

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Будівництва, архітектури та дизайну
(повне найменування факультету)

Кафедра Будівельного виробництва та управління проектами
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на тему ЗВЕДЕННЯ ОДНОПОВЕРХОВОГО БАГАТОПРОЛІТНОГО ЦЕХУ
ВЕЛИКОВУЗЛОВОЇ ЗБІРКИ ГВІНТОКРИЛІВ У М. ЗАПОРІЖЖЯ
CONSTRUCTION OF A SINGLE-STOREY MULTI-SPAN WORKSHOP FOR
LARGE-UNIT HELICOPTER ASSEMBLY IN ZAPORIZHZHIA

Виконав: студ. IV курсу, гр. БАД-112

Спеціальності 192 Будівництво та цивільна
інженерія

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Промислове та цивільне будівництво

МАРЧЕНКО А.А.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник КУЛІК М.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент СКРЕБЦОВ А.А.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Будівництва, архітектури та дизайну

Кафедра Будівельного виробництва та управління проєктами

Ступінь вищої освіти перший (бакалавр)

Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія

(код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація) Промислове та цивільне будівництво

(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри БВУП

к.т.н., доцент Олексій НАЗАРЕНКО

« _____ » _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА

МАРЧЕНКО Альони Андріївни

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Зведення одноповерхового багатопрольотного цеху великовузлової збірки гвинтокрилів у м. Запоріжжя

Construction of a Single-Storey Multi-Span Workshop for Large-Unit Helicopter Assembly in Zaporizhzhia

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доцент КУЛІК Михайло Валерійович

(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « _____ » квітня 2026 року № ____

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 28 травня 2026 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) рекомендована література, технічне завдання, інженерно-геологічні умови

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Архітектурно-будівельна частина. 2. Розрахунково-конструктивна частина. 3. Організаційно-технологічна частина. 4. Економіка будівництва. 5. Охорона праці та цивільна безпека

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів) графічний матеріал – 6 аркушів А1 з титульним аркушем

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

| Розділ | ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|------------------------------------|---|----------------|---------------------------|
| | | завдання видав | прийняв виконане завдання |
| Архітектурно-будівельна частина | КУЛІК М.В., доцент | | |
| Розрахунково-конструктивна частина | КУЛІК М.В., доцент | | |
| Організаційно-технологічна частина | КУЛІК М.В., доцент | | |
| Економіка будівництва | КУЛІК М.В., доцент | | |
| Охорона праці та цивільна безпека | КУЛІК М.В., доцент | | |
| Нормоконтролер | КУЛІК М.В., доцент | | |

7. Дата видачі завдання «01» квітня 2026 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проєкту (роботи) | Строк виконання етапів проєкту (роботи) | Примітка |
|-------|---|---|-------------|
| 1 | Постановка завдань по роботі | 1 тиждень | Завдання |
| 2 | Розробка архітектурно-будівельних рішень | 1-2 тижні | Розділ 1 |
| 3 | Розробка розрахунково-конструктивної частини | 3-5 тижні | Розділ 2 |
| 4 | Прийняття організаційно-технологічних рішень | 4-5 тижні | Розділ 3 |
| 5 | Розробка економічної частини роботи | 5 тиждень | Розділ 4 |
| 6 | Розробка заходів з охорони праці та цивільної безпеки | 5-6 тиждень | Розділ 5 |
| 7 | Оформлення пояснювальної записки та документів до неї | 6 тиждень | |
| 8 | Оформлення графічної частини | 1-7 тиждень | Розділи 1-5 |
| 9 | Нормоконтроль та рецензування | 7 тиждень | |
| 10 | Перевірка на плагіат | 7 тиждень | |
| 11 | Захист роботи | 8 тиждень | |

Студент

_____ (підпис)

Альона МАРЧЕНКО

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

_____ (підпис)

Михайло КУЛІК

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної кваліфікаційної роботи бакалавра:
107 с., 25 табл., 13 рис., 34 джерела, 3 дод.

