

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О.М. БЕКЕТОВА**

**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
БУДІВНИЦТВА, ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**

**Кафедра технології та організації будівельного виробництва**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА  
ЗВЕДЕННЯ СПОРТИВНО-ОЗДОРОВЧОГО ЦЕНТРУ  
У ЛУЦЬКУ**

Розробив: студ. III курсу, групи ПЦБ 2023-1у  
спеціальності 192 - Будівництво та цивільна інженерія  
ОПП «Промислове та цивільне будівництво»

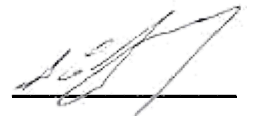
Шумєєв Іван Юрійович



Керівник: доц. Братішко С.М.



Рецензент: к.ек.н., доц. Савченко О.І.



**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА імені О.М. БЕКЕТОВА**

**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
БУДІВНИЦТВА, ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**

ЗАТВЕРДЖУЮ:  
Завідувач кафедри ТОБВ  
д.т.н., проф. Шумаков І.В.

«    » червня 2026 р.

**ЗАВДАННЯ**

**ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА**

**ШУМЕЄВА ІВАНА ЮРІЙОВИЧА**

Спеціальність: *192 - Будівництво та цивільна інженерія*

Освітньо-професійна програма: *Промислове та цивільне будівництво*

Тема кваліфікаційної роботи: *Зведення спортивно-оздоровчого центру у Луцьку*  
і затверджена наказом ректора ХНУМГ ім. О. М. Бекетова № 447-03 від  
26.05.2026 р.

Термін подання завершеної роботи на кафедру “16” червня 2026 р.

Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: *інженерно-геологічні умови, основні вимоги до несучих та огорожувальних конструкцій будівлі, архітектурно-планувальне рішення об'єкту.*

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): *архітектурно-будівельна частина, розрахунково-конструктивна частина, технологічні рішення та організація будівництва, розділ охорони праці.*

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

- архітектурно-будівельна частина: *фасади; плани; розріз будівлі; основні конструктивні вузли; генплан.*

- розрахунково-конструктивна частина: *монолітна залізобетонна колона, армування колони; розріз; специфікації; інженерно-геологічні розрізи; план фундаментів, фундаменти Фм-1, Фм-2.*

- технологічні рішення та організація будівництва: *технологічна карта на зведення каркасу будівлі; будгенплан.*

## КОНСУЛЬТАНТИ РОЗДІЛІВ РОБОТИ

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Архітектурно-будівельна частина	доц. Казімагомедов Ф.І.		
2. Розрахунково-конструктивна частина	Розрахунок підземної частини об'єкту		
	Розрахунок надземної частини об'єкту	доц. Шемет Р.М.	
3. Технологічні рішення та організація будівництва	доц. Братішко С.М.		
4. Охорона праці	доц. Косенко Н.О.		
Нормоконтроль	зав.лаб. Зінов'єва О.М.		

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Архітектурно-будівельна частина	05.04.26-25.04.26	<i>виконано</i>
2. Розрахунково-конструктивна частина	27.04.26-17.05.26	<i>виконано</i>
3. Технологічні рішення та організація будівництва	19.05.26-25.05.26	<i>виконано</i>
4. Охорона праці	26.05.26-06.06.26	<i>виконано</i>

Керівник кваліфікаційної роботи



доц. Братішко С.М.

Завдання прийняв до виконання



Шумєєв І.Ю.

Дата видачі завдання “05”квітня 2026 р.

## ЗМІСТ

Розділ 1. Архітектурно-будівельна частина.....	5
1.1 Аналіз природно-кліматичних та інженерно-геологічних умов ділянки будівництва спортивно-оздоровчого .....	5
1.2 Архітектурно-планувальна організація генерального плану спортивно-оздоровчого центру.....	7
1.3 Об'ємно-планувальні та функціонально-архітектурні рішення спортивно-оздоровчого центру .....	10
1.4 Конструктивно-технічні рішення та забезпечення просторової стійкості спортивно-оздоровчого центру .....	13
1.5 Теплотехнічний аналіз та перевірка енергоефективності зовнішньої огорожувальної конструкції .....	17
1.6 Інженерно-технічне забезпечення спортивно-оздоровчого центру .....	22
Розділ 2. Розрахунково-конструктивна частина .....	26
2.1 Розрахунок та проектування надземної частини громадської будівлі спортивно-оздоровчого центру.....	26
2.2 Розрахунок та проектування надземної частини громадської будівлі спортивно-оздоровчого центру.....	42
Розділ 3. Технологічні рішення та організація будівництва.....	56
Розділ 4. Охорона праці при зведенні спортивно-оздоровчого центру.....	80
Список використаних джерел.....	99

## РОЗДІЛ І

### АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

#### 1.1 Аналіз природно-кліматичних та інженерно-геологічних умов ділянки будівництва спортивно-оздоровчого центру

Об'єктом проектування є спортивно-оздоровчий центр, який планується до будівництва у місті Луцьк по вул. Героїв України. Під час розроблення архітектурно-будівельних і конструктивних рішень особливу увагу приділено аналізу природно-кліматичних, топографічних та інженерно-геологічних умов території, оскільки саме вони визначають надійність, довговічність і безпечність експлуатації майбутньої будівлі.

Відповідно до вимог чинних нормативних документів для території м. Луцьк характерні помірні кліматичні впливи, які враховуються при визначенні навантажень на несучі конструкції. Район будівництва належить до I снігового району та III вітрового району України. Нормативне значення снігового навантаження становить 0,76 кПа, а вітрового навантаження – 0,46 кПа. Крім того, для району характерна наявність ожеледних явищ із нормативною товщиною ожеледі до 15 мм. Усі зазначені параметри враховуються при проектуванні покрівлі, фасадних елементів та несучого каркаса споруди.

Згідно з положеннями ДБН В.1.1-12:2014 територія Луцька належить до зони з розрахунковою сейсмічністю 6 балів. Незважаючи на помірний рівень сейсмічної активності, при проектуванні конструктивної системи будівлі передбачено комплекс заходів для забезпечення просторової жорсткості та стійкості споруди під дією можливих динамічних навантажень.

Кліматичні умови району характеризуються помірно-континентальним типом клімату з відносно м'якою зимою та теплим літнім періодом. Для території характерні підвищена вологість повітря у холодний період року, значна кількість атмосферних опадів восени та взимку, а також нестійкий сніговий покрив. Середньорічна температура повітря становить близько

+12 °С. Такі умови впливають на вибір теплоізоляційних матеріалів, конструкцію огорожувальних елементів і систему водовідведення будівлі.

Рельєф будівельного майданчика є переважно спокійним, із незначним ухилом у південно-східному напрямку. Абсолютні відмітки поверхні коливаються в межах 44,78–46,70 м. Відносно рівнинний характер території створює сприятливі умови для виконання вертикального планування та організації будівельного майданчика без значних обсягів земляних робіт.

За результатами інженерно-геологічних досліджень встановлено, що геологічна будова майданчика є неоднорідною та представлена декількома інженерно-геологічними елементами. Верхню частину розрізу формують насипні ґрунти змішаного складу з включеннями будівельного сміття, уламків вапняку, щебеню та рослинного шару. Через нестабільність структури й недостатні фізико-механічні характеристики даний шар не може використовуватися як природна основа фундаментів і підлягає повному видаленню в межах плями забудови.

Нижче залягають напівтверді та тугопластичні глини з карбонатними включеннями, які характеризуються достатньо високими показниками міцності та деформаційної стійкості. Для цих ґрунтів характерні середня щільність 1,72 т/м<sup>3</sup>, кут внутрішнього тертя 19°, питоме зчеплення 48 кПа та модуль деформації 22 МПа. Наявність глинистих ґрунтів вимагає врахування можливих процесів набухання та сезонної зміни вологості основи.

Основу фундаментів спортивно-оздоровчого центру складають вапняки середньої та підвищеної міцності, які характеризуються високою несучою здатністю та стабільними фізико-механічними показниками. Середня товщина шару вапняків середньої міцності становить близько 3,6 м, а міцних слабковивітрілих вапняків – понад 5 м. Межа міцності на стиск у повітряно-сухому стані досягає 26 МПа, що забезпечує надійну роботу фундаментних конструкцій та мінімізує ризик нерівномірних осідань споруди.

Підземні води під час проведення вишукувань до глибини 10 м не виявлені. Це є позитивним фактором для виконання будівельно-монтажних

робіт, оскільки відсутня необхідність у складних системах водозниження або спеціальних заходах щодо захисту фундаментів від постійного впливу ґрунтових вод. Водночас через високу тріщинуватість і фільтраційну здатність вапняків можливе локальне накопичення вологи у верхніх шарах ґрунту після інтенсивних атмосферних опадів або аварійних витоків інженерних мереж.

Під час аналізу інженерно-геологічних умов також враховано можливі небезпечні природні процеси. До основних факторів ризику належать локальні прояви карстових процесів у вапнякових породах, набухання глинистих ґрунтів та вплив сейсмічних навантажень. У зв'язку з цим майданчик будівництва віднесено до територій середньої інженерно-геологічної складності, що потребує застосування надійних конструктивних і технологічних рішень при проектуванні фундаментів та надземної частини будівлі.

Аналіз природно-кліматичних та інженерно-геологічних умов показав, що територія будівництва є загалом сприятливою для зведення спортивно-оздоровчого центру. Наявність міцних вапнякових порід у основі, відсутність сталого горизонту ґрунтових вод і відносно спокійний рельєф створюють передумови для ефективного та економічно доцільного проектування фундаментів і несучих конструкцій будівлі. Водночас при реалізації проєкту необхідно враховувати вплив локальних геологічних процесів та забезпечувати належний рівень просторової жорсткості й сейсмостійкості споруди.

## **1.2 Архітектурно-планувальна організація генерального плану спортивно-оздоровчого центру**

Проєктований спортивно-оздоровчий центр розташовується у межах міста Луцьк по вул. Героїв України на земельній ділянці площею 3175 м<sup>2</sup>. Формування генерального плану виконано з урахуванням функціонального призначення об'єкта, існуючої містобудівної ситуації, санітарно-гігієнічних, протипожежних та транспортних вимог. При розробленні планувальних

рішень враховано конфігурацію ділянки, особливості навколишньої забудови, напрямки транспортних і пішохідних потоків, а також умови підключення до існуючих інженерних мереж.

Територія, відведена під будівництво, є вільною від капітальної забудови та має сприятливі умови для розміщення громадського об'єкта спортивного призначення. Із західного та східного боків ділянка межує з існуючими багатоповерховими житловими будинками, що формують житлову структуру мікрорайону. З південного боку проходить вул. Героїв України, яка забезпечує основний транспортний і пішохідний доступ до об'єкта, тоді як із північної сторони розташована територія, вільна від забудови. Таке розташування створює можливість раціональної організації функціональних зон та благоустрою території.

Під час розроблення генерального плану основну увагу приділено забезпеченню безпечної та зручної експлуатації спортивно-оздоровчого центру. Будівлю розміщено з дотриманням нормативних санітарних і протипожежних розривів відповідно до чинних державних будівельних норм. Планувальна схема території забезпечує безперешкодний рух автотранспорту, пожежної техніки та пішоходів. Під'їзд пожежних автомобілів організований по внутрішньомайданчикових проїздах шириною 6,0 м із можливістю доступу до всіх фасадів будівлі. Зовнішнє пожежогасіння передбачається від існуючого пожежного гідранта, розташованого вздовж проїзної частини вулиці.

Транспортне обслуговування території здійснюється через внутрішній проїзд із боку вул. Героїв України. Для відвідувачів спортивного комплексу передбачено відкриту автостоянку на 12 машиномісць, серед яких два місця призначені для осіб з інвалідністю. Розміщення стоянки виконано з урахуванням вимог інклюзивності, безпеки руху та зручності доступу до головного входу будівлі.

Планувальна організація території передбачає чітке функціональне зонування ділянки. У межах генерального плану виділено зону забудови,

транспортну зону, пішохідні комунікації, ділянки озеленення та рекреаційний простір для відвідувачів. Рішення генерального плану спрямовані на створення комфортного середовища для занять спортом, відпочинку та перебування людей різних вікових категорій.

Перед початком будівництва передбачено виконання комплексу підготовчих робіт, до яких належать очищення території від сміття, демонтаж рослинного шару та планування поверхні ділянки. Родючий ґрунт товщиною близько 0,5 м підлягає зрізанню з подальшим вивезенням або використанням для озеленення території. Вертикальне планування майданчика виконується шляхом часткового підсипання території середньою товщиною близько 0,3 м із забезпеченням нормативних ухилів для організованого відведення поверхневих вод.

Водовідведення з території організовується відкритим способом. Атмосферні опади з проїздів і пішохідних зон відводяться вздовж бортових каменів до дощоприймальних колодязів із подальшим підключенням до мережі дощової каналізації. Таке рішення дозволяє запобігти застою води на території та забезпечити належний санітарний стан ділянки в процесі експлуатації.

Відмітку чистої підлоги першого поверху будівлі прийнято на позначці +46,00 м, що забезпечує захист споруди від поверхневих стоків і створює необхідний перепад між рівнем вимощення та внутрішніми приміщеннями будівлі.

Благоустрій території передбачає влаштування проїздів, тротуарів, зон відпочинку, спортивного майданчика та елементів озеленення. Внутрішньомайданчикові дороги запроєктовано з асфальтобетонним покриттям по щебеневій основі, що забезпечує необхідну міцність та довговічність дорожнього одягу. Конструкція дорожнього покриття включає дрібнозернистий та крупнозернистий асфальтобетон, шар щебеню, обробленого бітумом, і піщану підготовку.

Пішохідні доріжки шириною 1,5 м виконуються з тротуарної плитки по щелебеній основі із застосуванням бортового каменю. Таке конструктивне рішення забезпечує довговічність покриття, зручність пересування та естетичний вигляд території.

Особливу увагу в проєкті приділено озелененню ділянки. Вільні від забудови території засіваються багаторічними травами, а також озеленюються декоративними деревами та чагарниками. Озеленення виконує не лише декоративну функцію, але й сприяє покращенню мікроклімату території, зменшенню запиленості та створенню комфортних умов для відпочинку відвідувачів спортивного комплексу.

На території спортивного майданчика передбачено покриття з кам'яного відсіву по шару геотекстилю, що забезпечує ефективне дренажування поверхні та стійкість покриття до експлуатаційних навантажень. Для забезпечення комфортного перебування користувачів встановлюються лави, урни та елементи зовнішнього освітлення. Освітлення території здійснюється за допомогою світильників, розташованих уздовж пішохідних маршрутів і транспортних проїздів.

Основні техніко-економічні показники генерального плану свідчать про раціональне використання земельної ділянки. Площа забудови становить 367 м<sup>2</sup>, щільність забудови — 11,6%, а площа територій із твердим покриттям — 2458 м<sup>2</sup>. Озеленення займає близько 11% площі ділянки, що відповідає вимогам благоустрою та створення сприятливого середовища для відвідувачів спортивно-оздоровчого центру.

### **1.3 Об'ємно-планувальні та функціонально-архітектурні рішення спортивно-оздоровчого центру**

Проєктований спортивно-оздоровчий центр є громадською будівлею сучасного типу, призначеною для організації фізкультурно-оздоровчої діяльності, проведення тренувань, відпочинку та обслуговування відвідувачів. Архітектурно-планувальні рішення споруди прийняті з урахуванням містобудівних умов ділянки, функціонального призначення

об'єкта, вимог безпеки, енергоефективності та забезпечення комфортного середовища для користувачів різних вікових категорій.

Будівля розташована у сформованій житловій забудові та композиційно інтегрована в навколишній архітектурний простір. Торцеві фасади орієнтовані у напрямку існуючих багатоповерхових житлових будинків, що формує цілісну просторову структуру кварталу. Головний фасад звернений у бік вул. Героїв України та виконує основну композиційну й функціональну роль, забезпечуючи зручний доступ відвідувачів до центрального входу. З боку внутрішньої території будівля орієнтована на спортивний майданчик і тенісний корт, що створює єдиний рекреаційно-спортивний простір.

Архітектурна композиція споруди базується на поєднанні компактності, функціональної доцільності та раціонального внутрішнього планування. Будівля має три надземні поверхи з габаритними розмірами у плані  $30,1 \times 12,5$  м. За умовну нульову відмітку прийнято рівень чистої підлоги першого поверху, що відповідає абсолютній позначці  $+46,00$  м. Висота першого поверху становить  $4,5$  м, що обумовлено необхідністю розміщення громадських приміщень із підвищеними вимогами до об'ємно-просторових характеристик. Висота другого та третього поверхів прийнята  $3,3$  м, що забезпечує комфортні умови перебування людей і нормативні параметри внутрішнього мікроклімату. Загальна висота споруди до рівня експлуатованої покрівлі становить  $11,445$  м, а максимальна висота у зоні сходової клітки досягає  $14,45$  м.

Планувальна структура будівлі побудована за принципом функціонального зонування приміщень із розподілом потоків відвідувачів, персоналу та технічного обслуговування. Таке рішення забезпечує зручність експлуатації, безпечну евакуацію людей та ефективне використання внутрішнього простору.

Перший поверх будівлі призначений переважно для громадських та допоміжних функцій. Тут розташовані вхідна група, хол для очікування, кафе, приміщення обслуговування користувачів тенісного корту, допоміжні

та санітарно-гігієнічні приміщення. Кафе має окремий вхід із боку вулиці, що дозволяє використовувати його незалежно від режиму роботи спортивного комплексу та забезпечує додаткову функціональну автономність. Зона відпочинку для відвідувачів тенісного корту безпосередньо пов'язана зі спортивною територією та виконує рекреаційну функцію.

Другий поверх відведений під тренажерний комплекс. Основним приміщенням є тренажерний зал відкритого типу, який забезпечує можливість розміщення сучасного спортивного обладнання та організації тренувального процесу. Окрім основного залу, на поверсі передбачені чоловічі та жіночі гардеробні, душові, санвузли, кабінет тренера та технічні приміщення. Планувальна схема забезпечує логічний взаємозв'язок між усіма функціональними зонами та мінімізує перетин потоків відвідувачів.

Третій поверх призначений для проведення групових занять із фітнесу та оздоровчих тренувань. Простір поверху організований навколо великого фітнес-залу, доповненого гардеробними, санітарними приміщеннями та коморами для зберігання спортивного інвентарю. Таке планувальне рішення дозволяє організовувати одночасне проведення різних видів занять та забезпечує гнучкість використання приміщень залежно від потреб спортивного центру.

Особливістю об'єкта є наявність експлуатованої покрівлі, яка у теплий період року використовується як зона відпочинку, солярій та відкрите фітнес-кафе. Використання покрівлі як додаткового функціонального простору дозволяє підвищити ефективність використання будівлі та створити комфортне середовище для відвідувачів.

Вертикальні комунікації в будівлі організовані за допомогою двох внутрішніх сходових кліток, які забезпечують безпечну евакуацію людей відповідно до вимог пожежної безпеки. Сходові клітки мають безпосередній вихід назовні та розташовані таким чином, щоб забезпечити нормативні шляхи евакуації з усіх функціональних зон будівлі.

Під час розроблення архітектурно-планувальних рішень особливу увагу приділено створенню безбар'єрного середовища для маломобільних груп населення. Головний вхід до будівлі обладнано пандусом із нормативним ухилом, що забезпечує доступність спортивного комплексу для осіб з інвалідністю та інших маломобільних користувачів. Планувальні рішення виконані відповідно до вимог ДБН В.2.2-40:2018 щодо інклюзивності будівель і споруд.

Архітектурні рішення будівлі спрямовані на формування сучасного громадського простору, який поєднує спортивну, рекреаційну та соціальну функції. Компактна об'ємно-планувальна схема, раціональне зонування приміщень, наявність відкритих рекреаційних зон та забезпечення нормативних вимог безпеки дозволяють створити комфортний та функціонально ефективний спортивно-оздоровчий центр.

Основні техніко-економічні показники будівлі характеризують її як компактний громадський об'єкт із раціональним використанням внутрішнього простору. Площа забудови становить 367 м<sup>2</sup>, будівля має три поверхи та експлуатовану покрівлю. Функціональне призначення споруди відповідає сучасним вимогам до громадських спортивно-оздоровчих комплексів і забезпечує можливість багатофункціонального використання об'єкта впродовж усього року.

#### **1.4 Конструктивно-технічні рішення та забезпечення просторової стійкості спортивно-оздоровчого центру**

Конструктивна схема спортивно-оздоровчого центру розроблена відповідно до чинних нормативних вимог щодо надійності, довговічності та безпечної експлуатації громадських будівель. При виборі конструктивних рішень враховано функціональне призначення споруди, інженерно-геологічні умови будівельного майданчика, архітектурно-планувальні особливості об'єкта, а також вимоги до енергоефективності та просторової жорсткості будівлі.

Несуча система споруди запроєктована у вигляді монолітного залізобетонного каркаса, який складається з колон, ригелів та монолітних дисків перекриття. Така конструктивна схема забезпечує рівномірне сприйняття вертикальних і горизонтальних навантажень, високу просторову жорсткість, стійкість до деформацій та ефективну роботу всіх елементів будівлі як єдиної конструктивної системи.

Основним несучим елементом каркаса є монолітні залізобетонні колони прямокутного перерізу 400×400 мм, виконані з бетону класу С20/25. Армування колон здійснюється сталлю класів А240С та А400С, що забезпечує необхідну несучу здатність та тріщиностійкість конструкцій. Просторове розташування колон прийняте відповідно до архітектурно-планувальної схеми будівлі та дозволяє забезпечити раціональне планування внутрішніх приміщень.

Горизонтальні навантаження та передача зусиль між колонами здійснюються через систему монолітних залізобетонних ригелів перерізом 400×400 мм. Ригелі виготовляються з бетону класу С20/25 та армуються просторовими каркасами із застосуванням арматурної сталі А240С і А400С. Основна частина арматурних каркасів виконується в'язаним способом, що забезпечує необхідну пластичність вузлів. У місцях підвищених навантажень допускається використання зварних з'єднань поздовжньої арматури із застосуванням ручного дугового зварювання.

