

**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 9-поверхового цегляного житлового будинку у Харкові**

Розробив: студент IV курсу, групи БтаЦІ 2022-3  
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія  
ОПП «Промислове та цивільне будівництво»

Рижук Катерина Григорівна

Керівник: к.т.н., доц. Говоруха І.В.

Рецензент: к.т.н., доц. Бутнік С.В.

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

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

Завідувач кафедри технології та  
організації будівельного виробництва

к.т.н., доц. Шумаков І. В.

”01 ” \_\_\_\_ 06 \_\_\_\_ 2026 року

**З А В Д А Н Н Я  
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА**

***Рижук Катерина Григорівна***

Спеціальність: *192 Будівництво та цивільна інженерія*

Освітньо-професійна програма: *Промислове та цивільне будівництво*

Тема кваліфікаційної роботи: *Зведення 9-поверхового цегляного житлового будинку у Харкові* затверджена наказом ректора ХНУМГ ім. О. М. Бекетова № 447-03 від 26.05.2026

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.*



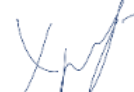
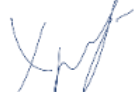








Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

- архітектурно-будівельна частина: Генеральний план, план поверху, розріз, план покрівлі, фасади – 2л.;

- розрахунково-конструктивна частина: конструювання фундаменту, інженерно-геологічний переріз – 1л.; конструювання плити – 1л.;

- технологічні рішення та організація будівництва: технологічна карта на улаштування забивних паль – 1л.; технологічна карта на зведення цегляних стін – 1л.

## КОНСУЛЬТАНТИ РОЗДІЛІВ РОБОТИ

| Розділ   | Прізвище,<br>ініціали та<br>посада<br>консультанта | Підпис, дата  |   |   |
|--|--|---|---|---|
|  |  | завдання<br>видав   | завдання<br>прийняв   |   |
| 1. Архітектурно-будівельна частина                 | Казімагомедов<br>Ф.І. к.т.н. доц.                  |    |    |   |
| 2. Розрахунково-конструктивна частина              | Розрахунок підземної частини об'єкту               | Храпатова І.В.<br>к.т.н. доц.   |    |  |
|  | Розрахунок надземної частини об'єкту               | Бутенко С.В.<br>к.т.н. доц.   |    |  |
| 3. Технологічні рішення та організація будівництва | Говоруха І.В.<br>к.т.н. доц.                       |    |    |   |
| 4. Охорона праці                                   | Косенко Н.О.<br>к.т.н. доц.                        |   |   |   |
| Нормоконтроль                                      | Зінов'єва О.М.                                     |  |  |   |

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| Назва етапів роботи                                | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|--|-------------------------------|----------|
| 1. Архітектурно-будівельна частина                 | 28.05.2026-01.06.2026         | виконано |
| 2. Розрахунково-конструктивна частина              | 02.06.2026-08.06.2026         | виконано |
| 3. Технологічні рішення та організація будівництва | 09.06.2026-12.06.2026         | виконано |
| 4. Охорона праці                                   | 15.06.2026-16.06.2026         | виконано |

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_



к.т.н., доц. Говоруха І.В.

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_



Рижук К.Г.

Дата видачі завдання “27” травня 2026 р.

## Зміст

|   |  |
|---|--|
| Розділ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА.....                        | 7                                      |
| 1.1 Вихідні дані .....  | 7                                      |
| 1.1.1 Характеристика об'єкта .....                                    | 7                                      |
| 1.2 Об'ємно-планувальні рішення будівлі.....                          | 7                                      |
| 1.2.1 Техніко-економічні показники: .....                             | 8                                      |
| 1.3 Архітектурно-конструктивне рішення.....                           | 8                                      |
| 1.3.1. Внутрішні стіни.....   | <b>Помилка! Закладку не визначено.</b> |
| 1.3.2. Фундаменти .....   | 8                                      |
| 1.3.3. Зовнішні стіни .....   | 9                                      |
| 1.3.4. Стіни ліфтових шахт .....                                      | 9                                      |
| 1.3.5. Конструкції перекриттів .....                                  | 10                                     |
| 1.3.6. Конструкції покриття.....                                      | <b>Помилка! Закладку не визначено.</b> |
| 1.3.7. Водопостачання.....  | 10                                     |
| 1.3.8. Телекомунікаційні мережі .....                                 | <b>Помилка! Закладку не визначено.</b> |
| 1.3.9. Каналізація.....   | 11                                     |
| 1.3.10. Електропостачання.....  | 11                                     |
| 1.3.11. Підлоги.....  | 12                                     |
| 1.3.12. Вікна, двері .....  | 12                                     |
| 1.3.13. Опалення.....   | 13                                     |
| 1.3.14. Внутрішнє опорядження .....                                   | 14                                     |
| 1.3.15. Вентиляція .....  | 14                                     |
| 1.3.16. Інші конструкції .....  | <b>Помилка! Закладку не визначено.</b> |
| 1.4. Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни. ....                 | 15                                     |
| 1.4.1 Вихідні дані: .....   | 15                                     |
| РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА .....                    | 17                                     |
| 2.1 Розрахунок підземної частини об'єкта .....                        | 17                                     |
| 2.1.1 Вихідні дані .....  | 17                                     |
| 2.1.2 Оцінка інженерно-геологічних умов будівельного майданчика ..... | 17                                     |

|  |    |
|--|----|
| 2.1.3 Збір навантаження на фундаменти .....  | 19 |
| 2.1.4 Розрахунок пальового фундаменту .....  | 21 |
| 2.1.5 Розрахунок основи пальового фундаменту за деформаціями .....                               | 24 |
| 2.1.6 Розрахунок осадки пальового фундаменту .....   | 26 |
| 2.2 Розрахунок наземної частини об'єкта .....  | 27 |
| 2.2.1 Розрахунок і конструювання багатопустотної попередньо напруженої плити перекриття .....    | 27 |
| 2.2.2 Компонування збірного перекриття .....   | 27 |
| 2.2.3 Розрахунок багатопустотної попередньо напруженої плити за граничними станами I групи ..... | 27 |
| 2.2.3.1 Розрахунок міцності перерізів, нормальних до повздовжньої осі.....                       | 29 |
| 2.2.3.2 Розрахунок міцності перерізів, похилих до повздовжньої осі.....                          | 31 |
| 2.2.4 Розрахунок за граничними станами II групи .....  | 31 |
| РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА .....  | 36 |
| 3.1. Технологія і організація виконання робіт .....  | 36 |
| 3.1.1. Технологічна карта на пальові роботи .....  | 36 |
| 3.2. Організація і технологія роботи .....   | 36 |
| 3.2.1. Підрахунок обсягів робіт .....  | 36 |
| 3.2.2. Специфікація збірних залізобетонних конструкцій .....                                     | 37 |
| 3.2.3. Вибір машин і механізмів для виконання пальових робіт .....                               | 37 |
| 3.2.4. Технологія виконання пальових робіт .....   | 38 |
| 3.3. Розрахунок трудовитрат і машинного часу .....   | 40 |
| 3.3.1. Техніка безпеки .....   | 41 |
| 3.3.2. Техніко-економічні показники .....  | 41 |
| 3.4. Технологічна карта на зведення стін з цегляної кладки .....                                 | 42 |
| 3.4.1. Вихідні дані .....  | 42 |
| 3.4.2. Технологія та організація виконання робіт.....  | 42 |
| 3.5. Визначення обсягів робіт.....   | 43 |
| 3.5.1. Вимоги до якості та приймання робіт .....   | 44 |
| 3.5.2. Матеріально-технічні ресурси .....  | 44 |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.5.3. Вибір крана .....   | 45        |
| 3.5.4. Вказівки щодо виконання робіт .....   | 46        |
| 3.5.5. Визначення ритму потоку цегляної кладки .....   | 46        |
| 3.5.6. Розбивка на захватки.....   | 47        |
| 3.5.7. Техніко-економічні показники для типового поверху .....   | 47        |
| <b>РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....</b>  | <b>48</b> |
| 4.1 Забезпечення охорони праці на законодавчому рівні .....  | 48        |
| 4.2 Аналіз умов праці та виявлення потенційних небезпек на об'єкті<br>проєктування .....                                 | 49        |
| 4.3 Дослідження ризику реалізації потенційних небезпек на об'єкті<br>проєктування .....                                  | 50        |
| 4.4 Розробка організаційно-технічних та архітектурно-планувальних заходів,<br>спрямованих на покращення умов праці ..... | 51        |
| 4.4.1 Організаційні заходи.....  | 51        |
| 4.4.2 Технічні заходи щодо запобігання падінню з висоти .....  | 52        |
| 4.4.3 Технічні заходи щодо безпеки вантажопідіймальних операцій .....  | 52        |
| 4.4.4 Електробезпека.....  | 53        |
| 4.4.5 Нормалізація мікроклімату та освітлення.....   | 53        |
| 4.4.6 Заходи безпеки в умовах військової агресії.....  | 53        |
| 4.5 Висновки.....  | 54        |
| <b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ.....</b>   | <b>56</b> |

## Розділ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

### 1.1 Вихідні дані

#### 1.1.1 Характеристика об'єкта

Відповідно до індивідуального завдання на дипломне проектування, об'єктом будівництва є спорудження 9-поверхового цегляного житлового будинку в м. Харків на вул. Юридичній.

Ділянка розміщення об'єкта характеризується такими ознаками:

- віднесення до першої вітрової зони (м. Харків) за четвертим типом місцевості (забудована міська територія із середньою висотою понад 15 м);

- характеристичне значення вітрового тиску для першої вітрової зони дорівнює 400 Па;

- за наявності ожеледі вітрове навантаження приймається відповідно до другої вітрової зони.

Згідно з ДБН В.2.6-31:2016 майданчик будівництва належить до першої температурної зони. Розрахункова глибина промерзання ґрунту дорівнює 1,2 метра, а розрахункова температура зовнішнього повітря складає мінус 22 градуси за Цельсієм. Перевищення відносної вологості повітря понад 85% триває лише протягом кількох тижнів на рік.

Майданчик будівництва розташований у межах сейсмічних територій з інтенсивністю до 6 балів. Клас наслідків СС2 (середній рівень відповідальності) відповідно до ДБН В.1.2-2:2006. Прийнято I клас довговічності з розрахунковим строком експлуатації 100 років.

### 1.2 Об'ємно-планувальні рішення будівлі

Будівля характеризується такими основними показниками:

- Планувальні розміри будівлі в цифрових осях складають 28 x 16 м.

За вихідними даними висота всіх поверхів становить 2,7 м, окрім підземного поверху.

- Поверхи мають такі висоти:

- перший поверх - 2,7 м;

- 2-9 поверхи та технічний поверх - 2,7 м;

- підземний поверх - 2 м.
- Будівля поділена на три секції, серед яких одна виконує роль цокольного рівня, а ще одна відокремлена деформаційним швом;
- Верхній рівень другої секції влаштовано як експлуатовану покрівлю;
- Технічний поверх відведено для розміщення ліфтового обладнання, а також систем вентиляції та кондиціонування будівлі.
- Вхідну зону облаштовано з урахуванням потреб маломобільних груп населення, у тому числі обладнано ліфтами.

### **1.2.1 Техніко-економічні показники:**

Будівлі властиві такі основні параметри:

- Площа будівлі - 879,24 м<sup>2</sup>
- Загальний будівельний об'єм будівлі - 25971,04 м<sup>3</sup>
- Загальна площа будівлі - 6645,15 м<sup>2</sup>
- Корисна (опалювальна) площа будівлі - 4748,04 м<sup>2</sup>

### **1.3 Архітектурно-конструктивне рішення**

Багатоквартирний житловий будинок належить до будівель II ступеня відповідальності. Через це до їх проектування та зведення висуваються підвищені вимоги, адже у таких спорудах одночасно може мешкати велика кількість людей.

Споруди такого ступеня мають задовольняти вимоги безпеки, зокрема правила пожежної безпеки, санітарні норми та умови доступності для осіб з обмеженими можливостями.

#### **1.3.2. Фундаменти**

За наведеними даними фундамент будівлі утворюють два основні складники:

1. Залізобетонні зовнішні стіни фундаменту: вони сприймають

навантаження та надають конструкції міцності. Завдяки виконанню з високоякісного залізобетону такі стіни витримують значні навантаження й зберігають вологостійкість.

2. Монолітна фундаментна плита на палях: вона рівномірно передає навантаження від усієї будівлі на палі, заглиблені у ґрунт. Подібне рішення збільшує стійкість та унеможливорює осідання будівлі, особливо за умов слабого ґрунту.

Така фундаментна система створює стійку й надійну основу будівлі, забезпечуючи її довговічність та безпечну експлуатацію.

### **1.3.3. Зовнішні стіни**

Цегляні стіни будівлі виконують низку важливих функцій:

1. Огородження та захист від зовнішніх впливів: стіни оберігають внутрішній простір від атмосферних чинників - дощу, вітру, холоду й тепла, а також забезпечують звукоізоляцію, що сприяє комфорту мешканців.

2. Передавання навантажень: стіни переносять навантаження від конструкцій і перекриттів на фундаменти, забезпечуючи стійкість будівлі завдяки рівномірному розподілу зусиль, що виникають під час експлуатації.

Таким чином, цегляні стіни належать до ключових конструктивних елементів, які водночас забезпечують фізичний захист та структурну цілісність споруди.

### **1.3.4. Стіни ліфтових шахт**

Стіни товщиною 380 мм та 510 мм застосовують залежно від конкретних конструктивних вимог і функціональних потреб будівлі. Нижче наведено їхні особливості й можливі сфери використання:

1. Стіни товщиною 380 мм:

- здебільшого влаштовують у ненесучих конструкціях або як внутрішні перегородки. Вони доцільні в житлових чи адміністративних будівлях, де не вимагається підвищений рівень ізоляції.

- менша маса конструкції, що дає змогу зменшити витрати на фундамент. Крім того, вони забезпечують достатню тепло- та звукоізоляцію для більшості житлових приміщень.

## 2. Стіни товщиною 510 мм:

- переважно влаштовують у несучих конструкціях — зовнішніх стінах чи стінах, що сприймають значні навантаження. Вони доречні у будівлях з підвищеними вимогами до стійкості та міцності.

- кращі теплоізоляційні та звукоізоляційні властивості, завдяки чому вони оптимальні там, де важливі комфорт і енергоефективність. Вони також сприймають більші навантаження, що може знадобитися у промислових або комерційних будівлях.

Товщину стін добирають з огляду на проектні вимоги, тип будівлі, кліматичні умови та чинні енергетичні стандарти.