ПРОМИСЛОВЕ БУДІВНИЦТВО, РОЗРАХУНОК ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ
ФЕРМИ, ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА, КАЛЕНДАРНИЙ ГРАФІК,
БУДГЕНПЛАН, ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА, ОХОРОНА ПРАЦІ

Дипломний проєкт присвячений зведенню одноповерхового багатопрольотного цеху великовузлової збірки гвинтокрилів у м. Запоріжжя та охоплює всі основні етапи будівельного процесу.

Архітектурно-будівельна частина містить характеристику умов будівництва, опис об'ємно-планувальних і конструктивних рішень, визначення класу наслідків об'єкта та прийняте інженерно-технічне обладнання.

Розрахунково-конструктивна частина присвячена розрахунку залізобетонної попередньо напруженої безрозкісної ферми із подальшою розробкою робочих креслень.

В організаційно-технологічній частині розроблено технологію будівельно-монтажних робіт, складено календарний графік, спроектовано будгєнплан із визначенням потреби будмайданчика в тимчасових спорудах та інженерних ресурсах.

Економічна частина містить визначення кошторисної вартості загальнобудівельних робіт у поточних цінах станом на березень 2026 року для оцінки необхідних капіталовкладень та обґрунтування економічної доцільності прийнятих проєктних рішень.

Розділ «Охорона праці та цивільна безпека» описує загальні положення щодо індивідуального захисту персоналу, вимоги техніки безпеки під час виконання будівельно-монтажних та вантажопідіймальних робіт, а також необхідні заходи з пожежної безпеки та охорони навколишнього середовища.

ЗМІСТ

| | С. |
|--|-----------|
| ВСТУП | 8 |
| РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА | 9 |
| 1.1 Характеристика району будівництва | 9 |
| 1.2 Генплан..... | 9 |
| 1.3 Визначення класу наслідків (відповідальності) об'єкта | 10 |
| 1.4 Основні техніко-експлуатаційні показники будівлі | 13 |
| 1.5 Об'ємно-планувальні рішення | 13 |
| 1.6 Експлікація приміщень | 13 |
| 1.7 Техніко-економічні показники будівлі..... | 14 |
| 1.8 Конструктивна схема будівлі | 14 |
| 1.8.1 Фундаменти, фундаментні балки..... | 15 |
| 1.8.2 Вимощення..... | 15 |
| 1.8.3 Колони | 16 |
| 1.8.4 В'язі..... | 16 |
| 1.8.5 Стіни, перегородки | 16 |
| 1.8.6 Кроквяні конструкції | 17 |
| 1.8.7 Плити покриття..... | 17 |
| 1.8.8 Покрівля | 17 |
| 1.8.9 Вікна, двері, ворота | 18 |
| 1.8.10 Підлоги | 18 |
| 1.8.11 Зовнішнє та внутрішнє оздоблення | 19 |
| 1.9 Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій..... | 19 |
| 1.9.1 Розрахунок зовнішніх стін | 20 |
| 1.9.2 Розрахунок покриття | 22 |
| 1.10 Інженерно-технічне обладнання | 23 |
| 1.11 Специфікації | 23 |
| РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА | 25 |
| 2.1 Розрахунок залізобетонної попередньо напруженої безрозкісної ферми.. | 25 |
| 2.1.1 Вихідні дані для проєктування | 25 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 2.1.2 | Визначення навантаження на ферму і зусиль в стрижнях..... | 27 |
| 2.2 | Розрахунок елементів ферми за першою групою граничних станів..... | 29 |
| 2.2.1 | Розрахунок перерізу нижнього поясу | 29 |
| 2.2.2 | Розрахунок перерізу верхнього поясу..... | 31 |
| 2.2.3 | Розрахунок перерізу стійки ферми | 33 |
| 2.3 | Визначення зусилля попереднього обтиску нижнього поясу з урахуванням втрат напруження | 34 |
| 2.3.1 | Визначення геометричних характеристик поперечного перерізу нижнього поясу ферми | 34 |
| 2.3.2 | Визначення втрат попереднього напруження в арматурі нижнього поясу..... | 35 |
| 2.4 | Розрахунок перерізу нижнього поясу за другою групою граничних станів | 40 |
| 2.4.1 | Оцінка умов утворення тріщин..... | 41 |
| 2.4.2 | Розрахунок ширини розкриття тріщин..... | 42 |
| РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА | | 46 |
| 3.1 | Загальні положення щодо організації будівництва..... | 46 |
| 3.2 | Місцеві умови будівництва та інженерне забезпечення майданчика | 46 |
| 3.2.1 | Топографічні та інженерно-геологічні умови | 46 |
| 3.2.2 | Транспортна логістика та проєктування доріг | 47 |
| 3.2.3 | Інженерне забезпечення майданчика..... | 47 |
| 3.3 | Визначення кількості та характеристик монтажних елементів і пристосувань | 48 |
| 3.4 | Вибір монтажних кранів для виконання робіт надземного циклу..... | 57 |
| 3.5 | Транспорте забезпечення будівництва | 62 |
| 3.6 | Транспортування та зберігання матеріалів | 64 |
| 3.7 | Технологія та організація виконання будівельно-монтажних робіт | 65 |
| 3.7.1 | Підготовчий цикл..... | 65 |
| 3.7.2 | Нульовий цикл | 66 |
| 3.7.3 | Надземний цикл..... | 67 |
| 3.7.4 | Влаштування покрівлі | 67 |
| 3.7.5 | Опоряджувальний цикл..... | 68 |