Міжповерхові перекриття прийняті монолітними залізобетонними товщиною 150 мм. Використання монолітних дисків перекриття дозволяє забезпечити просторову незмінність каркаса, рівномірний розподіл навантажень між вертикальними елементами та підвищити загальну жорсткість споруди. Крім того, монолітна схема перекриттів сприяє підвищенню сейсмостійкості будівлі та зменшує ризик утворення нерівномірних деформацій.

При проєктуванні конструктивної системи особливу увагу приділено забезпеченню просторової стійкості та надійності будівлі в умовах можливих

динамічних впливів. Просторова жорсткість споруди забезпечується за рахунок:

- спільної роботи монолітного каркаса;
- жорстких дисків перекриттів;
- системи монолітних залізобетонних поясів;
- надійного з'єднання вузлів каркаса;
- конструктивного об'єднання фундаментів та вертикальних елементів.

Такі рішення дозволяють забезпечити стійкість будівлі до горизонтальних навантажень, у тому числі сейсмічних впливів, передбачених нормативними документами для району будівництва.

Фундаментна система будівлі запроєктована з урахуванням інженерно-геологічних характеристик основи та конструктивної схеми споруди. Під зовнішні та внутрішні стіни передбачені монолітні стрічкові залізобетонні фундаменти з бетону класу С12/15. Армування фундаментів виконується сталлю класів А240С та А400С. Під окремі колони каркаса передбачені монолітні окреmostоячі фундаменти типу Фм-1, які об'єднуються зі стрічковими фундаментами жорстким залізобетонним ростверком перерізом 200×200 мм із бетону класу С20/25. Таке рішення забезпечує сумісну роботу фундаментної системи та підвищує її стійкість у разі нерівномірних деформацій основи.

Фундаменти влаштовуються по бетонній підготовці з бетону класу С8/10 товщиною 100 мм, що створює рівну основу для монтажу арматурних каркасів і бетонування конструкцій. Стіни фундаментів виконуються з бетонних блоків товщиною 400 мм на цементному розчині марки М100. Вертикальні шви та ділянки замонолічення заповнюються дрібнозернистим бетоном класу С12/15 або С8/10.

Для захисту підземної частини будівлі від впливу вологи проектом передбачено комплекс гідроізоляційних заходів. Горизонтальна гідроізоляція виконується із цементно-піщаного розчину з додаванням рідкого скла, тоді як вертикальна гідроізоляція здійснюється шляхом нанесення гарячого

бітуму у два шари по попередньо підготовленій поверхні. По периметру будівлі передбачене асфальтобетонне вимощення шириною 0,75 м, яке забезпечує відведення поверхневих вод від фундаментів та зменшує зволоження ґрунтів основи.

Зовнішні огорожувальні конструкції будівлі виконані з газобетонних блоків густиною 600 кг/м<sup>3</sup> товщиною 400 мм. Обраний матеріал характеризується невеликою власною вагою, достатньою міцністю та високими теплоізоляційними показниками, що дозволяє забезпечити нормативний опір теплопередачі зовнішніх стін і підвищити енергоефективність будівлі.

Внутрішні стіни, зокрема стіни сходових кліток, також виконуються з газобетонних блоків товщиною 200 мм. Для підвищення тріщиностійкості кладки передбачено армування пластиковою сіткою типу SSA-1111-SM через кожні два ряди, а у верхніх частинах стін — через три ряди.

Перегородки санітарно-гігієнічних приміщень виконуються з керамічної цегли марки М75 на цементно-піщаному розчині М50 товщиною 120 мм. Для забезпечення жорсткості перегородки армуються сітками Ø4 Вр-1 через 700 мм по висоті. Міжзальні перегородки виконані з газобетонних блоків густиною 500 кг/м<sup>3</sup> товщиною 100 мм, що дозволяє зменшити навантаження на перекриття та забезпечити належні звукоізоляційні властивості.

Сходові марші запроектовані на металевих косоурах зі швелера. Сходи виконуються збірними металевими елементами зі зварними з'єднаннями. Огородження сходів прийняті металевими леєрними висотою 0,9 м відповідно до вимог безпеки експлуатації громадських будівель.

Проектом передбачено плоску експлуатовану покрівлю, яка використовується як додаткова функціональна зона для відпочинку та рекреації. Конструкція покрівлі включає багатошарову систему з теплоізоляції, пароізоляції, гідроізоляційних матеріалів та уклонуутворюючого шару з керамзитобетону. Як теплоізоляційний матеріал використовуються жорсткі мінераловатні плити типу ROCKWOOL

товщиною 120 мм. Верхнє покриття виконується з керамічної плитки по цементно-піщаній стяжці, що забезпечує довговічність та можливість експлуатації покрівлі.

Заповнення віконних прорізів передбачено металопластиковими вікнами з енергозберігаючими трикамерними склопакетами, які забезпечують належні показники теплозахисту та звукоізоляції. Зовнішні двері сходових кліток прийняті протипожежними з межею вогнестійкості EI-45. Внутрішні двері евакуаційних шляхів також виконуються у протипожежному виконанні з ущільненням у притворах для запобігання поширенню диму та продуктів горіння.

У цілому прийняті конструктивні рішення забезпечують необхідний рівень міцності, стійкості та експлуатаційної надійності спортивно-оздоровчого центру, а також відповідають сучасним вимогам щодо енергоефективності, пожежної безпеки та довговічності громадських будівель.

### **1.5 Теплотехнічний аналіз та перевірка енергоефективності зовнішньої огорожувальної конструкції**

Теплотехнічний розрахунок зовнішньої огорожувальної конструкції виконано відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель».

Метою розрахунку є перевірка відповідності конструкції зовнішньої стіни нормативним вимогам щодо опору теплопередачі, енергоефективності та забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних умов експлуатації будівлі.

Проектована зовнішня стіна спортивно-оздоровчого центру має наступну конструкцію:

- зовнішній штукатурний шар цементно-піщаного розчину товщиною 20 мм;
- несучий шар із газобетонних блоків густиною 600 кг/м<sup>3</sup> товщиною 400 мм;
- внутрішній штукатурний шар цементно-піщаного розчину товщиною 20 мм.

Розрахунок виконується для кліматичних умов м. Луцьк.

Таблиця 1.5.1- Вихідні дані для розрахунку

Шар конструкції	Товщина $\delta$ , м	Коефіцієнт теплопровідності $\lambda$ , Вт/(м·°С)	Термічний опір $R$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт
Цементно-піщана штукатурка	0.02	0.81	0.0247
Газобетон D600	0.4	0.18	2.2222
Внутрішня штукатурка	0.02	0.81	0.0247

Опір тепловіддачі внутрішньої поверхні  $R_v = 0,13 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$ .

Опір тепловіддачі зовнішньої поверхні  $R_n = 0,04 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$ .

Термічний опір окремого шару визначається за формулою:

$$R = \delta / \lambda,$$

де:

$\delta$  – товщина шару, м;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності матеріалу, Вт/(м·°С).

$$R_1 = 0,02 / 0,81 = 0.0247 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$$

$$R_2 = 0,40 / 0,18 = 2.2222 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$$

$$R_3 = 0,02 / 0,81 = 0.0247 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$$

Сумарний опір теплопередачі конструкції:

$$R_{\Sigma} = R_v + R_1 + R_2 + R_3 + R_n$$

$$R_{\Sigma} = 0,13 + 0.0247 + 2.2222 + 0.0247 + 0,04 = 2.442 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$$

Для зовнішніх стін громадських будівель у I температурній зоні України згідно з ДБН В.2.6-31:2021 нормативний мінімальний опір теплопередачі становить:

$$R_{q, \text{норм}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$$

Порівняння результатів:

$$R_{\Sigma} = 2,417 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт} < R_{q, \text{норм}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$$

Отже, конструкція зовнішньої стіни не повністю відповідає сучасним вимогам енергоефективності, тому для забезпечення нормативного рівня теплозахисту рекомендується застосування додаткового теплоізоляційного шару.

Перевірка положення точки роси виконується для оцінки можливості утворення конденсату в товщі конструкції.

Температура на межі шарів визначається за формулою:

$$t_i = t_v - ((t_v - t_n) \cdot R_i / R_{\Sigma})$$

де:

$t_v = +20^{\circ}\text{C}$  – температура внутрішнього повітря;

$t_n = -22^{\circ}\text{C}$  – температура зовнішнього повітря для холодної п'ятиденки;

$R_i$  – накопичений термічний опір від внутрішньої поверхні до відповідного шару.

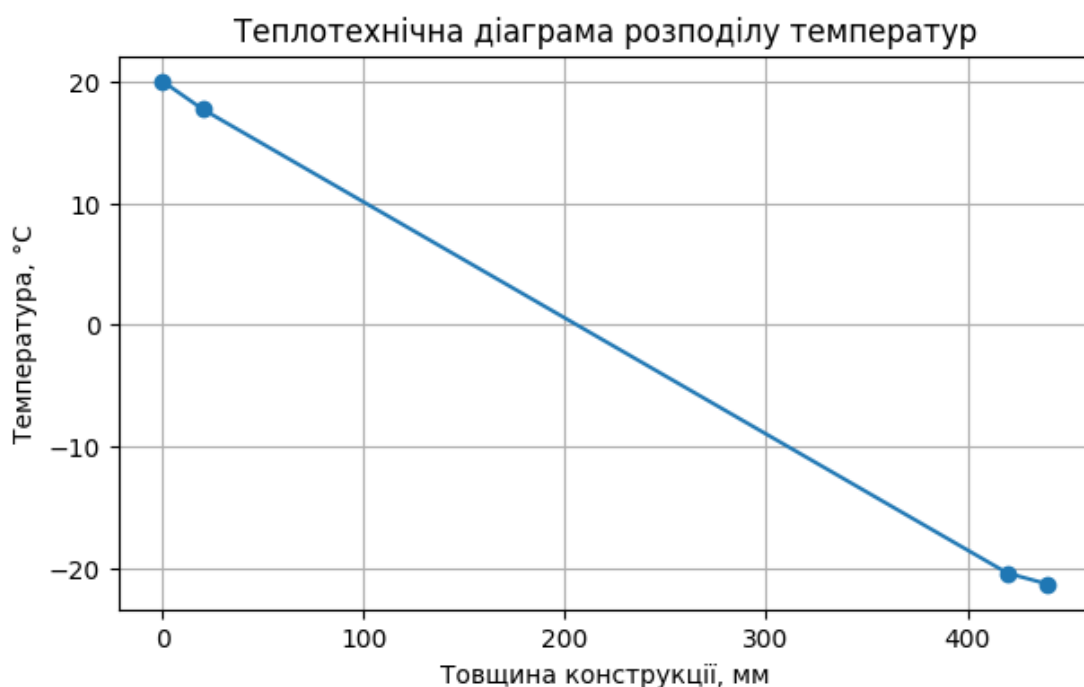


Рисунок 1.5.1 – Графік розподілу температур у товщі зовнішньої стіни

Аналіз результатів теплотехнічного розрахунку показав, що конструкція стіни із газобетонних блоків товщиною 400 мм характеризується достатніми теплоізоляційними властивостями для забезпечення комфортного мікроклімату приміщень, однак не повністю відповідає підвищеним

сучасним нормативним вимогам щодо енергоефективності громадських будівель.

Для приведення конструкції до нормативного рівня опору теплопередачі доцільним є застосування зовнішнього утеплення мінераловатними плитами або іншими сучасними теплоізоляційними матеріалами.

Оскільки розрахунковий опір теплопередачі зовнішньої стіни без додаткового утеплення є меншим за нормативне значення, приймається улаштування зовнішньої теплоізоляції з мінераловатних плит товщиною 180 мм. Таке рішення відповідає принципу зовнішнього розміщення утеплювача, за якого масив газобетонної стіни залишається у більш сприятливому температурно-вологісному режимі, а зона можливого охолодження зміщується у теплоізоляційний шар.

Для розрахунку прийнято теплоізоляційні мінераловатні плити для фасадних систем із розрахунковим коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda = 0,041$  Вт/(м·°С). Товщина теплоізоляційного шару приймається  $\delta = 0,18$  м.

Таблиця 1.5.2- Склад зовнішньої стіни після утеплення

№ шару	Матеріал шару	Товщина $\delta$ , м	$\lambda$ , Вт/(м·°С)	$R = \delta / \lambda$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт
1	Внутрішня цементно-піщана штукатурка	0,020	0,81	0,025
2	Газобетонні блоки D600	0,400	0,18	2,222
3	Клейовий або вирівнювальний шар фасадної системи	0,005	0,87	0,006
4	Мінераловатні фасадні плити	0,180	0,041	4,390
5	Зовнішній армований штукатурний шар	0,005	0,87	0,006

$$R_i = \delta_i / \lambda_i$$

де  $R_i$  - термічний опір окремого шару,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ ;  $\delta_i$  - товщина шару, м;  $\lambda_i$  - коефіцієнт теплопровідності матеріалу,  $\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{°C})$ .

Розрахунок термічного опору утеплювача:

$$R_{\text{ут}} = 0,180 / 0,041 = 4,390 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Сумарний опір теплопередачі зовнішньої стіни з урахуванням утеплення:

$$R_{\Sigma} = R_{\text{в}} + R_1 + R_2 + R_3 + R_{\text{ут}} + R_5 + R_{\text{н}}$$

$$R_{\Sigma} = 0,13 + 0,025 + 2,222 + 0,006 + 4,390 + 0,006 + 0,04 = 6,819 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Для зовнішніх стін громадських будівель у I температурній зоні України мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі приймається  $R_{q,\text{min}} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ .

$$R_{\Sigma} \geq R_{q,\text{min}}$$

$$6,819 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт} > 4 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Запас опору теплопередачі становить приблизно 106,6 %, що підтверджує достатній рівень теплозахисту зовнішньої стіни після утеплення,

Коефіцієнт теплопередачі огорожувальної конструкції після утеплення:

$$U = 1 / R_{\Sigma}$$

$$U = 1 / 6,819 = 0,147 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$$

Температурне поле у товщі стіни визначається за накопиченим термічним опором від внутрішньої поверхні до відповідної межі шару.

$$\tau_i = t_{\text{в}} - ((t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot R_i) / R_{\Sigma}$$

Таблиця 1.5.3 - Розрахунок температур на межах шарів

Межа конструкції	Накопичений R, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	Температура $\tau$ , $\text{°C}$
Внутрішня поверхня	0,130	19,20
Після шару 1	0,155	19,05
Після шару 2	2,377	5,36
Після шару 3	2,383	5,32
Після шару 4	6,773	-21,72
Після шару 5	6,779	-21,75

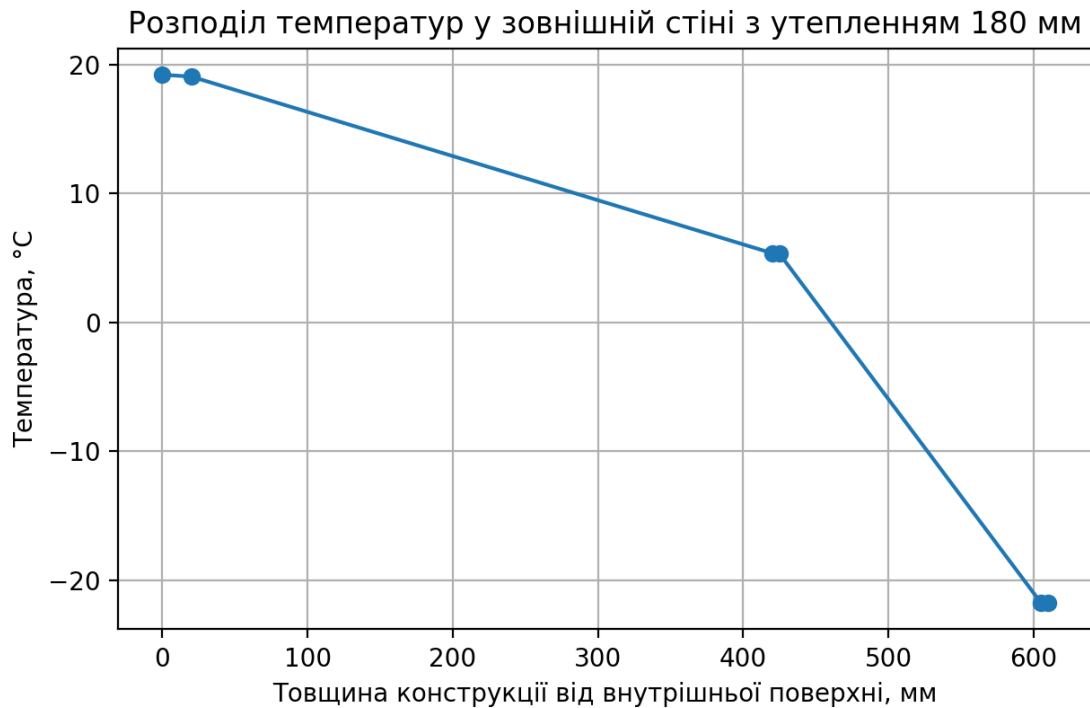


Рисунок 1.5.2 - Теплотехнічна діаграма розподілу температур у зовнішній стіні з мінераловатним утепленням товщиною 180 мм

Після улаштування зовнішнього шару мінераловатних плит товщиною 180 мм сумарний опір теплопередачі зовнішньої стіни становить  $6,819 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , що перевищує нормативне значення  $4 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ .

Отже, запропонована конструкція відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2021 щодо теплозахисту громадських будівель та може бути прийнята для подальшого проектування. Зовнішнє розміщення утеплювача також зменшує ризик промерзання газобетонного шару, покращує температурний режим стіни та підвищує енергоефективність спортивно-оздоровчого центру.

### **1.6 Інженерно-технічне забезпечення спортивно-оздоровчого центру**

Проектована будівля спортивно-оздоровчого центру обладнується комплексом інженерних систем, які забезпечують її повноцінне функціонування, санітарно-гігієнічну безпеку, енергоефективність та комфортні умови перебування відвідувачів і персоналу. Інженерне забезпечення прийняте з урахуванням громадського призначення будівлі, наявності спортивних залів, кафе, санітарно-побутових приміщень, технічних зон та експлуатованої покрівлі.

Електропостачання будівлі передбачається від існуючої трансформаторної підстанції потужністю 100 кВА, розташованої поблизу об'єкта. Внутрішні електричні мережі проєктуються з розподілом навантажень за окремими групами: робоче та аварійне освітлення, силове обладнання, вентиляційні установки, насосне та технологічне обладнання, системи пожежної сигналізації, оповіщення і зв'язку. Такий розподіл підвищує надійність електропостачання та спрощує технічне обслуговування мереж.

Освітлення приміщень передбачається комбінованим: природним через віконні прорізи та штучним за допомогою енергоефективних світлодіодних світильників. У спортивних залах приймається рівномірне освітлення без різких тіней та засліплення, що важливо для безпечного виконання фізичних вправ. У коридорах, сходових клітках, санітарних вузлах і технічних приміщеннях передбачаються окремі групи світильників. На шляхах евакуації встановлюється аварійне та евакуаційне освітлення.

Система опалення приймається централізованою водяною з підключенням до зовнішніх теплових мереж. Теплоносій надходить до індивідуального теплового пункту, де здійснюється регулювання температурних параметрів залежно від зовнішніх кліматичних умов та режиму експлуатації будівлі. Як нагрівальні прилади передбачаються радіатори або конвектори, які розміщуються переважно під віконними прорізами та біля зовнішніх огорожувальних конструкцій. Таке розташування дозволяє компенсувати тепловтрати через зовнішні стіни і світлопрозорі конструкції.

Гаряче водопостачання забезпечується електричними водонагрівачами, встановленими у технічних приміщеннях. Застосування бойлерів дозволяє автономно забезпечувати потреби кафе, душових, санітарних вузлів та побутових приміщень незалежно від графіка роботи централізованих мереж гарячого водопостачання. Для зменшення тепловтрат трубопроводи гарячої води ізолюються теплоізоляційними матеріалами.

Холодне водопостачання будівлі здійснюється від міської водопровідної мережі з забезпеченням нормативного тиску в точках водорозбору.

Внутрішня система водопостачання передбачає подачу води до санітарних вузлів, душових, кафе, технічних приміщень та точок прибирання. Трубопроводи прокладаються з урахуванням можливості огляду, ремонту та заміни окремих ділянок без порушення роботи всієї системи.

Водовідведення господарсько-побутових стоків передбачається через систему внутрішніх каналізаційних стояків із подальшим підключенням до зовнішньої міської каналізаційної мережі. Стоки від санітарних вузлів, душових, технічних приміщень і кафе відводяться самоплинними трубопроводами. У місцях підключення сантехнічного обладнання передбачаються гідрозатвори для запобігання проникненню запахів із каналізаційної мережі.

Вентиляція будівлі організовується з урахуванням різного функціонального призначення приміщень. У спортивних залах, гардеробних, душових, санітарних вузлах та допоміжних приміщеннях передбачається видалення забрудненого повітря через вентиляційні канали з виведенням вище рівня покрівлі. Для приміщень із підвищеною вологістю доцільно передбачити посилену витяжну вентиляцію, що запобігає утворенню конденсату, появі грибка та погіршенню санітарного стану приміщень.

Для підтримання комфортного мікроклімату в тренувальних залах, адміністративних приміщеннях і зонах відпочинку передбачено встановлення спліт-систем кондиціонування. Потужність кондиціонерів підбирається відповідно до площі приміщень, кількості людей, тепловиділень від обладнання, інтенсивності сонячної радіації та режиму експлуатації. У спортивних залах обладнання повинно забезпечувати рівномірний розподіл повітряних потоків без утворення зон дискомфорту.

