МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
імені Ю.М. ПОТЕБНІ

КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проєкт)

бакалавр
(рівень вищої освіти)

на тему Проект медичного реабілітаційного центру в м. Касабланка

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1922 мбг-і
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код і назва спеціальності)
освітньої програми Міське будівництво та господарство
(назва освітньої програми)
Дауді Абделлатіф
(ініціали та прізвище)

Керівник доц.,к.т.н, Банах А. В.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент проф.,д.т.н, Банах В. А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
імені Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра міського будівництва і архітектури
Рівень вищої освіти бакалавр
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код та назва)
Освітня програма Міське будівництво та господарство

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
«01» 07 2026 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Дауді Абделлатіфу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи (проєкту) Проект медичного реабілітаційного центру в м. Касабланка

керівник роботи доц.,к.т.н, Банах А. В.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «23» 12 2025 року № 1832-с .

1 Строк подання студентом роботи 09.06.2026

2 Вихідні дані до роботи Актуальність обраного напрямку досліджень, значимість у сучасному житті, можливість розвинення проблематики, перспективи впровадження майбутніх досягнень, мета роботи, завдання до виконання обраних досліджень, об`єкт досліджень, предмет досліджень, передбачувані методи виконання досліджень

3 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Літературний огляд. Аналіз наукових джерела та проєктів за темою роботи. Здійснено підбір матеріалів та оздоблення. Наведено загальні характеристики технічних рішень, розроблено планувальні рішення приміщень.

4 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Плакати із результатами аналітичних обґрунтувань наукового напряму роботи, плани поверхів, розрізи, фасади, результати розрахунків із застосуванням сучасних інформаційних методів досліджень

5 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Банах А. В.		
2	Банах А. В.		
3	Банах А. В.		

6 Дата видачі завдання 01.05.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Літературний огляд	11.05	Виконано
2	Розділ 1	15.05	Виконано
3	Розділ 2	20.05	Виконано
4	Розділ 3	26.05	Виконано
5	Розробка графічної частини	01.06	Виконано
6	Оформлення роботи	05.06	Виконано
7	Попередній захист	10.06	Виконано

Студент _____ Дауді Абделлатіф
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проєкту) _____ Банах А. В.
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Гребенюк І. В.
(підпис) (ініціали та прізвище)

1. Архітектурно-будівельна частина

1.1. Вихідні дані для проектування

Будівництво Медичного реабілітаційного центру буде здійснено у м. Касабланка. У районі будівництва переважає південний вітер.

Згідно з офіційним Pèglement de Construction Parasismique, Касабланка класифікується як зона помірного сейсмічного ризику. Це відповідає зоні 2 у п'ятирівневій шкалі сейсмічної небезпеки, де зона 0 – найменший ризик, а зона 4 – найвищий.

Ділянка будівництва знаходиться у житловому районі та визначена генеральним планом міста. У районі будівництва знаходяться парки, будинки, магазини і т. ін.. Поряд з ділянкою немає галасливих виробництв та магістралей.

Ділянка будівництва та прилеглі до нього території мають спокійний рельєф. На прилеглій території знаходиться житлова забудова, що вже склалася, з 3-ти та 4-ти поверхових будинків.

1.2. Генеральний план ділянки

Будівельний майданчик має правильну геометричну форму з лінійними розмірами 122×104 м. Його фасадний бік виходить на проспект Сакія Ель-Хамра й орієнтований на північ. Територія проєктування відокремлена від суміжних ділянок автомобільними дорогами з низькою інтенсивністю руху.

Головну будівлю розташовано вглибині ділянки з орієнтацією фасаду на північ, що повністю задовольняє нормативні вимоги до інсоляції вікон лікувальних закладів. Відступ корпусу від червоної лінії становить не менше 20 м. У зоні в'їзду запроєктовано відкритий автомобільний майданчик площею близько 400 м². Перед головним входом облаштовано зону очікування та відпочинку відвідувачів, оснащену лавами й елементами ландшафтного

дизайну. На ділянці за головним корпусом передбачено садово-паркову зону для прогулянок з альтанками та мережею доріжок завширшки 2 м. Для мощення алей і майданчиків використано фігурну тротуарну плитку.

По периметру будівлі на відстані 12 м влаштовано круговий проїзд завширшки 3,5 м із пішохідними тротуарами, призначений для обслуговування центру та безперешкодного доступу пожежної й спеціальної техніки. Автостоянка, проїзди та тротуари мають асфальтобетонне покриття. Уся територія закладу є огородженою; на ній передбачено два окремі в'їзди та два входи (основний і службовий). Контроль доступу здійснюється через спеціально облаштовані прохідні на в'їздах та службовому вхідному пункті.

Озеленення майданчика реалізовано комбінацією листяних і пальмових культур, чагарників, трав'яного газону та квіткових композицій. Пальмові насадження та центральний квітник акцентують вхідну групу, тоді як паркова зона сформована з хвойних і листяних дерев.

Таблиця 1.1 - Техніко-економічні показники генерального плану

Найменування показників	Од. вим.	Кількість
Площа ділянки	Га	1,26
Площа забудови	$м^2$	1773,1
Площа відмосток та тротуарів	$м^2$	2285,1
Площа озеленення	$м^2$	8627,8
Коефіцієнт забудови		0,14
Коефіцієнт озеленення		0,68

1.3. Об'ємно-планувальне рішення будівлі

Об'ємно-просторова структура будівлі медичного реабілітаційного центру представлена трьома взаємопов'язаними блоками, що розташовані у шаховому порядку та об'єднані єдиним архітектурно-композиційним задумом, спільними інженерними мережами й технологічним процесом. Крайні блоки мають ідентичні габарити в плані — 26,4×21,0 м, тоді як розміри середнього

блока становлять 24,0×21,0 м. Поверховість будівлі включає 4 наземні поверхи, підвал та технічний поверх. Висота поверхів становить 3,3 м.

Функціональне зонування закладу передбачає розміщення адміністративної частини у середньому блоці, а також на перших поверхах крайніх об'ємів. Тут зосереджено кабінети керівництва й персоналу, приймальні та процедурні приміщення, а також обідня зала й буфет. На 2–4 поверхах правого крила запроєктовано операційний блок із супутніми координаторськими, наркозними та допоміжними приміщеннями. Ліве крило відведено під палатне відділення стаціонару (з місткістю палат на 1, 2 та 3 ліжка) та санітарні кімнати.

Геометричні параметри приміщень визначено відповідно до вимог ДБН В.2.2-10:2022 «Заклади охорони здоров'я. Будинки і споруди». Ширина кімнат та комунікаційних зв'язків становить не менше:

- для одноліжкових палат — 2,9 м;
- для кабінетів лікарів та коридорів палатних відділень — 2,4 м;
- для перев'язувальних і процедурних — 3,2 м;
- для операційних залів — 5,0 м;
- для коридорів в операційному блоці — 2,8 м (так само запроєктовано ширину коридорів адміністративно-господарської зони).

Для основних функціональних зон центру передбачено природне освітлення. За рахунок другого світла або штучних джерел освітлюються санвузли, комори, фотолабораторія, клізмові, гігієнічні ванни, душові персоналу, кімнати особистої гігієни жінок, а також наркозні, передопераційні та апаратні кімнати. Природне інсолювання коридорів палатних відділень забезпечується крізь віконні прорізи у торцевих стінах.

Інсоляційний режим та орієнтація вікон за сторонами світу відповідають нормам ДБН В.2.2-10:2022:

- палати: орієнтовані на південний, південно-східний та східний напрямки (на північ і північний захід припадає не більше 50% від загальної кількості ліжок відділення);

- операційні зали: орієнтовані на північ, північний схід та північний захід.

Кожну операційну розраховано на один операційний стіл. Хірургічний комплекс розділений на два ізольовані відділення — септичне та асептичне. Вертикальний зв'язок між поверхами забезпечується сходовими маршами в кожному з трьох блоків, а також пасажирськими й вантажними ліфтами, що локалізовані у середньому блоці.

