

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ННІ) \_\_\_\_\_ конструювання та дизайну \_\_\_\_\_

УДК 72.012:728.2(477.74)

## ПОГОДЖЕНО

Декан факультету (Директор ННІ)

конструювання та дизайну

(назва факультету (ННІ))

\_\_\_\_\_ Зіновій РУЖИЛО \_\_\_\_\_  
(підпис) (ПІБ)

— ” \_\_\_\_\_ 2025 р.

## ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

будівництва

(назва кафедри)

\_\_\_\_\_ Ігор ЯКОВЕНКО \_\_\_\_\_  
(підпис) (ПІБ)

— ” \_\_\_\_\_ 2025 р.

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Проектування адміністративної будівлі на 300 співробітників у м. Ічня

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
(код і назва)

Освітня програма «Будівництво та цивільна інженерія»  
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-наукова  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

д.т.н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Микола МАР'ЄНКОВ

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

д.т.н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Микола МАР'ЄНКОВ

(ПІБ)

Виконав

\_\_\_\_\_ (підпис)

Вадим ГОНТА

(ПІБ студента)

КИЇВ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет (ННІ) \_\_\_\_\_ конструювання та дизайну \_\_\_\_\_

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри**  
**будівництва**

\_\_\_\_\_ д.т.н., професор \_\_\_\_\_ **Ігор ЯКОВЕНКО**  
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)  
— ” \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ року

**З А В Д А Н Н Я**

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ**

\_\_\_\_\_ **Вадиму Гонті** \_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність \_\_\_\_\_ **192 «Будівництво та цивільна інженерія»** \_\_\_\_\_

(код і назва)

Освітня програма \_\_\_\_\_ **«Будівництво та цивільна інженерія»** \_\_\_\_\_

(назва)

Орієнтація освітньої програми \_\_\_\_\_ **освітньо-наукова** \_\_\_\_\_

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи Проектування адміністративної будівлі на 300 співробітників у м. Ічня

затверджена наказом ректора НУБіП України від —22— ” грудня 20 23 р. № 2358 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру \_\_\_\_\_

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи геологічні умови майданчика будівництва, природно-кліматичні умови відповідно до діючих нормативних документів, навантаження та впливи згідно ДБН В.1.2. 2:2006, ескізи об'ємно-планувальних та конструктивних рішень будівлі

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз експериментальних досліджень впливу захисного шару бетону на граничні напруження зчеплення з арматурою

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

Перелік \_\_\_\_\_ графічного \_\_\_\_\_ матеріалу \_\_\_\_\_ (за потреби) \_\_\_\_\_

Дата видачі завдання — 24 ” \_\_\_\_\_ грудня \_\_\_\_\_ 20 23 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ **Микола МАР'ЄНКОВ** \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ **Вадим ГОНТА** \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали студента)

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| ЗМІСТ .....   | 4  |
| Розділ 1. АРХІТЕКТУРНО - БУДІВЕЛЬНИЙ .....                        | 9  |
| 1.1 Вихідні дані .....  | 9  |
| 1.2 Генеральний план.....   | 9  |
| 1.3 Об'ємно-планувальне рішення.....                              | 10 |
| Техніко-економічні показники проекту .....                        | 10 |
| 1.4 Конструктивні рішення .....                                   | 11 |
| 1.4.1 Фундаменти.....   | 11 |
| 1.4.2 Стіни.....  | 12 |
| 1.4.3 Перекриття .....  | 15 |
| 1.4.4 Дах.....  | 18 |
| 1.4.5 Покрівля.....   | 18 |
| 1.4.6 Перегородки .....   | 19 |
| 1.4.7 Сходи .....   | 19 |
| 1.4.8 Зовнішнє та внутрішнє оздоблення .....                      | 19 |
| 1.4.9 Санітарно-технічне та інженерне обладнання.....             | 19 |
| 1.4.10 Теплотехнічний розрахунок конструкції покриття .....       | 20 |
| 2.1 Розрахунок міцності перерізу кроквяної системи .....          | 23 |
| 2.1.1 Розрахунок кроквяної ноги.....                              | 23 |
| 2.1.2 Підбір перерізу стійки.....                                 | 29 |
| 2.2 Розрахунок монолітної ділянки .....                           | 33 |
| 2.2.1 Визначення навантаження .....                               | 33 |
| 2.2.2 Визначення розрахункового прольоту монолітної ділянки ..... | 34 |
| 2.2.3 Зусилля від розрахункових та нормативних навантажень .....  | 34 |

|  |    |
|--|----|
| 2.2.4 Встановлення розмірів поперечного перерізу монолітної ділянки .....                    | 35 |
| 2.2.5 Характеристики міцності бетону та арматури .....                                       | 35 |
| 2.2.6 Розрахунок за міцністю нормальних перерізів .....                                      | 36 |
| 2.2.7 Розрахунок за міцністю похилих перерізів.....  | 37 |
| 2.3 Розрахунок плити перекриття ПК 49-10.....  | 37 |
| 2.3.1. Збір навантаження на 1м <sup>2</sup> перекриття .....                                 | 37 |
| 2.3.2 Призначення марок вихідних матеріалів та їх розрахункові характеристики.....           | 38 |
| 2.3.3 Розрахункова схема та зусилля в перерізах плити перекриття на стадії експлуатації..... | 38 |
| 2.3.4 Розрахунок міцності по нормальних перерізах на дію згинального моменту.....            | 39 |
| 2.4.5 Короткі вказівки по конструюванню плити перекриття .....                               | 39 |
| 2.3.6 Перевірка міцності панелі перекриття по похилих перерізах .....                        | 40 |
| 2.3.7 Перевірка міцності монтажної петлі .....   | 40 |
| 2.3.8 Перевірка міцності плити на монтажні навантаження .....                                | 40 |
| 2.4 Розрахунок перемички.....  | 40 |
| 2.4.1 Розрахункові характеристики матеріалів.....  | 41 |
| 2.4.2 Збір навантажень на 1м пог. ....   | 41 |
| 2.4.3. Зусилля в перерізах елемента.....   | 41 |
| 2.4.4 Підбір робочої арматури.....   | 41 |
| 2.4.5 Розрахунок за похилими перерізами .....  | 42 |
| Розділ 3. ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА .....  | 44 |
| 3.2 Техніко-економічне порівняння монтажних кранів.....                                      | 44 |

|  |    |
|--|----|
| 3.2.1 Вибір монтажного крана.....  | 44 |
| Таблиця 3.1 - Техніко-економічне порівняння варіантів .....  | 45 |
| 3.3 Технологічна карта на кам'яну кладку та монтаж збірних конструкцій<br>.....                            | 47 |
| 3.3.1 Сфера застосування технологічної карти .....   | 47 |
| 3.3.2 Характеристики матеріалів, що застосовуються.....  | 47 |
| 3.3.3 Підрахунок обсягів робіт .....   | 47 |
| 3.3.5 Організація та технологія виконання робіт .....  | 48 |
| 3.3.6 Потреба у матеріально-технічних ресурсах.....  | 53 |
| 3.3.7 Контроль якості та приймання робіт .....   | 55 |
| 3.3.8 Техніка безпеки, охорона праці та навколишнього середовища..   | 57 |
| 3.3.9 Калькуляція витрат праці.....  | 58 |
| Розділ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА .....  | 61 |
| 4.1 Визначення тривалості будівництва .....  | 61 |
| 4.2 Вибір основних методів виконання робіт та рішень щодо організації<br>потокowego зведення об'єкта ..... | 61 |
| 4.2.1 Земляні роботи.....  | 61 |
| 4.2.2 Вибір машин для земляних робіт.....  | 61 |
| 4.2.3 Монтаж збірних конструкцій .....   | 62 |
| 4.2.4 Вибір машин для монтажних робіт .....  | 62 |
| 4.3 Мережевий графік виконання робіт по об'єкту.....   | 63 |
| 4.3.1 Картка-визначник мережевого графіка .....  | 68 |
| 4.3.2 Розрахунок мережевого графіка .....  | 69 |
| 4.3.3 Техніко-економічні показники мережного графіка .....   | 70 |
| 4.4 Будівельний генеральний план.....  | 71 |

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| 4.4.1     | Визначення потреб у тимчасових будівлях та спорудах.....   | 72  |
| 4.4.2     | Розрахунок та проектування складських приміщень та майданчиків .....   | 73  |
|           | Таблиця 4.6 - Розрахунок складських площ.....  | 74  |
| 4.4.3     | Визначення потреб будівництва у воді .....   | 74  |
| 4.4.4     | Розрахунок тимчасового електропостачання .....   | 76  |
| 4.5       | Рішення з техніки безпеки та охорони навколишнього середовища .  | 77  |
| Розділ 5. | Економіка будівництва .....  | 79  |
| 5.1       | Загальні положення.....  | 79  |
| 5.2       | Кошторисні розрахунки .....  | 79  |
| 5.2.1     | Локальний кошторис на загальнобудівельні роботи .....  | 79  |
| 5.2.2     | Об'єктний кошторис .....   | 80  |
| 5.3       | Визначення кошторисної вартості БМР у поточних цінах.....  | 81  |
| 5.4       | Техніко-економічні показники .....   | 82  |
| Розділ 6. | НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....  | 83  |
|           | Аналіз експериментальних досліджень впливу захисного шару бетону на граничні напруження зчеплення з арматурою..... | 83  |
|           | Актуальність теми.....   | 83  |
|           | Вступ.....   | 84  |
| 6.1       | Аналіз попередніх досліджень.....  | 85  |
| 6.2       | Обґрунтування задач дослідження .....  | 89  |
| 6.3       | Конструкція дослідних зразків та методика їх випробувань .....   | 91  |
| 6.4       | Аналіз результатів випробування зразків третьої і четвертої серій ...  | 96  |
| 6.5       | Вплив товщини захисного шару на проковзування стержнів в бетоні в зразках третьої та четвертої серій .....         | 101 |

|   |  |
|---|--|
| 6.6 Аналітичне визначення граничних напружень зчеплення залежно від товщини захисного шару бетону за результатами випробувань зразків третьої і четвертої серій ..... | 102                                    |
| 6.7 Результати випробувань за балочною методикою зразків п'ятої серії .....   | 104                                    |
| 6.8. Результати проведеного аналітичного огляду експериментальних досліджень .....  | 110                                    |
| ВИСНОВКИ.....   | 112                                    |
| Список використаної літератури .....  | 114                                    |
| ДОДАТКИ .....   | 124                                    |
| ДОДАТОК А.....  | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |

# РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНО - БУДІВЕЛЬНИЙ

## 1.1 Вихідні дані

Будівництво адміністративної будівлі здійснюється на ділянці площею 0,95 га, розташованій на у м. Ічня.

На території, що проектується, є зелені насадження, які підлягають частковому збереженню.

У проєктованій будівлі передбачені системи опалення, вентиляції, гарячого та холодного водопостачання. Джерелом тепlopостачання є котельня, що існує, через зовнішні теплові мережі.

Відповідно до ДБН [10] вітрове навантаження прийняте для I-го району, снігове для II району будівництва.

Згідно з інженерно-геологічними дослідженнями встановлено, що основою під фундаменти є піски середньої крупності середньої щільності з наступними характеристиками:  $\gamma_n = 1.59$ ;  $c_n = 0.0014$  МПа;  $\varphi_n = 31^\circ$ ;  $E = 25$  МПа;  $e = 0.65$ ;  $k = 1.1$ .

Рівень ґрунтових вод у районі будівництва знаходиться на позначці – 111.850м.

## 1.2 Генеральний план

Генеральний план запроектований відповідно до проєкту забудови.

На території ділянки передбачені проїзди із тимчасовими автостоянками.

На території ділянки максимально збережено існуючі зелені насадження. Проведено часткове знесення будівель та демонтаж асфальтового покриття.

Ділянка, що відведена під будівництво адміністративної будівлі, має спокійний рельєф. Перепад позначок дільниці становить до 1,9м.

В основу рішення організації рельєфу покладено принцип максимального збереження існуючого рельєфу з ув'язкою з забудовою і вулицями.

З території, що забудовується, передбачено часткове зняття рослинного ґрунту.

Водовідведення з території забудовується здійснюється закритим способом за допомогою дощеприймачів. Техніко-економічні показники генплану наведено у таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - ТЕП

| Найменування показника               | Од. змін. | Розмір показника |
|--------------------------------------|-----------|------------------|
| 1. Площа ділянки у межах робіт       | га        | 0,95             |
| Площа забудови                       | м2        | 1016,4           |
| Площа покриття:                      |           |                  |
| Асфальтобетонне                      | м2        | 2368             |
| Плиткове                             | м2        | 2170             |
| Площа озеленення                     | м2        | 3945,6           |
| 2. Коефіцієнт забудови               | Кз        | 0,11             |
| 3. Коефіцієнт використання території | Кт        | 1,0              |
| 4. Коефіцієнт озеленення             | Коз       | 0,42             |
| 5. Коефіцієнт доріг та майданчиків   | Кдм       | 0,47             |

### 1.3 Об'ємно-планувальне рішення

Об'ємно-планувальні рішення та площі приміщень адміністративної будівлі в м. Ічня розроблені відповідно до технологічних вимог, програми-завдання та затвердженої схеми планування. Розділ розроблений відповідно до вимог ДБН [4] та відповідно до вихідних даних, рішень генерального плану та нормативних документів.

Запроектована будівля є 5-поверховою. У плані будівля має прямокутну форму. Висота поверху 3,3м. Будівля має два входи: один головний та один додатковий. У будівлі одна сходи на верхні поверхи і одна в підвал, також є вхід у підвал з вулиці.

Подвійний тамбур виконаний з утепленими вхідними дверима та з установкою приладів опалення в тамбурі. Сходові клітки заплановані як внутрішня повсякденної експлуатації, зі збірних залізобетонних елементів. Сходи двохмаршеві із спіранням на сходові майданчики.

Будівля запроектована п'ятиповерховою, з підвалом та горищем, довжиною – 44,2м, шириною – 20м та висотою 21,13м.

Ступінь вогнестійкості - IV.

Будівля включає комплекс допоміжних приміщень і кабінетів.

Будівля обладнана системами опалення, вентиляції, водопостачання, електропостачання та зв'язку з урахуванням усіх необхідних вимог.

За умовну позначку 0.000, яка відповідає абсолютній позначці 171,9 прийнято рівень чистої підлоги 1-го поверху.

### Техніко-економічні показники проекту

Робоча площа  $A_{роб} = 1477,54$  м<sup>2</sup>,

Загальна площа  $A_{заг} = 2166,34$  м<sup>2</sup>,

Площа забудови  $A_{заб} = 1016,4$  м<sup>2</sup>.

Планувальний коефіцієнт -  $K_1$ :

$K_1 = A_{\text{роб}} / \text{Загалом.}$

$K_1 = 1477,54 / 2166,34 = 0,68$

Будівельний об'єм – V:  $V = V_1 + V_2.$

$V_1$  – обсяг надземної частини будівлі,

$V_1 = 13572,94$  м<sup>3</sup>.

$V_2$  – обсяг підземної частини будівлі,

$V_2 = 1768,3$  м<sup>3</sup>.

$V = 13572,94 + 1768,3 = 15341,24$  м<sup>3</sup>.

$H_1$  – висота будівлі,

$H_1 = 22,28$ м.

Об'ємно-планувальний коефіцієнт:

$K_2 = V / \text{Загалом.}$

$K_2 = 15341,24 / 2166,34 = 7,08.$

## 1.4 Конструктивні рішення

Конструктивні рішення розроблені на підставі вихідних даних, архітектурно-планувальних рішень та відповідно до вимог глав ДБН [1, 2, 5, 10, 11]. Фундаменти запроектовані стрічковими за ДСТУ Б В.2.6-109:2010 «Плити залізобетонні стрічкових фундаментів» та ДСТУ Б В.2.6-108:2010 – «Блоки бетонні для стін підвалів».

### 1.4.1 Фундаменти

Будівля виконана за безкаркасною системою з поздовжніми та поперечними несучими стінами. Фундаменти стрічкові із збірних залізобетонних фундаментних блоків та подушок під зовнішні та несучі стіни. Стіни підвалу, що стикаються з ґрунтом, покриті фарбувальною гідроізоляцією за 2 рази. Стіни підвалу прийняті зі збірних бетонних блоків за ДСТУ Б В.2.6-108:2010.

Фундаменти — зі збірних залізничних плит по ДСТУ Б В.2.6-109:2010 забезпечують експлуатаційну надійність будівлі.

У якості заходів щодо захисту будівлі від підтоплення поверхневими водами є:

- фарбувальна гідроізоляція стін, що стикаються з ґрунтом;
- влаштування водонепроникної підготовки для підлоги підвалу;
- влаштування вимощення по периметру будівлі;
- влаштування відповідного вертикального планування.

У конструкціях фундаменту використані такі типи елементів:

фундаментні блоки: ФБС12.6.6-Т; ФБС12.4.6-Т; ФБС24.6.6-Т.

Фундаментні подушки: ФЛ10.24-63ФЛ10.12-2; ФЛ6.12-101.

Матеріали ДСТУ Б В.2.7-61:2008: Бетон С8/10; Цегла КР 1650/75/15; Бетон С12/15.

## 1.4.2 Стіни

Конструктивна схема житлового будинку – змішана, з опиранням плит перекриття на внутрішні поперечні та зовнішні поздовжні стіни. Просторова жорсткість будівлі забезпечується спільною роботою поздовжніх і поперечних стін з жорстким диском перекриття, а також ядрами жорсткості, у ролі яких виступають сходові клітини.

Стіни зовнішні - 3-х шарової конструкції з утепленням газосилікатними блоками  $\delta = 400\text{мм}$  всередині стіни.

Зовнішня конструкція стіни  $\delta = 120\text{ мм}$  прийнята з лицьової силікатної цегли.

Несуча частина стіни виконана з силікатної потовщеної рядової цегли СУЛ за ДСТУ Б В.2.7-80:2008. Внутрішня грань стіни вкрита вапняно-піщаною штукатуркою  $\gamma = 1600\text{кг/м}^3$ .

Марка цегли та розчину дана для виконання робіт у літній час. При виконанні робіт взимку слід керуватися вказівками глави ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва». Марка цегли за морозостійкістю має бути не нижче F35.

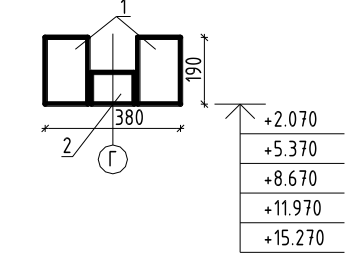
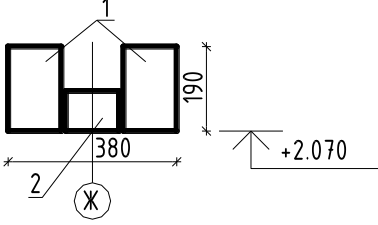
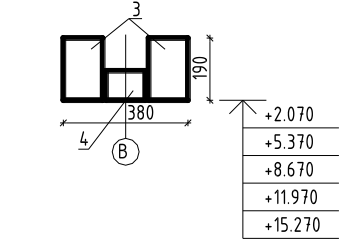
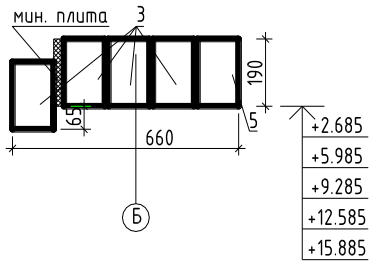
На виступаючих частинах фасадів виконується захисне покриття у вигляді зливів з оцинкованої сталі з виносом останнього не менше 50 мм за межі стіни відповідно до серії Б2.000-1 «Типові рішення захисту елементів будівель та споруд із кам'яних матеріалів від перезволоження та розморожування». Зведення цегляних конструкцій наступного поверху допускається тільки після укладання несучої конструкції, що перекривають зведений поверх. Сітки для армування кладки повинні виступати на 2-3 мм за межі внутрішньої поверхні стіни. Борозни, ніші, отвори виконуються у процесі зведення кладки. Отвори довжиною менше 600 мм перекриваються арматурою діаметром 12мм А240 з перепуском за межу отвору на 250 мм (По одному стрижню на 100 мм товщини стіни). Отвори понад 600 мм перекриваються перемичками. Отвори в панелях перекриття та стінах для пропуску сантехнічних комунікацій та стояків електропроводки повинні бути герметизовані в межах кожного поверху (закласти цементним розчином). Цегляні перегородки товщиною 120 мм виконуються з силікатної цегли марки 200 на розчині марки 50, в санвузлах - з керамічної повнотілої потовщеної цегли марки 100 на розчині марки 50.

Вікна значною мірою визначають ступінь комфорту будівлі та її архітектурно - художнє рішення. Вікна з потрібним склінням. Підвіконні дошки дерев'яні. Специфікація елементів заповнення прорізів у таблиці 1.3, а специфікація перемичок у таблиці 1.4.

Двері застосовані як однопільні, так і двопільні, розміром: 0,9 м заввишки та 1,5; 1; 0,9 м завширшки. Для забезпечення швидкої евакуації всі двері відчиняються назовні у напрямку руху на вулицю, виходячи з умов евакуації людей із будівлі під час пожежі. Для зовнішніх дерев'яних дверей та на сходових клітках у тамбурі – коробки влаштовують з порогами, а для внутрішніх дверей – без порогу.

Відомість залізобетонних перемичок представлена у таблиці 1.2

Таблиця 1.2 - Відомість перемичок

| Марка<br>позиції | Схема перерізу   |
|------------------|--|
| 1                | 2  |
| Пр 1             |    |
| Пр 2             |    |
| Пр 3             |  |
| Пр 4             |  |

|      |  |
|------|--|
| Пр 5 |  |
| Пр 6 |  |
| Пр 7 |  |

Таблиця 1.3 – Специфікація елементів заповнення прорізів

| Позиція      | Позначення              | Найменування | Кількість по поверхах |    |    |    |    | Усього | Примітка |
|--------------|-------------------------|--------------|-----------------------|----|----|----|----|--------|----------|
|              |                         |              | 1                     | 2  | 3  | 4  | 5  |        |          |
| 1            | 2                       | 3            | 4                     | 5  | 6  | 7  | 8  | 9      | 10       |
| <u>Двері</u> |                         |              |                       |    |    |    |    |        |          |
| Д-1          | ДСТУ Б<br>В.2.6-15:2011 | ДВДО21-10П   | 13                    | 9  | 9  | 9  | 9  | 50     |          |
| Д-2          | ДСТУ Б<br>В.2.6-15:2011 | ДВДО21-9П    | 13                    | 8  | 8  | 8  | 8  | 45     |          |
| Д-3          | ДСТУ Б<br>В.2.6-15:2011 | ДВД21-7      | 7                     | 7  | 7  | 7  | 7  | 35     |          |
| Д-4          | ДСТУ Б<br>В.2.6-15:2011 | ДВДГ21-15П   | 4                     | 2  | 2  | 2  | 2  | 9      |          |
| Д-5          | ДСТУ Б<br>В.2.6-15:2011 | ДНДГ21-15П   | 1                     | -  | -  | -  | -  |        |          |
| Д-6          | ДСТУ Б<br>В.2.6-15:2011 | ДНДГ21-10П   | 1                     | -  | -  | -  | -  |        |          |
| <u>Вікна</u> |                         |              |                       |    |    |    |    |        |          |
| ОК-1         | ДСТУ Б<br>В.2.6-15:2011 | ОДПЗР 18-18  | 21                    | 20 | 20 | 20 | 20 | 101    |          |

|                   |                         |                  |    |    |    |    |    |    |  |
|-------------------|-------------------------|------------------|----|----|----|----|----|----|--|
| ОК-2              | ДСТУ Б<br>В.2.6-15:2011 | ОДПЗР 25-18      | 3  | 2  | 2  | 2  | 2  | 11 |  |
| ОК-3              | ДСТУ Б<br>В.2.6-15:2011 | ОДПЗР 11-18      | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 6  |  |
| ОК-4              | ДСТУ Б<br>В.2.6-15:2011 | ОДПЗР 8-18       | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 5  |  |
| <u>Підвіконня</u> |                         |                  |    |    |    |    |    |    |  |
| ПД1               | ДСТУ Б<br>В.2.6-15:2011 | ПД-1-35x400x2000 | 21 | 20 | 20 | 20 | 20 |    |  |
| ПД2               | ДСТУ Б<br>В.2.6-15:2011 | ПД-1-35x400x2700 | 3  | 2  | 2  | 2  | 2  |    |  |
| ПД3               | ДСТУ Б<br>В.2.6-15:2011 | ПД-1-35x400x1300 | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  |    |  |
| ПД4               | ДСТУ Б<br>В.2.6-15:2011 | ПД-1-35x400x1000 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |    |  |

Таблиця 1.4 - Специфікація перемичок

| По<br>зи<br>ція | Позначення | Найменування | Кількість на поверх |    |    |    |    |            | Маса<br>1 од., т | Примітка |
|-----------------|------------|--------------|---------------------|----|----|----|----|------------|------------------|----------|
|                 |            |              | 1                   | 2  | 3  | 4  | 5  | Усь<br>ого |                  |          |
| 1               | 2          | 3            | 4                   | 5  | 6  | 7  | 8  | 9          | 10               | 11       |
| 1               |            | 9ПБ16-37     | 33                  | 19 | 19 | 19 | 19 | 109        | 0,088            |          |
| 2               |            | 8ПБ13-1      | 16                  | 9  | 9  | 9  | 9  | 52         | 0,052            |          |
| 3               |            | 9ПБ21-8      | 90                  | 84 | 84 | 84 | 84 | 426        | 0,118            |          |
| 4               |            | 8ПБ19-3      | 3                   | 2  | 2  | 2  | 2  | 11         | 0,052            |          |
| 5               |            | 9ПБ25-3      | 21                  | 20 | 20 | 20 | 20 | 101        | 0,140            |          |
| 6               |            | 10ПП30-13    | 3                   | 2  | 2  | 2  | 2  | 11         | 0,772            |          |
| 7               |            | 9ПБ30-4      | 3                   | 2  | 2  | 2  | 2  | 11         | 0,170            |          |
| 8               |            | 8ПБ10-1      | 4                   | 4  | 4  | 4  | 4  | 20         | 0,028            |          |
| 9               |            | 9ПБ18-37     | 2                   | 1  | 1  | 1  | 1  | 6          | 0,108            |          |
| 10              |            | 8ПБ16-1      | 8                   | 4  | 4  | 4  | 4  | 40         | 0,042            |          |

### 1.4.3 Перекриття

Перекриття запроектоване у вигляді настилів із багатопустотних плит влаштовується із плит із круглими порожнечами товщиною 220мм, довжиною 2,4; 4,9м. Плити працюють тільки в поздовжньому напрямку, а отже, повинні спиратися на несучі кам'яні стіни, короткими сторонами на величину не менше 90 мм. Для посилення опорних перерізів передбачається зменшення розмірів порожнин з одного торця, з другого, що спирається на зовнішню.

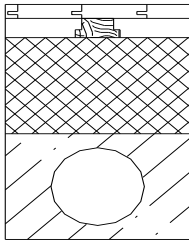
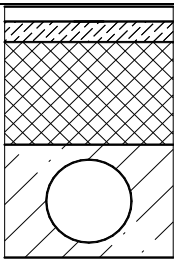
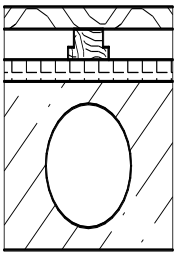
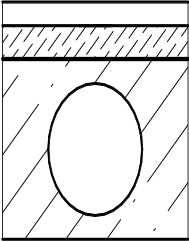
Спільна робота перекриттів забезпечується анкеруванням плит. Відстань між анкерами приймається трохи більше 3м (без розрахунку). Анкери виконуються з круглої сталі одиночними для зовнішніх стін та складовими для внутрішніх та повинні бути захищені від корозії шаром цементного розчину.

Специфікація збірних залізобетонних елементів представлена у таблиці 1.5  
Експлікація підлог представлена у таблиці 1.6

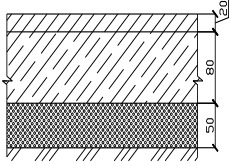
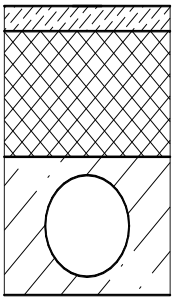
Таблиця 1.5 - Специфікація збірних залізобетонних елементів

| Позиція                             | Позначення            | Найменування        | Кількість | Маса<br>1 од. кг | Примітка |
|-------------------------------------|-----------------------|---------------------|-----------|------------------|----------|
| 1                                   | 2                     | 3                   | 4         | 5                | 6        |
| <u>Плити стрічкових фундаментів</u> |                       |                     |           |                  |          |
| ФО-1                                | ДСТУ Б В.2.6-109:2010 | ФО 6.12 – 1         | 101       | 517              |          |
| ФО-2                                | ДСТУ Б В.2.6-109:2010 | ФО 10.12 – 1        | 2         | 650              |          |
| ФО-3                                | ДСТУ Б В.2.6-109:2010 | ФО 10.24 – 2        | 63        | 1380             |          |
| <u>Блоки та стіни підвалу</u>       |                       |                     |           |                  |          |
| ФБС-1                               | ДСТУ Б В.2.6-108:2010 | ФБС 24.6.6 - Т      | 12        | 1400             |          |
| ФБС-2                               | ДСТУ Б В.2.6-108:2010 | ФБС 12.4.6 - Т      | 404       | 310              |          |
| ФБС-3                               | ДСТУ Б В.2.6-108:2010 | ФБС 12.6.6 - Т      | 588       | 460              |          |
| <u>Плити перекриття та покриття</u> |                       |                     |           |                  |          |
| П1                                  | ДСТУ Б В.2.6-53:2008  | ПК 48.15 - 8 Ат УТ  | 35        | 2250             |          |
| П2                                  | ДСТУ Б В.2.6-53:2008  | ПК 48.12 - 8 Ат 800 | 308       | 1700             |          |
| П3                                  | ДСТУ Б В.2.6-53:2008  | ПК 24.15 - 6Т       | 6         | 970              |          |
| П4                                  | ДСТУ Б В.2.6-53:2008  | ПК 24.12-8Т         | 180       | 860              |          |
| П5                                  | ДСТУ Б В.2.6-53:2008  | ПК 36.12-8Т         | 27        | 1280             |          |
| <u>Сходові марші та майданчики</u>  |                       |                     |           |                  |          |
| ЛМ1                                 | 1.251.1-4 ст.1        | ЛМ 42.13.18-5       | 8         | 1530             |          |
| ЛП1                                 | 1.251.1-4 ст.1        | ЛП 30.11            | 8         | 1100             |          |

Таблиця 1.6 - Експлікація підлог

| Найменування приміщення по проекту                      | Тип підлоги по проекту | Схема вузла чи номер вузла по серії   | Елементи підлоги та їх товщина   | Площа підлоги, м <sup>2</sup> |
|---|------------------------|---|--|-------------------------------|
| 1   | 2                      | 3   | 4  | 5                             |
| <b>Підлоги 1-го поверху</b>                             |                        |   |  |                               |
| Кабінети, архів   | Паркетний              |    | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дошка для покриття підлоги - 27мм</li> <li>2. Лага 80х40мм</li> <li>3. Стяжка з ц/п розчину М150 – 40мм</li> <li>4. Гідроізол -1 шар</li> <li>5. Плити газосилікатні - 100 мм</li> <li>6. 3/6 плита - 220мм</li> </ol> | 307,82                        |
| Санвузли, коридор                                       | Керамічна плитка       |   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Плитка керамічна на клейовому складі - 30 мм</li> <li>2. Цім.-пес.</li> <li>3. Плити газосилікатні - 100 мм</li> <li>4. Плита перекриття – 220 мм</li> </ol>   | 149,56                        |
| <b>Підлоги 2-го поверху</b>                             |                        |   |  |                               |
| Кабінети, архів, аптечна кімната, пультова, реєстратура | Паркетний              |  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дошка для покриття підлог – 27 мм</li> <li>2. Лага - 80х40мм</li> <li>3. Прокладка звукоізоляційна – 1 мм</li> <li>4. Плита перекриття – 220 мм</li> </ol>   | 1169,72                       |
| Сходові клітини   | Бетонний               |   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Бетон М200 - 25 мм</li> <li>2. Стяжка з цем.-песч. розчину М200 20 мм</li> <li>3. Плита перекриття – 220 мм</li> </ol>   | 24,82                         |
| Санвузли, коридор                                       | Керамічна плитка       |  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Плитка керамічна – 30 мм</li> <li>2. Цім.-піс. розчин М200 - 20мм</li> <li>3. Плита перекриття – 220 мм</li> </ol>   | 538,43                        |

Продовження таблиці 1.6

| 1      | 2        | 3   | 4   | 5      |
|--------|----------|---|---|--------|
| Підвал | Бетонний |  | Покриття із бетону класу С8/10 – 30 мм<br>Гідроізол на б. мастиці – 1 шар<br>Стяжка із бетону класу С8/10 – 20 мм<br>Щебінь – 50 мм<br>Грунт основи | 481,6  |
| Горище |          |  | 1.Цім-піщаний розчин - 40мм<br>2.Плити газосилікатні - 300мм<br>3.Пароізоляція – поліетиленова плівка<br>4. Залізнична плита – 220мм                | 536,26 |

#### 1.4.4 Дах

У даному проекті застосовано як плоский, так і похилий дахи. Похилий дах виконаний з металочерепиці, яка влаштовується по обрешітці. Обрешітка виконана з брусків розмірами 32x100 мм, які набиваються на кроквяні ноги з кроком 350 мм. Плоска покрівля являє собою два водоізоляційні килими влаштовані по цементно-піщаній стяжці.

#### 1.4.5 Покрівля

Покрівля – м'яка, рулонна, з двох шарів покрівельного матеріалу: К-ПХ-БЕ-5,0 РП1 та К-ПХ-ПП/ПП-4.0.

По плитах покриття укладається пароізоляція – полімерна плівка «Ютафол Н-Стандарт». У місцях примикання покриттів до стін пароізоляція піднімається на висоту не менше товщини теплоізоляційного шару.

По пароізоляції укладається теплоізоляційний шар - плити з пористого бетону гірофобізовані марки ПТЯ 350-1.0-600x400x100x1, товщина якого визначається на підставі теплотехнічного розрахунку відповідно до ДБН [18].

По шару утеплювача влаштовується вирівнююча стяжка з цементно-піщаного розчину із улаштуванням температурно-усадкових швів шириною не менше 5мм.

Організація водостоку зовнішня. Здійснюється водостічних труб з виведенням атмосферних опадів на вимощення.

Також частина покрівлі запроектована скатною з металочерепиці типу «Монтерей», яка влаштовується по дерев'яній решетці. Для провітрювання горища на даху передбачено слухові вікна.

На даній покрівлі також влаштовується зовнішнє водовідведення. Вода скочується в знижені ділянки покрівлі – розжолобки, де розташовуються водоприймальні жолоби, з яких вода підпадає у водостічні труби, а по них на вимощення.

#### **1.4.6 Перегородки**

Застосування цегляних перегородок уповільнює процес будівництва в порівнянні зі збірними, тому в будівлі перегородки виконані з пористого бетону, товщиною 100 мм. У сантехкабінах перегородки виконуються з керамічної цегли товщиною  $\frac{1}{2}$  цегли, з подальшим оздобленням керамічною глазурованою плиткою.

#### **1.4.7 Сходи**

ходові клітини виконуються із збірних залізничних елементів – маршів та сходових плит. Огородження металеві.

#### **1.4.8 Зовнішнє та внутрішнє оздоблення**

Для обробки приміщень використовуються такі матеріали:

- стеля: мелоклеєва побілка, вапняна побілка, в приміщеннях актового залу та обіднього залу частково підвісна стеля фірми «Armstrong»;
- стіни: водоемульсійне забарвлення, масляна фарба, керамічна плитка, мелоклеєва побілка, вапняна побілка;
- Покриття підлоги: керамічна плитка, дошки, бетон.

Дерев'яні елементи обробляються з наступним фарбуванням масляними або емалевими фарбами.

Карнизи, пояски, козирки головних входів у будівлю, вентшахти, монолітний пояс у закругленій частині штукатуряться цементно-піщаною штукатуркою і фарбуються акриловою фарбою в 2 шари по ґрунтовці.

Цоколь, бічні стінки ганків штукатуряться покращеною цементно-піщаною штукатуркою «під фактурний валик» і фарбуються кремнійорганічною фарбою в 2 шари по ґрунтовці. Поверхня приямків затирається і фарбується кремнійорганічною фарбою в 2 шари по ґрунтовці. Дверні блоки фарбуються масляними фарбами або емалями теплих тонів за 2 рази.

#### **1.4.9 Санітарно-технічне та інженерне обладнання**

До встановлення заплановано такі прилади:

- умивальники керамічні напівкруглі розмірами 450x450 мм із пляшковим сифоном;
- унітази керамічні з безпосередньо розташованим змивним бочком;

- раковини сталеві з двооборотним сифоном;
- Піддони душові чавунні.

Система внутрішнього водопроводу виконана із металопластикових труб діаметром 25 мм.

Відведення господарських стічних вод передбачається в запроектовану зовнішню каналізацію, яка запланована до прокладки через випуски діаметром 100мм.

Система опалення передбачається з автоматичним пуском тепла, однотрубна, вертикальна з біметалевими нагрівальними приладами та прокладкою магістральних трубопроводів у підвалі.

#### 1.4.10 Теплотехнічний розрахунок конструкції покриття

Основні дані:

Район будівництва – м. Ічня,

Призначення будівлі – громадська,

Вологий район - нормальний, Б,

Температура внутрішнього повітря +18°C.

Фізичні характеристики шарів покриття представлені у таблиці 1.7

Таблиця 1.7 - Фізичні характеристики шарів покриття

| Поз. | Найменування шарів                 | Товщин<br>а,<br>$\delta$ , м | Щільні<br>сть,<br>кг/м <sup>3</sup> | Коефіцієнт<br>теплопровідност<br>і $\lambda$ , Вт/м·°З | Коефіцієнт<br>теплосасвоєння<br>$S$ , Вт/м <sup>2</sup> ·°З |
|------|------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|--|---|
| 1    | Гідроізоляція                      | 0,0065                       | 1400                                | 0,27   | 6,80  |
| 2    | Цементно-піщана стяжка             | 0,030                        | 1800                                | 0,93   | 11,09   |
| 3    | Плити газосилікатні                | 300                          | 350                                 | 0,12   | 1,75  |
| 4    | Поліетиленова плівка, пароізоляція | 0,00016                      | 1200                                | 0,041  | 0,55  |
| 5    | Ж/Б плита завтовшки                | 0,22                         | 2400                                | 2,04   | 19,7  |

Теплотехнічний розрахунок покриття проводиться згідно з ДБН [18]

Під час передачі тепла відбувається падіння температури від  $t_B$  до  $t_H$ .  
Період температур складається з трьох перепадів:

$$t_B - t_B - R_B, \quad (1.1)$$

$$t_B - t_H - R, \quad (1.2)$$

$$t_H - t_H - R_H. \quad (1.3)$$

Кожен із цих перепадів обумовлений теплосприйняттям –  $R_B$ , термічним опором конструкції –  $R$ , опором тепловіддачі –  $R_H$ .

Загальний опір теплопередачі складається з:

$$R_0 = R_B + R_i + R_H; R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i} \quad (1.4)$$

Потрібно визначити опір теплопередачі та товщину теплоізоляційного шару поєднаного покриття технікуму для кліматичних умов м. Ічня.

1 Ж/Б плита завтовшки 220 мм.

2 Поліетиленова плівка, пароізоляція завтовшки 0,16 мм.

3 Плити газосилікатні 300 мм.

4 Цементно-піщана стяжка 30мм.

5 Гідроізоляційний шар – із двох шарів покрівельного матеріалу загальною товщиною 6,5мм.

Розрахункова температура внутрішнього повітря  $t_{вн}=18C$

Відносна вологість  $W = 50\%$ .

Вологісний режим приміщення згідно з табл. 4.2, ДБН [18] - нормальний, умови експлуатації огорожі-«б».

Розрахункове значення коефіцієнтів теплопровідності і теплосасвоєння  $S$  матеріалу визначається за табл. а1, ДБН [18].

Залізобетон  $\lambda=2,04$   $S=19,7$ ,

Газосилікат  $\lambda=0,11$   $S=1,75$ ,

Цементно-піщана розчин  $\lambda=0,93$   $S=11,09$ ,

Гідроізоляція  $\lambda=0,17$   $S=6,80$ .

Нормативний опір для суміщених покриттів згідно з табл. 10 дорівнює  $3.0$   $m^2 \cdot ^\circ C / Wt$ . Задамо товщиною теплоізоляційного шару 300 мм.