Будівля обладнується системами пожежної безпеки. До них належать автоматична пожежна сигналізація, система оповіщення людей про пожежу, покажчики напрямків евакуації та місця розміщення первинних засобів пожежогасіння. У коридорах, біля виходів і на основних шляхах евакуації передбачаються вогнегасники відповідного типу. Сигнали від пожежної

сигналізації повинні забезпечувати своєчасне виявлення небезпечної ситуації та організовану евакуацію людей із будівлі.

Для відведення атмосферних опадів з покрівлі передбачено зовнішню водостічну систему Storm Hunter. Водоприймальні елементи, жолоби та водостічні труби розташовуються вздовж фасадів і забезпечують організоване відведення дощових та талих вод від конструкцій будівлі. Таке рішення зменшує зволоження фасадів, вимощення та фундаментної частини, а також сприяє підвищенню довговічності зовнішніх конструкцій.

Усі інженерні мережі проєктуються з урахуванням доступності для технічного обслуговування, ремонту та безпечної експлуатації. Прийняті рішення забезпечують надійну роботу спортивно-оздоровчого центру, підтримання нормативних параметрів мікроклімату, раціональне використання енергоресурсів і належний рівень безпеки для відвідувачів та персоналу.

У архітектурно-будівельному розділі кваліфікаційної роботи розроблено основні об'ємно-планувальні, конструктивні та інженерно-технічні рішення спортивно-оздоровчого центру у місті Луцьк. Під час проєктування враховано містобудівні умови ділянки, природно-кліматичні особливості району будівництва, вимоги чинних державних будівельних норм, а також сучасні вимоги до енергоефективності, безпеки та комфорту громадських будівель.

У роботі виконано аналіз інженерно-геологічних умов майданчика, розроблено генеральний план території та прийнято раціональні архітектурно-планувальні рішення будівлі. Запроєктовано монолітний залізобетонний каркас, який забезпечує просторову жорсткість і надійність споруди. Проведений теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій підтвердив необхідність застосування ефективного теплоізоляційного шару для забезпечення нормативних показників теплозахисту.

## РОЗДІЛ II

### РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

#### 2.1 Розрахунок та проектування надземної частини громадської будівлі спортивно-оздоровчого центру

##### 2.1.1 Формування та розрахунок навантажень на несучі елементи надземної частини спортивно-оздоровчого центру

Під час проектування надземної частини спортивно-оздоровчого центру одним із основних етапів є визначення навантажень, що діють на несучі елементи будівлі. Правильне формування навантажень дозволяє забезпечити надійність, просторову стійкість та довговічність конструктивної системи.

Розрахунок виконано відповідно до вимог:

- ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи»;
- ДБН В.1.1-12:2014 «Будівництво у сейсмічних районах України»;
- ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції»;
- ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель».

У розрахунку враховано:

- постійні навантаження;
- довготривалі експлуатаційні навантаження;
- короткочасні навантаження;
- снігові та вітрові впливи;
- сейсмічні навантаження.

##### *Постійні навантаження від конструкції покриття*

До постійних навантажень належить власна вага всіх шарів покриття, перекриттів, огорожувальних конструкцій та інженерних елементів. Нормативне навантаження від окремого шару визначається за формулою:

$$q = \rho \cdot \delta ,$$

де:

$\rho$  – густина матеріалу, кг/м<sup>3</sup>;

$\delta$  – товщина шару, м.

Розрахункове навантаження:  $q_f = q \cdot \gamma_f$ ,

де:

$\gamma_f$  – коефіцієнт надійності за навантаженням.

Таблиця 2.1.1.1 – Навантаження від зовнішніх стін

№	Шар конструкції	$\delta$ , мм	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$q$ , кг/м <sup>2</sup>	$\gamma_f$	$q_f$ , кг/м <sup>2</sup>
1	Керамічна плитка	10	1600	16	1.2	19.2
2	Цементно-піщаний розчин	15	1800	27	1.3	35.1
3	Стяжка	30	1800	54	1.3	70.2
4	Рубероїд	6	1000	6	1.3	7.8
5	Склотканина	1	100	0.1	1.2	0.12
6	Керамзитобетон	100	1200	120	1.3	156
7	Стяжка	30	1800	54	1.3	70.2
8	Мінераловатні плити	120	125	15	1.3	19.5
9	Залізобетонна плита	150	2500	375	1.1	412.5

Сумарне нормативне навантаження:  $q = 687,1$  кг/м<sup>2</sup>.

Сумарне розрахункове навантаження:  $q_f = 790,52$  кг/м<sup>2</sup>.

Отримане навантаження використовується при визначенні внутрішніх зусиль у ригелях, колонах та плитах перекриття, а також при формуванні просторової розрахункової моделі будівлі.

#### *Експлуатаційне навантаження на перекриття*

Для громадських будівель спортивного призначення нормативне експлуатаційне навантаження на міжповерхові перекриття приймається відповідно до ДБН В.1.2-2:2006.

Для тренувальних залів:

$$q_{\text{експ}} = 400 \text{ кг/м}^2 = 4,0 \text{ кН/м}^2$$

Для коридорів та сходових кліток:

$$q_{\text{експ}} = 300 \text{ кг/м}^2 = 3,0 \text{ кН/м}^2$$

Для адміністративних та допоміжних приміщень:

$$q_{\text{експ}} = 200 \text{ кг/м}^2 = 2,0 \text{ кН/м}^2$$

*Розрахунок навантаження від зовнішніх стін*

Навантаження від газобетонних стін визначається за формулою:

$$P = b \cdot h \cdot \rho \cdot \gamma_f,$$

де:

$b$  – товщина стіни;

$h$  – висота поверху;

$\rho$  – густина газобетону;

$\gamma_f$  – коефіцієнт надійності.

Для першого поверху:

$$P_1 = 0,4 \cdot 4,5 \cdot 600 \cdot 1,2 = 1296 \text{ кг/м} \approx 1300 \text{ кг/м}$$

Для другого та третього поверхів:

$$P_{2,3} = 0,4 \cdot 3,3 \cdot 600 \cdot 1,2 = 950 \text{ кг/м}$$

Для парапету:

$$P_{\text{пар}} = 0,4 \cdot 0,9 \cdot 600 \cdot 1,2 = 260 \text{ кг/м}$$

*Снігове навантаження*

Район будівництва м. Луцьк належить до I снігового району України.

Характеристичне снігове навантаження:

$$S_0 = 0,76 \text{ кПа}$$

Розрахункове снігове навантаження визначається за формулою:

$$S = S_0 \cdot \mu \cdot C_e \cdot C_{alt} \cdot \gamma_f,$$

де:

$\mu$  – коефіцієнт форми покрівлі;

$C_e$  – коефіцієнт експлуатації;

$C_{alt}$  – коефіцієнт висоти;

$\gamma_f$  – коефіцієнт надійності.

Для плоскої покрівлі приймаємо:

$$\mu = 1,0;$$

$$C_e = 1,0;$$

$$C_{alt} = 1,0;$$

$$\gamma_f = 1,4.$$

Тоді:

$$S = 0,76 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,4 = 1,06 \text{ кПа}$$

*Вітрове навантаження*

Розрахунок вітрового навантаження виконано відповідно до ДБН В.1.2-2:2006.

Характеристичний вітровий тиск:

$$w_0 = 0,46 \text{ кПа} = 0,047 \text{ Т/м}^2$$

Тип місцевості – IV.

Висота будівлі – 11,1 м.

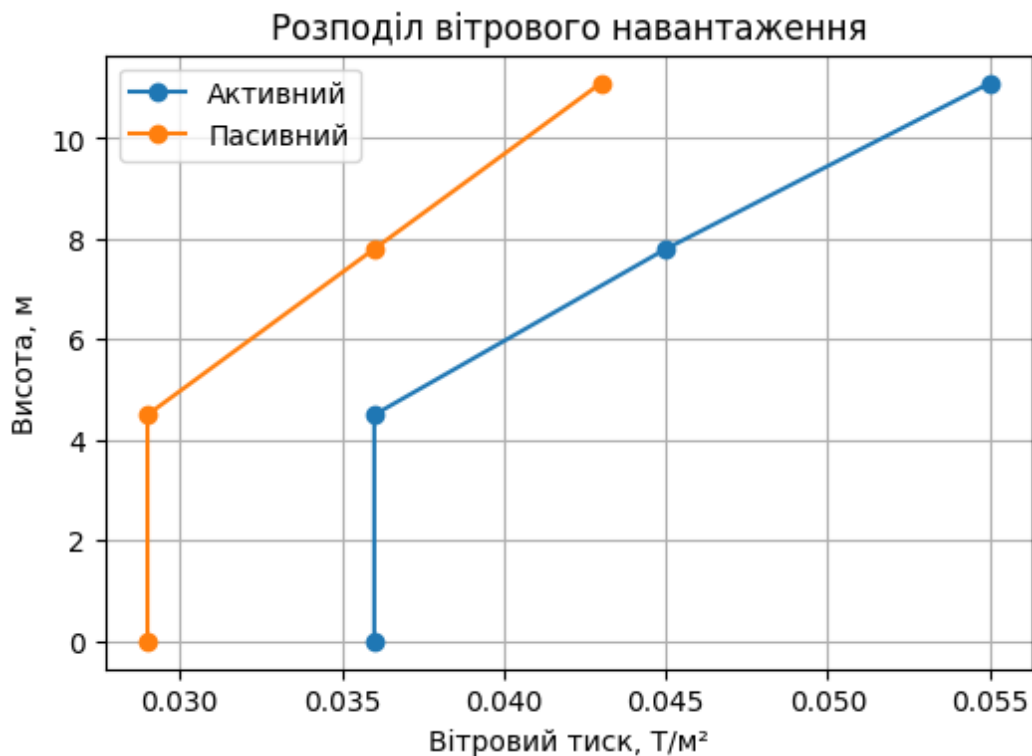


Рисунок 2.1.1.1 – Епюра вітрового навантаження

*Сейсмічний вплив*

Сейсмічне навантаження визначалось згідно з ДБН В.1.1-12:2014.

Розрахункова сейсмічність району будівництва становить 6 балів.

Для врахування нелінійної роботи каркаса прийнято:

$k_1 = 0,35$  – коефіцієнт непружних деформацій;

$k_2 = 1,0$  – коефіцієнт відповідальності споруди;

$k = 1,3$  – коефіцієнт нелінійного деформування основи.

Для аналізу просторової роботи каркаса враховано 6 форм власних коливань.

#### *Формування вантажних площ*

Розподіл навантажень між елементами каркаса здійснювався за методом вантажних площ.

Навантаження від плит перекриття та покриття передаються на ригелі, а далі – на колони та фундаментну систему.

Такий підхід дозволяє:

- врахувати сумісну роботу конструкцій;
- забезпечити коректне формування навантажень у SCAD Office;
- отримати достовірні внутрішні зусилля.

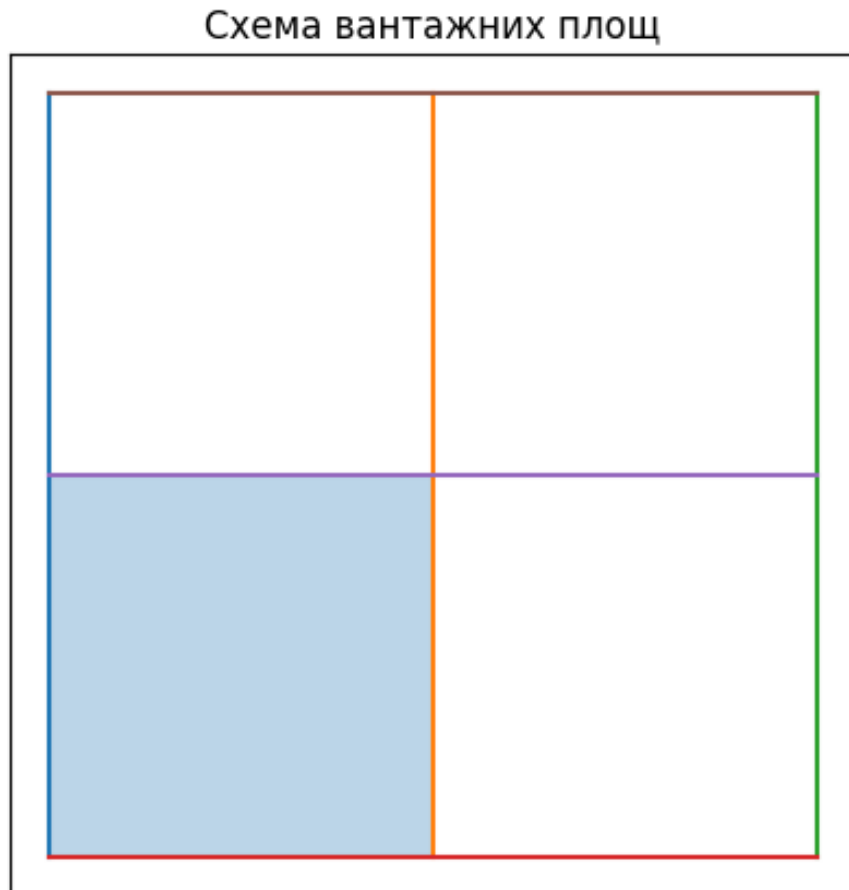


Рисунок 2.1.1.2 – Схема передачі навантажень на ригелі

Таблиця 2.1.1.2 - Навантаження на ригелі

Вантажна площа	Довжина	Qp	Qf	Qk	Qs
1.6	1.5	1.21	0.94	0.46	0.23
5.2	3.3	4.13	2.96	1.32	0.55
9.02	6.4	7.14	5.09	2.24	0.89
14.64	6.4	11.59	8.24	3.59	1.38
19.94	6.4	15.73	11.21	4.86	1.85

У результаті виконаного збору навантажень сформовано повний комплекс постійних та тимчасових впливів на конструктивну систему спортивно-оздоровчого центру.

Отримані значення були використані для створення просторової розрахункової моделі у програмному комплексі SCAD Office та подальшого визначення внутрішніх зусиль у ригелях, колонах, плитах перекриття та фундаментних конструкціях.

Прийнята схема навантажень відповідає чинним нормативним вимогам та забезпечує достовірність інженерного розрахунку надземної частини будівлі.

### **2.1.2 Методика просторового розрахунку та кінцево-елементного моделювання каркаса спортивно-оздоровчого центру**

Розрахунок несучої системи спортивно-оздоровчого центру виконано із застосуванням методу скінчених елементів (МСЕ), який є одним із найбільш поширених методів інженерного аналізу просторових конструкцій. Метод дозволяє врахувати реальну роботу каркасної системи під дією статичних, динамічних, кліматичних та сейсмічних навантажень.

Сутність методу полягає у поділі конструкції на окремі скінчені елементи, з'єднані між собою у вузлах. Для кожного елемента формується матриця жорсткості, після чого виконується побудова глобальної системи рівнянь рівноваги.

### *Основи методу скінченних елементів*

У методі переміщень, покладеному в основу розрахунку, кожен вузол моделі має шість ступенів свободи:

- три лінійні переміщення вздовж осей X, Y, Z;
- три кутові повороти навколо цих осей.

Основне рівняння методу скінченних елементів:

$$Kx = F,$$

де:

K – глобальна матриця жорсткості;

x – вектор вузлових переміщень;

F – вектор зовнішніх навантажень.

Після розв'язання системи рівнянь визначаються:

- переміщення вузлів;
- внутрішні зусилля;
- напруження;
- деформації;
- реакції опор.

### *Конструктивна схема каркаса*

Несуча система будівлі прийнята у вигляді монолітного залізобетонного каркаса рамного типу. Основними елементами системи є:

- колони;
- ригелі;
- монолітні плити перекриттів;
- фундаментні елементи.

Каркас забезпечує сприйняття:

- вертикальних навантажень;
- горизонтальних вітрових впливів;
- сейсмічних навантажень;
- експлуатаційних навантажень.

Схема рамного каркаса

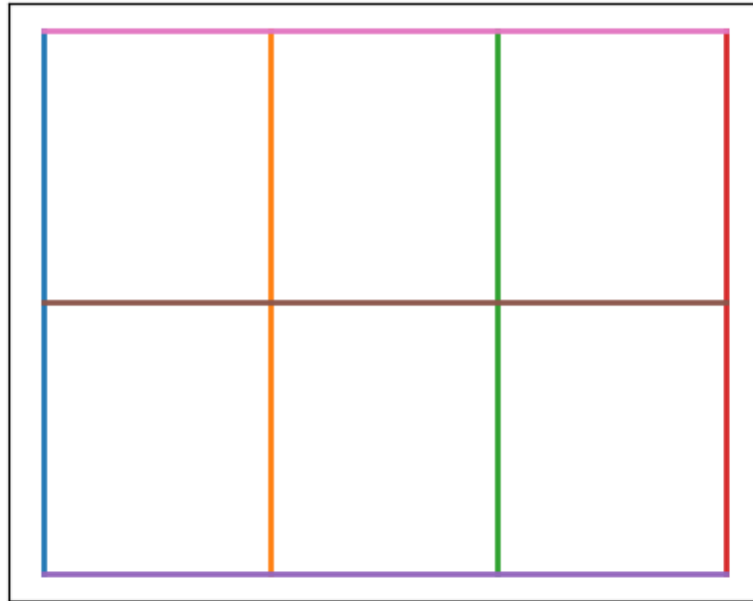


Рисунок 2.1.2.1 – Конструктивна схема монолітного каркаса

#### *Побудова розрахункової моделі*

Просторову розрахункову модель побудовано у програмному комплексі SCAD Office. Геометрична схема моделі формується по геометричних осях елементів, які проходять через центри ваги поперечних перерізів.

Закріплення колон у рівні фундаментів прийнято жорстким, що відповідає умовам монолітного з'єднання фундаментів і вертикальних конструкцій.

Модель має такі характеристики:

- кількість вузлів – 112;
- кількість скінченних елементів – 198;
- кількість ступенів свободи – 552;
- кількість навантажень – 10;
- кількість комбінацій навантажень – 4.

Таблиця 2.1.2.1 – Властивості елементів просторової моделі

Номери елементів	Тип елемента	Тип жорсткості
1–72	Стержневі елементи	1
72–200	Пластинчасті елементи	2

*Лінійна постановка задачі*

Статичний аналіз конструкції виконано у межах лінійної розрахункової моделі, яка передбачає пропорційну залежність між навантаженнями та деформаціями.

Лінійна постановка дозволяє:

- використовувати принцип суперпозиції;
- формувати розрахункові комбінації навантажень;
- ефективно аналізувати просторову роботу каркаса;
- визначати внутрішні зусилля у всіх елементах конструкції.

Таблиця 2.1.2.2 – Перелік навантажень у розрахунковій схемі

№	Назва навантаження	Характеристика
1	Власна вага	Гравітаційне навантаження від конструкцій
2	Покриття	Постійне навантаження від покрівлі
3	Стіни	Вага газобетонних блоків
4	Корисне	Експлуатаційні навантаження
5	Експлуатована покрівля	Навантаження від людей та обладнання
6	Снігове	Кліматичний вплив
7	Вітер спереду	Активний тиск
8	Вітер позаду	Пасивний тиск
9	Сейсміка Х	Горизонтальний вплив
10	Сейсміка Y	Горизонтальний вплив

### Комбінації навантажень

Для формування несприятливих розрахункових ситуацій використано комбінації навантажень відповідно до ДБН В.1.2-2:2006.

У комбінаціях застосовано коефіцієнти сполучення:

$\psi_1 = 0,95$  – для довготривалих навантажень;

$\psi_2 = 0,90$  – для короткочасних навантажень.

Таблиця 2.1.2.3 – Основні комбінації навантажень

Комбінація	Постійне	Тимчасове	Кліматичне
К1	1,0	0,95	0,90
К2	1,0	0,95	1,00
К3	1,0	1,00	0,90
К4	1,0	1,00	1,00

### *Просторова робота каркаса*

Просторовий каркас працює як єдина жорстка система. Монолітні перекриття виконують функцію жорстких горизонтальних дисків, що забезпечують передачу горизонтальних навантажень між елементами каркаса.

Основними елементами, які забезпечують просторову стійкість будівлі, є:

- колони;
- ригелі;
- монолітні плити перекриття;
- жорсткі вузли з'єднання.

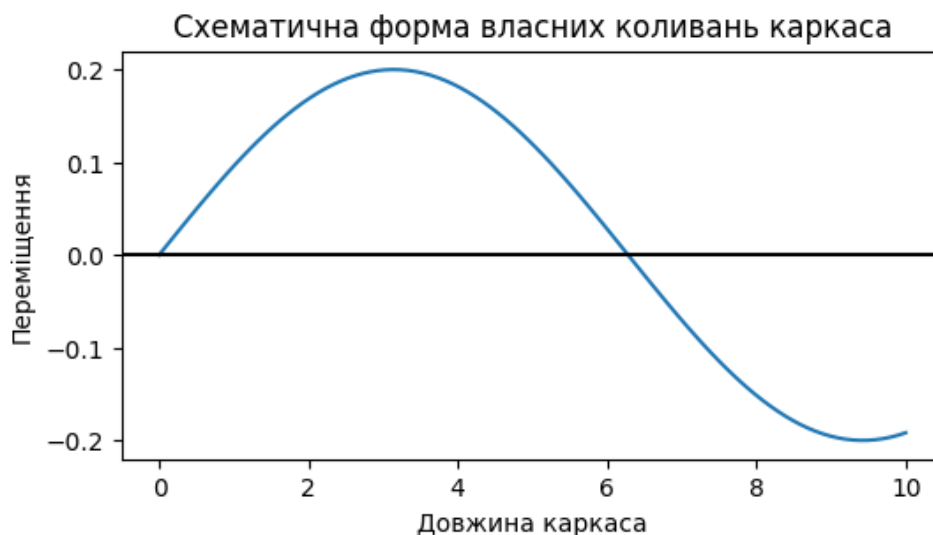


Рисунок 2.1.2.4 – Схематичне відображення форми власних коливань

*Аналіз результатів розрахунку*

У результаті розрахунку визначаються:

- згинальні моменти;
- поперечні сили;
- поздовжні зусилля;
- переміщення вузлів;
- деформації елементів;
- реакції опор.

