єдиній модульній системі в будівництві.

Конструктивна повнокаркасна схема запроектована з уніфікованою сіткою колон. Крок колон у поздовжньому напрямку становить 6,0 м, а проліт у поперечному напрямку прийнято рівним 12,0 м. Таке інженерне рішення дозволяє

мінімізувати кількість внутрішніх вертикальних опор в експозиційній зоні першого поверху та створити просторі зальні приміщення на другому поверсі.

Висота першого поверху від рівня чистої підлоги до стелі становить 4,0 м, що обумовлено технологічною необхідністю розміщення великогабаритних виставкових стендів, елементів реклами, а також прокладання розгалужених інженерних комунікацій та систем припливно-витяжної вентиляції. Загальна висота будівлі від рівня планувальної відмітки землі до верхньої точки парапету становить 9,1 м

За відносну відмітку 0,000 прийнято рівень чистої підлоги першого поверху, який піднятий над рівнем планувальної відмітки землі на 0,15 м. Це забезпечує надійний захист внутрішніх приміщень від проникнення поверхневих вод під час танення снігу або злив та дозволяє влаштувати зручний вхід у будівлю в один рівень із тротуаром для забезпечення вимог безбар'єрності.

Просторова жорсткість та стійкість об'єму будівлі забезпечується за рахунок жорсткого защемлення колон у фундаментах, системи вертикальних та горизонтальних зв'язків каркаса, а також монолітних дисків міжповерхового перекриття та покриття. Зовнішнє огородження будівлі виконано за допомогою комбінації сучасних енергоефективних сендвіч-панелей та стоечно-ригельної системи суцільного вітражного скління головного фасаду. Покрівля будівлі запроектована плоскою, суміщеною, з внутрішнім водовідведенням.

1.3 Техніко-економічні показники будівлі

Для оцінки раціональності, економічної доцільності та ефективності прийнятих архітектурно-планувальних і об'ємно-просторових рішень двоповерхової будівлі виставкового центру визначено основні техніко-економічні показники. Розрахунок площ виконано відповідно до методик, викладених у ДБН В.2.2-9 «Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди».

Площа забудови визначена як площа горизонтального перерізу будівлі по зовнішньому контуру на рівні цоколя, включаючи виступаючі частини. Загальна

площа будівлі визначена як сума площ усіх поверхів (першого та другого), вимірюваних у межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін.

Корисна площа громадської будівлі обчислена як сума площ усіх розташованих у ній приміщень, за винятком сходових кліток, ліфтових шахт та внутрішніх інженерних каналів. Розрахункова площа включає площі всіх робочих, експозиційних, конференційних та обслуговуючих приміщень (без урахування коридорів, тамбурів та технічних кімнат). Будівельний об'єм визначено як сума надземної частини будівлі від відмітки чистої підлоги першого поверху до верхньої площини засипки утеплювача покриття, помножена на площу горизонтального перерізу.

Основні об'ємно-планувальні та техніко-економічні показники запроєктованої будівлі виставкового центру наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 — Техніко-економічні показники будівлі виставкового центру

Поверховість	2 поверхи
Площа забудови	1152.00 кв. м
Загальна площа будівлі	2246.40 кв. м
Корисна площа будівлі	2085.10 кв. м
Розрахункова площа	1762.30 кв. м
Будівельний об'єм надземної частини	11750.40 куб. м
Коефіцієнт ефективності планування K1 (відношення розрахункової площі до загальної)	0.78
Коефіцієнт об'ємний K2 (відношення будівельного об'єму до загальної площі)	5.23

1.3.1 Опорядження будівлі

Опорядження внутрішніх приміщень та зовнішніх фасадів двоповерхового виставкового центру запроєктоване з урахуванням його функціонального призначення, естетичних вимог, специфіки архітектурного вигляду міста

Тернопіль, а також вимог довговічності, гігієнічності та пожежної безпеки громадських споруд.

Зовнішнє опорядження (фасади): Архітектурне рішення фасадів базується на поєднанні великих площин суцільного скління та глухих ділянок стін, що створює сучасний образ будівлі. Опорядження зовнішніх стін передбачає використання навісної вентиляваної фасадної системи з облицюванням композитними алюмінієвими панелями сірих та світлих тонів. Така система забезпечує надійний захист конструкцій від атмосферних опадів, покращує звукоізоляцію та теплотехнічні показники будівлі.

Для вітражного скління головного фасаду та вхідної групи застосовано стоечно-ригельну систему з анодованого алюмінієвого профілю з двокамерними енергоефективними склопакетами з аргоновим наповненням та низькоемісійним напиленням. Цоколь будівлі по всьому периметру лицюється плитами з натурального граніту або грубофактурного керамограніту темного відтінку, що захищає нижню частину споруди від механічних пошкоджень та забруднень.

Внутрішнє опорядження: Опорядження інтер'єрів виставкового центру виконується з матеріалів, що мають високий опір зношуванню, легко піддаються вологому прибиранню та належать до групи негорючих (НГ) або слабогорючих (Г1) матеріалів відповідно до протипожежних вимог для місць масового скупчення людей.

У вестибюлі, головному та малому експозиційних залах, а також у коридорах і холах покриття підлоги виконується з високоміцного великоформатного керамограніту з протиковзкою поверхнею або влаштовується безшовна мозаїчно-бетонна (терацо) наливна підлога. Такі типи підлог розраховані на значні навантаження від інтенсивного руху відвідувачів та переміщення мобільних виставкових стендів. У конференц-залі та адміністративних кабінетах передбачено укладання комерційного зносостійкого ковроліну або антистатичного лінолеуму на клейовій основі. У технічних приміщеннях, венткамерах та складах підлога виконується бетонною з інноваційним топінговим покриттям, що знепилює

поверхню. Санвузли та душові повністю облицьовуються керамічною плиткою на всю висоту стін.

Опорядження стін у вестибюлі та виставкових залах передбачає високоякісне штукатурення з наступним фарбуванням акриловими або латексними водоемульсійними сумішами світлих нейтральних тонів (білий, світло-сірий, бежевий), що слугує оптимальним фоном для будь-якого типу експозицій. В адміністративному блоці стіни обклеюються шпалерами під фарбування. Стіни по ходу евакуаційних шляхів, у сходових клітках та ліфтових холах фарбуються стійкими до стирання водно-дисперсійними фарбами.

Стелі у більшості громадських та адміністративних приміщень запроєктовані підвісними типу «Армстронг» або комбінованими з гіпсокартонних плит, що дозволяє приховати розгалужені інженерні мережі, системи вентиляції, кондиціювання та пожежогасіння, забезпечуючи водночас легкий доступ до них для обслуговування. У головному виставковому залі першого поверху та конференц-залі застосовується відкрита стеля типу «Грильято» або дизайнерські акустичні панелі, які покращують звукові характеристики приміщень під час виступів та масових заходів. Поверхні стель у технічних приміщеннях затираються та фарбуються клейовими або вапняними сумішами.

1.3.2 Енергоефективність будівлі

Проектування двоповерхової будівлі виставкового центру в місті Тернопіль виконано з урахуванням сучасних жорстких вимог щодо раціонального використання енергетичних ресурсів та термомодернізації цивільних споруд. Відповідно до Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» та вимог ДБН В.2.6-31 «Теплова ізоляція будівель», у проєкті реалізовано комплексний підхід, спрямований на зниження потреби будівлі в енергії на опалення, вентиляцію, кондиціювання та освітлення, із одночасним забезпеченням нормативного мікроклімату у внутрішніх приміщеннях.

Зниження енергоспоживання громадської будівлі такого типу є критично важливим завданням, оскільки великі зальні простори виставкових павільйонів та

конференц-залів мають значний будівельний об'єм і вимагають великих витрат теплоти та електроенергії під час експлуатації. Для досягнення високого класу енергоефективності (не нижче класу «В») у проєкті закладено архітектурно-планувальні, конструктивні та інженерно-технічні рішення.

Архітектурно-композиційне вирішення будівлі має оптимальний коефіцієнт компактності споруди завдяки простій прямокутній формі в плані, що мінімізує площу зовнішніх огорожувальних конструкцій, через які відбуваються основні втрати теплоти. Об'ємно-планувальне рішення передбачає влаштування тамбурних зон на всіх входах до будівлі, що перешкоджає проникненню холодного повітря всередину під час масового проходження відвідувачів.

Конструктивні заходи базуються на створенні суцільної та замкненої оболонки термоізоляції навколо всього опалювального об'єму виставкового центру. Це досягається шляхом розрахункового підбору товщини ефективних теплоізоляційних матеріалів для зовнішніх стін, суміщеного покриття та перекриття над першим поверхом (у зонах підлоги по ґрунту), а також ліквідацією «містків холоду» у вузлах з'єднання конструктивних елементів каркаса із зовнішнім огороженням. Окрему увагу приділено світлопрозорим конструкціям вітражного скління фасаду, які мають високий опір теплопередачі та спеціальне сонцезахисне покриття для зменшення навантаження на систему кондиціонування в літній період.

1.3.3 Заходи щодо підвищення енергоефективності

Для забезпечення нормативних показників енергоефективності двоповерхової будівлі виставкового центру та мінімізації експлуатаційних витрат у проєкті впроваджено комплекс взаємопов'язаних інженерних та архітектурно-будівельних заходів. Усі рішення спрямовані на обмеження теплових втрат через зовнішню оболонку будівлі та раціональне керування внутрішніми інженерними системами.

Теплоізоляція огорожувальних конструкцій: Головним заходом є влаштування суцільного теплоізоляційного шару зовнішніх стін із використанням

навісного вентиляованого фасаду, де як утеплювач застосовуються жорсткі гідрофобізовані плити з мінеральної вати на основі базальтових порід завтовшки 150 мм. Товщина утеплювача визначена теплотехнічним розрахунком з урахуванням кліматичних умов міста Тернопіль.

Для теплоізоляції суміщеної плоскої покрівлі передбачено використання двошарової системи екструдованого пінополістиролу загальною товщиною 200 мм, що має підвищену міцність на стиск та нульове водопоглинання. Теплоізоляція підлоги першого поверху по ґрунту виконується шаром пінополістиролу завтовшки 100 мм під монолітною плитою, що запобігає охолодженню будівлі через основу.

Енергоефективне скління: Враховуючи велику площу вітражного скління головного фасаду виставкового центру, у проєкті закладено алюмінієві профільні системи з терморозривом (термомостом) завширшки не менше 24 мм. Застосовано двокамерні склопакети, заповнені інертним газом аргоном, із двома низькоемісійними енергозберігаючими стеклами (і-скло).

Для запобігання перегріву приміщень вестибюля та залів у літній період зовнішнє скло вітражів має мультифункціональне напилення, яке відбиває сонячну інфрачервону радіацію, зменшуючи витрати електричної енергії на кондиціонування повітря.

Модернізація інженерних систем: Опалення та вентиляція зальних приміщень виставкового центру, де спостерігається значний об'єм повітрообміну, здійснюється за допомогою сучасних припливно-витяжних установок із високоефективними роторними рекуператорами тепла. Ефективність рекуперації становить не менше 75–80 відсотків, що дозволяє використовувати теплоту витяжного повітря для підігріву припливного свіжого повітря, суттєво знижуючи навантаження на систему централізованого теплопостачання.

Нагрівальні прилади в адміністративних та допоміжних приміщеннях обладнуються автоматичними терморегуляторами, які підтримують задану температуру залежно від погодних умов та часу доби. Впроваджено автоматизований індивідуальний тепловий пункт (ІТП) із погодним регулюванням параметрів теплоносія.

Енергоефективне освітлення та автоматизація: Для зменшення споживання електричної енергії в усій будівлі передбачено використання виключно світлодіодних джерел світла (LED) із високою світловою віддачею. У коридорах, санвузлах та технічних зонах встановлюються датчики руху та присутності, що виключає роботу освітлення за відсутності людей.

Система автоматизації та диспетчеризації інженерного обладнання будівлі (BMS) забезпечує постійний моніторинг та оптимізацію роботи систем опалення, вентиляції та освітлення в режимі реального часу, переводячи будівлю в економний режим у нічний час та в періоди між виставковими заходами.