### **1.3.5. Конструкції перекриттів**

Перекриття будівлі зі збірних пустотних плит завтовшки 220 мм мають низку суттєвих переваг: вони мають високу жорсткість і сприймають значні навантаження; порівняно з монолітними плитами їхня маса менша, що зменшує навантаження на фундамент; зручні у транспортуванні та швидко встановлюються, що прискорює зведення будівлі; забезпечують добру теплоізоляцію, особливо у поєднанні з додатковими ізоляційними матеріалами; порожнини всередині плит знижують передавання звуку між поверхами.

### **1.3.7. Водопостачання**

Система водопостачання проекрованої будівлі характеризується такими ознаками: воду подають із міського централізованого водопроводу, що гарантує надійність і стабільність водопостачання, застосовано тупикову схему, яка зменшує втрати води та спрощує монтаж внутрішніх мереж, передбачено вузол обліку з лічильником типу ЛВОК-15, який забезпечує

точне вимірювання витрати води, внутрішні мережі холодного й гарячого водопостачання виконано з металопластикових труб, що відзначаються високою корозійною стійкістю та простотою монтажу, гаряче водопостачання реалізовано за допомогою вбудованих бойлерів, що дає змогу регулювати температуру води та підвищує комфорт користувачів.

Така система водопостачання є ефективною й надійною та відповідає сучасним вимогам щодо комфорту й безпеки.

### **1.3.9. Каналізація**

Каналізаційна система будівлі характеризується такими особливостями:

- стічні води відводяться через підключення до міської централізованої каналізаційної мережі, що забезпечує надійне й централізоване їх видалення.

- внутрішню каналізацію виконано з поліпропіленових труб із боковими стінками. Ці труби відповідають європейському стандарту prEN13476-1 та технічній специфікації АТ/2006-02-1584. Застосування сучасних полімерних матеріалів забезпечує довговічність, корозійну стійкість і зручність монтажу внутрішньої каналізації.

- для зовнішньої каналізаційної мережі, що виходить за межі будівлі, застосовано труби та фітинги з полівінілхлориду (ПВХ). Ці матеріали вирізняються високою міцністю та стійкістю до дії ґрунту й атмосферних чинників, що дає змогу створити надійну й довговічну зовнішню систему водовідведення.

### **1.3.10. Електропостачання**

Електропостачання будівлі організовано так:

- будівлю живить електроенергією міська електромережа загального користування. Підключення до централізованої електромережі гарантує надійне та стабільне електропостачання.

- внутрішню електропроводку прокладають до оштукатурювання стін і перегородок. Кабелі та проводи фіксують до будівельних конструкцій

спеціальними кріпленнями. Такий спосіб монтажу дає змогу приховати проводку у внутрішніх стінах та надійно її захистити.

- за потреби під час прокладання електричних мереж у стінах і перекриттях висвердлюють отвори. Вони потрібні для проведення проводів і кабелів крізь будівельні конструкції.

### **1.3.11. Підлоги**

Для влаштування підлогового покриття в будівлі застосовують такі матеріали:

- лінолеум - рулонне покриття, якому притаманні зносостійкість, довговічність і простота догляду.

- ламінат - синтетичне багат шарове покриття з декоративним зносостійким верхнім шаром. Він довговічний, легко вкладається та представлений у різноманітних дизайнах за помірними цінами, що зумовлює його популярність у житлових та офісних приміщеннях.

- керамічна плитка - універсальне покриття, що його отримують формуванням і випалом суміші глини, піску та інших мінеральних складників. Вона довговічна, стійка до вологи, механічних ушкоджень і хімічних впливів та надає широкі можливості для дизайнерських рішень.

- паркет - традиційне покриття з дерев'яних дощок чи планок, що надає приміщенню теплої, природної та вишуканої атмосфери. Паркетна підлога практична, довговічна й піддається багаторазовому реставруванню, тому її часто обирають для високоякісних інтер'єрів.

### **1.3.12. Вікна, двері**

Стосовно влаштування віконних і дверних конструкцій у будівлі слід зазначити таке:

- віконні рами виготовлено з металопластику. Металопластикові вікна поєднують переваги металевих і полімерних елементів, надаючи конструкції міцності, довговічності, енергоефективності та естетичної привабливості.

Високі теплоізоляційні властивості, стійкість до атмосферних впливів, нескладне обслуговування та широка кольорова гама що забезпечує їх широке застосування у житловому будівництві. для скління.

- дверні рами виконують із двох матеріалів, деревини та металу.

Дерев'яні рами й полотна надають інтер'єру класичного, природного вигляду, тепла й затишку. Натомість металеві двері відзначаються підвищеною міцністю, стійкістю до механічних ушкоджень, вогнестійкістю та надійністю, що робить їх доречними для офісів, технічних приміщень чи інтер'єрів з особливими вимогами до безпеки.

### **1.3.13. Опалення**

Система опалення будівлі побудована за такою схемою:

1. Опалення будівлі забезпечує комбінована система, що складається з двох основних складників:

- система теплої підлоги- цей тип дозволяє рівномірно розподіляти тепло на всіх поверхах будівлі.

- система опалення будівлі передбачено водяне, централізоване.- ця система забезпечує циркуляцію нагрітого теплоносія, гарантуючи ефективний обігрів і підтримання комфортної температури у приміщеннях.

2. Передбачено встановлення таких опалювальних приладів:

- сталеві радіатори - класичне рішення, що гарантує стабільну й ефективну тепловіддачу.

- конвектори - ці прилади швидко й рівномірно прогрівають повітря у приміщенні.

3. Джерелом теплової енергії для опалення слугує централізована котельня, розміщена поза межами будівельного майданчика. Така централізована схема забезпечує економічну та енергоефективну роботу опалювального контуру.

### **1.3.14. Внутрішнє опорядження**

Внутрішні поверхні стін, перегородок і стель будівлі опоряджено в такий спосіб:

1. Внутрішні стіни й перегородки обклеєно декоративними шпалерами. Шпалери надають поверхням естетичного вигляду, прості у догляді та дають змогу без зайвих зусиль оновлювати дизайн.

2. Стіни ванної кімнати облицьовано керамічною плиткою. Керамічна плитка довговічна, вологостійка та легко миється, завдяки чому її що забезпечує їх широке застосування у житловому будівництві. для оздоблення стін у вологих приміщеннях.

3. Стелі будівлі опоряджено двома способами:

- частину стель пофарбовано, що дає рівну, гладку поверхню та змогу дібрати потрібний колір для створення бажаної атмосфери.

- в окремих приміщеннях влаштовано підвісну стелю, яка приховує інженерні комунікації та розширює дизайнерські можливості опорядження стелі.

### **1.3.15. Вентиляція**

Система вентиляції будівлі має такі особливості:

- будівлю провітрюють за допомогою штучних засобів, без застосування природної вентиляції. Це дає змогу регулювати повітрообмін у приміщеннях будівлі.

- відпрацьоване повітря відводиться спеціальними вентиляційними каналами, які ефективно видаляють його за межі будівлі.

- передбачено окрему систему регулювання припливу свіжого повітря, що гарантовано надходить до будівлі.

- крім штучної вентиляції, вікна будівлі оснащено вентиляційними кватирками, що уможливають періодичне провітрювання завдяки організованому надходженню зовнішнього повітря.

## 1.4. Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни.

### 1.4.1 Вихідні дані:

Розрахунковим шляхом визначити товщину утеплювального шару зовнішньої стіни цивільної будівлі для зимового періоду згідно з вихідними даними та малюнком 1.1.

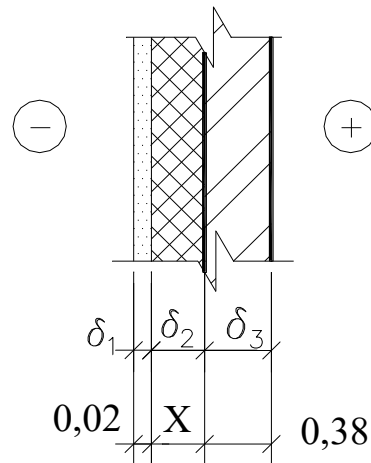


Рисунок 1.1 Конструкція зовнішньої стіни цивільної будівлі

### Початкові дані:

Район будівництва: м. Харків.

Температурна зона – І.

Режим вологості приміщення: нормальний Б.

$\delta_1$  – утеплювач – жорсткі мінераловатні плити на синтетичних сполучних;  $\rho_0 = 70 \text{ кг/м}^3$ ;  $\lambda = 0,037 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ .

$\delta_2$  – кладка із силікатної цегли на цементно-піщаному розчині, товщиною 0,38м;  $\rho_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$   $\lambda = 0,87 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ .

$\lambda$  - Коефіцієнт теплопровідності за додатком Л [3].

Місто Харків згідно з малюнком 3.1 відноситься до І кліматичної зони з кількістю градусо-доби опалювального періоду більше ніж 3501. Мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішньої стіни для температурної зони  $R_{q \min} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ .

Для опалювальних будівель обов'язкове виконання умови:

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}} \geq R_{q_{\text{min}}}$$

де  $R_{\Sigma_{\text{пр}}}$  – сумарний опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції  $\text{м}^2 \text{В} \cdot \text{К} / \text{Вт}$  визначається за формулою:

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_3}$$

де:  $\alpha_{\text{в}}$  – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні зовнішньої стіни, приймаємо рівний  $8,7 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$  згідно з додатком Е [3] ;

$\alpha_3$  – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні зовнішньої стіни приймаємо рівним  $23,0 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$ . До згідно з додатком Е [3] ;

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}} = \frac{1}{8,7} + \frac{\delta_1}{0,037} + \frac{0,38}{0,87} + \frac{1}{23} = 0,11 + \frac{\delta_1}{0,037} + 0,4 + 0,04$$

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}} = R_{q_{\text{min}}} = 0,55 + \frac{\delta_1}{0,037} = 4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

звідки  $\delta_2 = 0,128 \text{ м}$ .

Отже, для забезпечення нормативних параметрів мікроклімату приміщень товщина утеплювача з жорстких мінераловатних плит має бути не меншою ніж  $0,099 \text{ м}$ . Приймаємо –  $0,15 \text{ м}$ .

Підставимо отриману товщину у формулу

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,15}{0,037} + \frac{0,38}{0,87} + \frac{1}{23} = 0,11 + \frac{0,15}{0,037} + 0,4 + 0,04$$

$$R_{\Sigma_{\text{пр}}} = 4,6 > R_{q_{\text{min}}} = 4,0$$

Умова виконується.

## РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

### 2.1 Розрахунок підземної частини об'єкта

#### 2.1.1 Вихідні дані

Таблиця 2.1 - Геологічна будова та гідрогеологічні умови будівельного майданчика

| № шару | Найменування ґрунтів               | Номер свердловини і потужність шару, м |       |        |       |  |
|--------|------------------------------------|--|-------|--------|-------|--|
|        |                                    | 1                                      | 2     | 3      | 4     |  |
| 1      | Насипний шар, ґрунто-рослинний шар | 0,5                                    | 0,5   | 0,5    | 0,5   |  |
| 2      | Пісок середньої крупності          | 3,9                                    | 3,8   | 3,4    | 3,9   |  |
| 3      | Суглинок напівтвердий              | 4,8                                    | 4,7   | 5,0    | 4,9   |  |
| 4      | Пісок крупний                      | 5,9                                    | 5,8   | 5,4    | 5,9   |  |
| 5      | Суглинок напівтвердий              | 6,3                                    | 6,9   | 6,9    | 6,5   |  |
| 6      | Глина напівтверда                  | 8,8                                    | 8,9   | 8,5    | 8,7   |  |
|        | Глибина залягання підземної води   |  | 9,2   | 9,1    | 9,4   |  |
|        | Відмітка гирла свердловини, м      | 185,2                                  | 180,4 | 175,95 | 174,5 |  |

Таблиця 2.2 - Характеристики властивостей ґрунтів

| Найменування                   | Умов. позн.     | Од. вимір.       | Номер шару |      |      |      |      |   |
|--------------------------------|-----------------|------------------|------------|------|------|------|------|---|
|                                |                 |                  | 1          | 2    | 3    | 4    | 5    | 6 |
| Щільність                      | $\rho_{II}$     | т/м <sup>3</sup> | 1,38       | 1,83 | 1,67 | 1,80 | 2,10 |   |
| Щільність часток               | $\rho_s$        | т/м <sup>3</sup> |            | 2,66 | 2,70 | 2,61 | 2,65 |   |
| Природна вологість             | w               |                  |            | 0,17 | 0,35 | 0,09 | 0,18 |   |
| Вологість на межі текучості    | w <sub>L</sub>  |                  | —          | —    | 0,31 | —    | 0,26 |   |
| Вологість на межі пластичності | w <sub>p</sub>  |                  | —          | —    | 0,21 | —    | 0,17 |   |
| Кут внутрішнього тертя         | $\varphi_{II}$  | град             | —          | 31   | 20   | 31   | 21   |   |
| Питоме зчеплення               | c <sub>II</sub> | кПа              | —          | 1    | 16   | 1    | 20   |   |
| Модуль деформації              | E               | МПа              |            | 28   | 19   | 38   | 21   |   |

#### 2.1.2 Оцінка інженерно-геологічних умов будівельного майданчика

Шар 2. Пісок середньої крупності

$$\rho = 1,83 \text{ т/м}^3; \rho_s = 2,66 \text{ т/м}^3; W = 0,17$$

Коефіцієнт пористості:

$$e = \rho_s(1+W)/\rho - 1 = 2,66 \cdot (1+0,17)/1,83 - 1 = 0,70$$

Ступінь водонасичення:

$$S_r = W \cdot \rho_s / (e \cdot \rho_w) = 0,17 \cdot 2,66 / (0,70 \cdot 1,0) = 0,65$$

Висновок: пісок середньої крупності, середньої щільності, вологий.

Шар 3. Суглинок

$$\rho = 1,67 \text{ т/м}^3; \rho_s = 2,70 \text{ т/м}^3; W = 0,35; WL = 0,31; W_p = 0,21$$

Число пластичності:

$$I_p = WL - W_p = 0,31 - 0,21 = 0,10 \rightarrow \text{суглинок}$$

Показник текучості:

$$I_L = (W - W_p) / (WL - W_p) = (0,35 - 0,21)/(0,31 - 0,21) = 1,40$$

Коефіцієнт пористості:

$$e = 2,70 \cdot (1+0,35)/1,67 - 1 = 0,94$$

Висновок: суглинок текучий ( $I_L > 1$ ).