Отримані результати використовуються для:

- підбору арматури;
- перевірки міцності конструкцій;
- оцінки жорсткості каркаса;
- аналізу деформативності;
- перевірки сейсмостійкості будівлі.

*Аналіз результатів розрахунку*

У результаті розрахунку визначаються:

- згинальні моменти;
- поперечні сили;
- поздовжні зусилля;
- переміщення вузлів;

- деформації елементів;
- реакції опор.

Отримані результати використовуються для:

- підбору арматури;
- перевірки міцності конструкцій;
- оцінки жорсткості каркаса;
- аналізу деформативності;
- перевірки сейсмостійкості будівлі.

Використання методу скінченних елементів та програмного комплексу SCAD Office дозволило виконати просторовий аналіз каркасної системи спортивно-оздоровчого центру з урахуванням усіх основних навантажень та впливів.

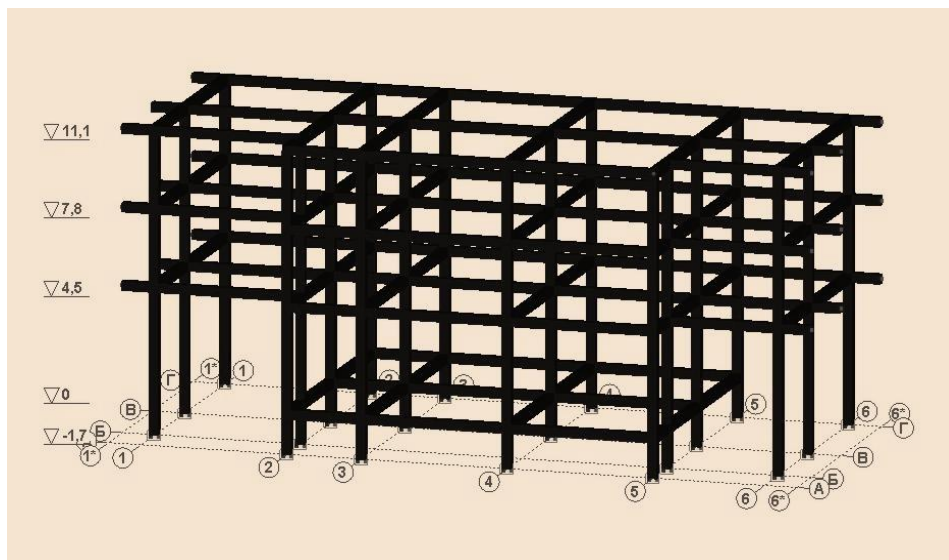


Рисунок 2.1.2.5– Просторова модель каркасної конструкції

Побудована кінцево-елементна модель забезпечує достовірне визначення внутрішніх зусиль, переміщень і напружено-деформованого стану конструкцій, що створює основу для подальшого підбору арматури та перевірки несучої здатності.

### **2.1.3 Аналіз результатів просторового розрахунку та підбір армування конструктивних елементів**

Після формування просторової розрахункової моделі у програмному

комплексі SCAD Office виконано статичний та сейсмічний аналіз несучої системи спортивно-оздоровчого центру.

У результаті розрахунку визначено внутрішні зусилля, переміщення вузлів, деформації та напружено-деформований стан елементів каркаса.

У розрахунках стрижневих елементів прийнято стандартну систему знаків внутрішніх зусиль, яка забезпечує однозначне трактування результатів.

Для кожного елемента визначаються:

- $N$  – поздовжня сила;
- $M_x$  – крутний момент;
- $M_y$  – згинальний момент відносно осі  $Y$ ;
- $M_z$  – згинальний момент відносно осі  $Z$ ;
- $Q_y$  – поперечна сила вздовж осі  $Y$ ;
- $Q_z$  – поперечна сила вздовж осі  $Z$ .

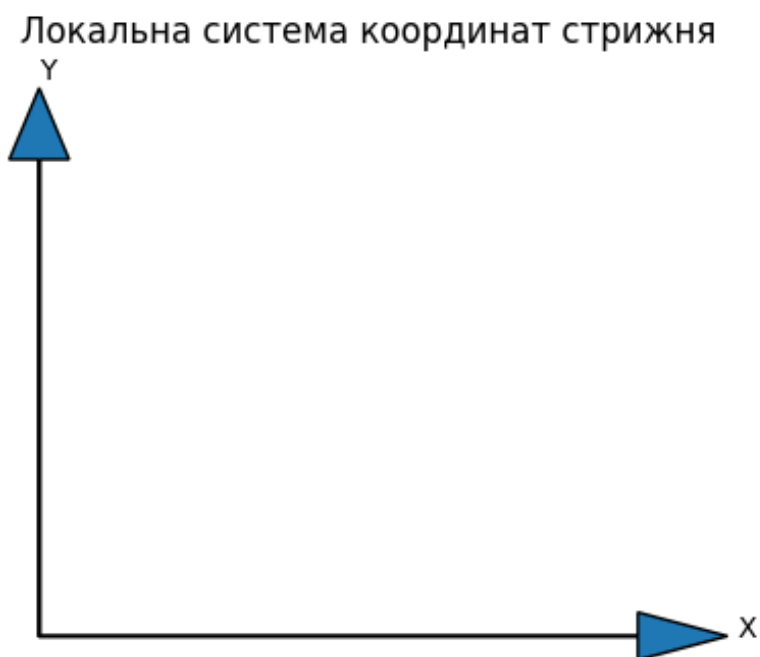


Рисунок 2.1.3.1 – Локальна система координат та внутрішніх зусиль

Додатні напрямки внутрішніх зусиль приймаються згідно з локальними осями елемента.

Поздовжня сила  $N$  вважається додатною у разі розтягнення елемента, а згинальні моменти – при обертанні проти годинникової стрілки.

Розрахунок виконано у програмному комплексі SCAD Office із застосуванням методу скінченних елементів.

Основні етапи розрахунку:

- побудова просторової моделі;
- задання жорсткісних характеристик;
- прикладення навантажень;
- формування комбінацій;
- статичний аналіз;
- сейсмічний аналіз;
- підбір арматури;
- перевірка несучої здатності елементів.

У результаті розрахунку отримано:

- згинальні моменти;
- поперечні сили;
- поздовжні зусилля;
- переміщення вузлів;
- форми власних коливань;
- напруження у конструктивних елементах.

*Аналіз переміщень каркаса*

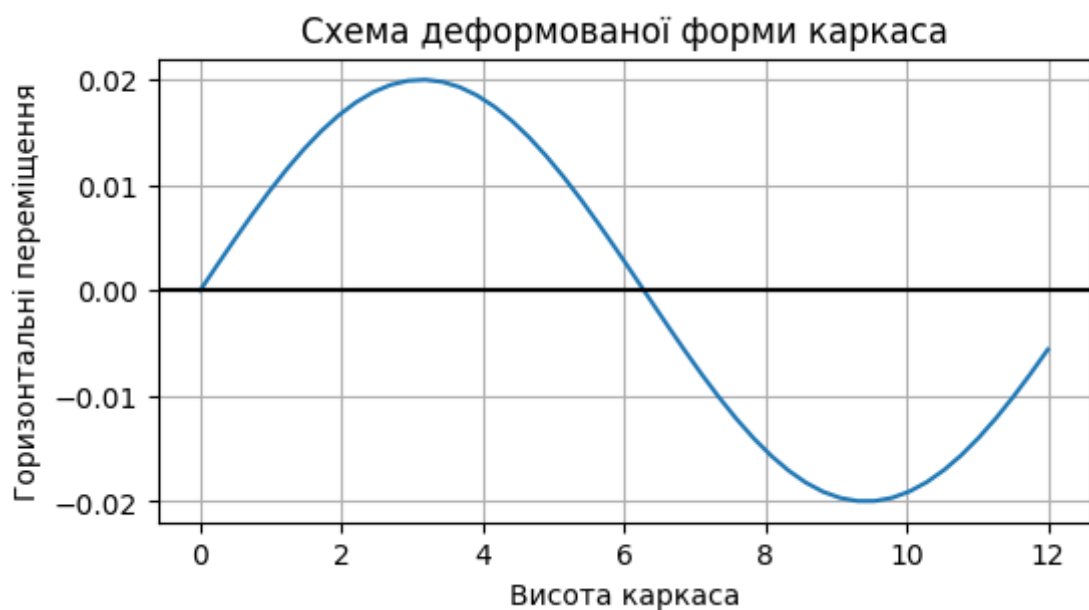


Рисунок 2.1.3.2 – Деформована схема просторового каркаса

Аналіз деформованої схеми показав, що максимальні горизонтальні переміщення спостерігаються у верхній частині будівлі.

Отримані значення не перевищують нормативно допустимих величин, що свідчить про достатню жорсткість конструктивної системи.

#### *Результати розрахунку армування колон*

Підбір арматури колон виконувався у модулі залізобетонних конструкцій SCAD Office на основі найбільш несприятливих комбінацій навантажень.

При підборі враховувались:

- поздовжні сили;
- згинальні моменти;
- сейсмічні впливи;
- вимоги до мінімального та максимального армування;
- умови анкерування арматури.

Таблиця 2.1.3.1 – Результати підбору армування колон

Марка колони	Переріз	Поздовжня арматура	As, см <sup>2</sup>	Поперечна арматура	Крок
K1	400×400	4Ø25 A400C	19,63	Ø8 A240C	100/200
K2	400×400	4Ø32 A400C	32,17	Ø8 A240C	100/200
K3	400×400	4Ø18 A400C	10,18	Ø8 A240C	100/200

Отримані результати показали:

- усі колони забезпечують необхідну несучу здатність;
- відсоток армування не перевищує гранично допустимих значень;
- найбільш навантаженими є колони нижнього поверху;
- сейсмічні впливи формують максимальні комбінації навантажень.

## Схема армування колони

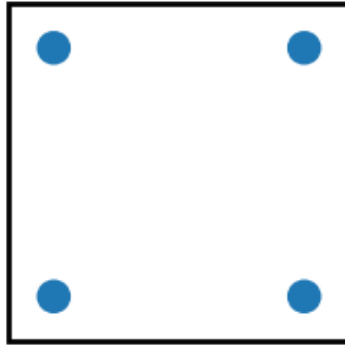


Рисунок 2.1.3.3 – Схема симетричного армування колони

### *Перевірка несучої здатності колон*

Несуча здатність колон перевірялась за умовою:

$$N \leq \varphi \cdot R_b \cdot A_b + R_s \cdot A_s$$

де:

$N$  – розрахункова поздовжня сила;

$\varphi$  – коефіцієнт умов роботи;

$R_b$  – розрахунковий опір бетону;

$A_b$  – площа бетону;

$R_s$  – розрахунковий опір арматури;

$A_s$  – площа арматури.

Усі перевірені елементи задовольняють вимоги:

- міцності;
- жорсткості;
- тріщиностійкості;
- сейсмостійкості.

### *Аналіз напружено-деформованого стану*

Напружено-деформований стан каркаса характеризується рівномірним розподілом внутрішніх зусиль між колонами, ригелями та плитами

перекриття.

Максимальні згинальні моменти виникають:

- у вузлах сполучення ригелів і колон;
- у крайніх ригелях;
- у нижній частині колон.

Найбільші поперечні сили спостерігаються у приопорних ділянках ригелів.

У результаті виконаного розрахунку у програмному комплексі SCAD Office отримано повний комплекс параметрів, необхідних для оцінки роботи просторового каркаса спортивно-оздоровчого центру.

Результати розрахунку підтвердили:

- достатню просторову жорсткість конструктивної системи;
- відповідність елементів вимогам міцності;
- ефективність прийнятої конструктивної схеми;
- забезпечення нормативної сейсмостійкості будівлі.

Підібране армування колон відповідає вимогам ДБН В.2.6-98 та забезпечує надійну роботу залізобетонного каркаса у всіх розрахункових режимах експлуатації.

## **2.2 Розрахунок та проєктування надземної частини громадської будівлі спортивно-оздоровчого центру**

### **2.2.1 Розрахунок та конструювання стовпчастого фундаменту ФМ-1**

Проєктування фундаментів спортивно-оздоровчого центру виконано відповідно до вимог ДБН В.2.1-10:2018 «Основи та фундаменти споруд» та ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції». Для сприйняття навантажень від монолітного залізобетонного каркаса прийнято стовпчастий фундамент ФМ-1 на природній основі. Вибір такого типу фундаменту обумовлений достатньою несучою здатністю вапнякових ґрунтів та відсутністю підвального поверху.

Вихідні дані для розрахунку

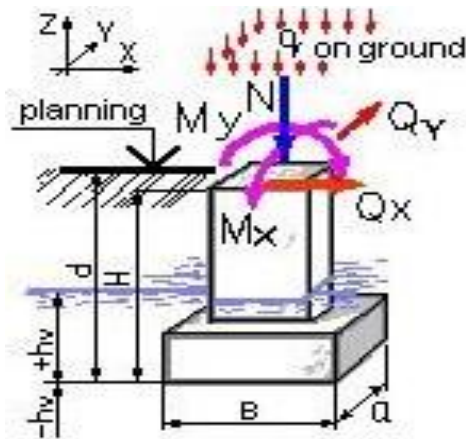


Рисунок 2.2.1.1 – Схема стовпчастого фундаменту

Таблиця 2.2.1.1 – Вихідні дані для розрахунку фундаменту

Параметр	Позначення	Значення	Одиниця
Вертикальна сила	N	91,2	тс
Згинальний момент	My	1,74	тс·м
Поперечна сила	Qx	0,46	тс
Глибина закладення	d	2,30	м
Висота фундаменту	H	1,95	м
Міцність вапняку	Rc	10	МПа
Коефіцієнт умов роботи	k	0,85	-
Коефіцієнт надійності	γ	1,15	-

Площа підошви фундаменту визначається за формулою:

$$A = N / R,$$

де:

N – розрахункове навантаження;

R – розрахунковий опір ґрунту.

Розрахунковий опір вапнякового ґрунту приймаємо:

$$R = 1257,78 \text{ тс/м}^2$$

Тоді необхідна площа подошви:

$$A = 97,01 / 1257,78 = 0,077 \text{ м}^2$$

З урахуванням конструктивних вимог та умов сприйняття моментів приймаємо:

- довжина подошви  $A = 1,0$  м;

- ширина подошви  $B = 1,5$  м.

Фактична площа фундаменту:

$$A_f = 1,0 \times 1,5 = 1,50 \text{ м}^2$$

*Перевірка тиску під подошвою*

Середній тиск під подошвою визначається за формулою:  $p = N / A_f$

$$p = 97,01 / 1,50 = 64,67 \text{ тс/м}^2$$

Отримане значення значно менше допустимого опору ґрунту:

$$64,67 < 1257,78 \text{ тс/м}^2$$

Отже, несуча здатність основи забезпечується з достатнім запасом.

*Перевірка ексцентриситету навантаження*

Ексцентриситет визначається за формулою:

$$e = M / N$$

$$e = 1,74 / 91,2 = 0,019 \text{ м}$$

Умова роботи фундаменту без відриву подошви:

$$e \leq B/6$$

$$0,019 \leq 1,5/6 = 0,25 \text{ м}$$

Умова виконується, тому епюра контактних напружень має трапецієподібний характер без виникнення розтягувальних зон.

*Перевірка міцності фундаментної плити*

Розрахунковий згинальний момент у подошві фундаменту:

$$M = p \cdot l^2 / 2 ,$$

де:

$p$  – середній тиск;

$l$  – консольний виліт фундаментної плити.

Для напрямку  $X$ :

$$M_x = 64,67 \times 0,45^2 / 2 = 6,55 \text{ тс}\cdot\text{м}$$

Для напрямку  $Y$ :

$$M_y = 64,67 \times 0,20^2 / 2 = 1,29 \text{ тс}\cdot\text{м}$$

*Підбір арматури фундаментної плити*

Площа робочої арматури визначається за формулою:

$$A_s = M / (R_s \cdot z)$$

де:

$R_s$  – розрахунковий опір арматури;

$z$  – внутрішнє плече пари сил.

Для бетону класу С20/25:

$$R_b = 14,5 \text{ Мпа}$$

Для арматури класу А400С:

$$R_s = 355 \text{ Мпа}$$

За результатами розрахунку приймаємо:

- робочу арматуру  $\varnothing 14$  А400С;
- крок стрижнів 200 мм;
- захисний шар бетону 35 мм.

Таблиця 2.2.1.2 – Армування фундаменту ФМ-1

Елемент	Арматура	Крок	Примітка
Підшва фундаменту	$\varnothing 14$ А400С	200 мм	Робоча арматура
Підколонник	$\varnothing 16$ А400С	200 мм	Поздовжня
Хомути	$\varnothing 8$ А240С	200 мм	Поперечна

Таблиця 2.2.1.3 – Геометричні характеристики фундаменту

Параметр	Позначення	Значення	Одиниця
Довжина підшви	A	1,0	м
Ширина підшви	B	1,5	м
Висота фундаменту	H	1,95	м
Розмір підколонника	b0	0,60×0,60	м
Кількість уступів	n	1	шт
Висота уступу	hn	0,30	м
Захисний шар	z	35	мм

Схема стовпчастого фундаменту ФМ-1

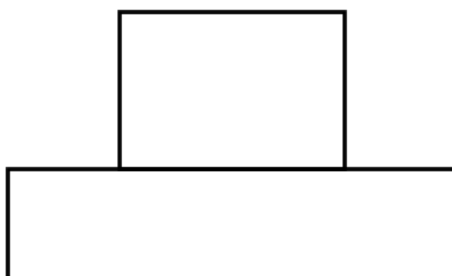


Рисунок 2.2.1.2 – Конструктивна схема стовпчастого фундаменту

*Перевірка за I групою граничних станів*

Перевірка фундаменту виконана за несучою здатністю ґрунтової основи та міцністю бетонної конструкції.

Отримані результати показали:

- тиск під підшоною не перевищує допустимого;
- ексцентриситет навантаження допустимий;
- фундамент працює без утворення зон відриву;

- міцність фундаментної плити забезпечується.

У результаті виконаного розрахунку прийнято стовпчастий фундамент ФМ-1 прямокутної форми розмірами  $1,0 \times 1,5$  м на природній основі.

Проведені перевірки підтвердили:

- достатню несучу здатність вапнякових ґрунтів;
- відповідність фундаменту вимогам ДБН;
- забезпечення міцності та жорсткості конструкції;
- надійну роботу фундаменту при дії вертикальних та горизонтальних навантажень.

Прийняте конструктивне рішення є економічно доцільним та забезпечує довговічну експлуатацію спортивно-оздоровчого центру.

### **2.2.2 Розрахунок та конструктивне обґрунтування стовпчастого фундаменту ФМ-2**

Стовпчастий фундамент ФМ-2 проєктується для сприйняття зусиль від окремої колони монолітного залізобетонного каркаса спортивно-оздоровчого центру у місті Луцьк. Розрахунок виконується для фундаменту на природній основі з урахуванням вертикального навантаження, згинального моменту, горизонтальної сили, власної ваги фундаменту та роботи ґрунтової основи.

Проєктування фундаменту виконано відповідно до загальних положень ДБН В.2.1-10:2018 «Основи і фундаменти будівель та споруд», ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції» та ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи». Основною метою розрахунку є перевірка достатності розмірів підшви, визначення контактних напружень під фундаментом, оцінка ексцентриситету прикладання навантаження та підбір робочого армування фундаментної плити і підколонника.

*Вихідні дані для розрахунку*

Будівля спортивно-оздоровчого центру не має підвального поверху, тому фундаменти працюють як окремі стовпчасті елементи, що передають навантаження від колон безпосередньо на природну основу. Підшва фундаменту приймається на відмітці -2,300 м. Ґрунтова основа представлена

вапняковими породами, які характеризуються високою міцністю, малою стисливістю та достатньою несучою здатністю.

Для фундаменту ФМ-2 прийнято розрахункові зусилля, характерні для менш навантаженого колонного вузла порівняно з фундаментом ФМ-1. У разі уточнення результатів розрахунку у SCAD Office числові значення зусиль можуть бути скориговані без зміни наведеної методики.

Таблиця 2.2.2.1 - Вихідні дані для розрахунку фундаменту ФМ-2

Найменування параметра	Позначення	Значення	Одиниця вимірювання
Вертикальна сила від колони	N	74.60	тс
Згинальний момент	M <sub>y</sub>	1.28	тс·м
Горизонтальна сила	Q <sub>x</sub>	0.38	тс
Відмітка підшви фундаменту	d	-2,300	м
Висота фундаменту	H	1.65	м
Клас бетону фундаменту	B	B25	-
Клас робочої арматури	R <sub>s</sub>	A400C	-
Клас поперечної арматури	R <sub>sw</sub>	A240C	-
Розрахунковий опір основи	R	1257.78	тс/м <sup>2</sup>
Коефіцієнт умов роботи ґрунту	k	0.85	-

#### *Визначення попередніх розмірів підшви фундаменту*

Необхідна площа підшви фундаменту за умовою сприйняття вертикального навантаження визначається за формулою:

$$A_{\text{оптр}} = N / R,$$

де N - вертикальне розрахункове навантаження на фундамент, тс; R - розрахунковий опір ґрунтової основи, тс/м<sup>2</sup>.

$$A_{\text{оптр}} = 74.60 / 1257.78 = 0.059 \text{ м}^2.$$

Отримана мінімальна площа є дуже малою через значну несучу здатність вапнякової основи. Однак фактичні розміри фундаменту призначаються не лише за несучою здатністю ґрунту, а й за конструктивними вимогами, умовами сприйняття згинального моменту, забезпеченням анкерування арматури та зручністю виконання бетонних робіт.