1.3.4 Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій

Перевірка огорожувальних конструкцій на відповідність вимогам ДБН В.2.6-31. Визначимо термічний опір фрагменту конструкції згідно з вимогами ДСТУ 9191:2022.

Загальна товщина конструкції складає 0,450 м. Кількість шарів конструкції - 2. Шар №1 газобетон з густиною 1000 кг/м³ та товщиною 0,300 м. Шар №2 Мінеральна вата (базальтове волокно) з густиною 30 кг/м³ та товщиною 0,150 м.

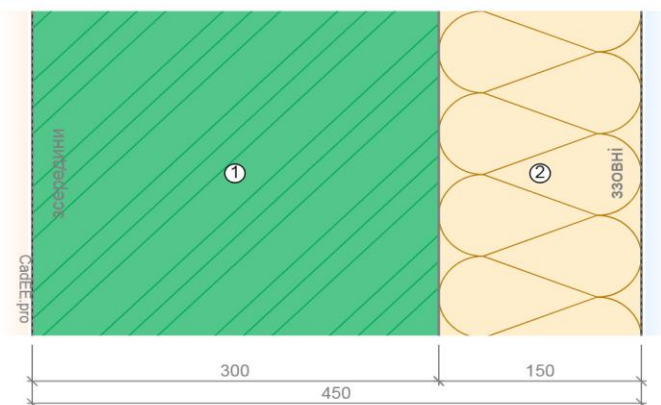


Рисунок 1.3 — Розріз огорожувальної конструкції

Вологісні умови експлуатації матеріалів огорожувальної конструкції визначено згідно з додатком Б ДБН В.2.6-31:2021. Призначення будівлі - громадська будівля адміністративного призначення, для якої згідно з т.Б.2 ДБН В.2.6-31:2021 розрахункові значення температури і вологості приміщень $\theta_{int} = 20$

°C, $\phi_{int} = 50\%$ відповідно. Вологісний режим приміщень приймаємо згідно з т.Б.1 ДБН В.2.6-31:2021 - нормальний, а також враховуючи, що конструкція зовнішня, то умови експлуатації згідно з т.Б.3 ДБН В.2.6-31:2021 - Б.

Розрахункові характеристики матеріалів конструкції визначаємо згідно з додатком А ДСТУ 9191:2022.

Таблиця 1.3 — Розрахункові характеристики матеріалів шарів конструкції

№	Назва шару	Товщина, (м)	Теплопровідність λ , Вт/(м²К)
1	Газобетон $\rho=1000$ кг/м³	0.3	0.5
2	Мінеральна вата (базальтове волокно) $\rho=30$ кг/м³	0.15	0.05

Коефіцієнти тепловіддачі визначаємо згідно з таблицею Б додатку Б ДСТУ 9191:2022. Для конструкції типу - стіна, розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь огорожувальних конструкцій прийнято:

$$h_{si} = 8.7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad h_{se} = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (1)$$

Визначаємо опір теплопередачі конструкції згідно з формулою 2 ДСТУ 9191:2022:

$$\begin{aligned} R_s &= \frac{1}{h_{si}} + \frac{d_1}{\lambda_{p1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p2}} + \frac{1}{h_{se}} = \frac{1}{8.7} + \frac{0.3}{0.5} + \frac{0.15}{0.05} + \frac{1}{23} \\ &= 3.758 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \end{aligned} \quad (2)$$

Загальна площа огорожувальної конструкції, обчислена за внутрішнім виміром із додаванням площ внутрішніх укосів прорізів та відніманням площ прорізів та площа термічно однорідної частини непрозорої конструкції, що не містить площі внутрішніх укосів прорізів дорівнюють відповідно:

$$A_\Sigma = 1\text{м}^2 \quad A_1 = 1\text{м}^2 \quad (3)$$

На фрагменті, що розглядається, відсутні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції.

Визначаємо приведений опір теплопередачі конструкції згідно з формулою 1 ДСТУ 9191:2022:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{A_{\Sigma}}{\frac{A_1}{R_s}} = \frac{1}{\frac{1}{3.758}} = 3.758 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \quad (4)$$

Визначимо мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі згідно з ДБН В.2.6-31:2021. Температурна зона згідно з додатком А ДБН В.2.6-31:2021 - І. Допустиме значення опору теплопередачі визначаємо з таблиці 1 ДБН В.2.6-31:2021 (як для типу конструкції - стіна, та типу будівлі - громадська будівля адміністративного призначення):

$$R_{qmin} = 4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

Оскільки:

$$R_{\Sigma \text{пр}} = 3.76 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} < R_{qmin} = 4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

то умова (4) ДБН В.2.6-31:2021 не виконується.

Визначення розподілу температури в товщині конструкції згідно з формулою (5) ДСТУ Б В.2.6-192:2013:

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_{p1}} = \frac{0.3}{0.5} = 0.6 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \quad (5)$$

$$R_2 = \frac{d_1}{\lambda_{p1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p2}} = \frac{0.3}{0.5} + \frac{0.15}{0.05} = 3.6 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \quad (6)$$

$$\theta_{ext} = -22^{\circ}\text{C};$$

Температура в площинах на межі шарів :

$$\begin{aligned} \theta_0 &= \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \frac{1}{h_{si}} = 20 - \frac{(20 - (-22))}{3.758} \cdot \frac{1}{8.7} \\ &= 18.716^{\circ}\text{C} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \theta_1 &= \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_1 \right) \\ &= 20 - \frac{(20 - (-22))}{3.758} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 0.6 \right) = 12.011^{\circ}\text{C} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned}
 \theta_2 &= \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_2 \right) \\
 &= 20 - \frac{(20 - -22)}{3.758} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 3.6 \right) \\
 &= -21.514^\circ\text{C}
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

Температурний перепад між температурою внутрішнього повітря та приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції:

$$\Delta\theta_{int_{si}} = \theta_{int} - \theta_0 = 20 - 18.716 = 1.284^\circ\text{C} \tag{10}$$

Температуру точки роси визначаємо за умов, коли температура повітря θ_{int} дорівнює 20°C , а відносна вологість становить 50%.

$$\theta_D = \frac{237.7 \cdot \left(\frac{17.27 \cdot \theta_{int}}{(237.7 + \theta_{int})} + \ln \frac{\varphi_{int}}{100} \right)}{\left(17.27 - \left(\frac{\theta_{int}}{(237.7 + \theta_{int})} + \ln \frac{\varphi_{int}}{100} \right) \right)} = 8.6^\circ\text{C}$$

Визначення допустимого значення різниці між температурою внутрішнього повітря та приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції визначаємо згідно з п. 5.4 ДБН В.2.6-31:2021:

$$\Delta\theta_{int_{si_{max}}} = 5^\circ\text{C} \tag{11}$$

Оскільки:

$$\Delta\theta_{int_{si}} = 1.28^\circ\text{C} < \Delta\theta_{int_{si_{max}}} = 5^\circ\text{C}$$

то умова (5) ДБН В.2.6-31:2021 виконується.

Мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні непрозорих огорожувальних конструкцій у зонах теплопровідних включень, $\theta_{si,min}$, у кутах і укосах віконних і дверних прорізів, прийнятому залежно від температурної зони експлуатації будівлі згідно з додатком А ДБН В.2.6-31:2021, повинно бути не менше ніж температура точки роси. Перевірка виконання вимог п. 5.5.1 ДБН В.2.6-31:2021

Оскільки:

$$\theta_0 = 18.72^\circ\text{C} > \theta_D = 8.6^\circ\text{C}$$

то умова п. 5.5.1 ДБН В.2.6-31:2021 виконується.

Оцінка тепловологісного стану зовнішньої стіни. Оцінку тепловологісного стану конструкції виконуємо згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.6-192:2013. Розподіл

температур по товщині конструкції виконуємо згідно з ф. (5) ДСТУ Б В.2.6-192:2013. Розрахункові значення температури та відносної вологості внутрішнього повітря визначаємо згідно з додатком Б ДБН В.2.6-31:2021

$$\theta_{int} = 20^{\circ}\text{C}; \varphi_{int} = 50\%$$

Розрахункові значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря визначаємо згідно з табл. 2 та табл. 24 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010, як для середньої місячної температури повітря в січні для міста Тернопіль (п.4.2.4.4 та п.4.2.4.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013)

Таблиця 1.4 — Середньомісячні значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря для м. Тернопіль

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Температура, °C	-4	-2.7	1.4	7.9	13.4	16.3	17.7	17.2	13	8	2.5	-2.2
Відносна вологість, %	84	83	78	72	72	74	75	76	79	81	85	86

Опір теплопередачі R_s огорожувальної конструкції визначено згідно з формулою . Коефіцієнти тепловіддачі визначено згідно з формулою.

Визначимо опір теплопередачі в площинах на межі шарів:

$$x_1 = 0.3\text{м}; \lambda_{p_1} = 0.5 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_{p_1}} = \frac{0.3}{0.5} = 0.6 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \quad (12)$$

$$x_2 = 0.45\text{м}; \lambda_{p_2} = 0.05 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

$$R_2 = \frac{d_1}{\lambda_{p_1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p_2}} = \frac{0.3}{0.5} + \frac{0.15}{0.05} = 3.6 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \quad (13)$$

Визначимо опори паропроникнення кожного шару і конструкції в цілому згідно з формулами (3), (4) ДСТУ Б В.2.6-192:2013. Коефіцієнт паропроникності беремо згідно з табл. А.1 ДСТУ 9191:2022

$$\text{При } x_1 = 0.3 \text{ м}$$

$$R_{e_1} = \frac{d_1}{\delta_1} = \frac{0.3}{0.098} = 3.061 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}} \quad (14)$$

При $x_2 = 0.45 \text{ м}$

$$R_{e_2} = \frac{d_1}{\delta_1} + \frac{d_2}{\delta_2} = \frac{0.3}{0.098} + \frac{0.15}{0.55} = 3.334 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}} \quad (15)$$

Таблиця 1.5 — Характеристики матеріалів шарів конструкції

Назва шару	Товщина, (м)	Теплопровідність λ , Вт/(м*К)	Тепловий опір R (м²К)/Вт	Коеф. Паропроник- ності δ мг/(м*год*Па)	Опір паропроникненню R_e м²*год*Па/мг
Газобетон $\rho=1000$ кг/м³	0.3	0.5	0.6	0.098	3.061
Мінеральна вата (базальтове волокно) $\rho=30$ кг/м³	0.15	0.05	3.6	0.55	3.334

Опір паропроникненню конструкції в цілому:

$$R_{es} = \frac{d_1}{\delta_1} + \frac{d_2}{\delta_2} = \frac{0.3}{0.098} + \frac{0.15}{0.55} = 3.334 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}} \quad (16)$$

Розрахунок вологонакопичення в місяці січень. Розрахункові значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря визначаємо згідно з табл. 2 та табл. 24 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010, як для середньої місячної температури повітря для міста Тернопіль (п.4.2.4.4 та п.4.2.4.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013):

$$\varphi_{ext} = 84\% \tau = 744 \text{ год}$$

$$\theta_{ext} = -4^\circ\text{C};$$

Температура в площинах на межі шарів :

$$\theta_0 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \frac{1}{h_{si}} = 20 - \frac{(20 - (-4))}{3.758} \cdot \frac{1}{8.7} = 19.266^\circ\text{C} \quad (17)$$

$$\theta_1 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_1 \right) = 20 - \frac{(20 - (-4))}{3.758} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 0.6 \right) = 15.435^\circ\text{C} \quad (18)$$

$$\theta_2 = \theta_{int} - \frac{(\theta_{int} - \theta_{ext})}{R_s} \left(\frac{1}{h_{si}} + R_2 \right) = 20 - \frac{(20 - (-4))}{3.758} \cdot \left(\frac{1}{8.7} + 3.6 \right) = -3.722^\circ\text{C} \quad (19)$$

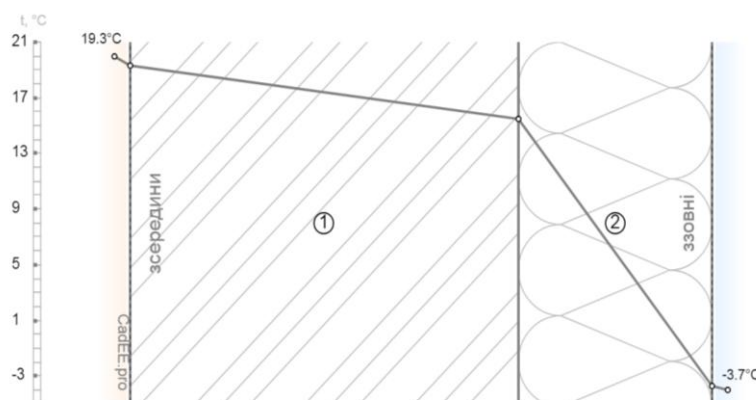


Рисунок 1.4 — Розподіл температур у товщі огорожувальної конструкції у січні

Визначимо парціальний тиск насиченої водяної пари згідно з таблицею Б.1 ДСТУ Б В.2.6-192:2013. Для Внутрішньої та зовнішньої поверхні конструкції парціальний тиск насиченої водяної пари дорівнює:

$$E_B = 2233.46 \text{ Па}$$

$$E_3 = 448.03 \text{ Па}$$

Визначимо парціальний тиск водяної пари згідно з формулами (6) та (7) ДСТУ Б В.2.6-192:2013:

$$e_B = 0.01 \varphi_{int} E_B = 50 \cdot 2233.458 \cdot 0.01 = 1116.729 \text{ Па} \quad (20)$$

$$e_3 = 0.01 \varphi_{ext} E_3 = 84 \cdot 448.027 \cdot 0.01 = 376.343 \text{ Па} \quad (21)$$

Визначимо парціальний тиск насиченої водяної пари в товщині конструкції з розрахунку 11 точок на 1°C перепаду температур.