Таблиця 1.2 - Техніко-економічні показники будівлі

Найменування показників	Од. вим.	Кількість
Будівельний об'єм	$м^3$	29030,4
Загальна площа	$м^2$	9918,7
Корисна площа	$м^2$	5002,0
Коефіцієнт К-1		0,504
Коефіцієнт К-2		5,804

1.4. Конструктивне вирішення будівлі

Загальні положення.

Будівлю Медичного реабілітаційного центру запроєктовано за каркасною схемою із цегляними самонесучими зовнішніми стінами. Просторову жорсткість і стійкість споруди забезпечено спільною роботою вертикальних діафрагм жорсткості та горизонтальних дисків перекриттів.

Величина нормативних постійних і тимчасових навантажень на міжповерхові перекриття, а також відповідні коефіцієнти надійності за навантаженням прийняті згідно з вимогами ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи»[3]. У проєкті передбачено використання індустріальних виробів за чинними серіями типових конструкцій та деталей будівель.

Фундаменти.

Фундаменти запроєктовано у вигляді монолітних залізобетонних ростверків на природній або штучній основі.

Елементи каркаса

Несучий каркас будівлі змонтовано зі збірних залізобетонних елементів. Перетин колон становить 400×400 мм. Для захисту від корозії та забезпечення вогнестійкості у збірних залізобетонних конструкціях усі металеві з'єднання та заставні деталі покриті шаром цементного розчину марки М100 завтовшки 25 мм. Відкриті сталеві конструкції всередині приміщень захищені протикорозійною ґрунтовкою із залізного сурику на натуральній оліфі та пофарбовані олійною фарбою за два рази.

Перекриття та підлоги

Конструкції перекриття та покриття виконані зі збірного залізобетону. До початку зведення внутрішніх перегородок порожнечі ребристих плити та монолітні ділянки заповнюються керамзитовим гравієм марки 50 із насипною щільністю γ=1200 кг/м^3.

Влаштування підлог передбачає тришарову структуру:

- звукоізоляційний шар — 25 мм;
- вирівнювальна стяжка — 50 мм;
- чистове покриття (лінолеум, керамічна плитка тощо залежно від призначення приміщення).

Сходи.

Внутрішні сходи — збірні залізобетонні марші та набірні залізобетонні сходинки. Зовнішні евакуаційні та пожежні сходи запроєктовано зі сталевого профілю. Сходинки фасадного входу мають уніфіковані розміри: висоту — 150 мм, ширину — 300 мм.

Стіни та перегородки.

Стіни підвального поверху виконуються зі збірних бетонних блоків. Конструкція підвальних стін розрахована на зусилля від бічного тиску ґрунту ($\gamma_р$=1700 кг/м^3) та тимчасового рівномірно розподіленого навантаження на поверхні землі ($Р_п$=1000 кг/м^2). Зовнішні стіни вище відмітки 0,000 є цегляними, самонесучими, завтовшки 510 мм.

Усі зовнішні грані підвальних стін, а також поверхні цегляних стін підземних каналів і приямків, що контактують із ґрунтом, захищені обмазувальною гідроізоляцією гарячим бітумом за два рази. Зворотне засипання пазух котловану дозволяється виконувати лише після монтажу плит перекриття над підвалом та влаштування підстилаючого шару підлог підвального поверху. Перемички над прорізами — монолітні залізобетонні.

Внутрішній простір розділений перегородками двох типів:

- На 1–4 поверхах: збірні гіпсокартонні системи завтовшки 80 та 100 мм. Залежно від нормативних вимог до конкретних приміщень вони монтуються на поодинокому чи подвійному металевому каркасі з одно- або багатошаровою обшивкою та відповідним ізоляційним шаром, що забезпечує необхідні показники міцності, звукоізоляції та вогнестійкості. Монтаж конструкцій здійснюється сухим способом після завершення всіх «мокрих» процесів (улаштування самовирівнювальних підлог нівелір-масою тощо) та стабілізації вологісного режиму.
- У підвалі та на технічному поверсі: цегляні, завтовшки в одну цеглину.

Шахти ліфтів запроєктовано у збірних залізобетонних елементах блочного типу.

Покрівля

Покрівля будівлі — суміщена , рулонного типу з внутрішнім водовідведенням. Як теплоізоляційний шар застосовано ніздрюваті пінобетонні плити завтовшки 150 мм. Формування нормативних ухилів виконується за допомогою керамзитового гравію (γ=500 кг/м^3).

Вікна та двері.

Конструкції вікон та зовнішніх дверей виконані з алюмінієвих термоізольованих профілів, які повністю задовольняють вимоги діючих ДСТУ щодо теплоізоляції, звукоізоляції, повітро- та вологонепроникності для опалюваних приміщень.

Для скління фасадних площин використовується самонесуча енергоефективна алюмінієва стійково-ригельна система. Центральний хол (зимовий сад) огороджений світлопрозорими конструкціями з алюмінієвого профілю з установкою енергозберігаючих склопакетів. Конструкцією склопакетів передбачена можливість індивідуального встановлення декоративних розкладок, тонованого, рефлекторного або протиударного скла.

1.5. Зовнішнє та внутрішнє оздоблення будівлі

Зовнішнє оздоблення будівлі виконане з фасадної червоної цеглини з елементами декоративної штукатурки. Цоколь фанерований природним каменем. Сходинки фасадного входу облицьовані морозостійкою, декоративною плиткою.

Палати, кабінети, операційні, коридори, холи тощо. - Забарвлені дисперсійними фарбами. Санвузли, сан кімнати, стерилізаційні, мийні та ін. – ½ фанерована плиткою та ½ пофарбована дисперсійними фарбами.

1.6. Інженерне обладнання будівлі

Будівлю медичного реабілітаційного центру обладнано холодним водопостачанням із міського водопроводу, гарячим водопостачанням із бойлера, міською каналізацією, центральним опаленням та електропостачанням із міських електромереж. У будівлі також обладнано міні-АТС.

Вентиляція в примусовій будівлі, припливно-витяжна. Приплив повітря до приміщень здійснюється вентиляторами з вент камер, де він попередньо нагрівається або охолоджується. Витяжка здійснюється вентиляторами через венткамеру.

Будівля обладнана одним пасажирським ліфтом, вантажопідйомністю 350 кг та чотирма вантажопасажирськими – вантажопідйомністю 1000 кг.

1.7. Розрахунок товщини огороджувальних стін з урахуванням теплотехнічних вимог

Вибір нормативних показників мікроклімату приміщення.

У приміщеннях різного призначення мають бути забезпечені нормативні показники мікроклімату:

лікувальні заклади– $t_п = 20^oC$; $\varphi_п = 55\%$; $\Delta t_н = 6^oC$,

де: $t_п$ – температура повітря у приміщенні; $\varphi_п$ – відносна вологість повітря у приміщенні; $\Delta t_н$ – нормативний температурний перепад.

Вибір нормативного значення $R_o^{пот}$ залежно від місця будівництва та конструкції огорожі.

$R_o^{пот}$ [$м^2{}^oC/Вт$] – необхідний опір теплопередачі огорожі є основним нормативним теплотехнічним показником огорожі. Його величина залежить від місця будівництва та конструкції огорожі.

Температурна зона місця будівництва: будівництво проводиться у м.Касабланка – II температурна зона.

Нормативні значення опору теплопередачі огороджувальних конструкцій:

- для стін із багатощілинної цегли $R_o^{пот} = 1{,}4\ м^2 \cdot {}^oC / Вт$

Розрахунок загального опору теплопередачі огорожі – R_o.

Для забезпечення нормативних параметрів мікроклімату у приміщенні необхідно, щоб його огороджувальні конструкції мали відповідні теплозахисні властивості і повинна виконуватися така нерівність:

$$R_o \geq R_o^{пот}$$

де R_o [$м^2{}^oC$ / Вт] – гальний опір теплопередачі огородження – характеризує теплозахисні властивості огороджувальної конструкції та визначається з виразу:

$$R_o = R_в + R_к + R_з$$

де $R_в$ = 0,114 [м^{2o}С / Вт] – опір теплопередачі внутрішньої поверхні огорожі;

$R_з$ = 0,043 [м^{2o}С / Вт] – опір теплопередачі зовнішньої поверхні огорожі;

$R_к$ [м^{2o}С / Вт]– термічний опір.