Шар 4. Пісок крупний

$$\rho = 1,80 \text{ т/м}^3; \rho_s = 2,61 \text{ т/м}^3; W = 0,09$$

Коефіцієнт пористості:

$$e = 2,61 \cdot (1+0,09)/1,80 - 1 = 0,58$$

Ступінь водонасичення:

$$S_r = 0,09 \cdot 2,61 / (0,58 \cdot 1,0) = 0,40$$

Висновок: пісок крупний, середньої щільності, маловологий.

Шар 5. Суглинок

$$\rho = 2,10 \text{ т/м}^3; \rho_s = 2,65 \text{ т/м}^3; W = 0,18; WL = 0,26; W_p = 0,17$$

Число пластичності:

$$I_p = 0,26 - 0,17 = 0,09 \rightarrow \text{суглинок}$$

Показник текучості:

$$I_L = (0,18 - 0,17)/(0,26 - 0,17) = 0,11$$

Висновок: суглинок напівтвердий.

Шар 6. Глина

$$\rho = 2,06 \text{ т/м}^3; \rho_s = 2,70 \text{ т/м}^3; W = 0,22; WL = 0,40; W_p = 0,20$$

Число пластичності:

$$I_p = 0,40 - 0,20 = 0,20 \rightarrow \text{глина}$$

Показник текучості:

$$I_L = (0,22 - 0,20)/(0,40 - 0,20) = 0,10$$

Висновок: глина напівтверда.

Таблиця 2.3. Характеристика ґрунтів

| № | $e$  | $S_r$ | $I_p$ | $I_L$ | Характеристика ґрунтів                        | Примітка |
|---|------|-------|-------|-------|---|----------|
| 1 | -    | -     | -     | -     | Насипний шар, ґрунто-рослинний шар            |          |
| 2 | 0,7  | 0,65  | -     | -     | Пісок сер. крупності, середн. щільн., вологий |          |
| 3 | 0,94 | > 1   | 0,10  | 1,40  | Суглинок текучий                              |          |
| 4 | 0,58 | 0,40  | -     | -     | Пісок крупний, середн. щільн., маловологий    |          |
| 5 | -    | -     | 0,09  | 0,11  | Суглинок напівтвердий                         |          |
| 6 | -    | -     | 0,20  | 0,10  | Глина напівтверда                             |          |

### 2.1.3 Збір навантаження на фундаменти

Таблиця 2.4. - Визначення ваги покриття на 1 м<sup>2</sup>

| № | Найменування конструкцій  | Нормативне навантаження, кН/м <sup>2</sup> | $\gamma_f$ | Розрахункове навантаження, кН/м <sup>2</sup> |
|---|---|--|------------|--|
| 1 | Бронювальна посипка гравієм $\delta=10\text{мм}$ , $\gamma=4\text{кН/м}^3$    | 0,04                                       | 1,3        | 0,052  |
| 2 | Утеплювач $\delta=100\text{мм}$ , $\gamma=2,0\text{кН/м}^3$                   | 0,20                                       | 1,2        | 0,240  |
| 3 | Керамзит по ухилу $\delta=125\text{мм}$ , $\gamma=4,0\text{кН/м}^3$           | 0,50                                       | 1,1        | 0,550  |
| 4 | Пароізоляція $\delta=10\text{мм}$   | 0,10                                       | 1,1        | 0,110  |
| 5 | Монолітна з/б плита покриття $\delta=200\text{мм}$ , $\gamma=25\text{кН/м}^3$ | 5,00                                       | 1,1        | 5,500  |
|   | Всього: $g =$   | 5,84                                       | —          | 6,452  |

|   |      |      |       |
|---|------|------|-------|
| Снігове (V сніговий район): $S_0=1,6\text{кПа}$ , $\mu=1,0$ | 1,60 | 1,14 | 1,824 |
| Разом: $q^* = g + S_0$                                      | 7,44 | —    | 8,276 |

Нормативне навантаження на 1 м<sup>2</sup> покриття:

$$q_n = q^*(n) \times \gamma_n = 7,44 \times 0,95 = 7,07 \text{ кН/м}^2$$

Розрахункове навантаження на 1 м<sup>2</sup> покриття:

$$q = q^* \times \gamma_n = 8,276 \times 0,95 = 7,86 \text{ кН/м}^2$$

де  $\gamma_n = 0,95$  для класу відповідальності будівлі II (ДБН В.1.2-2:2006).

Таблиця 2.5. - Визначення ваги міжповерхового перекриття на 1 м<sup>2</sup>

| № | Найменування конструкцій   | Нормативне навантаження, кН/м <sup>2</sup> | $\gamma_f$ | Розрахункове навантаження, кН/м <sup>2</sup> |
|---|--|--|------------|--|
| 1 | Плитка керамічна $\delta=25\text{мм}$ , $\gamma=22\text{кН/м}^3$     | 0,55                                       | 1,1        | 0,605  |
| 2 | Цементна стяжка $\delta=20\text{мм}$ , $\gamma=22\text{кН/м}^3$      | 0,44                                       | 1,3        | 0,572  |
| 3 | Бетон легкий «Бетолайт» $\delta=55\text{мм}$                         | 0,40                                       | 1,3        | 0,520  |
| 4 | Монолітна з/б плита $\delta=180\text{мм}$ , $\gamma=25\text{кН/м}^3$ | 4,50                                       | 1,1        | 4,950  |
|   | Всього: $g =$  | 5,89                                       | —          | 6,647  |
|   | Тимчасове (корисне): $v = 1,5 \text{ кПа}$                           | 1,50                                       | 1,2        | 1,800  |
|   | Разом: $q^* = g + v$   | 7,39                                       | —          | 8,447  |

Нормативне навантаження на 1 м<sup>2</sup> перекриття:

$$q_n = 7,39 \times 0,95 = 7,02 \text{ кН/м}^2$$

Розрахункове навантаження на 1 м<sup>2</sup> перекриття:

$$q = 8,447 \times 0,95 = 8,02 \text{ кН/м}^2$$

Збір навантаження проводимо по осі Б, несуча зовнішня стіна (осі А-Б), відповідно до схеми розташування фундаментів.

Крок несучих стін:  $L_1 = 1,3$  м (крок паль за схемою).

Вантажна площа для зовнішньої несучої стіни:

$$A_{\text{зовн}} = 1,3 / 2 = 0,65 \text{ м (на 1 м.п. стіни)}$$

1) Вага покриття (на 1 м.п. стіни):

$$N_{\text{покр}} = q_n \times A_{\text{зовн}} = 7,07 \times 0,65 = 4,60 \text{ кН/м}$$

2) Вага перекриттів над 9 поверхами (на 1 м.п. стіни):

$$N_{\text{пер}} = q_n \times A_{\text{зовн}} \times n = 7,02 \times 0,65 \times 9 = 41,1 \text{ кН/м}$$

3) Вага цегляної стіни (товщина 0,45 м, без вирахування вікон):

$$N_{\text{ст}} = 0,45 \times H \times \gamma = 0,45 \times (9 \times 3,0) \times 1,8 \times 18/10 = 0,45 \times 27,0 \times 6 = 72,9 \text{ кН/м}$$

де  $\gamma = 18 \text{ кН/м}^3$  - питома вага цегляної кладки;  $H$  - повна висота стіни 9 поверхів  $\times 3,0 \text{ м} = 27 \text{ м}$ .

4) Снігове навантаження:

$$N_{\text{сн}} = S_0 \times A_{\text{зовн}} = 1,6 \times 0,65 = 1,04 \text{ кН/м}$$

5) Тимчасове корисне навантаження на перекриття:

$$N_{\text{тим}} = v \times A_{\text{зовн}} \times n \times \psi_{\text{п}} = 1,5 \times 0,65 \times 9 \times 0,55 = 4,83 \text{ кН/м}$$

де  $\psi_{\text{п}} = 0,55$  — знижувальний коефіцієнт для 9 поверхів.

Загальне навантаження на 1 м.п. фундаменту під зовнішню стіну:

$$F = N_{\text{покр}} + N_{\text{пер}} + N_{\text{ст}} + N_{\text{сн}} + N_{\text{тим}}$$

$$F = 4,60 + 41,1 + 72,9 + 1,04 + 4,83 = 124,5 \text{ кН/м}$$

#### 2.1.4 Розрахунок пальового фундаменту

В якості несучого шару паль приймаємо шар 6 (глина напівтверда,  $IL = 0,10$ ). Забивні залізобетонні палі перерізом  $350 \times 350$  мм, довжиною 12 м, з бетону класу С20/25, арматура А400С (відповідно до проекту ПФ-1 на кресленні).

Розрахунок несучої здатності одиночної забивної палі

Визначення несучої здатності палі здійснюємо за ДБН В.2.1-10-2009

«Основи та фундаменти споруд», Зміна №1.

Глибина закладання ростверку від рівня планування:

$$d_1 = H_f + h_1 = 1,5 + 2,65 = 4,15 \text{ м} \rightarrow \text{приймаємо } d_1 = 2,65 \text{ м (від верху} \\ \text{ростверку } \pm 0,000 \text{ до підосви)}$$

Відмітка підосви ростверку:  $-2,650$  м (за кресленням ПФ-1).

Розрахункова довжина палі:  $L = 12,0$  м.

Нижній кінець палі знаходиться на відмітці:  $-2,650 - 12,0 = -14,650$  м — у шарі 6 (глина напівтверда).

Паля спирається на шар 6 — глину напівтверду.

Характеристики палі:

- площа спірання:  $A = 0,35 \times 0,35 = 0,1225 \text{ м}^2$

- зовнішній периметр:  $u = (0,35 + 0,35) \times 2 = 1,40 \text{ м}$

-  $\gamma_{cR} = 1$ ;  $\gamma_{cf} = 1$  (забивна паля, табл. Н.2.3 ДБН В.2.1-10-2009)

Несуча здатність ґрунту основи одиночної палі:

$$F_d = \gamma_c \cdot (\gamma_{cR} \cdot R \cdot A + u \cdot \sum \gamma_{cf} \cdot f_i \cdot h_i)$$

де  $\gamma_c = 1$  - коефіцієнт умов роботи палі в ґрунті.

Будуємо епюру  $\sigma_{zg}$  від власної ваги ґрунту:

Питома вага ґрунтів (нижче рівня підземних вод застосовуємо зважену питому вагу  $\gamma' = \gamma - \gamma_w$ ):

Шар 1 (рослинний):  $\gamma_1 = 13,8 \text{ кН/м}^3$ ;  $h_1 = 0,50 \text{ м}$

Шар 2 (пісок сер. крупн.):  $\gamma_2 = 18,3 \text{ кН/м}^3$ ;  $h_2 = 3,75 \text{ м}$ ;  $\gamma'_2 = 8,3 \text{ кН/м}^3$  (нижче ПГВ на глиб. 9,25м)

Шар 3 (суглинок):  $\gamma_3 = 16,7 \text{ кН/м}^3$ ;  $h_3 = 4,85 \text{ м}$ ;  $\gamma'_3 = 6,7 \text{ кН/м}^3$

Шар 4 (пісок крупний):  $\gamma_4 = 18,0 \text{ кН/м}^3$ ;  $h_4 = 5,75 \text{ м}$ ;  $\gamma'_4 = 8,0 \text{ кН/м}^3$

Рівень підземних вод на глибині 9,25 м від поверхні.

$$\sigma_{zg,0} = \gamma_1 \cdot h_1 = 13,8 \times 0,50 = 6,90 \text{ кН/м}^2$$

$$\sigma_{zg,1} = \sigma_{zg,0} + \gamma_2 \cdot h_2 = 6,90 + 18,3 \times 3,75 = 6,90 + 68,63 = 75,53 \text{ кН/м}^2$$

(до верху шару 3, відмітка  $-4,25$  м — вище ПГВ)

$$\sigma_{zg,2} = \sigma_{zg,1} + \gamma_3 \cdot h_3(\text{вище ПГВ}) + \gamma'_3 \cdot h_3(\text{нижче ПГВ}) \\ = 75,53 + 16,7 \times (9,25 - 4,25) + 6,7 \times (9,10 - 9,25)$$

Спрощено: ПГВ на позначці  $-9,25$  м, підосва шару 3 на  $-9,10$  м, тобто весь шар 3 вище ПГВ:

$$\sigma_{zg,2} = 75,53 + 16,7 \times 4,85 = 75,53 + 81,0 = 156,53 \text{ кН/м}^2$$

(підосва шару 3 — відмітка  $-9,10$  м, ПГВ  $-9,25$  м  $\rightarrow$  шар 3 повністю над ПГВ)

$$\sigma_{zg,3} = \sigma_{zg,2} + \gamma'_4 \cdot h_4(\text{нижче ПГВ}) = 156,53 + 8,0 \times 5,75 = 156,53 + 46,0 = 202,53 \text{ кН/м}^2$$

(підосва шару 4 - відмітка  $-14,85$  м)

$$\sigma_{zg,k} = \sigma_{zg} \text{ на рівні нижнього кінця палі } (-14,65 \text{ м}):$$

$$\sigma_{zg,k} = 156,53 + 8,0 \times (14,65 - 9,10) = 156,53 + 8,0 \times 5,55 = 156,53 + 44,4 = 200,93 \text{ кН/м}^2$$

Розрахунок опору по бічній поверхні палі за формулою:

$$f_i = \sigma_{zq,i} \cdot v_i \cdot (1 - v_i) \cdot \text{tg } \varphi_i + c_i$$

де  $\sigma_{zq,i}$  - середнє ефективне напруження від власної ваги ґрунту на середині підшару;

$v_i = \sin^2(45^\circ - \varphi_i/2)$  - коефіцієнт бічного тиску спокою.