| | |
|--|------------|
| 3.7.6 Влаштування підлог | 68 |
| 3.8 Календарний графік | 68 |
| 3.8.1 Розробка календарного графіку | 68 |
| 3.8.2 Складання технологічних розрахунків | 69 |
| 3.8.3 Техніко-економічні показники | 75 |
| 3.8.4 Потреба в основних будівельних матеріалах, конструкціях, виробих, напівфабрикатах | 76 |
| 3.9 Будгенплан | 78 |
| 3.9.1 Проектування будгенплану | 78 |
| 3.9.2 Організація складського господарства на будмайданчику | 79 |
| 3.9.3 Визначення потреби у тимчасових будівлях та спорудах..... | 82 |
| 3.9.4 Проектування тимчасових інженерних комунікацій | 85 |
| 3.9.5 Техніко-економічні показники для будгенплану | 93 |
| РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА | 94 |
| 4.1 Визначення кошторисної вартості загальнобудівельних робіт | 94 |
| РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА | 102 |
| 5.1 Загальні вимоги до охорони праці на будівельному майданчику | 102 |
| 5.2 Безпека облаштування та утримання будівельного майданчика..... | 103 |
| 5.3 Техніка безпеки під час виконання будівельно-монтажних та вантажопідіймальних робіт | 105 |
| 5.4 Пожежна безпека при будівництві..... | 107 |
| 5.5 Охорона навколишнього середовища..... | 109 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ | 112 |
| ДОДАТОК А | |
| Розрахункові схеми ферми та схеми прикладання навантажень | 115 |
| ДОДАТОК Б | |
| Епюри внутрішніх зусиль в елементах ферми | 117 |
| ДОДАТОК В | |
| Результати статичного розрахунку | 121 |

ВСТУП

Промислове будівництво є основою економічного та індустріального розвитку держави. Для розміщення виробництв із габаритним устаткуванням, складними технологічними лініями та важким крановим обладнанням найдоцільнішим рішенням є зведення одноповерхових багатопрольотних будівель. Такий тип споруд забезпечує необхідну просторову жорсткість, гнучкість планування та безпеку експлуатації, що є критично важливим для організації масштабних виробничих процесів.

Темою дипломного проєкту обрано зведення одноповерхового багатопрольотного цеху великовузлової збірки гвинтокрилів у м. Запоріжжя. Розвиток авіаційної промисловості завжди відігравав важливу роль у забезпеченні обороноздатності країни та економічного розвитку. Серед різних видів авіатехніки особливе місце займають гвинтокрили, які завдяки своїм технічним характеристикам знаходять широке застосування як у військовій, так і в цивільній сферах. Вони є незамінними при проведенні рятувальних операцій, транспортних перевезень, а також у виконанні спеціалізованих задач, що вимагають маневреності та швидкого реагування.

Головною метою роботи є обґрунтування прийнятих архітектурних та об'ємно-планувальних рішень, проєктування надійного каркаса, здатного сприймати значні статичні й динамічні навантаження, розробка організаційно-технологічних заходів для забезпечення безперебійного процесу зведення об'єкта.