Для багатошарового огородження термічний опір $R_к$ визначається з виразу:

$$R_к = \delta_1 / \lambda_1 + \delta_2 / \lambda_2 + \ldots + \delta_n / \lambda_n =$$

$$= 0,51 / 0,4 + 0,05 / 0,036 + 0,0125 / 1,25 = 2,674 \text{ м}^2 \cdot {}^oC / \text{Вт}$$

где δ – товщина огороджувальної конструкції,

приймаємо товщину стіни в 2 цеглини – 0,51м;

λ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу,

для нормального режиму вологості приміщення, в сухій зоні вологості, для цегли – λ = 0,4 Вт / м $\cdot$ ^{o}С.

Тоді загальний опір теплопередачі дорівнює:

$$R_o = 0,114 + 2,674 + 0,043 = 2,831 \text{ м}^2 \cdot {}^oC / \text{Вт}$$

$$R_o = 2,831 \text{ м}^2 \cdot {}^oC / \text{Вт} > R_o^{тр} = 1,4 \text{м}^2 \cdot {}^oC / \text{Вт}$$

Умова виконується, огорожа задовольняє теплотехнічним вимогам та чітко запроектована. Товщина стіни – 510мм, тобто. у 2 цеглини.

2. Розрахунково-конструктивна частина

2.1. Обґрунтування розрахункової схеми

Основою несного каркаса будівлі є плоска 6-ярусна 4-пролітна рама. Колони рами прийняті постійного перерізу 400×400 мм. Ригелі мають тавровий переріз із полицею понизу. Кріплення ригелів до колон виконується на коротких консолях; у розрахунковій схемі цей вузол моделюється як шарнірне з'єднання. Для забезпечення жорсткості та геометричної незмінюваності рами у своїй площині її другий проліт по всіх ярусах заповнений суцільними діафрагмами жорсткості завтовшки 14 см.

Розрахунок рами виконано методом скінченних елементів (МСЕ) відповідно до вимог ДБН В.2.6-98:2009 «Структури будівель і споруд. Залізобетонні конструкції»[9]. При цьому колони та ригелі (із шарнірним закріпленням по кінцях) моделюються просторовими або плоскими стержневими скінченними елементами. Діафрагми жорсткості моделюються елементами плоскої напруженої схеми (балками-стінками), де кожен вузол має два ступені свободи.

Рама розраховується на 6 основних варіантів завантажень згідно з ДБН В.1.2-2:2006 «Системи надійності для будівельних об'єктів. Навантаження і впливи»[6]:

1. Варіант 1 — дія постійного навантаження (власна вага конструкцій та шарів перекриття/покриття);
2. Варіант 2 — дія снігового навантаження;
3. Варіанти 3 та 4 — два варіанти дії корисного (тимчасового) навантаження на перекриття;
4. Варіант 5 — дія вітрового навантаження ліворуч;
5. Варіант 6 — дія вітрового навантаження праворуч.

За результатами розрахунку сформовано матриці внутрішніх зусиль. У колонах зусилля обчислені в кінцевих перерізах елементів, у ригелях — у 5

перерізах по довжині. У балках-стінках підвалу та першого поверху зусилля визначені в центрі мас кожного скінченного елемента у вигляді напружень σ_x, σ_z та τ_{xz}. Перехід від напружень до поздовжніх і поперечних зусиль виконується інтегруванням по площі перерізу елемента. На основі отриманих результатів складаються розрахункові сполучення зусиль (РСЗ) для визначення екстремальних значень N, M, Q, а також аналізуються переміщення узлів для контролю деформативності каркаса.

2.2 Навантаження і впливи

а) Постійне навантаження.

Розрахункові значення визначаються з урахуванням коефіцієнтів надійності за навантаженням γ_{fm} згідно з ДБН В.1.2-2:2006:

- Власна вага 1 пог. м колони перерізом 400×400 мм (при щільності залізобетону $\rho = 25$ кН/м^3, $\gamma_{fm} = 1{,}1$):

$$g_{кол} = A \cdot \rho \cdot \gamma_{fm} = 0{,}4 \cdot 0{,}4 \cdot 25 \cdot 1{,}1 = 4{,}40 \text{ кН/м}$$

- Власна вага 1 пог. м ригеля таврового перерізу:

$$g_{риг} = A \cdot \rho \cdot \gamma_{fm} = (0{,}4 \cdot 0{,}25 + 0{,}2 \cdot 0{,}2) \cdot 25 \cdot 1{,}1 = 3{,}85 \text{ кН/м}$$

- Власна вага 1 м^2 діафрагми жорсткості (t=140 мм):

$$g_{діаф} = \rho \cdot t \cdot \gamma_{fm} = 25 \cdot 0{,}14 \cdot 1{,}1 = 3{,}85 \text{ кН/м}^2$$

Повне постійне навантаження на 1 пог. м ригеля міжповерхового перекриття (при кроці рам b = 6,0 м та нормативному навантаженні від плити $g_{пл} = 3{,}34$ кН/м^2):

$$g_{пер} = g_{риг} + g_{пл} \cdot b = 3{,}85 + 3{,}34 \cdot 6{,}0 = 23{,}89 \text{ кН/м}$$

Повне постійне навантаження на 1 пог. м ригеля покриття (при навантаженні від покрівлі $g_{покр}$ = 4,35 кН/м^2):

$$g_{пок} = g_{риг} + g_{покр} \cdot b = 3,85+4,35 \cdot 6,0 = 29,95 \text{ кН/м}$$

Внаслідок ексцентричного обпирання ригелів на консолі колон виникають вузлові ексцентричні моменти. При величині ексцентриситету e = 0,275 м момент дорівнює:

$$M = R \cdot e = 0,275 \cdot R$$

Опорна реакція ригеля від рівномірно розподіленого навантаження визначається за формулоію R = 0,5·l·g, відповідно вузловий момент становить:

$$\pm M = 0,275 \cdot 0,5 \cdot l \cdot g = 0,1375 \cdot l \cdot g$$

Вузлові моменти від ваги конструкцій міжповерхового перекриття (діють з 1-го по 5-й поверхи):

- Для вузлів у крайніх прольотах (Вузли 28, 29, 36) при l=6,0 м:

$$M_{28} = 0,1375 \cdot 6,0 \cdot 23,89 = 19,71 \text{ кН·м}$$

- Для середніх вузлів (Вузли 34, 35) з урахуванням примикання суміжних прольотів різної довжини (l_1 = 6,0 м,l_2 = 3,0 м):

$$M_{35} = -M_{28} + 0,1375 \cdot 3,0 \cdot 23,89 = -19,71+9,855 = -9,855 \text{ кН·м}$$

Вузлові моменти від ваги конструкцій покриття (6-й ярус):

- Для вузлів 91, 92, 99 (l = 6,0 м):

$$M_{91} = 0{,}1375 \cdot 6{,}0 \cdot 29{,}95 = 24{,}71 \text{ кН·м}$$

- Для вузлів 97, 98 (l_1 = 6,0 м, l_2 = 3,0 м):

$$M_{98} = -M_{91} + 0{,}1375 \cdot 3{,}0 \cdot 29{,}95 = -24{,}71 + 12{,}35 = -12{,}36 \text{ кН·м}$$

б) Тимчасові та змінні навантаження

1) Корисне навантаження на перекриття. Прийнято нормативне значення q_0 = 2,0 кН/м^2, коефіцієнт надійності за навантаженням γ_{fm} = 1,2, розрахункове значення q = 2,4 кН/м$_2$. Розглядаються два розрахункові випадки: суцільне завантаження всіх ригелів (2-а) та шахове завантаження прольотів (2-б).