Знайдемо термічний опір окремих шарів конструкції:

-Плит покриття

$$R_1 = 0,22 / 2,04 = 0,11,$$

-теплоізоляційного шару

$$R_2 = 0,3/0,11 = 2,61,$$

-цементно-піщана стяжка

$$R_3 = 0,03/0,93=0,03,$$

-гідроізоляція

$$R_4 = 0,0065/0,27=0,02.$$

Визначимо опір теплопередачі  $R_T, \text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ :

$$R_T = 1/A_v + 1/A_n + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + \dots + \delta_n/\lambda_n, \quad (1.5)$$

де  $\delta_i$  - Товщина шару, м;

$\lambda$  - Коефіцієнт теплопровідності,  $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ ;

$A_v$  - Коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції;

$A_n$  - Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції для зимових умов;

$$R_T = 1/23 + 1/8,7 + 0,11 + 2,73 + 0,03 + 0,02 = 3,05 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

Термічними опорами пароізоляційного шару та захисного шару нехтуємо через незначну величину.

Опір теплопередачі  $R_T$  більше нормативного, що дорівнює  $3.0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ .  
Умови дотримуються.

Приймаємо товщину утеплювача 300мм.

## 2 Розрахунково-конструктивний розділ

### 2.1 Розрахунок міцності перерізу кроквяної системи

#### 2.1.1 Розрахунок кроквяної ноги

Перевірити двосхилі крокви під покрівлю з металочерепичних листів. Кут нахилу покрівлі до горизонту  $\alpha = 25^\circ$  ( $\cos \alpha = 0,906$ ;  $\sin \alpha = 0,423$ ). Відстань між осями кроквяних ніг  $1000\text{мм}$ . Довжина елемента  $l = 7,200\text{м}$ . Порода деревини – сосна. Клас умов експлуатації – 2, клас відповідальності будівлі – 1. Деревина – сосна 1-го гатунку.

Визначаємо навантаження, що припадає на 1 м.п. горизонтальної проекції кроквяної ноги. Навантаження на кроквяну ногу обчислюємо у табличній формі. Дані зведені до таблиці 2.1

Перетин кроквяних ніг прийнято  $b = 75 \times 175\text{мм}$ .

Таблиця 2.1 - Навантаження на 1 м.п. кроквяної ноги

| Найменування навантаження   | Нормативне навантаження, кН/м | Коефіцієнт надійності по навантаженню, $f_m$ | Розрахункове навантаження, кН/м |
|---|-------------------------------|--|---------------------------------|
| 1   | 2                             | 3  | 4                               |
| Металочерепиця, $\rho = 4,5$<br>кг/м <sup>2</sup><br>$\frac{4,5 \cdot 10 \cdot 1,0}{1000}$                                  | 0,0450                        | 1,05   | 0,0473                          |
| Обрешітка<br>$\frac{0,040 \cdot 0,1 \cdot 1,0 \cdot 500 \cdot 10}{1000 \cdot 0,35}$   | 0,0611                        | 1,1  | 0,0672                          |
| Контробрешітка<br>$\frac{0,025 \cdot 0,075 \cdot 1,0 \cdot 500 \cdot 10}{1000 \cdot 1,0}$                                   | 0,0100                        | 1,1  | 0,0110                          |
| Пароізоляція $\delta = 1\text{мм}$ ,<br>$\rho = 300$ кг/м <sup>3</sup><br>$\frac{0,001 \cdot 1,0 \cdot 300 \cdot 10}{1000}$ | 0,0030                        | 1,3  | 0,0039                          |
| Кроквяна нога<br>$\frac{0,175 \cdot 0,075 \cdot 500 \cdot 10}{1000}$  | 0,0701                        | 1,1  | 0,0772                          |
| Разом:  | $G_k = 0,1925$                |  | $G_d = 0,2101$                  |
| Снігове навантаження<br>$1,2 \cdot 1,0$   | $Q_k = 1,200$                 | 1,6  | $Q_d = 1,92$                    |
| Разом:  | $F_k = 1,39$                  |  | $F_d = 2,13$                    |

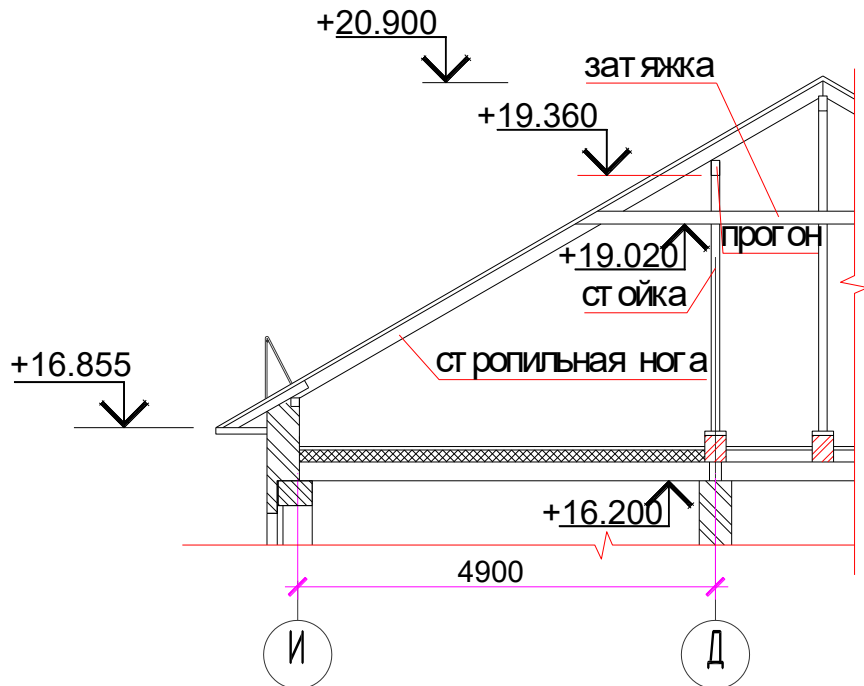


Рис. 2.1 – До розрахунку кроквяної системи

Кроквяну ногу розглядаємо як нерозрізну балку на трьох опорах, завантажену рівномірно розподіленим навантаженням. Розрахункова схема представлена рис. 2.2.

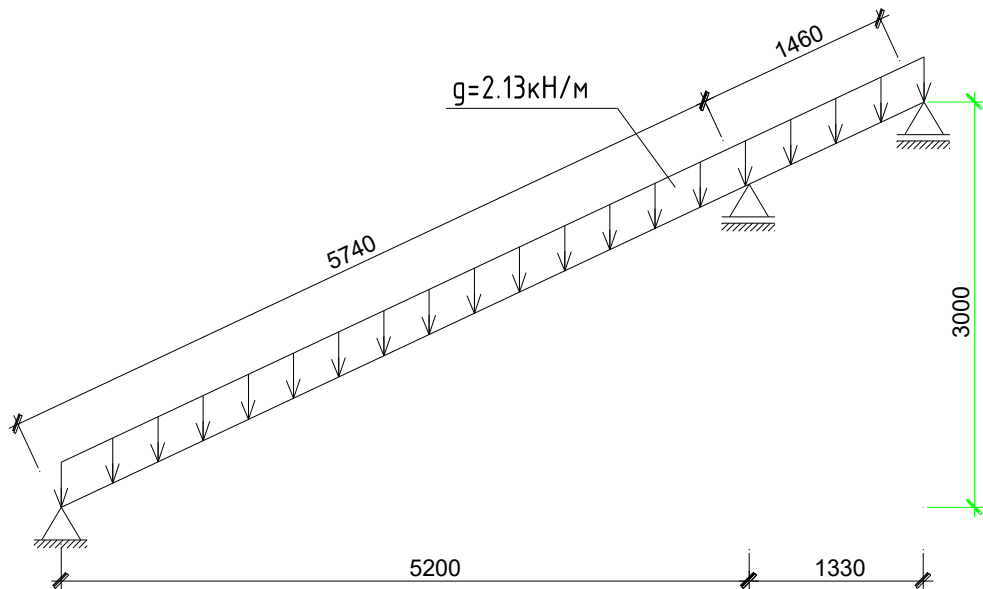


Рис. 2.2 – Розрахункова схема кроквяної ноги

Розрахунок проводимо за допомогою будівельної механіки шляхом сил зі складанням рівнянь 3-х моментів. Рівняння 3 - х моментів має вигляд:

$$M_0 \cdot l_1 + 2M_1 \cdot (l_1 + l_2) + M_2 \cdot l_2 = -6 \left( \frac{\omega_1 a_1}{l_1} + \frac{\omega_2 l_2}{l_2} \right); \quad (2.1)$$

Таким чином, отримуємо систему:

$$\begin{cases} 2M_1 \cdot (5,740 + 1460) = -6 \left( \frac{2,13 \cdot 5,740^3}{24} + \frac{2,13 \cdot 1,460^3}{24} \right); & (2.2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} 2 \cdot 7,200 \cdot M_1 = -6 \cdot 17,061; & (2.3) \\ M_2 = -7,21 \text{кН} \cdot \text{м} \end{cases}$$

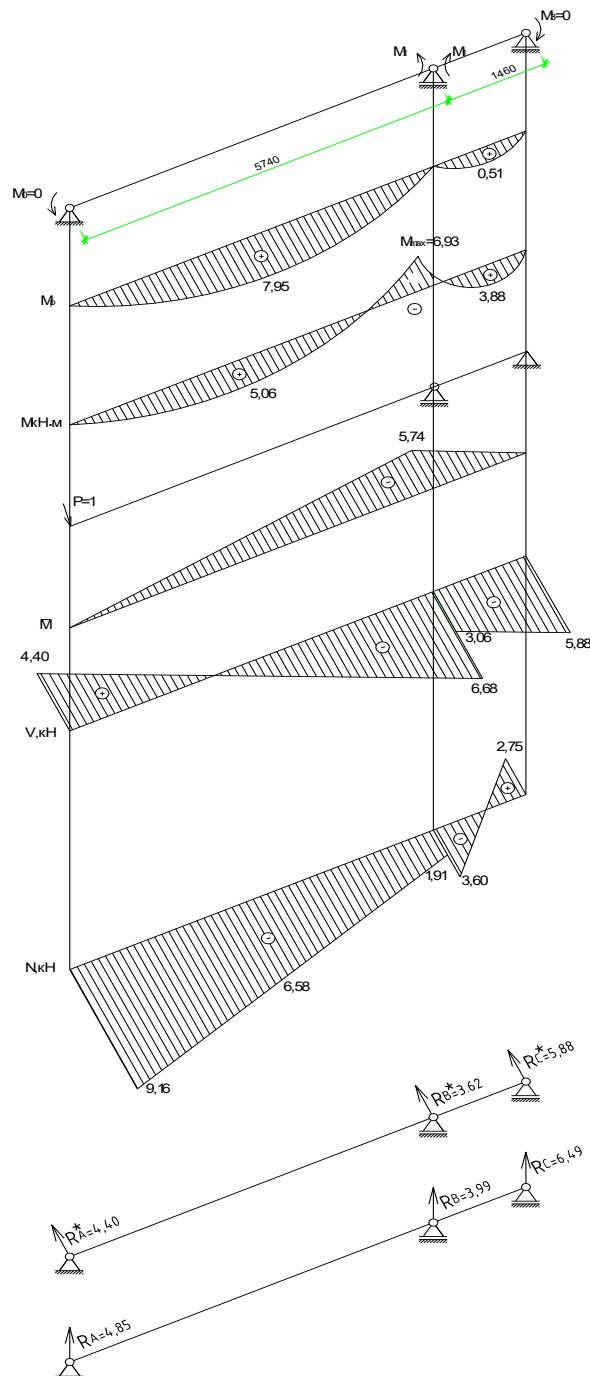


Рис. 2.3 – Результати розрахунку кроквяної ноги  
 Знаючи моменти, знаходимо значення поперечної сили  $V$ , кН, з урахуванням того, що рівномірно розподілене навантаження  $g = 2,13 \text{кН/м}$  враховуємо так:

$$g = 2,13 \cdot \cos \alpha = 2,13 \cdot 0,91 = 1,93 \text{кН} / \text{м};$$

$$V_{AB} = \frac{-6,53}{5,74} + 1,93 \cdot \left(\frac{5,74}{2} - z\right) \left| \begin{array}{l} 5,74 = -1,14 - 1,93 \cdot 2,87 = -6,68 \text{кН} \\ 0 = -1,12 + 1,93 \cdot 2,87 = 4,4 \text{кН} \end{array} \right. \quad (2.4)$$

$$V_{BC} = \frac{-6,53}{1,46} + 1,93 \cdot \left(\frac{1,46}{2} - z\right) \left| \begin{array}{l} 1,46 = -4,47 - 1,93 \cdot 0,73 = -5,88 \text{кН} \\ 0 = -4,41 + 1,93 \cdot 0,73 = -3,06 \text{кН} \end{array} \right. ; \quad (2.5)$$

Знаходимо значення прогонових моментів:

$$M_{AB}^{np} = 4,42 \cdot 2,29 - 1,93 \cdot \frac{2,29^2}{2} = 5,06 \text{кН} / \text{м} ; \quad (2.7)$$

$$M_{BC}^{np} = 5,88 \cdot 0,73 - 1,93 \cdot \frac{0,73^2}{2} = 3,88 \text{кН} / \text{м} ; \quad (2.8)$$

Кінематична перевірка:

$$\begin{aligned} \sum \frac{M \cdot \bar{M}}{EI} &= \frac{1}{EI} \left( \frac{1}{2} \cdot 6,53 \cdot 5,74 \cdot \frac{2}{3} \cdot 6,53 - \frac{1,93 \cdot 5,74^3}{12} \cdot 2,87 + \frac{1}{2} \cdot 5,74 \cdot 1,46 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,46 - \frac{1,93 \cdot 1,46^3}{12} \cdot 0,73 \right) = \\ &= \frac{1}{EI} (81,99 - 87,29 + 4,1 - 0,36) = \frac{1}{EI} (86,09 - 87,65) = -\frac{1,56}{EI} \end{aligned}$$

Знаходимо значення поздовжньої сили з допомогою будівельної механіки шляхом вирізання вузлів. Розрахункова схема визначення поздовжньої сили представлена рис. 2.4.

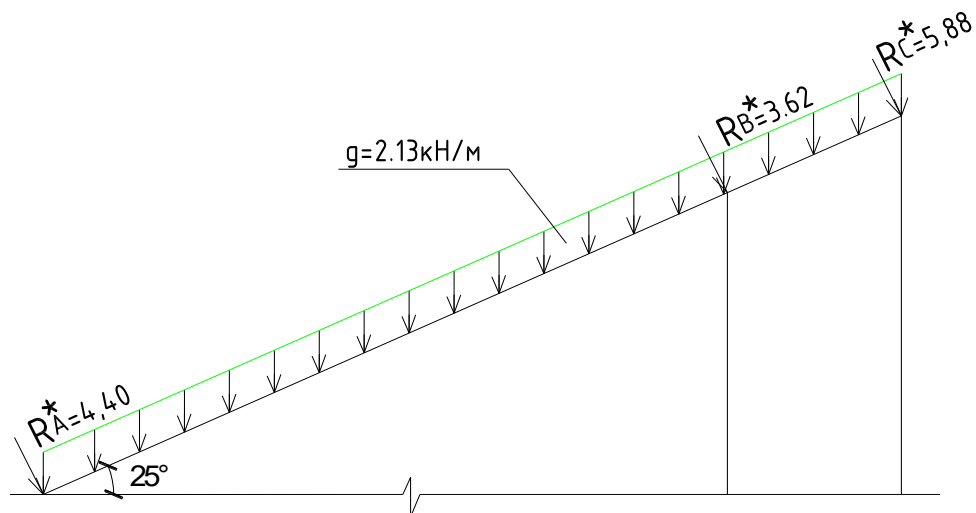
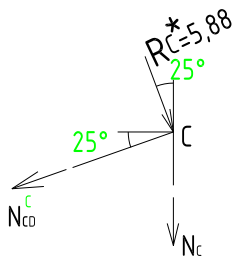


Рис. 2.4 – Розрахункова схема визначення поздовжньої сили

$$-N_C - 5,88 \cdot \cos 25^\circ - N_{BC}^C \cdot \sin 25^\circ = 0 ; N_C = -6,49 \text{кН} ;$$

$$N_{BC}^B = -2,74 - 2,13 \cdot \sin \cdot 1,46 = -3,60 \text{кН} .$$

$$(2.11)$$



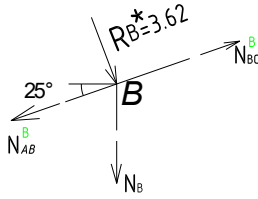
$$\sum X = 0 ;$$

$$-N_{BC}^C \cdot \cos 25^\circ + 5,88 \cdot \cos(90 - 25)^\circ = 0$$

$$; N_{BC}^C = 2,75 \text{кН} ;$$

$$\sum Y = 0 ;$$

$$(2.10)$$



$$\sum X = 0;$$

$$-N_{AB}^B \cdot \cos 25^\circ + 3.62 \cdot \sin 25^\circ + N_{BC}^B \cdot \cos 25^\circ = 0$$

$$N_{AB}^B = -1.91 \text{кН};$$

$$\sum Y = 0;$$

$$-N_B - 3.62 \cdot \cos 25^\circ - N_{AB}^B \cdot \sin 25^\circ + N_{BC}^B \cdot \sin 25^\circ = 0 \quad N_B = -3.99 \text{кН};$$

$$N_{AB}^A = -3.99 - 2.13 \cdot \sin 25^\circ \cdot 5.74 = -9.16 \text{кН}$$

Небезпечним перерізом кров'яної ноги є перетин у прольоті з моментом  $M = 5,06 \text{кНм}$ , згідно з розрахунком.

$M_{d,\max} = 2,06 \text{кН} \cdot m = 506 \text{кН} \cdot \text{см}$  - максимальний згинальний момент погодисно розрахунку.

$$N_{d,\max} = 6,58 \text{кН} - \text{максимальна поздовжня сила згідно з розрахунком.}$$

Геометричні характеристики перерізу:

$$A_d = b \cdot h = 17.5 \cdot 7.5 = 131.25 \text{см}^2 - \text{Площа перерізу};$$

$$W_d = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{7.5 \cdot 17.5^2}{6} = 382.81 \text{см}^3 - \text{момент опору перерізу};$$

$$I_{z,\text{sup}} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{7.5 \cdot 17.5^3}{12} = 3349.61 \text{см}^4 - \text{Момент інерції перерізу.}$$

Перевіримо переріз стисло-вигнутого елемента за формулою (2.16):

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{k_{m,c} \cdot f_{m,d}} \leq 1, \quad (2.16)$$

де  $\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A_{\text{inf}}}$  - Розрахункова напруга стиснення деревини;

$f_{c,0,d} = 14 \text{МПа}$  - розрахунковий опір стиску вздовж волокон (табл. 6.5, ДБН [10])

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W_d} - \text{Розрахункові напруження при згині};$$

$f_{m,d} = 14 \text{МПа}$  - Розрахунковий опір при згині, що визначається з урахуванням положень п. 6.1.4.1 та п. 6.1.4.4 ДБН [10].

$k_{m,c}$  - коефіцієнт, що враховує збільшення напружень при згині від дії поздовжньої сили, що визначається за формулою (2.17):

$$k_{m,c} = 1 - \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}}, \quad (2.17)$$

де  $\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A_{sup}}$  - розрахункова стискаюча напруга;

$k_c$  - Коефіцієнт поздовжнього вигину, що визначається за формулою (2.18):

$$k_c = \frac{\lambda_{rel}^2}{2 \cdot \lambda_z^2}, \quad (2.18)$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E_{0,nom}}{f_{c,0,d}}}$$

де  $E_{0,nom} = 300 \cdot f_{c,0,d}$

$$\lambda_z = \frac{l_d}{i_z}; \text{ тут } i_z = \sqrt{\frac{I_{z,sup}}{A_{sup}}} - \text{ радіус інерції перерізу елемента;}$$

$l_d = \mu_0 \cdot l$  - Розрахункова довжина елемента;

$\mu_0 = 1$  - при шарнірному закріпленні кінців стрижня (табл. 7.1, ДБН

[10]).

Таким чином:  $l_d = 1 \cdot 5,74 = 574,0 \text{ см}$ ,  $i_z = \sqrt{\frac{3349,61}{131,25}} = 5,052 \text{ см}$ ,

$$\lambda_z = \frac{574,0}{5,052} = 113,62 < \lambda_{max} = 150$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 300 \cdot f_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}} = 76,91; k_c = \frac{76,91^2}{2 \cdot 113,62^2} = 0,229;$$

$$f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,d} \cdot k_{mod} \cdot k_h}{\gamma_n} = \frac{14 \cdot 1,2 \cdot 1}{0,95} = 17,68 \text{ МПа} = 1,768 \text{ кН / см}^2,$$

де  $f_{c,0,d} = 14 \text{ МПа}$  - розрахунковий опір сосни стиску вздовж волокон;

$k_{mod} = 1,2$  - Коефіцієнт умов роботи для обліку класу умов експлуатації та класу тривалості навантаження;

$k_h = 1$  - Коефіцієнт, що враховує висоту перерізу, при  $h < 0,5 \text{ м}$ ;

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{6,58}{131,25} = 0,05 \text{ кН / см}^2; \sigma_{m,d} = \frac{506}{382,81} = 1,32 \text{ кН / см}^2;$$

$$k_{m,c} = 1 - \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} = 1 - \frac{0,05}{0,229 \cdot 1,768} = 0,877.$$

Перевіряємо умову (2.1.19):  $\frac{0,05}{1,768} + \frac{1,32}{0,877 \cdot 1,768} = 0,88 < 1$ , тобто прийнятний

переріз задовольняє умовам міцності.

Визначаємо прогин:

$$\frac{U_{\max}}{l} = \frac{5 \cdot F_k \cdot l_d^3 \cdot \gamma_n}{384 \cdot E_0 \cdot I_d \cdot k_{\text{mod}}} = \frac{5 \cdot 0,0139 \cdot 574^3 \cdot 0,95}{384 \cdot 1,2 \cdot 10^3 \cdot 3349,61 \cdot 1,2} = 0,0067 < [0,029];$$

де  $F_k = 1.39 \text{ кН/м} = 0,0139 \text{ кН/см}$  - повне нормативне навантаження, згідно з таблицею 2.1;

$E_0 = 10^4 \cdot k_{\text{mod}} = 10^4 \cdot 1,2 = 1,2 \cdot 10^4 \text{ МПа} = 1,2 \cdot 10^3 \text{ кН/см}^2$  - модуль пружності деревини вздовж волокон.

$$I_d = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{7,5 \cdot 17,5^3}{12} = 3349,61 \text{ см}^4 - \text{момент інерції прийнятого перерізу};$$

$[0,029]$ -граничний відносний прогин для  $l = 3.530 \text{ м}$ .

## 2.1.2 Підбір перерізу стійки

1) Підібрати переріз дерев'яної брущатої стійки із наступних даних: довжина стійки  $l = 2,400 \text{ м}$ ; закріплення кінців шарнірне. Крок стійок  $2,000 \text{ м}$ . Клас умов експлуатації – 2, клас відповідальності будівлі – 1. Деревина – сосна 1-го гатунку.

Навантаження на стійки передається від кровляних ніг через верхній прогін у вигляді зосереджених зусиль  $P$ .

Згідно з розрахунком наведеним вище при підрахунку поздовжньої сили, стискаюче зусилля  $N_d = 3,99 \text{ кН}$ .

Задаємося гнучкістю стійки  $\lambda = 90$  (Табл. 7.2 СНБ 5.05.01-2000 «Дерев'яні конструкції»). Відповідний цій гнучкості коефіцієнт  $k_c$  дорівнює:

$$k_c = \frac{\lambda_{\text{rel}}^2}{2 \cdot \lambda_z^2} = \frac{76,91^2}{2 \cdot 90^2} = 0,365, \text{ т.к. } \lambda_z = 90 > \lambda_{\text{rel}} = 76,91.$$

Для елементів із гнучкістю  $\lambda_y \geq 35$  слід перевірити на стійкість. Т.к. шарнірне закріплення, то  $\mu_0 = 1$  (Табл. 7.1, ДБН В.2.6-161:2017 «Дерев'яні конструкції»).

Знаходимо необхідний мінімальний радіус інерції (при  $\lambda_y = 90$ ):

$$i_z = \frac{l_d}{\lambda} = \frac{240}{90} = 2,67 \text{ см}; \text{ де } l_d = l \cdot \mu_0 = 240 \cdot 1 = 240 \text{ см}.$$

Необхідна площа поперечного перерізу стійки:

$$A_d = \frac{N_d}{k_c \cdot f_{c,0,d}} = \frac{3,99}{0,365 \cdot 1,768} = 6,18 \text{ см}^2;$$

$$\text{де } f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,d} \cdot k_{\text{mod}}}{\gamma_n} = \frac{14 \cdot 1,2}{0,95} = 17,68 \text{ МПа} = 1,768 \text{ кН/см}^2;$$

$f_{c,0,d} = 14 \text{ МПа} = 1,4 \text{ кН/см}^2$  - розрахунковий опір сосни стиску вздовж волокон (табл. 6.5 ДБН В.2.6-161:2017 «Дерев'яні конструкції»);

$k_{mod} = 1,2$  - Коефіцієнт умов роботи для обліку класу умов експлуатації та класу тривалості навантаження (табл. 6.4 ДБН В.2.6-161:2017 «Дерев'яні конструкції»);

$\gamma_n = 0,95$  - Коефіцієнт надійності за призначенням для 1-го класу відповідальності будівлі.

Тоді необхідна ширина перерізу бруса дорівнює:

$$b_{mp} = \sqrt{A_d} = \sqrt{6,18} = 2,49 \text{ см};$$

Відповідно до сортаменту пиломатеріалів приймаємо  $b = 7,5 \text{ см}$ .  
Необхідна висота перерізу стійки  $h = 7,5 \text{ см}$ .

Тоді площа прийнятого перерізу стійки:  $A_d = b \cdot h = 7,5 \cdot 7,5 = 56,25 \text{ см}^2$ ;

$$\text{Знаходимо радіус інерції: } i_z = \sqrt{\frac{I_{z,\text{sup}}}{A_{\text{sup}}}} = \sqrt{\frac{263,67}{56,25}} = 2,17 \tilde{\text{н}};$$

$$I_{z,\text{sup}} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{7,5 \cdot 7,5^3}{12} = 263,67 \tilde{\text{н}}^4.$$

Тоді гнучкість стрижня прийнятого перерізу:

$$\lambda_z = \frac{l_d}{i_z} = \frac{240}{2,17} = 110,59 < \lambda_{\text{max}} = 150 \text{ (Табл. 7.2 ДБН В.2.6-161:2017 «Дерев'яні$$

конструкції»).

Коефіцієнт поздовжнього вигину:

$$k_c = \frac{\lambda_{\text{rel}}^2}{2 \cdot \lambda_z^2} = \frac{76,91^2}{2 \cdot 110,59^2} = 0,241, \text{ т.к. } \lambda_z = 110,59 > \lambda_{\text{rel}} = 76,91.$$

$$\text{де } \lambda_{\text{rel}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E_{0,\text{nom}}}{f_{c,0,d}}} = 76,91;$$

$E_{0,\text{nom}} = 300 \cdot f_{c,0,d}$  - згідно з формулою (6.1) ДБН В.2.6-161:2017 «Дерев'яні конструкції».

Напруження стиску:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A_d} = \frac{3,99}{56,25} = 0,07 \text{ кН / см}^2 = 0,7 \text{ МПа} < k_c \cdot f_{c,0,d} = 0,241 \cdot 17,68 = 4,3 \text{ МПа};$$

Напруження в перерізі менші за граничні допустимі.

$$\text{де } f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,d} \cdot k_{mod}}{\gamma_n} = \frac{14 \cdot 1,2}{0,95} = 17,68 \text{ МПа} = 1,768 \text{ кН / см}^2;$$

$f_{c,0,d} = 14 \text{ МПа} = 1,4 \text{ кН / см}^2$  - розрахунковий опір сосни стиску вздовж волокон (табл. 6.5 ДБН В.2.6-161:2017 «Дерев'яні конструкції»);

$k_{mod} = 1,2$  - Коефіцієнт умов роботи для обліку класу умов експлуатації та класу тривалості навантаження (табл. 6.4 ДБН В.2.6-161:2017 «Дерев'яні конструкції»);

$\gamma_n = 0,95$  - Коефіцієнт надійності за призначенням для 1-го класу відповідальності будівлі.

2) Підібрати переріз дерев'яної брущатої стійки.

Вихідні дані: довжина стійки  $l = 3,000\text{м.}$ ; закріплення кінців шарнірне. Крок стійок  $1,000\text{ м.}$  Клас умов експлуатації – 2, клас відповідальності будівлі – 1. Деревина – сосна 1-го гатунку.

Навантаження на стійки передається від кроквяних ніг через верхній прогін у вигляді зосереджених зусиль  $P$ .

Згідно з розрахунком наведеним вище при підрахунку поздовжньої сили, стискаюче зусилля  $N_d = 6,49\text{кН}$  Так як в даному перерізі на стійку спираються дві кроквяні ноги, то розрахункове навантаження  $N_d = 2 \cdot 6,49 = 12,98\text{кН}$ .

Задаємося гнучкістю стійки  $\lambda = 90$ . Відповідний цій гнучкості коефіцієнт  $k_c$  дорівнює:

$$k_c = \frac{\lambda_{rel}^2}{2 \cdot \lambda_z^2} = \frac{76,91^2}{2 \cdot 90^2} = 0,365, \text{ т.к. } \lambda_z = 90 > \lambda_{rel} = 76,91.$$

Для елементів із гнучкістю  $\lambda_y \geq 35$  слід перевірити на стійкість. Т.к. шарнірне закріплення, то  $\mu_0 = 1$  (Табл. 7.1 ДБН В.2.6-161:2017 «Дерев'яні конструкції»).

Знаходимо необхідний мінімальний радіус інерції (при  $\lambda_y = 90$ ):

$$i_z = \frac{l_d}{\lambda} = \frac{300}{90} = 3,33\text{см}; \text{ де } l_d = l \cdot \mu_0 = 300 \cdot 1 = 300\text{см}.$$

Необхідна площа поперечного перерізу стійки:

$$A_d = \frac{N_d}{k_c \cdot f_{c,0,d}} = \frac{12,98}{0,365 \cdot 1,768} = 20,12\text{см}^2;$$

$$\text{де } f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,d} \cdot k_{mod}}{\gamma_n} = \frac{14 \cdot 1,2}{0,95} = 17,68\text{МПа} = 1,768\text{кН / см}^2;$$

$f_{c,0,d} = 14\text{МПа} = 1,4\text{кН / см}^2$  - розрахунковий опір сосни стиску вздовж волокон (табл. 6.5 ДБН В.2.6-161:2017 «Дерев'яні конструкції»);

$k_{mod} = 1,2$  - Коефіцієнт умов роботи для обліку класу умов експлуатації та класу тривалості навантаження (табл. 6.4 ДБН В.2.6-161:2017 «Дерев'яні конструкції»);

$\gamma_n = 0,95$  - Коефіцієнт надійності за призначенням для 1-го класу відповідальності будівлі.

Тоді необхідна ширина перерізу бруса дорівнює:  
 $b_{mp} = \sqrt{A_d} = \sqrt{20,12} = 4,49\text{см};$

Відповідно до сортаменту пиломатеріалів приймаємо  $b = 7,5\text{см}$ .  
 Необхідна висота перерізу стійки  $= 7,5\text{см}$ .

Тоді площа прийнятого перерізу стійки:  $A_d = b \cdot b = 7,5 \cdot 7,5 = 56,25\text{см}^2;$

Знаходимо радіус інерції:

$$i_z = \sqrt{\frac{I_{z,\text{sup}}}{A_{\text{sup}}}} = \sqrt{\frac{263,67}{56,25}} = 2,17\tilde{\text{н}}\text{і} ; I_{z,\text{sup}} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{7,5 \cdot 7,5^3}{12} = 263,67\tilde{\text{н}}\text{і}^4.$$

Тоді гнучкість стрижня прийнятого перерізу:

$$\lambda_z = \frac{l_d}{i_z} = \frac{300}{2,17} = 138,25 < \lambda_{\text{max}} = 150 \text{ (Табл. 7.2 ДБН В.2.6-161:2017 «Дерев'яні$$

конструкції»).

$$\text{Коефіцієнт поздовжнього вигину: } k_c = \frac{\lambda_{\text{rel}}^2}{2 \cdot \lambda_z^2} = \frac{76,91^2}{2 \cdot 138,25^2} = 0,15, \text{ т.к.}$$

$$\lambda_z = 138,25 > \lambda_{\text{rel}} = 76,91,$$

$$\text{де } \lambda_{\text{rel}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E_{0,\text{nom}}}{f_{c,0,d}}} = 76,91;$$

$$E_{0,\text{nom}} = 300 \cdot f_{c,0,d} - \text{згідно з формулою (6.1) ДБН В.2.6-161:2017}$$

«Дерев'яні конструкції».

Напруження стиску:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A_d} = \frac{12,98}{56,25} = 0,23\text{кН} / \text{см}^2 = 2,3\text{МПа} < k_c \cdot f_{c,0,d} = 0,15 \cdot 17,68 = 2,65\text{МПа} ;$$

Напруження в перерізі менші за гранично допустимі.

$$\text{де } f_{c,0,d} = \frac{f_{c,0,d} \cdot k_{\text{mod}}}{\gamma_n} = \frac{14 \cdot 1,2}{0,95} = 17,68\text{МПа} = 1,768\text{кН} / \text{см}^2 ;$$

$f_{c,0,d} = 14\text{МПа} = 1,4\text{кН} / \text{см}^2$  - розрахунковий опір сосни стиску вздовж волокон (табл. 6.5 ДБН В.2.6-161:2017 «Дерев'яні конструкції»);

$k_{\text{mod}} = 1,2$  - Коефіцієнт умов роботи для обліку класу умов експлуатації та класу тривалості навантаження (табл. 6.4 ДБН В.2.6-161:2017 «Дерев'яні конструкції»);

$\gamma_n = 0,95$  - Коефіцієнт надійності за призначенням для 1-го класу відповідальності будівлі.

## 2.2 Розрахунок монолітної ділянки

Потрібно розрахувати монолітну ділянку розташовану на перекритті над підвалом житлового будинку за наступних даних: МД-1, що має номінальну довжину  $L_{пл}=4,65\text{м}$ , ширину  $b=1,11\text{м}$ , висоту  $h=0,22\text{м}$ . Розрахунок нормативного та розрахункового навантаження в таблиці 2.2

### 2.2.1 Визначення навантаження

Таблиця 2.2 - Нормативні та розрахункові навантаження на 1 м<sup>2</sup> перекриття

| Найменування навантаження   | Нормативне навантаження, кН/м <sup>2</sup> | Коефіцієнт надійності по навантаженню, $\gamma_f$ | Розрахункове навантаження, кН/м <sup>2</sup> |
|---|--|---|--|
| 1   | 2  | 3   | 4  |
| <b>Постійна:</b>  |  |   |  |
| Покриття – дощата підлога,<br>$t=0,027\text{м}$ , $\rho=500\text{кг/м}^3$ | 0,135                                      | 1,35  | 0,182  |
| Лага дерев'яна 0,08 х 0,04<br>$t=0,040\text{м}$ , $\rho=500\text{кг/м}^3$ | 0,036                                      | 1,35  | 0,049  |
| Толь під лагу 0,1 х 0,005<br>$t=0,005\text{м}$ , $\rho=1000\text{кг/м}^3$ | 0,001                                      | 1,35  | 0,001  |
| Цементно-піщана стяжка, $t=0,03\text{м}$ ,<br>$\rho=1800\text{кг/м}^3$    | 0,54                                       | 1,35  | 0,729  |
| Плити газосилікатні<br>$t=0,1\text{м}$ , $\rho=350\text{кг/м}^3$          | 0,35                                       | 1,35  | 0,473  |
| Пароізоляція – плівка, $t=0,001\text{м}$ ,<br>$\rho=600\text{кг/м}^3$     | 0,006                                      | 1,35  | 0,008  |
| Монолітна ділянка РОЗУМ-1,<br>$t=0,22\text{м}$ , $\rho=2500\text{кг/м}^3$ | 5,5  | 1,35  | 7,425  |
| Разом постійна, g   | 6,568                                      |   | 8,867  |
| Тимчасова, в т.ч.   | 2  | 1,5   | 3  |
| - короткочасна, q   | 1,6  | 1,5   | 2,4  |
| - тривала, q  | 0,4  | 1,5   | 0,6  |
| Разом повна, f  | 8,568                                      |   | 11,867                                       |

Розрахункове навантаження на 1 м.п. при ширині монолітної ділянки  $b = 0,61\text{м}$  з урахуванням коефіцієнта надійності за призначенням будівлі  $\gamma_n = 0,95$ :

- постійна:  $G_d = g_d \cdot b \cdot \gamma_n = 8,867 \cdot 1,11 \cdot 0,95 = 9,35\text{кН/м}$ ;
- короткочасна:  $Q_d = q_d \cdot b \cdot \gamma_n = 2,4 \cdot 1,11 \cdot 0,95 = 2,53\text{кН/м}$ ;

- тривала:  $Q_d = q_d \cdot B \cdot \gamma_n = 0,6 \cdot 1,11 \cdot 0,95 = 0,63 \text{ кН/м}$ ;
- повна:  $F_d = f_d \cdot B \cdot \gamma_n = 11,867 \cdot 1,11 \cdot 0,95 = 12,51 \text{ кН/м}$ ;

Нормативне навантаження на 1м:

- постійна:  $G_k = g_k \cdot B \cdot \gamma_n = 6,568 \cdot 1,11 \cdot 0,95 = 6,93 \text{ кН/м}$ ;
- короткочасна:  $Q_k = q_k \cdot B \cdot \gamma_n = 1,6 \cdot 1,11 \cdot 0,95 = 1,69 \text{ кН/м}$ ;
- тривала:  $Q_k = q_k \cdot B \cdot \gamma_n = 0,4 \cdot 1,11 \cdot 0,95 = 0,42 \text{ кН/м}$ ;
- Повна:  $F_k = f_k \cdot B \cdot \gamma_n = 8,568 \cdot 1,11 \cdot 0,95 = 9,03 \text{ кН/м}$ ;

УМ-1

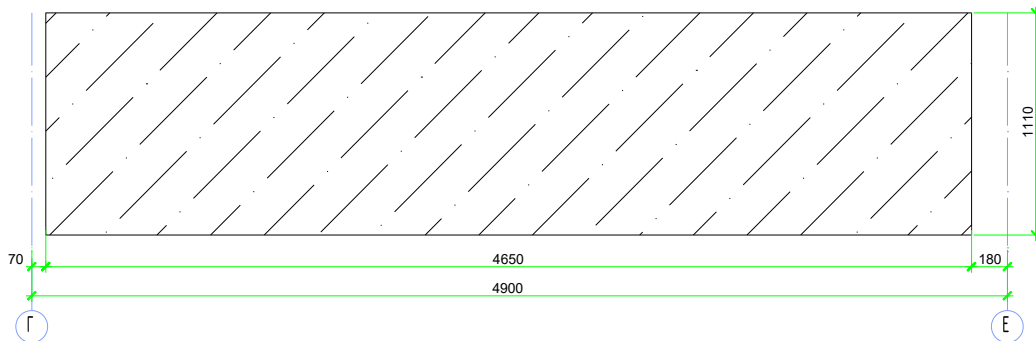


Рис. 2.5 – Загальний вигляд монолітної ділянки

### 2.2.2 Визначення розрахункового прольоту монолітної ділянки

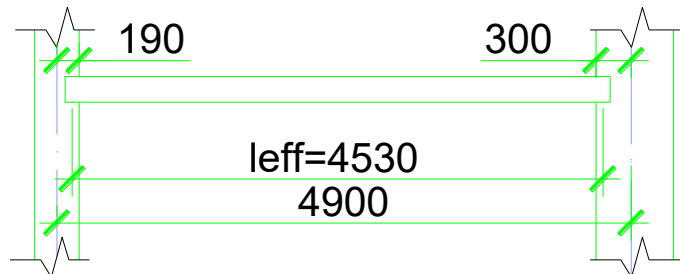


Рис. 2.6 – До визначення розрахункового прольоту монолітної ділянки

Розрахунковий проліт плити дорівнює:

$$l_{eff} = 4650 - \frac{120}{2} - \frac{120}{2} = 4530 \text{ мм.}$$

### 2.2.3 Зусилля від розрахункових та нормативних навантажень

Розрахунковий згинальний момент та поперечне зусилля від дії повного навантаження:

$$M_{sd} = \frac{F_d \cdot l_{eff}^2}{8}, \quad (2.19)$$

$$V_{sd} = \frac{F_d \cdot l_{eff}}{2}, \quad (2.20)$$

$$M_{sd} = \frac{12,51 \cdot 4,53^2}{8} = 32,09 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$V_{sd} = \frac{12,51 \cdot 4,53}{2} = 28,34 \text{ кН};$$

Від нормативного повного навантаження:

$$M_{sk} = \frac{9,03 \cdot 4,53^2}{8} = 23,16 \text{ кН}\cdot\text{м};$$

$$V_{sk} = \frac{9,03 \cdot 4,53}{2} = 20,45 \text{ кН};$$

## 2.2.4 Встановлення розмірів поперечного перерізу монолітної ділянки

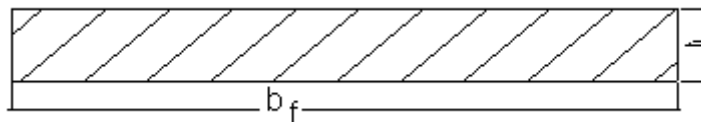


Рис. 2.7 – Розрахунковий переріз монолітної ділянки МД-1

Обчислюємо розміри еквівалентного перерізу.