Проєктування та розрахунки здійснюються з використанням програмних забезпечень, що дозволяють досягти високої точності. Для виконання графічної частини використовується система автоматизованого проєктування AutoCAD, а для статичного розрахунку та аналізу несучих конструкцій – обчислювальний програмний комплекс LIRA-SAPR 2024.

Усі прийняті рішення в дипломному проєкті обґрунтовані інженерними розрахунками та відповідають вимогам чинних нормативних документів.

РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика району будівництва

Будівництво об'єкта передбачено в м. Запоріжжя, яке територіально відноситься до II району будівельно-кліматичної зони – південно-східний (степ). Кліматичні параметри прийняті за ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» [24].

Розрахункові температури зовнішнього повітря холодного періоду складають: $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$ для найхолоднішої доби та $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ для найхолоднішої п'ятиденки.

Глибина промерзання ґрунту становить 0,9 м.

Середня кількість опадів протягом року – 528 мм.

Об'єкт розташований у 3-му сніговому районі з нормативним значенням снігового навантаження – 1110 Па та у 3-му вітровому районі з вітровим тиском – 460 Па. Характеристичні значення вітрового та снігового навантажень прийняті відповідно до ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи» [7].

Переважаючі напрямки вітрових потоків: влітку – північний, взимку – західний. Детальна характеристика вітрового режиму наведена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Повторюваність напрямку вітру

| Місто | Повторюваність напрямку вітру, % | | | | | | | |
|-----------|----------------------------------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|
| | Пн. | Пн.-Сх. | Сх. | Пд.-Сх. | Пд. | Пд.-Зх. | Зх. | Пн.-Зх. |
| Запоріжжя | 14,5 | 11,7 | 10,9 | 10,7 | 12,9 | 13,6 | 14,9 | 10,8 |
| Січень | 14,5 | 11,7 | 10,9 | 10,7 | 12,9 | 13,6 | 14,9 | 10,8 |
| Липень | 21,8 | 14,5 | 10,7 | 7,3 | 6,1 | 7,4 | 14,1 | 18,1 |

1.2 Генплан

Ділянка, відведена під будівництво цеху великовузлової збірки гвинтокрилів, розташована в межах м. Запоріжжя. Територія має прямокутну форму з розмірами 150×110 м. Природний рельєф місцевості характеризується

як спокійний, що створює сприятливі умови для розміщення промислових об'єктів.

Генеральним планом передбачено раціональне зонування території. Окрім цеху, на майданчику розміщено комплекс допоміжних будівель та споруд: склад готової продукції, склад заготівельних матеріалів, адміністративну будівлю та їдальню. Взаємне розташування всіх об'єктів виконано з дотриманням чинних санітарно-гігієнічних та протипожежних норм, із забезпеченням необхідних розривів між будівлями. По периметру ділянки передбачено встановлення сітчастої огорожі з облаштуванням контрольно-пропускного пункту (КПП) задля безпеки та контролю доступу.

Запроєктована будівля має чітку горизонтальну та вертикальну прив'язки до існуючої геодезичної сітки. Вертикальне планування ділянки вирішене з урахуванням ефективного відводу поверхневих атмосферних вод у напрямку зелених зон. Для захисту фундаментів від замокання по периметру цеху передбачено влаштування вимощення завширшки 1,0 м. З метою безперешкодного під'їзду транспортних засобів, біля воріт облаштовано пандуси.

Загальна площа ділянки розподілена наступним чином: під площу забудови будівлями та спорудами відведено 34,02% території. Внутрішньомайданчикові дороги, проїзди та майданчики, що мають асфальтобетонне покриття, складають 33,73%. Значна частина території – 32,25% – відведена під озеленення, що включає висадку дерев, чагарників та влаштування газонів із багаторічних трав.

1.3 Визначення класу наслідків (відповідальності) об'єкта

Згідно з ДСТУ 8855:2019 «Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності)» [12], розрахунок класу наслідків об'єкта здійснюється за такими критеріями:

– кількість осіб, які постійно перебувають на об'єкті (N_1):

У цеху передбачається двозмінний 8-ми годинний режим роботи. Кількість виробничого персоналу в найбільш численну зміну становить 70 осіб.