Лінійне розрахункове корисне навантаження на ригель перекриття:

$$P = q \cdot b = 2{,}4 \cdot 6{,}0 = 1\ 4{,}40 \text{ кН/м}$$

Розрахункові вузлові моменти:

Вузли 28, 29, 36: $M_{28кор}$ =0 ,1375·6,0·14,40 = 11,88 кН·м

Вузли 34, 35 (для прольоту 3 м):

$$M_{34кор} = -11{,}88 + (0{,}1375 \cdot 3{,}0 \cdot 14{,}40) = -5{,}94 \text{ кН·м}$$

2) Вітрове навантаження Характеристичне значення вітрового тиску становить w_0 = 0,38 кН/м^2, коефіцієнт надійності γ_{fm} = 1,4. Базова погонна вітрова навантага на каркас:

$$W_0 = w_0 \cdot \gamma_{fm} \cdot b = 0{,}38 \cdot 1{,}4 \cdot 6{,}0 = 3{,}192 \text{ кН/м}$$

З урахуванням коефіцієнтів висоти k та аеродинамічних коефіцієнтів C (C = +0,8 для навітряного боку, C = −0,5 для підвітряного боку) розподіл розрахункових сил $W = W_0 \cdot k \cdot C$ по ярусах має вигляд:

- Верхні яруси (макс): активний тиск W^+ = 3,02 кН/м, відсмоктування W^- = 2,26 кН/м ($W_{сум}$ = 3,77 кН/м).
- Середні яруси: активний тиск W^+ = 2,82 кН/м, відсмоктування W^- =2,11 кН/м ($W_{сум}$ = 3,52 кН/м).
- Нижні яруси: активний тиск W^+ = 2,61 кН/м, відсмоктування W^- = 1,96 кН/м ($W_{сум}$ =3,26 кН/м).

2.3 Розрахунок і конструювання колони

Розрахунок міцності позацентрово стиснутих елементів виконується відповідно до вимог ДБН В.2.6-98:2009 за граничними станами першої групи.

- Переріз колони: b × h = 400 × 400 м.
- Захисний шар бетону: a = a′ = 40 мм.
- Робоча висота перерізу: $h_0 = h - a = 400 - 40 = 360$ мм.
- Характеристики матеріалів: бетон класу С20/25 (R_b=14,5 МПа, з урахуванням тривалої дії та коефіцієнта комбінації за групою «б» приймаємо розрахункове значення згідно з РСЗ R_b=16,0 МПа); поздовжня арматура класу А400С (R_s=365 МПа), модуль пружності бетону $E_b=2{,}7\times10^4$ МПа, арматури $E_s=2{,}0\times10^5$ МПа.

Елемент 1 (Нижній ярус крайньої колони)

Розрахункові зусилля за комбінацією «б» (включаючи вітер): N=648,78 кН; M=16,02 кН·м.

1. Перевірка необхідності врахування поздовжнього згину (гнучкості): Розрахункова довжина колони l_0=5,0 м.

$$\frac{l_0}{h} = \frac{5000}{400} = 12{,}5$$

Оскільки $\frac{l_0}{h}$ = 12,5 > 4, врахування гнучкості та розрахунок критичної сили N_{cr} є обов'язковим.

2. Визначення умовного прогину та критичної сили N_{cr}: Ексцентриситет прикладання сили:

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{16{,}02*10^6}{648{,}78*10^3} = 24{,}69 \text{ мм}$$

Випадковий ексцентриситет за ДБН: $e_a = \frac{h}{30} = \frac{400}{30}$ =13,33 мм.

Оскільки e_0 = 24,69 мм > e_a, у розрахунку використовуємо геометричний ексцентриситет e_0.

Відносне значення ексцентриситету:

$$\delta_l = \frac{e_0}{h} = \frac{24{,}69}{400} = 0{,}06.$$

Мінімальне нормативне значення:

$$\delta_{l,min}=0{,}5-0{,}01\cdot\frac{l_0}{h}-0{,}01\cdot R_b = 0{,}5-0{,}01\cdot 12{,}5-0{,}01\cdot 16 = 0{,}20.$$

Оскільки δ_l = 0,06 < $\delta_{l,min}$ = 0,20, приймаємо у розрахунку жорсткості δ_l = 0,20. Коефіцієнт урахування повзучості φ_l = 1,0; коефіцієнт армування μ = 0,01; відношення модулів пружності $\alpha = \frac{E_s}{E_b} = \frac{2{,}0*10^5}{2{,}7*10^4}$ = 7,4. Розрахунок критичної сили умовного згину:

$$N_{cr} = \frac{1{,}6 * E_b * b * h}{\left(\frac{l_0}{h}\right)^2} * \left[\frac{0{,}11}{0{,}1+\delta_l} + 0{,}1}{3 * \varphi_l} + \mu * \alpha\left(\frac{h_0 - a'}{h}\right)^2\right]$$

$$N_{cr} = \frac{1,6*2,7*10^4*400*400}{12,5^2} * \left[\frac{\frac{0,11}{0,1+0,2}+0,1}{3*1,0} + 0,01 * 7,4\left(\frac{360-40}{400}\right)^2\right] = 6237 \text{ кН}$$

3. Коефіцієнт збільшення ексцентриситету η:

$$\eta = \frac{1}{1-\frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1-\frac{648,78}{6237}} = 1,16$$

Уточнений розрахунковий ексцентриситет:

$$e_0 \cdot \eta = 24,69 \cdot 1,116 = 27,55 \text{ мм.}$$

Оскільки 27,55 мм < $\frac{1}{3}h_0$ = 120 мм — маємо випадок малого ексцентриситету. Повний розрахунковий ексцентриситет до центру ваги розтягнутої/менш стиснутої арматури:

$$e = e_0 \cdot \eta + \frac{h_0 - a'}{2} = 27,55 + \frac{360-40}{2} = 187,55 \text{ мм}$$

4. Обчислення площі перерізу арматури:

Відносна поздовжня сила:

$$\alpha_n = \frac{N}{R_b * b * h_0} = \frac{648,78*10^3}{16*400*360} = 0,28.$$

Відносний згинальний момент:

$$\alpha_{m1} = \frac{N}{R_b * b * h_0^2} = \frac{648,78*10^3*187,55}{16*400*360^2} = 0,147$$

Відносна висота захисного шару:

$$\delta = \frac{a'}{h_0} = \frac{40}{360} = 0{,}111.$$

Необхідна площа арматури симетричного армування (A_s=$A_{s'}$):

$$A_s = A_{s'} = \frac{R_b * b * h_0}{R_s} * \frac{\alpha_{m1} - \alpha_n(1 - 0{,}5\alpha_n)}{1 - \delta}$$

Враховуючи, що значення перебуває в межах конструктивного мінімуму для стиснутих колон із малим ексцентриситетом, загальний відсоток армування повинен становити не менше μ_{min} = 0,01 (1%). Необхідна площа арматури біля кожної грані за розрахунком мінімуму:

$$A_s = 0{,}005 \cdot 400 \cdot 360 = 720 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо конструктивно: біля кожної грані по 2Ø22 А400С (A_s = 760 мм^2).

Елемент 31 (Нижній ярус середньої колони під діафрагмою)

Розрахункові зусилля: N = 1036,5 кН; M = 5,86 кН·м.

1. Перевірка гнучкості:

$$\frac{l_0}{h} = \frac{5000}{400} = 12{,}5 > 4 \rightarrow$$ розрахунок прогину необхідний.

2. Визначення критичної сили:

Ексцентриситет: $e_0 = \frac{M}{N} = \frac{5{,}86 * 10^6}{1036{,}5, * 10^3} = 5{,}65$ мм.

Оскільки e_0= 5,65 мм <e_a =13,33 мм, відповідно до вимог ДБН розрахунок ведеться за випадковим ексцентриситетом e_a = 13,33 мм. Параметр

$\delta_l = \frac{13,33}{400} = 0,033 < \delta_{l,min} = 0,20 \rightarrow$ приймаємо $\delta_l = 0,20$. Критична сила N_{cr} за аналогічних геометричних параметрів та класу бетону зберігає значення 6237 кН.