Еквівалентним перерізом монолітної ділянки МД-1 є прямокутний переріз з розмірами  $b_f = 462 \text{ см}$ ,  $h_f = 220 \text{ мм}$ .

Приймаємо арматуру діаметром 12 мм.

Робоча висота перерізу:

$$d = h - (c + 0,5\varnothing), \quad (2.21)$$

де  $h$  – висота панелі,  $h = 220 \text{ мм}$ ;

$c$  - Товщина захисного шару, мм;

$$d = 220 - (40 + 0,5 \cdot 12) = 174 \text{ мм}.$$

## 2.2.5 Характеристики міцності бетону та арматури

Для монолітної ділянки застосовуємо бетон класу С16/20:

$f_{ck} = 16 \text{ МПа}$  - нормативний опір бетону осьового стиску;

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{16}{1,5} = 10,67 \text{ МПа} - \text{розрахунковий опір бетону на стиск};$$

$\gamma_c$  - Частковий коефіцієнт безпеки для бетону рівний 1,5;

$f_{ctk} = 2,5$  МПа - нормативний опір бетону осьового розтягування;

$f_{ctd} = \frac{2,5}{1,5} = 1,67$  МПа - розрахунковий опір бетону розтягуванню;

Коефіцієнт умов роботи бетону  $\alpha = 1$ .

Армування – каркаси з арматури класу А400, поперечна арматура – А240.

Для арматури А240:

$f_{yd} = 218$  МПа - розрахунковий опір ненапруженої арматури;

$f_{yk} = 240$  МПа - нормативний опір арматури, що не напружується.

Для арматури А400:

$f_{yd} = 365$  МПа - розрахунковий опір ненапруженої арматури;

$f_{yk} = 400$  МПа - нормативний опір арматури, що не напружується.

### 2.2.6 Розрахунок за міцністю нормальних перерізів

Попередньо перевіряємо висоту перерізу монолітної ділянки МД-1 з умови забезпечення міцності при дотриманні необхідної жорсткості за формулою:

$$h = \frac{l_{eff} \cdot f_{yd}}{E_s} \cdot \frac{\theta \cdot q_k + p_k}{f_k}; \quad (2.22)$$

де,  $\theta$  - Коефіцієнт збільшення прогинів при тривалій дії навантаження;

$q_k$  - тривале нормативне навантаження на 1м<sup>2</sup>;

$p_k$  - короткочасне навантаження на 1м<sup>2</sup>;

$f_k$  – сумарне нормативне навантаження;

$$h = \frac{453 \cdot 365}{2,1 \cdot 10^5} \cdot \frac{2 \cdot 1600 + 400}{2000} = 1,25 \text{ см} \approx 1 \text{ см};$$

Прийнята висота перерізу  $h_f = 22$  см є достатньою.

Обчислюємо за такою формулою:

$$\alpha_m = \frac{M_{sd}}{f_{cd} \cdot \alpha \cdot b_f \cdot d^2}; \quad (2.23)$$

$$\alpha_m = \frac{32,09 \cdot 10^5}{10,67 \cdot 1 \cdot 462 \cdot 17,4^2 \cdot 10^2} = 0,022;$$

На ходимо коефіцієнт  $\eta$ :

$$\eta = \frac{z}{d} = 0,5 + \sqrt{0,25 - \frac{\alpha_m}{c_0}};$$

де,  $c_0 = 1,947$ .

$$\eta = 0.5 + \sqrt{0.25 - \frac{0,022}{1,947}} = 0,988$$

Площа перерізу поздовжньої арматури:

$$A_{sd} = \frac{M_{sd}}{\eta \cdot d \cdot f_{yd}}; \quad (2.24)$$

$$A_{sd} = \frac{32,09 \cdot 10^5}{0,988 \cdot 17,4 \cdot 365 \cdot 10^2} = 5,11 \text{ см}^2;$$

приймаємо 5Ø12 А400 з  $A_{sd}=5,65 \text{ см}^2$ .

## 2.2.7 Розрахунок за міцністю похилих перерізів

Перевіряємо умову необхідності встановлення поперечної арматури для монолітної ділянки,  $V_{\max} = 28,34 \text{ кН}$ .

$$V_{Rd} \geq V_{sd}; \quad (2.25)$$

$$V_{Rd} = 2 \sqrt{\varphi_{c2}(1 + \varphi_f + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d^2 \cdot V_{sw}}; \quad (2.26)$$

$$V_{sw} = \frac{f_{ywd} \cdot A_{sw}}{S}; \quad (2.27)$$

$f_{ctd}$  – міцність бетону на розтяг;

$V_{sw}$  – мінімальне зусилля у поперечній арматурі;

$$V_{sw} = \frac{157 \cdot 10^{-3} \cdot 113}{300} = 0,059 \text{ кН};$$

$$V_{Rd} = 2 \sqrt{0,9 \cdot (1 + 0 + 0) \cdot 1,67 \cdot 1110 \cdot 174^2 \cdot 59} = 109181 \text{ Н} = 109,18 \text{ кН};$$

$$V_{Rd} = 109,18 \text{ кН} > V_{sd} = 28,34 \text{ кН};$$

Отже поперечну арматуру передбачаємо з конструктивних умов, маючи в своєму розпорядженні її з кроком 300мм.

Призначаємо поперечні стрижні діаметром 6мм класу А240С.

## 2.3 Розрахунок плити перекриття ПК 49-10

### 2.3.1. Збір навантаження на 1м2 перекриття

| Вид навантаження         | Розрахунок, Н/м <sup>2</sup> | Нормативне навантаження Н/м <sup>2</sup> | Коефіцієнт надійності щодо навантаження $\gamma_f$ | Розрахункове навантаження Н/м <sup>2</sup> |
|--------------------------|------------------------------|--|--|--|
| Постійні:<br>Лінолеум на | 0,005x15000                  | 75                                       | 1,2  | 90   |

|   |            |            |     |          |
|---|------------|------------|-----|----------|
| мастиці<br>$\delta=5$ мм<br>$\rho=1500$ кг/м <sup>3</sup>                         |            |            |     |          |
| Цементно –<br>піщана<br>стяжка<br>$\delta=25$ мм<br>$\rho=1800$ кг/м <sup>3</sup> | 0.025x1800 | 450        | 1,3 | 585      |
| Звукоізоляція<br>$\delta=50$ мм<br>$\rho=800$ кг/м <sup>3</sup>                   | 0,05x8000  | 400        | 1,3 | 520      |
| Перегородки   | За нормами | 500        | 1,1 | 550      |
| Власна вага<br>плити  |            | 3000       | 1,1 | 3300     |
| Всього<br>постійні  | -          | 4425       | -   | 5045     |
| Тимчасове   | За нормами | $v_n=1500$ | 1.3 | 1950     |
| Повне   |            | $q_n=5925$ | -   | $Q=6995$ |

### 2.3.2 Призначення марок вихідних матеріалів та їх розрахункові характеристики

Приймаємо для плити перекриття важкий бетон класу C16/20, для якого при  $\gamma_{c2}=0,9$

Розрахунковий опір стиску:

$$f_{cd}=0,9 \times 17 = 15,3 \text{ МПа}$$

Розрахунковий опір розтягу:

$$f_{ctd}=0,9 \times 1,2 = 1,08 \text{ МПа}$$

Поздовжня робоча арматура класу A400C для якої розрахунковий опір першої групи граничних станів

$$f_{yd}=365 \text{ Мпа при } \geq 10 \text{ мм}$$

Поперечна та монтажна арматура в зварних каркасах і сітках з арматурного дроту 4 Вр1 для якого

$$f_{ywd}=265 \text{ Мпа}$$

Маса плити 3000 кг.

### 2.3.3 Розрахункова схема та зусилля в перерізах плити перекриття на стадії експлуатації

Плита перекриття працює як балка з шарнірними опорами на дію рівномірного розподілених навантажень.

Розрахункове навантаження на 1 м довжини плити при її номінальній ширині 1,5м.

$$q = 6903 \times 1.5 = 8284 \text{ Н/м}$$

Розрахунковий проліт плити при глибині опирання на цегляну стіну  $\geq 15$  см.

$$l_0 = 1 - a_1/2 - a_2/2 = 6.30 - 0.30 = 6,0 \text{ м}$$

Загальний момент посередині прольоту

$$M = q l_0^2 / 8 = 8284 \times (5,88)^2 / 8 = 35800 \text{ Нм}$$

Поперечна сила в при опорному перерізі

$$Q = q l_0 / 2 = 8284 \times 6,0 / 2 = 24355 \text{ Н.}$$

### 2.3.4 Розрахунок міцності по нормальних перерізах на дію згинального моменту

Дійсний переріз порожнистої плити перекриття заміняємо на еквівалентний двотавровий.

Максимальний діаметр робочої арматури, яка може бути розміщено в ребрі між порожнинами - 16 мм з умови дотримання необхідної товщини захисного шару бетону. Тому робоча висота перерізу:

$$h_0 = h - c - 0,5d = 220 - 20 - 0,5 \times 16 = 192 \text{ мм}$$

Визначаємо коефіцієнт  $A_0$  в припущенні того, що нейтральна лінія буде перетинати полицю перерізу. Підставою для такого припущення в першому наближенні може слугувати порівняння площ полиці та ребра перерізу.

$$A_0 = M / f_{cd} b_f h_0^2 = 35800 / 15,3 \times 10^6 \times 1,16 \times (0,192)^2 = 0,054 < A_{0R}$$

$$\varphi = 0,06 \quad \eta = 0,97$$

Висота стиснутої зони перерізу

$$X = \varphi h_0 = 0,06 \times 19,2 = 1,152 \text{ см} < h_f = 3 \text{ см,}$$

що означає прийняте вище припущення вірне

Потрібна кількість робочої арматури для армування плити перекриття

$$A_s = M / f_{yd} h_0 \eta = 35800 / 365 \times 10^6 \times 0,192 \times 0,978 = 5,26 \text{ см}^2$$

По сортаменту арматури приймаємо 4Ø14A400C з площею перерізу  $S_A = 6,16 \text{ см}^2$

### 2.4.5 Короткі вказівки по конструюванню плити перекриття

Робочі стержні об'єднуємо в сітку з допомогою монтажних з арматурного дроту d4 Bp1, які встановлюємо з кроком 300 мм по довжині сітки.

Приопорні ділянки довжиною  $\geq 1/4 \geq 4,2/4 \geq 1,0$  м армується вертикальними каркасами з дроту d4Bp1, поперечні стержні в яких встановлюємо з кроком 100мм. Вертикальних каркасів - 4.

Монтажні петлі виконані з арматурної сталі d8 A240C та сконструйовані таким чином, щоб вони не виступали вище верхньої грані петлі перекриття, встановлюємо на відстані 70 см від торця плити.

В зоні розміщення монтажних петель встановлюється монтажна сітка з арматурної сталі d4 Bp1 для сприйняття монтажних напружень.

### 2.3.6 Перевірка міцності панелі перекриття по похилих перерізах

В відповідності з прийняттям поперечним армуванням маємо:  
 $S=100\text{мм}=0,1\text{ м}$   $A_{S\omega}=4\times 0,126=0,504\text{см}^2$   $f_{ctd}=1,08\text{ МПа}$   $f_{ywd}=265\text{ МПа}$

Поперечна сила, що сприймається бетоном стиснутої зони  
 $Q_{ul}=\varphi_{b3}(1+\varphi_f+\varphi_n)f_{ctd}bh_0=0,6\times 1,08\times 10^6\times 0,206\times 0,192=2563\text{ Н}>Q=24355\text{ Н}$ ,  
що означає, що розрахунок поперечної арматури не потрібен.

Розміщуємо її згідно з конструктивними вимогами.

### 2.3.7 Перевірка міцності монтажної петлі

В процесі підйому маса плити взята з коефіцієнтом динамічності 1.5 і передається на 4 монтажні петлі.

Зусилля, що приходиться на одну монтажну петлю в процесі підйому  
 $N=((0,22\times 6,0\times 1,2-3,14\times (0,159)^2/4\times 5,4\times 6)\times 25000\times 1,53)/3=9783\text{ Н}$

Потрібний діаметр арматурної сталі для монтажної петлі:  
 $A_S=N/f_{ywd}=9783/225\times 10^6=0,0000435\text{ м}^2=0,435\text{ см}^2$

Прийнято арматурну сталь d8 A240C.

### 2.3.8 Перевірка міцності плити на монтажні навантаження

В процесі підйому плита працює як двохопорна консольна балка на дію рівномірно – розподілених навантажень від своєї ваги.

Загальний момент в перерізах, де розташовані монтажні петлі в процесі підйому

$M=q l_0^2/2=((0,22\times 1\times 1,2-(3,14\times (0,159)^2/4)\times 1\times 6)\times 25000\times 1,5(0,6)^2)=979\text{ Нм}$

Переріз панелі в верхній зоні армований 10 d5 Вр-1, що складає  
 $A_S=1,26\text{ см}^2$ .

Згинальний момент, що в стані сприйняти така кількість арматури зі стиснутим бетоном нижньої зони перерізу

$M_S=f_{ywd}h_0A_S0,9=365\times 10^6\times 0,192\times 10^{-4}\times 0,9=7947\text{ Нм}$

Такі як  $M<M_S$ , то міцність панелі в процесі підйому забезпечена зі значним запасом міцності.

Армування допоміжними сітками, можна не виконувати.

Тоді верхня зона перерізу буде армована d4 Вр-1,  $A_S=0,5\text{ см}^2$ .

$M_S=365\times 10^6\times 0,192\times 0,5\times 10^{-4}\times 0,9=3153\text{ Нм}>979\text{ Нм}$

Міцність панелі перекриття в стадії монтажу забезпечена.

## 2.4 Розрахунок перемички

Несуча перемичка буде працювати як двохопорна балка на дію рівномірно розподілених навантажень від своєї маси, маси свіжо кладеної кладки, висотою не менше розміру пройми в світлості, а також навантажень, що передаються плитами перекриття. Ширина дверного прорізу -1,50 м.

Переріз перемички - 12x22 см.

### 2.4.1 Розрахункові характеристики матеріалів

Прийнято: бетон С16/20.

Робоча арматура –А400С.

Монтажна та поперечна - d4 Вр-I.

При  $\gamma_{c2}=0,9$ .

$f_{cd}=0.9 \times 11.5 = 10.35$  МПа.

$f_{ctd}=0.9 \times 0.9 = 0.81$  МПа.

$f_{yd}=365$  МПа.

$f_{ywd}=265$  МПа.

### 2.4.2 Збір навантажень на 1м пог.

| Вид навантаження               | Підрахунок навантажень Н\м | Нормативне навантаження Н\м | Коефіцієнт надійності | Розрахункове навантаження Н\м |
|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Власна вага                    |                            |                             |                       |                               |
| Вага кладки                    |                            |                             |                       |                               |
| Навантаження від плит          | 0,22x1,5x1x25000           | 1375                        | 1,1                   | 1513                          |
| перекриття з половини прольоту | 0,22x1,5x1x18000           | 5940                        | 1,1                   | 6534                          |
|                                | 6155x3                     | 18465                       | -                     | 6903x3=20709                  |
| Повне навантаження             | -                          | 25780                       | -                     | 28756                         |

### 2.4.3. Зусилля в перерізах елементу

$$M=q_1 l_0^2/8=28756 \times (1.65)^2/8=9786 \text{ Н\м}$$

$$Q= q_1 l_0^2/2=28756 \times 1.65/2=23724$$

За розрахунковий проліт прийнято відстань між центрами опорних частин.

При довжині опорної частини рівний 0,15 м.

### 2.4.4 Підбір робочої арматури

Коефіцієнт  $A_0$  при  $h_0=0,22-0,25= 0,195$

$$A_0=M/f_{cd}bh_0^2=9786/10.35 \times 10^6 \times 0,12 \times (0,195)^2=0,099 < A_{0R}$$

Коефіцієнт  $\eta=0,955$

Потрібна кількість робочої арматури

$$A_S=M/f_{yd}h_0\eta=9786/365 \times 10^6 \times 0,195 \times 0,955=0,000231 \text{ м}^2=1,44 \text{ см}^2$$

Прийнято 1Ø6 А400С з  $A_S=1,57 \text{ см}^2$ .

## 2.4.5 Розрахунок за похилими перерізами

Поперечна сила що приймається бетоном стиснутої зони при  $\varphi_{B3}=0,6$   
 $Q_{u1} = \varphi_{B3} f_{ctd} b h_0 = 0,6 \times 0,81 \times 10^6 \times 0,12 \times 0,195 = 23693 \text{ Н} < 23724 \text{ Н}$

Розрахунок поперечного армування необхідний.

Приймаємо армування в поперечному напрямку 2Ø4 Вр-1 з кроком 10 см на приопорних ділянках.

Основні розрахункові коефіцієнти.

$$\varphi_2 = 2 \quad \varphi_{B3} = 0,6 \quad \varphi_{B4} = 1,5 \quad \beta = 0,01 \quad \varphi_\gamma = 0 \quad \varphi_n = 0.$$

Зусилля що передається на поперечну арматуру

$$q = Q^2 / 4 \varphi_{B2} (1 + \varphi_f + \varphi_n) f_{ctd} b h_0 = 23724^2 / (4 \times 2 \times (1 + 0 + 0) \times 0,81 \times 10^6 \times 0,25 \times (0,195)^2) = 13972,6 \text{ Н/м}$$

Проекція розрахункового навкісного перерізу

$$C_0 = \sqrt{\varphi_{B2} (1 + \varphi_f + \varphi_n) f_{ctd} b h_0^2 / q_{S\omega}} = \sqrt{2 \times 1 \times 0,81 \times 10^6 \times 0,25 \times 0,195^2 / 13972,6} = 1,05 \text{ м} > 2h_0 = 2 \times 0,195 = 0,39 \text{ м}$$

Уточнене значення зусилля

$$q_{S\omega 1} = Q / 1h_0 = 23724 / 2 \times 0,195 = 32597,8 \text{ Н/м}$$

Необхідний крок поперечної арматури при двох поперечних стержнях в одному перерізі d4 Вр-1.

$$S = f_{ywd} n A_{S\omega} / q_{S\omega} = 265 \times 10^6 \times 2 \times 0,126 \times 10^{-4} / 32597,8 = 0,205 \text{ м}$$

Максимально допустимий крок поперечних стержнів при  $\varphi_{B1} = 1,5$ .

$$S_{\max} = \varphi_{B4} (1 + \varphi_f + \varphi_n) f_{ctd} b h_0^2 / a = 1,5 \times 1 \times 0,81 \times 10^6 \times 0,25 \times (0,195)^2 / 29338 = 0,394 \text{ м}$$

Зупиняємося на кроці поперечних стержнів, призначеному за конструктивними вимогами.

$$S = 1/2h = 1/2 \times 22 = 11 \text{ см (прийнято } S = 10 \text{ см)}$$

В крайніх четвертях прольоту.

$$\text{Коефіцієнт } \varphi_{B1} = \beta f_{cd} = 1 - 0,01 \times 10,35 = 0,8965$$

Відношення модулів пружності вихідних матеріалів (арматури та бетону).

$$\alpha = E_S / E_{cd} = 170000 / 24000 = 7,083$$

Коефіцієнт поперечного армування.

$$\mu_\omega = A_{S\omega} / bS = 2 \times 0,126 \times 10^4 / 0,25 \times 0,1 = 0,00101$$

Коефіцієнт, що враховує вплив поперечної арматури на міцність елемента.

$$\varphi_{\omega 1} = 1 + 5\alpha \mu_\omega = 1 + 5 \times 7,083 \times 0,00101 = 1,0358$$

Поперечна сила, яка приймається бетоном в похилій стиснутій смузі між тріщинами.

$$Q_{u2} = 0,3 \varphi_{\omega 1} \varphi_{B1} f_{cd} x b h_0 = 0,3 \times 1,0358 \times 0,8965 \times 10,35 \times 10^6 \times 0,25 \times 0,195 = 140560$$

$$N > Q = 29338,$$

що означає, що міцність бетону в похилій стиснутій смузі між тріщинами достатня.

Зусилля, що передається на поперечну арматуру для прийнятого його кроку.

$$q_{S\omega} = f_{ywd} A_{S\omega} / S = 265 \times 10^6 \times 2 \times 0,12 \times 10^{-4} / 0,1 = 66780 \text{ Н/м}$$

Проекція розрахункового навкісного перерізу.

$$C_0 = \varphi_{B2}(1 + \varphi_f + \varphi_n) f_{ctd} b h_0^2 / q_{S\omega} = 2 \times 1 \times 0,81 \times 10^6 \times 0,25 \times (0,195)^2 / 66780 = 0,48 \text{ м} \\ > 2h_0 = 0,39 \text{ м}$$

Поперечна сила, що приймається поперечного арматурою і бетоном стиснутої зони.

$$Q_{S\omega} + Q_B = 2qh = \varphi_{B2}(1 + \varphi_f + \varphi_n) f_{ctd} b h_0^2 / h_0 = 2 \times 66780 \times 0,195 + 2 \times 1 \times 0,81 \times 10^6 \times 0,12 - (0,195)^2 / 2 \times 0,195 = 26044 + 39487,5 = 65531,5 \text{ Н} > Q = 29338 \text{ Н}$$

Міцність навкісних перерізів на дію поперечної сили забезпечена.

## РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

### 3.2 Техніко-економічне порівняння монтажних кранів

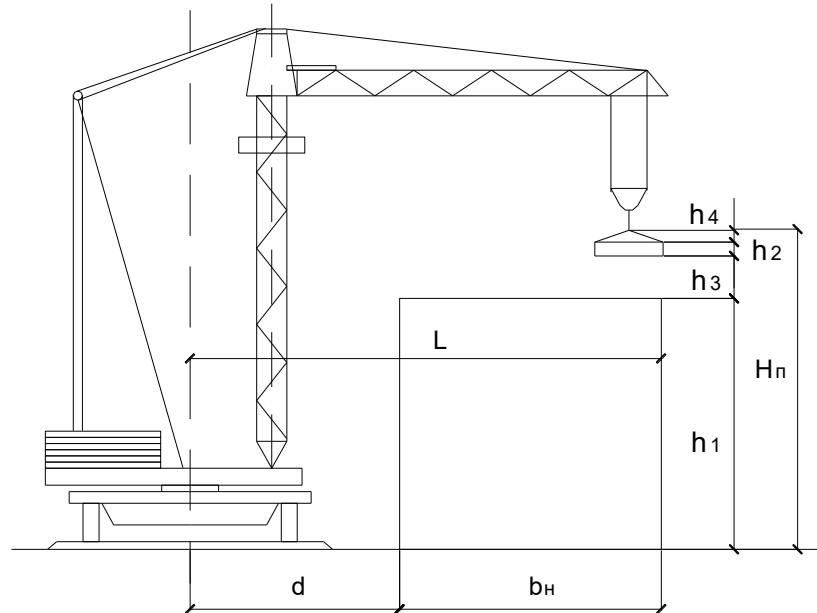


Рис. 3.1 – До розрахунку параметрів баштового крана

Розрахунок основних параметрів робимо для баштового крана з баштово-стріловим обладнанням.

1. Необхідна висота підйому:

$$H_n = h_1 + h_2 + h_3 + h_4, \text{ м}, \quad (3.3)$$

де  $h_1$  - висота будівлі, що монтується, від основи крана ( $h_1 = 20,1$  м);

$h_2$  - висота елемента, що монтується, або піднімається елемента (кроквяна нога)  $h_2 = 0,175$  м;

$h_3$  - відстань від верхньої позначки будівлі до низу вантажу (запас),  $h_3 = 1,0$  м;

$h_4$  - Висота вантажозахоплювального пристрою,  $h_4 = 3,6$  м;

$$H_n = 20,1 + 0,175 + 1,0 + 3,6 = 24,875 \text{ м}.$$

2. Виліт для обслуговування всієї будівлі

$$L = d + b_n, \quad (3.4)$$

де  $d$  - Відстань від осі обертання крана до будівлі,  $d = 4,25$  м;

$b_n$  - ширина будівлі,  $b_n = 20$  м.

$$L = 4,25 + 20 = 24,25 \text{ м}.$$

3. Необхідна вантажопідйомність:  $Q = k_m \cdot q$ , (3.5)

де  $q$  - маса найважчого елемента,  $q = 2,25$  т;

$k_m$  - Коефіцієнт, що враховує масу вантажозахоплювальних органів,  
 $k_m = 1,08$ .

$$Q = 1,08 \cdot 2,25 = 2,43 \text{ м.}$$

Цим параметрам задовольняє баштовий кран КБК-160.2.

|   |                |
|---|----------------|
| Довжина стріли, м                             | - 30;          |
| Вантажопідйомність, т при найбільшому вильоті | - 4,5;         |
| максимальна                                   | - 8,0;         |
| Виліт стріли, м найбільший                    | - 30;          |
| найменший                                     | - 5,5;         |
| Висота підйому, м                             | - 18,6 ... 57; |
| Ширина колії, м                               | - 6;           |
| Загальна вага крана, т                        | - 80;          |
| Потужність електродвигуна, кВт                | - 85,5;        |
| Номінальний вантажний момент, тс-м,           | - 112,5;       |
| Швидкість: підйому (опускання), м/хв          | - 20;          |
| повороту, об/хв                               | - 0,6;         |
| пересування крана, м/хв                       | - 19,7.        |

Техніко-економічне порівняння варіантів монтажних кранів наведено у таблиці 3.1

Таблиця 3.1 - Техніко-економічне порівняння варіантів

| Марка крана    | Інвентарна вартість, тис. грн. | Одноразові витрати, грн. | Річні витрати, грн. | Експлуатаційні витрати на машино-годину, грн. | ТГ   |
|----------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------|---|------|
| <b>КБ-402А</b> | 31                             | 2083                     | 16594               | 7,52  | 3345 |
| КБК-160.2      | 33                             | 2010                     | 15250               | 7,42  | 3345 |
| КБ-674А-0      | 47,7                           | 4905                     | 29543               | 7,81  | 3345 |

Визначасмо собівартість машино-години кранів:

$$C_{\text{маш.ч.}} = C_{\text{од}}/T_{\text{н}} + C_{\text{р}}/T_{\text{р}} + E_{\text{р.ч.}} \quad (3.7)$$

де  $C_{\text{од}}$  - одноразові витрати, грн.

$C_{\text{р}}$  - річні витрати, грн.

$T_{\text{н}}$ ,  $T_{\text{р}}$  – кількість годин роботи на об'єкті за нормами та у році.

$$C_{\text{маш.год.}}^1 = 31000/723 + 16594/3345 + 7,52 = 55,36 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{маш.год.}}^2 = 33000/723 + 15250/3345 + 7,42 = 53,15 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{маш.год.}}^3 = 47700/723 + 29543/3345 + 7,81 = 63,42 \text{ грн.}$$

Питомі капіталовкладення  $K_{\text{пит}}$ :

$$K_{\text{пит}} = (C_{\text{ін}} \cdot T_{\text{н}}) / T_{\text{р}} \quad (3.8)$$

де  $C_{\text{ін}}$  - інвентарно-розрахункова вартість, тис.грн.

$$K_{\text{уд}}^1 = (31 \cdot 723 \cdot 1000) / 3345 = 6700$$

$$K_{\text{уд}}^2 = (33 \cdot 723 \cdot 1000) / 3345 = 6950$$

$$K^3_{уд} = (47,7 \cdot 723 \cdot 1000) / 3345 = 10310$$

Питомі наведені витрати  $C_{НАВ}$ , грн.:

$$C_{НАВ} = (C_{МАШ.ГОД} + E_H \cdot K_{ПИТ}) \quad (3.9)$$

де  $E_H$  - нормативний коефіцієнт капітальних вкладень рівний 0,15.

$$C^1_{ПР} = (55,36 + 0,15 \cdot 6700) / 3528 = 0,3$$

$$C^2_P = 0,28$$

$$C^3_P = 0,56$$

Питома трудомісткість:

$$q_1 = (Q_P + Q_M + Q_{М.Д.} + Q_D) / V \quad (3.10)$$

де  $Q_P$  - витрати праці робітників

$Q_M$  - витрати праці машиніста

$Q_{М.Д.}$  - витрати на монтаж і демонтаж крана.

$Q_D$  - витрати на доставку крана.

$$q_1^1 = (3212,7 + 723,1 + 900 + 43) / 3345 = 1,46 \text{ (люд.год/т)}$$

$$q_1^2 = (3212,7 + 723,1 + 1200 + 43) / 3345 = 1,45 \text{ (люд.год/т)}$$

$$q_1^3 = (3212,7 + 723,1 + 1200 + 43) / 3345 = 1,55 \text{ (люд.год/т)}$$

Тривалість роботи (зайнятість машин)

$$T = T_{П} + T_{М.Д.}$$

(3.11)

де  $T_{П}$  - витрати машинного часу, год.

$T_{М.Д.}$  - тривалість монтажу та демонтажу, год.

$$T_1 = 723 + 150 = 873 \text{ год}$$

$$T_2 = 723 + 140 = 863 \text{ год}$$

$$T_3 = 723 + 200 = 923 \text{ год}$$

Отримані техніко-економічні показники зведемо до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Техніко-економічні показники

| Показник                            | Значення показників |           |           |
|-------------------------------------|---------------------|-----------|-----------|
|                                     | КБ-402А             | КБК-160.2 | КБ-674А-0 |
| Наведені питомі витрати, грн./т.    | 0,3                 | 0,28      | 0,56      |
| Питома трудомісткість, люд.-годч/т. | 1,46                | 1,45      | 1,55      |
| Тривалість роботи, год              | 873                 | 863       | 923       |

Таким чином, в результаті порівняння техніко-економічних показників вибраних варіантів кранів приходимо до висновку, що більш економічним є варіант 2 - кран КБК-160.2.

### 3.3 Технологічна карта на кам'яну кладку та монтаж збірних конструкцій

#### 3.3.1 Сфера застосування технологічної карти

Дана технологічна карта розроблена на кладку зовнішніх та внутрішніх стін із цегли керамічної із застосуванням вапняно-цементного розчину, монтаж плит перекриття, перемичок, прогонів, сходових маршів та майданчиків.

#### 3.3.2 Характеристики матеріалів, що застосовуються

При виконанні робіт з кладки стін із цегли керамічної та монтажу збірних залізобетонних конструкцій використовують такі матеріали:

- вапняно-цементний розчин: застосовується для кладки стін із цегли. Його склад високоміцний, морозостійкий, що зручно-укладається, зі стабільними характеристиками, відповідає вимогам ДБН. Основні технічні характеристики складу наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Основні технічні характеристики вапняно-цементного розчину

| № п/п | Найменування показників              | Значення |
|-------|--------------------------------------|----------|
| 1     | 2                                    | 3        |
| 1     | Рухливість                           | $P_k 2$  |
| 2     | Марка з адгезії, не менше            | $A0,7$   |
| 3     | Марка за міцністю на стиск, не менше | $M75$    |
| 4     | Марка по морозостійкості, не менше   | $F25$    |

-цегла керамічна: застосовується для кладки стін. Цегла повинна виготовлятися відповідно до вимог ДСТУ за технологічним регламентом, затвердженим у встановленому порядку;

-Блоки з пористого бетону: застосовується для кладки стін. Блоки повинні виготовлятися відповідно до вимог ДСТУ за технологічним регламентом, затвердженим у встановленому порядку;

-збірні залізобетонні плити перекриття, перемички, сходові марші та майданчики, що відповідають вимогам ДСТУ;

#### 3.3.3 Підрахунок обсягів робіт

Обсяги робіт визначаються табличним методом та подані в таблиці 3.4

Таблиця 3.4 - Підрахунок обсягів кам'яної кладки на типовий поверх

| Ось    | Довжина, м | Висота, м | Площа F <sub>бр</sub> , м <sup>2</sup> | Отвори    |           |                   |               |                            | Площа F <sub>шт</sub> , м <sup>2</sup> | Товщина стіни, м | Об'єм кладки V <sub>н</sub> , м <sup>3</sup> | Об'єм кладки V <sub>в</sub> , м <sup>3</sup> |
|--------|------------|-----------|--|-----------|-----------|-------------------|---------------|----------------------------|--|------------------|--|--|
|        |            |           |  | Ширина, м | Висота, м | S, м <sup>2</sup> | Кількість, шт | заг. площа, м <sup>2</sup> |  |                  |  |  |
| 1      | 2          | 3         | 4                                      | 5         | 6         | 7                 | 8             | 9                          | 10                                     | 11               | 12   | 13   |
| 1-1    | 20.79      | 3.3       | 68.607                                 | 1.79      | 1.79      | 3.204             | 1             | 17.095                     | 51.513                                 | 0.66             | 33.998                                       |  |
|        |            |           |  | 2.67      | 1.79      | 4.779             | 2             |                            |  |                  |  |  |
|        |            |           |  | 1.21      | 1.79      | 2.166             | 2             |                            |  |                  |  |  |
| 3-3    | 11.86      | 3.3       | 39.138                                 | 2.16      | 3.3       | 7.128             | 1             | 7.128                      | 32.010                                 | 0.66             | 21.127                                       |  |
| 13-13  | 4.1        | 3.3       | 13.530                                 | 0         | 0         | 0.000             | 0             | 0.000                      | 13.530                                 | 0.66             | 8.930  |  |
| 13-13  | 5.45       | 3.3       | 17.985                                 | 0         | 0         | 0.000             | 0             | 0.000                      | 10.002                                 | 0.38             |  | 3.801  |
| 14-14  | 11.74      | 3.3       | 54.681                                 | 1.79      | 1.79      | 7.983             | 1             | 7.983                      | 37.139                                 | 0.66             | 13.992                                       |  |
|        |            |           |  | 2.67      | 1.79      | 9.559             | 1             | 9.559                      |  |                  |  |  |
| A-A    | 44.92      | 3.3       | 148.236                                | 1.79      | 1.79      | 3.204             | 11            | 35.245                     | 112.991                                | 0.66             | 74.574                                       |  |
| B-B    | 37.6       | 3.3       | 124.080                                | 1.01      | 2.07      | 2.091             | 4             | 8.363                      | 109.424                                | 0.38             | 41.581                                       | 42.769                                       |
|        |            |           |  | 1.51      | 2.07      | 3.126             | 1             | 6.293                      |  |                  |  |  |
| Г-Г    | 39.2       | 3.3       | 129.360                                | 1.01      | 2.07      | 2.091             | 4             | 8.363                      | 117.872                                | 0.38             |  | 44.791                                       |
|        |            |           |  | 1.51      | 2.07      | 3.126             | 1             | 3.126                      |  |                  |  |  |
| Д-Д    | 5.3        | 3.3       | 17.490                                 |           |           |                   |               |                            | 17.490                                 | 0.66             | 11.543                                       |  |
| E-E    | 35.9       | 3.3       | 118.470                                | 1.79      | 1.79      | 3.204             | 8             | 25.633                     | 91208                                  | 0.66             | 60.197                                       |  |
|        |            |           |  | 0.91      | 1.79      | 1.629             | 1             | 1.629                      |  |                  |  |  |
| Усього |            |           |  |           |           |                   |               |                            |  |                  | 224.606                                      | 91.361                                       |

### 3.3.5 Організація та технологія виконання робіт

Організація робіт з кладки стін із цегли ведеться на підставі робочих креслень, вимог ДБН та справжньої технологічної карти.

До початку виконання робіт необхідно:

- інженерно-технічним працівникам визначити ділянку робіт, забезпечити ланку інструментами, пристроями та інвентарем;
- доставити на робоче місце необхідні матеріали та вироби;
- виконати розбивку осей стін та перегородок відповідно до розбивочного плану;
- встановити у зоні виконання робіт засоби підмашування у кількості, що забезпечує безперебійну роботу;
- забезпечити освітлення всього майданчика, проїздів та робочих місць;
- провести інструктаж ланки з техніки безпеки, видати йому проектну документацію та справжню технологічну карту.

Подачу цегли, сухої суміші здійснюють у контейнерах збірних залізобетонних виробів за допомогою стрілового самохідного крана.

Висота ярусу кладки, що зводиться з одного рівня, не повинна перевищувати 1,2м. Роботи з влаштування стін першого ярусу ведуть з плит перекриття, другого та наступних – із засобів підмашування, як яких використовують шарнірно-панельні підмостки. При неможливості

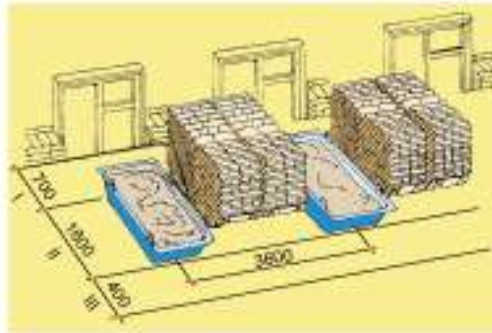
застосування риштування використовують інвентарні двовисотні столики («козлики»).

Запас матеріалів на підмостях роблять із розрахунку безперебійної роботи муляра протягом двох годин, розчин із сухих сумішей готується безпосередньо на робочому місці та подається перед початком кладки. Робоче місце муляра представлено рис. 3.2

Кладку стін виконують у наступній технологічній послідовності:

- установка порядовки та натягування причалки;
- подача та розкладка цегли;
- приготування складів із сухих сумішей;
- розстилання складу;
- кладка зовнішньої та внутрішньої версти з цегли;
- перестановка причалки;
- Розшивка швів;
- перевірка правильності кладки;
- перестановка засобів підмащування.