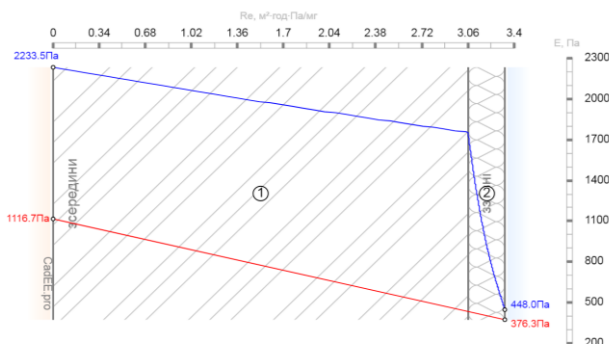


Рисунок 1.5 — Розподіл парціальних тисків у товщі огорожувальної конструкції у січні

Оскільки лінії Е та е не перетинаються то згідно з п.4.2.5 та п.4.3.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013, конденсація водяної пари в товщині конструкції не відбувається.

Оскільки конденсації у січні не відбувається то згідно з п.4.2.5 та п.4.3.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013, то умови (1) та (2) ДСТУ Б В.2.6-192:2013 вважаємо виконаними. Розрахунок масової повітрепроникності виконуємо згідно з вимогами ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013.

$$H = 10\text{ м } h_i = 3\text{ м} \quad (22)$$

Визначаємо питому вагу зовнішнього повітря γ_z згідно з ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013, п. 5.1, формула (4).

$$\gamma_z = \frac{3463}{(273 + t_z)} = \frac{3463}{(273 + -22)} = 13.797 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3} \quad (23)$$

Визначаємо питому вагу внутрішнього повітря γ_v згідно з ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013, п. 5.1, формула (5).

$$\gamma_v = \frac{3463}{(273 + t_v)} = \frac{3463}{(273 + 20)} = 11.819 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3} \quad (24)$$

Коефіцієнт β_v приймаємо згідно з ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013, п. 5.1, таблиця 2, як для місцевості типу Б при висоті будівлі $H=10.00$ м. Тип місцевості Б прийнято для міських територій, лісових масивів та інших місцевостей, рівномірно вкритих перешкодами заввишки понад 10 м.

$$\beta_v = 0.65 \quad (25)$$

Максимальну із середніх швидкостей вітру v приймаємо згідно з ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013, п. 5.1, до формули (3), за даними таблиці 6 ДСТУ-Н Б В.1.1-27. Для м. Тернопіль повторюваність 16 % і більше мають напрями: захід, північний захід. Найбільша середня швидкість серед цих напрямів відповідає напрямку/напрямам захід, північний захід і становить 4.20 м/с.

$$v = 4.2 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (26)$$

Розрахункову різницю тисків повітря на зовнішній та внутрішній поверхнях огорожувальної конструкції визначаємо згідно з ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013, п. 5.1, формула (3).

$$\begin{aligned} \Delta p &= (H - h_i)(\gamma_z - \gamma_v) + 0.03\gamma_z v^2 \beta_v \\ &= (10 - 3) \cdot (13.797 - 11.819) + 0.03 \\ &\quad \cdot 13.797 \cdot 4.2^2 \cdot 0.65 = 18.59 \text{ Па} \end{aligned} \quad (27)$$

Для шару 1 "газобетон $\rho=1000 \text{ кг/м}^3$ " значення базової різниці тисків Δp_{0_1} , повітропроникності при базовій різниці тисків $G_{1_}\Delta p_0$ та показника степеня $n_{_1}$ приймаємо згідно з ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013, п. 5.1, таблиця 3, як для матеріалу "Газо- та пінозобетон суцільний (без швів)" при товщині шару 0.30 м.

$$\Delta p_{0_1} = 10 \text{ Па} \quad G_{1_}\Delta p_0 = 0.48 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}} \quad n_1 = 0.8 \quad (28)$$

Повітропроникність шару 1 перераховуємо до розрахункової різниці тисків Δp згідно з ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013, п. 5.1, формула (2).

$$G_{1_}\Delta p = G_{1_}\Delta p_0 \frac{\Delta p^{n_1}}{\Delta p_{0_1}} = 0.48 \cdot \frac{18.59^{0.8}}{10} = 0.788 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}} \quad (29)$$

Для шару 2 "Мінеральна вата (базальтове волокно) $\rho=30 \text{ кг/м}^3$ " значення базової різниці тисків Δp_{0_2} , повітропроникності при базовій різниці тисків $G_{2_}\Delta p_0$ та показника степеня $n_{_2}$ приймаємо згідно з ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013, п. 5.1, таблиця 3, як для матеріалу "Плити мінераловатні, $\gamma = 80 \text{ кг/м}^3$ " при товщині шару 0.15 м.

$$\Delta p_{0_2} = 10 \text{ Па} \quad G_{2_}\Delta p_0 = 22.4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}} \quad n_2 = 1.5 \quad (30)$$

Повітропроникність шару 2 перераховуємо до розрахункової різниці тисків Δp згідно з ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013, п. 5.1, формула (2).

$$G_{2_}\Delta p = G_{2_}\Delta p_0 \frac{\Delta p^{n_2}}{\Delta p_{0_2}} = 22.4 \cdot \frac{18.59^{1.5}}{10} = 56.775 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}} \quad (31)$$

Оскільки конструкція має два або більше увімкнених у розрахунку шарів, її розглядаємо як багатошарову огорожувальну конструкцію з послідовним розміщенням шарів згідно з ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013, п. 4, рисунок 1Б. Повітропроникність такої конструкції визначаємо згідно з п. 5.2, формула (6).

$$G_k = \left(\frac{1}{G_{1\Delta p}} + \frac{1}{G_{2\Delta p}} \right)^{(-1)} = \left(\frac{1}{0.788} + \frac{1}{56.775} \right)^{(-1)} \quad (32)$$

$$= 0.777 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$$

Допустиму повітропроникність G_n приймаємо згідно з ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013, п. 4, таблиця 1, як для непрозорої огорожувальної конструкції та будівлі типу - громадська будівля адміністративного призначення.

$$G_n = 0.4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}} \quad (33)$$

Перевірку повітропроникності огорожувальної конструкції виконуємо згідно з ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013.

$$G_k = 0.78 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}} > G_n = 0.4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$$

Оцінку теплостійкості в літній період виконуємо згідно з вимогами ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013.

Параметри клімату району будівництва наведені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Розрахункові параметри клімату м. Тернопіль

Назва параметра	Значення
Середня температура липня, °С	17.70
Середня амплітуда добових коливань температури зовнішнього повітря в липні At_z , °С	10.20
Максимальне значення сумарної сонячної радіації, що надходить на вертикальну поверхню західної орієнтації в липні I_{max} , Вт/м ²	658
Середнє значення сумарної сонячної радіації, що надходить на вертикальну поверхню в липні $I_{сер}$, Вт/м ²	162
Мінімальна з середніх швидкостей вітру по румбах за липень, повторюваність яких становить 16% і більше v , м/с	4.20

Параметри мікроклімату приміщення наведені в таблиці 1.7

Таблиця 1.7 — Розрахункові параметри мікроклімату в приміщенні

Назва параметра	Значення
Температура внутрішнього повітря $t_{вн}$, °C	20.00
Вологість внутрішнього повітря $\phi_{вн}$, %	50.00
Вологісний режим приміщення	нормальний

При розрахунках враховується основні шари конструкції, їхні теплофізичні характеристики приймаються згідно з Додатком А ДСТУ 9191:2022 Теплофізичні характеристики матеріалів шарів конструкції наведені в таблиці:

Таблиця 1.8 – Характеристики матеріалів шарів конструкції

№	Назва шару	Товщина, (м)	Густина ρ , кг/м ³	Теплопровідність λ , Вт/(м*К)	Коефіцієнт теплозасвоєння s , Вт/(м ² К).
1	Газобетон $\rho=1000$ кг/м ³	0.3	1000	0.44	6.86
2	Мінеральна вата (базальтове волокно) $\rho=30$ кг/м ³	0.15	30	0.046	0.29

1.4 Конструктивні рішення

Конструктивна схема двоповерхової будівлі виставкового центру запроєктована за повнокаркасною зв'язковою системою із монолітного залізобетону. Вибір даної системи обумовлений архітектурними вимогами щодо створення вільних зальних просторів з великими прольотами, необхідністю сприйняття значних корисних навантажень на перекриття другого поверху, а також забезпеченням високої довговічності та вогнестійкості споруди.

Просторова жорсткість, стійкість та геометрична незмінність будівлі у поздовжньому та поперечному напрямках забезпечуються сумісною роботою жорстких зацмелених у фундаментах колон, монолітних ригелів, вертикальних діафрагм жорсткості, які суміщені зі стінами сходових кліток та ліфтових шахт, а

також жорсткими горизонтальними дисками міжповерхового перекриття та покриття.

Колони каркаса запроєктовані з монолітного залізобетону квадратного перерізу розмірами 600×600 мм, що відповідає прийнятому конструктивному кресленню армування. Для колон передбачено важкий бетон класу C25/30 та поздовжнє робоче армування стержнями періодичного профілю класу A400C. Сітка колон на першому та другому поверхах прийнята з кроком 6,0 м у поздовжньому напрямку та прольотом 12,0 м у поперечному напрямку, що дозволяє раціонально розподілити зусилля в елементах каркаса.

Фундаменти під несучі осі будівлі прийнято монолітними залізобетонними стрічковими. Основна ширина фундаментної стрічки становить 1,40 м. У місцях розташування колон каркаса передбачено місцеві розширення розміром $2,80 \times 2,80$ м, що забезпечує сприйняття зосереджених навантажень від колон і зменшує тиск на ґрунтову основу. Підшву фундаментів розташовано на відмітці -2,000 м, а планувальну поверхню землі прийнято на відмітці -0,500 м. Глибина закладання фундаментів від планувальної поверхні становить 1,50 м.

В місцях розташування колон каркаса монолітна стрічка має локальні вертикальні потовщення — підколонники стаканного типу або з випусками арматури, що забезпечують жорстке спряження елементів каркаса з фундаментом. Прямокутна стрічка одночасно виконує роль опорної конструкції для каркаса та цокольної частини будівлі, безпосередньо сприймаючи навантаження від самонесучих зовнішніх стін без використання додаткових фундаментних балок.