Паля від підосви ростверку ( $-2,650$  м) до нижнього кінця ( $-14,650$  м) проходить через шари 2, 3, 4. Ділимо на підшари товщиною не більше 2 м:

Таблиця 2.6. - Визначення розрахункового опору ґрунту по бічній поверхні палі

| № | Шар | $h_i$ , м      | $\varphi_i$ , ° | $c_i$ , кПа | $v_i$ | $\sigma_{zq,i}$ , кН/м <sup>2</sup> | $f_i$ , кПа | $f_i \cdot h_i$ , кПа·м |
|---|-----|----------------|-----------------|-------------|-------|-------------------------------------|-------------|-------------------------|
| 1 | 2   | 1,60           | 31              | 1           | 0,244 | 60,89                               | 45,0        | 72,0                    |
| 2 | 3   | 1,60           | 20              | 16          | 0,329 | 88,89                               | 23,0        | 36,8                    |
| 3 | 3   | 1,60           | 20              | 16          | 0,329 | 115,71                              | 24,0        | 38,4                    |
| 4 | 3   | 1,65           | 20              | 16          | 0,329 | 142,75                              | 25,5        | 42,1                    |
| 5 | 4   | 1,80           | 31              | 1           | 0,244 | 163,53                              | 68,0        | 122,4                   |
| 6 | 4   | 1,80           | 31              | 1           | 0,244 | 177,93                              | 72,0        | 129,6                   |
| 7 | 4   | 1,55           | 31              | 1           | 0,244 | 193,13                              | 78,0        | 120,9                   |
|   |     | $\Sigma=12,00$ |                 |             |       |                                     |             | $\Sigma = 562,2$        |

Значення розрахункового опору під нижнім кінцем палі приймаємо за

табл. Н.2.1 ДБН В.2.1-10-2009:

Нижній кінець палі на глибині  $z = 14,65$  м у шарі 6 - глина напівтверда ( $\Pi = 0,10$ ):

$$R = 824 \text{ кПа}$$

Несуча здатність палі:

$$F_d = \gamma_c \cdot (\gamma_c R \cdot R \cdot A + u \cdot \sum \gamma_{cf} \cdot f_i \cdot h_i)$$

$$F_d = 1 \cdot (1 \cdot 824 \cdot 0,1225 + 1,40 \cdot 562,2)$$

$$F_d = 100,9 + 787,1 = 888,0 \text{ кН} \approx 888 \text{ кН}$$

Розрахункове навантаження, що допускається на одну палю:

$$N \leq F_d / \gamma_k = 888 / 1,4 = 634,3 \text{ кН}$$

Кількість паль на 1 м.п. під зовнішню стіну:

$$n = F / (F_d / \gamma_k) = 124,5 / 634,3 = 0,20 \approx 1 \text{ шт.}$$

Приймаємо 1 палю на 1,3 м.п. стіни (крок паль 1,3 м відповідно до схеми розташування фундаментів на кресленні).

Перевірка: навантаження на 1 палю:

$$N_1 = F \times \text{крок} = 124,5 \times 1,3 = 161,9 \text{ кН} \leq 634,3 \text{ кН}$$

### 2.1.5 Розрахунок основи пального фундаменту за деформаціями

Середнє значення кута внутрішнього тертя ґрунтів, через які проходить паля:

$$\varphi_{mt} = (\varphi_2 \cdot h_2 + \varphi_3 \cdot h_3 + \varphi_4 \cdot h_4) / (h_2 + h_3 + h_4)$$

$$\varphi_{mt} = (31 \cdot 1,60 + 20 \cdot 4,85 + 31 \cdot 5,55) / (1,60 + 4,85 + 5,55)$$

$$\varphi_{mt} = (49,6 + 97,0 + 172,0) / 12,00 = 318,6 / 12,0 = 26,6^\circ$$

Середній кут внутрішнього тертя ґрунтів:

$$\alpha = \varphi_{mt} / 4 = 26,6 / 4 = 6,65^\circ$$

$$\text{tg } \alpha = 0,116$$

Довжина палі від подошви ростверку до нижнього кінця:

$$h = 12,0 \text{ м}$$

Ширина умовного фундаменту (для стрічки розраховується на 1 м.п.):

$$B_{\text{уф}} = d + 2 \cdot h \cdot \text{tg } \alpha = 0,35 + 2 \times 12,0 \times 0,116 = 0,35 + 2,784 = 3,13 \text{ м}$$

Довжина умовного фундаменту:

$$L_{\text{уф}} = 1 \text{ м (на 1 м.п. стіни)}$$

Нормативна вага паль (на 1 м.п.):

$$G_{\text{пн}} = n \cdot (220 \cdot L + 50) = (1/1,3) \cdot (220 \times 12 + 50) = 0,77 \times 2690 = 2071 \text{ Н} \approx 20,7 \text{ кН}$$

де  $n = 1/1,3$  - кількість паль на 1 м.п.

Нормативна вага ґрунту в об'ємі умовного фундаменту АБВГ (на 1 м.п.):

$$\begin{aligned} G_{\text{ґрн}} &= V_{\text{уф}} \cdot L_{\text{уф}} \cdot \Sigma (\gamma_i \cdot h_i) \\ &= 3,13 \times 1 \times (13,8 \times 0,50 + 18,3 \times 3,75 + 16,7 \times 4,85 + 9,1 \times 0,15 + 8,0 \times 5,55) \\ &= 3,13 \times (6,90 + 68,63 + 81,0 + 1,37 + 44,4) \\ &= 3,13 \times 202,3 = 633,2 \text{ кН} \end{aligned}$$

(нижче ПГВ застосовується зважена  $\gamma'$ : шар 4 нижче  $-9,25$  м -  $\gamma'=8,0$  кН/м<sup>3</sup>)

Нормативна вага ростверку (на 1 м.п.):

$$G_{\text{рн}} = V_{\text{уф}} \cdot 1 \cdot h_{\text{рост}} \cdot \gamma_{\text{бет}} = 3,13 \times 1 \times 0,50 \times 25 / 1,1 = 35,6 \text{ кН}$$

Нормативне навантаження під подошвою фундаменту (на 1 м.п.):

$$F_{\text{н}} = F / \gamma_f = 124,5 / 1,0 = 124,5 \text{ кН/м}$$

(приймаємо, що  $F$  - вже нормативне)

Середній тиск під подошвою умовного фундаменту:

$$P' = (F_{\text{н}} + G_{\text{рн}} \cdot 1,1 + G_{\text{пн}} + G_{\text{ґрн}}) / (V_{\text{уф}} \cdot L_{\text{уф}})$$

$$P' = (124,5 + 35,6 \times 1,1 + 20,7 + 633,2) / (3,13 \times 1)$$

$$P' = (124,5 + 39,2 + 20,7 + 633,2) / 3,13 = 817,6 / 3,13 = 261,2 \text{ кПа}$$

Розрахунковий опір ґрунту основи під подошвою умовного фундаменту:

Подошва умовного фундаменту на відмітці  $-14,65$  м, у шарі 6 - глина напівтверда:

$\varphi'' = 15^\circ$ ;  $c'' = 80$  кПа;  $\gamma'' = 20,6$  кН/м<sup>3</sup> (питома вага,  $\gamma'$ -зважена нижче ПГВ:  $\gamma'=10,6$  кН/м<sup>3</sup>)

$$\text{За } \varphi=15^\circ: M_\gamma = 0,36; M_q = 2,43; M_c = 4,99$$

$$\gamma_{c1} = 1,25 \text{ (для глини); } \gamma_{c2} = 1,0; k = 1,0$$

Глибина умовного фундаменту від поверхні планування:  $d_{\text{уф}} = 14,65$  м

Середня питома вага ґрунту вище підоснови (зважена):

$$\gamma' = \Sigma(\gamma_i \cdot h_i) / \text{дуф} = 202,3 / 14,65 = 13,81 \text{ кН/м}^3$$

$$R = (\gamma c_1 \cdot \gamma c_2 / k) \cdot (M_\gamma \cdot \text{Вуф} \cdot \gamma'' + M_q \cdot \text{дуф} \cdot \gamma' + M_c \cdot c'')$$

$$R = (1,25 \cdot 1,0 / 1,0) \cdot (0,36 \cdot 3,13 \cdot 10,6 + 2,43 \cdot 14,65 \cdot 13,81 + 4,99 \cdot 80)$$

$$R = 1,25 \cdot (11,96 + 491,4 + 399,2) = 1,25 \cdot 902,6 = 1128,3 \text{ кПа}$$

Основна умова при розрахунку пальового фундаменту по другій групі граничних станів задовольняється:

$$P' = 261,2 \text{ кПа} \leq R = 1128,3 \text{ кПа}$$

### 2.1.6 Розрахунок осадки пальового фундаменту

Визначення осідання пальового фундаменту виконується згідно ДБН В.2.1-10-2018, Зміна 1.

Глибина стисливої товщі:

$$H_c = k \cdot b = 6 \cdot 3,13 = 18,78 \text{ м}$$

де  $k = 6$ ;  $b = \text{Вуф} = 3,13 \text{ м}$ .

Середньозважений модуль деформації ґрунту в межах стисливої товщі (шар 6 — глина напівтверда,  $E = 50 \text{ МПа}$ ):

$$E_m = \Sigma(E_i \cdot h_i \cdot z_i) / (0,5 \cdot H_c^2)$$

Стислива товща повністю в шарі 6 (глина,  $E = 50 \text{ 000 кПа}$ ), тому:

$$E_m = 50 \text{ 000 кПа}$$

Природне напруження від власної ваги ґрунту на рівні підоснови умовного фундаменту:

$$\sigma_{zg,0} = 200,93 \text{ кН/м}^2$$

Осадка пальового фундаменту (за спрощеною формулою ДБН):

$$S = (\beta \cdot (P' - \sigma_{zg,0}) \cdot \text{Вуф}) / E_m$$

$$S = (0,8 \times (261,2 - 200,93) \times 3,13) / 50 \text{ 000}$$

$$S = (0,8 \times 60,27 \times 3,13) / 50 \text{ 000} = 150,99 / 50 \text{ 000} = 0,00302 \text{ м} = 0,30 \text{ см}$$

$$S = 0,30 \text{ см} < S_{lim} = 12 \text{ см}$$

Умова за деформаціями задовольняється.

## 2.2 Розрахунок наземної частини об'єкта

### 2.2.1 Розрахунок і конструювання багатопустотної попередньо напруженої плити перекриття

Вихідні дані

Район будівництва розташований у місті Харкові. Об'єкт - 9-поверховий цегляний житловий будинок із несучими цегляними стінами. У проєкті передбачено використання збірного залізобетонного перекриття, представленого багатопустотними плитами марки ПК 57-12.

### 2.2.2 Компонування збірного перекриття

Для формування перекриттів застосовуються панелі типу ПК. Це круглопустотні вироби висотою 220 мм та пустотами діаметром  $\varnothing 159$  мм. Конструкція перекриття будівлі передбачає, що багатопустотні плити опираються безпосередньо на несучі цегляні стіни.

### 2.2.3 Розрахунок багатопустотної попередньо напруженої плити за граничними станами I групи

Розглядувана плита перекриття ПК 57-12 має номінальну ширину 1,2 м та конструктивні розміри  $5680 \times 1190 \times 220$  мм.

Ця плита містить 5 пустот і виготовлена із застосуванням електротермічного натягування арматури на упори. Для її виробництва використано важкий бетон класу С16/20, що має наступні характеристики:

- розрахункове значення міцності бетону на стиск:  $f_{cd} = 11,5$  МПа;
- коефіцієнт прямокутної частини білінійної епюри напружень:  $k = 0,82$ ;
- коефіцієнт центра ваги:  $\beta = 0,457$ ;
- коефіцієнт повноти білінійної епюри напружень:  $\omega_s = 0,91$ ;
- фактичний модуль пружності:  $E_s = 27000$  МПа;
- $\varepsilon_{s3,cd} = 0,58$  ‰;
- $\varepsilon_{cu3,cd} = 3,23$  ‰.

Для армування використовується напружена арматура класу А600С, з характеристиками:

Характеристичне значення міцності на розтяг:  $f_{pk} = 630$  МПа;

Характеристичне значення умовної границі текучості:  $f_{p0,1k} = 575$  МПа;

Розрахункове значення модуля пружності напруженої арматурної сталі:

$$E_p = 190000 \text{ МПа};$$

$$\epsilon_{uk} = 0,02;$$

Розрахункове значення опору розтягу арматури:

$$f_{pd} = f_{p0,1k} / \gamma_s = 575 / 1,2 = 479,17 \text{ МПа},$$

де  $\gamma_s$  - коефіцієнт надійності за арматурою.

Збір навантажень та визначення зусиль

Для розрахунку плити приймаємо модель однопрольотної, вільнообпертої балки.

Розрахунковий прольот плити визначається як відстань між серединами її опор. З огляду на глибину обпирання по зовнішній стіні 130 мм, по внутрішній стіні 120 мм та загальну довжину плити 5680 мм, розрахунковий прольот становить:

$$l_0 = 5680 - 130 - 120 = 5430 \text{ мм} = 5,43 \text{ м}$$

Для проектування важливо врахувати різні види навантажень, що діють на перекриття. Представляємо їх у розрахунковому та нормативному значеннях (на номінальну ширину плити  $b_n = 1,2 \text{ м}$ ):

1. Повне розрахункове навантаження:

$$q = q \cdot b_n = 11,3 \cdot 1,2 = 13,56 \text{ кН/м.}$$

2. Повне нормативне навантаження:

$$q = q \cdot b_n = 9,7 \cdot 1,2 = 11,64 \text{ кН/м.}$$

3. Постійне і тривале навантаження:

$$q = q \cdot b_n = 8,7 \cdot 1,2 = 10,44 \text{ кН/м.}$$

4. Короткочасне навантаження:

$$q = q \cdot b_n = 1 \cdot 1,2 = 1,2 \text{ кН/м.}$$

Згинаючі моменти визначаються за формулою:

$$M = q \cdot l_0^2 / 8$$

Поперечні (перерізуючі) сили розраховуються за формулою:

$$V = q \cdot l_0 / 2$$

де  $q$  - навантаження, кН/м;  $l_0$  - розрахункова довжина панелі, м.

Згинаючий момент від повного розрахункового навантаження:

$$M_{ed} = M_{max} = 13,56 \cdot 5,43^2 / 8 = 49,98 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Поперечна сила від повного розрахункового навантаження:

$$V_{ed} = V_{max} = 13,56 \cdot 5,43 / 2 = 36,82 \text{ кН.}$$

Згинаючий момент від повного нормативного навантаження:

$$M_n = 11,64 \cdot 5,43^2 / 8 = 42,90 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Поперечна сила від повного нормативного навантаження:

$$V_n = 11,64 \cdot 5,43 / 2 = 31,60 \text{ кН.}$$

Згинаючий момент від довготривалого навантаження:

$$M_l = 10,44 \cdot 5,43^2 / 8 = 38,48 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Поперечна сила від довготривалого навантаження:

$$V_l = 10,44 \cdot 5,43 / 2 = 28,34 \text{ кН.}$$

### **2.2.3.1 Розрахунок міцності перерізів, нормальних до повздовжньої осі**

Для розрахунку багатопустотної плити переріз приводимо до таврового, висотою  $h = 220$  мм.

Ширина полиці плити, враховуючи підрізки, становить  $b_{eff} = 1160$  мм.

Ширина ребра розрахункового перерізу визначається як сума товщин всіх ребер за формулою:

$$b_w = b_{eff} - 5 \cdot 159 = 1160 - 795 = 365 \text{ мм,}$$

де 5 - кількість пустот в плиті, шт; 159 - діаметр пустоти, мм.