а)



б)



Рис. 3.2 – Робоче місце муляра

- а) організація робочого місця під час кладки глухих стін;
- б) організація робочого місця під час кладки віконних отворів

Табл. 3.5 – Операційна карта на влаштування цегляної кладки та монтажу збірних залізобетонних елементів

| Найменування операції   | Засоби технологічного забезпечення  | Виконавці                      | Опис операції   |
|---|---|--------------------------------|---|
| 1   | 2   | 3                              | 4   |
| Вивантаження цегли масою до 1,5 т   | Баштовий кран-КБк-160.2, стропи   | Такелажник 2р-2, машиніст 6р-1 | Переміщення крана та встановлення його в робоче положення. Зачіпка гру-за. Навантаження або вивантаження вантажу з підйомом або опусканням до 4 м і поворотом стріли крана. Укладання підкладок під конструкції та деталі. Відчиплення вантажу. Кріплення або розкріплення вантажу при необхідності. Подача сигналів машиністу крана. |
| Вивантаження перемичок масою до 0,5 т                                     |   | Такелажник 2р-2, машиніст 6р-1 |   |
| Вивантаження сходових маршів та майданчиків масою до 2,5 т                |   | Такелажник 2р-1, машиніст 6р-1 |   |
| Кладка цегляно-бетонних стін будівель завтовшки 660мм                     | Відрізна машинка, лопата розчинна, кельма, виска, рівень, рулетка, зубчаста тертка, молоток-кирочка, столик | Каменяр 5р-1, 3р-2             | Натягування причалки. Подача та розкладка цегли. Перелопачування, розстилання та розрівнювання розчину. Кладка стін з викладкою всіх ускладнень кладки, підбором, отеском і шпилькою цегли. Заповнення порожнин між цегляними стінами легким бетоном. Закладення балкових гнізд. Розшивка швів (при кладці із розшивкою).             |
| Кладка стін з кирпича керамічного ефективного потовщеного товщиною 380 мм | Відрізна машинка, лопата розчинна, кельма, виска, рівень, рулетка, зубчаста тертка, молоток-кирочка, столик | Каменяр 4р-1, 3р-1             | Натягування причалки. Подача та розкладка цегли. Перелопатування, розстилання і розрівнювання розчину. Кладка стін з викладкою всіх ускладнень кладки, підбором, шпилькою та отеском цегли. Заробка балкових гнізд. Розшивка швів (при кладці із розшивкою).  |

Продовження таблиці 3.5

| 1  | 2  | 3                                   | 4  |
|--|--|-------------------------------------|--|
| Приготування вапняно-цементного розчину                                    | Електродріль із насадкою, ємність для приготування розчину                 | Каменяр 2р-1                        | Дозування складових. Перемішування (гарцювання) піску або крихти із цементом. Приготування цементного пирска. Зачинення складових водою.   |
| Приготування цементного розчину  |  | Каменяр 2р-1                        | Дозування складових. Перемішування (гарцювання) піску або крихти із цементом. Приготування цементного пирска. Зачинення складових водою  |
| Подача цегли на робоче місце стріловим баштовим краном г/п до 25 т         | Баштовий кран -КБк-160.2, стропи, каски, рукавиці, запобіжні пояси, канати | Такелажник 2р-2, машиніст 6р-1      | Переміщення крана та встановлення його в робоче положення. Зачіпка гру-за. Підйом або опускання вантажу і поворот стріли крана. Встановлення вантажу робоче місце. Відчіплення вантажу або тари. Збір та причіплення порожньої тари. Повернення порожньої тари. Зміна траверс, стропів чи тари. подача сигналів машиністові крана. |
| Подача розчину на робоче місце стріляним краном баштовим г/п до 25 т       |  | Такелажник 2р-2, машиніст 6р-1      |  |
| Подача блоків із пористого бетону робоче місце баштовим краном г/п до 25 т |  | Такелажник 2р-2, машиніст 6р-1      |  |
| Укладання брусків перемичок масою до 0,5 т                                 | Баштовий кран -КБк-160.2, стропи, каски, рукавиці, запобіжні пояси, канати | Каменяр 4р-1, 3р-1, машиніст 6р-1   | Укладання за допомогою крана віконних та дверних перемичок на розчині. Вивіряння та виправлення положення. Заповнення стиків і швів розчином.  |
| Встановлення сходових маршів та майданчиків масою до 2,5 т                 |  | Монтажник 4р-1, 3р-2, машиніст 6р-1 | Влаштування ліжка з готового розчину. Установка сходових маршів або плит сходових майданчиків. Вивіряє, виправляє положення маршу або майданчика. Заливання швів розчином.   |
| Установка плит перекриття площею до 5м <sup>2</sup>                        |  | Монтажник 4р-1, 3р-2, машиніст 6р-1 | Приготування ліжка із розчину. Підйом та укладання плит. Вивіряє та виправляє положення плит.  |
| Установка плит перекриття площею до 10м <sup>2</sup>                       |  | Монтажник 4р-1, 3р-2, машиніст 6р-1 | Кріплення плит анкерами до стін (у цегляних  |

| Продовження таблиці 3.5   |  |                                  | будівлях) та між собою.   |
|---|--|----------------------------------|---|
| 1   | 2                                      | 3                                | 4   |
| Влаштування монолітних ділянок об'ємом до 0,5 м <sup>3</sup>    | Лопата розчинна, кельма, виска, рівень | Бетонник 4р-1, 3р-1              | Приймання бетонної суміші з бадді на бойок. Укладання бетонної суміші в конструкції вручну з перекидною з бойкою в конструкції. Ущільнення вібраторами або вручну. Загладжування відкритої поверхні бетону. |
| Влаштування монолітних ділянок об'ємом до 1 м <sup>3</sup>      |  | Бетонник 4р-1, 3р-1              |   |
| Антикорозійне покриття зварних з'єднань                         | вручну                                 | Монтажник 4р-1, 3р-1             | Приготування антикоррозійного складу. Очищення поверхні зварних швів. Нанесення антикоррозійного складу за 2р.  |
| Заливка швів плит перекриття                                    | Лопата розчинна, кельма                | Монтажник 4р-1, 3р-1             | Стропування плити. Переміщення плити. Установка та кріплення плити з вивірянням. Розстропування плити.  |
| Влаштування та розбирання інвентарних риштувань для кладки стін | вручну                                 | Машиніст 4р-1, тесляр 4р-1, 2р-2 | Установка на перекриття кожного поверху пакетів першого, а потім другого ярусів за допомогою крана.   |

Процес монтажу плит перекриття представлений рис. 3.3



Рис. 3.3 – Монтаж плит перекриття

### 3.3.6 Потреба у матеріально-технічних ресурсах

Відомість потреби у матеріалах, виробах та конструкціях при кладці стін з цегли керамічної та блоків із пористого бетону наведена у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Відомість потреби в матеріально-технічних ресурсах при кладці стін з цегли керамічної та блоків з пористого бетону

| № п/п | Найменування матеріалу, виробу                  | Найменування та позначення нормативно-технічного документа | Одиниця виміру       | Кількість |
|-------|---|--|----------------------|-----------|
| 1     | 2   | 3  | 4                    | 5         |
| 1     | Цегла силікатна ефективна потовщена             |  | <i>m</i>             | 264       |
| 2     | Блоки з пористого бетону                        |  | <i>m</i>             | 83        |
| 3     | Вапняно-цементний розчин, у т.ч.:<br>суха суміш |  | <i>m<sup>3</sup></i> | 100,21    |
|       | вода  |  | <i>m</i>             | 86        |

Потреба в машинах, механізмах, устаткуванні, інструментах, інвентарі та пристосуваннях наведена у таблиці 3.7 та на рисунках 3.4, 3.5.

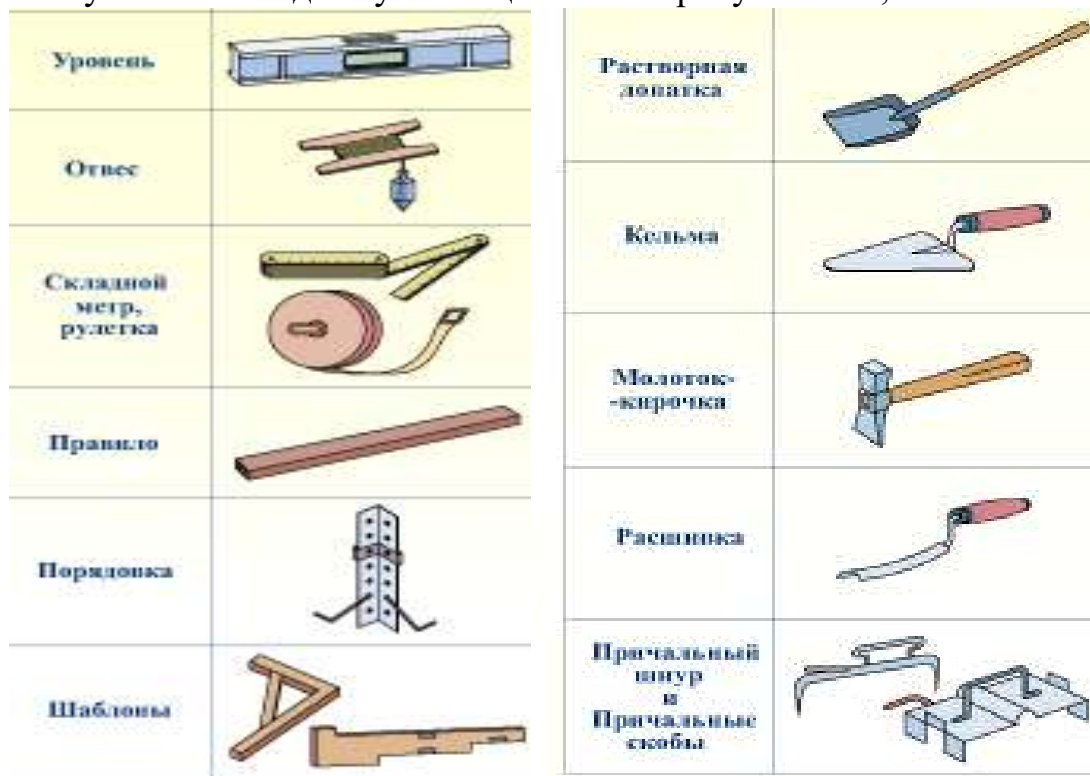


Рис. 3.4 – Інструменти та пристрої для виконання цегляної кладки

Таблиця 3.7 – Потреба у машинах, механізмах, устаткуванні

| № п/п | Найменування                         | Тип, марка    | Призначення                                       | Основні технічні характеристики | Кільк. на ланку, шт |
|-------|--------------------------------------|---------------|---|---------------------------------|---------------------|
| 1     | 2                                    | 3             | 4   | 5                               | 6                   |
| 1     | Баштовий кран                        | КБК-160.2     | Подання матеріалів на місце роботи                |                                 | 1                   |
| 2     | Відрізна машинка                     | BOSH, аналог  | Різання цегли                                     |                                 | 1                   |
| 3     | Електродріль із насадкою (міксер)    | BOSH, аналог  | Приготування клейового складу                     |                                 | 1                   |
| 4     | Місткість для приготування складу    |               | Для приготування клейового складу                 | Місткість 30-40 л               | 4                   |
| 5     | Лопата розчинна                      | ГОСТ 19596    | Подача складів на стіну                           |                                 | 1                   |
| 6     | Кельма муляра                        | ГОСТ 9533     | Розрівнювання складу                              |                                 | 2                   |
| 7     | Відро для води                       |               | Зберігання води для приготування клейового складу | Місткість 8 л                   | 1                   |
| 8     | Виска будівельна                     |               | Визначення вертикальності у площині               |                                 | 1                   |
| 9     | Каска захисна                        | ГОСТ 12.4.087 | Засіб індивідуального захисту                     |                                 | 2                   |
| 10    | Спецодяг                             | ГОСТ 12.4.100 | Засіб індивідуального захисту                     |                                 | 2                   |
| 11    | Рукавиці                             | ГОСТ 12.4.100 | Засіб індивідуального захисту                     |                                 | 2                   |
| 12    | Чоботи гумові                        | ГОСТ 5375     | Засоби захисту                                    |                                 | 2                   |
| 13    | Рівень                               | ГОСТ 9392     | Визначення горизонтальності у площині             |                                 | 1                   |
| 14    | Рулетка металева                     | ГОСТ 7502     | Засоби виміру                                     | 20 м                            | 1                   |
| 15    | Пістолет пневматичний гвоздезабивний | ПН-4402       | Встановлення заставних деталей                    | г/п 5 т                         | 1                   |
| 16    | Строп чотиригілковий 4СК5,0/4000     | ГОСТ 25573    | Подання матеріалів                                | г/п 5 т                         | 1                   |
| 17    | Строп двогілковий 2СК5,0             | ГОСТ 25573    | Подання матеріалів                                |                                 | 1                   |
| 18    | Пояс запобіжн.                       | ГОСТ 12.4.089 | Засіб індивідуального захисту                     |                                 | 2                   |
| 19    | Канат страхувальний                  | ГОСТ 12.1.107 | Засіб індивідуального захисту                     |                                 | 2                   |
| 20    | Зубчаста тертка                      | ГОСТ 25782    | Влаштування стін                                  | Висота зуба 6 мм                | 1                   |
| 21    | Молоток-кирочка                      | ГОСТ 2310     | Кладка стін                                       |                                 | 1                   |
| 22    | Лінійка вимірювальна                 | ГОСТ 427      | Вимірювальні роботи                               |                                 | 1                   |
| 23    | Штанген-циркуль                      | ГОСТ 166      | Перевірочні роботи                                |                                 | 1                   |
| 24    | Кутник для кам'яних робіт            |               | Вимірювальні роботи                               |                                 | 1                   |
| 25    | Столик двовисотний                   | Інв.          | Кладка стін                                       |                                 | 1                   |
| 26    | Відро                                |               | Піднесення матеріалів до місця роботи             |                                 | 1                   |

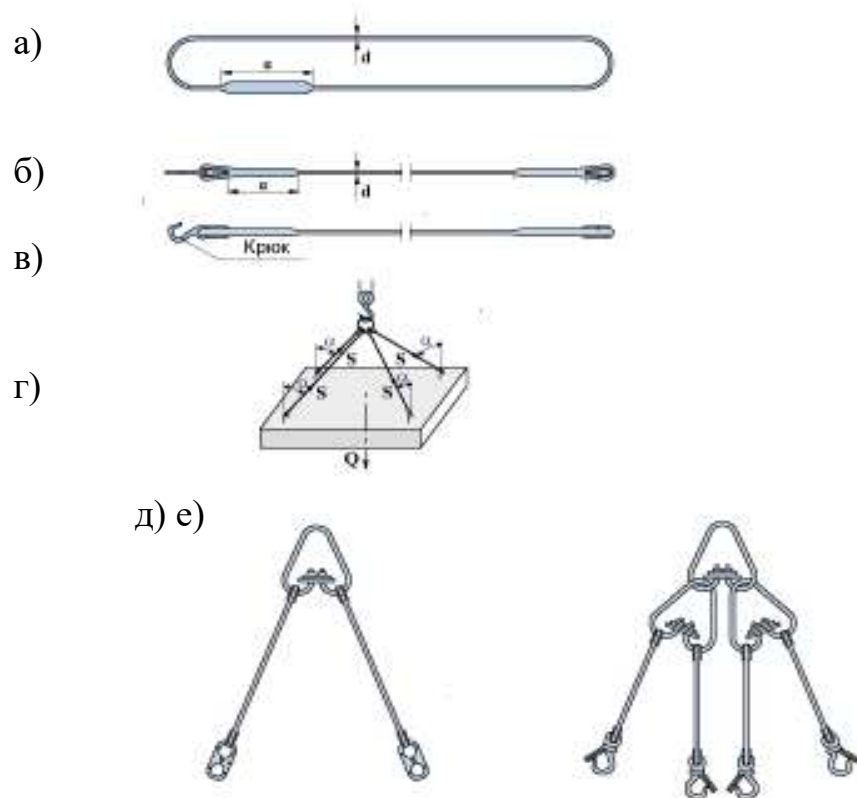


Рис. 3.5 – Стропування конструкцій:  
 а) універсальний строп; б),в) полегшений строп; г) розподіл зусиль у стропі під час монтажу; д) двогілковий строп; е) чотиригілковий строп

### 3.3.7 Контроль якості та приймання робіт

По мірі зведення кам'яних конструкцій здійснюється систематичний контроль правильності перевезення кладки, товщини та заповнення швів, вертикальності, горизонтальності та прямолінійності поверхонь та кутів кладки.

Контроль якості з даної технологічної карті зведено таблицю в таблицю 3.6.

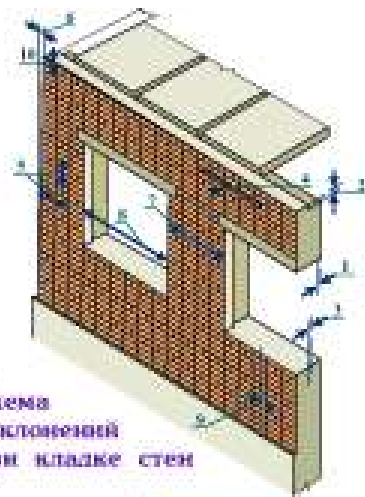


Схема отклонений при кладке стен

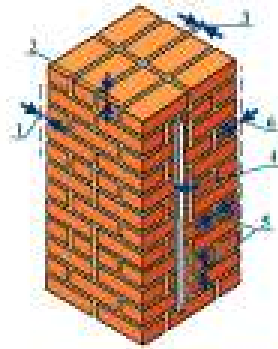


Схема отклонений при кладке столбов

Допустимые отклонения кладки

| Обозначение | Наименование отклонения  | Допустимое значение   |                       |
|-------------|--|-----------------------|-----------------------|
|             |  | для столбов           | для стен              |
| 1           | Толщина конструкции в кладке   | $\pm 10$              | $\pm 15$              |
| 2           | Отметка опорной поверхности  | -10                   | -10                   |
| 3           | Смещение осей конструкции от разбивочных осей                                      | 10                    | 10                    |
| 4           | Отклонение вертикальной поверхности при складывании рейки длиной 2 м               | 5                     | 10                    |
| 5           | Толщина швов кладки<br>- горизонтальных<br>- вертикальных                          | 10 ... 15<br>8 ... 12 | 10 ... 15<br>8 ... 12 |
| 6           | Отклонение поверхности от вертикали<br>- на один этаж<br>- на более, чем один этаж | 10<br>30              | 10<br>30              |
| 7           | Ширина проставков  | —                     | -15                   |
| 8           | Ширина проемов   | —                     | +15                   |
| 9           | Смещение вертикальной оси проема от вертикали                                      | —                     | 20                    |
| 10          | Отклонение рядов кладки от горизонтали на 10 м стены                               | —                     | 15                    |

Рисунок 3.6 – Контроль якості

Таблиця 3.8 -Контроль якості виконання робіт

| Контрольований параметр                              |  |                     | Обсяг контролю   | Періодичність контролю     | Метод контролю (НТД)                 | Засоби контролю, випробувальне обладнання  | Виконавець   | Оформлення результатів контролю  |
|--|--|---------------------|--|----------------------------|--------------------------------------|--|--|--|
| Найменування   | Номинальне значення  | Граничне відхилення |  |                            |                                      |  |  |  |
| 1  | 2  | 3                   | 4  | 5                          | 6                                    | 7  | 8  | 9  |
| Приймання, складування та контроль якості матеріалів | Застосовувані матеріали повинні відповідати чинному РНБ та проекту |                     | Правильність складування, якість цегли, розчину, арматури, заставних деталей | До початку виконання робіт | Зовнішній огляд, перевірка паспортів | Випробування кубиків у лабораторних умовах | Виконроб, майстер до початку кладки стін; лабораторія при необхідності | Результати контролю реєструються майстром (виконробом) у журналі виробництва робіт і складаються акти на |
| Розбивка осей внутрішніх і зовнішніх стін            | Відхилення від проектних розмірів: -по товщині +20;                |                     | Правильність розбивки осей   |                            | Вимірювальний                        | Сталева рулетка                            | Виконроб, майстер до початку   |  |

|   |   |   |                         |               |  |   |   |
|---|---|---|-------------------------|---------------|--|---|---|
|   | -за позначкою поверхів 15 мм;   |   |                         |               | теодоліт                                     | кладки стін; геодезист                                    | приховані роботи  |
| Цегляна кладка зовнішніх та внутрішніх стін | -по ширині простінків -20 мм;<br>-з усунення осей суміжних віконних отворів 20 мм;<br>-з усунення осей конструкцій 15 мм.   | Товщина, вертикальність, горизонтальність стін, прорізів, швів. | Під час виконання робіт | Вимірювальний | Рулетка, метр, рівень, виска, нівелір, рейка | Виконроб, майстер у процесі виробництва робіт             |   |
| Антикоррозійне покриття заставних деталей   |   | Товщина, щільність та зчеплення покриття                        |                         | Візуально     |  | Виконроб, майстер до початку закладення закладних деталей |   |
| Приймання виконаних робіт                   | Відхилення поверхонь і кутів кладки від вертикалі:<br>-на один поверх 20 мм;<br>-на всю будівлю 30 мм;<br>Відхилення рядів кладки від горизонталі на 10 мм.<br>Довжина стіни: 20 мм.<br>Нерівності на вертикальній поверхні кладки, виявлені при накладанні рейки 2м:<br>-обштукатурюваної 15 мм,<br>-необштукатурюваної 20 мм. | Вертикальність стін, товщина шва, зовнішній вигляд              | Після виконання робіт   | Візуально     | Метр, виска, рейка                           | Виконроб, майстер після закінчення робіт                  | Результати контролю реєструються майстром (виконробом) у журналі виробництва робіт і складаються акти на приховані роботи |

### 3.3.8 Техніка безпеки, охорона праці та навколишнього середовища

При виробництві кам'яних робіт необхідно суворо дотримуватись правил техніки безпеки, регламентованих ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення".

До виконання робіт допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли попередній медичний огляд відповідно до вимог МОЗ України, вступний інструктаж з безпеки праці, виробничої санітарії, пожежної та електробезпеки.

Перед допуском на роботу робітників адміністрація зобов'язана забезпечити проведення інструктажу з безпеки праці, спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального та колективного захисту, що відповідають ГОСТ 12.4.011-89. Загальні вимоги та класифікація», робітників та спеціалістів санітарно-побутовими приміщеннями відповідно до чинних норм, засобів для надання першої допомоги.

Риштування (рис. 3.7) повинні відповідати встановленим вимогам щодо міцності та стійкості. Настили риштування огорожують поручнями

заввишки не нижче 1 м з бортовою дошкою. Навантаження на настили риштування не повинні перевищувати 2500 Н.

а) б)

в) г)

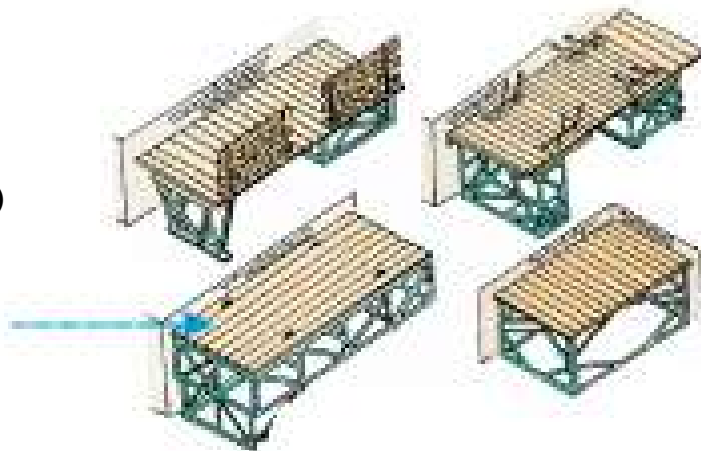


Рис. 3.7 – Риштування

а) шарнірно-панельні; б) панельні самовстановлювані;  
в) панельні; г) переносні майданчики-підмостки

Конструкції вантажозахоплювальних пристроїв (захоплень, футлярів, піддонів, контейнерів та ін.) повинні виключати можливість їх мимовільного розкриття, перекидання та випадання матеріалів.

Над входами в сходові клітини влаштовують суцільні навіси розміром у плані 2х2 м. Висота кожного ярусу стін повинна призначатися з таким розрахунком, щоб рівень кладки після кожного ярусу був не менше ніж на два ряди вище за рівень робочого настилу.

У процесі виконання робіт не слід завдавати шкоди навколишньому середовищу. Категорично забороняється злив паливно-мастильних матеріалів на території будівельного майданчика та поза ним під час роботи будівельних машин та механізмів або їх заправки. У разі витіку паливно-мастильних матеріалів місце витіку має бути локалізоване шляхом засипання піском. Не допускається спалювання на будівельному майданчику відходів та матеріалів від розбирання тимчасових огорож та піддонів.

### 3.3.9 Калькуляція витрат праці

Калькуляція витрат праці на кладку стін з отворами з цегли керамічної та блоків з пористого бетону, монтаж перемичок, сходових маршів та майданчиків, плит перекриття наведена у таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 - Калькуляція трудових витрат

| № п/п | Об'єкт   | Найменування робіт  | Одиниця виміру  | Об'єм  | Норма часу одиницю чол.-ч (маш.-ч) | Склад ланки            |                  |                  | Витрати праці обсяг чол.-ч (маш.-ч) |
|-------|----------|---|-----------------|--------|------------------------------------|------------------------|------------------|------------------|-------------------------------------|
|       |          |   |                 |        |                                    | Професія               | Ряд              | Кількість        |                                     |
| 1     | 2        | 3   | 4               | 5      | 6                                  | 7                      | 8                | 9                | 10                                  |
| 1     | Е 1-5    | Вивантаження цегли масою до 1,5 т   | 100т            | 3,47   | <u>8,8</u><br>4,4                  | такелажник<br>машиніст | 2<br>6           | 2<br>1           | <u>30,54</u><br>15,27               |
| 2     | Е 1-5    | Вивантаження перемичок масою до 0,5 т                                     | 100т            | 0,27   | <u>22</u><br>11                    | такелажник<br>машиніст | 2<br>6           | 2<br>1           | <u>5,94</u><br>2,97                 |
| 3     | Е 1-5    | Вивантаження сходових маршів та майданчиків масою до 2,5 т                | 100т            | 0,05   | <u>5,4</u><br>1,7                  | такелажник<br>машиніст | 2<br>6           | 1<br>1           | <u>0,27</u><br>0,09                 |
| 4     | Е1-5     | Вивантаження плит перекриття масою до 2,5 т                               | 100т            | 1,43   | <u>5,4</u><br>2,7                  | такелажник<br>машиніст | 2<br>6           | 1<br>1           | <u>7,72</u><br>3,86                 |
| 5     | Е3-5     | Кладка цегляно-бетонних стін будівель завтовшки 660мм                     | 1м <sup>3</sup> | 224,61 | 3,2                                | кам'яник               | 5<br>3           | 1<br>2           | 718,75                              |
| 6     | Е 3-3    | Кладка стін з кирпича силікатного ефективного потовщеного товщиною 380 мм | 1м <sup>3</sup> | 91,36  | 3,33                               | кам'яник               | 4<br>3           | 1<br>1           | 304,29                              |
| 7     | Е 1-6    | Подача цегли на піддонах до 400 шт. на висоту до 12 м.                    | 1000шт          | 90,06  | <u>0,44</u><br>0,22                | такелажник<br>машиніст | 2<br>6           | 2<br>1           | <u>39,62</u><br>19,81               |
| 8     | Е 1-6    | Подача розчину в бункерах та ящиках ємністю до 0,25 м3 на висоту до 12 м. | 1м <sup>3</sup> | 78,34  | <u>0,54</u><br>0,27                | такелажник<br>машиніст | 2<br>6           | 2<br>1           | <u>42,32</u><br>21,16               |
| 9     | Е 3-16   | Укладання брусків перемичок масою до 0,5 т                                | 1 отвір         | 34     | <u>0,45</u><br>0,15                | кам'яник<br>машиніст   | 4<br>3<br>6      | 1<br>1<br>1      | <u>15,3</u><br>5,1                  |
| 10    | Е 4-1-10 | Встановлення сходових маршів та майданчиків масою до 2,5 т                | 1 елемент       | 4      | <u>1,4</u><br>0,35                 | монтажник<br>машиніст  | 4<br>3<br>2<br>6 | 1<br>2<br>1<br>1 | <u>6,16</u><br>1,5                  |
| 11    | Е 4-1-7  | Установка плит перекриття площею до 5м <sup>2</sup>                       | 1 елемент       | 31     | <u>0,56</u><br>0,14                | монтажник<br>машиніст  | 4<br>3<br>2<br>6 | 1<br>2<br>1<br>1 | <u>17,36</u><br>4,34                |
| 12    | Е 4-1-7  | Установка плит перекриття площею до 10м <sup>2</sup>                      | 1 елемент       | 67     | <u>0,72</u><br>0,18                | монтажник<br>машиніст  | 4<br>3<br>2<br>6 | 1<br>2<br>1<br>1 | <u>48,24</u><br>12,06               |
| 14    | Е 4-1-22 | Антикорозійне покриття зварних з'єднань                                   | 10 стиків       | 7,2    | 0,64                               | монтажник              | 4<br>3           | 1<br>1           | 4,61                                |
| 15    | Е 4-2-26 | Заливка швів плит перекриття  | 100 мшва        | 3,81   | 4                                  | монтажник              | 4<br>3           | 1<br>1           | 15,24                               |

|         |        |  |                  |                   |  |                    |             |             |  |
|---------|--------|--|------------------|-------------------|--|--------------------|-------------|-------------|--|
| 16      | Е 3-20 | Влаштування та розбирання інвентарних рiштовань для кладки стiн товщиною, мм: 380<br><br>660 | 10м <sup>3</sup> | 9,36<br><br>22,46 | <u>1,44</u><br>0,48<br><u>0,93</u><br>0,31 | машинiст<br>тесляр | 6<br>4<br>2 | 1<br>1<br>2 | <u>13,48</u><br>4,49<br><u>20,89</u><br>6,96 |
| Всього: |        |  |                  |                   |  |                    |             |             | <u>1290,73</u><br>97,61                      |

## **Розділ 4. ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА**

### **4.1 Визначення тривалості будівництва**

Нормативна тривалість будівництва становить – 11 місяців, у тому числі підготовчий період – 16 робочих днів, визначена за ДБН [12].

### **4.2 Вибір основних методів виконання робіт та рішень щодо організації потокового зведення об'єкта**

#### **4.2.1 Земляні роботи**

До початку робіт мають бути виконані такі заходи:

1. Зрізання рослинного шару ґрунту,
2. Вертикальне планування майданчика,
3. Геодезична розбивка будівлі з установкою реперів,
4. Відведення поверхневих вод з майданчика.

Зрізання рослинного ґрунту проводиться бульдозером типу ДЗ-8 з подальшим навантаженням екскаватором ЕО-4321 в автосамоскиди та відвезенням у тимчасовий відвал. При складуванні та зберіганні рослинного ґрунту необхідно закріпити відвали посівом трав для запобігання його видуванню. Для виробництва земляних робіт під час розробки котловану під будівлю передбачається використовувати екскаватор типу ЕО-4321 з ємністю ковша 0,65м<sup>3</sup>.

Щоб не ускладнювати виконання БМР, тимчасові відвали слід розміщувати по один бік траншеї або котловану. У місцях спуску робітників у траншеї необхідно влаштовувати пологі укоси та трапи.

Підготовку траншей та котлованів, а також будівельні роботи в них (особливо в траншеях із незакріпленими стінками) рекомендується виконувати у гранично короткі терміни.

Доробка ґрунту до проектних позначок проводиться вручну.

Зворотне засипання котлованів і траншей слід здійснювати ґрунтом оптимальної вологості.

При недостатній вологості ґрунту його слід зволожувати. Кількість води слід призначати відповідно до вимог ДБН [12]. Зворотне засипання пазух фундаментів та підсипання під підлоги проводиться бульдозером або вручну. Пошарове ущільнення ґрунту проводиться електротрамбуванням по 30см. зворотне засипання підземних споруд вести бульдозером.

#### **4.2.2 Вибір машин для земляних робіт**

Для розробки ґрунту нижче за рівень стоянки використовуються екскаватори зі зворотною лопатою. Приймаємо універсальний екскаватор ЕО-4321:

-ємність ковша, м<sup>3</sup> – 0,65;

- найбільша глибина копання, м - 5,5;
- Висота вивантаження, м - 5,6;
- найбільший радіус копання, м - 8,9.

Для транспортування ґрунту на відстань понад 0,5 км у комплекті з екскаваторами використовуються автосамоскиди МАЗ-5511, як найбільш маневрений та рухливий вид транспорту.

Необхідну вантажопідйомність транспортних засобів визначають залежно від обсягу ковша екскаватора, відстані перевезення та обсягу розробки ґрунту. При цьому прагнуть, щоб місткість кузова вибраного автосамоскида дорівнювала 3 ... 6 ківш ґрунту.

Планувальні роботи виконуються бульдозером марки ДЗ-8, переміщення ґрунту здійснюється за поперечною схемою.

- Потужність двигуна, л.с.- 75;
- Довжина відвалу, мм-3200;
- Висота відвалу, мм-900;
- Собівартість маш-див., грн. - 24,2;
- Нормативне число змін роботи у році-225;
- Норма часу маш-час. - 24,4.

#### **4.2.3 Монтаж збірних конструкцій**

Елементи збірних конструкцій рекомендується подавати на будівельний майданчик із максимальною заводською готовністю. До початку робіт представник монтажною організації повинен прийняти конструкції та деталі, що надходять на будмайданчик.

При монтажі плит перекриття, перегородок необхідно дотримуватись технологічної послідовності робіт, що забезпечує стійкість, геометричну незмінність змонтованої частини споруди на всіх стадіях монтажу та міцність монтажних споруд.

Монтаж повинен здійснюватися відповідно до робочих креслень, проекту виконання робіт та з дотриманням вимог ДБН/ДСТУ.

Монтаж збірних конструкцій підземної та наземної частини будівлі виконується баштовим краном КБК-160.2.

#### **4.2.4 Вибір машин для монтажних робіт**

Монтаж конструкцій ведеться баштовим краном КБК-160.2.:

- Вантажопідйомність  $Q = 4,5 \dots 8$ т;
- Виліт стріли 30м;
- висота підйому 41м.

Вибір крана для монтажу збірних елементів будівлі провадиться з урахуванням необхідної висоти підйому елементів збірних конструкцій, ваги монтажного елемента та стропувальних пристроїв, необхідного вильоту стріли монтажного крана, технічних та техніко-економічних показників їх роботи.

### 4.3 Мережевий графік виконання робіт по об'єкту

При розробці комплексного мережевого графіка по об'єкту встановлюють послідовність та терміни виконання робіт з максимально можливим їх поєднанням, а також нормативний час роботи будівельних машин, визначають потребу у трудових ресурсах та засобах механізації, виділяють етапи та комплекси робіт, що доручаються бригадам та визначають їх кількісний, професійний та кваліфікаційний склад.

Визначення нормативної трудомісткості та витрат машинного часу на проведення робіт по об'єкту. По кожному будівельному процесу з урахуванням діючих ресурсно-кошторисних норм (РСН) розраховуються його трудомісткість і необхідну кількість машин. Дані трудомісткості та кількості машино-змін у таблиці 4.1

Таблиця 4.1 - Відомість трудомісткості

| № П/П                 | Обґрунтування           | Найменування видів ресурсів  | Од. змін. кількість   | Трудовитрати |               | Потреба механізмів                      |                       |                            | Склад ланки                                       |
|-----------------------|-------------------------|--|-----------------------|--------------|---------------|---|-----------------------|----------------------------|---|
|                       |                         |  |                       | Норма на од. | На весь об'єм | Найменування механізму                  | Норма на од., маш.-ч. | На весь обсяг, маш.-година |   |
| 1                     | 2                       | 3  | 4                     | 5            | 6             | 7                                       | 8                     | 9                          | 10  |
| <b>Земляні роботи</b> |                         |  |                       |              |               |   |                       |                            |   |
| 1                     | E1-24-5<br>Загальн(рем) | РОЗРОБКА ГРУНТУ БУЛЬДОЗЕРАМИ ПОТУЖНІСТЬ 79 (108) КВТ (Л.С.) ПРИ ПЕРЕМІЩЕННІ ГРУНТУ ДО 10 М, ГРУНТ 1 ГРУПИ          | 1000М3<br><b>0.16</b> |              |               | Бульдозери потужні. 59 кВт              | <b>11.77</b>          | <b>1.92</b>                | Машиніст 6р-1 чол., помічник машиніста 5р - 1чол. |
| 2                     | E1-30-2<br>Загальн(рем) | ПЛАНУВАННЯ ПЛОЩІВ БУЛЬДОЗЕРАМИ ПОТУЖНІСТЮ 79 (108) КВТ (Л.С.)  | 1000М2<br><b>1.63</b> |              |               |   | <b>0.31</b>           | <b>0.50</b>                |   |
| 3                     | E1-12-3<br>Загальн(рем) | РОЗРОБКА ГРУНТУ У ВІДВАЛ ЕКСКАВАТОРАМИ "ДРАГЛАЙН" АБО "ЗВОРОТНА ЛОПАТА" З КОВШЕМ РАЗОМ 1 (1-1,2) МЗ, ГРУНТ 3 ГРУПИ | 1000М3<br><b>0.08</b> | <b>9.71</b>  | <b>0.77</b>   | Екскаватор одноковшовий дизельний 0,5м3 | <b>42.26</b>          | <b>3.34</b>                |   |

Продовження таблиці 4.1

| 1 | 2                        | 3   | 4                     | 5             | 6            | 7                        | 8            | 9             | 10                  |
|---|--------------------------|---|-----------------------|---------------|--------------|--------------------------|--------------|---------------|---------------------|
| 4 | E1-17-13<br>Загальн(рем) | РОЗРОБКА ГРУНТУ З НАВАНТАЖЕННЯМ НА АВТОМОБІЛІ-САМОСВАЛИ ЕКСКАВАТОРАМИ З КОВШЕМ РАЗОМ 0,5 (0,5-0,63) МЗ, ГРУНТ 1 ГРУПИ | 1000М3<br><b>2.65</b> | <b>14.18</b>  | <b>37.61</b> | автомобіль-самоскид      | <b>41.19</b> | <b>109.24</b> |                     |
| 5 | E1-145-6<br>Загальн(рем) | ПЛАНУВАННЯ ПЛОЩІВ РУЧНИМ СПОСОБОМ, ГРУНТ 3 ГРУПИ  | 1000М2<br><b>0.26</b> | <b>217.99</b> | <b>56.02</b> | Засоби малої механізації | <b>0.00</b>  | <b>0.00</b>   | Землекоп 2р - 1чол. |
| 6 | E1-27-5                  | ЗАСИПКА ТРАНШІВ І КОТЛОВАНІВ  | 1000М3                | <b>0.00</b>   | <b>0.00</b>  | Бульдозери               | <b>5.08</b>  | <b>2.09</b>   | Машиніст 6р         |

|                            |                           |  |               |        |                |  |  |       |               |   |
|----------------------------|---------------------------|--|---------------|--------|----------------|--|--|-------|---------------|---|
|                            | Загальн(р ем)             | БУЛЬДОЗЕРАМИ ПОТУЖНІСТЮ 79 (108) КВТ (Л.С.) ПРИ ПЕРЕМІЩЕННІ ГРУНТУ ДО 5 М, ГРУНТ 2 ГРУПИ   | 0.41          |        |                | потужні. 59 кВт  |  |       | 1 чол.        |   |
| 7                          | E1-166-1<br>Загальн(р ем) | ЗАСИПКА ВРУЧНОГО ТРАНША, ПАЗУХ КОТЛОВАНІВ І ЯМ, ГРУНТ 1 ГРУПИ  | 100М3<br>0.05 | 118.35 | 6.15           |  |  | 0.00  | 0.00          | Землекоп 2р - 1чол.   |
| 8                          | E1-134-1<br>Загальн(р ем) | УПІЛНЕННЯ ГРУНТУ ПНЕВМАТИЧНИМИ ТРАМБІВКАМИ, ГРУНТ 1-2 ГРУПИ  | 100М3<br>0.10 | 14.44  | 1.47           | Засоби малої механізації   |  | 0.00  | 0.00          | Землекоп 2р - 1чол.   |
|                            |                           | <b>Разом</b>   |               |        | <b>102.02</b>  |  |  |       | <b>117.09</b> |   |
| <b>Фундаменти</b>          |                           |  |               |        |                |  |  |       |               |   |
| 9                          | E7-1-3<br>Загальн(р ем)   | УКЛАДАННЯ БЛОКІВ І ПЛИТ СТРИЧКОВИХ ФУНДАМЕНТІВ ПРИ ГЛУБИНІ КОТЛОВАНА ДО 4 М, МАСА КОНСТРУКЦІЙ ДО 3,5 Т   | 100ШТ<br>1.64 | 143.99 | 236.14         | Кран стріловий 3.5-8.5 т   |  | 49.81 | 81.69         | Машиніст крана 6р - 1чол., монтажник: 3р – чол., 2р – 1чол. |
| 10                         | E7-42-2<br>Загальн(р ем)  | ВСТАНОВЛЕННЯ БЛОКІВ СТІН ПІДВАЛІВ МАСОЮ ДО 1 Т   | 100ШТ<br>9.92 | 79.49  | 788.54         |  |  | 27.71 | 274.88        |   |
| 11                         | E7-42-3<br>Загальн(р ем)  | ВСТАНОВЛЕННЯ БЛОКІВ СТІН ПІДВАЛІВ МАСОЮ ДО 1,5 Т   | 100ШТ<br>0.12 | 111.50 | 13.38          |  |  | 45.51 | 5.46          | Арматурник: 2р - 3чол., бетонщик 4р - 1чол., 2р - 1чол.     |
| 12                         | E6-1-20<br>Загальн(р ем)  | ПРИСТРІЙ СТРИЧКОВИХ ФУНДАМЕНТІВ БЕТОННИХ З БЕТОНУ КЛАСУ В7,5   | 100М3<br>0.05 | 335.58 | 16.78          |  |  | 47.19 | 2.36          |   |
| 13                         | E8-4-1<br>Загальн(р ем)   | ГІДРОІЗОЛЯЦІЯ СТІН, ФУНДАМЕНТІВ ГОРИЗОНТАЛЬНА ЦЕМЕНТНА З РІДКИМ СКЛОМ  | 100М2<br>4.18 | 47.89  | 200.18         | Засоби малої механізації   |  | 1.28  | 5.35          | Ізольувальник 4р.-чол, 3р.-1чол.                            |
| 14                         | E8-4-7<br>Загальн(р ем)   | ГІДРОІЗОЛЯЦІЯ СТІН, ФУНДАМЕНТІВ БІЧНА ОБМАЗКОВА БІТУМНА В 2 ШАРИ ЗА ВИРІВНЕНОЮ ПОВЕРХНІ  | 100М2<br>2.69 | 26.58  | 71.50          |  |  | 0.56  | 1.51          |   |
|                            |                           | <b>Разом</b>   |               |        | <b>1326.52</b> |  |  |       | <b>371.25</b> |   |
| <b>Стіни та перекриття</b> |                           |  |               |        |                |  |  |       |               |   |
| 15                         | E8-36-1<br>Загальн(р ем)  | ВСТАНОВЛЕННЯ ТА РОЗБІРКА ІНВЕНТАРНИХ ЛІСІВ ВНУТРІШНІХ, ТІРНЧАТИХ ПРИ ВИСОТІ ПРИМІЩЕНЬ ДО 6 М   | 100М2<br>7.48 | 88.00  | 658.24         | Кран баштовий 4.5-8т. засоби малої механізації Змішувач-перевантажувач 3м3 |  | 0.22  | 1.65          | Монтажник 3р.-1чол.   |
| 16                         | E8-50-45<br>Загальн(р ем) | КЛАДКА ЗОВНІШНІХ СТІН ПРОСТИХ З КЕРАМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОЇ ЦЕГЛИ З ОБЛИЦЮВАЛЬНОЮ ЛИЦЕВОЮ ЕФЕКТИВНОЮ КЕРАМІЧНОЮ ЦЕГЛОЮ Товщиною 660 ММ З УТЕПЛЕННЯМ З ГАЗОСИЛКАТНИХ БЛОКІВ | М3<br>1198.00 | 3.20   | 3833.60        |  |  | 0.55  | 658.90        | Каменяр 4р – 1чол., 3р – 1чол.                              |