$N_1 = 70$ осіб – за цим критерієм об'єкт відноситься до класу наслідків СС2 (середні наслідки).

– кількість осіб, які періодично перебувають на об'єкті (N_2):

До цієї категорії належить адміністративний персонал, інженерно-технічні працівники суміжних цехів та працівники логістики, які перебувають у будівлі менше 8 годин на добу. Їх кількість не перевищує 50% від кількості осіб, які постійно перебувають на об'єкті, тобто:

$$N_2 = \frac{N_1}{2} = \frac{70}{2} = 35 \text{ осіб} \quad (1.1)$$

$N_2 = 35$ осіб – за цим критерієм об'єкт відноситься до класу наслідків СС1 (незначні наслідки).

– кількість осіб, які перебувають зовні об'єкта (N_3):

Працівники, які перебувають зовні будівлі, потрапляють у зону можливого ураження, тому визначаємо їх кількість за формулою (1.2):

$$N_3 = N_1 + N_2 = 70 + 35 = 105 \text{ осіб} \quad (1.2)$$

$N_3 = 105$ осіб – за цим критерієм об'єкт відноситься до класу наслідків СС2 (середні наслідки).

– обсяг можливого економічного збитку:

Згідно з наказом №60 «Про затвердження показників опосередкованої вартості спорудження житла за регіонами України (розрахованих станом на 01 січня 2026 року)» від 15.01.2026 [29], вартість 1 м² загальної площі в м. Запоріжжя становить 24 928 грн.

Площа запроектованої будівлі складає 2376 м².

Розрахункова вартість становить:

$$24928 \cdot 2376 = 59228928 \text{ грн.}$$

Прогнозовані збитки визначаємо за формулою (1.3):

$$\Phi = 0,225 \cdot P_i \quad (1.3)$$

$$\Phi = 0,225 \cdot 59228928 = 13326508,8 \text{ грн}$$

Визначаємо обсяг можливого економічного збитку в мінімальних заробітних платах:

$$\frac{13326508,8}{8647} = 1541,17 \text{ м. р. з. п.,}$$

де 8647 – мінімальний розмір заробітної плати, чинний з 1 січня 2026 року відповідно до Закону України від 03.12.2025 №4695-IX «Про Державний бюджет України на 2026 рік» [28].

За цим критерієм об'єкт відноситься до класу наслідків СС1 (незначні наслідки).

– запроектований об'єкт не належить до пам'яток культурної спадщини, а майданчик будівництва знаходиться поза межами відповідних історико-культурних охоронних зон.

– відмова об'єкта не спричинить перебоїв чи зупинки в роботі зовнішньої транспортно-інженерної інфраструктури, ліній зв'язку, енергетичних комплексів та магістральних мереж як місцевого, так і регіонального чи загальнодержавного масштабів.

Відповідно до ДСТУ 8855:2019 [12], клас наслідків (відповідальності) об'єкта встановлюється за найвищим показником з-поміж усіх розрахованих критеріїв. Оскільки критерії небезпеки для осіб, які постійно перебувають на об'єкті ($N_1 = 70$ осіб), та осіб, які перебувають зовні будівлі ($N_3 = 105$ осіб), перевищують порогові значення для незначних наслідків, запроектована будівля цеху великовузлової збірки гвинтокрилів відноситься до класу наслідків СС2 (середні наслідки).

1.4 Основні техніко-експлуатаційні показники будівлі

За капітальністю та експлуатаційними вимогами будівля цеху великовузлової збірки відноситься до II ступеня довговічності. Це передбачає, що основні несучі та огорожувальні конструкції розраховані на проєктний строк служби об'єкта не менше 100 років за умови належного технічного обслуговування.

Згідно з вимогами ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» [5], для запроєктованої споруди прийнятий II ступінь вогнестійкості. Враховуючи специфіку технологічного процесу, який переважно передбачає роботу з незгоряними матеріалами в холодному стані, категорія пожежної небезпеки виробництва визначається як «Д».