Висота стиснутої полиці:

$$h_f = (h - 159) / 2 = (220 - 159) / 2 = 30,5 \text{ мм.}$$

Робочу висоту перерізу приймаємо, припускаючи, що  $a = 25$  мм:

$$d = h - a = 220 - 25 = 195 \text{ мм.}$$

Згинаючий момент, який сприймає переріз полиці:

$$M_{Rdf} = \alpha_{mf} \cdot f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot d^2,$$

де  $\alpha_{mf}$  - відносний момент:

$$\alpha_{mf} = \omega_c \cdot \xi_f (1 - \beta \cdot \xi_f) = 0,91 \cdot 0,156 (1 - 0,457 \cdot 0,156) = 0,132,$$

де  $\xi_f$  - відносна висота стиснутої зони:

$$\xi_f = h_f / d = 30,5 / 195 = 0,156.$$

$$MR_{df} = 0,132 \cdot 11,5 \cdot 1160 \cdot 195^2 = 67,04 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Порівнюємо несучу здатність стиснутої полиці  $MR_{df}$  з величиною згинаючого моменту від зовнішнього навантаження  $Med = 49,98 \text{ кН}\cdot\text{м}$ .

Оскільки  $MR_{df} = 67,04 \text{ кН}\cdot\text{м} \geq Med = 49,98 \text{ кН}\cdot\text{м}$ , нейтральна вісь проходить у полиці. Відповідно, подальший розрахунок та підбір арматури виконується як для прямокутного перерізу шириною  $b = 1160 \text{ мм}$ , що працює під дією згинального моменту  $Med$ .

Далі визначаємо область деформування перерізу:

$$\xi_a = \varepsilon_{c3,cd} / (\varepsilon_{c3,cd} + \varepsilon_{ud}) = 0,58 / (0,58 + 18) = 0,031,$$

де

$$\varepsilon_{ud} = \varepsilon_{uk} \cdot 0,9 = 0,02 \cdot 0,9 = 0,018 = 18 \text{ ‰};$$

$$\xi_b = \varepsilon_{cu3,cd} / (\varepsilon_{cu3,cd} + \varepsilon_{ud}) = 3,23 / (3,23 + 18) = 0,152,$$

$$\xi_{lim} = \varepsilon_{cu3,cd} / (\varepsilon_{cu3,cd} + \xi_{so}) = 3,23 / (3,23 + 2,52) = 0,562,$$

де

$$\xi_{so} = f_{pd} / E_p = 479,17 / 190000 = 2,52 \text{ ‰}.$$

При  $\xi_b = 0,152 < \xi_f = 0,156 < \xi_{lim} = 0,562$  переріз працює в області деформування 2.

– Значення відносного плеча внутрішньої пари сил:

$$\eta = z_c / d = 0,5 + \sqrt{(0,25 - 2\beta \cdot a_m / (1+k))} = 0,5 + \sqrt{(0,25 - 2 \cdot 0,457 \cdot 0,099 / 1,82)} = 0,948,$$

де

$$a_m = Med / (f_{cd} \cdot b \cdot d^2) = 49,98 \cdot 10^6 / (11,5 \cdot 1160 \cdot 195^2) = 0,099.$$

– Значення плеча внутрішньої пари сил:

$$z_c = \eta \cdot d = 0,948 \cdot 195 = 184,8 \text{ мм}.$$

– Значення необхідної площі арматури:

$$A_{st} = Med / (f_{pd} \cdot z_c) = 49,98 \cdot 10^6 / (479,17 \cdot 184,8) = 564,33 \text{ мм}^2.$$

Виконання перевірки. Значення висоти стиснутої зони бетону:

$$x = d(1 - \eta) / \beta = 195(1 - 0,948) / 0,457 = 22,3 \text{ мм}.$$

Значення відносної деформації розтягнутої арматури:

$$\varepsilon_{st} = \varepsilon_{cu3,cd} (d - x) / x = 3,23(195 - 22,3) / 22,3 = 25,01 \text{ ‰}.$$

Рішення: приймається 6Ø12 A600C ( $A_{sp} = 678 \text{ мм}^2$ ).

### 2.2.3.2 Розрахунок міцності перерізів, похилих до повздовжньої осі

Поперечна арматура класу A240C, яка має такі характеристики:  $f_{yk} = 240 \text{ МПа}$ ;  $f_{ywd} = 170 \text{ МПа}$ . Кількість поперечних стержнів у складі каркасу  $n = 4$ .

Визначається поперечна сила, яку може сприйняти елемент без поперечного армування:

$$V_{Rd,c} = [0,18/\gamma_c \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + 0,15\sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d,$$

де  $\gamma_c = 1,3$ .

$$k = 1 + \sqrt{(200/d)} = 1 + \sqrt{(200/195)} = 2,01 > 2; \text{ приймаємо } k = 2.$$

$$\rho_l = A_{sp} / (b_w \cdot d) = 678 / (365 \cdot 195) = 0,0095.$$

$$A_c = b_w \cdot h = 365 \cdot 220 = 80300 \text{ мм}^2.$$

Сила попереднього напруження  $P_{\max}$  не повинна перевищувати:

$$P_{\max} = A_p \cdot \sigma_p,$$

де  $\sigma_p$  обирається менше із двох:

$$\sigma_p = 0,8 \cdot f_{pk} = 0,8 \cdot 630 = 504 \text{ МПа};$$

$$\sigma_p = 0,9 \cdot f_{p0,1k} = 0,9 \cdot 575 = 517,5 \text{ МПа}.$$

Приймаємо  $\sigma_{p,\max} = 504 \text{ МПа}$ .

$$P_{\max} = N_{ed} = 504 \cdot 678 = 341712 \text{ Н} = 341,71 \text{ кН}.$$

$$\sigma_{cp} = N_{ed} / A_c = 341712 / 80300 = 4,26 > 0,2 \cdot f_{cd} = 2,3.$$

$$V_{Rd,c} = [0,18/1,3 \cdot 2 \cdot (100 \cdot 0,0095 \cdot 15)^{1/3} + 0,15 \cdot 2,3] \cdot 365 \cdot 195 = 72384 \text{ Н} = 72,38 \text{ кН}.$$

$$V_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 2^{3/2} \cdot 15^{1/2} = 0,383.$$

$$V_{Rd,\min} = (0,383 + 0,15 \cdot 2,3) \cdot 365 \cdot 195 = 51844 \text{ Н} = 51,84 \text{ кН}.$$

$$V_{Rd,c} = 72,38 \text{ кН} > V_{Rd,\min} = 51,84 \text{ кН} > V_{ed} = 36,82 \text{ кН}.$$

Висновок: поперечне армування за розрахунком не потрібне; каркаси приймаються конструктивно.

### 2.2.4 Розрахунок за граничними станами II групи

Геометричні характеристики перерізу плити

Коефіцієнти приведення арматури до бетону для нижньої та верхньої арматури:

$$\alpha_{sp} = E_p/E_{cm} = 190000/27000 = 7,037;$$

$$\alpha_{sc} = E_{sc}/E_{cm} = 170000/27000 = 6,296.$$

Верхня стиснута арматура — 8 Ø3 Вр-I із кроком 200 мм,  $A_{sc} = 100,5 \text{ мм}^2$ .

Розміри приведенного таврового перерізу:

$b_{eff} = 1160 \text{ мм}$ ;  $b_{ef} = 1190 \text{ мм}$ ;  $b_w = 365 \text{ мм}$ ;  $h_{eff} = h_{ef} = 41,16 \text{ мм}$ ;  $c_1 = 20 \text{ мм}$ ;

$c_p = 28 \text{ мм}$ ;  $A_{sc} = 100,5 \text{ мм}^2$ ;  $A_{sp} = 678 \text{ мм}^2$ .

– Площа поперечного перерізу бетону:

$$\begin{aligned} A_c &= b_{eff} \cdot h_{eff} + b_w(h - 2h_{eff}) + b_{ef} \cdot h_{ef} = \\ &= 1160 \cdot 41,16 + 365(220 - 2 \cdot 41,16) + 1190 \cdot 41,16 = 146979 \text{ мм}^2. \end{aligned}$$

– Площа приведенного поперечного перерізу:

$$A_{red} = A_c + \alpha_{sp} \cdot A_{sp} + \alpha_{sc} \cdot A_{sc} = 146979 + 7,037 \cdot 678 + 6,296 \cdot 100,5 = 152383 \text{ мм}^2.$$

– Статичний момент бетонного перерізу відносно нижньої грані:

$$\begin{aligned} S_c &= 1160 \cdot 41,16(220 - 0,5 \cdot 41,16) + 365(220 - 2 \cdot 41,16) \cdot 0,5 \cdot 220 + \\ &+ 1190 \cdot 41,16 \cdot 0,5 \cdot 41,16 = 16057296 \text{ мм}^3. \end{aligned}$$

– Статичний момент приведенного перерізу:

$$\begin{aligned} S_{red} &= S_c + \alpha_{sp} \cdot A_{sp} \cdot c_p + \alpha_{sc} \cdot A_{sc}(h - c_1) = \\ &= 16057296 + 7,037 \cdot 678 \cdot 28 + 6,296 \cdot 100,5 \cdot (220 - 20) = 16317443 \text{ мм}^3. \end{aligned}$$

– Відстані від центру ваги перерізів до нижньої грані та осей арматури:

$$\begin{aligned} y_{0,c} &= S_c/A_c = 16057296/146979 = 109,2 \text{ мм}; \\ y_{0,red} &= S_{red}/A_{red} = 16317443/152383 = 107,1 \text{ мм}; \\ y_{sp} &= y_{0,red} - c_p = 107,1 - 28 = 79,1 \text{ мм}; \\ y_{sc} &= h - c_1 - y_{0,red} = 220 - 20 - 107,1 = 92,9 \text{ мм}. \end{aligned}$$

– Момент інерції бетонного та приведенного перерізів:

$$I_c = 866370050 \text{ мм}^4; \quad I_{red} = 867060279 \text{ мм}^4.$$

– Моменти опору приведенного перерізу:

$$\begin{aligned} W_{red,inf} &= I_{red}/y_{0,red} = 867060279/107,1 = 8097183 \text{ мм}^3; \\ W_{red,sup} &= I_{red}/(h - y_{0,red}) = 867060279/(220 - 107,1) = 7678653 \text{ мм}^3. \end{aligned}$$

Попереднє напруження і миттєві втрати

Максимальні напруження при натягуванні:

$$\sigma_{r,\max} = \min\{0,8 \cdot 630; 0,9 \cdot 575\} = \min\{504; 517,5\} = 504 \text{ МПа.}$$

Напруження після перших (миттєвих) втрат:

$$\sigma_{r0}(x) = \min\{0,75 \cdot 630; 0,85 \cdot 575\} = \min\{472,5; 488,75\} = 472,5 \text{ МПа.}$$

Перевірка діапазону:  $0,3 \cdot f_{p0,1k} = 172,5 \text{ МПа} \leq \sigma_r \leq 504 \text{ МПа}$ . Призначаємо напруження при натягуванні  $\sigma_r = 470 \text{ МПа}$ .

Втрати від релаксації напружень (А600С, електротермічний натяг):

$$\Delta P_r = 0,03 \cdot A_{sp} \cdot \sigma_r = 0,03 \cdot 678 \cdot 470 = 9560 \text{ Н.}$$

При електротермічному способі натягу та пропарюванні втрати від температурного перепаду відсутні ( $\Delta P_\theta = 0$ ), деформації упорів не враховуються ( $\Delta P_4 = 0$ ).

Зусилля попереднього напруження з урахуванням релаксації:

$$P_{0,c} = \sigma_r \cdot A_{sp} - \Delta P_r = 470 \cdot 678 - 9560 = 309100 \text{ Н.}$$

$$\Delta \sigma_c(t) = P_{0,c} / A_{red} + P_{0,c} \cdot z_{cp} \cdot y_{0,red} / I_{red} = 309100 / 152383 + 309100 \cdot 81,2 \cdot 107,1 / 867060279 = 5,13 \text{ МПа,}$$

де  $z_{cp} = y_{0,c} - c_p = 109,2 - 28 = 81,2 \text{ мм}$ .

Втрати від миттєвої деформації бетону:

$$\Delta P_{el} = A_{sp} \cdot E_p \cdot j \cdot \Delta \sigma_c(t) / E_{cm} = 678 \cdot 190000 \cdot 0,5 \cdot 5,13 / 27000 = 12238 \text{ Н.}$$

$$P_{m,0} = P_{0,c} - \Delta P_{el} = 309100 - 12238 = 296862 \text{ Н} = 296,86 \text{ кН} < P_{m,0}(x) = 472,5 \cdot 678 = 320,36 \text{ кН} \text{ — умова виконується.}$$

Обмеження напружень у бетоні

Максимальні стискаючі напруження у бетоні в момент обтиску:

$$\sigma_c = P_{m,0} / A_{red} + P_{m,0} \cdot z_{cp} \cdot y_{0,red} / I_{red} = 296862 / 152383 + 296862 \cdot 81,2 \cdot 107,1 / 867060279 = 4,93 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_c = 4,93 \text{ МПа} \leq 0,6 \cdot f_{ck}(t) = 0,6 \cdot 15 = 9,0 \text{ МПа} \text{ — умова виконується.}$$

Перевірка напружень у верхніх розтягнутих фібрах при передачі обтиску:

$$\sigma_c(1) = -P_{m,0} / A_{red} + P_{m,0} \cdot z_{cp} / W_{red,sup} = -296862 / 152383 + 296862 \cdot 81,2 / 7678653 = 1,19 \text{ МПа} < f_{ctm} = 1,9 \text{ МПа.}$$

Розрахункове армування верхньої зони не потрібне; вона армується конструктивно (8Ø3 Вр-I).