3. Коефіцієнт η та повний ексцентриситет:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{1036,5}{6237}} = 1,199$$

Розрахунковий уточнений ексцентриситет: $e_0 = 13,33 \cdot 1,199 = 15,98$ мм $< \frac{1}{3} h_0 = 120$ мм. Повна відстань e =1 5,98 + $\frac{360-40}{2}$ = 175,98 мм.

4. Розрахунок армування:

Відносна поздовжня сила:

$$\alpha_n = \frac{1036,5 * 10^3}{16 * 400 * 360} = 0,45.$$

Відносний момент:

$$\alpha_{m1} = \frac{1036,5 * 10^3 * 175,98}{16 * 400 * 360^2} = 0,22.$$

Необхідна площа арматури біля кожної грані ($A_s = A_s'$):

$$A_s = \frac{16 * 400 * 360}{365} * \frac{0,22 - 0,45(1 - 0,5 * 0,45)}{1 - 0,111} = 937 \text{ мм}^2$$

Перевірка відсотка армування: $\mu = \frac{2 * 973}{400 * 360} = 0,013 > 0,01$ (умова виконується, перерахунок не потрібен). Приймаємо: біля кожної грані по 2Ø25 А400С із фактичною площею $A_s = 982$ мм^2.

2.4. Розрахунок і конструювання ригеля

Елемент 43:

1. Розрахунок міцності перерізу, нормального до поздовжньої осі ригеля, у прольоті

Оскільки стиснута зона бетону розташована у верхній частині, де знаходиться полиця тавра, а зусилля не виходять за її межі, переріз розглядається як прямокутний шириною b = 20 см і висотою h = 45 см.

Робоча висота перерізу (при діаметрі поздовжньої арматури d = 28 мм :

$$h_0 = h - a - 0{,}5 * d = 45 - 3 - 0{,}5 * 2{,}8 = 40{,}6 \text{ см}$$

Визначення граничних параметрів стиснутої зони бетону:

$$\omega = \alpha_1 - 0{,}008 * R_b = 0{,}85 - 0{,}008 * 14{,}5 = 0{,}734$$

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{sR}}{\sigma_{scu}} * \left(1 - \frac{\omega}{1{,}1}\right)} = \frac{0{,}734}{1 + \frac{365}{500} * \left(1 - \frac{0.734}{1{,}1}\right)} = 0{,}589$$

$$A_R = \xi_R * (1 - 0{,}5 * \xi_R) = 0{,}589 * (1 - 0{,}5 * 0{,}589) = 0{,}416$$

Перевірка міцності за згинальним моментом у прольоті (M = 172,3 кНм):

$$A_0 = \frac{M}{b * h_0^2 * R_b} = \frac{172{,}3 * 10^6}{200 * 406^2 * 14{,}5} = 0{,}297 < A_R = 0{,}416$$

За значенням $A_0 = 0{,}297$ знаходимо відносну висоту стиснутої зони: $\xi = 0{,}362$.

Необхідна площа розтягнутої арматури:

$$A_s = \frac{\xi * b * h_0 * R_b}{R_S} = \frac{0{,}362 * 20 * 40{,}6 * 14{,}5}{36{,}5} = 11{,}64 \text{ см}^2$$

Приймаємо 2Ø28 А400С з фактичною площею $A_s = 12{,}32$ см^2.

Відсоток армування становить:

$$\mu = \frac{A_S}{b * h_0} = \frac{12{,}32}{20 * 40{,}6} = 0{,}015 \ (1{,}5\%)$$

Конструктивну монтажну арматуру у верхній зоні приймаємо 2Ø12 А400С ($A'_S = 2{,}26$ см^2).

2. Розрахунок міцності перерізу, нормального до поздовжньої осі ригеля, на опорі

На кінцях ригель має нижні підрізки для спирання на консолі. Частина перерізу на висоті підрізки виключається зі стиснутої зони, тому розрахунковий переріз приймається прямокутним із розмірами b = 20 см, h = 30 см.

Робоча висота перерізу (при передбачуваному діаметрі робочої арматури 20 мм):

$$h_0 = 30 - 2 - 0{,}5 * 2{,}0 = 27 \text{ см}$$

Розрахунок за опорним моментом (М = 55,0 кНм):

$$A_0 = \frac{M}{b * h_0^2 * R_b} = \frac{55{,}0 * 10^6}{200 * 270^2 * 14{,}5} = 0{,}261 < A_R \rightarrow \xi = 0{,}309$$

Необхідна площа опорної арматури:

$$A_s = \frac{\xi * b * h_0 * R_b}{R_S} = \frac{0{,}309 * 20 * 27 * 14{,}5}{36{,}5} = 6{,}63 \text{ см}^2$$

Приймаємо 2Ø22 А400С з фактичною площею A_s = 7,60 см^2.

3. Розрахунок міцності ригеля за похилими перерізами.

Розрахункове значення поперечної сили біля опори становить Q = 145,6 кН. Розміри опорного перерізу підрізки: b x h = 20 x 30 см (h_0 = 27 см).

Поперечна арматура (хомути) прийнята з стержнів Ø10 А400С (A_{sw} = 2* *0,785 = 1,57 см^2, двоінтенсивні хомути). Крок хомутів на приопорній ділянці конструктивно приймається s = 0,5 * h = 15 см.

Перевірка міцності бетонної смуги між похилими тріщинами:

$$\varphi_{\omega 1} = 1 + 5\,\mu_\omega = 1 + 5 * 6{,}9 * 0{,}0052 = 1{,}18 < 1{,}3$$

$Q_{max} = 0{,}3 * \varphi_{\omega 1} * \varphi_{b1} * R_b * b * h_0 = 0{,}3 * 1{,}18 * 0{,}847 * 14{,}5 * 20 * 27 * *10 = 234{,}7$ кН.

Оскільки Q = 145,6 кН < Q_{max} = 234,7 кН, геометричні розміри перерізу є достатніми.

Розрахунок інтенсивності поперечного армування q_{sw}:

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} * A_{sw}}{s} = \frac{285 * 1{,}57}{15} = 2983 \text{ кН/м}$$

Довжина проекції небезпечної похилої тріщини c_0:

$$c_0 = \sqrt{\frac{\varphi_{b2} * R_{bt} * b * h_0^2}{q_{sw}}} = \sqrt{\frac{2{,}0 * 1{,}05 * 20 * 27^2}{29{,}83}} = 32{,}0 \text{ см}$$

Оскільки h_0 = 27 см < c_0 = 32,0 см < 2h_0 = 54 см, значення c_0 приймається рівним 32,0 см.

Перевірка зусилля, що сприймається хомутами та бетоном:

$$Q_{sw} = 2 * \sqrt{\varphi_{b2} * R_{bt} * b * h_0^2 * q_{sw}} = 2 * \sqrt{2{,}0 * 1{,}05 * 20 * 27^2 * 29{,}98} = 191{,}3 \text{ кН}$$

Оскільки $Q_{sw} = 191{,}3$ кН > $Q = 145{,}6$ кН, тримальна здатність за похилим перерізом забезпечена.

Визначення гранично допустимого кроку хомутів за умов міцності:

$$s_{max} = \frac{0{,}75 * \varphi_{b2} * R_{bt} * b * h_0^2}{Q} = \frac{0{,}75 * 2{,}0 * 1{,}05 * 20 * 27^2}{145{,}6} = 15{,}8 \text{ см}$$

Збільшувати прийнятий конструктивний крок s = 15 см не можна. Міцність похилого перерізу забезпечена. Додатково біля підрізки приварюються похилі стержні-вутки 2Ø22 А400С.

4. Розрахунок за утворенням та розкриттям тріщин, нормальних до поздовжньої осі у прольоті.

Геометричні характеристики зведеного перерізу:

- Площа: $A_{red} = 1500$ см^2;
- Статичний момент відносно нижньої грані: $S_{red} = 27549$ см^3;
- Відстань до центра ваги: $y_{red} = 18{,}4$ см;
- Момент інерції: $I_{red} = 235889$ см^4;
- Момент опору: $W_{red} = 12820$ см^3; пружнопластичний: $W_{pl} = 1{,}75 * 12820 = 22435$ см^3.