Для фундаменту ФМ-2 приймаємо прямокутну подошву:

$$A = 1.00 \text{ м};$$

$$B = 1.20 \text{ м}.$$

Фактична площа подошви становить:

$$A_f = A \cdot B = 1.00 \cdot 1.20 = 1.20 \text{ м}^2.$$

*Урахування власної ваги фундаменту*

Власна вага фундаменту враховується як додаткове постійне навантаження. Визначаємо за формулою:

$$G_f = A \cdot B \cdot H \cdot \gamma_b,$$

де  $A$  і  $B$  – розміри подошви фундаменту, м;  $H$  – висота фундаменту, м;  $\gamma_b$  – питома вага залізобетону, тс/м<sup>3</sup>.

$$G_f = 1.00 \cdot 1.20 \cdot 1.65 \cdot 2.50 = 4.95 \text{ тс}.$$

Сумарне вертикальне навантаження на подошву:

$$N_{\Sigma} = N + G_f = 74.60 + 4.95 = 79.55 \text{ тс}.$$

*Перевірка середнього тиску під подошвою фундаменту*

Середній контактний тиск під подошвою визначається за формулою:

$$p_{\text{сер}} = N_{\Sigma} / A_f.$$

$$p_{\text{сер}} = 79.55 / 1.20 = 66.29 \text{ тс/м}^2.$$

Умова несучої здатності основи:

$$p_{\text{сер}} \leq R.$$

$$66.29 \text{ тс/м}^2 < 1257.78 \text{ тс/м}^2.$$

Отже, середній тиск під подошвою фундаменту значно менший за розрахунковий опір вапнякової основи. Несуча здатність ґрунту забезпечується з достатнім запасом.

Через дію згинального моменту вертикальне навантаження передається на основу з ексцентриситетом. Ексцентриситет визначаємо за формулою:

$$e = M / N\Sigma.$$

$$e = 1.28 / 79.55 = 0.016 \text{ м.}$$

Для забезпечення роботи всієї площі підшви без відриву необхідно виконати умову:

$$e \leq B / 6.$$

$$B / 6 = 1.20 / 6 = 0.200 \text{ м.}$$

$$0.016 \text{ м} < 0.200 \text{ м.}$$

Умова виконується. Це означає, що під підшвою фундаменту не виникають зони розтягнення, а контактні напруження мають трапецієподібний характер.

Максимальний і мінімальний тиск під підшвою фундаменту при позацентровому стиску визначаються за формулами:

$$p_{\max} = (N\Sigma / Af) \cdot (1 + 6e / B),$$

$$p_{\min} = (N\Sigma / Af) \cdot (1 - 6e / B).$$

$$p_{\max} = 66.29 \cdot (1 + 6 \cdot 0.016 / 1.20) = 71.62 \text{ тс/м}^2.$$

$$p_{\min} = 66.29 \cdot (1 - 6 \cdot 0.016 / 1.20) = 60.96 \text{ тс/м}^2.$$

Перевірка:

$$p_{\max} = 71.62 \text{ тс/м}^2 < R = 1257.78 \text{ тс/м}^2;$$

$$p_{\min} = 60.96 \text{ тс/м}^2 > 0.$$

Отже, фундамент працює у режимі стиску по всій площі підшви.

Таблиця 2.2.2.2 - Перевірка роботи основи під фундаментом ФМ-2

Показник	Формула або умова	Результат	Висновок
Площа підшви	$Af = A \cdot B$	1.20 м <sup>2</sup>	Прийнято достатньо
Сумарне навантаження	$N\Sigma = N + Gf$	79.55 тс	Враховано власну вагу
Середній тиск	$p_{\text{сер}} = N\Sigma / Af$	66.29 тс/м <sup>2</sup>	Менше R
Ексцентриситет	$e = M / N\Sigma$	0.016 м	Менше B/6
Максимальний тиск	$p_{\max}$	71.62 тс/м <sup>2</sup>	Допустимо
Мінімальний тиск	$p_{\min}$	60.96 тс/м <sup>2</sup>	Відриву немає

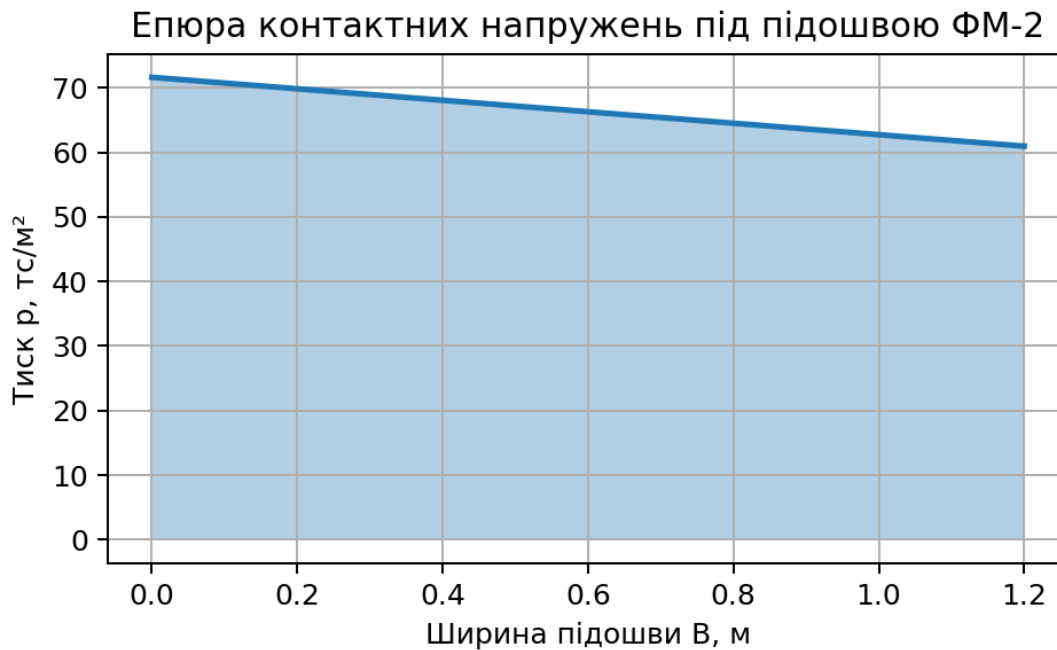


Рисунок 2.2.2.1 - Епюра контактних напружень під подошвою фундаменту ФМ-2

*Розрахунок згинальних моментів у фундаментній плиті*

Фундаментна плита працює як жорсткий залізобетонний елемент, що сприймає реактивний тиск ґрунтової основи. Найбільші згинальні моменти виникають у перерізах біля граней підколонника.

Консольний виліт плити визначається:

$$l_x = (A - b_0) / 2 = (1.00 - 0.60) / 2 = 0.20 \text{ м};$$

$$l_y = (B - l_0) / 2 = (1.20 - 0.60) / 2 = 0.30 \text{ м}.$$

Для попереднього розрахунку згинальний момент у консольній частині визначаємо за формулою:

$$M = p_{\max} \cdot l^2 / 2.$$

У напрямку Х:

$$M_x = 71.62 \cdot 0.20^2 / 2 = 1.43 \text{ тс}\cdot\text{м}.$$

У напрямку Y:

$$M_y = 71.62 \cdot 0.30^2 / 2 = 3.22 \text{ тс}\cdot\text{м}.$$

*Підбір робочої арматури фундаментної плити*

Робоча висота перерізу фундаментної плити визначається з урахуванням захисного шару бетону:

$$h_0 = h_{пл} - a_{зах} - d/2.$$

Для нижньої сітки при товщині розрахункового уступу 300 мм, захисному шарі 35 мм і діаметрі робочої арматури 14 мм:

$$h_0 = 300 - 35 - 14/2 = 258 \text{ мм.}$$

Внутрішнє плече пари сил орієнтовно приймається:

$$z = 0,9h_0 = 0,9 \cdot 258 = 232 \text{ мм.}$$

Необхідна площа робочої арматури:

$$A_s = M / (R_s \cdot z),$$

де  $M$  - розрахунковий згинальний момент, Н·мм;  $R_s$  - розрахунковий опір арматури А400С, МПа;  $z$  - внутрішнє плече пари сил, мм.

У напрямку Х:

$$A_{s,x} = 14.05 \cdot 10^6 / (355 \cdot 232) = 170 \text{ мм}^2/\text{м.}$$

У напрямку Y:

$$A_{s,y} = 31.62 \cdot 10^6 / (355 \cdot 232) = 384 \text{ мм}^2/\text{м.}$$

За конструктивними вимогами приймаємо нижню робочу арматуру фундаментної плити Ø14 А400С з кроком 200 мм в обох напрямках.

Фактична площа арматури становить:

$$A_{s,\phi} = 770 \text{ мм}^2/\text{м}, \text{ що більше за необхідну площу у двох напрямках.}$$

Таблиця 2.2.2.3 - Підбір робочої арматури фундаментної плити ФМ-2

Напрямок	Момент, тс·м	Необхідна $A_s$ , мм <sup>2</sup> /м	Прийнята арматура	Фактична $A_s$ , мм <sup>2</sup> /м
Х	1.43	170	Ø14 А400С, крок 200 мм	770
Y	3.22	384	Ø14 А400С, крок 200 мм	770

#### *Конструктивне армування підколонника*

Підколонник сприймає зусилля від колони та передає їх на плитну частину фундаменту. Для забезпечення надійної роботи вузла передбачається поздовжнє та поперечне армування.

Прийнято:

- переріз підколонника 600 × 600 мм;

- поздовжня арматура 4Ø16 А400С;
- поперечні хомути Ø8 А240С з кроком 200 мм;
- у зоні примикання колони до фундаменту крок хомутів зменшити до 100 мм;
- захисний шар бетону 35 мм.

Таке армування забезпечує просторову жорсткість підколонника, анкерування випусків арматури колони та надійне передавання зусиль на фундаментну плиту.

Таблиця 2.2.2.4 - Конструктивне армування фундаменту ФМ-2

Елемент фундаменту	Прийняте армування	Крок	Примітка
Фундаментна плита, нижня сітка	Ø14 А400С у двох напрямках	200 мм	Робоча арматура
Підколонник	4Ø16 А400С	-	Поздовжня арматура
Хомути підколонника	Ø8 А240С	100/200 мм	Згущення у вузловій зоні
Захисний шар бетону	35 мм	-	Для нижньої арматури і підколонника

Конструктивна схема фундаменту ФМ-2



Рисунок 2.2.2.2 - Конструктивна схема стовпчастого фундаменту ФМ-2

## План армування підшви

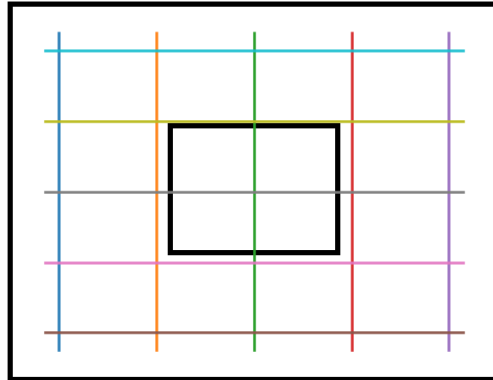


Рисунок 2.2.2.3 - Схема розташування нижньої арматурної сітки фундаменту  
*Перевірка фундаменту за першою групою граничних станів*

Перевірка за першою групою граничних станів виконується для оцінки несучої здатності основи та міцності залізобетонного тіла фундаменту. Основні умови перевірки мають вигляд:

$$r_{\max} \leq R;$$

$$r_{\min} > 0;$$

$$A_{s,\phi} \geq A_{s,\text{потр.}}$$

Для фундаменту ФМ-2 отримано:

$$r_{\max} = 71.62 \text{ тс/м}^2 < R = 1257.78 \text{ тс/м}^2;$$

$$r_{\min} = 60.96 \text{ тс/м}^2 > 0;$$

$$A_{s,\phi} = 770 \text{ мм}^2/\text{м} > A_{s,x} = 170 \text{ мм}^2/\text{м};$$

$$A_{s,\phi} = 770 \text{ мм}^2/\text{м} > A_{s,y} = 384 \text{ мм}^2/\text{м}.$$

Усі основні умови міцності та стійкості виконуються.

Таблиця 2.2.2.5 - Прийняті параметри фундаменту ФМ-2

Параметр	Позначення	Значення	Одиниця
Довжина підшви	A	1.00	м
Ширина підшви	B	1.20	м
Площа підшви	Af	1.20	м <sup>2</sup>
Висота фундаменту	H	1.65	м
Розмір підколонника	b0 × 10	0,60 × 0,60	м
Захисний шар бетону	азах	35	мм
Клас бетону	B	B25	-
Робоча арматура	As	Ø14 A400C	-

У результаті виконаного розрахунку для колонного вузла прийнято стовпчастий фундамент ФМ-2 прямокутної форми з розмірами підшви 1.00 × 1.20 м та висотою 1.65 м. Фундамент проектується на природній вапняковій основі, яка має достатню несучу здатність для сприйняття розрахункових навантажень від надземної частини будівлі.

Перевірка контактних напружень показала, що максимальний тиск під підшвою становить 71.62 тс/м<sup>2</sup> і не перевищує розрахунковий опір основи 1257.78 тс/м<sup>2</sup>. Ексцентриситет прикладання навантаження дорівнює 0.016 м, що менше допустимого значення  $B/6 = 0.200$  м. Це підтверджує роботу фундаменту без відриву підшви.

Для армування фундаментної плити прийнято нижню сітку з арматури Ø14 A400C з кроком 200 мм в обох напрямках. Підколонник армується 4Ø16 A400C з поперечними хомутами Ø8 A240C. Прийняте рішення забезпечує міцність, жорсткість і довговічність фундаменту ФМ-2 відповідно до вимог чинних будівельних норм.

# РОЗДІЛ III

## ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

### 3.1 Організаційно-технічна підготовка будівництва спортивно-оздоровчого центру

Відповідно до вимог ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва» виконання будівельно-монтажних робіт допускається лише після завершення комплексу організаційних, технічних та підготовчих заходів, спрямованих на створення безпечних і ефективних умов будівництва. Підготовка будівництва є одним із найважливіших етапів реалізації проєкту, оскільки саме на цій стадії формується система організації майбутнього будівельного процесу, визначаються основні ресурси та забезпечується взаємодія всіх учасників будівництва.

Для будівництва спортивно-оздоровчого центру у місті Луцьк підготовчий період передбачає виконання комплексу організаційно-технічних заходів, які забезпечують можливість своєчасного та безперервного виконання основних будівельно-монтажних робіт. Усі підготовчі роботи виконуються з урахуванням вимог охорони праці, пожежної безпеки, екологічних норм та містобудівних обмежень.

Організаційно-технічна підготовка будівництва включає декілька взаємопов'язаних напрямків. Першочергово здійснюється ознайомлення з проєктно-кошторисною документацією, вивчення архітектурних, конструктивних та технологічних рішень об'єкта, а також аналіз інженерно-геологічних та гідрологічних умов будівельного майданчика. Особлива увага приділяється вивченню генерального плану території, існуючих інженерних мереж, транспортних під'їздів та умов виконання робіт у межах міської забудови.

На стадії підготовки будівництва виконуються погодження із відповідними службами та організаціями, оформлюються дозвільні документи, визначаються джерела забезпечення будівництва матеріальними

ресурсами, електроенергією та водопостачанням. Також здійснюється розроблення проєкту виконання робіт, календарного графіка будівництва та будівельного генерального плану.

Підготовка до будівництва об'єкта включає організацію будівельного майданчика та створення необхідної тимчасової інфраструктури. Перед початком основних робіт виконується очищення території від сміття, залишків рослинності та сторонніх предметів. За необхідності проводиться демонтаж існуючих тимчасових споруд або інженерних елементів, що перешкоджають виконанню будівництва.

Одним із найважливіших етапів підготовки є геодезичне забезпечення будівництва. На майданчику здійснюється винесення в натуру основних координатних осей будівлі, закріплення реперів та створення геодезичної розбивочної основи. Геодезичні роботи виконуються із застосуванням сучасних приладів та забезпечують точність подальшого виконання земляних і монтажних робіт.

Для забезпечення безпечної організації будівництва територія майданчика огорожується тимчасовою інвентарною огорожею. На в'їздах до будівельного майданчика встановлюються інформаційні щити із зазначенням основних даних про об'єкт будівництва, відповідальних осіб та строків виконання робіт. У межах майданчика організуються контрольовані в'їзди та виїзди для будівельного транспорту.

Важливою складовою підготовчого періоду є улаштування тимчасових доріг і майданчиків для руху будівельної техніки. Тимчасові проїзди повинні забезпечувати безперешкодний рух автотранспорту, підвезення будівельних матеріалів та роботу вантажопідіймальних механізмів у будь-яких погодних умовах. Розміщення тимчасових доріг виконується з урахуванням черговості виконання робіт та схеми руху транспорту на будівельному майданчику.

На підготовчому етапі також виконується підключення тимчасових інженерних мереж. Для забезпечення будівництва електроенергією організовується тимчасове електропостачання від існуючих міських мереж

або трансформаторної підстанції. Тимчасове водопостачання передбачається для технологічних потреб, господарсько-побутового забезпечення працівників та протипожежних заходів.

На території будівельного майданчика встановлюються тимчасові побутові та адміністративні приміщення. До їх складу входять побутові вагончики для працівників, санітарно-побутові приміщення, приміщення для зберігання інструменту та засобів індивідуального захисту, а також місця для відпочинку персоналу. Розміщення тимчасових споруд здійснюється відповідно до вимог охорони праці та пожежної безпеки.

Для зберігання будівельних матеріалів організуються відкриті та закриті складські майданчики. При їх розташуванні враховуються технологічна послідовність виконання робіт, зони дії вантажопідіймальних механізмів та можливість безпечного транспортування матеріалів до місця виконання робіт.

Особлива увага під час підготовки будівництва приділяється питанням охорони праці, пожежної та екологічної безпеки. На будівельному майданчику встановлюються попереджувальні знаки, засоби пожежогасіння, організовується тимчасове освітлення та визначаються небезпечні зони виконання робіт. Усі працівники проходять вступний та первинний інструктажі з охорони праці.

Підготовка будівництва спортивно-оздоровчого центру включає комплекс взаємопов'язаних організаційних, технічних та інженерних заходів, спрямованих на створення належних умов для виконання будівельно-монтажних робіт. Якісне виконання підготовчого періоду забезпечує безпечне, ритмічне та ефективне зведення об'єкта відповідно до вимог чинних будівельних норм і правил.

### **3.2 Вибір організаційно-технологічних рішень зведення спортивно-оздоровчого центру**

Організаційно-технологічні рішення будівництва спортивно-оздоровчого центру розроблені з урахуванням архітектурно-планувальних особливостей об'єкта, прийнятої конструктивної схеми будівлі, умов будівельного майданчика та вимог чинних нормативних документів. Основною метою вибору раціональних методів будівництва є забезпечення безперервності виконання робіт, скорочення тривалості будівництва, підвищення продуктивності праці та забезпечення належної якості будівельно-монтажних робіт.

Будівля спортивно-оздоровчого центру має монолітний залізобетонний каркас із монолітними перекриттями, що визначає технологічну послідовність виконання основних процесів. Зведення об'єкта передбачається потоковим методом із поярусною та позахватною організацією робіт. Такий підхід забезпечує рівномірне завантаження трудових ресурсів і будівельних механізмів, а також дозволяє одночасно виконувати декілька взаємопов'язаних процесів на різних ділянках будівлі.

Технологічна схема будівництва передбачає поділ об'єкта на окремі захватки, у межах яких роботи виконуються у чіткій технологічній послідовності. Розподіл будівлі на захватки дозволяє організувати безперервний цикл робіт та мінімізувати простой будівельних бригад і техніки. При цьому кожна наступна бригада розпочинає роботу після завершення попереднього процесу на відповідній ділянці.

Будівництво спортивно-оздоровчого центру передбачається здійснювати у декілька основних етапів:

- підготовчий період;
- земляні роботи;
- улаштування фундаментів;
- зведення монолітного залізобетонного каркаса;
- монтаж огорожувальних конструкцій;

- улаштування покрівлі;
- виконання внутрішніх інженерних робіт;
- оздоблювальні роботи;
- благоустрій території.

На етапі земляних робіт виконується розробка котловану екскаватором із зворотною лопатою з подальшим доопрацюванням основи вручну. Грунт, придатний для зворотної засипки, тимчасово складається в межах будівельного майданчика, а надлишковий ґрунт вивозиться автосамоскидами.

Улаштування фундаментів виконується після завершення геодезичної перевірки відміток основи. Монтаж арматурних каркасів та бетонування фундаментів здійснюються відповідно до технологічних карт та вимог ДБН щодо бетонних і залізобетонних конструкцій. Бетонування проводиться із застосуванням автобетононасоса, що забезпечує безперервне подавання бетонної суміші до місця укладання.

Основним етапом будівництва є зведення монолітного залізобетонного каркаса. Роботи виконуються поярусно із застосуванням інвентарної щитової опалубки. Технологічна послідовність виконання монолітних робіт включає:

- монтаж опалубки колон;
- армування колон;
- бетонування колон;
- монтаж опалубки ригелів та плит перекриття;
- армування перекриттів;
- бетонування ригелів і плит;
- догляд за бетоном;
- демонтаж опалубки після досягнення бетоном необхідної міцності.

Для забезпечення просторової жорсткості каркаса бетонування конструкцій виконується відповідно до технологічної послідовності, що виключає виникнення нерівномірних деформацій та перевантажень окремих елементів.

Подавання матеріалів, арматури, опалубки та допоміжних конструкцій у зону виконання робіт здійснюється за допомогою баштового крана. Вибір крана виконано з урахуванням габаритів будівлі, маси вантажів та необхідного радіуса обслуговування будівельного майданчика.

Після завершення монолітних робіт виконується влаштування зовнішніх та внутрішніх стін із газобетонних блоків. Кладка стін здійснюється ярусним методом із використанням інвентарних підмостків. Роботи організуються таким чином, щоб забезпечити безперервне постачання матеріалів до робочої зони та мінімізувати ручне переміщення блоків.