Конструкція стрічкового фундаменту виконується з важкого бетону класу C20/25. Поздовжня робоча арматура прийнята класу A400C, поперечна конструктивна арматура — класу A240C. Основою фундаментів є ІГЕ-16 — суглинок середньої щільності, що залягає нижче рослинного шару.

Для відведення поверхневих дощових і талих вод від підземної частини будівлі по всьому периметру зовнішніх стін передбачено влаштування водонепроникної відмостки з ухилом 2.86° у бік від споруди. Така конструкція забезпечує швидке скидання атмосферних опадів у наземні водовідвідні лотки,

мінімізує замочування прилеглого ґрунту зворотного засипання та надійно захищає стик між стіною і фундаментом від проникнення вологи.

Покрівля будівлі запроектована плоскою, суміщеною, неексплуатованою з внутрішнім водовідведенням. Несучою основою покрівлі є монолітна плита перекриття, по якій влаштовується пароізоляційний шар, похилоутворюючий шар із легкого бетону, ефективний жорсткий утеплювач з мінераловатних плит та гідроізоляційний килим із сучасних полімерних мембран.

1.5 Доступність для маломобільних груп населення (МГН)

При проектуванні двоповерхової будівлі виставкового центру в місті Тернопіль особливу увагу приділено створенню безбар'єрного середовища та забезпеченню рівного, самостійного і безпечного доступу всіх категорій відвідувачів, включаючи маломобільні групи населення (МГН). До цієї категорії відносяться особи з інвалідністю (з ураженням опорно-рухового апарату, порушеннями зору та слуху), люди похилого віку, вагітні жінки, а також батьки з дитячими візочками. Проектні рішення розроблені у повній відповідності до вимог ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд».

Вхідна група та горизонтальні комунікації: Доступ МГН до будівлі починається від прилеглої території, де шляхи руху не мають сходинок, а ухили доріжок не перевищують нормативні 5 відсотків. Вхідний майданчик перед головними дверима виставкового центру влаштовано в один рівень із тротуаром, що повністю виключає потребу у спорудженні громіздких зовнішніх пандусів. Головні вхідні двері запроектовані без порогів (максимальна висота порогу не перевищує 2,0 см) із шириною дверних полотен у просвіті не менше 1,2 м, що забезпечує безперешкодний проїзд крісла-колісного. Двері оснащуються автоматичною системою відчинення або зручними довгими поручнями-скобами.

Внутрішній простір вестибюля та виставкових залів першого поверху не має перепадів рівнів підлоги. Усі коридори, проходи між експозиційними стендами та евакуаційні шляхи запроектовані завширшки не менше 2,0 м, що дозволяє двом особам на кріслах-колісних вільно розминутися. Покриття підлоги в усіх

приміщеннях виконано з матового керамограніту з протиковзкою фактурою, що мінімізує ризик травмування.

Вертикальні комунікації та доступ на другий поверх: Для забезпечення безперешкодного доступу маломобільних груп населення до універсального конференц-залу, адміністративного блоку та кафетерію, розташованих на другому поверсі, у проєкті передбачено сучасний пасажирський ліфт. Шахта ліфта розташована у центральній зоні вестибюля поруч із головними сходами. Внутрішні розміри кабіни ліфта (не менше 1,1 м завширшки та 1,4 м завглибшки) дозволяють комфортно розміститися особі на кріслі-колісному разом із супроводжуючим. Кнопкова панель управління ліфтом встановлена на доступній висоті (не вище 1,2 м від рівня підлоги), має рельєфні символи за системою Брайля та дублюється звуковим інформатором числових значень поверхів.

Спеціалізоване обладнання та санітарні вузли: На кожному поверсі виставкового центру в блоках загальних санвузлів передбачено влаштування окремих універсальних кабін для осіб з інвалідністю. Розміри цих кабін становлять не менше 1,65 м на 1,80 м, що забезпечує можливість розвороту крісла-колісного на 360 градусів. Кабіни обладнуються спеціальними відкидними та стаціонарними опорними поручнями біля унітазу та умивальника, кнопкою екстреного виклику допомоги, яка виведена на пульт чергового персоналу, а також дзеркалами з регульованим кутом нахилу.

Для орієнтації людей із порушеннями зору на підлозі вестибюля та перед входами до основних залів, ліфта і сходових кліток влаштовується тактильна плитка (попереджувальна та напрямна). Усі інформаційні стенди, таблички з назвами приміщень та схеми евакуації дублюються великим чітким шрифтом та рельєфним літерно-цифровим тисненням. Для осіб із порушеннями слуху конференц-зал обладнується індукційною петлею та системами візуального сповіщення (стробоскопами), що дублюють звукові сигнали пожежної тривоги.

1.6 Висновки за розділом 1

Містобудівне рішення та генеральний план розроблені з урахуванням раціонального використання земельної ділянки. Запроектовано чітке зонування території із розділенням потоків відвідувачів та обслуговуючого транспорту. Забезпечено нормативні пожежні проїзди навколо будівлі, організовано відкриті паркувальні майданчики та виконано комплексний благоустрій із озелененням та мощенням пішохідних зон.

Архітектурно-планувальна структура двоповерхової будівлі габаритами 43,0 на 21,0 м базується на принципі функціональної гнучкості. На першому поверсі раціонально розміщено головний великий експозиційний зал із входною групою та допоміжними складами, а на другому поверсі — малий зал-галерею, універсальний конференц-зал, адміністративний блок та кафетерій. Отримані техніко-економічні показники будівлі свідчать про високу планувальну та об'ємну ефективність споруди.

Конструктивна схема об'єкта прийнята у вигляді залізобетонного монолітного повнокаркасного кістяка з кроком колон 6,0 м та прольотом 12,0 м, що дозволило створити просторі інтер'єри з мінімальною кількістю опор. Враховуючи геологічні умови майданчика будівництва та значні навантаження від колон, обґрунтовано використання надійних монолітних залізобетонних стрічкових фундаментів постійної ширини. Зовнішнє огородження вирішено за допомогою сучасних навісних вентильованих фасадів та енергоефективного стоечно-ригельного скління.

Заходи з енергоефективності дозволили спроектувати будівлю з високим класом енергозбереження. Теплотехнічним розрахунком обґрунтовано товщину мінераловатного утеплювача зовнішніх стін у 150 мм, що повністю задовольняє вимоги для І кліматичної зони. Впровадження припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією тепла та автоматизованого теплового пункту забезпечує суттєве зниження експлуатаційних витрат.

Інженерне обладнання будівлі включає повний комплекс сучасних систем: водяне та повітряне опалення, центральне кондиціонування, надійне електропостачання світлодіодного освітлення, а також розвинені системи протипожежного захисту, відеоспостереження та автоматизації.

У проєкті стовідсотково реалізовано вимоги щодо інклюзивності та доступності для маломобільних груп населення. Вхід у будівлю запроєктовано в один рівень із тротуаром, внутрішній простір не має порогів, встановлено пасажирський ліфт для доступу на другий поверх, облаштовано спеціалізовані санвузли, а також застосовано елементи тактильної та візуальної навігації для осіб із порушеннями зору та слуху.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Загальна характеристика конструктивної схеми

Запроєктована будівля виставкового центру — двоповерхова громадська споруда прямокутної форми з розмірами в осях $43,0 \times 21,0$ м. Висота першого та другого поверхів прийнята однаковою і становить 4,0 м.

Конструктивна схема будівлі — монолітний залізобетонний каркас. Це рішення забезпечує необхідну просторову жорсткість, міцність і довговічність споруди, а також дозволяє створити вільне планування з великими відкритими виставковими просторами без використання внутрішніх несівних стін.

Основними тримальними елементами каркаса є монолітні залізобетонні колони квадратного перерізу, які розташовані з раціональним кроком 6,0 м. Вони сприймають навантаження від перекриття та покриття і передають їх на фундаменти. Просторова стійкість будівлі забезпечується спільною роботою колон, жорстких дисків перекриття та вертикальних елементів жорсткості.

Перекриття та покриття виконані у вигляді монолітних залізобетонних плит. Вони працюють як єдина система у складі каркаса, забезпечуючи рівномірний розподіл навантажень між несівними елементами та підвищуючи загальну надійність конструктивної системи.

Під несучі осі будівлі запроєктовано монолітні залізобетонні стрічкові фундаменти. У місцях розташування колон каркаса передбачено місцеві розширення фундаментної стрічки, що забезпечують сприйняття зосереджених навантажень від колон та зменшують тиск на основу. Підшву фундаментів розташовано на відмітці -2,000 м, а планувальну поверхню землі прийнято на відмітці -0,500 м; глибина закладання від планувальної поверхні становить 1,50 м. Основою фундаментів прийнято ПГЕ-16 - суглинок середньої щільності.

Покрівля будівлі — плоска, суміщена, з внутрішнім водовідведенням. Для відведення атмосферних опадів передбачено нормативні ухили до водоприймальних воронок.

Склад конструкції покрівлі: пароізоляція, теплоізоляція, гідроізоляційний шар, захисне покриття.

Прийнята конструктивна схема повністю відповідає функціональному призначенню виставкового центру, забезпечує його економічність та відповідає вимогам чинних будівельних норм.

2.2 Розрахунок будівлі в Autodesk Robot Structural Analysis

Для забезпечення експлуатаційної надійності, конструктивної безпеки та стійкості будівлі виставкового центру було виконано комплексний просторовий статичний і динамічний розрахунок тримальних систем. Розрахунок конструкцій було виконано з використанням сучасного ліцензійного програмного комплексу Autodesk Robot Structural Analysis, який реалізує метод скінченних елементів у тривимірному просторі.

У програмному середовищі було розроблено просторову скінченно-елементну модель інтегрованої системи «основа — фундамент — каркас», яка детально відтворює просторову геометрію споруди. Колони та балки змодельовані за допомогою стержневих скінченних елементів із відповідними жорсткісними характеристиками та заданим поперечним перерізом. Плити перекриття, покриття та вертикальні діафрагми жорсткості представлені у вигляді пластинчастих скінченних елементів із кроком триангуляції сітки, що забезпечує необхідну точність збіжності результатів. Взаємодія з ґрунтовою основою реалізована шляхом моделювання пружної основи під монолітними стрічковими фундаментами з місцевими розширеннями під колонами із введенням відповідних коефіцієнтів постелі, визначених на основі даних інженерно-геологічних вишукувань будівельного майданчика.

Усі навантаження та їхні сполучення прийняті відповідно до вимог ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи». Розрахунок виконано за першою та другою групами граничних станів. До розрахункової моделі включено постійні навантаження від власної ваги монолітних залізобетонних конструкцій, шарів підлоги, перегородок і покрівлі, а також тимчасові навантаження від експлуатації

громадської будівлі, снігу та вітру. Розрахункові сполучення сформовано в Autodesk Robot Structural Analysis для визначення найнесприятливіших зусиль у конструктивних елементах.

За результатами обчислень у програмному комплексі Autodesk Robot Structural Analysis отримано поля напружень і зусиль у плитах та елементах каркаса. Для подальшого розрахунку фундаментів у роботі прийнято погонне навантаження на основну фундаментну стрічку $N = 220$ кН/м. Це значення використано як вихідне для перевірки ширини стрічки, тиску на основу та орієнтовного осідання.

Основні результати з моделі наведено графічно у вигляді ізополів напружень, моментів, поперечних сил і переміщень. Скріншоти результатів Robot використано як ілюстрацію роботи розрахункової моделі. Числова перевірка фундаментів виконана окремо за прийнятими у проєкті вихідними даними: $b = 1,40$ м, $N = 220$ кН/м, планувальна поверхня ґрунту $-0,500$ м, підшва фундаменту $-2,000$ м, глибина закладання $d = 1,50$ м.

Для обчислень розроблено тривимірну скінченно-елементну модель системи «основа — фундамент — каркас». Колони та балки змодельовані стержневими елементами, а плити перекриття, покриття та діафрагми жорсткості — пластинчастими. Взаємодія з ґрунтом реалізована через пружну основу під монолітними стрічковими фундаментами з місцевими розширеннями під колонами із введенням коефіцієнтів постелі за даними геологічних вишукувань.