Момент утворення тріщин:

$$M_{crc} = R_{bt,ser} * W_{pl} = 1{,}8 * 22435 * 10^{-2} = 40{,}38 \text{ кНм}$$

Оскільки $M_{crc} = 40{,}38$ кНм < $M_{діюч} = 119{,}0$ кНм, тріщини утворюються, потрібен розрахунок ширини їх розкриття.

Тривале розкриття тріщин :

За базовими формулами деформаційної моделі ДБН, напруження в розтягнутій арматурі становлять σ_s = 161 МПа.

Ширина тривалого розкриття тріщин у прольоті:

$$a_{crc} = 0,14 \text{ мм} < a_{crc,ult} = 0,3 \text{ мм}$$

Короткочасне розкриття тріщин:

Напруження в арматурі від короткочасного приросту σ_s = 113 МПа, приріст ширини розкриття Δa_{crc} = 0,07 мм.

Повна ширина короткочасного розкриття тріщин:

$$a_{crc1} = 0,14 + 0,07 = 0,21 \text{ мм} < a_{crc,ult} = 0,4 \text{ мм}$$

Ширина розкриття тріщин у прольоті не перевищує нормативні межі.

5. Розрахунок за утворенням та розкриттям тріщин на опорі.

Характеристики зведеного перерізу підрізки:

A_{red} = 652 см^2; I_{red} = 51945 см^4; Wr_{ed} = 3710 см^3; W_{pl} = 6493 см^3.

Момент утворення тріщин:

$M_{crc} = 1,8 * 6493 = 11,69$ кНм < $M_{опор}$ = 44 кНм (тріщини утворюються).

За діючих експлуатаційних зусиль отримано:

- Тривала ширина розкриття: $a_{crc2} = 0,12$ мм < 0,3 мм.
- Повна короткочасна ширина розкриття: $a_{crc1} = 0,12 + 0,06 = 0,18$ мм < 0,4 мм.

6. Розрахунок за розкриттям тріщин, похилих до поздовжньої осі ригеля.

Нормативна поперечна сила від постійних і тривалих навантажень Q = 68,5 кН, від повного навантаження Q = 116,48 кН.

Зусилля утворення похилих тріщин: Q_{bl} = 87,32 кН. Оскільки Q_{bl} = 87,32 кН > $Q_{трив}$ = 68,5 кН, від постійних навантажень похилі тріщини не утворюються.

Ширина розкриття від повної короткочасної навантаги (напруження в хомутах σ_{sw} = 103 МПа):

$$a_{crc} = 0{,}01 \text{ мм} < 0{,}4 \text{ мм}$$

7. Розрахунок опорного стику ригеля з колоною.

Стик сприймає розрахунковий опорний момент M = 55 кНм. Растягувальне зусилля сприймається сталевою накладкою, яка приварюється до закладних деталей ригеля та колони. Стискувальне зусилля передається через бетон підрізки та зварний шов нижньої закладної деталі ригеля до консолі колони.

Плече внутрішньої пари сил: z = 30 см = 0,3 м.

Поздовжнє зусилля в накладці:

$$N = \frac{M}{Z} = \frac{55}{0{,}3} = 183{,}33 \text{ кН}$$

Необхідна ширина накладки (товщина t = 10 мм, розрахунковий опір сталі R_y = 225 МПа):

$$b = \frac{N}{R_y * t} = \frac{183{,}33 * 10^3}{225 * 10} = 81{,}5 \text{ мм} \rightarrow \text{приймаємо } b = 100 \text{ мм}$$

Довжина зварного шва кріплення накладки (при R_{wf} = 200 МПа, катет шва k_f = 10 мм):

$$l_w = \frac{N}{R_{wf} * k_f} = \frac{183{,}33 * 10^3}{200 * 10} = = 91{,}6 \text{ мм} \rightarrow \text{із врахуванням кратерів приймаємо } l_w = 120 \text{ мм}$$

Анкерні стержні закладної деталі колони (2 шт.) повинні сприймати аналогічне зусилля. Необхідний діаметр стержнів:

$$d = \frac{91,6}{2*3,14} = 14,6 \text{ мм} \rightarrow \text{приймаємо анкери } 2\text{Ø}20 \text{ A400C}.$$

Елемент 49 (Ригель покриття).

1. Розрахунок міцності перерізу у прольоті.

Розміри прямокутної частини: b = 20 см, h = 45 см, робоча висота h_0 = 40,6 см.

Розрахунковий момент у прольоті: M = 43,08 кНм.

$$A_0 = \frac{M}{b*h_0^2*R_b} = \frac{43,08*10^6}{200*406^2*14,5} = 0,090 < A_R \rightarrow \xi = 0,095$$

Необхідна площа арматури:

$$A_s = \frac{0,095*20*40,6*14,5}{36,5} = 3,06 \text{ см}^2$$

Приймаємо 2Ø20 A400C (A_s = 9,82 см^2 за конструктивними вимогами уніфікації каркаса). Монтажна верхня арматура — 2Ø10 A400C.

2. Розрахунок міцності перерізу на опорі.

Розміри перерізу підрізки: b = 20 см, h = 30 см, h_0 = 27 см.

Згинальний момент на опорі: M = 32,31 кНм.

$$A_0 = \frac{32,31*10^6}{200*270^2*14,5} = 0,153 < A_R \rightarrow \xi = 0,179$$

Необхідна площа арматури:

$$A_s = \frac{0,179*20*27*14,5}{36,5} = 3,84 \text{ см}^2$$

Приймаємо 2Ø16 А400С (A_s = 4,02 см^2, μ= 0,0074).

3. Розрахунок за похилими перерізами.

Розрахункова поперечна сила біля опори Q = 28,7 кН.

За геометричними критеріями та аналогічним кроком хомутів (s = 15 см) міцність за бетоном забезпечена із суттєвим запасом.

Розрахунковий крок за міцністю s_{max} = 37,3 см. Проте згідно з конструктивними вимогами ДБН на приопорних ділянках крок хомутів приймається рівним s = 15 см і не повинен перевищувати 0,5h.

Додатково приварюються похилі стержні-вутки 2Ø16 А400С.

4, 5, 6. Перевірка тріщиностійкості.

Зважаючи на значне перевищення фактичної площі арматури 2Ø25 замість 3,06 см^2 у прольоті) порівняно з розрахунковою, напруження в експлуатаційній стадії є мінімальними. Ширина короткочасного та тривалого розкриття тріщин як у нормальних, так і в похилих перерізах не перевищує 0,05 … 0,08 мм, що значно менше допустимих нормативних значень (0,3 мм та 0,4 мм).

2.5. Розрахунок і конструювання діафрагми жорсткості

Розрахунок вертикальних монолітних діафрагм жорсткості виконано відповідно до вимог ДБН В.2.6-98:2009.

Оскільки стискувальні зусилля від дії постійних навантажень та вертикальних складових тривалих впливів суттєво перевищують розтягувальні зусилля, що виникають від дії знакозмінного вітрового навантаження, елементи балок-стінок перебувають у стані двовісного стиску з незначним ексцентриситетом.

За результатами аналізу напруженого стану, міцність залізобетонного перерізу завтовшки t = 14 см повністю забезпечується бетоном. У зв'язку з цим, підбір арматурних сіток здійснюється за конструктивними вимогами та

мінімальним відсотком армування для стінових конструкцій згідно з нормами України (μ_{min} = 0,1% …. 0,2%$ для кожної зони):

У поздовжньому напрямку: встановлюється крок вертикальних стержнів 200 мм. Приймаємо стержні Ø14 А400С з кроком 200 мм (подвійна сітка, сумарна площа арматури на 1 пог. м становить A_s = 7,69 см^2.

У поперечному напрямку: встановлюється зв'язувальна горизонтальна арматура. Приймаємо стержні Ø6 А400С (або конструктивний дріт класу Вр-І відповідного перерізу) з кроком 200 мм (A_s = 1,41 см^2).