Монтаж покрівельної системи виконується після завершення бетонування верхнього перекриття та досягнення проектної міцності бетону. Особлива увага приділяється улаштуванню гідроізоляційних шарів та утеплення покрівлі, оскільки будівля має експлуатовану плоску покрівлю.

Виконання внутрішніх інженерних робіт здійснюється паралельно з оздоблювальними процесами за умови дотримання технологічної сумісності робіт. Монтаж систем водопостачання, каналізації, вентиляції, електропостачання та кондиціонування виконується спеціалізованими бригадами.

Оздоблювальні роботи організуються після завершення основних монтажних процесів та включають:

- штукатурні роботи;
- улаштування підлог;
- облицювання поверхонь;
- фарбування;
- монтаж підвісних стель;
- встановлення дверних та віконних блоків.

Організація будівництва передбачає максимальне суміщення окремих видів робіт у часі, що дозволяє скоротити загальну тривалість зведення об'єкта. При цьому особлива увага приділяється дотриманню вимог охорони праці, пожежної безпеки та виробничої санітарії.

Для забезпечення ритмічності будівництва передбачається своєчасне постачання матеріалів та конструкцій відповідно до календарного графіка виконання робіт. Складування матеріалів організовується у межах зон дії крана, що зменшує трудомісткість вантажно-розвантажувальних операцій та підвищує ефективність використання будівельної техніки.

Прийняті організаційно-технологічні рішення забезпечують послідовне та безпечне виконання будівельно-монтажних робіт, ефективне використання матеріально-технічних ресурсів та скорочення тривалості будівництва спортивно-оздоровчого центру у місті Луцьк.

### **3.3 Технологічні рішення улаштування монолітного залізобетонного каркаса спортивно-оздоровчого центру**

Технологічна карта розроблена на виконання робіт із зведення монолітного залізобетонного каркаса спортивно-оздоровчого центру у місті Луцьк. Комплекс робіт охоплює бетонування колон, ригелів та монолітного перекриття типового поверху будівлі. Технологічні рішення прийняті з урахуванням архітектурно-конструктивних особливостей об'єкта, вимог чинних нормативних документів, умов будівельного майданчика та прийнятої організації будівництва.

До початку основного циклу монолітних робіт виконується комплекс підготовчих заходів, спрямованих на забезпечення безперервності технологічного процесу та створення безпечних умов праці. На будівельному майданчику організовуються тимчасові склади будівельних матеріалів, побутові приміщення для працівників, зони складування арматури та опалубки, а також забезпечується підведення тимчасових інженерних мереж. Перед початком бетонування надземної частини мають бути завершені роботи нульового циклу, а саме:

- розроблення котловану;
- улаштування фундаментів;
- бетонування фундаментних елементів;
- виконання гідроізоляції;

- зворотне засипання пазух фундаментів із пошаровим ущільненням ґрунту.

Організація робіт виконується відповідно до будівельного генерального плану та календарного графіка будівництва. До початку бетонування здійснюється перевірка готовності вантажопідіймальних механізмів, інструменту, інвентарю, опалубки та арматурних конструкцій. Також оформлюються акти на приховані роботи та проводиться контроль геометричних параметрів конструкцій.

### 3.3.1 Організація технологічного процесу монолітних робіт

До початку бетонування типового поверху виконується комплекс підготовчих операцій, що включає встановлення арматурних каркасів, монтаж закладних деталей, складання інвентарної опалубки та перевірку її геометричних параметрів. Особлива увага приділяється жорсткості опалубки, надійності кріплень та правильності встановлення розпірних елементів.

Перед укладанням бетонної суміші поверхні раніше забетонованих конструкцій очищуються від сміття, пилу та цементної плівки. У місцях примикання опалубки до перекриттів застосовуються ущільнювальні прокладки, що запобігають витіканню цементного молока під час бетонування.

Подача бетонної суміші до робочої зони здійснюється автомобільним краном із використанням поворотних бадей місткістю 1,0 м<sup>3</sup>. Бетонна суміш доставляється автобетонозмішувачами згідно з погодженим графіком, що забезпечує безперервність процесу бетонування та виключає утворення небажаних технологічних перерв.

Укладання бетонної суміші виконується горизонтальними шарами однакової товщини без розриву технологічного процесу. Для ущільнення бетону застосовуються глибинні вібратори типу ВЕРБ-210. У процесі вібрування забезпечується:

- рівномірне ущільнення бетонної суміші;
- видалення повітряних включень;

- щільне заповнення простору між арматурними стрижнями;
- запобігання утворенню пустот і раковин у бетоні.

Особлива увага приділяється ущільненню бетону в місцях підвищеного армування та біля поверхонь опалубки. Тривалість вібрування визначається візуально за припиненням осідання бетонної суміші та появою цементного молока на поверхні.

Після завершення бетонування забезпечується догляд за бетоном, який включає підтримання необхідного температурно-вологісного режиму, захист поверхонь від передчасного висихання та атмосферних впливів. У теплий період року поверхні конструкцій періодично звожуються, а в умовах знижених температур передбачаються заходи щодо теплової обробки бетону.

Розпалублення конструкцій допускається лише після досягнення бетоном необхідної проектної міцності. Демонтаж опалубки виконується поетапно без ударних навантажень, що виключає пошкодження монолітних конструкцій.

### 3.3.2 Технологія бетонування основних конструктивних елементів

Бетонування колон виконується після перевірки правильності встановлення арматурних каркасів та опалубки. Арматурні каркаси подаються краном у робочу зону та встановлюються у проектне положення із подальшим закріпленням. Опалубка колон монтується укрупненими Г-подібними елементами, що забезпечує високу швидкість монтажу та точність геометричних розмірів.

Бетонування колон здійснюється безперервно на всю висоту елемента. У випадку значної висоти або густого армування допускається поетапне бетонування через спеціальні технологічні отвори. Під час укладання бетонної суміші контролюється вертикальність конструкцій та відсутність зміщення опалубки.

Монтаж опалубки ригелів виконується із застосуванням телескопічних стояків та інвентарних балкових систем. Після встановлення днищевих елементів монтуються бокові щити та виконується встановлення арматурних

каркасів. Геометричні параметри ригелів контролюються геодезичними приладами. Бетонування ригелів виконується безперервно в межах захватки. Монолітні перекриття бетонуються після завершення монтажу опалубки, армування та встановлення всіх закладних деталей. Для улаштування перекриттів застосовується інвентарна опалубна система з телескопічними стояками. Перед бетонуванням виконується очищення опалубки та її зволоження.

Бетонна суміш укладається окремими смугами з рівномірним пошаровим ущільненням. У місцях технологічних перерв улаштовуються робочі шви відповідно до вимог нормативних документів. Для ущільнення бетонної суміші застосовуються поверхневі вібратори та віброрейки.

### 3.3.3 Підбір машин, механізмів та технологічного обладнання

Для виконання монолітних робіт прийнято автомобільний кран КС-5473, технічні характеристики якого забезпечують можливість подачі бетонної суміші, монтажу арматурних каркасів, елементів опалубки та інших вантажно-монтажних операцій. Вибір крана здійснювався з урахуванням висоти будівлі, необхідного вильоту стріли та максимальної маси вантажів.

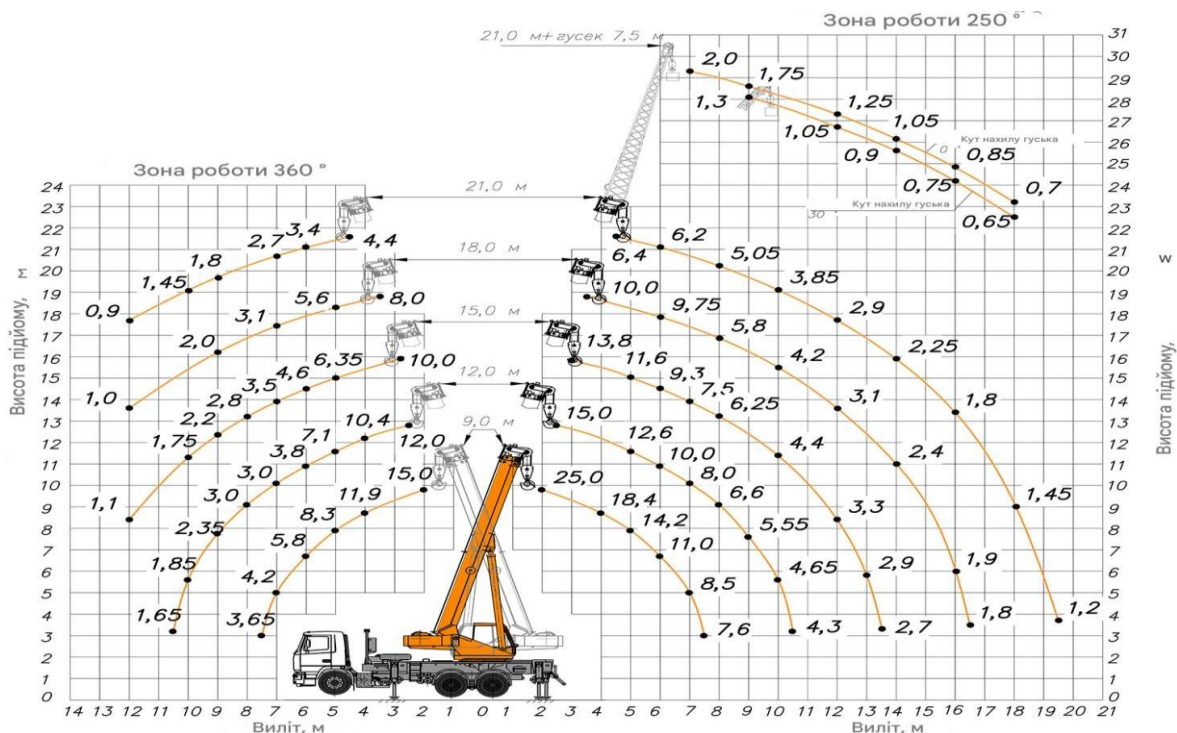


Рисунок 3.3.1 – Монтажні характеристики крана КС-5473

Для транспортування бетонної суміші використовуються автобетонозмішувачі, а безпосередня подача бетону у робочу зону здійснюється за допомогою поворотних бадей місткістю 1,0 м<sup>3</sup>.

Для ущільнення бетонної суміші застосовується глибокий вібратор ВЕРБ-210 із гнучким валом довжиною 3 м та діаметром вібронаконечника 51 мм. Застосування такого обладнання забезпечує ефективне ущільнення бетонної суміші та високу якість монолітних конструкцій.

#### 3.3.4 Контроль якості монолітних робіт

Контроль якості бетонних та арматурних робіт виконується відповідно до вимог ДБН В.2.6-98:2009 та технологічної документації. На будівельному майданчику ведеться журнал бетонних робіт, у якому фіксуються:

- дата та час бетонування;
- характеристики бетонної суміші;
- температура навколишнього середовища;
- результати випробувань контрольних зразків;
- строки розпалублення конструкцій.
- Перед початком бетонування перевіряється:
  - правильність встановлення опалубки;
  - якість армування;
  - наявність закладних деталей;
  - чистота робочих поверхонь;
  - відповідність матеріалів сертифікатам якості.

Після завершення бетонування контролюється фактична міцність бетону, геометричні параметри конструкцій, якість поверхонь та відповідність виконаних робіт проектним рішенням. Остаточне приймання монолітних конструкцій оформлюється актами на приховані роботи та актами приймання відповідальних конструкцій.

#### 3.3.5 Заходи з охорони праці під час виконання монолітних робіт

Виконання монолітних робіт здійснюється відповідно до вимог ДБН А.3.2-2-2009 та правил охорони праці у будівництві. Перед початком робіт

перевіряється справність опалубки, риштувань, вантажопідіймального обладнання та засобів індивідуального захисту.

Робочі місця на висоті обладнуються інвентарними огороженнями та захисними настилами. Усі отвори та прорізи в перекриттях закриваються або огорожуються. Під час роботи з електрообладнанням забезпечується заземлення механізмів та контроль стану електрокабелів.

Під час бетонування забороняється:

- перебування працівників під вантажем;
- спирання вібраторів на арматуру;
- виконання робіт при несправному обладнанні;
- розбирання опалубки до досягнення бетоном необхідної міцності.

Працівники, зайняті на бетонних та монтажних роботах, забезпечуються спецодягом, захисними касками, рукавицями та запобіжними поясами.

### 3.3.6 Техніко-економічна оцінка технологічних рішень

Прийняті організаційно-технологічні рішення забезпечують комплексну механізацію основних процесів та дозволяють раціонально організувати виконання монолітних робіт. Використання інвентарної опалубки, потокового методу виконання робіт та сучасних засобів механізації сприяє підвищенню продуктивності праці та скороченню тривалості будівництва. Загальна тривалість виконання комплексу робіт становить 34 дні. Сумарна трудомісткість — 40 люд.-змін.

Застосування автомобільного крана КС-5473 та інвентарних опалубних систем забезпечує ефективну організацію бетонування конструкцій у межах будівельного майданчика. Прийнята технологія дозволяє забезпечити необхідну якість монолітних конструкцій, відповідність нормативним вимогам та безпечне виконання будівельно-монтажних робіт.

## **3.4 Розроблення календарного плану виконання будівельно-монтажних робіт**

Календарний графік виконання робіт є одним із основних документів організаційно-технологічної частини проєкту будівництва та призначений

для визначення послідовності, тривалості та взаємозв'язку будівельних процесів під час зведення спортивно-оздоровчого центру у місті Луцьк. Календарне планування дозволяє забезпечити ритмічне виконання робіт, ефективно використання трудових і матеріально-технічних ресурсів, а також скорочення загальної тривалості будівництва.

Розроблення календарного графіка виконувалось відповідно до вимог:

- ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва»;
- ДСТУ Б А.3.1-22:2013;
- нормативів трудомісткості та продуктивності будівельних процесів.

Під час складання календарного графіка враховувалися:

- об'ємно-планувальні та конструктивні особливості будівлі;
- технологічна послідовність виконання робіт;
- прийняті методи організації будівництва;
- забезпеченість будівельними машинами та механізмами;
- умови постачання матеріалів і конструкцій;
- вимоги охорони праці та безпеки виконання робіт.

Будівництво спортивно-оздоровчого центру організовується потоковим методом із максимальним суміщенням окремих будівельних процесів у часі. Такий підхід дозволяє забезпечити безперервність будівництва та рівномірне завантаження робочих бригад і будівельної техніки.

Календарний план передбачає поділ будівництва на окремі етапи:

- підготовчий період;
- земляні роботи;
- улаштування фундаментів;
- зведення монолітного каркаса;
- улаштування зовнішніх і внутрішніх стін;
- монтаж покрівлі;
- прокладання інженерних мереж;
- виконання оздоблювальних робіт;
- благоустрій території.

Підготовчий період включає організацію будівельного майданчика, підведення тимчасових інженерних мереж, улаштування тимчасових доріг та встановлення побутових приміщень. Тривалість підготовчих робіт приймається з урахуванням обсягів робіт та умов будівельного майданчика.

Після завершення підготовчого періоду виконуються земляні роботи, які включають розроблення котловану, планування території та підготовку основи під фундаменти. Земляні роботи виконуються механізованим способом із застосуванням екскаватора та автомобільного транспорту для вивезення надлишкового ґрунту.

Улаштування фундаментів виконується після завершення геодезичної перевірки основи. Роботи включають:

- монтаж арматурних каркасів;
- встановлення опалубки;
- бетонування фундаментів;
- виконання гідроізоляції;
- зворотне засипання пазух фундаментів.

Основним етапом будівництва є зведення монолітного залізобетонного каркаса. Роботи організуються поярусно із поділом будівлі на захватки. Для кожного поверху передбачаються:

- монтаж опалубки;
- армування конструкцій;
- бетонування колон, ригелів та плит перекриття;
- догляд за бетоном;
- демонтаж опалубки.

Технологічна послідовність робіт забезпечує безпечне виконання процесів та дотримання нормативних строків набору міцності бетону.

Після завершення каркаса виконуються роботи із мурування зовнішніх і внутрішніх стін із газобетонних блоків. Монтаж огорожувальних конструкцій організовується паралельно із прокладанням внутрішніх інженерних мереж, що дозволяє скоротити загальну тривалість будівництва.

Улаштування покрівлі виконується після завершення бетонування верхнього перекриття та досягнення необхідної міцності конструкцій. Роботи включають монтаж пароізоляції, утеплення, гідроізоляційних шарів та фінішного покриття експлуатованої покрівлі.

Монтаж інженерних систем виконується спеціалізованими бригадами та охоплює:

- системи водопостачання та каналізації;
- опалення;
- вентиляцію;
- електропостачання;
- системи пожежної сигналізації;
- кондиціонування повітря.

Оздоблювальні роботи виконуються після завершення монтажу інженерних мереж та включають штукатурні, облицювальні, малярні роботи, улаштування підлог та монтаж внутрішніх дверей.

Завершальним етапом є благоустрій території, який передбачає:

- улаштування покриттів;
- озеленення;
- монтаж малих архітектурних форм;
- облаштування зовнішнього освітлення;
- організацію зон відпочинку.

Під час розроблення календарного графіка особлива увага приділялася суміщенню окремих процесів у часі. Це дозволило:

- скоротити загальну тривалість будівництва;
- підвищити ефективність використання будівельної техніки;
- зменшити простой робітників;
- забезпечити ритмічність будівельно-монтажних робіт.

Календарний графік є основою для:

- визначення потреби у трудових ресурсах;
- планування роботи будівельних машин;

- організації постачання матеріалів;
- контролю строків виконання робіт;
- координації діяльності субпідрядних організацій.

Прийнята організація календарного планування забезпечує технологічну послідовність виконання будівельно-монтажних процесів, безпечні умови праці та своєчасне введення спортивно-оздоровчого центру в експлуатацію.

### **3.5 Розрахунок і формування будівельного генерального плану спортивно-оздоровчого центру**

Будівельний генеральний план розробляється для організації будівельного майданчика на період зведення спортивно-оздоровчого центру у місті Луцьк. Він визначає розміщення тимчасових будівель і споруд, складів, проїздів, інженерних мереж, монтажних механізмів, зон складування матеріалів, місць підключення електроенергії та водопостачання, а також заходи з охорони праці і пожежної безпеки.

Рішення будівельного генерального плану прийняті з урахуванням календарного графіка виконання робіт, технологічної послідовності зведення монолітного залізобетонного каркаса, потреби у матеріально-технічних ресурсах та умов розташування об'єкта у межах міської забудови. Основним завданням будгенплану є забезпечення безперервного виконання будівельно-монтажних робіт при мінімальних внутрішньомайданчикових переміщеннях матеріалів і безпечній організації праці.

#### **3.5.1. Вихідні дані для розроблення будгенплану**

Вихідними даними для формування будівельного генерального плану є генеральний план ділянки, архітектурно-конструктивні рішення будівлі, календарний план виконання робіт, технологічна карта на монолітні роботи, відомості про потребу в будівельних матеріалах, а також прийнятий комплект машин і механізмів.

Будівництво виконується в умовах обмеженої міської території, тому розміщення тимчасових споруд, складів і транспортних шляхів повинно забезпечувати компактність, безпечний рух будівельного транспорту,

можливість подачі матеріалів у зону монтажу та дотримання протипожежних розривів.

Таблиця 3.5.1.1 - Основні вихідні дані для розроблення будівельного генерального плану

Показник	Значення	Примітка
Об'єкт будівництва	Спортивно-оздоровчий центр	м. Луцьк
Тип основних робіт	Монолітний залізобетонний каркас	колони, ригелі, перекриття
Основний вантажопідіймальний механізм	Кран КС-5473	для бетонування і подачі матеріалів
Максимальна чисельність робітників у зміну	24 особи	за календарним графіком
Загальна потреба бетону	328 м <sup>3</sup>	за ресурсною відомістю
Потреба в арматурній сталі	40 т	для монолітних конструкцій
Потреба в газобетонних блоках	290 м <sup>3</sup>	для стінового заповнення
Потреба в опалубних щитах	440 м <sup>2</sup>	для монолітних робіт

### 3.5.2. Розрахунок чисельності персоналу та тимчасових побутових будівель

Площі тимчасових адміністративно-побутових приміщень визначаються за максимальною чисельністю працівників, які одночасно перебувають на будівельному майданчику в найбільш напружену зміну. До складу персоналу входять основні робітники, інженерно-технічні працівники, молодший обслуговуючий персонал та охорона.

Перехід від явочної чисельності до облікової виконується за формулою:

$$Z = 1,06 \cdot R_{яв},$$

де  $Z$  - облікова чисельність персоналу;  $R_{яв}$  - явочна чисельність працівників у зміну; 1,06 - коефіцієнт переходу від явочної до облікової чисельності.

За календарним графіком максимальна явочна чисельність робітників становить  $R_{яв} = 24$  особи.

$$Z = 1,06 \cdot 24 = 25.44 \approx 26 \text{ осіб.}$$

Отже, для подальших розрахунків приймаємо облікову чисельність персоналу 26 осіб.

Таблиця 3.5.2.1 - Розрахункова чисельність персоналу будівельного майданчика

Категорія персоналу	Розрахунок	Кількість, осіб	Примітка
Основні робітники	за календарним графіком	24	найбільш напружена зміна
ІТР	10 % від основних робітників	3	майстер, виконроб, геодезист
МОП та охорона	5 % від основних робітників	1	обслуговування майданчика
Облікова чисельність	$1,06 \cdot 24$	26	прийнято для розрахунку побутових приміщень

Потребу у тимчасових побутових приміщеннях визначаємо за формулою:

$$F = N \cdot f,$$

де F - необхідна площа приміщення, м<sup>2</sup>; N - розрахункова кількість користувачів; f - нормативна площа на одного працівника або одне місце, м<sup>2</sup>.