1.5 Об'ємно-планувальні рішення

Запроєктований цех має прямокутну форму в плані із загальними розмірами в крайніх осях 66×36 м. Будівля є одноповерховою, двопрольотною. Ширина прольотів становить 18 м. Поздовжній крок колон прийнято рівним 6,0 м (загальна кількість кроків – 11). Таким чином, формується уніфікована сітка колон 18×6 м, яка забезпечує оптимальне розміщення технологічного обладнання, робочих стапелів та шляхів руху внутрішньоцехового транспорту.

Корисна висота приміщення від рівня чистої підлоги до низу несучих кроквяних конструкцій становить 8,4 м. Цей габарит дозволяє безперешкодно виконувати складальні операції та забезпечує необхідний простір для безпечної роботи мостового крана вантажопідйомністю 10 т.

1.6 Експлікація приміщень

Для забезпечення нормального перебігу технологічного процесу та створення комфортних умов праці для робітників, внутрішній простір будівлі

розділено на дві основні функціональні зони: виробничу та адміністративно-побутову.

Перелік усіх запроектованих приміщень будівлі, їх корисна площа та категорія пожежної небезпеки наведені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Експлікація приміщень

| № з/п | Найменування | Площа корисна, м ² | Кат. прим. |
|-------|--------------------------------|-------------------------------|------------|
| 1 | Дільниця великовузлової збірки | 1947,84 | Д |
| 2 | Кімната прийому їжі | 331,35 | - |
| 3 | Роздягальня | 23,68 | - |
| 4 | Туалет | 14,15 | - |
| 5 | Душова | 14,15 | - |
| 6 | Службове приміщення | 16,8 | - |
| 7 | Службове приміщення | 17,76 | - |

1.7 Техніко-економічні показники будівлі

Розрахунок площ та будівельного об'єму виконано на основі розроблених графічних матеріалів. Зведені техніко-економічні показники наведені у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Техніко-економічні показники

| № з/п | Найменування показника | Одиниця виміру | Кількість |
|-------|------------------------|----------------|-----------|
| 1 | Площа забудови | м ² | 2685,9 |
| 2 | Будівельний об'єм | м ³ | 25799,72 |
| 3 | Загальна площа | м ² | 2376 |
| 4 | Робоча площа | м ² | 2365,73 |

1.8 Конструктивна схема будівлі

Запроектована будівля має збірний залізобетонний каркас із поперечним розташуванням несучих кроквяних ферм. Основні елементи каркаса:

фундаменти, колони, кроквяні ферми та збірні плити покриття. Огороджувальні конструкції стін – навісні сендвіч-панелі. Для виконання підйомно-транспортних операцій цех обладнано двома мостовими кранами вантажопідйомністю $Q = 10$ т.

1.8.1 Фундаменти, фундаментні балки

Під колони запроєктовані залізобетонні фундаменти стовпчастого типу, виконані з бетону класу С16/20. Позначка низу підшви фундаментів становить -1,650 м, обріз фундаменту розташований на 150 мм нижче рівня чистої підлоги. У проєкті застосовано два типорозміри фундаментів: ФБ2-1 (під основні колони) та ФА1-1 (під фахверкові колони). Під фундаменти передбачено влаштування бетонної підготовки з бетону класу С8/10 завтовшки 100 мм.

Фундаментні балки – збірні залізобетонні прийняті згідно з ДСТУ Б В.2.6-143:2010 [20], які встановлюються на бетонні стовпчики. У проєкті прийнято балки трьох типорозмірів: 1БФ45, 1БФ48, 1БФ51. Висота балок – 300 мм. На позначці -0,030 по верху фундаментних балок влаштовується горизонтальна гідроізоляція з 1 шару руберойду. По верху фундаменту додатково передбачено горизонтальну гідроізоляцію з 2 шарів руберойду. Під фундаментні балки влаштовується піщана підготовка завтовшки 100 мм.

1.8.2 Вимощення

По периметру будівлі на піщаній основі завтовшки 150 мм влаштовується асфальтобетонне вимощення завширшки 1,0 м для запобігання замочуванню ґрунтів основи та фундаментів. Похил вимощення становить 3%.