Залежні від часу втрати попереднього напруження

Сумарні втрати визначаються за спрощеним методом:

$$\Delta P_{c+s+r} = A_{sp} \cdot [\varepsilon_{cs} \cdot E_p + 0,8 \cdot \Delta \sigma_{pr} + (E_p/E_{cm}) \cdot \varphi \cdot \sigma_{c,QR}] / [1 + (E_p \cdot A_{sp}) / (E_{cm} \cdot A_c) \cdot (1 + A_c \cdot z_{cp}^2 / I_c) (1 + 0,8 \cdot \varphi)].$$

Деформація усадки. Умовний розмір перерізу:

$$u = 1190 + 1160 + 2 \cdot 220 = 2790 \text{ мм}; \quad h_0 = 2A_c/u = 2 \cdot 146979/2790 = 105,4 \text{ мм.}$$

$$k_n = 1,0 - (1 - 0,85)/100 \cdot (105,4 - 100) = 0,992.$$

$$\varepsilon_{cd,\infty} = k_n \cdot \varepsilon_{cd,0} = 0,992 \cdot 0,00052 = 0,000516.$$

$$\beta_{ds}(t, t_s) = (100 - 28) / [(100 - 28) + 0,04 \cdot \sqrt{(105,4)^3}] = 0,6247.$$

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds} \cdot \varepsilon_{cd,\infty} = 0,6247 \cdot 0,000516 = 0,0003222.$$

$$\varepsilon_{ca,\infty} = 2,5(f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} = 2,5 \cdot 5 \cdot 10^{-6} = 12,5 \cdot 10^{-6}; \quad \beta_{as} = 1 - e^{(-0,2 \cdot \sqrt{100})} = 0,8647;$$

$$\varepsilon_{ca}(t) = 0,8647 \cdot 12,5 \cdot 10^{-6} = 10,81 \cdot 10^{-6}.$$

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd}(t) + \varepsilon_{ca}(t) = 0,0003222 + 10,81 \cdot 10^{-6} = 0,000333.$$

Втрати від релаксації (клас 3,  $\rho_{1000} = 4 \%$ ):

$$\mu = \sigma_{pi} / f_{pk} = 472,5/630 = 0,75;$$

$$\Delta \sigma_{pr} / \sigma_{pi} = 1,98 \cdot 4 \cdot e^{(8 \cdot 0,75)} \cdot (500000/1000)^{(0,75 \cdot 0,25)} \cdot 10^{-5} = 0,102;$$

$$\Delta \sigma_{pr} = 472,5 \cdot 0,102 = 48,4 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт повзучості  $\varphi(\infty, t_0) = 3,0$  (С16/20, RH = 40...75 %).

$$\begin{aligned} \sigma_{c,QR} &= M_{Ed,1} \cdot z_{cp} / I_c + P_{m,0} / A_c + P_{m,0} \cdot z_{cp}^2 / I_c = \\ &= 38,48 \cdot 10^6 \cdot 81,2 / 866370050 + 296862 / 146979 + 296862 \cdot 81,2^2 / 866370050 = 7,89 \\ &\text{МПа,} \end{aligned}$$

$$\text{де } M_{Ed,1} = q_l \cdot 10^2 / 8 = 10,44 \cdot 5,43^2 / 8 = 38,48 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

$$\Delta P_{c+s+r} = 678 \cdot 217,6 = 147529 \text{ Н} \approx 147,53 \text{ кН.}$$

Середнє значення сили напруження з урахуванням усіх втрат:

$$P_{m,t}(x) = P_{m,0} - \Delta P_{c+s+r} = 296,86 - 147,53 = 149,33 \text{ кН.}$$

Перевірка умов:

$$P_{m,t}(x) = 149,33 \text{ кН} \leq 0,65 \cdot f_{pk} \cdot A_{sp} = 0,65 \cdot 630 \cdot 678 \cdot 10^{-3} = 277,6 \text{ кН};$$

$$P_{m,t}(x) = 149,33 \text{ кН} \leq P_{m,0}(x) - 100 \cdot A_{sp} = 296,86 - 67,8 = 229,06 \text{ кН. Умови виконуються.}$$

Напруження у напруженій арматурі з урахуванням усіх втрат:

$$\sigma_{sp} = M_{m,t(x)}/A_{sp} = 149330/678 = 220,3 \text{ МПа.}$$

Оскільки  $0 \leq \sigma_{sp} = 220,3 \text{ МПа} \leq f_{pd} = 479,17 \text{ МПа}$ :

$$\varepsilon_{sp} = \sigma_{sp}/E_p = 220,3/190000 = 1,159 \text{ ‰.}$$

Розрахунок за деформаціями (прогин)

Граничне відношення проліт/висота:

$$\rho_0 = 10^{-3} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 10^{-3} \cdot \sqrt{15} = 0,0039; \quad \rho = A_s/(b \cdot d) = 678/(1190 \cdot 195) = 0,0029.$$

Оскільки  $\rho = 0,0029 < \rho_0 = 0,0039$ , застосовуємо формулу:

$$\begin{aligned} l/d &= k[11 + 1,5 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \rho_0/\rho + 3,2 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot (\rho_0/\rho - 1)^{(3/2)}] = \\ &= 1 \cdot [11 + 1,5 \cdot \sqrt{15} \cdot 0,0039/0,0029 + 3,2 \cdot \sqrt{15} \cdot (0,0039/0,0029 - 1)^{(3/2)}] = 21,0. \end{aligned}$$

Множимо на  $310/\sigma_s$ :

$$(l/d) \cdot 310/\sigma_s = 21,0 \cdot 310/426 = 15,28.$$

$$(l/d)_{\text{факт}} = 5430/195 = 27,85 > 15,28.$$

Оскільки співвідношення проліт/висота не відповідає граничному значенню, перевірку прогину виконуємо розрахунковим методом.

Перевіряємо величину прогину при дії моменту  $49,98 \text{ кН} \cdot \text{м}$ . Кривизна в перерізі, отримана за деформаційною методикою при розрахунках за II групою граничних станів, дорівнює  $1/r = 0,0049 \text{ 1/м}$ .

$$f = (1/r) \cdot km \cdot 10^2 = 0,0049 \cdot (5/48) \cdot 5,43^2 = 0,015 \text{ м.}$$

$$f_{lim} = 10/200 = 5,43/200 = 0,027 \text{ м} > f = 0,015 \text{ м.}$$

Перевірка виконана. Прогин плити не перевищує граничного значення.

Висновок: плита ПК 57-12 із напруженою арматурою  $6\text{Ø}12 \text{ A600C}$  задовольняє вимогам розрахунку за граничними станами I та II груп.

## РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

### 3.1. Технологія і організація виконання робіт

#### 3.1.1. Технологічна карта на пальові роботи

Розроблено технологічну схему забивання 12-метрових паль в однорядній та багаторядній конфігураціях під час будівництва пальового фундаменту житлового будинку в Харкові.

Проектом передбачено використання для пальового фундаменту залізобетонних паль С 12-30 (ДСТУ Б В.2.6-2:2009) вагою 2 730 кг, з квадратним перерізом 300×300 мм та довжиною 12 м.

Обсяг робіт, передбачений цим графіком, включає такі процеси:

- розвантаження паль та їх укладання в штабелі;
- розпакування та встановлення паль на будівельних майданчиках;
- розмітка паль та нанесення горизонтальних орієнтирних ліній;
- підготовка пальозабивального обладнання до роботи;
- забивання паль;
- обрізання головок паль.

Усі роботи із забивання паль виконуються у дві зміни.

### 3.2. Організація і технологія робіт

#### 3.2.1. Підрахунок обсягів робіт

Таблиця 3.1 - Підрахунок обсягів пальових робіт

| № п/п | Назва процесу   | Одиниці (ДСТУ Б Д.2.2-5) | Кількість                             |
|-------|---|--------------------------|---------------------------------------|
| 1     | Розвантаження і складування паль автомобільним краном                 | 100 шт                   | 1,57                                  |
| 2     | Перекантування паль краном для розмітки осей і рисок                  | 100 шт                   | 1,57                                  |
| 3     | Подача паль до місця занурення  | 100 шт                   | 1,57                                  |
| 4     | Розмітка паль фарбою через 1 м  | 100 м                    | $12 \cdot 1 \cdot 1,57 / 100 = 18,84$ |
| 5     | Вертикальне занурення паль (l = 12 м) гусеничною копровною установкою | 1 шт                     | 157                                   |
| 6     | Зрубівання пальових голівок перетином 300×300 мм                      | 1 шт                     | 157                                   |

|   |   |              |                            |
|---|---|--------------|----------------------------|
| 7 | Випрямлення стрижнів арматурного каркаса палі | 100 стрижнів | $4 \cdot 157 / 100 = 6,28$ |
|---|---|--------------|----------------------------|

### 3.2.2. Специфікація збірних залізобетонних конструкцій

Таблиця 3.2 - Специфікація збірних залізобетонних конструкцій

| № п/п | Назва конструкції, марка                        | Кількість, шт | Вага одиниці, кг | Вага всіх, кг | Примітка  |
|-------|---|---------------|------------------|---------------|---|
| 1     | Паля залізобетонна ДСТУ Б В.2.6-2:2009, С 12-30 | 157           | 2730             | 428 610       | Об'єм бетону:<br>$V_{б \text{ одн}} = 1,09 \text{ м}^3$<br>$V_{б \text{ заг}} = 171,13 \text{ м}^3$<br>Витрата сталі:<br>$P_1 = 74,9 \text{ кг}$<br>Разом = 11 759,3 кг |

### 3.2.3. Вибір машин і механізмів для виконання пальових робіт

Відповідно до умов роботи та стандартних розмірів паль при їх однорядному і багаторядному розташуванні прийнята навісна пальова установка СП-50 на базі екскаватора Е-10011А.

Як основний робочий орган пальового обладнання прийнятий трубчастий дизель-молот С-995 з енергією удару  $E = 19 \text{ кДж}$ .

Технічні характеристики дизель-молота С-995:

- вага ударної частини 1250 кг;
- максимальна енергія удару 19,0 кДж;
- частота ударів за хвилину 44;
- система охолодження водяна;
- загальна вага 2600 кг.

Таблиця 3.3 - Технічні характеристики пальової машини СП-50

| № | Параметр               | Значення |
|---|------------------------|----------|
| 1 | Довжина занурення палі | 12 м     |

|   |  |                     |
|---|--|---------------------|
| 2 | Вантажопідйомність                       | 10 т                |
| 3 | Нахил направляючої стріли вперед / назад | 7° / 18,5°          |
| 4 | Нахил направляючої стріли вліво / вправо | 5° / 5°             |
| 5 | Базова машина                            | екскаватор Е-10011А |

Для зрубвання пальових голівок прийнятий пневматичний відбійний молоток МО-10П.

Для розвантаження палі у штабелі та розкладання їх на місцях занурення прийнятий стріловий кран. Розрахунок основних параметрів стрілового крана:

$$Q = Q_{\text{э}} + Q_{\text{с}} = 2730 + 130 = 2860 \text{ кг}; \quad k_3 = 1,1; \quad Q_{\text{розр}} = 3146 \text{ кг},$$

де  $Q_{\text{э}}$  - маса палі, кг (2730);  $Q_{\text{с}}$  - вага стропа 2СК-5,0, кг (130).

$$H_{\text{кр}} = h_0 + h_{\text{э}} + h_{\text{с}} + h_3 = 2,5 + 0,3 + 5,4 + 1,0 = 9,2 \text{ м}; \quad k_3 = 1,1; \quad H_{\text{кр.розр}} = 10,12 \text{ м},$$

де  $h_0$  - різниця відмітки передавальної точки і відмітки стоянки крана, м (2,5);  $h_{\text{э}}$  - товщина палі в монтажному положенні, м (0,30);  $h_{\text{с}}$  - висота стропа, м (5,4);  $h_3$  - запас висоти, м (1,0).

За необхідними параметрами приймаємо гусеничний кран МКГ-40.

$$L_{\text{тр}} = B + L_6 + v_k/2 = 12600 + 2500 + 1000 + 2250 = 18\,350 \text{ мм} = 18,35 \text{ м};$$

$$k_3 = 1,1; \quad L_{\text{тр.розр}} = 20,185 \text{ м}.$$

Технічна характеристика крана МКГ-40:

- довжина стріли 25,8 м;
- виліт стріли 7,0–23,0 м;
- вантажопідйомність при  $l_p = 8 \text{ м}$  20 т; при  $l_p = 23 \text{ м}$  3 т;
- висота підйому стріли 23,5–12,5 м.

#### 3.2.4. Технологія виконання пальових робіт

Перед початком забивання палі необхідно виконати такі підготовчі роботи:

- викопування котловану та розмітка його дна;
- встановлення жолобів та дренажу на будівельному майданчику;
- будівництво під'їзних доріг та підключення електропостачання;

- геодезична розбивка осей та розмітка місць розташування палей відповідно до проекту;
- доставка та укладання палей;
- транспортування та встановлення обладнання для забивання палей;
- проведення пробного забивання палей.

Встановлення обладнання для забивання палей здійснюється на майданчику розміром не менше 35×15 м.

Після завершення підготовчих робіт складається двосторонній акт про готовність та приймання будівельного майданчика та котловану, як передбачено в робочому проекті.

Забетоновані палі довжиною 12 метрів, доставлені на будівельний майданчик, розвантажуються за допомогою гусеничного стрілового крана МКГ-40 із двоногим стропом 2СК-5,0. Підйом здійснюється за допомогою монтажних петель.

Під час укладання палей на насип котловану їх розташовують рядами у штабелі висотою 3–4 ряди; висота штабеля не повинна перевищувати 2,5 м. Палі розміщують на дерев'яних опорах перерізом 150×150 мм, встановлених вертикально під підйомними вушками. Головки палей повинні бути спрямовані в один бік.

Зберігання палей у котловані заборонено. Палі розкладаються краном в один ряд у межах робочої зони пальозабивної установки на відстані не більше 10 м; головки палей повинні бути спрямовані в бік пальозабивної установки. Запас палей на будівельному майданчику повинен бути достатнім принаймні на 2–3 дні роботи.

Перед забиванням кожен палець маркують сталевим рулеткою в метрах від кінчика до головки. Сегменти довжиною в метр та проектну глибину палей позначають яскравим олівцем за допомогою рисок, цифр (що позначають метри) та літер «PG» (проектна глибина забивання).

За допомогою шаблону на палі наносяться вертикальні позначки для візуального контролю вертикальності забивання.

Геодезична розбивка рядів палей виконується відносно головної та допоміжної осей будівлі. Для розмітки центрів палей використовується комбінована рулетка. Місця забивання палей позначаються металевими кілочками довжиною 25–30 см.

Забивання палей здійснюється за допомогою підвісної установки СП-50, оснащеної трубчастим дизельним молотом С-995. Процес забивання складається з таких операцій:

- закріплення палей у стропях та підйом їх до місця забивання;
- розміщення палей у проектному положенні;
- вирівнювання палей вздовж осей;
- перевірка вертикальності;
- забивання палей до проектної висоти.

Стовп підвішують для підйому за допомогою верхньої петлі з використанням робочого троса та додаткової страхувальної стропи. Стовп підтягують до забивної установки за допомогою робочого троса, що проходить через нижній направляючий блок уздовж дна котловану по прямій лінії.