Таблиця 3.5.2.2 - Розрахунок площ тимчасових адміністративно-побутових приміщень

Найменування приміщення	Розрахунок площі	Площа, м <sup>2</sup>	Примітка
Гардеробна для робітників	$26 \cdot 0.90$	23.4	побутовий вагончик
Приміщення для обігріву та відпочинку	$12 \cdot 1.00$	12.0	50 % зміни
Контора виконроба та ІТР	$3 \cdot 4.00$	12.0	адміністративне приміщення
Сушильне приміщення для спецодягу	$24 \cdot 0.20$	4.8	за кількістю робітників
Умивальна	$24 \cdot 0.10$	2.4	санітарно-побутове забезпечення
Душова	$8 \cdot 0.80$	6.4	35 % зміни
Санітарний вузол	$26 \cdot 0.10$	2.6	мінімально необхідна площа

Сумарна розрахункова площа тимчасових побутових і адміністративних приміщень становить 63,6 м<sup>2</sup>. З урахуванням типорозмірів інвентарних будівель приймаються побутові вагончики та адміністративно-побутові блоки загальною площею близько 66 м<sup>2</sup>. Розміщення цих приміщень передбачається поза небезпечними зонами роботи крана, поблизу в'їзду на будівельний майданчик і з можливістю підключення до тимчасових мереж.

### 3.5.3. Потреба в основних будівельних матеріалах

Потреба в матеріально-технічних ресурсах встановлюється за обсягами робіт і нормативними витратами матеріалів. Отримані показники використовуються для розрахунку площ складів, організації постачання та формування схеми розміщення матеріалів на будівельному майданчику.

Таблиця 3.5.3.1 - Потреба в основних матеріалах і виробих

Матеріал або виріб	Кількість	Одиниця	Умови зберігання
Товарний бетон	328	м <sup>3</sup>	поставка автобетонозмішувачами без складування
Арматурна сталь	40	т	відкритий склад
Опалубні щити	440	м <sup>2</sup>	відкритий майданчик
Газобетонні блоки	290	м <sup>3</sup>	відкритий склад
Керамічна цегла	2790	тис. шт.	відкритий склад
Бітумна мастика	5,1	т	закритий склад
Мінераловатні плити	310	м <sup>2</sup>	закритий або навіс
Руберойд	690	м <sup>2</sup>	закритий склад
Віконні блоки	155	м <sup>2</sup>	закритий склад
Дверні блоки	124	м <sup>2</sup>	закритий склад
Лінолеум	380	м <sup>2</sup>	закритий склад
Керамічна плитка	918	м <sup>2</sup>	закритий або відкритий склад під навісом
Асфальтобетон	26	м <sup>3</sup>	поставка без довготривалого складування

### 3.5.4. Розрахунок площ приоб'єктних складів

Площі приоб'єктних складів визначаються з урахуванням максимальної потреби в матеріалах, нормативного запасу, нерівномірності постачання та допустимої норми складування на 1 м<sup>2</sup>. Для розрахунку використовується формула:  $F = Q_z / q$ ,

де F - необхідна площа складу, м<sup>2</sup>; Q<sub>z</sub> - кількість матеріалу, що одночасно зберігається на складі; q - норма складування матеріалу на 1 м<sup>2</sup> площі складу.

Кількість матеріалу, що підлягає одночасному зберіганню, визначається за формулою:  $Q_z = Q_{заг} \cdot t_z / T$ ,

де Q<sub>заг</sub> - загальна потреба в матеріалі; t<sub>z</sub> - нормативний запас зберігання, дів; T - тривалість витрачання матеріалу за календарним графіком, дів.

Таблиця 3.5.4.1 - Розрахунок і прийняті площі приоб'єктних складів

Матеріал	Загальна потреба	Розрахунок	Fрозр, м <sup>2</sup>	Fприйн, м <sup>2</sup>	Тип складу
Цегла керамічна	2790 тис. шт.	4 прийнято за розрахунком	70,1	75	відкритий
Газобетонні блоки	290 м <sup>3</sup>	$Q_z = 290 \cdot 5 / 40 = 36,25$ м <sup>3</sup> ; $F = 36,25 / 1,8$	20,1	24	відкритий
Арматурна сталь	40 т	$Q_z = 40 \cdot 10 / 50 = 8$ т; $F = 8 / 1,2$	6,7	12	відкритий
Опалубні щити	440 м <sup>2</sup>	$F = 440 \cdot 0,25 / 10$	11,0	18	відкритий
Керамічна плитка	918 м <sup>2</sup>	за запасом і пакетним складуванням	2,0	6	склад під навісом
Рулонні матеріали, мастики, фарби	-	за нормативом зберігання	8,7	36	2 закриті склади 6×3 м
Віконні та дверні блоки	279 м <sup>2</sup>	за площами виробів	25,5	36	2 закриті склади 6×3 м

Відкриті склади розміщуються в зоні дії крана, що забезпечує подачу матеріалів без додаткових перевантажень. Закриті склади розташовуються

біля тимчасових проїздів, але за межами небезпечної зони роботи вантажопідіймального механізму. Матеріали, чутливі до вологи, зберігаються у закритих приміщеннях або під навісами.

### Принципова схема будівельного генерального плану

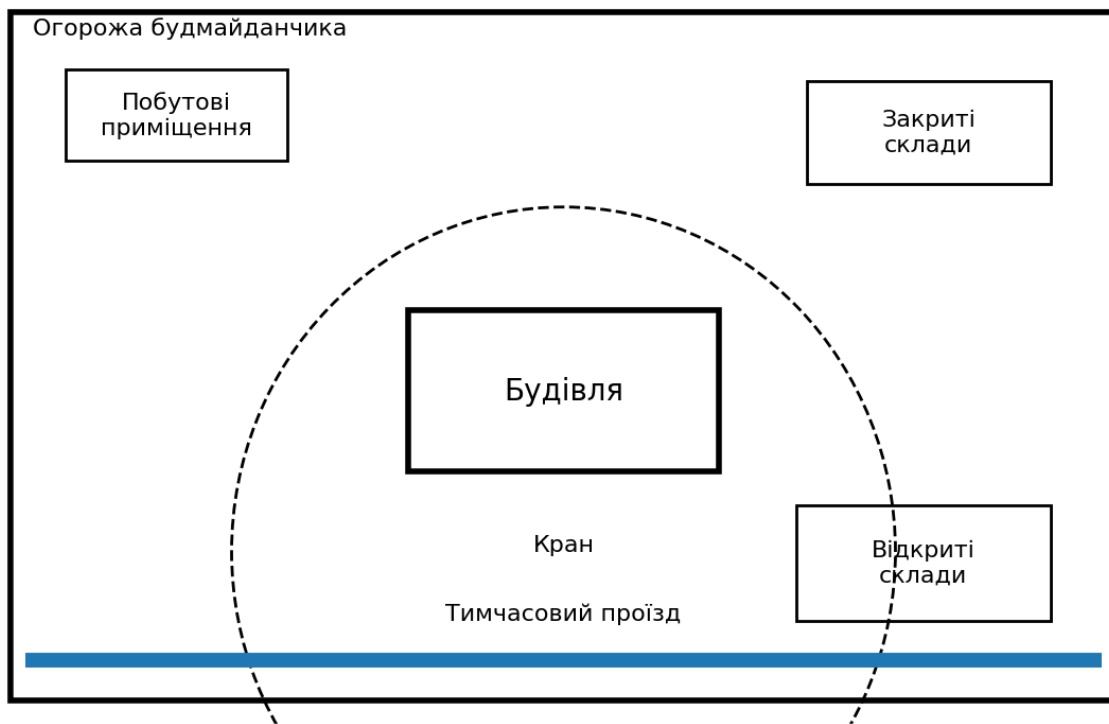


Рисунок 3.5.4.1 - Принципова схема організації будівельного майданчика

### 3.5.5. Розрахунок тимчасового водопостачання

Тимчасове водопостачання будівельного майданчика повинно забезпечувати господарсько-побутові, виробничі та протипожежні потреби. У період найбільшого водоспоживання сумарна витрата води визначається за формулою:  $Q_{заг} = Q_{г.п.} + Q_{пож}$ ,

де  $Q_{г.п.}$  - витрата води на господарсько-побутові потреби, л/с;  $Q_{пож}$  - витрата води на протипожежні потреби, л/с.

Витрата води на господарсько-побутові потреби визначається за формулою:  $Q_{г.п.} = R_{max} \cdot (n_1 + n_2 \cdot k_2) / 1000$ ,  
де  $R_{max}$  - максимальна чисельність працівників у зміну;  $n_1 = 12,5$  л - витрата води на одного працівника;  $n_2 = 30$  л - норма витрати води на душ;  $k_2 = 0,35$  - частка працівників, які користуються душем у зміну.

$$Q_{г.п.} = 24 \cdot (12,5 + 30 \cdot 0,35) / 1000 = 0,552 \text{ л/с.}$$

Для будівельних майданчиків площею до 10 га протипожежна витрата приймається з умови одночасної роботи двох пожежних стволів:

$$Q_{\text{пож}} = 2 \cdot 5 = 10 \text{ л/с.}$$

Сумарна розрахункова витрата води:  $Q_{\text{заг}} = 0.552 + 10 = 10.552 \text{ л/с.}$

Оскільки протипожежна витрата значно перевищує господарсько-побутове водоспоживання, саме вона визначає пропускну здатність тимчасової водопровідної мережі.

### 3.5.6. Визначення діаметра тимчасового водопроводу

Діаметр трубопроводу визначається з рівняння витрати:

$$d = \sqrt{(4Q / (\pi \cdot V))},$$

де  $Q$  - витрата води, м<sup>3</sup>/с;  $V$  - швидкість руху води у трубопроводі, м/с.

$$Q = 10.552 \text{ л/с} = 0.01055 \text{ м}^3/\text{с}; V = 1.5 \text{ м/с.}$$

$$d = \sqrt{(4 \cdot 0.01055 / (3,14 \cdot 1.5))} = 0.095 \text{ м.}$$

За результатом розрахунку приймається стандартний діаметр тимчасового водопроводу  $d = 100 \text{ мм.}$

Таблиця 3.5.6.1 - Розрахунок тимчасового водопостачання будівельного майданчика

Показник	Значення	Одиниця
Господарсько-побутова витрата	0.552	л/с
Протипожежна витрата	10	л/с
Сумарна витрата	10.552	л/с
Розрахунковий діаметр	0.095	м
Прийнятий діаметр	100	мм

### 3.5.7. Розрахунок тимчасового електропостачання

Тимчасове електропостачання будівельного майданчика призначене для живлення будівельних машин, механізмів, електроінструменту, технологічного обладнання, зовнішнього освітлення, внутрішнього освітлення побутових приміщень та закритих складів. Розрахунок

виконується з урахуванням встановленої потужності споживачів, коефіцієнтів попиту та одночасності.

Сумарна встановлена потужність визначається за формулою:

$$P_{\text{заг}} = P_{\text{сил}} + P_{\text{вн}} + P_{\text{зов}},$$

де  $P_{\text{сил}}$  - розрахункова потужність силових споживачів;  $P_{\text{вн}}$  - потужність внутрішнього освітлення;  $P_{\text{зов}}$  - потужність зовнішнього освітлення.

Таблиця 3.5.7.1 - Розрахунок силового електричного навантаження

Електроспоживач	Кількість	Потужність, кВт	Коефіцієнт	Розрахункова потужність, кВт
Щогловий підйомник	1	7,5	0,3 / 0,7	3,21
Розчинонасос	3	3,0	0,5	7,50
Зварювальний трансформатор	1	20,0	0,5	25,00
Електротрамбівка	2	3,0	0,1	1,50
Разом силові споживачі	-	-	-	37,21

Таблиця 3.5.7.2 - Розрахунок потужності внутрішнього освітлення

Споживач внутрішнього освітлення	Площа, м <sup>2</sup>	Потужність, кВт
Контора та побутові приміщення	57,8	0,70
Душові та санвузли	74,0	2,22
Закриті склади	36,0	0,19
Майстерня	18,0	0,26
Сушильне приміщення	22,0	1,65
Разом	-	5,02

Таблиця 3.5.7.3 - Розрахунок потужності зовнішнього освітлення

Споживач зовнішнього освітлення	Показник	Потужність, кВт
Відкриті склади	за площею складів	0,038
Основні проїзди	0,11 км	0,55
Територія будівництва	зона виконання робіт	9,52
Разом	-	10,10

Сумарна розрахункова потужність будівельного майданчика становить:  
 $P_{\text{заг}} = 37,21 + 5,02 + 10,10 = 52,33 \text{ кВт}$ .

Для забезпечення надійного електроживлення приймається комплектна трансформаторна підстанція потужністю 63 кВт. Такий вибір забезпечує необхідний резерв потужності для пікових режимів роботи, підключення додаткового електроінструменту та зовнішнього освітлення будівельного майданчика.

Таблиця 3.5.7.4 - Підсумковий розрахунок електропостачання будівельного майданчика

Показник	Значення	Одиниця
Силове навантаження	37,21	кВт
Внутрішнє освітлення	5,02	кВт
Зовнішнє освітлення	10,10	кВт
Загальна розрахункова потужність	52,33	кВт
Прийнята КТП	63	кВт
Габарити КТП	$1,6 \times 1,8 \times 2,8$	м

### 3.5.8. Організація тимчасових доріг і транспортних потоків

Тимчасові дороги призначені для забезпечення підвезення будівельних матеріалів, руху автосамоскидів, автобетонозмішувачів, вантажних автомобілів і пожежної техніки. Проїзди передбачаються зі щебеневим покриттям, достатнім для роботи будівельного транспорту в різних погодних умовах.

Ширина односмугового тимчасового проїзду приймається 3,5 м, а на ділянках можливого роз'їзду транспорту - 6,0 м. Рух транспорту організовується за кільцевою або тупиковою схемою з майданчиками для розвороту. Місця перетину транспортних потоків з пішохідними проходами позначаються попереджувальними знаками.

### 3.5.9. Заходи з охорони праці і пожежної безпеки на будгенплані

На будівельному генеральному плані передбачаються небезпечні зони роботи крана, місця встановлення пожежних щитів, проходи для працівників, зони складування матеріалів, в'їзди і виїзди з будівельного майданчика. Межі

небезпечних зон повинні бути позначені сигнальними огороженнями та попереджувальними знаками.

Пожежні щити розміщуються поблизу тимчасових будівель, закритих складів і зон зберігання горючих матеріалів. Проїзди до джерел водопостачання та пожежного інвентарю повинні залишатися вільними протягом усього періоду будівництва. Тимчасові електромережі прокладаються з дотриманням вимог електробезпеки, а всі електроприймачі повинні мати захисне заземлення.

У результаті розроблення будівельного генерального плану визначено склад і розміщення тимчасових будівель, складів, інженерних мереж, транспортних шляхів та зон роботи будівельних механізмів. Розраховано площі тимчасових побутових приміщень, приоб'єктних складів, параметри тимчасового водопостачання та електропостачання.

Для будівельного майданчика прийнято тимчасовий водопровід діаметром 100 мм, комплектну трансформаторну підстанцію потужністю 63 кВт, відкриті та закриті склади відповідно до потреб матеріалів. Прийняті рішення забезпечують раціональну організацію будівельного майданчика, безперервність виконання будівельно-монтажних робіт, безпечні умови праці та ефективне використання матеріально-технічних ресурсів.

## **РОЗДІЛ IV**

### **ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ЗВЕДЕННІ СПОРТИВНО-ОЗДОРОВЧОГО ЦЕНТРУ**

#### **4.1 Нормативно-правове забезпечення охорони праці під час будівництва спортивно-оздоровчого центру**

Охорона праці у будівництві є одним із найважливіших напрямків організації виробничого процесу, оскільки будівельна галузь належить до категорії робіт із підвищеним рівнем професійного ризику. Під час зведення спортивно-оздоровчого центру у місті Луцьк виконуються земляні, монтажні,

бетонні, електромонтажні та оздоблювальні роботи, які супроводжуються дією небезпечних і шкідливих виробничих факторів. У зв'язку з цим забезпечення безпечних умов праці, зниження рівня виробничого травматизму та запобігання виникненню аварійних ситуацій є одним із пріоритетних завдань організації будівництва.

Основою правового регулювання охорони праці в Україні є Конституція України, яка гарантує кожному громадянину право на належні, безпечні та здорові умови праці. Основні вимоги щодо організації системи охорони праці встановлюються Законом України «Про охорону праці», який визначає права та обов'язки роботодавців і працівників, порядок організації безпечного виробничого процесу, систему управління охороною праці та відповідальність за порушення вимог безпеки.

Під час проектування та будівництва спортивно-оздоровчого центру враховуються вимоги:

- Кодексу законів про працю України;
- Закону України «Про охорону праці»;
- Закону України «Про пожежну безпеку»;
- Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності»;
- ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві»;
- ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва»;
- НПАОП 45.2-7.02-12 «Система стандартів безпеки праці у будівництві»;
- Правил пожежної безпеки в Україні;
- державних санітарних норм та правил.

Проектований спортивно-оздоровчий центр є громадською будівлею із масовим перебуванням людей, тому питання забезпечення безпеки мають особливе значення як під час будівництва, так і в процесі подальшої експлуатації об'єкта. Особливості функціонування будівлі передбачають наявність спортивних залів, тренувальних приміщень, допоміжних зон, систем вентиляції, електропостачання та інженерного обладнання, що

потребує комплексного підходу до організації охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Під час виконання будівельно-монтажних робіт найбільш небезпечними факторами є:

- робота на висоті;
- переміщення вантажів вантажопідіймальними механізмами;
- експлуатація електрообладнання;
- виконання бетонних та монтажних робіт;
- робота будівельної техніки;
- можливість падіння предметів;
- підвищений рівень шуму та пилу.

З метою зменшення рівня виробничого травматизму на будівельному майданчику передбачається комплекс організаційних та технічних заходів.

До організаційних заходів належать:

- проведення вступного та первинного інструктажів;
- навчання працівників безпечним методам роботи;
- перевірка знань з охорони праці;
- допуск до робіт підвищеної небезпеки лише кваліфікованого персоналу;
- постійний контроль технічного стану машин та механізмів;
- організація медичних оглядів працівників.

Особлива увага приділяється забезпеченню працівників засобами індивідуального захисту. Усі робітники повинні бути забезпечені:

- захисними касками;
- спеціальним одягом;
- захисним взуттям;
- рукавицями;
- запобіжними поясами при роботі на висоті;
- засобами захисту органів дихання та зору.

Будівельний майданчик організовується відповідно до вимог нормативних документів із урахуванням безпечного розміщення тимчасових споруд, транспортних шляхів та зон роботи вантажопідіймальних механізмів. Небезпечні зони огорожуються та позначаються попереджувальними знаками безпеки. У темний період доби робочі місця, проходи та проїзди повинні мати достатнє штучне освітлення.

Одним із важливих напрямків охорони праці є забезпечення пожежної безпеки. На будівельному майданчику передбачається:

- встановлення пожежних щитів;
- забезпечення первинними засобами пожежогасіння;
- обладнання місць для паління;
- контроль за станом електромереж;
- організація під'їздів для пожежної техніки.

Під час виконання електромонтажних робіт особлива увага приділяється електробезпеці. Усі тимчасові електромережі повинні мати справне заземлення, захисні автомати та ізоляцію кабелів. Роботи з електрообладнанням дозволяється виконувати лише працівникам, які мають відповідну кваліфікацію та групу допуску з електробезпеки.

Важливим аспектом охорони праці є також дотримання санітарно-гігієнічних вимог. На будівельному майданчику передбачаються побутові приміщення для працівників, місця для відпочинку та прийому їжі, санітарні вузли, душові та приміщення для сушіння спецодягу.

З соціально-економічного погляду забезпечення належного рівня охорони праці має важливе значення, оскільки сприяє:

- збереженню життя та здоров'я працівників;
- зниженню рівня виробничого травматизму;
- підвищенню продуктивності праці;
- скороченню втрат робочого часу;
- зменшенню матеріальних збитків від аварій та нещасних випадків;
- підвищенню загальної ефективності будівельного виробництва.

Нормативно-правове забезпечення охорони праці під час будівництва спортивно-оздоровчого центру є основою організації безпечного виробничого процесу. Дотримання вимог законодавчих і нормативних документів дозволяє створити безпечні умови праці, мінімізувати виробничі ризики та забезпечити надійну й безпечну експлуатацію об'єкта у майбутньому.

#### **4.2 Оцінка виробничих умов та визначення небезпечних факторів під час будівництва спортивно-оздоровчого центру**

Під час будівництва спортивно-оздоровчого центру у місті Луцьк працівники піддаються впливу різноманітних небезпечних та шкідливих виробничих факторів, характер яких залежить від виду виконуваних будівельно-монтажних робіт, застосовуваних механізмів, умов організації праці та особливостей технологічних процесів. Аналіз умов праці проводиться з метою своєчасного виявлення потенційних небезпек, оцінки рівня виробничого ризику та розроблення ефективних заходів щодо забезпечення безпечних умов праці.

Основними видами робіт під час зведення спортивно-оздоровчого центру є:

- земляні роботи;
- монтаж і демонтаж опалубки;
- арматурні роботи;
- бетонування конструкцій;
- монтаж огорожувальних конструкцій;
- покрівельні роботи;
- електромонтажні роботи;
- оздоблювальні процеси.

Кожен із зазначених процесів супроводжується дією певних небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

- До фізичних небезпечних факторів належать:
- рухомі машини та механізми;

- підвищений рівень шуму;
- вібрація;
- запиленість повітря;
- робота на висоті;
- можливість падіння предметів;
- підвищена або знижена температура робочого середовища;
- небезпека ураження електричним струмом.

Найбільший ризик механічного травмування виникає під час роботи вантажопідіймальних механізмів, монтажу арматурних каркасів та бетонування конструкцій. Під час переміщення вантажів баштовим або автомобільним краном існує небезпека падіння вантажів у разі порушення правил стропування або перевищення допустимої вантажопідйомності механізму.