Збір навантажень та їх сполучення (РСН) сформовано автоматично згідно з ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи» за першою та другою групами граничних станів. У моделі враховано постійні (власна вага, пиріг покрівлі, підлоги, перегородки), тимчасові (корисне, снігове, вітрове) та аварійні навантаження.

Після виконання розрахунку просторової моделі будівлі в Autodesk Robot Structural Analysis отримано ізополя напружень, зусиль, згинальних моментів, поперечних сил, кутів повороту та переміщень плитних елементів. Результати розрахунку дозволяють оцінити характер роботи монолітного залізобетонного

каркаса, визначити найбільш навантажені ділянки перекриттів і встановити зони, у яких необхідно передбачити посилене армування.

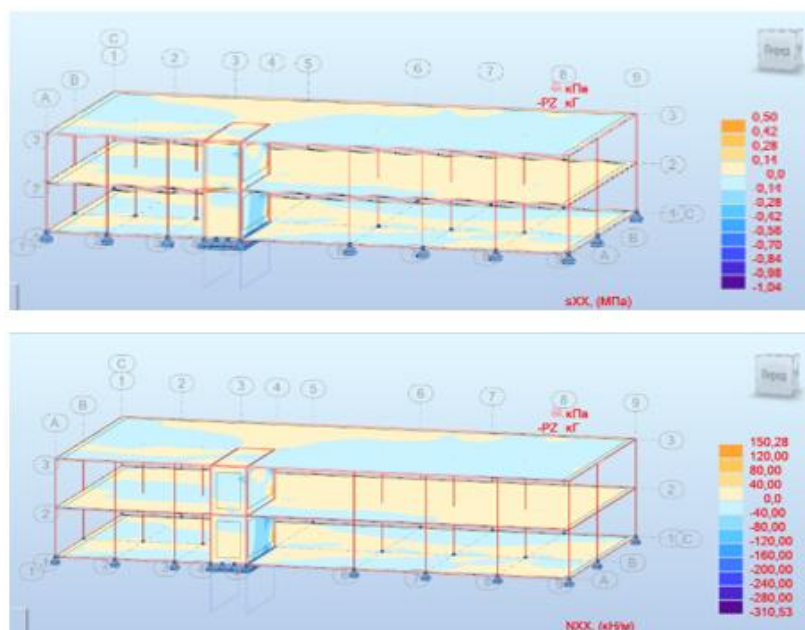


Рисунок 2.1 — Ізополя s_{XX} та N_{XX} у плитних елементах

На рисунку 2.1 наведено ізополя нормальних напружень s_{XX} у напрямку осі X. За результатами розрахунку максимальні додатні напруження становлять близько 0,50 МПа, а максимальні стискаючі — близько -1,04 МПа. Найбільші значення напружень зосереджуються в ділянках спирання плит на вертикальні несучі елементи, а також поблизу сходово-ліфтового ядра. Це свідчить про концентрацію зусиль у вузлах примикання плит до колон і стін жорсткості.

Також показано ізополя поздовжніх зусиль N_{XX} у плитних елементах. Значення N_{XX} змінюються орієнтовно від 150,28 кН/м до -310,53 кН/м. Додатні та від’ємні значення вказують на чергування зон розтягу і стиску в напрямку X. Найбільші за абсолютною величиною значення спостерігаються в місцях роботи плит разом із вертикальними елементами каркаса. Отримані результати враховуються при оцінці роботи перекриття як просторового диска жорсткості.

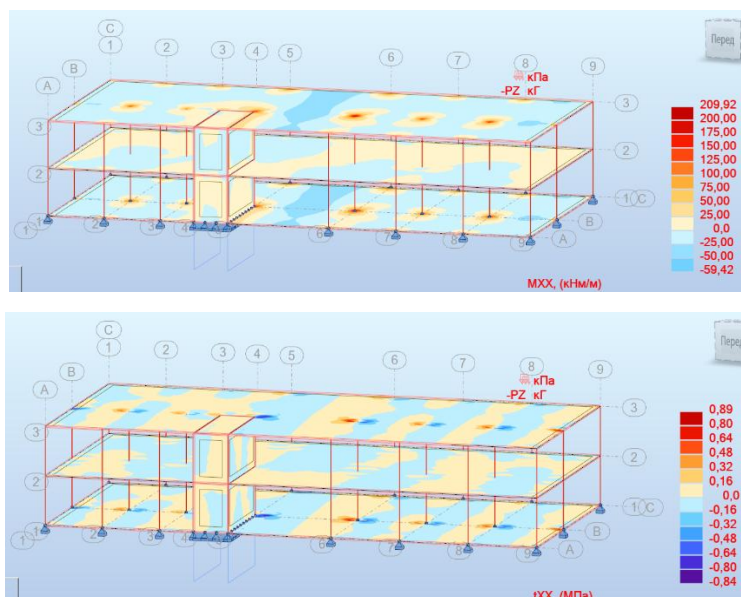


Рисунок 2.2 — Ізополя згинальних моментів M_{XX} та дотичних напружень t_{XX} у плитних елементах

На рисунку 2.2 наведено ізополя згинальних моментів M_{XX} . Максимальне додатне значення моменту становить близько $209,92 \text{ кН}\cdot\text{м/м}$, мінімальне — близько $-59,42 \text{ кН}\cdot\text{м/м}$. Найбільші додатні моменти виникають у прольотних ділянках плит, тоді як від’ємні моменти зосереджуються над опорами та в зонах примикання до вертикальних несучих елементів. За цими результатами визначаються ділянки розташування нижньої та верхньої робочої арматури у напрямку X .

Подано ізополя дотичних напружень t_{XX} . Значення напружень змінюються в межах приблизно від $0,89 \text{ МПа}$ до $-0,84 \text{ МПа}$. Найбільші дотичні напруження спостерігаються біля опорних зон, у місцях різкої зміни жорсткості та біля сходово-ліфтового блоку. Це пояснюється перерозподілом зусиль між плитами, колонами та діафрагмами жорсткості.

На рисунку 2.3 наведено ізополя поперечних сил Q_{XX} . Значення Q_{XX} змінюються приблизно від $175,44 \text{ кН/м}$ до $-168,49 \text{ кН/м}$. Найбільші поперечні сили виникають у приопорних зонах плит та в місцях передавання навантажень на вертикальні несучі елементи. Отримані значення використовуються для перевірки плит за поперечною силою та для оцінки необхідності локального конструктивного посилення. Показано ізополя нормальних напружень s_{YY} у напрямку осі Y .

Максимальні додатні напруження становлять близько 0,92 МПа, а максимальні стискаючі — близько -4,25 МПа. Підвищені значення напружень у напрямку Y спостерігаються біля вертикальних несучих елементів та в зоні сходово-ліфтового ядра. Це вказує на активну роботу плити у поперечному напрямку та необхідність урахування армування не лише в напрямку X , але й у напрямку Y .

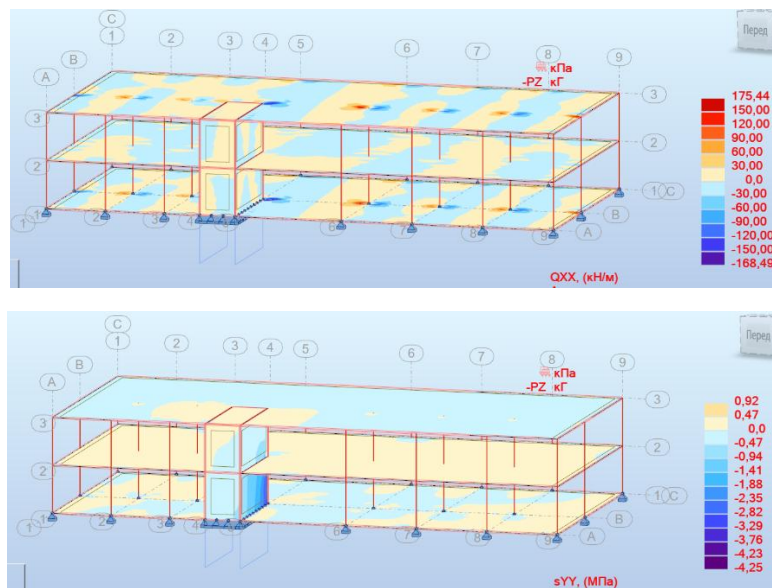


Рисунок 2.3 — Ізополя поперечних сил Q_{XX} та нормальних напружень s_{YY} у плитних елементах

Ізополя згинальних моментів M_{YY} характеризують роботу плит перекриття та покриття на згин у напрямку осі Y . За результатами розрахунку максимальне додатне значення згинального моменту становить близько 344,27 $\text{kN}\cdot\text{m/m}$, а мінімальне — близько -87,09 $\text{kN}\cdot\text{m/m}$.

Найбільші значення моментів M_{YY} спостерігаються у прольотних ділянках плит, а також у місцях примикання плитних елементів до колон і сходово-ліфтового ядра. За результатами розподілу M_{YY} необхідно передбачити робочу арматуру у напрямку Y : нижню арматуру в прольотних зонах та верхню арматуру в приопорних ділянках.

Ізополя R_{YY} відображають кути повороту плитних елементів у напрямку осі Y . Значення поворотів змінюються приблизно від $0,12^\circ$ до $-0,11^\circ$. Найбільші повороти зосереджені у прольотних частинах плит перекриття та покриття, де

спостерігається найбільша деформаційна робота елементів. У приопорних зонах значення поворотів зменшуються через більшу жорсткість вузлів спирання.

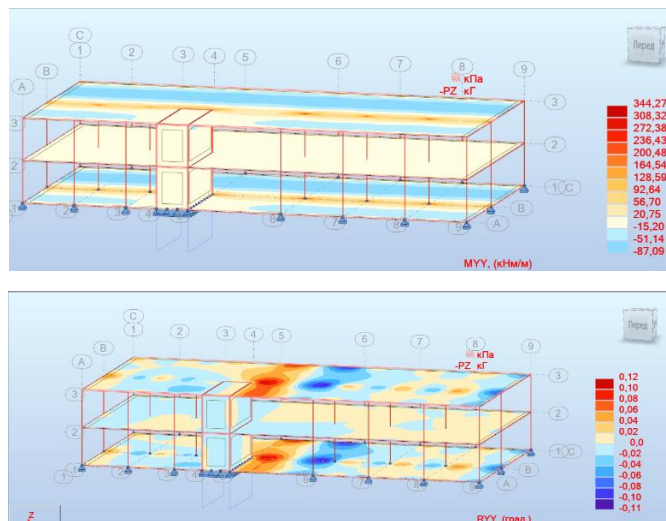


Рисунок 2.4 — Ізополя згинальних моментів M_{YY} та кутів повороту R_{YY} у плитних елементах

Ізополя вертикальних переміщень W_{Norm} характеризують деформаційну роботу плит перекриття та покриття під дією прикладених навантажень. За результатами розрахунку максимальні вертикальні переміщення становлять близько 2,0 см.

Найбільші значення прогинів спостерігаються у центральних частинах прольотів плит, що є характерним для роботи монолітних залізобетонних плит на згин. У приопорних зонах, поблизу колон, стін жорсткості та сходово-ліфтового вузла, значення переміщень зменшуються внаслідок більшої жорсткості цих ділянок.

Отриманий характер розподілу переміщень є очікуваним для прийнятої конструктивної схеми будівлі з монолітним залізобетонним каркасом. Результати W_{Norm} дають змогу оцінити загальну жорсткість перекриттів і покриття та підтверджують необхідність перевірки прогинів плит за гранично допустимими значеннями.

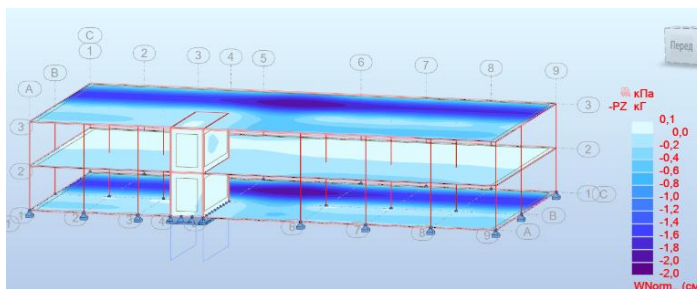


Рисунок 2.5 — Ізополя вертикальних переміщень WNorm плитних елементів

Характер розподілу переміщень є очікуваним для плит, які працюють на згин між вертикальними опорами. Отримане значення прогину необхідно порівняти з гранично допустимим значенням для прийнятого прольоту.