Продовження таблиці 4.1

| 1  | 2                          | 3  | 4            | 5    | 6       | 7 | 8    | 9      | 10  |
|----|----------------------------|--|--------------|------|---------|---|------|--------|---|
| 17 | E8-15-106<br>Загальн(р ем) | КЛАДКА СТІН З ЦЕГЛИ СИЛКАТНОЇ Потовщена з облицювальною лицьовою силкатною потовщеною цеглою товщиною 380 мм при висоті поверху до 4 м | М3<br>502.80 | 3.33 | 1674.32 |   | 0.51 | 256.43 | Машиніст 5р - 1чол., муляр 4р - 1чол., 3р - 1чол., 2р - 1чол. |

|                         |                  |   |       |       |            |                |   |       |                |   |
|-------------------------|------------------|---|-------|-------|------------|----------------|---|-------|----------------|---|
| 18                      | E7-11-1          | УКЛАДАННЯ ПЕРЕМІЧОК<br>МАСОМ ВІД 0,3 ДО 0,<br>7 Т, при найбільшій масі<br>монтажних елементів у будівлі до<br>5 т             | 100ШТ | 8.41  | 96.75      | 813.67         |   | 30.49 | 256.42         | Машиніст<br>5р - 1чол.,<br>муляр4р -<br>1чол., 3р -<br>1чол., 2р -<br>1чол.   |
| 19                      | E7-45-5          | ВСТАНОВЛЕННЯ ПАНЕЛЕЙ<br>ПЕРЕКРИТТІВ З<br>ОПИРАНИМ НА ДВІ СТОРОНИ<br>ПЛОЩОДЮ ДО 5 М2   | 100ШТ | 2.16  | 207.0<br>6 | 447.25         | Кран<br>баштовий 4.5-<br>8т.  | 25.06 | 54.13          | Машиніст 6р<br>- 1чол.,<br>монтажник  |
| 20                      | E7-45-6          | ВСТАНОВЛЕННЯ ПАНЕЛЕЙ<br>ПЕРЕКРИТТІВ З<br>ОПИРАНИМ НА ДВІ СТОРОНИ<br>ПЛОЩОДЮ ДО 10 М2  | 100ШТ | 3.70  | 316.5<br>4 | 1171.20        | Установки для<br>зварювання<br>ручного<br>дугового                  | 49.70 | 183.89         | 4р - 1чол., 3р<br>- 2чол., 2р -<br>1чол.  |
| 21                      | E6-22-3          | ПРИСТРІЙ ПЕРЕКРИТТІВ<br>БЕЗБАЛОЧНИХ З<br>БЕТОНА КЛАСУ С12/15,<br>товщиною більше 200 мм на<br>висоті від опорної площі до 6 м | 100М3 | 0.35  | 684.2<br>5 | 239.49         | Установки для<br>зварювання<br>ручного<br>дугового.                 | 31.93 | 11.18          | Слюсар: 4р -<br>1чол., 3р -<br>1чол.,<br>арматурник:<br>4р - 1чол., 2р<br>- 3чол.,<br>бетонщик 4р<br>- 1чол., 2р -<br>1чол. |
| 22                      | E6-57-1          | ВСТАНОВЛЕННЯ АРМАТУРИ   | Т     | 0.20  | 30.82      | 6.04           | Бадді 4м3<br>Вібратори  | 0.50  | 0.10           | 4р - 1чол., 2р<br>- 3чол.,<br>бетонщик 4р<br>- 1чол., 2р -<br>1чол.   |
| 23                      | E7-47-5          | ВСТАНОВЛЕННЯ МАРШІВ ІЗ<br>ЗВАРЮВАННЯМ МАСУ<br>ДО 1 Т  | 100ШТ | 0.08  | 257.0<br>4 | 20.56          | Установки для<br>зварювання<br>ручного<br>дугового.                 | 59.41 | 4.75           | Монтажник<br>конструкцій:<br>4р – 1чол., 3р<br>– 2чол., 2р –<br>1чол.   |
| 24                      | E7-60-2          | ВСТАНОВЛЕННЯ МЕТАЛЕВИХ<br>ОГОРОД С<br>ПОРУЧНЯМИ З ХВІЙНИХ<br>ПОРІД  | 100М  | 0.27  | 159.4<br>6 | 43.05          | Засоби малої<br>механізації   | 1.69  | 0.46           |   |
|                         |                  | <b>Разом</b>  |       |       |            | <b>8907.42</b> |   |       | <b>1427.90</b> |   |
| <b>Перегородки</b>      |                  |   |       |       |            |                |   |       |                |   |
| 25                      | E8-7-502         | Кладка перегородок неармованих<br>товщиною 0 1:2 ЦЕГЛИ ПРИ<br>ВИСОТІ ПОВЕРХ ДО 4 М З<br>ЦЕГЛИ СИЛКАТНОЇ<br>ПОТОЛЩЕНОЇ         | 100М2 | 3.28  | 151.6<br>7 | 497.48         | Змішувач-<br>перевантажув<br>ач 3м3<br>Кран<br>баштовий 4.5-<br>8т. | 5.72  | 18.76          | Каменяр 4р -<br>1чол., 2р -<br>1чол.  |
| 26                      | E8-57-2          | КЛАДКА ПЕРЕГОРОДОК З<br>БЛОКІВ<br>ЯЧИСТОГО БЕТОНУ<br>ОДНОШАРОВИХ Товщиною 120<br>ММ НА РОЗЧИНІ                                | 100М2 | 10.31 | 71.58      | 737.99         |   | 1.94  | 20.00          |   |
|                         |                  | <b>Разом</b>  |       |       |            | <b>1235.47</b> |   |       | <b>38.76</b>   |   |
| <b>Покрівля</b>         |                  |   |       |       |            |                |   |       |                |   |
| 27                      | E12-15-4         | ПРИСТРІЙ ПОКРІВЛІ   | 100М2 | 8.36  |            | 3890.12        | Кран<br>баштовий 4.5-<br>8т.<br>Засоби малої<br>механізації         |       | 116.68         | Покрівельник<br>и -21 чол.  |
| <b>Двері та підлоги</b> |                  |   |       |       |            |                |   |       |                |   |
| 28                      | E10-23-3         | ВСТАНОВЛЕННЯ БЛОКІВ У<br>ЗОВНІШНІХ І ВНУТРІШНІХ<br>ДВЕРНИХ  | 100М2 | 1.24  | 140.51     | 174.23         |   | 7.18  | 8.90           |   |
|                         | Загальн(р<br>ем) | ПРОСМАХ У ПЕРЕГОРОДКАХ І<br>ДЕРЕВ'ЯНИХ НЕГРІЛЕНИХ<br>СТІНАХ, ПЛОЩА ПРОЄМУ ДО 3 М  |       |       |            |                | Дриль<br>електричний<br>Засоби малої<br>механізації                 |       |                | Тесляр 4р -<br>1чол., 2р -<br>1чол.   |
| 29                      | E10-116-1        | ГЕРМЕТИЗАЦІЯ МІСЦЬ<br>ПРИМИКАННЯ ВІКОННИХ<br>(ДВЕРНИХ БАЛКОННИХ)<br>БЛОКІВ ДО ЦЕГЕЛЬНИХ СТІН                                  | 100М  | 8.47  | 13.11      | 111.04         |   | 0.00  | 0.00           |   |

|    |                              | ПОЛІУРЕТАНОВОЇ ПІНИ   |                      |                    |               |                             |             |              |              |
|----|------------------------------|---|----------------------|--------------------|---------------|-----------------------------|-------------|--------------|--------------|
| 30 | E10-23-1<br>Загальн(р<br>ем) | ВСТАНОВЛЕННЯ БЛОКІВ У<br>ЗОВНІШНІХ І<br>ВНУТРІШНІХ ДВЕРНИХ<br>ПРОСМАХ У КАМ'ЯНИХ<br>СТІНАХ, ПЛОЩА ПРОЄМУ ДО 3<br>М2 | 100М2<br><b>3.24</b> | <b>109.8<br/>4</b> | <b>355.88</b> |                             |             | <b>14.42</b> | <b>46.72</b> |
| 31 | E12-15-4<br>Загальн(р<br>ем) | ПРИСТРІЙ ПАРОІЗОЛЯЦІЇ<br>ОБМАЗКОВОЇ<br>З БІТУМНОЇ МАСТИКИ В ОДИН<br>ШАР   | 100М2<br><b>8.36</b> | <b>13.61</b>       | <b>113.78</b> | Засоби малої<br>механізації |             | <b>1.09</b>  | <b>9.11</b>  |
| 32 | E11-9-1<br>Загальн(р<br>ем)  | ПРИСТРІЙ ТЕПЛО- І<br>ЗВУКОІЗОЛЯЦІЇ<br>СУСПІЛЬНИЙ З<br>ГАЗОСИЛКАТНИХ   | 100М2<br><b>8.36</b> | <b>31.52</b>       | <b>263.51</b> |                             |             | <b>1.25</b>  | <b>10.45</b> |
| 33 | E11-15-3<br>Загальн(р<br>ем) | ПРИСТРІЙ ПОКРИТТІВ<br>ЦЕМЕНТНИХ<br>Товщиною 20 ММ   | 100М2<br><b>0.68</b> | <b>32.87</b>       | <b>22.35</b>  |                             |             | <b>1.41</b>  | <b>0.96</b>  |
| 34 | E11-12-3<br>Загальн(р<br>ем) | УКЛАДАННЯ ЛАГ З ПЛИТ<br>ПЕРЕКРИТТІВ   | 100М2<br><b>6.72</b> | <b>39.35</b>       | <b>264.43</b> | Засоби малої<br>механізації |             | <b>0.36</b>  | <b>2.42</b>  |
| 35 | E11-33-2<br>Загальн(р<br>ем) | ПРИСТРІЙ ПОКРИТТІВ<br>ДОЩАТИХ ТОВЩИНОЮ<br>35 ММ   | 100М2<br><b>6.72</b> | <b>73.44</b>       | <b>493.52</b> |                             |             | <b>1.56</b>  | <b>10.48</b> |
| 36 | E11-39-1<br>Загальн(р<br>ем) | ПРИСТРІЙ ПЛІНТУСІВ<br>ДЕРЕВ'ЯНИХ  | 100М<br><b>15.60</b> | <b>9.35</b>        | <b>145.86</b> |                             |             | <b>0.09</b>  | <b>1.40</b>  |
| 37 | E11-11-5<br>Загальн(р<br>ем) | ПРИСТРІЙ СТЕЖОК<br>ЛЕГКОБЕТОННИХ<br>Товщиною 20 ММ  | 100М2<br><b>8.36</b> | <b>54.98</b>       | <b>459.63</b> | Засоби малої<br>механізації |             | <b>1.90</b>  | <b>15.88</b> |
| 38 | E11-4-1<br>Загальн(р<br>ем)  | ПРИСТРІЙ ГІДРОІЗОЛЯЦІЇ<br>ОКЛІЙНОЇ<br>РУЛОННИМИ МАТЕРІАЛАМИ<br>(ГРНЕРОЇДОМ) НА МАСТИЦІ<br>БІТУМНОЛЬ ПЕРШІЙ ШАР      | 100М2<br><b>1.39</b> | <b>50.83</b>       | <b>70.65</b>  |                             |             | <b>2.61</b>  | <b>3.63</b>  |
| 39 | E11-27-3<br>Загальн(р<br>ем) | ПРИСТРІЙ ПОКРИТТІВ НА<br>ЦЕМЕНТНОМУ<br>РОЗЧИНІ З ПЛИТОК<br>КЕРАМІЧНИХ ДЛЯ ПІДЛОГ<br>ОДНОКОЛЬОРОВИХ З<br>КРАСНИКОМ   | 100М2<br><b>1.39</b> | <b>129.52</b>      | <b>180.03</b> |                             |             | <b>1.66</b>  | <b>2.31</b>  |
| 40 | E11-39-4<br>Загальн(р<br>ем) | ПРИСТРІЙ ПЛІНТУСІВ З<br>ПЛИТОК<br>КЕРАМІЧНИХ  | 100М<br><b>1.15</b>  | <b>28.84</b>       | <b>33.17</b>  |                             |             | <b>0.07</b>  | <b>0.08</b>  |
| 41 | E27-14-2<br>А/м<br>дороги    | ПРИСТРІЙ ПІДСТИЛЮЮЧИХ І<br>ВИРІВНЮЮЧИХ ШАРІВ<br>ПІДСТАВ з піщано-гравійної<br>суміші, дерева                        | 100М3<br><b>1.26</b> | <b>17.18</b>       | <b>21.65</b>  |                             |             | <b>4.89</b>  | <b>6.16</b>  |
| 42 | E11-19-3<br>Загальн(р<br>ем) | ПРИСТРІЙ ПОКРИТТІВ<br>АСФАЛЬТОБЕТОННИХ<br>Жорстка товщина 25 мм   | 100М2<br><b>0.42</b> | <b>17.47</b>       | <b>7.34</b>   |                             |             | <b>3.54</b>  | <b>1.49</b>  |
| 43 | E11-19-4<br>Загальн(р<br>ем) | ПРИСТРІЙ ПОКРИТТІВ<br>АСФАЛЬТОБЕТОННИХ<br>Жорстких: на 5 мм зміна товщини   | 100М2<br><b>0.42</b> | <b>2.46</b>        | <b>1.03</b>   |                             | <b>0.44</b> | <b>0.18</b>  |              |
| 44 | E8-27-1<br>Загальн(р<br>ем)  | ПРИСТРІЙ КРИЛЬ З ВХІДНОЮ<br>ПЛОЩАДКОЮ   | М2<br><b>19.50</b>   | <b>1.92</b>        | <b>37.44</b>  |                             | <b>0.11</b> | <b>2.15</b>  |              |

Ізольвальник 4р.-чол, 3р.-1чол.

Тесляр 4р - 1чол., 2р - 1чол.

Бетонник 3р - 1чол., 2р - 1чол.  
Гідроізолюючий 4р - 1чол., 3р - 1чол., 2р - 1чол.  
Облицовальник-плиточник 4р - 1чол., 3р - 1чол.

|    |          |                                     |       |            |       |  |  |      |      |
|----|----------|-------------------------------------|-------|------------|-------|--|--|------|------|
| 45 | E11-52-1 | ПРИСТРІЙ ПОКРИТТІВ ПІДЛОГИ З ПЛИТКИ | 100M2 | 124.9<br>3 | 26.24 |  |  | 0.30 | 0.06 |
|----|----------|-------------------------------------|-------|------------|-------|--|--|------|------|

|  |               |   |      |  |         |  |  |        |  |
|--|---------------|---|------|--|---------|--|--|--------|--|
|  | Загальн(р ем) | КЕРАМІЧНОЇ НА КЛЕЮ ЗА ЦЕМЕНТНИМ СТЯЖКОМ | 0.21 |  |         |  |  |        |  |
|  |               | <b>Разом</b>                            |      |  | 2781.78 |  |  | 122.39 |  |

### Штукатурка

|    |               |   |       |       |         |                          |      |        |   |
|----|---------------|---|-------|-------|---------|--------------------------|------|--------|---|
| 46 | E15-61-3      | ОШТУКАТУВАННЯ ПОКРАЩЕНЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ СТІН ЦЕМЕНТНО-вапняним АБО ЦЕМЕНТНИМ РОЗЧИНАМ ПО КАМІНЮ І БЕТОНУ | 100M2 |       |         | Засоби малої механізації |      |        | Штукатур 5р - 2чол., 4р - 2чол., 3р - 1чол. |
|    | Загальн(р ем) |   | 32.99 | 94.42 | 3114.92 |                          | 6.61 | 218.06 |   |
| 47 | E15-65-1      | ШТУКАТУРКА ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВІКОННИХ І ДВЕРНИХ УКОСІВ ПО БЕТОНУ І КАМІНЮ                          | 100M2 |       |         |                          | 1.49 | 4.93   |   |
|    |               | <b>Разом</b>  |       |       | 3870.92 |                          |      | 223.00 |   |

### Молярні роботи

|    |               |   |       |       |         |                          |       |       |  |
|----|---------------|---|-------|-------|---------|--------------------------|-------|-------|--|
| 48 | E15-165-8     | Покращене фарбування кольором масляним РОЗБІЛЕНИМ ЩОДО ШТУКАТУРКИ СТІН  | 100M2 |       |         | Засоби малої механізації |       |       | Маляр 4р - 1чол., 3р - 1чол., 2р - 2чол. |
|    | Загальн(р ем) |   | 32.99 | 59.72 | 1970.16 |                          | 0.45  | 14.85 |  |
| 49 | E15-165-3     | Покращене фарбування кольором масляним РОЗБІЛЕНИМ ПО ДЕРЕВУ ПІДЛОГ  | 100M2 |       |         |                          | 0.45  | 10.19 |  |
|    | Загальн(р ем) |   | 22.65 | 59.59 | 1349.71 |                          |       |       |  |
| 50 | E15-165-6     | Покращене фарбування кольором масляним РОЗБІЛЕНИМ ПО ДЕРЕВУ ДВЕРНИХ БЛОКІВ, ПІДГОТОВЛЕНИХ ПІД ДРУГЕ фарбування  | 100M2 |       |         |                          | 0.02  | 0.05  |  |
|    | Загальн(р ем) |   | 2.27  | 29.86 | 67.78   |                          |       |       |  |
| 51 | E15-165-6     | Покращене фарбування кольором масляним РОЗБІЛЕНИМ ПО ДЕРЕВУ ДВЕРНИХ БЛОКІВ, ПІДГОТОВЛЕНИХ ПІД ДРУГЕ фарбування  | 100M2 |       |         |                          | 0.02  | 0.05  |  |
|    | Загальн(р ем) |   | 2.27  | 29.86 | 67.78   |                          |       |       |  |
| 52 | E15-165-7     | Покращене фарбування кольором масляним РОЗБІЛЕНИМ ПО ДЕРЕВІ ВІКОННИХ БЛОКІВ, ПІДГОТОВЛЕНИХ ПІД ДРУГЕ фарбування | 100M2 |       |         |                          | 0.02  | 0.01  |  |
|    | Загальн(р ем) |   | 0.29  | 46.07 | 13.36   |                          |       |       |  |
| 53 | E15-165-9     | Покращене фарбування кольором масляним РОЗБІЛЕНИМ ЗА ШТУКАТУРКОЮ СТЕЛЬ  | 100M2 |       |         | 0.69                     | 15.63 |       |  |
|    | Загальн(р ем) |   | 22.65 | 72.73 | 1647.33 |                          |       |       |  |
|    | E15-297-1     | ОГРУНТУВАННЯ ЗОВНІШНІХ ПОВЕРХНЕЙ  | 100M2 |       |         | 0.00                     | 0.00  |       |  |
|    | Загальн(р ем) |   | 2.56  | 7.34  | 18.79   |                          |       |       |  |
|    |               | <b>Разом</b>  |       |       | 5134.93 |                          |       | 40.76 |  |

### Опалубка та розвантаження

|    |               |  |         |      |         |                          |      |      |                               |
|----|---------------|--|---------|------|---------|--------------------------|------|------|-------------------------------|
| 54 | E6-50-2       | МОНТАЖ І ДЕМОНТАЖ КРУПНОЦИТОВИЙ ОПАЛУБКИ ПЕРЕКРИТТІВ | M2      |      |         |                          |      |      | Гесляр 3р - 1чол., 2р - 1чол. |
|    | Загальн(р ем) |  | 29.70   | 0.67 | 19.90   | 0.12                     | 3.56 |      |                               |
| 55 | E51-7-5       | ВИВАНТАЖЕННЯ НЕСПОДРУЧНИХ ВАНТАЖІВ                   | T       |      |         | Засоби малої механізації |      |      | Такелажник 3р-1чол.,          |
|    | Загальн(р ем) |  | 2113.00 | 0.67 | 1415.71 |                          | 0.00 | 0.00 |                               |

|    |                             |  |                    |             |                |             |  |                |             |
|----|-----------------------------|--|--------------------|-------------|----------------|-------------|--|----------------|-------------|
|    | ем)                         |  |                    |             |                | механізації |  |                | 2р-1чол.,   |
| 56 | Е51-7-4<br>Загальн(р<br>ем) | ВИВАНТАЖЕННЯ ПОДРУЧНИХ<br>І НАВАЛОЧНИХ<br>ВАНТАЖІВ | Т<br><b>328.00</b> | <b>0.57</b> | <b>186.96</b>  |             |  | <b>0.00</b>    | <b>0.00</b> |
|    |                             | <b>Усього</b>                                      |                    |             | <b>29407.9</b> |             |  | <b>2591.10</b> |             |
|    |                             | <b>Сантехнічні роботи</b>                          | 10%                |             | <b>2940.79</b> |             |  | <b>259.11</b>  |             |
|    |                             | <b>Електромонтажні</b>                             | 8%                 |             | <b>2352.63</b> |             |  | <b>207.29</b>  |             |
|    |                             | <b>Слаботкові роботи</b>                           | 2%                 |             | <b>588.16</b>  |             |  | <b>51.82</b>   |             |
|    |                             | <b>разом</b>                                       |                    |             | <b>35289.5</b> |             |  | <b>3109.32</b> |             |
|    |                             | <b>Підготовчий період</b>                          | 4%                 |             | <b>1176.32</b> |             |  | <b>103.64</b>  |             |
|    |                             | <b>Благоустрій</b>                                 | 3%                 |             | <b>882.24</b>  |             |  | <b>77.73</b>   |             |
|    |                             | <b>Здача об'єкту</b>                               | 1%                 |             | <b>294.08</b>  |             |  | <b>25.91</b>   |             |
|    |                             | <b>Інші роботи</b>                                 | 12%                |             | <b>3528.95</b> |             |  | <b>310.93</b>  |             |
|    |                             | <b>Усього</b>                                      |                    |             | <b>41171.1</b> |             |  | <b>3627.54</b> |             |

### 4.3.1 Картка-визначник мережевого графіка

На підставі певної номенклатури та обсягів робіт, обраних методів виконання робіт та основних будівельних машин та механізмів, розрахунку трудомісткості складається картка-визначник робіт та ресурсів, подана у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Картка-визначник робіт та ресурсів мережевого графіка

| Код роботи |    | Найменування робіт                                       | Витрати праці чол-дн. | Тривалість робіт | Число робітників за зміну | Число змін |
|------------|----|--|-----------------------|------------------|---------------------------|------------|
| 1          | 2  | 3  | 4                     | 5                | 6                         | 7          |
| 1          | 2  | Підготовчий період                                       | 400                   | 16               | 5                         | 2          |
| 2          | 3  | Розробка катловану                                       | 27,39                 | 6                | 5                         | 1          |
| 3          | 4  | Влаштування фундаментів з гідроізоляцією                 | 212,22                | 21               | 5                         | 1          |
| 2          | 53 | Інші роботи  | 479,98                | 161              | 3                         | 1          |
| 4          | 9  | Кладка стін, монтаж плит перекриття та лісничних маршів. | 1291,2                | 63               | 9                         | 2          |
| 9          | 20 | Влаштування перегородок                                  | 159,28                | 36               | 4                         | 1          |
| 9          | 11 | Монтаж вікон   | 67,2                  | 10               | 7                         | 1          |
| 11         | 28 | Сантехнічні роботи (I етап)                              | 376                   | 44               | 9                         | 1          |
| 12         | 34 | Електромонтаж та слаботочні роботи (I етап)              | 560                   | 54               | 5                         | 2          |
| 19         | 29 | Влаштування покрівлі                                     | 500,85                | 23               | 21                        | 1          |
| 16         | 42 | Штукатурні роботи  | 511                   | 53               | 5                         | 2          |
| 29         | 39 | Благоустрій та озеленення (I етап)                       | 90                    | 10               | 9                         | 1          |
| 38         | 40 | Сантехнічні роботи (II етап)                             | 27                    | 9                | 3                         | -          |
| 23         | 47 | Влаштування підлоги та дверних коробок                   | 52                    | 363,02           | 3                         | 2          |
| 41         | 46 | Електромонтаж та слаботочні роботи (Петап)               | 160                   | 8                | 10                        | 2          |

|    |    |                                     |        |    |   |   |
|----|----|-------------------------------------|--------|----|---|---|
| 27 | 50 | Молярні роботи                      | 646,96 | 54 | 6 | 2 |
| 45 | 51 | Благоустрій та озеленення (II етап) | 30     | 10 | 3 | 1 |
| 52 | 54 | Здача об'єкту                       | 40     | 8  | 5 | 1 |

### 4.3.2 Розрахунок мережевого графіка

За розрахованою вище карткою-визначнику робіт, побудованою мережевою моделлю виконується оформлення мережі (кодуються роботи, проставляються найменування та обсяги, тривалість, кількість робочих, змінність). Потім виконується розрахунок параметрів мережного графіка вручну. Розрахунок графіка наведено у таблиці 4.3

Таблиця 4.3 - Розрахунок мережного графіка

| Номер роботи | Подія початку | Подія кінця | Продовж. | Ранні початок | Раніше закінч. | Пізн. початок | Пізн. закінч. | Загальний резерв | Приватний резерв |
|--------------|---------------|-------------|----------|---------------|----------------|---------------|---------------|------------------|------------------|
| 1            | 2             | 3           | 4        | 5             | 6              | 7             | 8             | 9                | 10               |
| 1            | 1             | 2           | 16       | 0             | 16             | 0             | 16            | 0                | 0                |
| 2            | 2             | 3           | 6        | 16            | 22             | 16            | 22            | 0                | 0                |
| 3            | 3             | 4           | 21       | 22            | 43             | 21            | 43            | 0                | 0                |
| 4            | 3             | 53          | 161      | 22            | 183            | 48            | 209           | 26               | 26               |
| 5            | 4             | 5           | 15       | 43            | 58             | 43            | 58            | 0                | 0                |
| 6            | 5             | 6           | 12       | 58            | 70             | 58            | 70            | 0                | 0                |
| 7            | 6             | 7           | 12       | 70            | 82             | 70            | 82            | 0                | 0                |
| 8            | 7             | 8           | 12       | 82            | 94             | 82            | 94            | 0                | 0                |
| 9            | 8             | 9           | 12       | 94            | 106            | 94            | 106           | 0                | 0                |
| 10           | 9             | 12          | 10       | 106           | 116            | 106           | 116           | 0                | 0                |
| 11           | 9             | 10          | 10       | 106           | 116            | 120           | 130           | 14               | 14               |
| 12           | 11            | 14          | 12       | 116           | 128            | 156           | 168           | 40               | 8                |
| 13           | 12            | 13          | 6        | 116           | 122            | 130           | 143           | 14               | 0                |
| 14           | 12            | 16          | 14       | 116           | 130            | 116           | 130           | 0                | 0                |
| 15           | 13            | 15          | 6        | 122           | 128            | 143           | 155           | 21               | 0                |
| 16           | 14            | 18          | 8        | 128           | 136            | 168           | 176           | 40               | 0                |
| 17           | 15            | 17          | 6        | 128           | 134            | 155           | 169           | 27               | 0                |
| 18           | 18            | 22          | 8        | 136           | 144            | 176           | 184           | 40               | 0                |
| 19           | 17            | 20          | 6        | 134           | 140            | 169           | 179           | 35               | 0                |
| 20           | 16            | 21          | 10       | 130           | 140            | 130           | 143           | 13               | 0                |
| 21           | 16            | 23          | 13       | 130           | 143            | 130           | 143           | 0                | 0                |
| 22           | 22            | 25          | 8        | 144           | 152            | 184           | 192           | 40               | 0                |
| 23           | 19            | 29          | 23       | 106           | 129            | 140           | 163           | 36               | 0                |
| 24           | 21            | 24          | 10       | 140           | 150            | 143           | 155           | 12               | 0                |
| 25           | 23            | 26          | 10       | 143           | 153            | 143           | 155           | 12               | 0                |
| 26           | 23            | 27          | 12       | 143           | 155            | 143           | 155           | 0                | 0                |
| 27           | 25            | 28          | 8        | 152           | 160            | 195           | 200           | 40               | 14               |
| 28           | 24            | 30          | 10       | 150           | 160            | 155           | 169           | 14               | 0                |
| 29           | 26            | 31          | 10       | 153           | 163            | 155           | 169           | 14               | 0                |
| 30           | 27            | 32          | 10       | 155           | 165            | 155           | 169           | 14               | 10               |

|    |    |    |    |     |     |     |     |    |    |
|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|----|----|
| 31 | 27 | 33 | 14 | 155 | 169 | 155 | 169 | 0  | 0  |
| 32 | 29 | 39 | 10 | 129 | 139 | 189 | 199 | 50 | 0  |
| 33 | 30 | 34 | 10 | 160 | 170 | 169 | 179 | 9  | 3  |
| 34 | 31 | 35 | 10 | 163 | 173 | 169 | 179 | 6  | 0  |
| 35 | 32 | 36 | 10 | 165 | 175 | 169 | 179 | 4  | 0  |
| 36 | 33 | 37 | 10 | 169 | 179 | 169 | 179 | 0  | 0  |
| 37 | 38 | 40 | 9  | 174 | 183 | 200 | 209 | 26 | 26 |
| 38 | 35 | 42 | 10 | 173 | 183 | 179 | 189 | 6  | 2  |
| 39 | 36 | 43 | 10 | 175 | 185 | 179 | 189 | 4  | 0  |
| 40 | 37 | 44 | 10 | 179 | 189 | 179 | 189 | 0  | 0  |
| 41 | 41 | 46 | 8  | 170 | 178 | 201 | 209 | 31 | 31 |
| 42 | 43 | 47 | 10 | 185 | 195 | 189 | 199 | 4  | 4  |
| 43 | 44 | 50 | 10 | 189 | 199 | 189 | 199 | 0  | 0  |
| 44 | 45 | 51 | 10 | 139 | 149 | 199 | 209 | 60 | 60 |
| 45 | 50 | 52 | 10 | 199 | 209 | 199 | 209 | 0  | 0  |
| 46 | 52 | 54 | 8  | 209 | 217 | 209 | 217 | 0  | 0  |

### 4.3.3 Техніко-економічні показники мережного графіка

Після складання та оптимізації мережевого визначаються його техніко-економічні показники:

– тривалість зведення об'єкта від початку його будівництва до введення в експлуатацію, що виражається коефіцієнтом

$$K_{\text{ПР}} = \frac{T_{\phi}}{T_{\text{Н}}}, \quad (4.1)$$

де  $T_{\phi}$  – фактична тривалість виконання робіт за календарним планом, міс.;

$T_{\text{Н}}$  - Нормативна тривалість будівництва.

$$K_{\text{ПР}} = \frac{217}{250} = 0,87.$$

Коефіцієнт  $K_{\text{ПР}}$  має бути менше одиниці; зменшення його є позитивною ознакою варіанта. Факторами, що впливають на тривалість будівництва, є змінність, суміщеність процесів та рівномірність руху робітників;

- Коефіцієнт нерівномірності руху робочих

$$K_{\text{Н}} = \frac{A_{\text{МАКС}}}{A_{\text{СР}}}, \quad (4.2)$$

де  $A_{\text{МАКС}}$  - Максимальна кількість робітників на день;

$A_{\text{СР}}$  - Середня кількість робітників на день, що дорівнює загальної трудомісткості, поділеної на кількість днів будівництва.

$$K_{\text{Н}} = \frac{53}{26} = 2,04.$$

Значення  $K_H$  буде зазвичай більше одиниці, причому, що вона ближче до одиниці, тим паче розстановка робочих щодня сприяє скорочення терміну будівництва;

- Вироблення на 1 чол.-Дн.

$$P = \frac{S}{N}, \quad (4.3)$$

де  $S$  – кошторисна вартість будівлі, що будується, тис. р.;

$N$  - Загальна трудомісткість будівництва, чол.-Дн.

$$P = \frac{4121518,14}{44798,59} = 92 \text{ тис. р. / чел., - дн.}$$

Збільшення виробітку на 1 чол.-дн. зменшує вартість будівництва;

- Питома трудомісткість, т.е. витрати на одиницю виміру будівлі, що будується на 1 м<sup>2</sup> житловий майдан;

- Питома трудомісткість, т.е. витрати на одиницю виміру будівлі, що будується на 1 м<sup>3</sup> будівельного обсягу будівлі

Зменшення питомої трудомісткості веде до зниження термінів будівництва. З іншого боку, скорочення термінів будівництва веде до зниження накладних витрат, т. е. також зменшення вартості будівництва.

#### 4.4 Будівельний генеральний план

Призначення стройгенплану полягає у створенні необхідних умов для праці будівельників, механізації робіт, приймання, зберігання та укладання конструкцій та матеріалів, забезпечення робіт водними та енергетичними ресурсами. Будівельний генеральний план розробляють із зазначенням меж будівельного майданчика та видів його огорож, діючих та тимчасових підземних, наземних та повітряних мереж та комунікацій, постійних та тимчасових доріг, схем руху засобів транспорту та механізмів, місць встановлення будівельних та вантажопідйомних машин із зазначенням шляхів їх переміщення та зон дії споруд, небезпечних зон, шляхів і засобів підйому працюючих на робочі яруси (поверхи), а також проходів у будівлі та споруди, розміщення джерел та засобів енергозбереження та освітлення будівельного майданчика із зазначенням розташування заземлювальних контурів, місць розташування пристроїв для видалення будівельного сміття, майданчиків та майданчиків. складання конструкцій, розташування приміщень для санітарно-побутового обслуговування будівельників, питних установок та місць відпочинку, а також зон виконання робіт підвищеної небезпеки.

#### 4.4.1 Визначення потреб у тимчасових будівлях та спорудах

Потреба будівництва в мобільних і тимчасових будівлях службового, громадського та санітарно-побутового призначення виробляються на стадії ПОС, визначаємо в % з: робітники (85%) - 45 осіб, ІТП (8%) -4 особи, службовці (5%) -3 особи, МОП (2%) -1 людина, виходячи з максимальної

$$N_{MAX}^P = 1,05 \cdot ((P \cdot 0,7 + (ИТР + С + МОП) \cdot 0,8 \cdot 0,5)) \quad (4.4)$$

де Р, ІТР, С, М – відповідно питома вага робітників, ІТП, службовців та молодшого персоналу.

0,7 та 0,8-коефіцієнти, що враховують кількість різних категорій працюючих в одну зміну;

0,5-коефіцієнт, що враховує лінійний персонал зазначений категорій працюючих;

1,05-коефіцієнт, що враховує учнів та практикантів;

$$N_{MAX}^P = 1,05 \cdot ((45 \cdot 0,7 + (4 + 3 + 1) \cdot 0,8 \cdot 0,5)) = 36 \text{ чел.}$$

Розрахунок необхідних площ мобільних тимчасових будівель виконуємо за такою формулою:

$$S = S_H \cdot N, \quad (4.5)$$

де N-кількість працюючих;

$S_H$  - нормативний показник площі будівлі на одну особу.

Таблиця 4.4 - Визначення розрахункової чисельності працюючих

| Номенклатура тимчасових будівель     | Форма визначення розрахункової чисельності працюючих | Число робітників |
|--------------------------------------|--|------------------|
| 1 Гардероб                           | $1.04 \cdot P$                                       | 47               |
| 2 Душові чоловічі                    | $0.7 \cdot (1.04 \cdot P \cdot 0.7)$                 | 23               |
| 3 Вбиральні чоловічі                 | $0.7 \cdot N_{MAX}P$                                 | 37               |
| 4 Душові жіночі                      | $0.7 \cdot (1.04 \cdot P \cdot 0.3)$                 | 10               |
| 5 Вбиральні жіночі                   | $0.3 \cdot N_{MAX}P$                                 | 11               |
| 6 Умивальні                          | $N_{MAX}P$   | 53               |
| 7 Сушарка                            | $1.04 \cdot P \cdot 0.7$                             | 33               |
| 8 Приміщення для обігріву робітників | $1.04 \cdot P \cdot 0.7$                             | 33               |
| 9 Прорабська                         | $0.505 \cdot (ИТР + С + М) \cdot 0,8$                | 3                |
| 10 Диспетчерська                     |  | 1                |

Таблиця 4.5 - Розрахунок потрібних площ тимчасових будівель

| Найменування тимчасових будівель     | Розрахунок чисельності робітників | Нормативний показник площі м2/ос | Розрахункова потреба у площі s, м2 | Прийнята корисна, S, м2 | Тип будівлі за його шифром або № проекту | Габаритні розміри в плані, м | Кількість будівель, шт |
|--------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-------------------------|--|------------------------------|------------------------|
| 1 Гардероб                           | 47                                | 0,7                              | 39,2                               | 39,6                    | 420-13-2                                 | 6,6*2                        | 3                      |
| 2 Душові чоловічі з умивальником     | 23                                | 0,6                              | 13,08                              | 27,1                    | СПД-М                                    | 9,0 * 3,0                    | 1                      |
| 3 Вбиральні чоловічі                 | 37                                | 0,1                              | 3,7                                | 14,8                    | 420-04-23                                | 6,0 * 2,7                    | 1                      |
| 4 Душові жіночі з умивальником       | 10                                | 0,6                              | 6                                  | 27,1                    | СПД-М                                    | 9,0 * 3,0                    | 1                      |
| 5 Вбиральні жіночі                   | 11                                | 0,1                              | 1,1                                | 16,2                    | 420-04-23                                | 6,0 * 2,7                    | 1                      |
| 6 Сушарка                            | 33                                | 0,6                              | 19,8                               | 48,6                    | 420*01-13                                | 9,0 * 2,7                    | 1                      |
| 7 Приміщення для обігріву робітників | 33                                | 0,8                              | 26,4                               | 54                      | 420*04-9                                 | 9,0 * 3,0                    | 2                      |
| 8 Виконробська                       | 3                                 | 4                                | 12                                 | 12                      | 420-13-1                                 | 6,0 * 2,0                    | 1                      |
| 9 Диспетчерська                      | 1                                 | 7                                | 7                                  | 18                      | 420-01-12                                | 9,0 * 2,0                    | 1                      |

#### 4.4.2 Розрахунок та проектування складських приміщень та майданчиків

Розрахунок корисних площ на стадії ПІС ведеться на 1 млн.грн. максимального річного обсягу БМР:

$$S_{\text{тр}} = S_{\text{н}} \cdot C_{\text{смп max}}, \quad (4.6)$$

де  $S_{\text{н}}$ -нормативний показник площі будівель, м2/млн. грн;

$C_{\text{смп max}}$ - максимальний річний обсяг БМР.

Розрахунок потрібних площ відкритих складських майданчиків для зберігання основної номенклатури матеріалів:

$$S_{\text{тр}} = P_{\text{скл}} \cdot q, \quad (4.7)$$

де  $P_{\text{скл}}$ - Розрахунковий запас матеріалів;

$q$  – норма складування матеріалів 1м2.

Розрахунковий запас матеріалів, що підлягають зберіганню на складі:

$$P_{\text{скл}} = P_{\text{заг}} / T \cdot T_{\text{нв}} \cdot D_{\text{о1}} \cdot D_{\text{о2}}, \quad (4.8)$$

де  $P_{\text{заг}}$ – загальна потреба у конструкцій, до виконання планових обсягів БМР;

$T$  – період споживання матеріалів у днях;

$D_{\text{о1}}$ - Коефіцієнт нерівномірності надходження матеріалів,  $K_1=1,1$ ;

$D_{\text{о2}}$ - Коефіцієнт нерівномірності виробничого споживання,  $K_2=1,3$ .

Розрахунок відкритих складських майданчиків робимо в табличній формі.