Перед початком забивання палей фіксують у двох місцях: зверху за допомогою встановленої на ній оголовки, а знизу за допомогою спеціального затискача. Забивання палей до проектної глибини здійснюється ударним методом за допомогою дизельного молота S-995. Регулювання проводяться після забивання палей на 1,0 м за допомогою направляючих пристроїв.

Палей забиваються до досягнення проектної глибини забивання. Коли кінчик палей наближається до проектної позначки, виконується серія з 10 ударів, а глибина забивання вимірюється після кожної серії. Глибину забивання вимірюють за допомогою лінійки з папером у міліметрову сітку, закріпленої поруч із палею. Вимірювання глибини забивання проводяться з точністю до 1 мм протягом щонайменше трьох послідовних серій ударів на останньому метрі забивання. За проектне значення приймається мінімальне значення середніх глибин забивання за останніми трьома серіями ударів.

Відрізання головок паль починається після завершення робіт із забивання паль на даній ділянці. Головки відрізаються за допомогою пневматичного відбійного молотка МО-10Р. Для запобігання відколюванню бетону вздовж запланованої лінії різання встановлюються металеві затискачі. Для розрізання арматури паль використовується газове різання.

### **3.3. Розрахунок трудовитрат і машинного часу**

Розрахунок було проведено на основі оцінки обсягу робіт з урахуванням відповідних нормативних документів.

#### **3.3.1. Техніка безпеки**

При виконанні пальових робіт необхідно суворо дотримуватися вимог ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення»:

1. пальові установки повинні бути обладнані обмежувачами висоти підйому та звуковою сигналізацією;
2. канати повинні мати сертифікат виробника; підйомне обладнання повинно бути випробуваним;
3. відстань між пальовими установками та будівлями визначається ПВР; небезпечна зона встановлюється на відстані не менше 15 м від місця забивання палі;
4. переміщення пальових установок здійснюється по заздалегідь підготовленій горизонтальній траєкторії.

#### **3.3.2. Техніко-економічні показники**

1. Тривалість роботи згідно з графіком:  $D_o = 32$  дні.
2. Трудомісткість робіт на  $1 \text{ м}^3$  бетону паль:

$$T_e = T_p / V = 458,3 / 171,13 = 2,68 \text{ люд.-год/м}^3,$$

де  $T_p$  - нормативні трудовитрати працівників (за розрахунком), люд.-год;  
 $V$  - об'єм бетону паль,  $\text{м}^3$  (171,13).

3. Виробіток одного робітника за зміну:

$$V_{cm} = (V \cdot 8) / T_p = (171,13 \cdot 8) / 458,3 = 2,99 \text{ м}^3/\text{зм}.$$

### **3.4. Технологічна карта на зведення стін з цегляної кладки**

#### **3.4.1. Вихідні дані**

1. кількість поверхів у будівлі 9;
2. кількість секцій 1;
3. поверх, який будується - 5;
4. висота поверху (від підлоги до стелі)  $H = 2,8$  м;
5. кладка стін під штукатурку;

Товщина стін:

- зовнішні (середньої складності), у 1,5 цеглини 380 мм;
- внутрішні тип № 1 (проста кладка), у 2 цеглини 510 мм;
- внутрішні тип № 2 (проста кладка), у 1 цеглину 250 мм.

Для подачі матеріалів встановлено баштовий кран вантажопідйомністю 8 т. Розчин цементно-піщаний.

#### **3.4.2. Технологія та організація виконання робіт**

До початку цегляної кладки стін повинні бути виконані:

- роботи з організації будівельного майданчика;
- роботи зі зведення нульового циклу;
- геодезична розбивка осей будівлі;
- доставка на майданчик і підготовка до роботи баштового крана, риштувань, необхідного інвентарю і матеріалів.

Цеглу доставляють на будівельний майданчик пачками за допомогою спеціально обладнаних вантажівок з відкритим кузовом. Розчин доставляють автобетонозмішувачами або автоцистернами для розчину та вивантажують у установку для змішування та подачі розчину.

Складування цегли передбачено на спланованій ділянці на піддонах або залізобетонних плитах. Розвантаження цегли з автомобілів і подавання на склад та робоче місце здійснюють пакетами за допомогою захвата Б-8; при цьому дно пакетів обов'язково захищають брезентовими фартухами. Розчин подають на робоче місце інвентарним роздавальним бункером об'ємом  $1 \text{ м}^3$  у металеві ящики місткістю  $0,25 \text{ м}^3$ .

Склад бригади для зведення типового поверху житлового будинку (20 осіб):

- каменяр 3-го розряду 16 осіб;
- монтажник 2-го розряду 1 особа;
- тесляр 4-го розряду 1 особа;
- тесляр 2-го розряду 2 особи.

При кладці цегляних стін використовуються стандартні розкладні риштування. Загальна ширина робочих місць становить 2,5–2,6 м, включаючи робочу зону шириною 60–70 см.

Послідовність робіт з кладки цегли така:

- монтаж риштувань;
- розкладка цегли на риштуваннях у кількості, достатній для двох годин роботи;
- розміщення відер з розчином;
- встановлення напрямних для рядів, на яких позначено розміри віконних та дверних прорізів.

Процес кладки цегли складається з таких операцій: встановлення та регулювання орієнтирної дошки; обрізка та обробка цегли за потреби; завантаження, подача, розрівнювання та вирівнювання розчину; укладання цегли в конструкцію; перевірка точності виконаної кладки.

Розподіл роботи в ланці «двійка»:

- муляр 3-го розряду (№ 1) встановлює рейку-порядовку, натягує причальний шнур;
- муляр 3-го розряду (№ 2) розкладає цеглу та розстеляє розчин;
- муляр № 1 веде кладку зовнішньої та внутрішньої верст способом «впритиск»;
- після укладання версти муляр № 2 веде кладку забутки;
- муляр № 1 перевіряє правильність та горизонтальність рядів кладки.

### **3.5. Визначення обсягів робіт**

Обсяг цегляної кладки підраховується окремо для простої та середньої

складності. З об'єму кладки виключають віконні та дверні прорізи.

Таблиця 3.4 - Підрахунок обсягів цегляної кладки

| Найменування та характеристика робіт                         | Об'єм мурування за винятком прорізів, м <sup>3</sup> |
|--|--|
| Кладка зовнішніх стін товщиною 380 мм (середньої складності) | 104,274  |
| Кладка зовнішніх стін товщиною 510 мм (проста)               | 75,794   |
| Кладка внутрішніх стін товщиною 250 мм (проста)              | 3,000  |
| Всього:  | 183,07   |

Додаткові обсяги робіт:

- встановлення та перестановка панельних риштувань на обсяг кладки 183,07 м<sup>3</sup>;
- підйом цегли баштовим краном: для 1 м<sup>3</sup> кладки потрібно 380 шт. цегли  $183,07 \cdot 380 = 69\,566$  шт.;
- підйом розчину: для 1 м<sup>3</sup> кладки потрібно 0,25 м<sup>3</sup> розчину  $183,07 \cdot 0,25 = 45,77$  м<sup>3</sup>.

### 3.5.1. Вимоги до якості та приймання робіт

Роботи зі зведення кам'яних конструкцій слід виконувати відповідно до технічної документації, яка містить:

- вказівки щодо виду матеріалу, який застосовується в кладці, проєктні марки за міцністю та морозостійкістю;
- марки розчинів для виконання робіт;
- спосіб кладки і заходи, що забезпечують міцність і стійкість конструкцій на стадії зведення.

### 3.5.2. Матеріально-технічні ресурси

Таблиця 3.5 - Потреба в інструменті, інвентарі та пристосуваннях

| Найменування          | Марка / характеристика        | Кількість | Призначення         |
|-----------------------|-------------------------------|-----------|---------------------|
| Строп чотиригілковий  | 4ЧСК-5,0                      | 1         | Підйом елементів    |
| Установка для розчину | УБ-342.00.000                 | 1         | Цегляна кладка стін |
| Ящик для розчину      | місткістю 0,25 м <sup>3</sup> | 6         | Приймання розчину з |

|                                 |                                     |    |                                     |
|---------------------------------|-------------------------------------|----|-------------------------------------|
|                                 |                                     |    | бункера                             |
| Бункер для розчину              | місткістю 1 м <sup>3</sup>          | 1  | Подавання розчину для кладки        |
| Установка для подавання розчину | СО-125                              | 1  | Приймання розчину                   |
| Риштування панельні             | 5500×2500×1100                      | 12 | Цегляна кладка стін                 |
| Захват                          | Б-8,<br>вантажопідйомність<br>1,5 т | 2  | Подача цегли                        |
| Піддон з металевими гачками     | -                                   | 8  | Складування цегли                   |
| Кельма                          | -                                   | 16 | Розрівнювання розчину               |
| Молоток-кирка                   | -                                   | 20 | Колення та тесання цегли            |
| Виски будівельні                | ОТ-400                              | 16 | Перевірка вертикальності кладки     |
| Рівень будівельний              | УС1-300                             | 8  | Перевірка горизонтальності кладки   |
| Рейка-порядовка                 | -                                   | 8  | Перевірка прямолінійності рядів     |
| Правило                         | -                                   | 8  | Перевірка правильності кладки       |
| Рулетка                         | ЗПК 2-30                            | 8  | Розмітка осей будівлі               |
| Лопата для розчину              | ЛР                                  | 8  | Розстилання розчину                 |
| Лом монтажний                   | ЛМ-24                               | 4  | Рихтування елементів                |
| Шнур причальний                 | -                                   | 4  | Забезпечення горизонтальності рядів |
| Кутник для кам'яних робіт       | -                                   | 4  | Перевірка кутів під час кладки      |
| Каска будівельна                | -                                   | 28 | Безпека робіт                       |
| Пояс монтажний                  | -                                   | 28 | Безпека робіт                       |

### 3.5.3. Вибір крана

Вибір монтажного крана залежить від об'ємно-планувальних і конструктивних особливостей будівлі. Технічна характеристика прийнятого крана:

- максимальна вантажопідйомність 8 т;
- висота підйому гака 57 м;
- швидкість підйому гака 37 м/хв;
- маса 50,5 т.

Прийнято баштовий кран марки КБ-403 вільностоячий поворотний кран

зі стрілою, який пересувається по рейкових коліях.

#### **3.5.4. Вказівки щодо виконання робіт**

Цегляна кладка внутрішніх і зовнішніх стін здійснюється ланкою «двійка». Кількість ланок розрахована так, щоб ланка за одну зміну зводила один ярус цегляної кладки. Подачу матеріалів на робочі місця здійснюють баштовим краном з використанням вантажопідіймальних пристосувань і бункерів.

Цементно-піщаний розчин на будівельний майданчик доставляють автомобілями. Приймання розчину здійснюють в установку СО-125 з наступним переміщенням і видачею. На робочі місця розчин подають баштовим краном у бункері. Розвантаження і подачу цегли на робоче місце мулярів виконують захватом Б-8 вантажопідійомністю 1,5 т.

Після зведення двох ярусів кладки здійснюється монтаж гіпсокартонних перегородок, плит перекриття, ліфтових шахт, елементів сходів і сміттєпроводу.

#### **3.5.5. Визначення ритму потоку цегляної кладки**

Ритм потоку визначається продуктивністю прийнятого баштового крана при зведенні поверху. Для 1 м<sup>3</sup> цегляної кладки необхідно підняти 380 шт. цегли і 0,25 м<sup>3</sup> розчину.

Цегли:  $183,07 \cdot 380 = 69\,566$  шт.; розчину:  $183,07 \cdot 0,25 = 45,77$  м<sup>3</sup>.

Баштовий кран за один підйом подає захват Б-8, що вміщує 400 шт. цегли масою 1,4 т. Розчин подається у бункерах ємністю 1 м<sup>3</sup> масою 2 т.

Машиномісткість підйому матеріалів:

- підйом цегли 38,0 маш.-год;
- підйом розчину 9,6 маш.-год;
- підйом додаткових матеріалів 8,8 маш.-год;
- загальна машиномісткість 56,4 маш.-год  $\approx 7$  маш.-змін.

Слід також урахувати витрати машинного часу на підйом перемичок (0,7 маш.-год) та 20 % від загальної машиномісткості на підйом риштувань. На поверсі одна секція, кладка ведеться у два яруси, тоді ритм потоку:

$$K = M_{\text{пол}} / (t_{\text{с}} \cdot a),$$

де  $K$  - ритм потоку цегляної кладки (тривалість кладки на захватці);  $t_{\text{с}}$  - кількість секцій на поверх;  $a$  - кількість ярусів.

### 3.5.6. Розбивка на захватки

Розрахунок захваток здійснюється з умови безперервної роботи ланки протягом усього ритму:

$$l = (N \cdot T_{\text{зм}} \cdot K \cdot K_{\text{н}}) / (b \cdot n_{\text{яр}} \cdot N_{\text{вир}}),$$

де  $N$  - склад мулярів;  $T_{\text{зм}}$  - тривалість зміни;  $b$  - товщина стіни;  $N_{\text{вир}}$  - норма виробітку.

Довжина однієї захватки:  $l = 12,00$  м. Секція розбивається на захватки по 12,00 м кожна (товщина стіни 0,38–0,51 м, склад ланки 2 особи). Кількість мулярів у ярусі 20 осіб.

### 3.5.7. Техніко-економічні показники для типового поверху

Для оцінки загальної ефективності прийнятих у проекті рішень визначаються техніко-економічні показники.

Таблиця 3.6 - Техніко-економічні показники для типового поверху

| Назва показника   | Одиниця вимірювання     | Кількість |
|-------------------|-------------------------|-----------|
| Тривалість роботи | зміна                   | 3,8       |
| Трудомісткість    | люд.-зм/м <sup>3</sup>  | 0,23      |
| Продуктивність    | м <sup>3</sup> /люд.-зм | 4,35      |

## РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Забезпечення охорони праці на законодавчому рівні

Будівництво 9-поверхового цегляного житлового будинку у Харкові є складним виробничим процесом, що поєднує значний обсяг ручних і механізованих робіт на відкритому повітрі, роботу на висоті, використання важкої підйомної техніки та будівельних матеріалів. Розміщення об'єкта в межах міської забудови додатково ускладнює організацію безпечного виробничого середовища. Все це зумовлює підвищений рівень небезпеки та вимагає ретельного підходу до питань охорони праці.

Правовою основою є Конституція України (стаття 43), яка гарантує кожному право на безпечні та здорові умови праці. Ключовим галузевим актом слугує Закон України «Про охорону праці», що встановлює обов'язки роботодавця щодо створення безпечних умов, проведення інструктажів і навчань, організації медичних оглядів та забезпечення засобами індивідуального захисту. В умовах поточного воєнного стану додатково діє Закон України «Про організацію трудових відносин в умовах воєнного стану», який визначає особливості правового регулювання праці, в тому числі щодо виконання заходів цивільного захисту безпосередньо на виробничих об'єктах.