Загалом результати розрахунку показують, що найбільш напруженими є ділянки плит біля колон, стін жорсткості, сходово-ліфтового ядра та середини прольотів. У цих зонах необхідно передбачити відповідне робоче армування у верхній та нижній зонах плит. Для остаточного підбору арматури доцільно використати карти потрібної площі армування A_{sx} та A_{sy} у верхній і нижній зонах перекриття, а прийняте армування перевірити за умовою $A_{s,prov} \geq A_{s,req}$.

2.3 Розрахунок фундаментів

Розрахунок фундаментів виконано за прийнятими у проєкті вихідними даними. Під несучі осі будівлі прийнято монолітну залізобетонну фундаментну стрічку шириною $b = 1,40$ м. У місцях передавання зосереджених навантажень від колон каркаса передбачено місцеві розширення стрічки розміром $2,80 \times 2,80$ м. Таке рішення дозволяє зберегти просту схему стрічкового фундаменту і водночас збільшити площу спирання під колонами.

Планувальну поверхню землі біля будівлі прийнято на відмітці $-0,500$ м. Підшову фундаментів розташовано на відмітці $-2,000$ м. Отже, розрахункова глибина закладання фундаменту від планувальної поверхні становить $d = 1,50$ м. Основою фундаментів прийнято ПГЕ-16 — суглинок середньої щільності.

Розрахунок виконано саме для прийнятого в роботі варіанта фундаменту: основна стрічка $b = 1,40$ м, місцеві розширення під колонами $2,80 \times 2,80$ м, підосва на відмітці $-2,000$ м. Глибина закладання $d = 1,50$ м визначена від планувальної поверхні землі $-0,500$ м до підосви фундаменту $-2,000$ м.

Вихідні дані для розрахунку прийнято за конструктивною схемою будівлі, геологічним розрізом та розрахунковою моделлю. Основні параметри наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 — Вихідні дані для розрахунку фундаментів

Показник	Позначення	Значення
Тип фундаменту	-	монолітний залізобетонний стрічковий з місцевими розширеннями під колонами
Планувальна відмітка поверхні землі	-	$-0,500$ м
Відмітка підосви фундаменту	-	$-2,000$ м
Глибина закладання від планувальної поверхні	d	$1,50$ м
Основа фундаменту	-	ІГЕ-16, суглинок середньої щільності
Розрахунковий опір основи	R	200 кПа
Модуль деформації ґрунту	E	20 МПа
Середня питома вага ґрунту	$\gamma_{гр}$	20 кН/м ³
Погонне навантаження на стрічку	N	220 кН/м
Ширина основної стрічки	b	$1,40$ м
Бетон фундаменту	-	C20/25
Поздовжня робоча арматура	-	A400C
Захисний шар бетону	a	70 мм

2.3.1 Розрахунок ширини підосви фундаментної стрічки

Ширину підосви основної фундаментної стрічки визначаємо з умови, щоб середній тиск під підосвою не перевищував розрахунковий опір ґрунту основи.

Необхідна ширина стрічки визначається з виразу:

$$b_{req} = N / (R - \gamma_{гр} \cdot d)$$

$$b_{req} = 220 / (200 - 20 \cdot 1,50) = 220 / 170 = 1,29 \text{ м}$$

З урахуванням уніфікації опалубних робіт та необхідного запасу приймаємо ширину основної фундаментної стрічки $b = 1,40$ м.

Середній тиск під підосвою фундаментної стрічки:

$$p = N / b + \gamma_{гр} \cdot d = 220 / 1,40 + 20 \cdot 1,50 = 157,1 + 30,0 = 187,1 \text{ кПа}$$

Перевірка несучої здатності основи:

$$p = 187,1 \text{ кПа} < R = 200 \text{ кПа}$$

Умова виконується. Прийнята ширина стрічки $b = 1,40$ м є достатньою для розрахункового погонного навантаження $N = 220$ кН/м.

2.3.2 Перевірка місцевого розширення під колоною

Оскільки частина навантажень від залізобетонного каркаса передається через колони, у місцях їх розташування передбачено місцеве розширення фундаментної стрічки в плані. Це зменшує тиск на основу та запобігає місцевому продавлюванню й нерівномірному осіданню під колонами.

Для орієнтовної перевірки приймаємо крок колон уздовж стрічки $l = 6,0$ м. Навантаження на одну колону визначаємо за погонним навантаженням на ділянку стрічки:

$$N_{\text{col}} = N \cdot l = 220 \cdot 6,0 = 1320 \text{ кН}$$

$$A_{\text{req}} = N_{\text{col}} / (R - \gamma_{\text{гр}} \cdot d) = 1320 / (200 - 30) = 7,76 \text{ м}^2$$

Приймаємо місцеве розширення під колоною розміром $2,80 \times 2,80$ м. Площа розширення:

$$A = 2,80 \cdot 2,80 = 7,84 \text{ м}^2$$

$$p_{\text{col}} = N_{\text{col}} / A + \gamma_{\text{гр}} \cdot d = 1320 / 7,84 + 30 = 198,4 \text{ кПа}$$

$$p_{\text{col}} = 198,4 \text{ кПа} < R = 200 \text{ кПа}$$

Умова виконується. Запас за тиском є невеликим, тому прийняте розширення $2,80 \times 2,80$ м не слід зменшувати. Остаточне уточнення розмірів розширення виконується за фактичними реакціями опор та уточненими інженерно-геологічними характеристиками ґрунту.

2.3.3 Конструктивний розрахунок та армування фундаментної стрічки

Фундаментну стрічку приймаємо з бетону класу С20/25. Поздовжню робочу арматуру приймаємо класу А400С. Захисний шар бетону до робочої арматури приймаємо $a = 70$ мм.

Конструктивна висота фундаментної стрічки між відмітками -0,500 м та -2,000 м становить $h = 1,50$ м. Робоча висота перерізу:

$$d_0 = h - a = 1,50 - 0,07 = 1,43 \text{ м}$$

За попередньою оцінкою розрахункова площа арматури, необхідна за згином, є меншою за мінімальну конструктивну площу. Тому поздовжнє армування фундаментної стрічки приймаємо за мінімальним відсотком армування.

Мінімальна площа поздовжньої арматури:

$$A_{s,min} = 0,001 \cdot b \cdot h = 0,001 \cdot 140 \cdot 150 = 21,0 \text{ см}^2$$

$$A_{s,prov} = 2 \cdot 5 \cdot 2,54 = 25,4 \text{ см}^2 > A_{s,min} = 21,0 \text{ см}^2$$

Для нижньої та верхньої поздовжньої робочої арматури стрічки приймаємо по 5 стрижнів Ø18 A400C. Площа п'яти стрижнів Ø18 в одній зоні становить 12,72 см². Сумарна площа верхньої та нижньої поздовжньої арматури становить 25,4 см², що перевищує мінімально необхідну площу.

Поперечне армування фундаментної стрічки приймаємо конструктивно хомутами Ø8 A240C з кроком 300 мм. Хомути забезпечують просторову жорсткість арматурного каркаса та фіксацію поздовжніх стрижнів у проєктному положенні.

2.3.4 Армування місцевого розширення під колоною

У місцях розташування колон каркаса фундаментна стрічка має місцеве розширення $2,80 \times 2,80$ м. Розширення працює як монолітна залізобетонна плита на природній основі та сприймає зосереджене навантаження від колони.

Для місцевого розширення приймаємо нижню робочу арматуру Ø16 A400C з кроком 200 мм в обох напрямках. Верхню конструктивну арматуру приймаємо Ø12 A400C з кроком 200 мм в обох напрямках. Арматура розширення повинна бути анкерована в тіло фундаментної стрічки для забезпечення спільної роботи елементів.

2.3.5 Орієнтовна оцінка осідання основи

Чистий додатковий тиск на ґрунт визначаємо як різницю між середнім тиском під подошвою та природним тиском ґрунту на глибині закладання:

$$p_0 = p - \gamma_{tp} \cdot d = 187,1 - 30,0 = 157,1 \text{ кПа} = 0,157 \text{ МПа}$$

Орієнтовне осідання основи визначаємо методом лінійно-деформованого шару. Для попереднього розрахунку приймаємо коефіцієнт форми $\alpha = 0,8$ та модуль деформації ґрунту ІГЕ-16 $E = 20 \text{ МПа}$.

$$s = p_0 \cdot b \cdot \alpha / E = 0,157 \cdot 1,40 \cdot 0,8 / 20 = 0,0088 \text{ м} = 0,88 \text{ см}$$

Отримане значення орієнтовного осідання $s = 0,88 \text{ см}$ є меншим за допустиме значення $s_u = 10 \text{ см}$ для громадських каркасних будівель. Умова за деформаціями основи виконується.

Таблиця 2.2 — Підсумкова перевірка фундаментів

Елемент	Прийняті дані	Перевірка	Висновок
Основна стрічка	$b = 1,40 \text{ м}$; $h = 1,50 \text{ м}$; $N = 220 \text{ кН/м}$	$p = 187,1 \text{ кПа} < R = 200 \text{ кПа}$	несуча здатність виконується
Розширення під колоною	$2,80 \times 2,80 \text{ м}$; $N_{col} = 1320 \text{ кН}$	$p = 198,4 \text{ кПа} < R = 200 \text{ кПа}$	умова виконується, розширення не зменшувати
Осідання основи	$b = 1,40 \text{ м}$; $p_0 = 0,157 \text{ МПа}$; $E = 20 \text{ МПа}$	$s = 0,88 \text{ см} < s_u = 10 \text{ см}$	умова за деформаціями виконується

Таблиця 2.3 — Прийняте армування фундаментів

Елемент	Нижня арматура	Верхня арматура	Поперечна / конструктивна арматура
Фундаментна стрічка $b = 1,40 \text{ м}$	5Ø18 A400C	5Ø18 A400C	Ø8 A240C, крок 300 мм
Розширення під колоною $2,80 \times 2,80 \text{ м}$	Ø16 A400C, крок 200 мм в обох напрямках	Ø12 A400C, крок 200 мм в обох напрямках	анкерування арматури в тіло стрічки

Прийнятий монолітний стрічковий фундамент шириною 1,40 м з місцевими розширеннями $2,80 \times 2,80 \text{ м}$ під колонами забезпечує передавання навантажень на основу ІГЕ-16. Середній тиск під подошвою фундаментів не перевищує прийнятого розрахункового опору основи $R = 200 \text{ кПа}$, а орієнтовне осідання є меншим за

допустиме. Остаточне уточнення розмірів фундаментів слід виконувати після отримання фактичних реакцій з моделі Autodesk Robot Structural Analysis та повного комплексу інженерно-геологічних показників.

2.3.6 Конструювання та армування залізобетонних елементів

Для каркаса будівлі прийнято монолітні залізобетонні колони квадратного перерізу 600×600 мм. Колона працює переважно на позацентровий стиск і передає навантаження від перекриттів та покриття на фундаментну систему. Основними елементами армування є поздовжня робоча арматура класу А400С, поперечні хомути та арматурні випуски для стикування з наступним ярусом. Крок поперечного армування приймається за конструктивними вимогами та зменшується у зонах стиків і примикань. Захисний шар бетону забезпечує сумісну роботу арматури з бетоном, захист від корозії та необхідну вогнестійкість елемента.

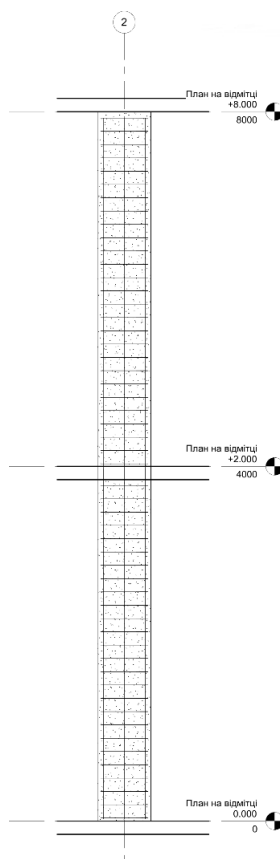


Рисунок 2.6 — Схема армування монолітної

залізобетонної колони

Поперечний розріз колони показує розташування поздовжніх робочих стрижнів і замкнутих поперечних хомутів у межах перерізу 600×600 мм. Робочі стрижні розміщуються біля граней перерізу з дотриманням захисного шару бетону.