Таблиця 4.6 - Розрахунок складських площ

| Найменування матеріалу  | Од. Змін. | Загальна витрата Q | Продовж. робіт T | Добова витрата, q | Запас зберігання, дн | Запас на складі | Норма зберігання | Пл. складу без проходів | Коеф. вчить. прохід | Площа складу | Тип складу |
|-------------------------|-----------|--------------------|------------------|-------------------|----------------------|-----------------|------------------|-------------------------|---------------------|--------------|------------|
| Покрівельний матеріал   | м2        | 836                | 23               | 36,35             | 3                    | 109,04          | 1,4              | 15,27                   | 0,6                 | 24,43        | Закр       |
| Віконні та дверні блоки | т.        | 4,82               | 26               | 0,185             | 3                    | 0,556           | 25               | 13,9                    | 0,5                 | 20,86        | Закр       |
| Утеплювач               | м3        | 270                | 23               | 11,74             | 3                    | 35,22           | 0,03             | 1,06                    | 0,4                 | 1,5          | Закр       |

#### 4.4.3 Визначення потреб будівництва у воді

Тимчасове водопостачання необхідне забезпечення виробничих господарсько-побутових і протипожежних потреб майданчика. Потреба у воді наведена у таблиці 4.7

Таблиця 4.7 - Графік водоспоживання на будівельному майданчику

| Найменування робіт                         | Календар |         |         |         |        |         |          |         |          |         |        |       |
|--|----------|---------|---------|---------|--------|---------|----------|---------|----------|---------|--------|-------|
|  | Березень | Квітень | Травень | Червень | Липень | Серпень | Вересень | Жовтень | Листопад | Грудень | Січень | Лютий |
| 1. Приготування розчинів                   |          |         |         |         |        |         |          |         |          |         |        |       |
| 2. Приготування бетону                     |          |         |         |         |        |         |          |         |          |         |        |       |
| 3. Штукатурка                              |          |         |         |         |        |         |          |         |          |         |        |       |
| 4. Поливка бетону                          |          |         |         |         |        |         |          |         |          |         |        |       |
| 5. Поливка опалубки                        |          |         |         |         |        |         |          |         |          |         |        |       |
| 6. Заправка, помивка вантажних автомобілів |          |         |         |         |        |         |          |         |          |         |        |       |
| 7. Заправка, миття бульдозерів             |          |         |         |         |        |         |          |         |          |         |        |       |
| 8. Заправка, миття екскаваторів            |          |         |         |         |        |         |          |         |          |         |        |       |
| 9. Господарсько-питні потреби              |          |         |         |         |        |         |          |         |          |         |        |       |
| 10. Користування душем                     |          |         |         |         |        |         |          |         |          |         |        |       |
| 11. Пожаротушення                          |          |         |         |         |        |         |          |         |          |         |        |       |
| Разом                                      | 75       | 77      | 77      | 81      | 80     | 84      | 80       | 80      | 75       | 75      | 75     | 75    |

Таблиця 4.8 - Розрахунок тимчасового водопостачання

| Найменування споживачів та види витрати води | Обсяг робіт |        | Питома витрата на од. V | Загальна потреба |
|--|-------------|--------|-------------------------|------------------|
|  | Од. змін.   | Кільк. |                         |                  |
| 1  | 2           | 3      | 4                       | 5                |
| 1. Виробничі потреби                         |             |        |                         |                  |
| Штукатурні роботи                            | м2          | 3630   | 7                       | 25410            |
| Забарвлення                                  | м2          | 8577   | 2                       | 17154            |
| Разом:                                       |             |        |                         | 42564            |
| 2. Господарські потреби                      |             |        |                         |                  |
| Душева та умивальник                         | чол         | 53     | 4                       | 212              |
| Разом:                                       | чол         | 33     | 40                      | 1320             |
|  |             |        |                         | 1522             |
| 3. Пожежні потреби                           |             | 1      | 10                      | 10               |
| Всього:                                      |             |        |                         | 44096            |

Розрахункова секундна витрата води на виробничі потреби:

$$Q_{np} = 1,2Q_1 \cdot K_1 / 8 \cdot 3600, \quad (4.9)$$

де  $K_1$  - Коефіцієнт годинної нерівномірності споживання води;

$Q_1$  - Загальна кількість води на виробничі потреби, л.

$$Q_{np} = 1,2 \cdot 42564 \cdot 1,3 / 8 \cdot 3600 = 2,31 \text{ л/с.}$$

Витрата води на господарські потреби:

$$Q_{оз} = Q_2 \cdot K_2 / 8 \cdot 3600 + Q_3 \cdot K_3 / m \cdot 60 \quad (4.10)$$

де  $Q_2$  - Кількість води на душові установки, л.;

$K_2$  - Коефіцієнт, що враховує ставлення тих, хто користується душем і найбільшою кількістю в зміну;

$m$  - Тривалість роботи душової установки (зазвичай приймається 45 хв. після зміни)

$$Q_{оз} = 212 \cdot 1,3 / 8 \cdot 3600 + 1320 \cdot \frac{33}{53} / 45 \cdot 60 = 0,31 \text{ л/с.}$$

Розрахункова максимальна витрата води:

$$Q_{общ} = Q_{np} + Q_{оз} + Q_{погл.}$$

(4.11)

$$Q_{общ} = 2,31 + 0,31 + 10 = 12,62 \text{ л/с.}$$

Діаметр трубопроводу розраховуємо за формулою:

$$D = \sqrt{4 \cdot Q_{общ} \cdot 1000 / \pi \cdot g}$$

(4.12)

де  $g$  - Швидкість руху води по трубах, м / с.

приймаємо  $g = 1.06(1.7)$

де  $g$  – швидкість руху води трубами, м/с.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 12,62 \cdot 1000}{3,14 \cdot 1,06}} = 127 \text{ мм.}$$

Приймаємо трубу з умовним проходом 125 мм..

#### 4.4.4 Розрахунок тимчасового електропостачання

Розрахунок тимчасового електропостачання полягає у визначенні найнапруженішого періоду з точки зору споживання електроенергії. Для цього періоду визначається сумарна потреба потужності та підбирається трансформатор.

Таблиця 4.9 - Розрахунок тимчасового електропостачання.

| Найменування споживання,<br>найменування споживача | Обсяг роботи |        | Потужність |          |
|--|--------------|--------|------------|----------|
|  | од.вим.      | Кільк. | за нормою  | загальна |
| 1  | 2            | 3      | 4          | 5        |
| 1. Силові споживачі                                |              |        |            |          |
| 1.1 Кран баштовий КБК-160.2                        | шт           | 1      | 85         | 132      |
| Разом  |              |        |            | 132      |
| 2. Технологічні потреби                            |              |        |            |          |
| 2.1 Зварювальний трансформатор АСБ300              | шт           | 2      | 25         | 50       |
| 2.2 Електрокалорифер БІК – 15                      | шт           | 5      | 15         | 75       |
| Разом  |              |        |            | 125      |
| 3. Внутрішнє освітлення                            |              |        |            |          |
| 3.1 Контора  | м2           | 12     | 0,012      | 0,144    |
| 3.2 Побутовки                                      | м2           | 39,6   | 0,015      | 0,594    |
| 3.3 Закритий склад                                 | м2           | 54     | 0,004      | 0,216    |
| Разом  |              |        |            | 0,954    |
| 4. Зовнішнє освітлення                             |              |        |            |          |
| 4.1 Виробництво кам'яних та монтажних робіт        | м2           | 2235   | 0,0008     | 1,788    |
| 4.2 Охоронне освітлення                            | м.п.         | 194,2  | 0,003      | 0,583    |
| Разом  |              |        |            | 2,371    |

Загальна потужність споживачів електроенергії визначається за такою формулою:

$$P_{mp} = \alpha \cdot \left( \frac{K_1 \cdot \sum P_C}{\cos \varphi_1} + \frac{K_2 \cdot \sum P_T}{\cos \varphi_2} + K_3 \cdot \sum P_{o.v.} + K_4 \cdot \sum P_{o.H.} + K_5 \cdot \sum P_{c.v.} \right)$$

(4.13)

де  $\sum P_C$  - Сума номінальних потужностей всіх силових установок, кВт;

$\alpha$  - Коефіцієнт, що враховує втрати в мережі дорівнює 1,05 - 1,1;

$\sum P_T$  - Сума номінальних потужностей на технологічні потреби.

$\sum P_{o.v.}, \sum P_{o.H.}$  - сумарна потужність освітлювальних приладів, пристроїв зовнішнього та внутрішнього освітлення відповідно, кВт.

$\sum P_{c.v.}$  - теж для зварювальних трансформаторів, кВт;

$K_1 \dots K_5$  - Коефіцієнти попиту залежать від числа одночасно працюючих споживачів, приймаються:  $K_1 = 0,6 - 0,4$ ;  $K_2 = 0,4$ ;  $K_3 = 0,8$ ;  $K_4 = 0,9$ ;  $K_5 = 0,8 - 0,4$ ;

$\cos \varphi_1, \cos \varphi_2$  - Коефіцієнти потужності.

$\cos \varphi_1 = 0,7$ ;  $\cos \varphi_2 = 0,8$

$$P_{mp} = 1,05 \cdot \left( \frac{0,6 \cdot 132}{0,7} + \frac{0,4 \cdot 125}{0,8} + 0,8 \cdot 0,954 + 0,9 \cdot 2,371 + 0,6 \cdot 50 \right) = 190,62 \text{ кВт.}$$

Приймаємо комплектну трансформаторну підстанцію КТПН-72М-250 потужністю 250 кВт.

#### **4.5 Рішення з техніки безпеки та охорони навколишнього середовища**

При виконанні робіт суворо дотримуватись правил техніки безпеки у будівництві відповідно до ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення".

Особливу увагу звернути на таке:

1. Під'їзні шляхи та дороги до будівельного майданчика повинні бути споруджені до початку будівництва та забезпечити доступ транспортних засобів та будівельних машин до всіх об'єктів, що будуються.

2. Будівельний майданчик повинен бути огорожений дерев'яним парканом.

3. По периметру будівлі, що будується, необхідно встановити зони, небезпечні для знаходження людей.

4. Проїзди, проходи, підкранові колії, вантажно-розвантажувальні майданчики та робочі місця необхідно регулярно очищати від снігу та льоду, дороги посипати піском, шлаком.

5. Металеві частини будівельних машин та механізмів з електроприводом, корпусу електродвигунів, понижувальних трансформаторів, пускових апаратів, кожухів, рубильників, рейкові підкранові колії та інші пристрої повинні бути заземлені відповідно до «Правил улаштування електроустановок» (ПУЕ), "Правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів", затвержені Держенергонаглядом.

6. На всіх ділянках будівництва, де потрібно за умовами роботи: у машин та механізмів, на автомобільних дорогах та в інших небезпечних місцях повинні бути вивішені добре видимі, а у темний час доби – освітлені попереджувальні та вказівні написи або знаки безпеки.

7. У місцях переходу через канали та траншеї (глибиною більше 1м), а також для проходу до робочих місць, де це необхідно, повинні бути влаштовані перехідні містки або ходи шириною не менше 0,6м з поручнями заввишки 1м.

При виробництві будівельно-монтажних робіт необхідно дотримуватись вимог:

"Правил охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами";

"Правил встановлення допустимих викидів шкідливих речовин промислових підприємств".

Перед початком будівництва будівель та споруд зробити зрізання рослинного шару ґрунту по всьому майданчику.

Частину рослинного ґрунту, що використовується надалі для благоустрою та озеленення, складувати у кагати..

Випуск поверхневих вод з будівельного майданчика необхідно організувати таким чином, щоб запобігти розмиву прилеглої території.

Зелені насадження, що знаходяться на території будівництва, зносити або переносити лише у разі потрапляння під пляму забудови. При виробництві планувальних та інших робіт не допускати пошкодження та засипання ґрунтом корневих шийок та стовбурів дерев, що ростуть.

При досягненні водоносних горизонтів у процесі виконання бурових робіт необхідно вживати заходів щодо запобігання неорганізованому виліву підземних вод.

Для запобігання запиленості та загазованості повітря при збиранні відходів та сміття скидати їх з поверхів будівель та споруд без застосування закритих лотків та бункерів-накопичувачів не допускається.

Виробничі та побутові стоки, що утворюються на будмайданчику, необхідно очищати та знешкоджувати.

## **РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА**

### **5.1 Загальні положення**

Метою даного розділу є розробка кошторисної документації на будівництво адміністративної будівлі. Адміністративна будівля проектується з розмірами в осях 1-14, розмір 44,2 м, в осях А-І 20 м, найвища позначка - 21,13 м.

Адміністративна будівля – п'ятиповерховий об'єм із підвалом. Несучі конструкції, зовнішні стіни складні та виконані із силікатної цегли з газосилікатними вкладишами товщиною 660 мм та внутрішні поздовжні стіни товщиною 380 мм. Перекриття – залізобетонні пустотні плити.

Згідно з прийнятим в Україні механізмом ціноутворення вартість будівництва визначається у двох рівнях цін:

- 1) у базисному рівні - за кошторисними нормами та цінами 2025 р.;
- 2) у поточному рівні – на основі індексів зміни окремих елементів витрат до базисної вартості будівництва.

Вартість будівництва визначалася мною на підставі чинних нормативних документів. Локальний кошторис на будівельно-монтажні роботи складався мною за формою 5 (див. додаток А). У цій магістерській кваліфікаційній роботі обсяги будівельно-монтажних робіт визначалися за проектними даними згідно з діючими кошторисними нормами та правилами підрахунку обсягів робіт. Вартість, визначена локальною кошторисом, включає прямі витрати, накладні витрати, планові накопичення.

Об'єктний кошторис був складений за формою 4 за даними локального кошторису.

### **5.2 Кошторисні розрахунки**

#### **5.2.1 Локальний кошторис на загальнобудівельні роботи**

Локальний кошторис відображає кошторисну вартість будівельно-монтажних робіт, які становили 94941,5 тис. грн. та є первинним кошторисним документом, на підставі якого формуються об'єктний кошторис на будівництво адміністративної будівлі. Локальний кошторис складено окремі комплекси робіт. Кошторисна вартість будівельно-монтажних робіт складається з трьох різних за своїм економічним призначенням частин: прямі витрати, накладні витрати та планові накопичення.

Нормативна трудомісткість у складі прямих витрат складається з витрат праці робітників, незайнятих обслуговуванням машин, та витрат праці робітників, які обслуговують машини та за розрахунками склала 31999 люд.-год.

Вихідними даними для локального кошторису є:

- Відомість обсягів робіт (розділ 4);

- Проект організації будівництва (розділ 4);
- Дані про місце будівництва (місто Ічня);
- Кошторисні нормативи, що діють.

Норми накладних витрат та планових накопичень для будівельно-монтажних робіт визначалися у відсотках від суми кошторисних величин основної заробітної плати та зарплати машиністів. Для цього дипломного проекту, які використовуються для розрахунків граничні норми накладних витрат та планових накопичень відповідно дорівнюють 135,6 та 167,7 відсотків.

Норма залежить від видів робіт та зони будівництва.

У локальному кошторисі виділяється нормативна трудомісткість та кошторисна заробітна плата, які визначаються шляхом підсумовування їх величини, виділеної у прямих витратах та накладних витратах.

Кошторисна заробітна плата в локальних кошторисах включає також дві складові:

заробітна плата у складі прямих витрат;

заробітну плату у складі накладних витрат.

Локальний кошторис було складено формою 5.

Локальний кошторис №1 наведено у додатку А.

### **5.2.2 Об'єктний кошторис**

Об'єктний кошторис було складено на основі локального кошторису та розрахунків за формою 4. В об'єктному кошторисі по рядках була розрахована вартість окремих видів робіт: загальнобудівельних, електромонтажних, слаботочних робіт, сантехмонтажу, витрат на підготовчий період, на благоустрій території та здачі об'єкта. Накладні витрати та планові накопичення були розраховані у відсотках від суми основної заробітної плати робітників та вартості експлуатації будівельних машин

Розрахунок об'єктного кошторису здійснено за укрупненими показниками кошторисної вартості, витрат праці та заробітної плати. У перший рядок (загальнобудівельні роботи) об'єктного кошторису заносяться дані підсумку локального кошторису. Інші рядки заповнюються як частка від першого рядка (укрупнені показники). Так сантехнічні роботи становлять 10% від загальнобудівельних, електромонтажні – 8%, слаботочні – 2%, підготовчі – 4%, благоустрій – 3%, задача об'єкту – 1% та інші роботи – 12%.

Таблиця 5.1 - Об'єктний кошторис

| №          | Найменування робіт та витрат | Вартість, тис. грн. |                                  |           |                  |                     |                      |         |          | Трудоємність, т. люд-год. |
|------------|------------------------------|---------------------|----------------------------------|-----------|------------------|---------------------|----------------------|---------|----------|---------------------------|
|            |                              | Основна з/плата     | Експлуатація машин та механізмів | Матеріали | Накладні витрати | Планові накопичення | Обладудів. інвентар. | Інші    | Усього   |                           |
| У т.ч. З/п |                              |                     |                                  |           |                  |                     |                      |         |          |                           |
| 1          | 2                            | 3                   | 4                                | 5         | 6                | 7                   | 8                    | 9       | 10       | 11                        |
| 1          | Загальнобудівельні роботи    | 260909.5            | 358658.8<br>80150.0              | 1291986.2 | 462476.6         | 569910.4            |                      |         | 94941.5  | 32.0                      |
| 2          | Сантех                       | 26091.0             | 35865.9<br>8015.0                | 129198.6  | 56991.0          | 59855.9             |                      |         | 3002.4   | 3.2                       |
| 3          | Електромонт аж               | 20872.8             | 28692.7<br>6412.0                | 103358.9  | 33560.3          | 26275.2             |                      |         | 12759.8  | 2.6                       |
| 4          | Слаботкові роботи            | 5218.2              | 7173.2<br>1603.0                 | 25839.7   | 10709.3          | 12892.0             |                      |         | 6132.4   | 0.6                       |
| 5          | Підготовка                   | 10436.4             | 14346.4<br>3206.0                | 51679.4   | 18499.1          | 22796.4             |                      |         | 11757.7  | 1.3                       |
| 6          | Благоуст                     | 7827.3              | 10759.8<br>2404.5                | 38759.6   | 10528.5          | 9802.0              |                      |         | 7777.2   | 1.0                       |
| 7          | Здача                        |                     |                                  |           |                  |                     |                      | 2949.4  | 2949.4   | 0.3                       |
| 8          | Інші                         | 31309.1             | 43039.1<br>9618.0                | 155038.3  | 55497.2          | 68389.2             |                      |         | 3573.0   | 3.8                       |
|            | РАЗОМ:                       | 362664.2            | 498535.7<br>111408.4             | 1795860.9 | 648262.0         | 769921.3            |                      | 29439.4 | 154683.4 | 44.8                      |

### 5.3 Визначення кошторисної вартості БМР у поточних цінах

Відповідно до прийнятому в Україні механізму ціноутворення, вартість будівництва визначається у двох рівнях цін: у базисному рівні за кошторисними нормами і розцінками, у рівні цін, з урахуванням індексів зміни вартості окремих елементів витрат до базисної вартості будівництва чи цін, сформованих за певний період.

Розрахунок вартості виконаних робіт у поточних цінах виконано на підставі локального кошторису будівельно-монтажних робіт, який, у свою чергу, є основним документом для оплати замовником виконаних робіт.

Сума зарплати визначалася шляхом множення її величини (у базисних цінах) на індекс зміни вартості зарплати та становила 33311,45 тис. грн.

Вартість експлуатації машин і механізмів визначається за допомогою індексу переведення вартості з базисного до поточного рівня цін (46 897,72 тис. грн.)

Транспортні витрати визначалися шляхом застосування до їхньої базисної вартості індексу транспортних витрат.

Заготівельно-складські витрати визначено як добуток 2% вартості всіх матеріалів і транспортних витрат у поточних цінах та коефіцієнта 1,12.

Кошторисна вартість будівництва збільшується на суму податків і платежів до республіканського та місцевого бюджетів, які встановлюються органами управління в межах їхньої компетенції.

#### 5.4 Техніко-економічні показники

Таблиця 5.2 - Техніко - економічні показники проекту

| Найменування показників                                   | Од. вим.              | Обґрунтування<br>чи розрахунок | Значення баз.<br>/пот.<br>тис. грн |
|---|-----------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| 1   | 2                     | 3                              |                                    |
| 1. Показники об'ємно-планувального рішення                |                       |                                |                                    |
| 1.1 Будівельний об'єм будівлі                             | м3                    | $V_{стр}$                      | 15341,00                           |
| 1.2 Робоча площа  | м2                    | $S_p$                          | 1477,55                            |
| 1.3 Загальна площа  | м2                    | $S_{загалом}$                  | 2166,34                            |
| 2. Показники кошторисної вартості                         |                       |                                |                                    |
| 2.1 Загальна кошторисна вартість                          | тис.грн.              | Об'єктний кошторис             | 154683.4                           |
| 2.2 У тому числі загальнобудівельних робіт                | тис.грн.              | Локальний кошторис $C_{см}$    | 94941.5                            |
| 2.3 Вартість 1 м <sup>3</sup> будівельного обсягу будівлі | $\frac{тис.грн.}{м3}$ | $\frac{C_{см}^{об}}{V_{стр}}$  | 267.56                             |
| 2.4 Вартість 1м2 загальної площі                          | $\frac{тис.грн.}{м2}$ | $\frac{C_{см}^{об}}{S_{общ}}$  |                                    |
| 3. Показники трудових витрат                              |                       |                                | 1894.75                            |
| 3.1 Усього витрат праці                                   | чол.                  | Об'єктний кошторис             |                                    |
| 3.2 У т.ч. на загальнобудівельні роботи                   | чол.                  | $T_{стр}$                      |                                    |
| 3.3 Витрати праці в 1 м3об'єкта                           | чол.                  | $\frac{T_{общ}}{V_{стр}}$      | 44786.00                           |
| 3.4 Витрати праці в 1 м2площі                             | чол.                  | $\frac{T_{общ}}{S_{общ}}$      | 31990.00                           |
| 3.5 Виробіток на 1 чол.-год.                              | $\frac{т.грн.}{чол.}$ | $\frac{C_{см}^{об}}{T_{общ}}$  | 2.92                               |

# **РОЗДІЛ 6. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА**

## **АНАЛІЗ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **ВПЛИВУ ЗАХИСНОГО ШАРУ БЕТОНА НА ГРАНИЧНІ**

### **НАПРУЖЕННЯ ЗЧЕПЛЕННЯ З АРМАТУРОЮ**

#### **Актуальність теми**

У контексті широкомасштабної війни в Україні суттєво зросли вимоги до надійності залізобетонних конструкцій як у новому будівництві, так і при підсиленні та відновленні об'єктів, які зазнали пошкоджень. Значна частина руйнувань споруд, зокрема під час вибухових навантажень, починається з втрати зчеплення між арматурою і бетоном — ключового чинника їх спільної роботи. Недостатній захисний шар бетону або його деградація внаслідок дії високих температур, механічних навантажень чи старіння конструкцій може призводити до передчасного руйнування елементів. У світлі цього вивчення впливу товщини захисного шару бетону на граничні напруження зчеплення арматури з бетоном є вкрай актуальним для забезпечення довговічності й вибухостійкості об'єктів цивільного та оборонного призначення. Це дослідження також має прикладне значення для швидкого й обґрунтованого проєктування захисних споруд, притулків та укриттів в умовах обмежених ресурсів.

**Метою даної роботи** є встановлення впливу товщини захисного шару бетону на граничні напруження зчеплення арматури з бетоном шляхом аналізу експериментальних даних та формування розрахункової залежності для удосконалення методики анкерування арматурних елементів у залізобетонних конструкціях.

**Об'єктом дослідження** є опір залізобетонних конструкцій будівель та споруд при взаємодії арматури з бетоном.

**Предметом дослідження** є залежність граничних напружень зчеплення арматури з бетоном від товщини захисного шару бетону.

**Задачі дослідження:**

1. Проаналізувати нормативні вимоги до мінімального захисного шару бетону згідно з чинними стандартами.
2. Вивчити експериментальні методики дослідження зчеплення арматури з бетоном при змінній товщині захисного шару.
3. Провести аналіз результатів випробувань зразків різної конфігурації (призми, балки).
4. Встановити характер руйнування зразків залежно від геометричних параметрів.
5. Проаналізувати аналітичну модель залежності граничних напружень зчеплення від товщини захисного шару.
6. Оцінити можливість використання отриманої залежності при проектуванні довжини анкерування арматури в конструкціях, що працюють у складних умовах (вибух, повторні навантаження тощо).

### **Вступ**

Збройна агресія проти України, яка триває з 2014 року та особливо загострилась після 2022 року, призвела до масових руйнувань інфраструктури, житлових і промислових об'єктів, а також до необхідності швидкої відбудови та підсилення існуючих будівельних конструкцій. У таких умовах питання довговічності, надійності й безпечності експлуатації залізобетонних споруд набуло критично важливого значення. Одним з ключових факторів, що визначають несучу здатність залізобетонних елементів, є ефективність спільної роботи арматури з бетоном, яка забезпечується зчепленням на межі поділу матеріалів. Порушення цього зчеплення є однією з головних причин втрати працездатності конструкцій під час надзвичайних впливів, зокрема вибухових навантажень.

Значну роль у забезпеченні зчеплення арматури з бетоном відіграє захисний шар бетону — конструктивний елемент, який виконує не лише антикорозійну функцію, а й бере участь у процесах передачі зусиль з бетону на арматуру. Товщина цього шару впливає на розподіл напружень у зоні

контакту, а також на характер руйнування (відрив, висмикування, зминання бетону тощо). Особливої актуальності дослідження цього питання набуває у випадках, коли підсилення конструкцій здійснюється з урахуванням змінених умов експлуатації, дії імпульсних навантажень або часткового пошкодження арматурно-бетонного зв'язку внаслідок старіння чи вибуху.

Незважаючи на наявність нормативних вимог щодо мінімального захисного шару бетону, багато питань щодо його оптимальної товщини в умовах роботи зчеплення залишаються відкритими. Більшість рекомендацій базуються на емпіричних залежностях, отриманих у 1960–1980-х роках, без врахування сучасних змін у хімічному складі бетонів, формі профілю арматури, характеру навантаження. У сучасних умовах виникає потреба в оновленні підходів до визначення раціональної товщини захисного шару як для проектування нових конструкцій, так і для їх підсилення з урахуванням сучасних вимог експлуатації.

### **6.1 Аналіз попередніх досліджень**

Проблема зчеплення арматури з бетоном, як зазначено в роботах має фундаментальне значення для теорії та практики залізобетону.

Спільна робота арматури з бетоном, яка забезпечується зчепленням, є основною передумовою роботи залізобетону як конструкційного матеріалу. Зчеплення арматури з бетоном відіграє важливу роль у забезпеченні міцності, жорсткості та тріщиностійкості залізобетонних конструкцій.

Проблема взаємодії бетону та арматури давно привертає увагу вчених. Про ненадійність адгезійних зв'язків згадував ще В. Юферов у 1924 р. Зчеплення профільованої арматури, таким чином, виявилось обумовленим в основному зачепленням, а значить опором бетону зім'яттю за малими майданчиками. Уперше великі досліди такого характеру проводилися німецьким вченим Г. Ремом [58]. Ним була також зроблена спроба пояснити результати дослідів, виходячи з припущень про суцільність бетону і про

механічну подібність. З дослідів, проведених з арматурою, мають бути відзначені досліди Я. Гото [59], який виявив наявність системи контактних тріщин, що локалізуються поблизу поверхні арматури.

Для розв'язання задачі зчеплення арматури з бетоном у нашій країні та за кордоном проведено великі експериментально-теоретичні дослідження, серед яких роботи А. Б. Голишева, М.І. Карпенка, О.А. Оатула, М.М. Холмянського, Є.М. Бабича [60-62], В.І. Колчунова, О.В. Семка [63, 64], В.М. Тихомирова, І.А. Рудного, А.В. Беніна, В.М. Першакова, Дж.С. Круза [65], С. Дельгадо [66], В.В. Бедарева, М.Т. Гомеса Барбози [67] та ін.

В дослідженнях М.І. Карпенка зчеплення арматури і бетону та їх взаємне зміщення розглядається з урахуванням утворення так званих кільцевих тріщин, які раніше були виявлені Я. Гото та іншими. Г.М. Шоршньов, Г.П. Яковленко, А.В. Трофімов розв'язували задачу зчеплення з позицій теорії складених стрижнів Р.А. Ржаніцина. Проблема повзучості зчеплення бетону й арматури вперше отримала першу теоретичну апробацію в умовах лінійного повзучості в роботах А.А. Оатула та ін. Проведені також великі експериментально-теоретичні дослідження зчеплення відносно нових видів арматури, зокрема, арматури серповидного профілю (класу А500С) або інших профілів [60, 61].

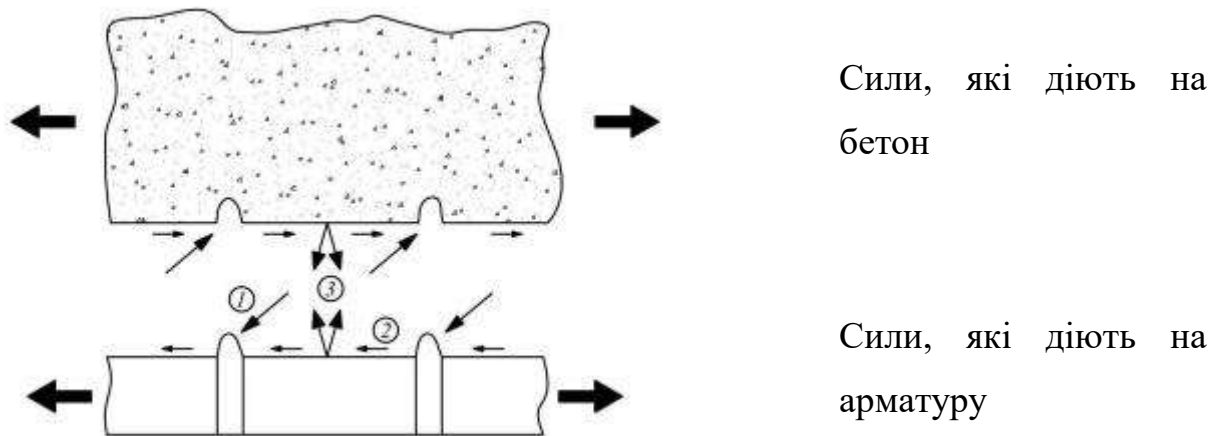
Сили зчеплення створюють складний напружено-деформований стан і створюють розколювальну дію на бетон [68]. Зчеплення, навіть із повністю забезпеченим анкеруванням, відіграє істотну роль у забезпеченні міцності перерізів [69]. За відсутності зчеплення виникнення першої тріщини тягне за собою зростання деформацій по довжині вздовж розтягнутої арматури, що, своєю чергою, призводить до різкого розкриття тріщини, зменшення висоти стиснутої зони і, як правило, до передчасного руйнування конструкцій [70-72]. Від якості зчеплення залежить відстань між тріщинами та ширина їх розкриття. Нині в практиці проектування немає достатньо загальних і добре обґрунтованих способів розрахунку зчеплення й анкерування [73]. Відомо,

що розтягувальне зусилля, що прикладається до арматури, викликає депланацію перерізів бетону, що з'являється не тільки в результаті подовження бетону, а й унаслідок появи мікротріщин біля арматури [74].

Високі напруження, непружні деформації бетону, виникнення внутрішніх тріщин, депланація перерізу бетону, нормальний тиск, що виробляється арматурою на бетон, та небезпека розколювання, вплив виду та профілю арматурних елементів, міцність та склад бетону, його напруженого стану, наявність, розташування та кількість непрямого армування - все це суттєво впливає на природу зчеплення.

Як показали дослідження, сила зчеплення змінюється в широких межах і здебільшого залежить від трьох чинників (рис. 6.1а) [60, 63, 74, 75]:

- склеювання арматури з бетоном завдяки склеювальній здатності цементного гелю (адгезія);
- сил тертя, що виникають на поверхні арматури, завдяки затисканню стержнів у бетоні в процесі його усадки;
- опору бетону зусиллям зрізу, що виникають внаслідок наявності нерівностей і виступів на поверхні арматури.



**Рис. 6.1а** Схематичне представлення різних силових чинників, сукупна дія яких характеризує явище зчеплення арматури з бетоном:

- 1 - сили опору з'являються і зрізу внаслідок наявності виступів арматури; 2 - сили тертя;  
3 - сили адгезійної взаємодії

Однак в експериментальних дослідженнях І. М. Ахвердова, В. М. Кольнера, Л. П. Серової, О. Л. Капітанюка та ін. [76-78] відзначається погіршення зчеплення від дії усадочних деформацій у результаті появи в бетоні внутрішніх напружень і мікрodefектів. У роботі [79] відмічається погіршення зчеплення від дії усадкових деформацій унаслідок появи в бетоні внутрішніх напружень і мікрodefектів, які знижують його механічні властивості у зоні контакту з арматурою.

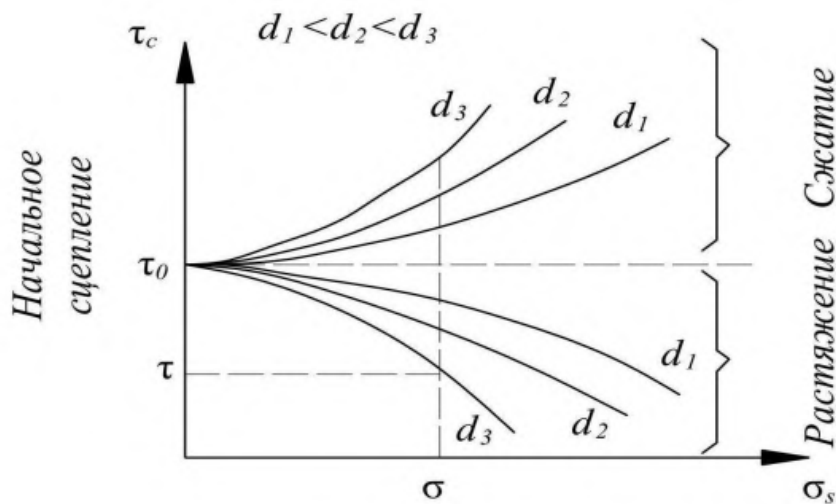
Найбільший вплив на зчеплення надає третій фактор – він забезпечує близько 75% від загальної величини зчеплення [63, 66, 70]. Перший фактор має найменший вплив - до 25% усієї сили зчеплення.

Арматура періодичного профілю з профільованою поверхнею має кращий і надійніший опір ковзанню завдяки зачепленню і заклинюванню її виступів у бетоні. У порівнянні з гладкими стрижнями арматура періодичного профілю має в 2-3 рази більшу силу зчеплення з бетоном [80, 81].

Напруга в бетоні під виступами арматури під час її висмикування може перевершувати в 5-7 разів кубікову міцність бетону, тому неприпустимим є зниження щільності бетону в зоні контакту його з арматурою.

Найбільш надійне підвищення опору ковзанню арматури в бетоні досягається відповідним конструюванням арматури: влаштуванням гаків на кінцях гладких стрижнів, застосуванням анкерів.

Опір ковзанню розтягнутої арматури (на висмикування) менший, ніж опір ковзанню стислої арматури (на вдавлювання), що пояснюється поперечними деформаціями самого стрижня [82]. Зі збільшенням діаметра сталевого стержня (рис. 6.1б) і підвищенням нормальних напружень в ньому, сила зчеплення його з бетоном під час розтягування зменшується, а під час стискання - збільшується.



**Рис. 6.16** Вплив діаметра арматури  $d_i$  на напруження в арматурному стержні  $\sigma_s$  і напруження зчеплення  $\tau_c$

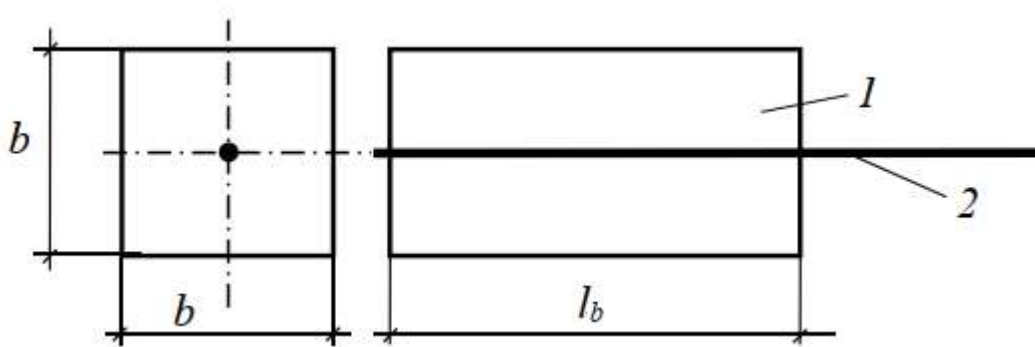
## 6.2 Обґрунтування задач дослідження

Забезпечення спільної роботи бетону та арматури є однією з ключових умов надійності та довговічності залізобетонних конструкцій. Важливу роль у цьому відіграє механізм зчеплення арматури з бетоном, який, зокрема, визначає опір витяганню арматурних стержнів і довжину їх анкерування. Належний рівень зчеплення не лише забезпечує спільну роботу матеріалів, але й впливає на тріщиностійкість та деформативність конструкцій [60].

В останніх редакціях нормативної документації [2, 3], зокрема у ДБН В.2.6-98:2009, вперше чітко регламентовано призначення мінімального захисного шару бетону. Його функціями є забезпечення передавання зусиль зчеплення, захист арматури від корозії, а також досягнення необхідної межі вогнестійкості. При цьому, мінімальна товщина шару повинна відповідати умовам:  $C_{\min} > C_{\min,b}$  і  $C_{\min} > 10$  мм, де  $C_{\min,b}$  - мінімальний захисний шар для забезпечення зчеплення. Разом з тим, попри нормативні приписи, експериментально не було остаточно доведено, що встановлені мінімальні значення товщини захисного шару забезпечують повну реалізацію зусиль зчеплення, особливо при граничних напруженнях. Тому дослідження впливу товщини цього шару на опір арматури витяганню з бетону (рис. 6.1) є

актуальним і практично значущим.

Раніше аналогічні дослідження виконувалися у працях [60, 61, 79], де були встановлені деякі залежності між товщиною захисного шару та ефективністю анкерування арматури. Проте, питання залишалось відкритим щодо граничних станів зчеплення, які виникають при відсутності шару або за його мінімальних значень. Відтак, метою наведеного експериментального дослідження стало визначення впливу товщини захисного шару на граничні напруження зчеплення арматури з бетоном у призматичних і балкових зразках.



1 – бетонна призма; 2 – арматурний стержень

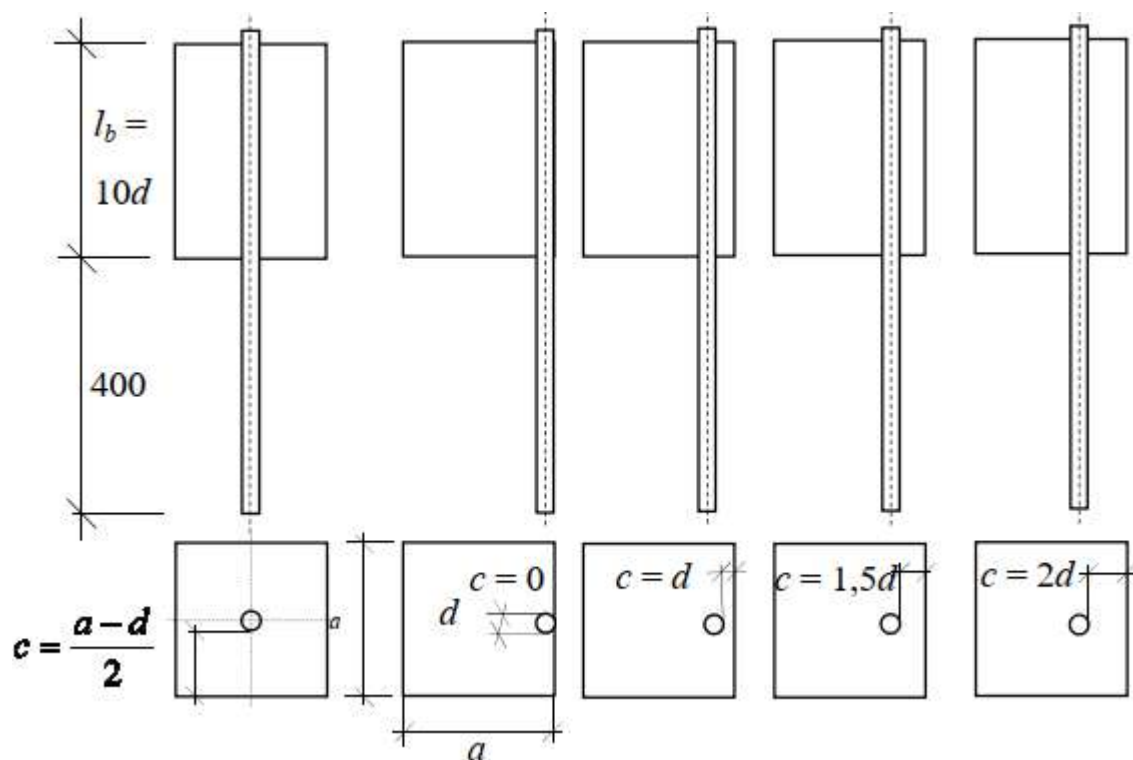
**Рис. 6.1** – Конструктивна схема досліджуваних зразків

В загальноприйнятій методиці досліджень, викладеній у працях [69, 71, 73] при діаметрі стержнів  $d = 18$  мм і менше, сторони призм приймають рівними  $a = 100$  мм, а при  $d = 20$  мм і більше -  $a = 150$  мм. В першому випадку відношення мінімальної товщини оболонки бетону до діаметра стержнів (за  $d_{min} = 10$  мм) складає в межах  $c_{min}/d = 2,28 - 4,50$ , а в другому (за  $d_{max} = 40$  мм) -  $c_{min}/d = 1,38 - 3,25$ . В той же час в нормах [2, 3] мінімальний захисний шар бетону для забезпечення зчеплення встановлюється не менше діаметра ( $c_{min,b} \geq d$ ,  $c_{min} / d = 1,0$ ), але експериментально не доведено, що рекомендована величина захисного шару бетону  $c_{min,b}$  достатня для повної передачі напружень зчеплення. З цієї точки зору є важливим дослідити опір стержнів витяганню з бетону за різної товщини захисного шару бетону.

### 6.3 Конструкція дослідних зразків та методика їх випробувань

Для дослідження впливу товщини захисного шару на граничні напруження зчеплення арматури з бетоном була розроблена серія експериментальних зразків, що моделюють умови анкерування в реальних конструкціях. Випробування проводилися на бетонних призмових зразках з арматурними стержнями, розташованими на різній відстані від поверхні бетону, що дозволило оцінити зміну зчеплення в залежності від параметра  $m=c/d$ , де  $c$  — товщина захисного шару,  $d$  — діаметр арматури.