Безпека будівельно-монтажних робіт регулюється ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві», що встановлює вимоги до організації будівельного майданчика, огороження небезпечних зон, проведення робіт на висоті та використання підймальних механізмів. Безпека під час експлуатації баштового крана підпадає під дію НПАОП 0.00-1.80-18 «Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідймальних кранів».

З соціально-економічної точки зору, охорона праці на даному об'єкті є особливо значущою: будівництво залучає численний персонал різних спеціальностей, і будь-який нещасний випадок несе за собою не лише людські втрати, а й зупинку робіт, матеріальну відповідальність підрядника та юридичні наслідки. Крім того, розташування майданчика в щільній міській забудові Харкова вимагає заходів захисту третіх осіб та прилеглої

інфраструктури.

## 4.2 Аналіз умов праці та виявлення потенційних небезпек на об'єкті проєктування

На будівельному майданчику задіяні муляри, бетонщики, арматурники, кранівники, монтажники та електромонтажники. Умови праці всіх груп об'єднує відкрите виробниче середовище, вертикальна організація робіт і постійне переміщення техніки та вантажів.

**Фізичні небезпечні та шкідливі фактори.** Роботи з кладки цегляних стін і монтажу перекриттів виконуються на позначках від 3 до 27 метрів над рівнем землі, що формує постійний ризик падіння людини або предметів навіть при наявності риштувань і огорожень. Баштовий кран здійснює підйом вантажів масою до 6–8 тонн; у зоні дії стріли діє ряд небезпечних факторів — обрив стропів, удар поворотною платформою або вантажем, зіткнення з конструкціями будівлі чи з людьми в зоні підйому.

Харківський клімат вносить власну специфіку: взимку ожеледиця на риштуваннях, охолодження і зниження координації рухів; влітку тепловий стрес і надмірна сонячна радіація; у перехідні сезони шквальні пориви вітру (робота крана припиняється при швидкості понад 10 м/с). Рівень шуму від крана, бетономішалок і перфораторів сягає 85–95 дБА, що перевищує допустимі 80 дБА [5]. Штучне освітлення майданчика в темний час доби має відповідати вимогам [3], однак у ряді зон може спостерігатися його нестача. Підвищена запиленість при роботі з цеглою та цементом постійно впливає на органи дихання.

**Хімічні фактори.** При приготуванні цементно-піщаних розчинів у повітря потрапляє цементний пил, тривалий вплив якого є причиною пневмоконіозу. При гідроізоляційних роботах застосовуються бітумні мастики та органічні розчинники, що виділяють токсичні пари.

**Психофізіологічні фактори.** Кранівник перебуває в обмеженому просторі кабіни протягом усієї зміни, виконуючи монотонну зосереджену роботу. Постійне стеження за вантажем і сигналами стропальника, тривале

статичне навантаження на м'язи шиї та спини, необхідність швидкого реагування в нестандартних ситуаціях спричиняють значне нервово-психічне навантаження.

Переважає більшість виявлених факторів піддається суттєвому зниженню за рахунок організаційних і технічних заходів. Ризики, пов'язані з падінням з висоти і з роботою крана, потребують першочергового опрацювання.

#### 4.3 Дослідження ризику реалізації потенційних небезпек на об'єкті проєктування

Для оцінювання ризиків на робочому місці кранівника баштового крана застосовано метод матриці ризику. Кожній небезпеці присвоюється категорія серйозності (I–IV) та рівень ймовірності (A–E), на перетині яких визначається індекс ризику і його класифікація: неприпустимий, небажаний, припустимий з перевіркою або припустимий без перевірки.

Таблиця 4.1 – Матриця оцінки ризиків на робочому місці кранівника

| Вид небезпеки   | Категорія серйозності | Рівень ймовірності | Індекс | Класифікація ризику      |
|---|-----------------------|--------------------|--------|--------------------------|
| Падіння з висоти (підйом/спуск у кабінку крана, огляд механізмів) | Катастрофічна (I)     | Випадкова (C)      | 1C     | Неприпустимий            |
| Перекидання вантажу / обрив стропів                               | Критична (II)         | Можлива (B)        | 2B     | Неприпустимий            |
| Зіткнення стріли крана з конструкціями будівлі                    | Критична (II)         | Випадкова (C)      | 2C     | Небажаний                |
| Ураження електричним струмом                                      | Критична (II)         | Віддалена (D)      | 2D     | Небажаний                |
| Вплив несприятливих метеоумов (вітер, ожеледь, мороз)             | Гранична (III)        | Можлива (B)        | 3B     | Небажаний                |
| Підвищений рівень шуму та вібрації                                | Незначна (IV)         | Часта (A)          | 4A     | Припустимий з перевіркою |

|   |               |             |    |                          |
|---|---------------|-------------|----|--------------------------|
| від механізмів крана  |               |             |    |                          |
| Нервово-психічне перевантаження оператора (монотонність, стрес) | Незначна (IV) | Можлива (B) | 4B | Припустимий з перевіркою |

Таблиця 4.2 – Детальна оцінка критичного ризику: падіння кранівника з висоти

| Небезпека   | Категорія серйозності                             | Рівень ймовірності                                    | Індекс / Класифікація                |
|---|---|---|--------------------------------------|
| Падіння кранівника з висоти під час підйому або спуску в кабіну крана чи при технічному огляді механізмів | I – Катастрофічна (смерть або руйнування системи) | C – Випадкова (іноді може відбутися за життєвий цикл) | 1C – Неприпустимий (надмірний) ризик |

Найбільш критичними є два ризики з індексом «неприпустимий»: падіння кранівника з висоти (1C) і перекидання або обрив вантажу (2B). Щодо них обов'язкове першочергове застосування технічних захисних заходів. Три ризики класифіковано як «небажані» (зіткнення стріли, ураження струмом, вплив метеоумов) потребують конкретних технічних рішень. Два ризики є «припустимими з перевіркою» (шум, психофізіологічне навантаження) достатньо організаційних заходів.

#### **4.4 Розробка організаційно-технічних та архітектурно-планувальних заходів, спрямованих на покращення умов праці**

На підставі результатів оцінювання ризиків розроблено комплекс заходів, диференційованих залежно від класифікації ризику.

##### **4.4.1 Організаційні заходи**

Для ризиків категорії «припустимий з перевіркою» (шум, психофізіологічне навантаження) передбачено організаційні заходи.

Кранівник проходить обов'язковий попередній і щорічний медичний огляд. Умовою допуску до роботи є чинне посвідчення кранівника та запис про проведений інструктаж згідно з НПАОП 0.00-4.12-05 [5]. Тривалість безперервної роботи в кабіні крана не може перевищувати двох годин далі обов'язкова перерва для відновлення уваги і зняття статичного навантаження. Кранівник забезпечується засобами індивідуального захисту: захисна каска, сезонний спецодяг, протишумові навушники або беруші з класом захисту SNR не менше 25 дБ.

Навчання з охорони праці проводиться не рідше одного разу на рік; позапланові інструктажі при зміні умов роботи або після нещасного випадку. На будівельному майданчику встановлюються знаки та кольори безпеки відповідно до чинних норм.

#### **4.4.2 Технічні заходи щодо запобігання падінню з висоти**

Оскільки падіння з висоти є неприпустимим ризиком, застосовується пріоритетний комплекс технічних засобів захисту. Доступ до кабіні крана забезпечується по внутрішній металевій драбині з поручнями та жорсткою анкерною лінією (fall arrest). При підйомі та спуску кранівник підключає запобіжний пояс (страхувальна система типу EN 358) до анкерної лінії карабіном, це унеможлиблює вільне падіння. Огородження обхідного майданчика крана виконується суцільною огорожею висотою не менше 1,0 м із бортовою дошкою 0,15 м. Монтаж і технічне обслуговування крана допускаються лише при його повній зупинці й відключенні від мережі.

#### **4.4.3 Технічні заходи щодо безпеки вантажопідіймальних операцій**

Для виключення неприпустимого ризику обриву вантажу всі стропи та вантажозахватні пристрої щоденно оглядаються кранівником і стропальником перед початком зміни; результати фіксуються в журналі. Підйом вантажів понад вантажопідіймальність крана на конкретному вильоті стріли категорично забороняється. Вантажна характеристика крана знаходиться в кабіні на видному місці. Стропування виконується тільки атестованим стропальником. Для зниження небажаного ризику зіткнення стріли з

конструкціями на пристрої горизонтального обмеження повороту встановлюються кінцеві вимикачі, налаштовані згідно з проектом виконання робіт; їх справність перевіряється щоденно [4].

#### **4.4.4 Електробезпека**

Баштовий кран підключається до будівельної мережі 380 В через автоматичний захисний вимикач і пристрій захисного відключення (ПЗВ). Підключення та відключення виконує лише атестований електромонтажник. Кабелі живлення прокладаються по естакадах або в захисних коробах, унеможливаючи їх пошкодження будівельною технікою. Металоконструкції крана заземлюються відповідно до ПУЕ. Перед початком роботи кранівник перевіряє видиму ділянку кабелю живлення та справність звукової і світлової сигналізації крана.

#### **4.4.5 Нормалізація мікроклімату та освітлення**

Кабіна крана обладнується обігрівачем для підтримання температури не нижче +16 °С у холодний період; у спекотний сезон вентиляційним люком або портативним вентилятором для запобігання тепловому стресу. Будівельний майданчик обладнується прожекторним освітленням для роботи в темний час доби: не менше 30 лк у зоні складування матеріалів і не менше 10 лк на проходах і в'їздах.

#### **4.4.6 Заходи безпеки в умовах військової агресії**

З огляду на збройну агресію та регулярні повітряні атаки на Харків, безпека працівників будівельного майданчика в умовах воєнного стану є окремим і обов'язковим напрямком охорони праці [2].

На об'єкті розробляється і затверджується план дій при повітряній тривозі, з яким під розписку ознайомлюється кожен працівник. У радіусі не більше 200 м від місця проведення робіт визначається захисна споруда цивільного захисту або облаштовується укриття, здатне витримати вплив вибухової хвилі. Шлях до укриття позначається стрілками-показчиками і не має перетинатися з активними зонами переміщення техніки.

При оголошенні сигналу повітряної тривоги роботи негайно

припиняються: кранівник опускає вантаж у безпечне положення або відчіплює його на спеціальному майданчику, встановлює стрілу крана за напрямком вітру (щоб уникнути розгойдування та перекидання при вибуховій хвилі), відключає кран від електромережі і переходить в укриття. Решта персонал залишає риштування і висотні конструкції та рухається до укриття організовано, без паніки, за заздалегідь відпрацьованим маршрутом.

Відновлення робіт дозволяється виключно після сигналу «відбій тривоги» та візуального огляду майданчика відповідальною особою перевіряється цілісність риштувань, стан кабелів, положення крана і відсутність сторонніх предметів у зоні роботи. При виявленні підозрілих предметів або слідів вибуху роботи не відновлюються до прибуття відповідних служб. Інструкція з дій при повітряній тривозі розміщується на інформаційному стенді майданчика і включається до програми вступного інструктажу кожного нового працівника.

#### **4.5 Висновки**

У розділі «Охорона праці» виконано комплексний аналіз умов праці та безпеки на об'єкті.

Нормативною основою розділу є Закон України «Про охорону праці», Закон «Про організацію трудових відносин в умовах воєнного стану», ДБН А.3.2-2-2009, НПАОП 0.00-1.80-18 та НПАОП 0.00-4.12-05.

Аналіз умов праці виявив фізичні (висотні роботи, вантажопідіймальні операції, шум 85–95 дБА, несприятливі метеоумови, недостатнє освітлення), хімічні (цементний пил, пари розчинників) та психофізіологічні (нервово-психічне навантаження кранівника) небезпечні і шкідливі фактори.

За результатами оцінки ризиків методом матриці для робочого місця кранівника виявлено два неприпустимих ризики (падіння з висоти 1С, обрив вантажу 2В), три небажаних (зіткнення стріли, ураження струмом, метеовплив) і два припустимих з перевіркою (шум, психофізіологічне навантаження).

Розроблений комплекс організаційних і технічних заходів охоплює:

системи страхування кранівника при роботі на висоті, щоденний контроль вантажозахватних пристроїв, обмежувачі руху крана, забезпечення електробезпеки, нормалізацію мікроклімату кабіни та освітлення майданчика. Окремо опрацьовано порядок дій всього персоналу при повітряній тривозі в умовах воєнного стану. Реалізація запропонованих заходів дозволить суттєво знизити рівень виробничого травматизму і привести умови праці у відповідність до вимог чинного законодавства.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про охорону праці» (в редакції Закону № 229-IV від 21.11.2002, ВВР, 2003, № 2, ст. 10).
2. Закон України «Про організацію трудових відносин в умовах воєнного стану».
3. ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (НПАОП 45.2-7.02-12).
4. НПАОП 0.00-1.80-18. Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання.
5. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці.
6. 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)
7. 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)
8. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2016–10–31]. К. : Мінрегіон України, 2016. 39 с.
  - a. [https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=68456](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=68456)
9. 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.
  - a. [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=21670106](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=21670106)
10. 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.

11. 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)
12. 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.
13. Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання.  
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0244-18#Text>
14. Теліченко О.І., Нагорний М.В. Зведення і монтаж будівель та споруд : навч. пос. Суми : Видавництво СНАУ, 2020. 197 с.
15. 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.
16. 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)
17. 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)
18. 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)
19. 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)
20. 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.
21. 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)

22. 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)

23. 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)

24. 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)

25. 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)

26. ДБН А.2.2-3:2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво. [Чинний від 2014–10–01]. Київ : Мінрегіон України, 2014. 33 с.

[https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=58105](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58105)

27. ДБН В.1.2-14:2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. [Чинний від 2019–01–01]. Київ : Мінрегіон України, 2018. 30 с. [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=76732](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=76732)

28. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. [Чинний від 2019–01–01]. Київ : Мінрегіон України, 2018. 36 с.

[https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=78687](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=78687)

29. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [Чинний від 2022–09–01]. Київ : Мінрегіон України, 2021. 41 с.

[https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=98037](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98037)

30. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-11-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 123 с.  
[https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=25761](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25761)
31. ДСТУ-Н Б EN 1990:2008. Єврокод. Основи проектування конструкцій (EN 1990:2002, IDT). [Чинний від 2013-07-01]. Київ : Мінрегіон України, 2012.  
[https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=24946](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=24946)