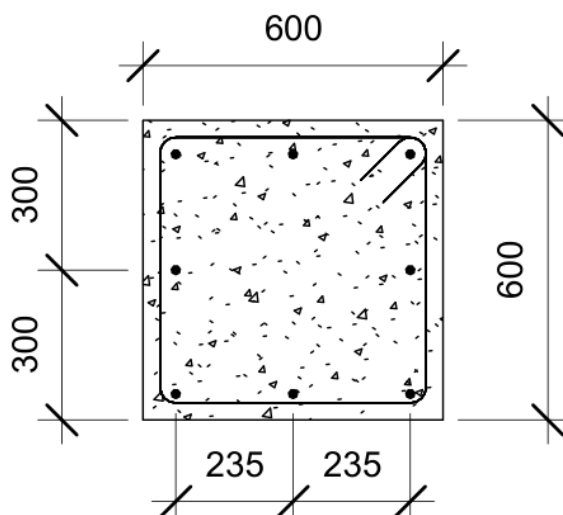


Рисунок 2.7 — Конструктивна схема розрізу армування

залізобетонної колони

Поперечні хомути фіксують положення поздовжньої арматури, запобігають її випучуванню та забезпечують просторову жорсткість арматурного каркаса під час бетонування.

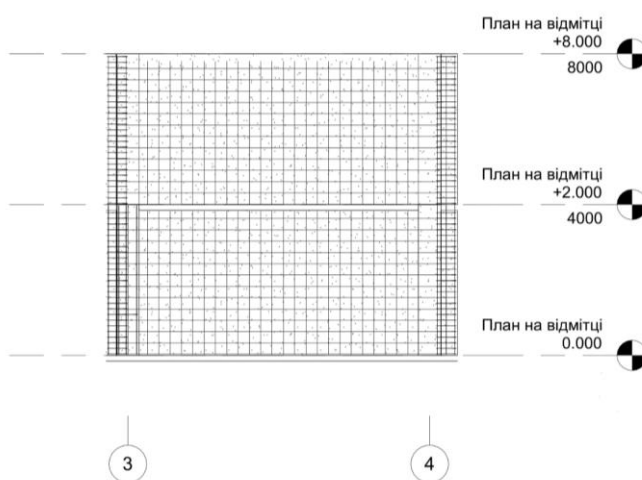


Рисунок 2.8 — Фрагмент армування стіни

Армування монолітної залізобетонної стіни або діафрагми жорсткості виконується двома арматурними сітками, розміщеними біля протилежних граней елемента. Вертикальна та горизонтальна арматура класу А400С приймається з кроком 200 мм, якщо інше не уточнено розрахунком. Поперечні зв'язки фіксують відстань між сітками та забезпечують спільну роботу арматурного блока під час бетонування і подальшої експлуатації. У кутах, торцях та біля прорізів передбачають додаткове обрамлювальне армування.

2.3.7 Висновки до розділу 2

У розрахунково-конструктивному розділі розглянуто конструктивну схему двоповерхової будівлі виставкового центру та виконано оцінку роботи основних несучих елементів. Будівлю прийнято за каркасною схемою з монолітними залізобетонними колонами, плитами перекриття та покриття, а також елементами жорсткості у зоні сходово-ліфтового вузла.

Розрахункова модель будівлі виконана в Autodesk Robot Structural Analysis. За результатами розрахунку отримано ізополя напружень, поздовжніх зусиль, згинальних моментів, поперечних сил, кутів повороту та вертикальних переміщень. Найбільш навантаженими ділянками є зони примикання плит до колон, стін жорсткості, сходово-ліфтового ядра, а також середини прольотів перекриття і покриття.

Аналіз ізополів моментів M_{XX} та M_{YY} показав, що плити працюють у двох напрямках, тому робоче армування необхідно передбачати як у напрямку X , так і в напрямку Y . Підвищені значення моментів і поперечних сил у приопорних ділянках вказують на необхідність посиленого верхнього армування над опорами та в місцях концентрації зусиль.

Фундаменти будівлі прийнято монолітні залізобетонні стрічкові на природній основі. За планувальну позначку поверхні ґрунту прийнято відмітку - 0,500 м, підшву фундаменту розташовано на відмітці -2,000 м. Глибина закладання фундаменту становить 1,50 м. Основою фундаментів прийнято шар ІГЕ-16 — суглинок середньої щільності.

Розрахунок фундаментної стрічки виконано за прийнятими у проєкті даними: ширина стрічки $b = 1,40$ м, розрахункове навантаження $N = 220$ кН/м, розрахунковий опір основи $R = 200$ кПа. Середній тиск під подошвою фундаменту становить $187,1$ кПа, що не перевищує прийнятого розрахункового опору основи. Орієнтовне осідання основи становить $0,88$ см, що є меншим за допустиме значення.

У місцях передавання зосереджених навантажень від колон передбачено місцеві розширення фундаментної стрічки розміром $2,80 \times 2,80$ м. Таке рішення забезпечує зниження тиску на основу, підвищення жорсткості фундаментної системи та зменшення ризику нерівномірного осідання в зонах колон.

За результатами розрахунку прийнято конструктивні параметри основних залізобетонних елементів і армування. Прийняті рішення забезпечують несучу здатність, просторову жорсткість та стійкість будівлі за умови дотримання прийнятих у розрахунку вихідних даних, конструктивних вимог і технології виконання монолітних залізобетонних робіт.

РОЗДІЛ 3

БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

3.1 Загальні вимоги з охорони праці на будівельному майданчику

Будівництво виставкового центру пов'язане з виконанням земляних, бетонних, арматурних, опалубних, монтажних, покрівельних та оздоблювальних робіт. Основними небезпечними факторами під час виконання цих робіт є робота будівельних машин і механізмів, переміщення вантажів краном, робота на висоті, можливе падіння працівників або предметів, ураження електричним струмом, травмування під час різання та в'язання арматури, а також небезпека обвалення ґрунту під час розроблення траншей і котлованів під фундаменти.

До виконання будівельно-монтажних робіт допускаються працівники, які пройшли медичний огляд, вступний інструктаж, первинний інструктаж на робочому місці та навчання з безпечних методів праці. Працівники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту: захисними касками, сигнальними жилетами, рукавицями, спецвзуттям із твердим носком, запобіжними поясами або страхувальними системами під час роботи на висоті, а також захисними окулярами при різанні металу та роботі з електроінструментом.

Будівельний майданчик повинен бути огорожений по периметру. На в'їзді встановлюється інформаційний щит із назвою об'єкта, схемою руху транспорту, місцями складування матеріалів, розташуванням побутових приміщень, пожежних щитів, аптечки та маршрутом евакуації. Проходи для працівників і проїзди для техніки мають бути розділені. У темний час доби територія майданчика, місця складування, проходи та робочі зони повинні освітлюватися.

Для будівництва виставкового центру передбачено виконання монолітних залізобетонних конструкцій: стрічкових фундаментів, місцевих розширень під колони, колон, перекриттів та покриття. Тому особливу увагу необхідно приділяти безпечній організації арматурних, опалубних та бетонних робіт. Робочі місця повинні бути очищені від зайвих матеріалів, обрізків арматури, дошок, дроту та інших предметів, що можуть спричинити травмування.

Під час виконання робіт забороняється перебування сторонніх осіб у межах будівельного майданчика. Усі небезпечні зони біля кранів, місць підйому вантажів, країв перекриттів, прорізів, траншей і котлованів повинні бути позначені попереджувальними знаками та огорожені.

3.1.1 Безпека під час виконання земляних, арматурних, опалубних і бетонних робіт

Земляні роботи виконуються під час улаштування стрічкових фундаментів виставкового центру. У проєкті прийнято фундаментну стрічку шириною 1,40 м із місцевими розширеннями під колони розміром $2,80 \times 2,80$ м. Планувальну позначку поверхні землі прийнято на відмітці -0,500 м, підшву фундаменту — на відмітці -2,000 м. Глибина закладання фундаменту становить 1,50 м від планувальної поверхні землі.

Перед початком земляних робіт необхідно перевірити відсутність у зоні розроблення ґрунту діючих підземних інженерних мереж або отримати дозвіл на виконання робіт у місцях їх можливого проходження. Розроблення ґрунту поблизу існуючих мереж виконується вручну під наглядом відповідальної особи.

Траншеї та котловани під фундаментні стрічки повинні мати стійкі укоси або тимчасове кріплення стінок залежно від глибини, вологості та виду ґрунту. Забороняється складувати ґрунт, арматуру, опалубку та інші матеріали безпосередньо біля бровки траншеї. Відстань від краю траншеї до місця складування матеріалів приймається такою, щоб не створювати додаткового тиску на ґрунт і не спричинити його обвалення.

Спуск працівників у траншеї або котловани здійснюється тільки по інвентарних драбинах або спеціально обладнаних сходах. Працювати в зоні дії екскаватора, навантажувача або іншої землерийної техніки заборонено. Під час перерв у роботі траншеї мають бути огорожені, а в темний час доби — додатково позначені сигнальним освітленням.

Арматурні роботи виконуються під час улаштування фундаментів, колон, плит перекриття та покриття. Різання, гнуття і в'язання арматури потрібно виконувати на спеціально відведених майданчиках. Обрізки арматурних стержнів необхідно своєчасно прибирати, оскільки вони створюють небезпеку падіння та травмування. Виступаючі кінці арматури повинні бути захищені пластиковими ковпачками або тимчасовими накладками.

Під час монтажу арматурних каркасів колон і фундаментів працівники повинні користуватися рукавицями та захисним взуттям. Перенесення довгомірної арматури виконується узгоджено кількома працівниками. Забороняється перебувати під піднятим арматурним каркасом або вантажем, що переміщується краном.

Опалубні роботи виконуються із застосуванням інвентарної щитової опалубки. Перед бетонуванням необхідно перевірити правильність її встановлення, надійність кріплень, підкосів, стяжок і замків. Опалубка повинна забезпечувати сприйняття тиску бетонної суміші без деформацій і втрати стійкості. Демонтаж опалубки дозволяється виконувати тільки після досягнення бетоном необхідної міцності та за дозволом відповідальної особи.

Бетонування фундаментів, колон, перекриття і покриття виконується із застосуванням бетонної суміші заводського виготовлення. Під час подачі бетонної суміші бетононасосом або баддею працівники повинні перебувати поза небезпечною зоною переміщення вантажу. Шланги бетононасоса необхідно надійно закріплювати, а під час подачі суміші не допускати різких ривків і перегинів.

Ущільнення бетонної суміші виконується глибинними вібраторами. Перед початком роботи потрібно перевірити справність електрокабелів, заземлення та вимикачів. Забороняється працювати з вібратором із пошкодженою ізоляцією кабелю або без засобів індивідуального захисту. Після завершення бетонування робоче місце очищається від залишків бетонної суміші, інструмент промивається та складається у визначеному місці.

3.1.2 Безпека під час робіт на висоті, монтажу перекриття, покрівлі та фасадних робіт

Будівля виставкового центру є двоповерховою, з висотою поверху 4,0 м. Тому значна частина робіт виконується на висоті: монтаж опалубки перекриття, в'язання арматури плит, бетонування перекриття та покриття, улаштування покрівлі, монтаж фасадних елементів і скління. Роботи на висоті належать до робіт підвищеної небезпеки та повинні виконуватися працівниками, які мають відповідну підготовку і допуск.

Краї перекриттів, сходові прорізи, отвори під інженерні комунікації, ліфтові шахти та інші прорізи повинні бути огорожені інвентарними захисними огорожами. До встановлення постійних огорожень забороняється перебування працівників біля відкритого краю перекриття без страхувальної системи.