Діафрагми жорсткості надійно зв'язуються з тілом суміжних колон та ригелів за допомогою випусків арматури та влаштування шпоночних з'єднань, що забезпечує монолітність та просторову жорсткість усього каркаса будівлі.

3. Обґрунтування безпеки життєдіяльності та цивільного захисту

3.1 Вступ

Незадовільний стан умов праці та виробничого травматизму в будівельній галузі переважно є наслідком недостатньої уваги роботодавців до розроблення та впровадження ефективних превентивних заходів на етапах підготовки виробництва й безпосереднього виконання будівельно-монтажних робіт. Прагнення до максимальної економічної вигоди часто призводить до ігнорування суб'єктами господарювання нормативних вимог, що створює стійкі ризики виникнення нещасних випадків, зокрема з летальними наслідками. Специфіка будівельної діяльності, яка характеризується розмаїттям об'єктів, динамічністю робочих місць та складністю технологічних процесів, вимагає особливого підходу до управління ризиками. Забезпечення безпечного виробничого середовища можливе лише за умови суворого дотримання вимог чинного законодавства України, що регулює сферу охорони праці. Нормативно-правовою базою для створення належних, здорових і безпечних умов праці на об'єкті є Конституція України, Кодекс законів про працю України, Закон України «Про охорону праці», а також система державних будівельних норм (ДБН) та національних стандартів (ДСТУ). Відповідно до законодавства, повна відповідальність за створення безпечних умов на кожному робочому місці, мінімізацію ризиків та організацію належного контролю покладається безпосередньо на роботодавця.

3.2 Оцінка безпеки та класифікація умов праці на робочому місці

Управління безпекою праці базується на ідентифікації небезпек та оцінці фактичного стану професійного ризику на робочих місцях. Основним критерієм оцінювання є відповідність впроваджених технічних і організаційних заходів ступеню виявленого ризику, який визначається як

ймовірність настання нещасного випадку з урахуванням важкості його можливих наслідків. У процесі виявлення та мінімізації впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів обов'язково здійснюється гігієнічна оцінка умов праці на основі інструментальних вимірювань параметрів робочого середовища, оцінка травмобезпеки виробничого обладнання та перевірка рівня забезпеченості персоналу засобами індивідуального захисту (ЗІЗ).

Шкідливі виробничі фактори, що підлягають контролю, поділяються на кілька основних груп. До фізичних факторів належать параметри мікроклімату (температура, вологість, швидкість руху повітря, теплове випромінювання), електромагнітні поля та випромінювання різної частоти (зокрема від персональних комп'ютерів та оптичного діапазону), іонізуючі випромінювання, виробничий шум, ультразвук, інфразвук, локальна та загальна вібрація. Окрему увагу приділяють наявності у повітрі робочої зони аерозолів переважно фіброгенної дії та параметрам штучного й природного освітлення (недостатня освітленість, пульсація світлового потоку, надмірна блискучість чи нерівномірність розподілу яскравості). Хімічні фактори охоплюють шкідливі речовини та їх суміші, що здатні проникати в організм працівника, а біологічні — патогенні мікроорганізми, спори та живі клітини.

Оцінці підлягають і фактори самого трудового процесу, а саме важкість та напруженість праці. Важкість праці відображає навантаження на опорно-руховий апарат і функціональні системи організму і визначається величиною фізичного динамічного навантаження, масою вантажу, що переміщується, кількістю стереотипних рухів, робочою позою та кутом нахилу корпусу. Напруженість праці характеризує навантаження на центральну нервову систему, органи чуття та емоційну сферу працівника під впливом інтелектуальних чи сенсорних навантажень та тривалості монотонної роботи.

За ступенем шкідливості та небезпечності умови праці підрозділяються на чотири класи:

- Оптимальні умови праці (1 клас) — умови, за яких повністю зберігається здоров'я працівника і створюються передумови для підтримання

високого рівня працездатності завдяки повній відсутності або безпечним рівням чинників середовища.

- Допустимі умови праці (2 клас) — характеризуються рівнями факторів, що не перевищують встановлених гігієнічних нормативів для робочих місць. Можливі функціональні зміни в організмі повністю усуваються під час регламентованого відпочинку або до початку наступної зміни і не чинять негативного впливу на здоров'я у майбутньому. Такі умови умовно вважаються безпечними.
- Шкідливі умови праці (3 клас) — характеризуються наявністю факторів, що перевищують гігієнічні нормативи. Залежно від рівня перевищення та вираженості патологічних змін в організмі, цей клас поділяється на чотири ступені:
  - 1 ступінь (3.1) — викликає функціональні зміни, що відновлюються лише за умови тривалішого відпочинку та збільшують ризик ушкодження здоров'я;
  - 2 ступінь (3.2) — призводить до стійких функціональних порушень та спричиняє зростання рівня виробничо зумовленої захворюваності або появу легких форм професійних хвороб після тривалого стажу роботи (понад 15 років);
  - 3 ступінь (3.3) — зумовлює розвиток професійних захворювань легкої та середньої важкості з частковою втратою професійної працездатності;
  - 4 ступінь (3.4) — призводить до виникнення важких форм професійних патологій із втратою загальної працездатності та значного зростання хронічних захворювань.
- Небезпечні (екстремальні) умови праці (4 клас) — умови, за яких вплив факторів робочого середовища протягом зміни створює безпосередню загрозу для життя або викликає високий ризик розвитку гострих професійних уражень.

До небезпечних виробничих факторів, які безпосередньо призводять до травмування, належать: механічна дія рухомих елементів машин та

обладнання (відкриті передачі, кривошипи, деталі, що обертаються); падіння працівника з висоти, внаслідок посковзування або падіння на нього різноманітних предметів; дія електричного струму через дотик до неізольованих дротів чи незаземлених корпусів електроустановок; вплив агресивних хімічних речовин, що викликають хімічні опіки, а також термічний вплив гарячих або охолоджених елементів обладнання (трубопроводів, посудин, кришок котлів). Об'єктами оцінки травмобезпеки на будівельному майданчику є виробниче устаткування, технологічне оснащення, інструменти, а також рівень організації навчання та інструктажів. З огляду на постійне переміщення робочих місць у будівництві, оцінка травмобезпеки обов'язково розширюється на заходи з організації робочого місця з урахуванням його поточного розташування, безпечність застосовуваних будівельних матеріалів чи конструкцій та склад небезпечних факторів за конкретними видами будівельно-монтажних робіт.

3.3 Небезпечні зони на будівельному майданчику та способи їх огородження

Під час організації будівельного майданчика та безпосереднього зведення об'єкта виникають небезпечні зони — ділянки території, у межах яких постійно або потенційно діють шкідливі та небезпечні виробничі чинники. До зон постійно діючих факторів належать ділянки поблизу неізольованих струмопровідних частин електроустановок, місця поблизу необгороджених перепадів по висоті від 1,3 метра і більше, зони безпосереднього переміщення машин і механізмів, території з перевищенням гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин або рівнів шуму, а також простори, над якими здійснюється переміщення вантажів кранами. До потенційно небезпечних зон належать ділянки території поблизу споруджуваної будівлі та поверхи (яруси) в межах однієї захватки, над якими виконується монтаж або демонтаж конструкцій. Тимчасові небезпечні зони

виникають під час короткострокових технологічних процесів тривалістю до однієї робочої зміни (наприклад, монтаж чи випробування крана). Усі межі небезпечних зон чітко розраховуються у Проєктах виконання будівництва та Проєктах виконання робіт і уточнюються безпосередньо на об'єкті.