Випробувано три серії, дві перших з яких (третя і четверта серії) містили в собі по 30 основних зразків у вигляді бетонних призм з заробленими в них арматурними стержнями, які розташовувалися паралельно поздовжній осі на різній відстані від зовнішньої поверхні бетону (рис. 6.2). Призми мали поперечний переріз 100x100 і 150x150 мм, в яких розташовувалися стержні



**Рис. 6.2** - Конструктивні схеми дослідних зразків ( $a = 100$  і  $150$  мм) діаметром відповідно  $d = 12$  і  $20$  мм. Довжина призм (довжина анкерування стержнів) приймалася рівною  $l_b = 10d$ , тобто  $120$  і  $200$  мм. Виготовляли по

три зразки - близнюки. Прийняте наступне позначення зразків: перша цифра - номер серії; буква «П» - оболонка у вигляді призми; наступна цифра - діаметр стержня в мм; після дефіса - товщина захисного шару в мм; наступна цифра - номер зразка - близнюка. Наприклад, позначення 3П20-30-2 означає, що зразок належить до третьої серії дослідів, має вигляд призми з стержнем діаметром  $d = 20$  мм з захисним шаром  $c = 30$  мм ( $c = 1,5d$ ) та порядковий номер в зразках - близнюках «2». Поряд з основними зразками виготовляли куби з розміром ребра 150 мм (по 9 зразків в серії), призми розміром 150x150x600 (по 6 зразків) та 100x100x400 мм (по 4 зразки) (рис. 6.3). Куби і перші призми використовувалися для визначення міцнісних характеристик бетону при стиску, другі призми, які були оснащені спеціальними анкерами, - при розтягу. Всі зразки виготовляли з одного замісу бетонної суміші в металевій опалубці, ущільнення здійснювали на віброплощадці протягом 30 сек.

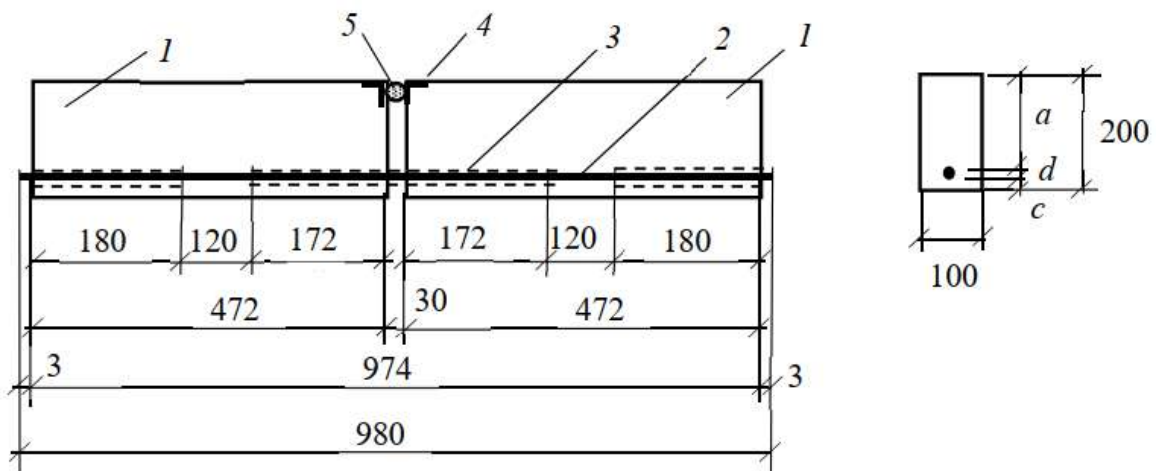


**Рис. 6.3** - Загальний вигляд зразків четвертої серії дослідів

Окрема серія дослідів (п'ята) була виконана за балковою методикою, де дослідження зчеплення здійснювалось на спеціально виготовлених бетонних півбалках, з'єднаних арматурним стержнем у зоні розтягу (рис. 6.4). На відміну від призматичних зразків, арматура в півбалках мала локальне зчеплення з бетоном лише в центральній частині, що дозволяло точно визначати дотичні напруження на ділянці довжиною  $10d$ . Такий підхід

базується на рекомендаціях щодо експериментального моделювання зчеплення, наведених, зокрема, у [75].

Виготовлено 8 спеціальних зразків, які мали поперечний переріз розміром 100x200 мм загальною довжиною 980 мм. По торцям зразків перед бетонуванням вставлялися прокладки із картону товщиною 3 мм, а в середній частині - прокладки із пінопласту товщиною 30 мм. Металевий циліндр, який розташовувався між закладними металевими деталями, слугував шарніром і забезпечував фіксоване положення зусилля в стиснутій зоні балок при згині.



1 – бетонна напівбалка; 2 – арматурний стержень, зчеплення з бетоном якого досліджується; 3 – спеціальні пластикові трубки; 4 – закладні деталі; 5 – металевий циліндр;  $c$  – захисний шар бетону.

**Рис. 6.3** – Конструктивна схема дослідних зразків п'ятої серії досліджень

В балках 5Б-1...5Б-6 захисний шар складав  $c = d = 12$  мм, а в балках 5Б-7 і 5Б-8 -  $c = 2d = 24$  мм. Як і в попередніх двох серіях поряд з основними зразками виготовляли зразки у вигляді кубів та призм для визначення механічних характеристик бетону.

Випробування зразків здійснювали за стандартними методиками. У віці 28 діб кубикова міцність бетону склала для зразків третьої серії  $f_{cm,cube} = 22,2$ , четвертої 28,0 та п'ятої – 37,2 МПа. Міцнісні характеристики бетону на

початок випробування основних зразків (60 – 79 діб) представлені в таблиці 6.1.

**Таблиця 6.1** - Міцнісні характеристики бетону

| Серія дослідів | Міцність бетону, МПа    |                          |                      |
|----------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|
|                | кубикова, $f_{cm,cube}$ | призмона, $f_{cm,prism}$ | на розтяг, $f_{ctm}$ |
| Третя          | 27,3                    | 18,4                     | 1,92                 |
| Четверта       | 32,4                    | 21,2                     | 2,23                 |
| П'ята          | 39,9                    | 28,1                     | 2,47                 |

Матеріалами для випробувань слугували стержні класу А500С з номінальним діаметром 12 і 20 мм, межа текучості яких перебувала в межах від 495 до 676 МПа. Випробування проводилися на розривній машині з використанням індикаторів для фіксації зміщення вільного кінця арматури відносно торця бетонного зразка.

Граничний стан фіксувався за двома критеріями: досягненням зміщення торця арматури  $\delta_{max}=0,1$  мм або повним руйнуванням зразка. Встановлено, що обидва критерії настають у різних типах зразків, що вказує на комплексний характер взаємодії арматури з бетоном. Коливання результатів між зразками-близнюками не перевищували 6 %, що свідчить про високу відтворюваність експерименту.

В дослідженнях п'ятої серії зчеплення арматури з бетоном досліджувалося за балковою методикою [77]. Балочні зразки випробовувалися за схемою чистого згину (рис. 6.4) в спеціальній рамній установці (рис. 6.5).

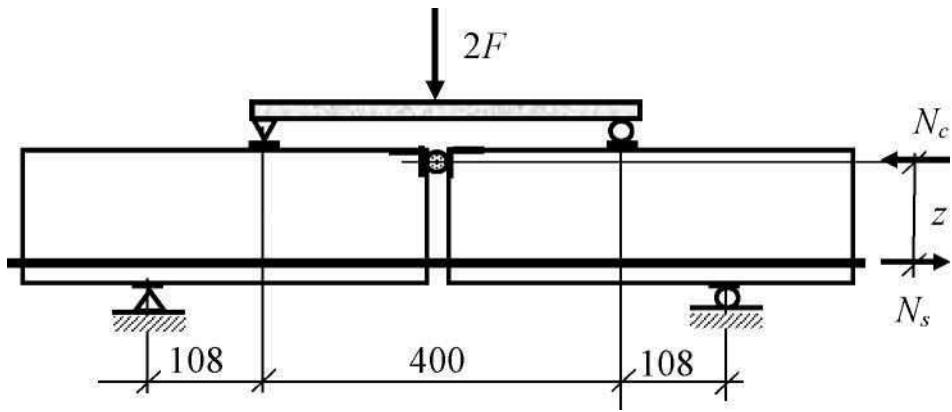
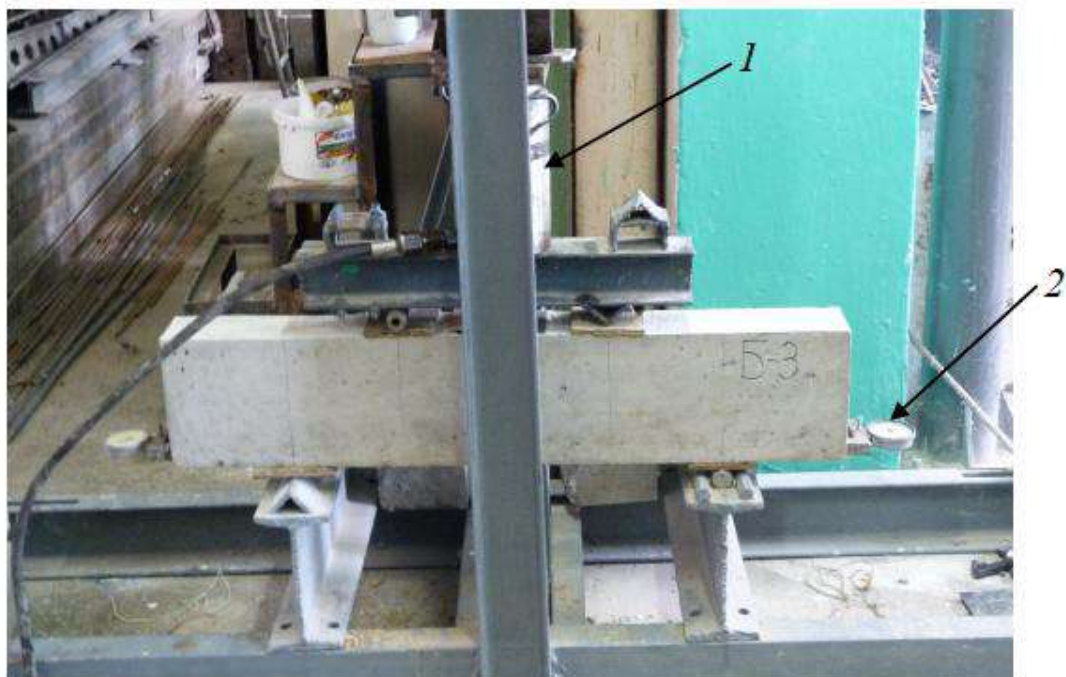


Рис. 6.4 - Статична схема випробування балок п'ятої серії



1 – домкрат; 2 – індикатор з ціною поділок 0,001 мм для вимірювання зміщення торця стержня в бетоні

Рис. 6.5 – Загальний вигляд випробування балок п'ятої серії досліджень в рамній установці

Навантаження на балки створювалося гідравлічним домкратом, а вимірювання сили виконувалося за допомогою кільцевого динамометра, який був заздалегідь протарований. Від домкрата через металеву траверсу навантаження розподілялося на дві зосереджені сили. Балки навантажувалися ступенями  $\Delta F = 5$  кН, величина яких складала 6...8% від теоретично визначеного очікуваного руйнівного навантаження. Після кожного ступеня

навантаження відбувалося зняття показів індикаторів, які фіксували зміщення торця стержнів відносно торця балок та виконувався візуальний огляд балок. Індикатори до торців балок кріпилися за допомогою спеціальних тримачів, приклеєних до бетону.

Балки 5Б-1...5Б-3 та 5Б-7 і 5Б-8 навантажувалися одноразово до руйнування, а балки 5Б-4...5Б-6 піддавалися повторним навантаженням високих рівнів (80% і більше від руйнівного при одноразовому навантаженні). На цих балках визначалася малоциклова довговічність зчеплення арматури з бетоном.

Розроблена методика навантаження та вимірювання зміщення торців поздовжніх стержнів дозволила отримати параметри, які характеризують роботу арматури і балок в цілому під навантаженням.

#### **6.4 Аналіз результатів випробування зразків третьої і четвертої серій**

Аналіз експериментальних даних підтвердив значний вплив товщини захисного шару бетону на величину граничних напружень зчеплення між арматурою і бетоном. Результати випробувань на призмах із різним розташуванням стержнів продемонстрували закономірне зростання напруження зчеплення при збільшенні товщини захисного шару.

Зокрема, в зразках серії ЗП із діаметром арматури 12 мм [79] було встановлено, що при товщині захисного шару  $c = 44$  мм (тобто  $c > 3d$ ), максимальні напруження зчеплення досягали  $f_b = 5,75$  МПа. Водночас при  $c = 12$  мм (тобто  $c = d$ ) цей показник знижувався до 4,43 МПа, а за повної відсутності шару ( $c = 0$ ) — лише до 2,99 МПа. Аналогічні закономірності виявлено й для арматури діаметром 20 мм: зниження товщини захисного шару призводило до падіння зчеплення з 5,68 МПа до 3,18 МПа (таблиця 6.2).

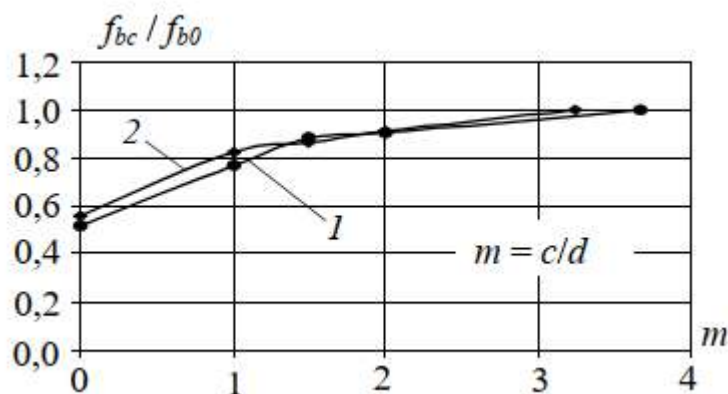
**Таблиця 6.2** - Значення напружень в стержнях та максимальні напруження

зчеплення в граничному стані (третя і четверта серії дослідів)

| Марка зразків | Напруження в арматурі, $\sigma_s$ , МПа | Напружен. зчеплення, $f_b$ , МПа | Марка зразків | Напруження в арматурі, $\sigma_s$ , МПа | Напруження зчеплення, $f_b$ , МПа |
|---------------|---|----------------------------------|---------------|---|-----------------------------------|
| 3П12-44       | 230,1                                   | 5,75                             | 3П20-65       | 227,1                                   | 5,68                              |
| 3П12-24       | 207,9                                   | 5,20                             | 3П20-40       | 208,0                                   | 5,20                              |
| 3П12-18       | 203,5                                   | 5,09                             | 3П20-30       | 197,3                                   | 4,93                              |
| 3П12-12       | 177,0                                   | 4,43                             | 3П20-20       | 187,3                                   | 4,68                              |
| 3П12-00       | 119,5                                   | 2,99                             | 3П20-00       | 127,3                                   | 3,18                              |
| 4П12-00       | 171,1                                   | 4,54                             | 4П20-00       | 97,7                                    | 2,44                              |
| 4П12-12       | 283,2                                   | 7,52                             | 4П20-20       | 267,5                                   | 6,69                              |
| 4П12-18       | 300,9                                   | 7,99                             | 4П20-30       | 286,6                                   | 7,17                              |
| 4П12-24       | 318,6                                   | 8,45                             | 4П20-40       | 306,5                                   | 7,66                              |
| 4П12-44       | 347,8                                   | 9,23                             | 4П20-65       | 310,5                                   | 7,76                              |

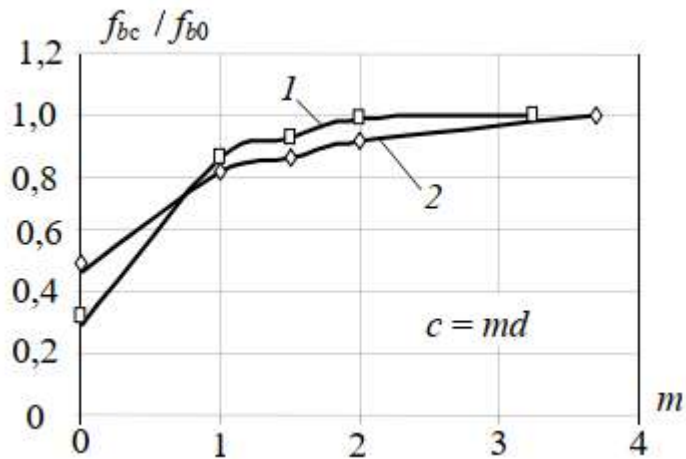
Примітка. Результати наведені як середні по трьом зразкам-близнюкам.

Залежність між відносною товщиною шару ( $m = c / d$ ) та нормованими напруженнями зчеплення було відображено на графіках (рис. 6.6-6.7), на яких показана зміна відношення  $f_{bc}/f_{b0}$ , де  $f_{bc}$  – напруження



1 –  $d = 12$  мм; 2 –  $d = 20$  мм

Рис. 6.6 - Залежність напружень зчеплення від товщини захисного шару бетону для третьої серії дослідів



1 – діаметр стержнів  $d = 20$  мм; 2 – те саме,  $d = 12$  мм

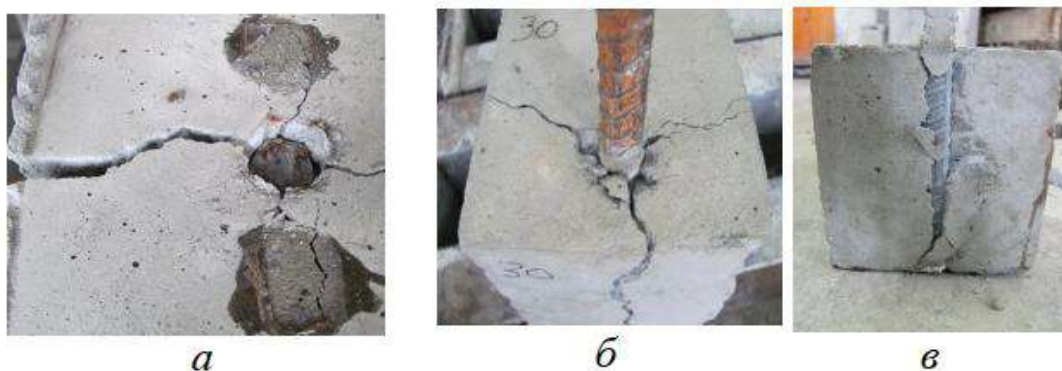
**Рис. 6.7** - Залежність граничних напружень зчеплення  $f_{bc}$  від товщини захисного шару бетону  $c = md$  (четверта серія)

зчеплення для конкретного захисного шару бетону  $c$ ,  $f_{b0}$  - напруження зчеплення для захисного шару  $c > 3d$  (стержні розташовані по осі бетонних призм). В зразках третьої серії з діаметром 12 мм при захисному шарі  $c = d$  відношення  $f_{bc}/f_{b0} = 0,77$ , а з діаметром стержнів 20 мм -  $f_{bc}/f_{b0} = 0,82$ . Таким чином, за мінімального захисного шару бетону  $c = d$ , що вимагається в нормах проектування, фактичні напруження зчеплення менші, ніж вони визначаються експериментально на загально прийнятих зразках з розташуванням стержнів по осям бетонних призм [80].

Треба відмітити, що в третій серії дослідів за відсутності захисного шару ( $c = 0$ ) максимальні напруження зчеплення складають приблизно 50...60% від напружень зчеплення при  $c > 3d$ .

Важливо також відзначити зміну характеру руйнування бетонних зразків залежно від товщини шару. При  $c > 3d$  спостерігалось повільне висмикування арматури з утворенням поздовжніх тріщин, орієнтованих до поверхонь зразка (рис. 6.8а). У випадку середніх значень ( $c = 1,5d$ ) тріщини розвивалися в межах захисного шару з подальшим виходом на бічні грані (рисунок 6.8б), а при відсутності шару — відбувалося крихке руйнування з розділенням призми (рисунок 6.8в). Цей ефект зумовлений дією поперечних

виступів арматури серповидного профілю, що створюють розклинюючі напруження в напрямку витягування [72, 73].



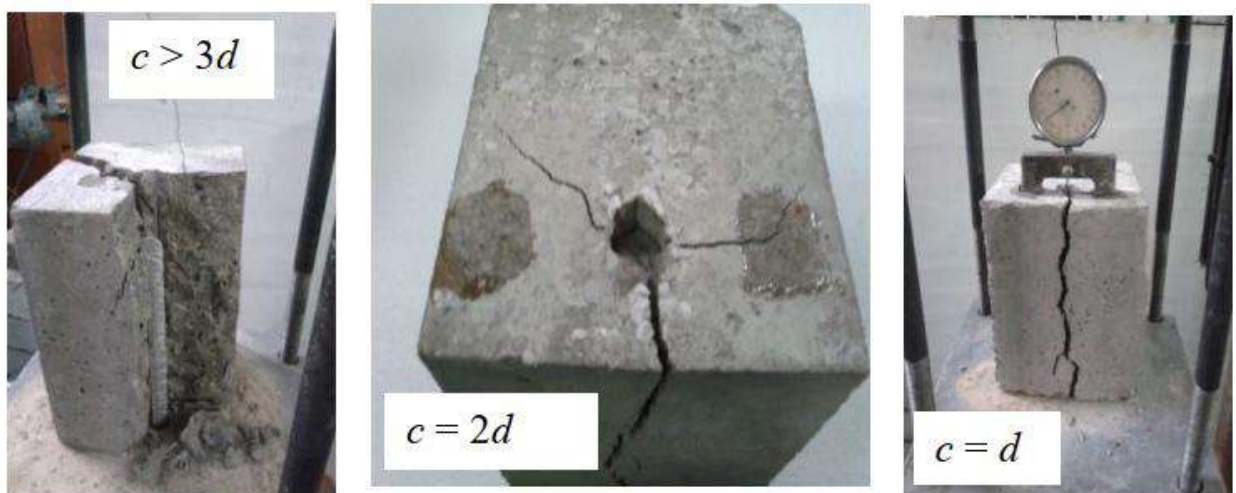
$$a - c > 3d; \quad b - c = 1,5d; \quad v - c = 0$$

**Рис. 6.8** - Характер руйнування зразків третьої серії з діаметром стержнів 20 мм

В зразках четвертої серії 4П12-44 з діаметром стержнів 12 мм при захисному шарі  $c = 44$  мм ( $c > 3d$ , стержні розташовані по осі бетонної призми) максимальні напруження зчеплення склали  $f_b = 9,23$  МПа, а при  $c = 18$  ( $c = 1,5d$ ) і  $c = 12$  мм ( $c = 1,0d$ ) відповідно  $f_b = 7,99$  і  $7,52$  МПа (таблиця 6.2). За відсутності захисного шару в зразках 4П12-00  $f_b = 4,54$  МПа. В зразках з діаметром стержнів 20 мм також виявлено вплив товщини захисного шару на напруження зчеплення арматури з бетоном. Треба відмітити, що за відсутності захисного шару ( $c = 0$ ) максимальні напруження зчеплення, як і в третій серії, складають приблизно 40...60% від напружень зчеплення при  $c > 3d$  [75].

В зразках 4П20 при розташуванні стержнів по осі зразків ( $c > 3d$  з усіх боків) руйнування відбувалося по трьом - чотирьом площинах з виходом тріщин на бокові поверхні, призма розділялася на окремі елементи. При захисному шарі, рівному  $c = 2d$  (з інших боків  $c > 3d$ ), руйнування відбувалося по площині, яка повністю перетинала захисний шар, а в інших напрямках також виникали руйнівні поверхні, але тріщини на інші поверхні не виходили. При  $c = 1,5d$  тріщини розвивалися в межах захисного шару, а

безпосередньо перед повним руйнуванням - в напрямку до бічних граней. За відсутності захисного шару відбувалося руйнування бетону в межах половинної товщини бетону. Треба зазначити, що, як і в зразках третьої серії, тріщини утворювалися вздовж поздовжніх виступів стержнів, внаслідок розклинювальної дії поперечних виступів, які розташовані під кутом до напрямку витягування стержнів. В зразках, в яких  $c = 1d$ , руйнування відбувалося по площині, яка перетинала захисний шар (рис. 6.9).



**Рис. 6.9** - Характер руйнування зразків четвертої серії з діаметром стержнів 20 мм

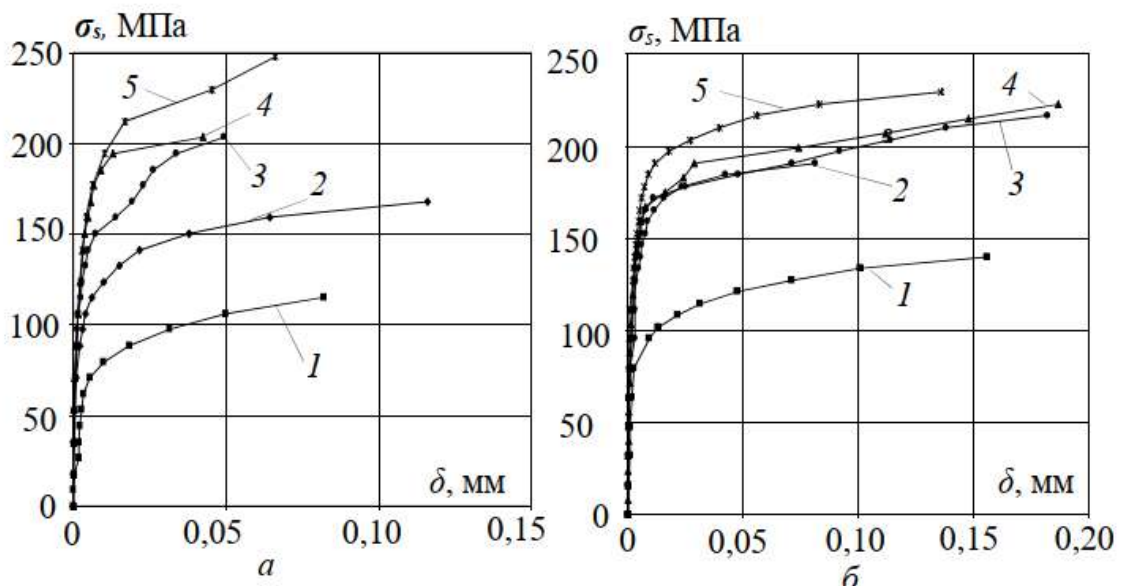
В зразках четвертої серії 4П12 з діаметром стержнів 12 мм при захисному шарі  $c = d$  відношення  $f_{bc}/f_{b0} = 0,81$ , а в зразках 4П20 з діаметром стержнів 20 мм -  $f_{bc}/f_{b0} = 0,86$ . При товщині захисного шару  $c = 1,5d$  ці відношення відповідно склали 0,86 і 0,9 (рис. 6.7). За відсутності захисного шару бетону ( $c = 0$ ) для зразків 4П12-00 відношення  $f_{bc}/f_{b0}$  склало 0,49, а для зразків 4П20-00 -  $f_{bc}/f_{b0} = 0,31$ . В аналогічних зразках третьої серії такі відношення  $f_{bc}/f_{b0}$  виявилися дещо вищими (рис. 6.6).

Отже, результати серій 3П і 4П дозволили встановити аналітичну залежність між товщиною захисного шару та ефективністю зчеплення. Ці дані є ключовими для вдосконалення методик розрахунку анкерування арматури в залізобетонних конструкціях, що також розглядалося у працях [62, 81].

## 6.5 Вплив товщини захисного шару на проковзування стержнів в бетоні в зразках третьої та четвертої серій

Поряд із вивченням граничних напружень зчеплення важливим аспектом дослідження є аналіз проковзування арматурних стержнів у бетоні. Зміщення вільного кінця арматури є критерієм, який дозволяє не лише зафіксувати момент досягнення граничного стану, але й оцінити жорсткість з'єднання "арматура-бетон" на різних етапах навантаження.

Дані, отримані під час випробувань призматичних зразків третьої і четвертої серій, вказують на чітку залежність між товщиною захисного шару бетону та величиною зміщення арматури. Як видно з графіків (рисунок 6.10а і 6.10б), у зразках із товщиною шару  $c = 0$  зміщення досягало граничного значення  $\delta_{max} = 0,1$  мм при менших напруженнях у стержнях порівняно з зразками, в яких  $c \geq d$ . Наприклад, у серії ЗП12 зміщення починалося після досягнення рівня напружень  $\sigma_s \approx 50$  МПа, тоді як у серії ЗП20 — лише при  $\sigma_s \approx 75$  МПа.



*а* – зразки ЗП12 ( $d = 12$  мм); *б* – зразки ЗП20 ( $d = 20$  мм);

*1* -  $c = 0$ ; *2* -  $c = d$ ; *3* -  $c = 1,5d$ ; *4* -  $c = 2d$ ; *5* -  $c > 3d$

**Рис. 6.10** - Залежність зміщення вільного кінця стержнів  $\delta$  від напружень в стержнях  $\sigma_s$

У зразках з мінімально допустимим захисним шаром ( $c = d$ ) у більшості випадків руйнування призми передувало досягненню максимального зміщення, тобто механізм руйнування реалізувався крихким шляхом. Тільки окремі зразки, зокрема ЗП12-12, досягли стану  $\delta = 0,1$  мм перед руйнуванням (рис. 6.10а), що узгоджується з дослідженнями, наведеними у [72, 75].

Цікаво, що в деяких зразках з арматурою діаметром 20 мм (ЗП20) зафіксовано значення зміщення до 0,15–0,18 мм до моменту руйнування (рис. 6.10б). Це вказує на те, що при більших діаметрах арматури вплив товщини шару на деформаційну поведінку є менш жорстким, а проковзування має більш "розтягнутий" характер.

Загалом, встановлено, що збільшення товщини захисного шару сприяє не лише підвищенню граничних напружень зчеплення, але й зменшенню деформацій при даному рівні навантаження. Це свідчить про більш жорстке зчеплення і стійкість контактної зони, що також підтверджується в публікаціях [78, 79].

Таким чином, параметр  $\delta$  може використовуватись як додатковий індикатор для оцінки ефективності анкерування арматури в умовах обмеженої товщини шару бетону. Отримані результати варто враховувати при проєктуванні конструкцій, що працюють у зонах розтягів або за умов змінних навантажень, зокрема у випадках обриву арматури в прольотах згинальних елементів [80].

### **6.6 Аналітичне визначення граничних напружень зчеплення залежно від товщини захисного шару бетону за результатами випробувань зразків третьої і четвертої серій**

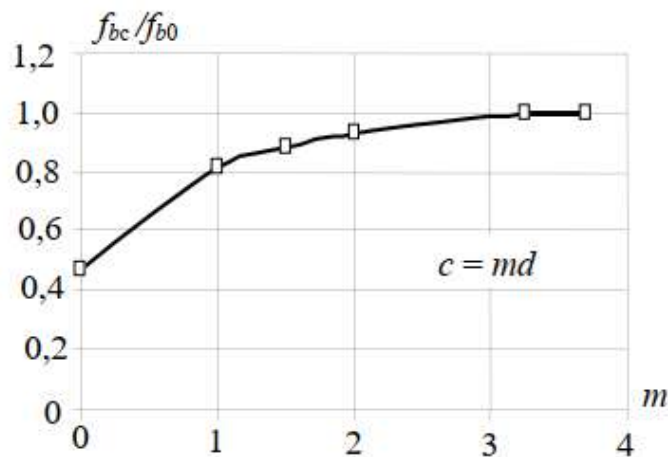
На основі обробки результатів випробувань зразків третьої та четвертої серій було виконано аналітичне узагальнення, яке дозволяє описати зміну граничних напружень зчеплення залежно від товщини захисного шару

бетону.

На рисунку 6.11 наведена залежність  $f_{bc}/f_{b0}$  за середніми результатами експериментальних досліджень зразків обох серій. Відношення  $f_{bc}/f_{b0}$  при  $c = 1,0d$ ,  $1,5d$  та  $2,0d$  відповідно склали 0,82; 0,89 та 0,93. Статистичний аналіз отриманих даних дає можливість описати вплив захисного шару бетону на граничні напруження зчеплення арматури з бетоном наступною аналітичною формулою:

$$\frac{f_{bc}}{f_{b0}} = 0,45 - 0,07m^2 + 0,41m, \quad (6.1)$$

де  $m = c/d$  – відносна товщина захисного шару бетону.



**Рис. 6.11** - Залежність граничних напружень зчеплення  $f_{bc}$  від товщини захисного шару бетону  $c = md$

Залежність (6.1) узгоджується з експериментальними результатами: середнє відношення аналітичних і дослідних значень склало 0,991, середньоквадратичне відхилення — 0,043, а коефіцієнт варіації — 4,4 %, що свідчить про достатню достовірність моделі для  $m \leq 4,0$ .

На рисунку 6.11 наочно представлено узагальнену залежність  $f_{bc}/f_{b0}$  від параметра  $m = c/d$ , побудовану за середніми результатами зразків обох серій. Зокрема:

- при  $m = 1,0 \rightarrow f_{bc}/f_{b0} \approx 0,82$ ,
- при  $m = 1,5 \rightarrow f_{bc}/f_{b0} \approx 0,89$ ,

- при  $m = 2,0 \rightarrow f_{bc}/f_{b0} \approx 0,93$ .

Ці результати підтверджують, що зменшення товщини захисного шару до нормативного мінімуму  $c = d$  призводить до зниження ефективності зчеплення на 15–20 % порівняно з умовами, коли стержень розташований по осі призми ( $c > 3d$ ). Подібні висновки також наводяться у працях [77, 78], де зазначається необхідність урахування фактичного зменшення зчеплення при проєктуванні довжини анкерування.

Таким чином, отримана формула може бути застосована для розрахункової корекції граничних значень зчеплення, коли фактична товщина захисного шару відрізняється від ідеалізованої (центральне розташування арматури). Це особливо актуально у випадках, коли анкерування здійснюється у прольотах згинальних елементів або поблизу робочої зони тріщиноутворення [62, 81].

### **6.7 Результати випробувань за балочною методикою зразків п'ятої серії**

На завершальному етапі дослідження було проведено серію випробувань на спеціально виготовлених зразках-балках, конструкція яких дозволяла реалізувати схему чистого згину. Такий підхід забезпечував точну локалізацію ділянки зчеплення арматури з бетоном та можливість визначення дотичних напружень на контрольованій довжині анкерування  $l = 10d$ . Випробування відповідали методиці, запропонованій у [81], та дозволили всебічно проаналізувати поведінку контактної зони під згинальним навантаженням.

В процесі випробувань ступенями вимірювалися зосереджені сили  $F$ , які прикладувалися від опори на відстані 0,108 м, і обчислювався згинальний момент в зоні чистого згину  $M$ . Дотичні напруження зчеплення з бетоном на довжині  $10d$  знаходилися залежно від зусилля в стержні в перерізі з'єднання половинок балки за формулою

$$N_s = \frac{M}{z}, \quad (6.2)$$

де  $z$  – плече внутрішньої пари сил в перерізі, яке розділяє балку на половинки і дорівнює відстані від вісі стержня до осі циліндра в стиснутій зоні (рис. 6.4).

Для балок 5Б-1...5Б-6 значення плеча внутрішньої пари сил при  $c = d = 12$  мм склало  $z = 0,167$  м, а для балок 5Б-7 і 5Б-8 при  $c = 2d = 24$  мм -  $z = 0,155$  м. На кожній ступені навантаження визначали напруження в стержнях  $\sigma_s$  та дотичні напруження зчеплення між бетоном і арматурою  $\tau_b$  за формулами:

$$\sigma_s = \frac{4N_s}{\pi d^2}, \quad \tau_b = \frac{N_s}{\pi d l_b}, \quad (6.3)$$

де  $d$  – діаметр стержня;

$l_b$  – довжина зони зчеплення стержня з бетоном.

Зміна напружено-деформованого стану балок та зміщення торців стержнів відносно торців балок по ступеням навантаження наведені в таблицях 6.3 та 6.4.

Навантаження здійснювали як одноразово до руйнування (балки 5Б-1...5Б-3, 5Б-7, 5Б-8), так і з повторними навантаженнями високого рівня (балки 5Б-4...5Б-6), що дало змогу дослідити також аспект малоциклової довговічності зчеплення. Зміщення торця арматури  $\delta$  вимірювали індикатором з ціною поділки 0,001 мм (рис. 6.5), що дозволяло зафіксувати момент втрати жорсткості з'єднання.

Балки 5Б-1...5Б-3, в яких товщина захисного шару складала  $c = d = 12$  мм,

зруйнувалися по похилим перерізам (рис. 6.12), при цьому зміщення торців стержнів не досягали граничного значення. Так, для балок 5Б-1, 5Б-2 і 5Б-3 руйнівні навантаження відповідно склали  $F_u = 78,0$ ; 74,8 і 74,3 кН за середнього значення  $F_{um} = 75,7$  кН. При такому навантаженні середні граничні дотичні напруження зчеплення арматури з бетоном виявилися рівними  $\tau_{bu} = 10,83$  МПа (напруження в арматурі  $\sigma_s = 433,1$  МПа).

**Таблиця 6.3** – Зміна напружень в стержнях, дотичних напружень зчеплення та зміщення торця стержнів під навантаженням балок 5Б-1, 5Б-2 і 5Б-3

| Сила, $P$ ,<br>кН | Момент<br>$M$ , кНм | Зусилля<br>$H$ , кН | Напруження,<br>МПа |       | Зміщення торця стержнів,<br>$\delta$ , мм |       |       |        |
|-------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------|---|-------|-------|--------|
|                   |                     |                     | $\sigma_s$         | $T_b$ | 5Б-1                                      | 5Б-2  | 5Б-3  | Серед. |
| 0                 | 0                   | 0.0                 | 0.0                | 0.00  | 0.000                                     | 0.000 | 0.000 | 0.000  |
| 5                 | 0.54                | 3.2                 | 28.6               | 0.72  | 0.000                                     | 0.000 | 0.000 | 0.000  |
| 10                | 1.08                | 6.5                 | 57.2               | 1.43  | 0.000                                     | 0.000 | 0.000 | 0.000  |
| 15                | 1.62                | 9.7                 | 85.8               | 2.15  | 0.000                                     | 0.000 | 0.000 | 0.000  |
| 20                | 2.16                | 12.9                | 114.4              | 2.86  | 0.003                                     | 0.000 | 0.000 | 0.001  |
| 25                | 2.70                | 16.2                | 143.0              | 3.58  | 0.003                                     | 0.001 | 0.001 | 0.002  |
| 30                | 3.24                | 19.4                | 171.6              | 4.29  | 0.003                                     | 0.002 | 0.002 | 0.002  |
| 35                | 3.78                | 22.6                | 200.2              | 5.01  | 0.004                                     | 0.002 | 0.003 | 0.003  |
| 40                | 4.32                | 25.9                | 228.8              | 5.72  | 0.005                                     | 0.004 | 0.004 | 0.004  |
| 45                | 4.86                | 29.1                | 257.4              | 6.44  | 0.007                                     | 0.006 | 0.007 | 0.006  |
| 50                | 5.40                | 32.3                | 286.1              | 7.15  | 0.008                                     | 0.008 | 0.009 | 0.008  |
| 55                | 5.94                | 35.6                | 314.7              | 7.87  | 0.013                                     | 0.013 | 0.014 | 0.013  |
| 60                | 6.48                | 38.8                | 343.3              | 8.58  | 0.017                                     | 0.015 | 0.017 | 0.016  |
| 65                | 7.02                | 42.0                | 371.9              | 9.30  | 0.021                                     | 0.024 | 0.026 | 0.024  |
| 70                | 7.56                | 45.3                | 400.5              | 10.01 | 0.029                                     | 0.035 | 0.038 | 0.034  |

Примітка.  $\sigma_s$  - напруження в стержні;  $t_b$  - дотичні напруження зчеплення

Руйнування балок 5Б-7 і 5Б-8 відбулося при навантаженні відповідно  $F_u = 76,2$  і  $89,1$  кН, за середнього значення  $F_{um} = 78,2$  кН, що на 3,3% більше, ніж середнє руйнуюче зусилля в балках 5Б-1...5Б-3. Руйнування також відбулося по похилим перерізам, але обрис похилої тріщини наближений до прямої лінії, а її орієнтація спрямована від центра опори до точки прикладання сили (рис. 6.10).

Перед руйнуванням в стержнях балок 5Б-7 і 5Б-8 середнє напруження складало  $\sigma_s = 482,0$  МПа, якому відповідали середні дотичні напруження зчеплення, рівні  $\tau_{bu} = 12,05$  МПа.