Для виконання робіт на висоті використовуються інвентарні риштування, помости або пересувні вишки-тури. Перед початком роботи необхідно перевірити їх стійкість, наявність настилів, огорожень, бортових дощок і безпечних сходів для підйому. Забороняється використовувати випадкові підставки, ящики, піддони або інші непризначені для цього предмети.

Під час виконання покрівельних робіт на плоскій суміщеній покрівлі необхідно передбачити огороження по периметру покрівлі або застосування страхувальних систем. Матеріали на покрівлі потрібно складувати рівномірно, не допускаючи перевантаження окремих ділянок плити покриття. Запас рулонних матеріалів, утеплювача та мастик на покрівлі не повинен перевищувати змінної потреби.

Монтаж фасадних конструкцій, вітражного скління та навісних елементів виконується з риштувань або підймальних платформ. Складні елементи повинні переміщуватися з використанням спеціальних захватів або траверс. Працівники повинні користуватися рукавицями, касками, захисними окулярами та страхувальними системами. Забороняється виконувати фасадні роботи під час сильного вітру, грози, ожеледиці або недостатньої видимості.

3.2 Пожежна безпека

Пожежна безпека під час будівництва виставкового центру забезпечується організаційними, технічними та режимними заходами. Основними джерелами пожежної небезпеки на майданчику є тимчасові електромережі, зварювальні та інші вогневі роботи, зберігання рулонних покрівельних матеріалів, дерев'яної опалубки, утеплювача, паливно-мастильних матеріалів і використання електроінструменту.

На території будівельного майданчика встановлюється протипожежний режим. Куріння дозволяється тільки у спеціально відведених місцях. Спалювання будівельних відходів, тари, обрізків деревини та інших матеріалів на території майданчика забороняється. Побутові приміщення, склади матеріалів, місця виконання вогневих робіт і зони зберігання горючих матеріалів повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння.

Проїзди для пожежної техніки повинні залишатися вільними протягом усього періоду будівництва. Не допускається складування арматури, опалубки, утеплювача, піддонів або будівельного сміття на шляхах евакуації та пожежних проїздах. На території майданчика встановлюються пожежні щити, укомплектовані вогнегасниками, ломами, баграми, відрами, лопатами, ящиками з піском і ємностями з водою.

Зварювальні роботи при з'єднанні закладних деталей, арматурних елементів або металевих конструкцій виконуються тільки за нарядом-допуском. Місце виконання вогневих робіт очищається від горючих матеріалів у небезпечній зоні. Поруч із місцем зварювання встановлюється переносний вогнегасник. Після завершення робіт відповідальна особа повинна перевірити місце зварювання та переконатися у відсутності тління або займання.

Тимчасові електромережі будівельного майданчика повинні мати захист від короткого замикання та перевантаження. Кабелі прокладаються так, щоб унеможливити їх механічне пошкодження будівельною технікою або вантажами. Забороняється використання пошкоджених кабелів, саморобних подовжувачів,

несправного електроінструменту та електронагрівальних приладів у побутових приміщеннях.

Усі працівники проходять протипожежний інструктаж. У разі виникнення пожежі працівник, який її виявив, повинен негайно повідомити керівника робіт, викликати пожежно-рятувальну службу за телефоном 101, організувати евакуацію людей із небезпечної зони та за можливості розпочати гасіння пожежі наявними первинними засобами пожежогасіння без ризику для власного життя.

3.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Під час будівництва виставкового центру можливе виникнення надзвичайних ситуацій техногенного, природного або воєнного характеру. До можливих техногенних ситуацій належать аварії будівельної техніки, падіння вантажу під час його переміщення краном, руйнування опалубки або риштувань, ураження працівників електричним струмом, пожежа, витік паливно-мастильних матеріалів чи пошкодження тимчасових інженерних мереж.

У разі виникнення аварійної ситуації роботи негайно припиняються. Обладнання та електромережі, якщо це не створює додаткової небезпеки, знеструмлюються. Працівники виводяться з небезпечної зони до визначеного місця збору. Відповідальна особа оцінює ситуацію, викликає необхідні аварійно-рятувальні служби та організовує надання першої домедичної допомоги потерпілим.

При небезпечних погодних умовах — сильному вітрі, грозі, зливі, ожеледиці або снігопаді — роботи на висоті, вантажопідіймальні операції, фасадні та покрівельні роботи припиняються. Кранове обладнання, риштування, тимчасові конструкції та матеріали повинні бути приведені у безпечний стан і закріплені. Працівники переводяться у побутові або інші безпечні приміщення.

В умовах загрози воєнного характеру, зокрема під час сигналу “Повітряна тривога”, усі роботи на будівельному майданчику зупиняються. Вантажі опускаються на землю, механізми переводяться у безпечний стан, електроживлення тимчасового обладнання вимикається. Працівники організовано

прямують до найближчого укриття або захисної споруди цивільного захисту відповідно до схеми евакуації, розміщеної на інформаційному стенді будівельного майданчика.

Після завершення надзвичайної ситуації або сигналу “Відбій повітряної тривоги” повернення до роботи дозволяється тільки після огляду будівельного майданчика відповідальною особою. Особливо перевіряються риштування, опалубка, електромережі, кранове обладнання, відкриті траншеї, місця складування матеріалів і стан незавершених монолітних конструкцій.

Усі випадки травмування, аварійні ситуації та небезпечні події підлягають фіксації та розслідуванню відповідно до чинного законодавства. За результатами розслідування розробляються заходи для недопущення подібних випадків у подальшому.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблено проєкт двоповерхової будівлі виставкового центру, призначеної для проведення виставок, презентацій, конференцій, ділових зустрічей та інших громадських заходів. Проєктні рішення прийнято з урахуванням функціонального призначення будівлі, умов району будівництва, вимог до громадських споруд, безпеки експлуатації, доступності для маломобільних груп населення та енергоефективності.

Проаналізовано природно-кліматичні та інженерно-геологічні умови ділянки будівництва. Район будівництва характеризується помірно-континентальним кліматом із розрахунковою глибиною промерзання ґрунту близько 0,8–1,0 м. За результатами аналізу геологічного розрізу встановлено, що рослинний шар ІГЕ-14 не може використовуватися як основа фундаментів і підлягає зняттю. Основою фундаментів прийнято ІГЕ-16 — суглинок середньої щільності, який має достатню потужність і придатний для спирання стрічкових фундаментів за прийнятих розрахункових параметрів.

Розроблено генеральний план ділянки з урахуванням функціонального зонування території. Передбачено розміщення будівлі виставкового центру, під'їздів, пішохідних шляхів, відкритих майданчиків, озеленення та елементів благоустрою. Організація території забезпечує розділення транспортних і пішохідних потоків, зручний доступ до головного входу, можливість під'їзду обслуговуючого транспорту та пожежної техніки. Прийняті рішення спрямовані на безпечну та зручну експлуатацію об'єкта.

Архітектурно-планувальне рішення будівлі прийнято відповідно до її виставкового призначення. Будівля має два поверхи, прямокутну форму в плані та раціональну структуру внутрішніх приміщень. У складі будівлі передбачено експозиційні зали, вестибюльну групу, адміністративні, допоміжні, технічні та санітарно-побутові приміщення. Планувальна схема забезпечує зручний рух відвідувачів і персоналу, можливість організації різних типів заходів, а також належні умови евакуації.

У роботі прийнято конструктивну схему будівлі у вигляді монолітного залізобетонного каркаса. Таке рішення дозволяє забезпечити необхідні прольоти, створити відкриті експозиційні простори та підвищити просторову жорсткість будівлі. Основними несучими елементами є монолітні залізобетонні колони, плити перекриття і покриття, а також елементи жорсткості у зоні сходово-ліфтового вузла. Прийнята конструктивна схема відповідає функціональному призначенню виставкового центру.

У розрахунково-конструктивному розділі виконано моделювання будівлі в Autodesk Robot Structural Analysis. За результатами розрахунку отримано ізополя напружень, поздовжніх зусиль, згинальних моментів, поперечних сил, поворотів і вертикальних переміщень. Аналіз результатів показав, що найбільш напруженими є ділянки плит біля колон, стін жорсткості, сходово-ліфтового ядра та в середніх частинах прольотів. Це враховано при прийнятті конструктивних рішень щодо армування плит і несучих елементів.

Результати розрахунку показали, що плити перекриття і покриття працюють у двох напрямках. Тому робоче армування необхідно передбачати як у напрямку X , так і в напрямку Y . За характером розподілу моментів встановлено необхідність влаштування нижньої робочої арматури у прольотних ділянках та верхньої арматури у приопорних зонах. Максимальні вертикальні переміщення мають очікуваний характер для прийнятої каркасної схеми та зосереджуються переважно у центральних частинах прольотів.

Фундаменти будівлі прийнято монолітні залізобетонні стрічкові на природній основі. За планувальну позначку поверхні землі прийнято відмітку - 0,500 м, підшву фундаменту розташовано на відмітці -2,000 м. Глибина закладання фундаменту становить 1,50 м, що забезпечує розміщення підшви нижче глибини сезонного промерзання ґрунту та нижче рослинного шару. Основою фундаментів прийнято ПГЕ-16 — суглинок середньої щільності.

Розрахунок фундаментної стрічки виконано за прийнятими у проєкті вихідними даними: ширина основної стрічки становить 1,40 м, розрахункове навантаження — 220 кН/м, розрахунковий опір основи — 200 кПа. Середній тиск

під подошвою фундаменту становить 187,1 кПа, що не перевищує прийнятого розрахункового опору основи. Орієнтовне осідання основи становить 0,88 см, що є меншим за допустиме значення. Отже, прийняті розміри фундаментної стрічки забезпечують виконання умов несучої здатності та деформацій основи.

У місцях передавання зосереджених навантажень від колон каркаса передбачено місцеві розширення фундаментної стрічки розміром $2,80 \times 2,80$ м. Це рішення дозволяє зменшити тиск на основу в зонах колон, підвищити жорсткість фундаментної системи та знизити ризик нерівномірного осідання. Прийняте армування фундаментів забезпечує сприйняття згинальних зусиль і відповідає конструктивним вимогам до монолітних залізобетонних елементів.

У розділі з безпеки життєдіяльності та охорони праці розроблено заходи, пов'язані зі специфікою будівництва виставкового центру. Розглянуто вимоги безпеки під час земляних робіт, улаштування фундаментів, монтажу арматури й опалубки, бетонування, виконання робіт на висоті, покрівельних і фасадних робіт. Передбачено заходи пожежної безпеки, організацію евакуації працівників у разі надзвичайних ситуацій, порядок дій під час небезпечних погодних умов та сигналу повітряної тривоги.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Ясній В. П., Конончук О. П., Мещерякова О. М., Коваль І. В., Сорочак А. П. Методичні вказівки для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Тернопіль : ТНТУ, 2025. 59 с.
2. Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека» : навчальний посібник / В. С. Стручок. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2022. 150 с.
3. Стручок В. С. Безпека в надзвичайних ситуаціях : методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» усіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.
4. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. Київ : Мінрегіон України, 2019.
5. ДБН В.2.2-9:2018. Громадські будинки та споруди. Основні положення. Київ : Мінрегіон України, 2018.
6. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. Київ : Мінрегіон України, 2018.
7. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ : Мінрегіон України, 2022.
8. ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022.
9. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проєктування. Київ : Мінбуд України, 2006.
10. ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. Київ : Мінрегіон України, 2018.
11. ДСТУ 8855:2019. Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.
12. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. Київ : Мінрегіон України, 2018.

13. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011.
14. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проєктування. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011.
15. ДСТУ 3760:2019. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.
16. ДСТУ 9208:2022. Бетони важкі. Технічні умови. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022.
17. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Київ : Мінрегіон України, 2017.
18. ДБН В.1.2-7:2021. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. Київ : Мінрегіон України, 2022.
19. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні. Київ : МВС України, 2014.
20. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI.
21. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII.
22. ДСТУ 9243.4:2023. Система проєктної документації для будівництва. Основні вимоги до проєктної документації. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2023.
23. ДСТУ 9243.7:2023. Система проєктної документації для будівництва. Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2023.
24. Autodesk Robot Structural Analysis Professional. User's Guide. Autodesk, 2024.