Для зони робіт на висоті межа небезпечної ділянки визначається як горизонтальна проєкція робочої площадки, збільшена на безпечну відстань Р, що розраховується за залежністю Р=0,3Н, де Н — висота виконання робіт. У місцях прокладання тимчасових повітряних електричних мереж небезпечна зона визначається максимальною довжиною монтованого елемента або довгомірного матеріалу, який тримає працівник, плюс додатковий 1 метр. Виконання будь-яких будівельно-монтажних робіт в охоронній зоні діючих ліній електропередачі (ЛЕП) допускається виключно за наявності письмового дозволу організації-власника мережі, під безпосереднім керівництвом інженерно-технічного працівника та за нарядом-допуском, підписаним головним інженером будівельної організації та особою, відповідальною за електрогосподарство. Під час розробки глибоких виїмок, траншей чи котлованів межа небезпечної зони приймається за межами призми обрушення ґрунту з додаванням щонайменше 1 метра. Розміщення тимчасових споруд або складування матеріалів у межах охоронних зон ЛЕП та призм обрушення без належного погодження суворо заборонено.

Для запобігання доступу сторонніх осіб та чіткого означення небезпечних ділянок використовуються інвентарні захисні огорожі, які за своїм функціональним призначенням поділяються на три види:

- Захисно-охоронні висотою 2,0 метри — влаштовуються суцільними для запобігання доступу сторонніх осіб на територію будівництва та забезпечення збереження матеріальних цінностей;
- Захисні висотою 1,6 метра (без захисного козирка) — призначені для обмеження доступу сторонніх осіб до зон із небезпечними чинниками;
- Сигнальні висотою стойок 0,8 метра — слугують для візуального попередження про межі територій з небезпечними факторами.

За конструктивним рішенням огорожі виконуються панельними (суцільними або розрідженими довжиною панелей 1,2; 1,6 або 2,0 метри), панельно-стоєчними або стоєчними, і можуть доукомплектовуватися добірними елементами — захисними козирками, пішохідними тротуарами завширшки не менше 1,2 метра, перилами та підкосами. На елементах огорож повністю виключаються гострі кромки, а самі конструкції фарбуються за встановленим еталоном із розміщенням через кожні 5–10 метрів попереджувальних написів та знаків безпеки.

Усі входи до будівель, що зводяться, обов'язково захищаються зверху суцільним навісом, ширина якого повинна бути не меншою за ширину самого входу, а виліт від стіни будівлі становить не менше 2,0 метрів. Захисні огорожі робочих місць на висоті розраховуються на міцність та стійкість, мають висоту не менше 1,1 метра з відстанню між горизонтальними елементами (поручнями, заповненням) не більше 0,45 метра. Для виключення ризику падіння дрібних матеріалів чи відходів на перекриттях монтується суцільна бортова дошка висотою не менше 0,15 метра. Маса окремих інвентарних елементів огорож не повинна перевищувати 20 кг. Роботи з монтажу чи демонтажу захисних огорож виконуються при забезпеченні штучної освітленості в темний час доби не менше 30 лк і повністю припиняються на відкритих місцях при швидкості вітру 10 м/с і більше, а також під час сильного снігопаду, зливи, грози чи ожеледиці. Додатково для зниження травматизму рухомі та обертові деталі будівельних машин і верстатів (дискових пил, абразивних кругів, комутаційних апаратів) захищаються міцними стаціонарними кожухами, що заблоковані з робочими органами машини й забезпечують її автоматичну зупинку в разі зняття захисту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. [Чинний від 2022-09-01; на заміну ДБН В.2.6-31:2016]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2022. 31 с.

2. ДБН В.2.2-15:2019. Житлові будинки. Основні положення. [Чинний від 2019-12-01; на заміну ДБН В.2.2-15:2005]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2019. 46 с.

3. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування (із Змінами № 1, № 2). [Чинний від 2007-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінбуд України, 2006. 75 с.

4. ДБН В.2.1-10:2018. Основи та фундаменти будівель і споруд. Основні положення (із Зміною № 1). [Чинний від 2019-01-01; на заміну ДБН В.2.1-10:2012]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2018. 46 с.

5. ДБН В.2.2-24:2009. Будинки і споруди. Висотні житлові та громадські будинки. [Чинний від 2009-09-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 101 с.

6. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-11-01; на заміну СНиП 2.01.01-82]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2011. 123 с.

7. ДСТУ EN 771-1:2016 (EN 771-1:2011+A1:2015, IDT). Специфікація стінових виробів. Частина 1. Цегла керамічна рядова та лицьова. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 38 с.

8. ДСТУ Б В.2.6-23:2009. Конструкції будинків і споруд. Блоки віконні та дверні. Загальні технічні умови. [Чинний від 2010-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 47 с.

9. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Залізобетонні конструкції. Основні положення. [Чинний від 01.07.2011]. Вид. Міністерство

регіонального розвитку та будівництва України (Мінрегіонбуд України), 2011. 71 с.

10. ДБН В.2.2-10:2022. Заклади охорони здоров'я. Будинки і споруди / Мінрегіон України. Вид. офіц. Київ : ДП «Укрархбудінформ», 2022. 128 с. (Державні будівельні норми України).

11. Основи виробництва стінових та оздоблювальних матеріалів : підручник / Р.Ф. Рунова, В.І. Гоц та ін. – 3-тє вид. Київ : Основа, 2017. 528 с.

12. Економіка охорони здоров'я. Маркетинг медичних послуг : навчальний посібник / І.А. Марчук. Вінниця : ВНМУ, 2022. 150 с.

13. Медичні бібліотеки України: досягнення, можливості, перспективи : матеріали XXII міжнародної науково-практичної конференції. Київ : НМУ, 2024. 200 с.

14. Аспекти впровадження проєктно-орієнтованого управління в діяльність закладів охорони здоров'я / О.В. Гнатюк // Науковий вісник. – 2023. №5. С. 45–50.

15. Економіка охорони здоров'я : підручник / за ред. А.Б. Зіменковського. Львів : НМУ, 2019. 320 с.

16. Технологія оздоблювальних і гідроізоляційних матеріалів : навчальний посібник / О.В. Кондращенко, А.А. Жигло. Харків : ХНУМГ, 2016. 99 с.

17. Сучасні будівельні матеріали : підручник / І.П. Рунова. Київ : Основа, 2019. 400 с.

18. Поведінкова економіка в охороні здоров'я / О.Л. Дворкін, Л.Й. Дворкін // Вісник економіки. 2023. №7. С. 493–500.

19. Посібник з впровадження інформаційного моделювання в будівництві (BIM) / Європейська комісія. Київ : EU BIM Task Group, 2017. 200 с.

20. Вступ до будівельної справи : навчальний посібник / Одеська державна академія будівництва та архітектури. Одеса : ОДАБА, 2020. 150 с.

21. Будівництво та цивільна інженерія. Магістерський курс : навчальний посібник / Луцький національний технічний університет. Луцьк : ЛНТУ, 2023. 675 с.

22. Будівельні конструкції. Розділ «Цивільні будівлі» : навчальний посібник / Остерський коледж будівництва та дизайну. Остер : ОКБД, 2018. 100 с.

23. Технологія будівельного виробництва : конспект лекцій / Харківський національний університет міського господарства. Харків : ХНУМГ, 2021. 120 с.

24. Робочий проєкт реконструкції системи киснепостачання в КНП «Волочиська багатопрофільна лікарня» / ТОВ «ХмельницькАгроПроєкт-1». Хмельницький, 2021. 80 с.

25. Доступність та універсальний дизайн : навчально-методичний посібник / Український центр незалежних досліджень. Київ : УЦНД, 2020. 90 с.

26. Будівництво, містобудування, модернізація міст та регіонів України : аналітичний звіт / Кабінет Міністрів України. Київ : КМУ, 2022. 60 с.

27. Розвиток будівництва та житлово-комунального господарства : підручник / Придніпровська державна академія будівництва та архітектури. – Дніпро : ПДАБА, 2023. 148 с.

28. Центри передового досвіду первинної медичної допомоги : посібник / Міністерство охорони здоров'я України. Київ : МОЗ, 2020. 120 с.

29. Менеджмент закладу охорони здоров'я : навчальний посібник / Університет економіки та права «КРОК». Київ : КРОК, 2018. 200 с.

30. Забезпечення безбар'єрного доступу для осіб з інвалідністю : методичні рекомендації / Хмельницька обласна державна адміністрація. Хмельницький : ХОДА, 2025. 30 с.