**Таблиця 6.4** – Зміна напружень в стержнях, дотичних напружень зчеплення та зміщення торця стержнів під навантаженням балок 5Б-7 і 5Б-8

| Сила, $P$ ,<br>кН | Момент<br>$M$ , кНм | Зусилля<br>$N_s$ , кН | Напруження, МПа |          | Зміщення торця стержнів,<br>$\delta$ , мм |       |        |
|-------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|----------|---|-------|--------|
|                   |                     |                       | $\sigma_s$      | $\tau_b$ | 5Б-7                                      | 5Б-8  | Серед. |
| 0                 | 0                   | 0.00                  | 0.0             | 0.00     | 0.000                                     | 0.000 | 0.000  |
| 5                 | 0.54                | 3.48                  | 30.8            | 0.77     | 0.000                                     | 0.000 | 0.000  |
| 10                | 1.08                | 6.97                  | 61.6            | 1.54     | 0.000                                     | 0.000 | 0.000  |
| 15                | 1.62                | 10.45                 | 92.5            | 2.31     | 0.001                                     | 0.000 | 0.000  |
| 20                | 2.16                | 13.94                 | 123.3           | 3.08     | 0.001                                     | 0.000 | 0.001  |
| 25                | 2.70                | 17.42                 | 154.1           | 3.85     | 0.001                                     | 0.001 | 0.001  |
| 30                | 3.24                | 20.90                 | 184.9           | 4.62     | 0.002                                     | 0.001 | 0.001  |
| 35                | 3.78                | 24.39                 | 215.7           | 5.39     | 0.003                                     | 0.001 | 0.002  |
| 40                | 4.32                | 27.87                 | 246.6           | 6.16     | 0.003                                     | 0.001 | 0.002  |
| 45                | 4.86                | 31.35                 | 277.4           | 6.93     | 0.004                                     | 0.002 | 0.003  |
| 50                | 5.40                | 34.84                 | 308.2           | 7.70     | 0.005                                     | 0.002 | 0.004  |
| 55                | 5.94                | 38.32                 | 339.0           | 8.48     | 0.006                                     | 0.003 | 0.004  |
| 60                | 6.48                | 41.81                 | 369.8           | 9.25     | 0.007                                     | 0.004 | 0.005  |
| 65                | 7.02                | 45.29                 | 400.7           | 10.02    | 0.009                                     | 0.004 | 0.007  |
| 70                | 7.56                | 48.77                 | 431.5           | 10.79    | 0.012                                     | 0.006 | 0.009  |

Примітка.  $\sigma_s$  – напруження в стержні;  $\tau_b$  – дотичні напруження зчеплення

Середні дотичні напруження зчеплення арматури з бетоном перед руйнуванням балок 5Б-7 і 5Б-8 виявилися на 10,3% більші, ніж в балках 5Б-1...5Б-3, а напруження в стержнях – на 11,3%, в той час як несуча здатність збільшилася тільки на 3,3%. Це можна пояснити тим, що в балках 5Б-7 і 5Б-8 плече внутрішньої пари сил на 7,7% менше, ніж це ж плече в балках 5Б-1...5Б-3, а тому добуток зусилля в стержнях на плече в усіх балках майже однаковий.

Формули (6.1) і (6.2) мають лінійний характер, а тому в процесі навантаження залежність між напруженнями в стержнях і дотичними напруженнями зчеплення також має лінійний характер (рис. 6.14).

Величина товщини захисного шару бетону не тільки вплинула на значення граничних напружень зчеплення стержнів з бетоном, а і на величину проковзування арматури  $\delta$ . Так, при дії згинального моменту  $M = 5,4$  МПа середнє зміщення торця



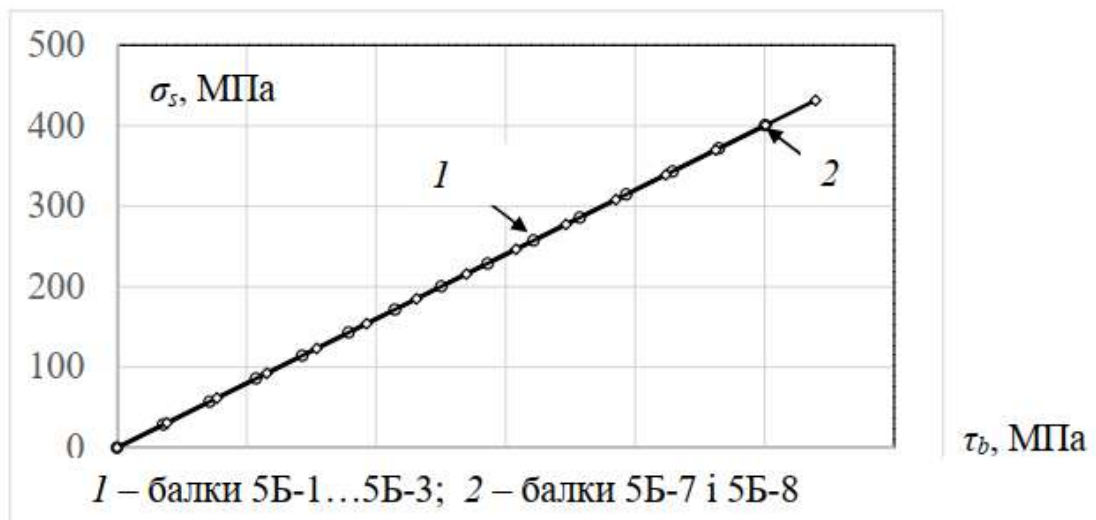
*a* – вигляд збоку; *б* – вигляд знизу

**Рисунок 6.12** – Характер руйнування балки 5Б-1

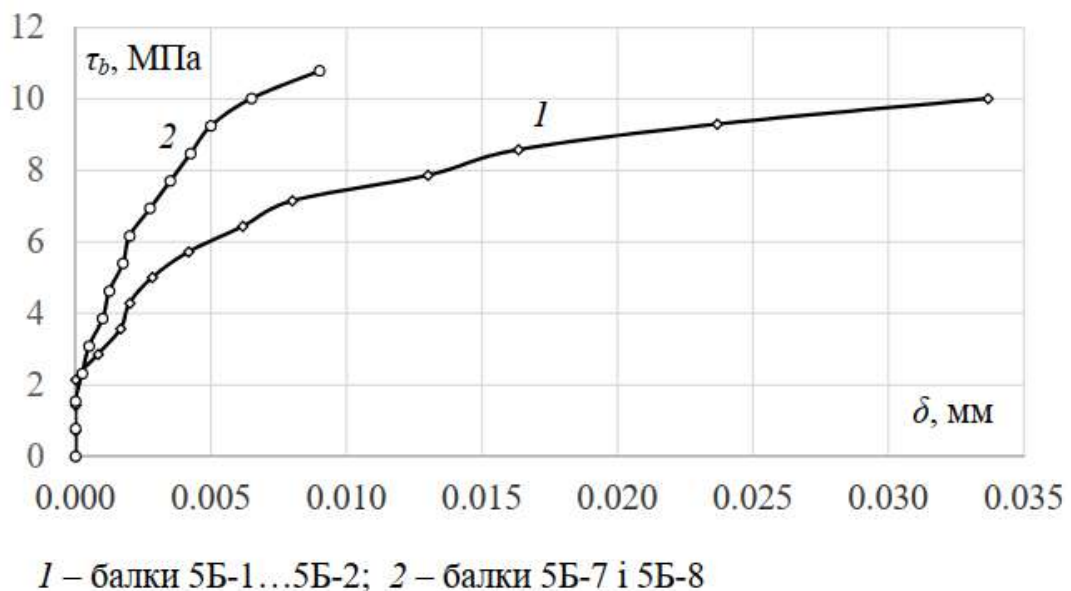


**Рисунок 6.13** – Характер руйнування балки 5Б-7

стержнів в балках 5Б-1 ... 5Б-3 складо  $\delta = 0,008$  мм, а в балках 5Б-7 і 5Б-8 -  $\delta = 0,004$  мм. Залежність зміщень від дотичних напружень зчеплення має криволінійний характер (рис. 6.15).



**Рис. 6.14** – Залежність між напруженнями в стержнях та дотичними напруженнями



**Рис. 6.15** – Зміна проковзування стержнів залежно від величини дотичного напруження зчеплення

Балки 5Б-4...5Б-6 випробувалися повторним навантаженням до руйнування. В балці 5Б-4 величина повторного навантаження була прийнята рівною  $F_{cyc} = 70$  кН, що складало приблизно 90% від середнього руйнівного для цих балок. Балка зруйнувалася на сьомому циклі навантаження, при  $F_{cyc} = 55$  кН. Треба відмітити, що сумарне переміщення на цьому циклі склало 0,034 мм, тобто, таке, як перед руйнуванням балок 5Б-1...5Б-3 при одноразовому навантаженні. Для балок 5Б-5 і 5Б-6 рівень повторних навантажень був

зменшений до  $F_{сус} = 60$  кН (приблизно 80% від руйнівного). Але балка 5Б-5 також зруйнувалася на сьомому циклі, а балка 5Б-6 – на четвертому. При цьому в балці 5Б-5 перед руйнуванням зміщення стержня склало 0,066 мм, а в балці 5Б-6 – 0,042 мм [81].

Відношення значення граничного напруження зчеплення  $\tau_{bu}$  в балках 5Б-1...5Б-3 до значення  $\tau_{bu}$  в балках 5Б-6 і 5Б-7 складає 0,81, а обчислене таке ж відношення з використанням формули (6.1) – 0,88.

Аналіз отриманих даних підтвердив ефективність балкової методики для дослідження зчеплення в умовах, максимально наближених до роботи реальних конструкцій. Такий підхід дозволяє враховувати не лише локальні, а й інтегральні властивості з'єднання в умовах згину, що особливо важливо при проектуванні залізобетонних балок з відривом арматури у прольоті [72, 80].

Таким чином, результати балкових випробувань підтвердили загальні тенденції, виявлені у призмових зразках: збільшення товщини захисного шару призводить до зростання дотичних напружень зчеплення та зниження чутливості до проковзування арматури. Це має враховуватись при проектуванні анкерування в умовах складних комбінованих навантажень.

## **6.8. Результати проведеного аналітичного огляду експериментальних досліджень**

У процесі дослідження розглянуто критичний аспект спільної роботи бетону та арматурної сталі в залізобетонних конструкціях — зчеплення між матеріалами, яке значною мірою залежить від товщини захисного шару бетону. Проведені експериментальні дослідження дозволяють аналітично оцінити вплив цієї геометричної характеристики на граничні напруження зчеплення, проковзування стержнів, характер руйнування, а також ефективність запропонованих та наявних у діючих нормативних документах [2, 3] розрахункових формул анкерування арматури в бетоні.

На основі випробувань трьох серій зразків із призматичними

оболонками та балками (третья, четверта й п'ята серії дослідів) встановлено, що зменшення товщини захисного шару призводить до істотного зниження максимальних значень напружень зчеплення. Зокрема, у зразках із відсутнім захисним шаром ( $c = 0$ ) граничні напруження  $f_b$  складали лише 40–60% від максимальних значень, зафіксованих у зразках із товщиною оболонки понад  $3d$  - умов, що відповідають розташуванню арматури по осі бетонного елемента ( $f_{b0}$ ) [60, 61, 79].

Експериментально визначено, що при товщині шару  $c = d$  (відповідно до мінімальної вимоги норм) відношення напружень зчеплення  $f_{bc}/f_{b0}$  становить 0,77–0,82 (третья серія) і 0,81–0,86 (четверта серія), в залежності від діаметра арматурних стержнів (12 і 20 мм відповідно). Результати свідчать, що навіть при дотриманні нормативного мінімуму товщина захисного шару не забезпечує повну реалізацію потенціалу зчеплення [61, 81].

Характер руйнування зразків суттєво змінювався залежно від товщини шару: від утворення поздовжніх тріщин в оболонці ( $c > 3d$ ) до руйнування у межах товщини бетону ( $c = 0$ ), що свідчить про інтенсивний вплив на напружено-деформований стан зони анкерування. Особливо чітко залежність проявлялася в балках п'ятої серії, випробуваних за балковою методикою згину. Там, де товщина шару становила  $c = 2d$ , максимальні дотичні напруження зчеплення  $\tau_{bu}$  досягали 12,05 МПа, що на 10,3% більше, ніж у зразках із шаром  $c = d$  ( $\tau_{bu} = 10,83$  МПа) [70, 75].

Відповідно до результатів було запропоновано аналітичну формулу (6.1), яка дозволяє обчислювати граничні напруження зчеплення залежно від відносної товщини шару  $m = c/d$ . Формула продемонструвала добру збіжність з експериментальними даними, при середньоквадратичному відхиленні 0,043 і коефіцієнті варіації 4,4%, що підтверджує її придатність до практичного застосування [80].

Залежність між дотичними напруженнями зчеплення  $\tau_b$  і зміщенням арматури  $\delta$  виявилася нелінійною, причому проковзування в зразках із

меншим захисним шаром відбувалося швидше й досягало вищих значень при однакових рівнях навантаження. Наприклад, при однаковому згинальному моменті в балках 5Б-1...5Б-3 ( $c = d$ ) середнє зміщення дорівнювало  $\delta = 0,008$  мм, тоді як у балках 5Б-7 і 5Б-8 ( $c = 2d$ ) –  $\delta = 0,004$  мм [77].

Загалом, узагальнення результатів свідчить про високу чутливість параметрів зчеплення до товщини захисного шару. Такий ефект необхідно враховувати при розрахунках довжини анкерування арматури, особливо у випадках, коли проектується розташування арматурних стержнів поблизу поверхні конструктивних елементів. Введення поправочного коефіцієнта до розрахункових моделей дозволить забезпечити конструктивну надійність при різній товщині захисного шару [61, 74, 81, 82].

## ВИСНОВКИ

На основі проведеного аналізу експериментальних досліджень впливу захисного шару на зчеплення арматури з бетоном в даній роботі можна зробити наступні висновки:

1. Проведений аналіз експериментальних досліджень показав, що товщина захисного шару бетону є критичним чинником, який визначає граничні напруження зчеплення арматури з бетоном. Встановлено, що за умов мінімального шару  $c = d$ , рекомендованого нормативами, фактичні напруження зчеплення знижуються на 15–25 % порівняно зі зразками, де стержні розташовані по осі бетонної призми ( $c > 3d$ ).

2. Виявлено, що зменшення товщини захисного шару суттєво впливає на характер руйнування зразків: при відсутності шару відбувається крихке розколювання зразка, тоді як при товщині  $c > 3d$  спостерігається поступове висмикування арматури із формуванням поздовжніх тріщин.

3. Отримано експериментальні залежності між відносною товщиною захисного шару  $m = c/d$  та нормованим напруженням зчеплення  $f_{bc}/f_{b0}$ .

Зокрема, при  $m = 1,0$  дане відношення становить  $\approx 0,82$ , при  $m = 1,5$  —  $\approx 0,89$ , а при  $m = 2,0$  —  $\approx 0,93$ . Запропонована аналітична формула характеризується високим рівнем узгодженості з експериментальними результатами (коефіцієнт варіації 4,4 %).

4. Балкові випробування підтвердили ефективність запропонованого підходу до моделювання зчеплення арматури з бетоном в умовах чистого згину. Додатково виявлено, що збільшення товщини шару  $c$  призводить до зростання як дотичних напружень  $\tau_b$ , так і до зниження проковзування стержня  $\delta$ , що свідчить про зростання жорсткості з'єднання.

5. З урахуванням результатів дослідження рекомендовано при проектуванні довжини анкерування арматури враховувати зниження ефективності зчеплення у випадках, коли товщина захисного шару відповідає мінімально допустимим значенням. Це особливо важливо для елементів з анкеруванням у прольоті або за умов дії повторних навантажень.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бетони. Ультразвуковий метод визначення міцності : ДСТУ Б.В.2.7–226:2009. – [Чинний з 2009-12-22]. – К. : Мінгеріонбуд України, 2010. – 38 с. – (Національний стандарт України).
2. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення : ДБН В.2.6-98:2009. – [Чинний з 2011-07-01]. – К. : Мінгеріонбуд України, Державне підприємство «Укрархбудінформ», 2011. – 71 с. – (Державні будівельні норми).
3. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування : ДСТУ Б.В.2.6–156:2010. – [Чинний з 2011-06-01]. – К. : Мінгеріонбуд України, 2011. – 118 с. – (Національний стандарт України).
4. Будинки адміністративного та побутового призначення. Будинки і споруди: ДБН В.2.2-28:2010. – [Чинний від 2011-01-10]. – К. : КИЇВЗНДІЕП, 2011. – 28 с. – (Державні будівельні норми України)
5. Будівлі підприємств : параметри : ДСТУ Б В.2.2–29:2011. – [Чинний з 2012-12-01]. – К. : Мінгеріонбуд України, 2011. – 11 с. – (Національний стандарт України).
6. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2–15–2019. – [Чинний з 2019-12-01]. – К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019. – 44 с. – (Державні будівельні норми України).
7. Будівлі та споруди. Визначення класів наслідків (відповідальності) : : ДСТУ 8855:2019. – [Чинний з 2019-12-01]. – К. : Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості», 2019. – 14 с. – (Державний стандарт України).
8. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ : ДБН В.1.2-14:2018. – [Чинний від 2019-01-01]. – К. : УкрНДПроектстальконструкція, 2018. – 60 с. – (Державні будівельні норми України)
9. Інженерні вишукування для будівництва : ДБН А.2.1–1–2014. – [Введені в дію з 2014–03–24]. – К. : Держбуд України, 2014. – 126 с. – (Державні будівельні норми України).
10. Навантаження і впливи: норми проектування : ДБН В.1.2.–2:2006. – [Чинний з 2007-01-01]. – К. : Мінгеріонбуд України, 2006. – 68 с. – (Державні будівельні норми України).
11. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення : ДБН В.2.1–10:2018 : – [Введені в дію з 2019–01–01]. – К. : Мінрегіон України, 2018. – 36 с. – (Державні будівельні норми України).
12. Організація будівельного виробництва: ДБН А.3.1–5:2016. – [Введені в дію з 2017–01–01]. – К. : Держбуд України, 2016. – 11 с. – (Державні будівельні норми України).

13. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги: ДБН В.1.1–7:2016. – [Чинний з 2017–01–06]. – К. : Мінгеріонбуд України, 2016. – (Державні будівельні норми).

14. Правила визначення вартості будівництва : ДСТУ Б.Д.1.1–1:2013. – [Чинний з 2014-01-01]. – К. : Мінгеріонбуд України, 2013. – 88 с. – (Національний стандарт України).

15. Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень. Система проектної документації для будівництва : ДСТУ Б А.2.4-7:2009. – [Чинний від 2009-24-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 71 с. – (Державні будівельні норми України).

16. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови : ДСТУ 3760:2019.–[Чинний з 2019–08–01]. – К. : ДП «УкрНДНЦ», 2019. – (Державний стандарт України).

17. Склад та зміст проектної документації на будівництво : ДБН А.2.2–3–2014. – [Введені в дію з 2014–10–01]. – К. : Держбуд України, 2014. – 33 с. – (Державні будівельні норми України).

18. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель : ДБН В.2.6–31:2021. – [Чинний від 2022-09-01]. – К. : Мінрегіон України, 2022. – 23 с.

19. Бакулін Є.А. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи «Проектування одноповерхової промислової каркасної будівлі із збірних залізобетонних елементів» з дисципліни «Архітектура будівель і споруд» для студентів за напрямом підготовки 192 «Будівництво та цивільна інженерія» Розрахунок будівельних конструкцій на міцність, жорсткість та вогнестійкість» / Є.А. Бакулін, Н.О. Костира, В.М. Бакуліна. – К. : Видавничий центр НУБіП України, 2022. – 83 с.

20. Бакулін Є.А. Об'ємно-просторові рішення будівель і споруд : навчальний посібник / Є. А. Бакулін, В. М. Бакуліна, Н. О. Костира. – К. : Видавничий центр НУБіП України, 2024. – 264 с.  
<https://dglib.nubip.edu.ua/handle/123456789/11201>

21. Bakulin Y.A. Engineering protection and prepatation of territories : study guide; under the editorship of cand tech. science Ye.A. Bakulin / Ye.A. Bakulin, I.A. Yakovenko, V.M. Bakulina. – Kyiv : NULES of Ukraine, 2022. – 205 p.

22. Бакулін Є.А. Інженерний захист та підготовка територій : навч. посіб.; за ред. канд. техн. наук Бакуліна Є.А. / Є.А. Бакулін, І.А. Яковенко, В.М. Бакуліна. – К. : НУБіП України, 2020. – 212 с.

23. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із дисципліни "Основи автоматизованого проектування в будівництві" для студентів за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія» / уклад.: Є.А. Дмитренко, І.А. Яковенко, О.А. Фесенко. – К. : НУБіП України, 2021. – 91 с.

24. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт за дисциплінами «САПР у будівництві», «Моделювання будівель та споруд сільськогосподарського призначення» підготовки фахівців ОС «Магістр» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19

«Архітектура та будівництво» / уклад.: Є.А. Дмитренко, І.А. Яковенко, О.А. Фесенко. – К. : НУБіП України, 2021. – 104 с.

25. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із дисципліни "Конструкції з деревини та пластмас" для студентів за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія» / уклад. : М.В. Усенко. – К. : НУБіП України, 2023. – 68 с.

26. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Основи і фундаменти» підготовки фахівців ОС «Бакалавр» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» /укл. : О.В. П'ятков, Є.А. Бакулін. – К. : НУБіП України, 2023. – 85 с.

27. Яковенко І. А. Реконструкція будівель та споруд аеропортів : мет. реком. до виконання РГР для студентів спец. 6.06010101 / І. А. Яковенко, Є. А. Бакулін. – К.: НАУ, 2013. – 50 с.

28. Яковенко І.А. Напрями наукових досліджень кафедри будівництва НУБіП України / І.А. Яковенко, Є.А. Бакулін // Зб. тез доп. X Міжн. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання» з нагоди 116-ї річниці від дня народження д.т.н., проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ, віцепрез. УАСГН В.С. Крамарова (1906–1987) та 125 річниці НУБіП України (24–25 лютого 2023 р., м. Київ). – К. : НУБіП України, 2023. – С. 488–491.

29. Бабич Є.М. Діагностика, паспортизація та відновлення будівель і інженерних споруд : підручник / Є.М. Бабич, В.В. Караван, В.Є.Бабич. – Рівне : «Волинські обереги», 2018. – 176 с.

30. Бабич Є.М. Розрахунок і конструювання залізобетонних балок : навчальний посібник / Є. М. Бабич, В. Є. Бабич. – 2-ге видання, перероблене і доповнене. – Рівне : НУВГП, 2017. – 191 с.

31. Баженов В.А. Варіаційні принципи будівельної механіки. Нариси з історії. / В.А. Баженов, А.В. Перельмутер, Ю.В. Ворона, В.В. Отрашевська. – К. : Каравела, 2018. – 924 с.

32. Баженов В. А. Будівельна механіка. Комп'ютерні технології: підручник / В.А. Баженов, А.В. Перельмутер, О.В. Шишов. – К. : Каравела, 2009. – 696 с.

33. Бамбура А.М., Павліков А.М., Колчунов В.І. та ін. Практичний посібник із розрахунку залізобетонних конструкцій за діючими нормами України (ДБН В.2.6–98:2009) та новими моделями деформування, що розроблені на їхню заміну. К.: Толока, 2017. 627 с.

34. Бамбура А.М. Проектування залізобетонних конструкцій : посібник / А.М. Бамбура, І.Р. Сазонова, О.В. Дорогова, О.В. Войцехівський; за ред. А.М. Бамбури. – К. : Майстер книг, 2018. – 240 с.

35. Барабаш М.С. Основи комп'ютерного моделювання : навчальний посібник / М.С. Барабаш, П.М. Кір'язев, О.І. Лапенко, М.А. Ромашкіна. – К. : НАУ, 2018. – 492 с.

36. Барашиков А. Я. Оцінювання технічного стану будівельних та інженерних споруд / А.Я. Барашиков, О.М. Малишев. — К. : Основа, 2008. — 320 с
37. Білик С.І. Металеві конструкції. Том 2. Конструкції металевих каркасів промислових будівель: підручник для ВНЗ. / С.І. Білик, О.В. Шимановський та ін. — Кам'янець-Подільський : Рута, 2021. — 448 с.
38. Бліхарський З.Я. Реконструкція та підсилення будівель та споруд : навч. посібник / З.Я. Бліхарський. — Львів : вид-во «Львівська політехніка», 2008. — 108 с.
39. Валовий О.І. Ефективні методи реконструкції промислових будівель та інженерних споруд : навч. посібник / О.І. Валовий. — Кривий Ріг : «Мінерал», 2003. — 270 с.
40. Гомон С.С. Конструкції із дерева та пластмас : навчальний посібник / С.С. Гомон. — Рівне: НУВГП, 2016. — 219 с.
41. Дворкін Л.Й. Будівельне матеріалознавство : навч.-довід. посіб. укр. та англ. мовами / Л.Й. Дворкін. — Рівне: НУВГП, 2017. — 355 с.
42. Долгов О. М. Механіка руйнування [Електронний ресурс] : підручник / О. М. Долгов. — Дніпро : НТУ « Дніпровська політехніка », 2019. — 166 с.
43. Дудар, І. Н. Технологія будівельного виробництва (курсове та дипломне проєктування) : навчальний посібник / І.Н. Дудар, О.М. Лівінський, Т.В. Прилипка. — Вінниця : ВНТУ, 2018. — 75 с.
44. Зоценко М.Л. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів. Основи та фундаменти. - Полтава, 2004. - 568с.
45. Інженерна геологія (з основами геотехніки): підручник для студентів ВНЗ / [Суярко В.Г. , В. М. Величко, О. В. Гаврилюк та ін.]; за заг. ред. проф. В. Г. Суярка. — Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2019. — 278 с.
46. Кінаш Р.І. Архітектурні конструкції виробничих будівель / Р.І. Кінаш. — Львів: Львівська політехніка, 2015. — 288 с.
47. Клименко Є.В. Технічна експлуатація та реконструкція будівель і споруд : навчальний посібник. — К., 2004. — 304 с.
48. Ковальчук Я.О. Технологія та організація будівництва : навчальний посібник / Я.О. Ковальчук. — Тернопіль : ТНТУ, 2017. — 191 с.
49. Куценко А.Г. Будівельна механіка : навчальний посібник / А.Г. Куценко, М.М. Бондар, В.В. Яременко — К.: Центр учбової літератури, 2019. — 704 с.
50. Куліков П.М. Архітектура будівель і споруд. Книга 5. Промислові будівлі: підручник / П.М. Куліков, В.О Плоський, Г.В. Гетун. — Кам'янець-Подільський : Рута, 2020. — 820 с.
51. Котеньова З.І. Архітектура будівель і споруд: навчальний посібник / З.І. Котеньова. — Харків : ХНУБА, 2007. — 170 с.
52. Кривенко П.В. Будівельне матеріалознавство: підручник / П.В. Кривенко, К.К. Пушкарьова, В.Б. Барановський. — К. : Ліра-К, 2019. — 624 с.

53. Трач В.М. Опір матеріалів (спеціальний курс): теорія пружності та пластичності : навчальний посібник / В.М. Трач, А.В. Подворний. – К. : Каравела, 2018. – 434 с.

54. Парфентьєва І.О. Основи та фундаменти : навчальний посібник для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» / І.О. Парфентьєва, О.В. Верешко, Д.А. Гусачук. – Луцьк : ЛНТУ, 2017. – 296с.

55. Павліков А.М. Залізобетонні конструкції : будівлі, споруди та їх частини: підручник. – Полтава : ТОВ «АСМІ», 2017. – 284 с.

56. Павліков А.М. Залізобетонні конструкції : практичні методи розрахунків та конструювання : навч. посіб. / А.М. Павліков, Д.В. Кочкар'юв ; [за ред. д.т.н., проф. Павлікова А.М.] ; ПолтНТУ. – Полтава, ТОВ «АСМІ», 2019. – 238 с.

57. Практичний розрахунок елементів залізобетонних конструкцій за ДБН В.2.6–98:2009 у порівнянні з розрахунками за СНиП 2.03.01–84\* і EN 1992–1–1 (Eurocode 2) / В.М. Бабаєв, А.М. Бамбура, О.М. Пустовойтова та ін. ; за заг. ред. В.С. Шмуклера. – Харків : Золоті сторінки, 2015. – 208 с.

58. Rehm G. Uber die Grundlagen des Verbundes zwischen Stahl und Beton / G. Rehm // Deutscher Ausschuss fur Stahlbeton. – 1961. - Н.138.

59. Goto I. Crack formed in concrete around deformed tension bars / I. Goto // ACI Journal. – 1971. - №4. - v.68.

60. Бабич В.Є., Поляновська О.Є., Онопрійчук П.М. Вплив товщини захисного шару на зчеплення арматури з бетоном // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне: НУВГП, 2012. – Вип. 23. – С. 88–93.

61. Бабич В. Є., Поляновська О. Є., Демчук П. В. Дослідження зчеплення арматури з бетоном залежно від товщини захисного шару // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне: НУВГП, 2014. – Вип. 28. – С. 105–111.

62. Бабич Є.М., Чапюк О.С. Визначення мінімальної довжини анкерування арматури класу А500С // Будівельні конструкції. – Київ: НДІБК, 2008. – Вип. 70. – С. 124–131.

63. Семко О.В. Експериментальні дослідження несучої здатності гнучких анкерів в сталезалізобетонних конструкціях // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ. – 2005. – Вип. 15. – С.66–72.

64. Семко О. В. Про співвідношення між пружною та пластичною роботою трубобетонних елементів та їх залишкових пластичних деформацій / О. В. Семко, О. П. Воскобійник // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса : «Зовнішрекламсервіс». – 2009. – Вип. 34. – С. 453–458.

65. Cruz J.S. Modeling of bond between near-surface mounted CFRP laminate strips and concrete / J.S. Cruz, J. Barros // Computers and Structures. – 2004. – No.82. – P.1513– 1521

66. Delgado C., Fargueta F., Fernandes–Prada M. A new finite element to analyze bond behaviour in the presence of transverse pressure //5–th Int. Conf. AMCM–2005.

67. Gomes Barbosa M. T. Investigation of Bond Stress in Pull Out Specimens with High Strength Concrete / M. T. Gomes Barbosa, S.S. Filho // Global Journal of Researches in Engineering . Civil And Structural Engineering. – 2013. – №3. – Vol. 13. – pp. 55 – 64.

68. Kolchunov V. I. The analytical core model formation of the nonlinear problem bond armature with concrete / V. I. Kolchunov, I. A. Yakovenko, E. A. Dmitrenko // Збірник наукових праць. Серія галузеве машинобудування, будівництво. – Полтава : ПолтНТУ, 2016. – Вып. 2(47). – С. 125–132. (Видання в одить до міжнародної наукометричної бази дани Index Copernicus).

69. Yakovenko I., Dmytrenko Y., Bakulina V. (2022) Construction of Analytical Coupling Model in Reinforced Concrete Structures in the Presence of Discrete Cracks. In: Bieliatynskyi A., Breskich V. (eds) Safety in Aviation and Space Technologies. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. 107-120 p. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-85057-9\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-85057-9_10)

[https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-85057-9\\_10#citeas](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-85057-9_10#citeas)

70. Yakovenko I. A., Dmytrenko Ye. A. (2022) [Influence of Reinforcement Parameters on the Width of Crack Opening in Reinforced Concrete Structures](#) // Achievements of Ukraine and EU countries in technological innovations and invention : Scientific monograph. Riga, Latvia : «Baltija Publishing», 510-536 p.

71. Бабич Є.М., Чапюк О.С. Дослідження малоциклової втомленості зчеплення бетону з арматурою серповидного профілю // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне: НУВГП, 2008. – Вип. 17. – С. 105–113.

72. Бабич Є.М., Вавринюк Б.А., Чапюк О.С. Дослідження зчеплення арматурного прокату серповидного профілю з бетоном при одноразовому і повторному витяганні // Вісник ОДАБА. – Одеса, 2009. – Вип. 35. – С. 18–24.

73. Бабич Є.М., Вавринюк Б.А., Чапюк О.С. Напружено-деформований стан контакту з бетоном арматури серповидного профілю // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне: НУВГП, 2009. – Вип. 19. – С. 74–82.

74. Дмитренко Є.А. Залежності зчеплення арматури з бетоном при різних видах руйнування зони їх контакту / Є.А. Дмитренко, Т.В. Бакай // Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 118-ї річниці від дня народження д.т.н., проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ, віцепрез. УАСГН В.С. Крамарова (1906–1987) (20–21 лютого 2025 р., м. Київ). – К. : НУБіП України, 2025. – С. 524–527.

75. Бабич Є.М., Бабіч (Поляновська) О.Є., Чапюк О.С. Визначення напружень зчеплення з бетоном арматури серпоподібного профілю // Будівельні конструкції. – Київ: ДП НДІБК, 2011. – Вип. 74. – Кн. 1. – С. 285–292.

76. Дмитренко Є.А. Зміна параметрів зчеплення арматури з бетоном при дії довготривалих навантажень / Є.А. Дмитренко, Д.О. Денисенко // Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 118-ї річниці від дня народження д.т.н., проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ, віцепрез. УАСГН В.С. Крамарова (1906–1987) (20–21 лютого 2025 р., м. Київ). – К. : НУБіП України, 2025. – С. 527–530.

77. Бабич Є.М., Поляновська О.Є. Математична модель напруження зчеплення арматури з бетоном // Вісник ОДАБА. – Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2012. – Вип. 47. – Ч. 1. – С. 28–33.

78. Бабич Є.М., Поляновська О.Є. Математичні моделі для визначення напружень зчеплення арматури з бетоном // Будівельні конструкції. – Київ: ДП НДІБК, 2013. – Вип. 78. – Кн. 2. – С. 3–9.

79. Бабич Є.М., Бабич В.Є., Поляновська О.Є. Опір арматури витяганню залежно від товщини захисного шару бетону // Механіка і фізика руйнування матеріалів і будівельних конструкцій. – Львів: Каменяр, 2014. – Вип. 10. – С. 310–317.

80. Бабіч О.Є. Особливості роботи залізобетонних балок з робочою арматурою, частина якої обривається в прольоті з різною довжиною її анкерування // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне: НУВГП, 2011. – Вип. 21. – С. 121–128.

81. Бабич Є.М., Бабич В.Є., Поляновська О.Є. Удосконалена методика розрахунку анкерування арматури в згинальних залізобетонних елементах: Рекомендації. – Рівне: НУВГП, 2015. – 79 с.

82. Яковенко І.А. Класифікація параметрів та пошук аналітичних залежностей зчеплення арматури з бетоном у залізобетонних конструкціях будівель та споруд / І.А. Яковенко, Є.А. Дмитренко // Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 118-ї річниці від дня народження д.т.н., проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ, віцепрез. УАСГН В.С. Крамарова (1906–1987) (20–21 лютого 2025 р., м. Київ). – К. : НУБіП України, 2025. – С. 533–536.

83. Климов Ю.А., Солдатченко О.С., Орешкин Д.А. Експериментальні дослідження зчеплення композитної неметалевої арматури з бетоном [Електронний ресурс]. URL: [http://frprebar.com/frprebar\\_test\\_adhtsion\\_concrete.html](http://frprebar.com/frprebar_test_adhtsion_concrete.html)

84. Колчунов В.І. Аналітична модель зчеплення та нелінійна податливість арматурних зв'язків при розкритті дискретних тріщин у залізобетонних конструкціях / В.І. Колчунов, І.А. Яковенко, Є.А. Дмитренко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць. – Рівне, 2016. – Вип. 32. – С. 183 – 196.

85. Бакулін Є.А. Визначення параметрів напружено-деформованого стану споруди башти силосу та її конструктивних елементів за наслідками руйнування / Є.А. Бакулін, І.А. Яковенко, В.М. Бакуліна // Achievements of Ukraine and EU countries in technological innovations and invention : collective monograph. – Riga : Izdevniecība “Baltija Publishing”, 2022. – Р. 1–43.

86. Бакулін Є.А. Результати аналізу причин руйнування сталевих ферм покриття конверторного цеху / Є.А. Бакулін, І.А. Яковенко, Є.А. Дмитренко, В.М. Бакуліна // Збірник тез доповідей 9-ої Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті» (17–19 листопада, 2021 р., м. Харків). – Харків, УкрДУЗТ, 2021. – С. 87–88.

87. Бакулін Є.А. Деформації як індикатори небезпек та ризику руйнування експлуатованих будівель /Є.А. Бакулін // Будівництво України. – 2013. – №5. – С. 2– 5.

88. Дмитренко Є.А. Врахування сумісної роботи дисків покриттів зі збірного залізобетону у складі пролітних згинальних металевих конструкцій / Є.А. Дмитренко, М.А. Андрієвська, І.А. Яковенко // Сучасні будівельні конструкції з металу та деревини. – 2024. – Вип. № 28. – С. 128–139. <https://doi.org/10.31650/2707-3068-2024-28-128-139>

89. Дмитренко Є.А. Чисельне моделювання моменту утворення тріщин у залізобетонних конструкціях із застосуванням ПК «САПФІР» / Є.А. Дмитренко, І.А. Яковенко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць. – Рівне : НУВГП, 2021. – Вип. 39. – С. 74–83.

90. Дмитренко Є. А. Особливості розрахунку міцності нормальних перерізів згинальних залізобетонних конструкцій за методом Вуда в ПК «ЛІРА САПР» / Є. А. Дмитренко, Ю. В. Гензерський, І. А. Яковенко, Є. А. Бакулін // Український журнал будівництва та архітектури : науково-практичний журнал. – Дніпро : ДВНЗ ПДАБА, 2021. – № 5 (005). – С. 41–49. <http://uajcea.pgasa.dp.ua/issue/view/15004>

91. Дмитренко Є.А. Особливості чисельного моделювання моменту утворення тріщин залізобетонних конструкцій у ПК «Сапфір» / Є.А. Дмитренко, І.А. Яковенко // Збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної онлайн конференції «Сучасні проблеми та перспективи розвитку машинобудування України», присвяченої 20-й річниці з дня створення факультету конструювання та дизайну Національного університету біоресурсів і природокористування України (23-24 вересня 2021 р.). – К.: НУБіП України, 2021. – С. 58–61.

92. Яковенко І.А. Класифікація методів посилення залізобетонних конструкцій будівель та споруд / І. А. Яковенко, Є.А. Бакулін, В.М. Бакуліна // Збірник тез доповідей ХІХ міжн. конф. науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування: конструювання та дизайн» (20-22 березня 2019 року). – К. : НУБіП України, 2019. – С. 8–11.

93. Яковенко І.А. Методика проведення комплексного обстеження кам'яних і армокам'яних конструкцій // І.А. Яковенко, Є.А. Бакулін // Збірник тез доповідей ХХ Міжнародної конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування: конструювання та дизайн» (19–20 березня 2020 року). – К.: НУБіП України, 2020. – С. 64–67.

94. Яковенко І.А. Пошук раціональних методів посилення зони розтягу згинальних залізобетонних конструкцій при реконструкції та відновленні будівель / І.А. Яковенко, І.М. Мельничук, О.А. Андросюк // Збірник тез доповідей ХІІ Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 118-ї річниці від дня народження д.т.н., проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ, віцепрез. УАСГН В.С. Крамарова (1906–1987) (20–21 лютого 2025 р., м. Київ). – К. : НУБіП України, 2025. – С. 562–566.

95. Яковенко І. А. Експериментальні дослідження міцності і тріщиностійкості у залізобетонних складених конструкціях / І. А. Яковенко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць. – Рівне, 2014. – Вип. 28. – С. 319–328.

96. Emelyanov, S., Nemchinov, Y., Kolchunov, V., & Yakovenko, I. (2016). Details of large-panel buildings seismic analysis. *Enfoque UTE*, 7(2), pp. 120 – 134. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n2.100>

97. Dmytrenko, Y., Usenko, M., Yakovenko, I. (2024). Collisions of Strength Determination Modeling for Eccentrically Compressed Reinforced Concrete Constructions with Small Eccentricities by Normal Sections in Lira-FEM Software. In: Blikharskyy, Z., Zhelykh, V. (eds) *Proceedings of EcoComfort 2024. EcoComfort 2024. Lecture Notes in Civil Engineering*, vol 604. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-67576-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-031-67576-8_5)

98. Dmytrenko E.A., Yakovenko I.A., Fesenko O.A. (2021). Strength of excentrically tensioned reinforced concrete structures with small eccentricities by normal sections // *Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences* (2021), 30 (3), 424–438. <https://doi.org/10.22630/PNIKS.2021.30.3.36>

99. Kolchunov V.I., Yakovenko I.A. (2016) About the violation solid effect of reinforced concrete in reconstruction design of textile industry enterprises // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennostithis*, 2016, 363 2016-January(3), pp. 258–263.

100. Slyusarenko, Y. et al. (2023). Experimental Solving the Problem of the Shelter Object Reinforced Concrete Structures Thermal Expansion. In: Ilki, A., Çavunt, D., Çavunt, Y.S. (eds) *Building for the Future: Durable, Sustainable, Resilient. fib Symposium 2023. Lecture Notes in Civil Engineering*, vol 350. Springer, Cham., pp. 1683–1693, [https://doi.org/10.1007/978-3-031-32511-3\\_173](https://doi.org/10.1007/978-3-031-32511-3_173)

101. Yakovenko I., Bakulin Y. & Bakulina V. (2020) Classification methods of civil buildings reconstruction // *Theoretical and scientific foundations of engineering : collective monograph / Apostolova R., Shembel E., Aurbach D., Markovsky B., – etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch,*

2020. 180 p., pp. 70–96. Available at : DOI : 10.46299/isg.2020.MONO.TECH.II  
URL: <http://isg-konf.com>.

## ДОДАТКИ