При виконанні монолітних робіт значну небезпеку становить робота на висоті. Монтаж опалубки, армування перекриттів та бетонування верхніх поверхів виконуються на висоті понад 1,3 м, що відповідно до вимог нормативних документів належить до робіт підвищеної небезпеки. Основними причинами травмування можуть бути:

- відсутність або пошкодження захисних огорожень;
- незадовільний стан риштувань;
- використання несправних засобів індивідуального захисту;
- порушення технології виконання робіт.

Під час роботи будівельної техніки та електроінструменту працівники піддаються впливу шуму та вібрації. Найбільш інтенсивні джерела шуму:

- бетонозмішувачі;
- вібратори;
- компресори;
- електроінструмент;
- вантажопідіймальні механізми.

Підвищений рівень шуму негативно впливає на працездатність працівників, спричиняє швидку втому та може призводити до професійних захворювань органів слуху. Згідно з ДСН 3.3.6.037-99 допустимий рівень шуму на робочих місцях не повинен перевищувати 80 дБА. Під час роботи окремого будівельного обладнання фактичний рівень шуму може досягати 85-95 дБА, що перевищує нормативні значення.

Під час приготування та укладання бетонних сумішей, різання газобетонних блоків і виконання оздоблювальних робіт у повітря робочої зони виділяється значна кількість пилу. Запиленість повітря негативно впливає на органи дихання працівників та може спричиняти професійні захворювання. Найбільш небезпечними є цементний пил та дрібнодисперсні частинки будівельних матеріалів.

До хімічних небезпечних факторів належать:

- випаровування лакофарбових матеріалів;
- контакт із цементними розчинами;
- вплив будівельних клеїв та розчинників;
- продукти згоряння паливно-мастильних матеріалів.

Під час виконання оздоблювальних робіт можливий вплив шкідливих речовин на шкіру, слизові оболонки та органи дихання працівників. Особливу небезпеку становлять роботи у недостатньо вентильованих приміщеннях.

Біологічні фактори під час будівництва проявляються меншою мірою, проте можуть виникати при тривалому перебуванні працівників у вологих приміщеннях, у місцях накопичення будівельного сміття або при недотриманні санітарно-гігієнічних вимог.

До психофізіологічних факторів належать:

- значні фізичні навантаження;
- нервово-емоційне напруження;
- монотонність окремих процесів;
- робота у несприятливих погодних умовах;

- підвищена відповідальність під час виконання монтажних робіт.

Особливо високий рівень психофізіологічного навантаження характерний для машиністів вантажопідіймальних механізмів, монтажників та працівників, які виконують роботи на висоті.

Аналіз умов праці показує, що найбільш небезпечними процесами під час будівництва спортивно-оздоровчого центру є:

- монтаж монолітних конструкцій;
- виконання робіт на висоті;
- вантажно-розвантажувальні операції;
- електромонтажні роботи;
- роботи із використанням механізованого інструменту.

Порівняння фактичних умов праці з нормативними вимогами свідчить про наявність факторів, які можуть перевищувати допустимі значення та створювати потенційну небезпеку для працівників. До таких факторів належать:

- підвищений рівень шуму;
- запиленість повітря;
- небезпека падіння з висоти;
- ризик ураження електричним струмом;
- небезпека травмування рухомими механізмами.

Разом із тим більшість визначених небезпечних та шкідливих виробничих факторів можуть бути суттєво зменшені або повністю усунені за рахунок впровадження організаційних та технічних заходів безпеки. До таких заходів належать:

- використання сучасних засобів індивідуального захисту;
- встановлення захисних огорожень;
- механізація трудомістких процесів;
- забезпечення належного освітлення робочих місць;
- організація вентиляції;
- проведення інструктажів та навчання працівників;

- контроль технічного стану обладнання;
- дотримання вимог технологічних карт та проєкту виконання робіт.

Проведений аналіз умов праці дозволив визначити основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, характерні для будівництва спортивно-оздоровчого центру. Отримані результати є основою для розроблення організаційно-технічних заходів, спрямованих на покращення умов праці, зниження рівня професійного ризику та забезпечення безпечного виконання будівельно-монтажних робіт.

#### 4.3 Оцінювання професійних ризиків та аналіз імовірності реалізації небезпечних ситуацій на будівельному майданчику

Під час будівництва спортивно-оздоровчого центру у місті Луцьк працівники піддаються впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які можуть призвести до травмування, професійних захворювань, аварійних ситуацій або пошкодження будівельних конструкцій. Для забезпечення належного рівня безпеки праці виконано дослідження ризику реалізації потенційних небезпек із застосуванням матричного методу оцінювання ризиків.

Оцінювання ризиків проводилось відповідно до:

- ДСТУ ISO 31000:2018;
- ДБН А.3.2-2-2009;
- Закону України «Про охорону праці».
- Основною метою оцінювання ризиків є:
  - визначення найбільш небезпечних виробничих процесів;
  - встановлення рівня професійного ризику;
  - визначення ступеня припустимості небезпек;
  - розроблення заходів щодо зниження рівня ризику.

Для аналізу ризиків були обрані найбільш характерні робочі місця та професії на будівництві:

- арматурник;
- бетоняр;

- машиніст автомобільного крана;
- електромонтажник;
- покрівельник;
- монтажник конструкцій.

Під час оцінювання використовувались категорії серйозності небезпек та рівні ймовірності виникнення небезпечних подій.

Таблиця 4.3.1 – Категорії серйозності небезпеки

Вид	Категорія	Опис нещасного випадку
Катастрофічна	I	Смерть або руйнування системи
Критична	II	Серйозна травма, стійке захворювання
Гранична	III	Незначна травма, короткочасне захворювання
Незначна	IV	Незначні пошкодження або легкі травми

Таблиця 4.3.2 – Рівні ймовірності небезпеки

Вид	Рівень	Характеристика
Часта	A	Подія може виникати регулярно
Можлива	B	Може виникнути декілька разів
Випадкова	C	Іноді виникає
Віддалена	D	Малоймовірна, але можлива
Неймовірна	E	Практично малоймовірна

Таблиця 4.3.3 – Матриця оцінювання ризику

Ймовірність	I	II	III	IV
A	1A	2A	3A	4A
B	1B	2B	3B	4B
C	1C	2C	3C	4C
D	1D	2D	3D	4D
E	1E	2E	3E	4E

Таблиця 4.3.4 – Класифікація рівнів ризику

Індекс ризику	Рівень ризику
1A, 1B, 1C, 2A, 2B, 3A	Неприпустимий
1D, 2C, 2D, 3B, 3C	Небажаний
1E, 2E, 3D, 3E, 4A, 4B	Припустимий з перевіркою
4C, 4D, 4E	Припустимий без перевірки

Під час аналізу умов праці встановлено, що найбільшу небезпеку становлять роботи на висоті, електромонтажні роботи, вантажно-розвантажувальні операції та монтаж монолітних конструкцій.

Таблиця 4.3.5 – Оцінка професійних ризиків на будівельному майданчику

Робоче місце	Потенційна небезпека	Категорія небезпеки	Ймовірність	Індекс ризику	Рівень ризику
Арматурник	Порізи та травми арматурою	III	C	3C	Небажаний
Бетоняр	Падіння з висоти	II	C	2C	Небажаний
Машиніст крана	Падіння вантажу	I	D	1D	Небажаний
Електромонтажник	Ураження електричним струмом	II	D	2D	Небажаний
Покрівельник	Падіння з покрівлі	I	C	1C	Неприпустимий
Монтажник	Падіння конструкцій	II	B	2B	Неприпустимий

Найвищий рівень ризику встановлено для покрівельних та монтажних робіт, оскільки вони виконуються на висоті та пов'язані з переміщенням важких конструкцій вантажопідіймальними механізмами.

Приклад оцінювання ризику для електромонтажника наведено нижче.

Таблиця 4.3.6 – Приклад оцінювання ризику ураження електричним струмом

Показник	Значення
Вид небезпеки	Ураження електричним струмом
Категорія серйозності	II – критична
Характеристика	Серйозна травма або стійке захворювання
Рівень ймовірності	D – віддалена
Характеристика	Малоймовірна, але можлива подія
Індекс ризику	2D
Рівень ризику	Небажаний

Результати оцінювання свідчать про необхідність впровадження додаткових організаційних та технічних заходів безпеки для зниження професійних ризиків.

Для зменшення ризику реалізації небезпечних ситуацій передбачаються такі заходи:

- застосування інвентарних захисних огорожень;
- використання страхувальних систем під час роботи на висоті;
- регулярна перевірка вантажопідіймальних механізмів;
- заземлення електрообладнання;
- використання пристроїв захисного відключення;
- проведення інструктажів з охорони праці;
- забезпечення працівників засобами індивідуального захисту;
- контроль технічного стану риштувань та опалубки;
- обмеження доступу сторонніх осіб у небезпечні зони;
- організація належного освітлення робочих місць.

Для працівників, які виконують роботи підвищеної небезпеки, обов'язковими є:

- медичні огляди;
- перевірка знань з охорони праці;
- спеціальне навчання;
- наявність відповідних допусків.

Після впровадження організаційно-технічних заходів очікується зниження рівня професійного ризику до припустимого рівня. Особливу увагу необхідно приділяти постійному контролю за дотриманням вимог охорони праці, справністю обладнання та дисципліною працівників на будівельному майданчику.

Проведене оцінювання ризиків дозволило визначити найбільш небезпечні виробничі процеси під час будівництва спортивно-оздоровчого центру, встановити ступінь ризику реалізації потенційних небезпек та сформулювати

комплекс заходів щодо підвищення рівня безпеки праці і запобігання виробничому травматизму.

#### **4.4 Комплекс організаційних і технічних рішень щодо підвищення безпеки праці під час будівництва спортивно-оздоровчого центру**

За результатами аналізу умов праці та оцінювання професійних ризиків встановлено, що під час будівництва спортивно-оздоровчого центру найбільшу небезпеку становлять роботи на висоті, вантажно-розвантажувальні операції, експлуатація електрообладнання, виконання бетонних і монтажних процесів, а також вплив шуму, пилу та несприятливих метеорологічних факторів. Для забезпечення безпечних умов праці передбачено комплекс організаційних, технологічних та інженерно-технічних заходів, спрямованих на зниження рівня виробничого ризику та покращення умов праці працівників.

Відповідно до результатів оцінювання ризиків найбільш небезпечними є:

- монтажні роботи на висоті;
- покрівельні роботи;
- електромонтажні роботи;
- робота вантажопідіймальних механізмів;
- бетонування монолітних конструкцій.

Для небезпек із неприпустимим та гранично допустимим рівнем ризику передбачаються конкретні технічні та організаційні заходи безпеки.

Одним із основних напрямків забезпечення безпеки праці є правильна організація виробничого процесу та систематичний контроль дотримання вимог охорони праці.

На будівельному майданчику спортивно-оздоровчого центру передбачаються:

- проведення вступного інструктажу з охорони праці;
- проведення первинного інструктажу безпосередньо на робочому місці;
- повторні та позапланові інструктажі;
- перевірка знань працівників;

- навчання безпечним методам виконання робіт;
- медичні огляди працівників;
- допуск до робіт підвищеної небезпеки лише кваліфікованого персоналу.

Особлива увага приділяється організації робіт на висоті. До виконання таких робіт допускаються працівники:

- не молодші 18 років;
- які пройшли медичний огляд;
- мають відповідне навчання;
- забезпечені засобами індивідуального захисту.

Для підвищення рівня безпеки праці всі працівники забезпечуються:

- захисними касками;
- сигнальними жилетами;
- спецодягом;
- захисним взуттям;
- рукавицями;
- запобіжними поясами;
- засобами захисту органів дихання;
- захисними окулярами.

На території будівельного майданчика встановлюються:

- попереджувальні знаки безпеки;
- сигнальні огороження;
- інформаційні таблички;
- схеми евакуації;
- позначення небезпечних зон.

Для зменшення психофізіологічного навантаження працівників передбачаються:

- раціональний режим праці та відпочинку;
- регламентовані технологічні перерви;
- чергування видів робіт;

- обладнання місць для відпочинку;
- забезпечення санітарно-побутових умов.

В адміністративно-побутових приміщеннях передбачаються:

- гардеробні;
- душові;
- приміщення для сушіння спецодягу;
- кімнати відпочинку;
- місця для прийому їжі;
- аптечки першої допомоги.

Роботи на висоті належать до найбільш небезпечних процесів під час зведення монолітного каркаса та улаштування покрівлі. Для зниження ризику падіння працівників передбачаються:

- інвентарні захисні огороження;
- захисні настили;
- використання страхувальних систем;
- закриття технологічних прорізів;
- встановлення захисних сіток.

Усі риштування та підмости повинні:

- мати достатню жорсткість і стійкість;
- проходити технічний огляд;
- обладнуватися поручнями висотою не менше 1,1 м;
- мати суцільні робочі настили.

Під час виконання покрівельних робіт працівники повинні використовувати страхувальні пояси, закріплені до надійних конструктивних елементів будівлі.

Основними джерелами шуму на будівельному майданчику є:

- компресори;
- вібратори;
- електроінструмент;
- будівельна техніка;

- вантажопідіймальні механізми.

Для зниження шумового навантаження передбачаються:

- застосування справного обладнання;
- своєчасне технічне обслуговування механізмів;
- використання шумопоглинальних кожухів;
- обмеження часу роботи шумного обладнання;
- забезпечення працівників протишумовими навушниками.

Для зменшення впливу вібрації застосовуються:

- віброгасні рукоятки інструменту;
- гумові амортизатори;
- чергування режимів праці;
- скорочення часу безперервної роботи з віброінструментом.

Під час виконання бетонних, мурувальних та оздоблювальних робіт у повітря робочої зони виділяється значна кількість пилу. Для зменшення запиленості передбачаються:

- зволоження поверхонь;
- використання місцевої вентиляції;
- механізоване прибирання;
- використання респіраторів;
- герметичне зберігання сипучих матеріалів.

У теплий період року для захисту працівників від перегрівання організовуються:

- місця відпочинку у затінених зонах;
- забезпечення питною водою;
- скорочення тривалості робіт у найбільш спекотний час доби.

У холодний період року передбачаються:

- утеплені побутові приміщення;
- перерви для обігріву;
- забезпечення утепленням спецодягом.

Для забезпечення безпечного виконання робіт будівельний майданчик обладнується системою тимчасового освітлення. Освітлення повинно забезпечувати:

- достатню видимість робочих зон;
- безпечний рух транспорту;
- освітлення проходів та евакуаційних шляхів.
- Особливо ретельно освітлюються:
- місця монтажних робіт;
- сходові марші;
- зони роботи крана;
- місця складування матеріалів;
- електрощитові.

Для аварійного освітлення передбачаються резервні джерела живлення.

Для забезпечення електробезпеки на будівельному майданчику виконуються:

- заземлення електрообладнання;
- встановлення захисних автоматів;
- застосування пристроїв захисного відключення;
- використання кабелів із неушкодженою ізоляцією;
- періодичний контроль стану електромереж.

Тимчасові електромережі прокладаються у захисних коробах або підвішуються на безпечній висоті. Забороняється прокладання кабелів безпосередньо по землі у місцях руху транспорту та працівників.

Електромонтажні роботи дозволяється виконувати лише працівникам, які мають відповідну групу допуску з електробезпеки.

На будівельному майданчику передбачаються:

- пожежні щити;
- порошкові та вуглекислотні вогнегасники;
- резервуари з водою;
- вільні під'їзди для пожежної техніки;

- місця для паління.

Забороняється:

- складування легкозаймистих матеріалів поблизу джерел вогню;
- використання несправного електрообладнання;
- захаращення евакуаційних проходів.

Для покращення умов праці та зниження рівня професійного ризику рекомендується:

- максимально механізувати трудомісткі процеси;
- використовувати сучасні інвентарні риштування та опалубку;
- застосовувати електроінструмент із підвищеним рівнем захисту;
- впроваджувати систему постійного контролю за станом охорони праці;
- проводити регулярні перевірки технічного стану обладнання;
- використовувати сучасні засоби індивідуального захисту;
- забезпечити автоматизацію окремих технологічних процесів.

Запропонований комплекс організаційних та технічних заходів дозволяє суттєво знизити рівень професійного ризику, покращити умови праці працівників та забезпечити безпечне виконання будівельно-монтажних робіт під час будівництва спортивно-оздоровчого центру у місті Луцьк.

#### **4.5 Висновки до розділу з охорони праці**

У розділі «Охорона праці» виконано комплексний аналіз умов праці під час будівництва спортивно-оздоровчого центру у місті Луцьк та розглянуто основні небезпечні й шкідливі виробничі фактори, які можуть виникати під час виконання будівельно-монтажних робіт. Основною метою розділу було розроблення організаційних і технічних рішень, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці, зниження рівня професійного ризику, запобігання виробничому травматизму та підвищення ефективності будівельного виробництва.

У процесі виконання розділу проаналізовано нормативно-правову базу у сфері охорони праці та визначено основні вимоги законодавчих і нормативних документів, що регламентують безпечне виконання

будівельних робіт. Встановлено, що будівництво спортивно-оздоровчого центру супроводжується впливом ряду небезпечних факторів, серед яких найбільшу небезпеку становлять роботи на висоті, експлуатація вантажопідіймальних механізмів, електромонтажні роботи, підвищений рівень шуму, запиленість повітря та ризик механічного травмування працівників.

У ході дослідження професійних ризиків виконано оцінювання потенційних небезпек із використанням матричного методу аналізу ризиків. За результатами оцінювання встановлено найбільш небезпечні виробничі процеси та визначено ступінь припустимості ризиків для основних робочих місць будівельного майданчика.

Для зниження рівня професійного ризику та покращення умов праці запропоновано комплекс організаційно-технічних заходів, зокрема:

- проведення систематичного навчання та інструктажів з охорони праці;
- забезпечення працівників засобами індивідуального захисту;
- встановлення захисних огорожень і сигнальних знаків;
- організація безпечного виконання робіт на висоті;
- забезпечення нормативного освітлення робочих зон;
- впровадження заходів електробезпеки;
- зниження рівня шуму та запиленості;
- забезпечення пожежної безпеки;
- організація належних санітарно-побутових умов для працівників.

Запропоновані технічні та організаційні рішення дозволяють суттєво знизити ймовірність виникнення нещасних випадків, мінімізувати вплив небезпечних і шкідливих виробничих факторів та забезпечити відповідність умов праці вимогам чинних нормативних документів.

Реалізація розроблених заходів з охорони праці забезпечить безпечне виконання будівельно-монтажних робіт, підвищить рівень виробничої безпеки на будівельному майданчику та сприятиме створенню належних умов праці під час будівництва спортивно-оздоровчого центру у місті Луцьк.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. К.: Мінрегіонбуд України, 2016. 46 с. [https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2016/01/A315\\_Organizatsiyabudivelnogo-virobnitstva.pdf](https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2016/01/A315_Organizatsiyabudivelnogo-virobnitstva.pdf)
2. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (НПАОП45.2-7.02-12) [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=25399](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=25399)
3. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2016–10–31]. К. : Мінрегіон України, 2016. 39 с. [https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=68456](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=68456)
4. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Зміна №1 К. : Мінбуд України, 2006. 75 с. [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=21670106](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=21670106)
5. ДБН В.2.2-15:2019. Житлові будинки. Основні положення. [Чинний від 2019–01–19]. Зі Зміною №1. К. : Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 51 с. [https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=59627](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=59627)
6. ДБН В.2.6:220-2017. Покриття будівель і споруд. К. : Мінрегіонбуд України, 2017. 46 с. [https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=72201](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=72201)
7. ДБН А.1.1-1:2009. Система стандартизації та нормування у будівництві. Основні положення. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 16 с. [https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=112664](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=112664)
8. ДБН В.1.1-45:2017. Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах. Загальні положення. К. : Мінрегіонбуд України, 2017. 26 с. [https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=71184](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=71184)
9. ДБН В.2.2-41:2019. Висотні будівлі. Основні положення. К. : Мінрегіонбуд України, 2019. 50 с. [https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=84353](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=84353)

10. ДБН В.2.6-162:2010. Конструкції будинків і споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення. Із Зміною №1. К. : Міністерство розвитку громад та територій України. 2022. 103 с.  
[https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=26738](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=26738)
11. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. К. : Мінрегіонбуд України, 2011. 71 с.  
[https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=112670](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=112670)
12. ДСТУ-Н Б В 2.1-28:2013. Настанова щодо проведення земляних робіт, улаштування основ та спорудження фундаментів. [Чинний від 2014–01–01]. Київ, 2013. 98 с.  
[https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=54094](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=54094)
13. ДСТУ–Н Б В.2.6-203:2015. Настанова з виконання робіт при виготовленні та монтажу будівельних конструкцій. [Чинний від 2016–04–01]. К. : Мінрегіон України, 2015. 62 с.  
[https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=63372](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=63372)
14. ДСТУ 9243.4:2023. Система проектної документації для будівництва. Основні вимоги до проектної документації. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2024. 59 с.  
[https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=103963](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=103963)
15. ДСТУ 3008-2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 31 с.  
[https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=64463](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=64463)
16. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні.  
[https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=60541](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=60541)
17. Інноваційні технології каркасного будівництва : навч. посібник / Г.М. Тонкачєєв, О.С. Молодід, В.Г. Тонкачєєв, О.Г. Шандра : Під ред. проф. Г.М. Тонкачєєва. К.: Видавництво Ліра-К. 2024. 316 с.

18. Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання.  
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0244-18#Text>
19. Теліченко О.І., Нагорний М.В. Зведення і монтаж будівель та споруд : навч. пос. Суми : Видавництво СНАУ, 2020. 197 с.
20. Технологія монтажу будівельних конструкцій : навч. пос. / В. К. Черненко, О. Ф. Осипов, Г. М. Тонкачєєв та ін.; За ред. В. К. Черненка. Вид. 1-ше і 2-ге. видання К.: Горобець, 2011. 372 с.: іл
21. М. Н. Джалалов, С. М. Братішко Оптимізація організаційних параметрів будівельного виробництва / Харків: Друкарня «Мадрид», 2026. – 152 с. ISBN 978-617-8254-43-8