1.8.3 Колони

Основні колони каркаса прийняті збірними залізобетонними суцільного перерізу марок 6К84-1 (переріз 600×400 мм) та 1К84 (переріз 600×380 мм) згідно з ДСТУ Б В.2.6-63:2008 [23]. Колони розраховані на навантаження від мостових кранів. Монтаж колон здійснюється у стакани фундаментів із зазором 50 мм до дна, після чого вузол замонолічується бетоном класу С25/30. У торцях будівлі для кріплення стінових сендвіч-панелей встановлюються залізобетонні фахверкові колони марки ЗКФ93-1 (перерізом 400×400 мм).

1.8.4 В'язі

Для забезпечення жорсткості каркаса, а також для сприйняття навантаження від гальмування мостових кранів та вітрового навантаження на торці будівлі, у проєкті передбачено влаштування в'язей.

Сталеві вертикальні в'язі розташовані між координаційними осями 6 та 7. Конструктивно в'язі виконані хрестовими, двоярусними.

Елементи в'язей запроєктовані зі сталевих гнutoзварних профільних труб перерізом 100×100×4 мм. Кріплення в'язей до залізобетонних колон здійснюється шляхом приварювання до сталевих закладних деталей колон.

1.8.5 Стіни, перегородки

Як зовнішні огорожувальні конструкції використовуються стінові сендвіч-панелі завтовшки 150 мм. Їх кріплення до колон каркаса здійснюється за допомогою самонарізних гвинтів. Навколо ворітних прорізів виконується цегляне обрамлення (з керамічної цегли марки М-50) завтовшки 380 мм. Внутрішні перегородки цеху запроєктовані з цегли завтовшки 120 мм.

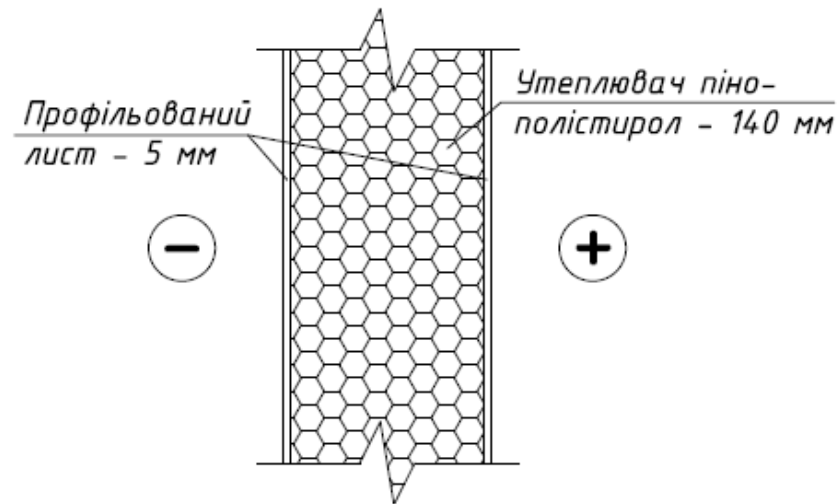


Рисунок 1.1 – Вузол стінової сендвіч-панелі

1.8.6 Кроквяні конструкції

Ферми збірні залізобетонні для промислових будівель прольотом 18 м маркою 1ФБС18 прийняті згідно з ДСТУ Б В.2.6-118:2010 [19]. На верхньому поясі ферм передбачені закладні деталі для кріплення плит покриття. Спирання ферм на колони здійснюється з подальшим закріпленням анкерними болтами та зварюванням закладних деталей.

1.8.7 Плити покриття

Плити покриття – збірні залізобетонні ребристі розміром 3×6 м (марка ЗПГ6) прийняті згідно з ДСТУ Б В.2.6-144:2010 [21]. Кріплення плит до несучих конструкцій здійснюється зварюванням закладних деталей не менше ніж у трьох точках кожної плити. Поздовжні та поперечні шви між плитами замоноличуються бетоном класу С8/10 або цементно-піщаним розчином.

1.8.8 Покрівля

Покрівля будівлі має похил 13° із системою внутрішнього водовідведення. Відведення води організовується шляхом встановлення

водоприймальних воронки у занижених ділянках покрівлі з розрахунку: одна воронка діаметром 100 мм на 100 м² площі водозбору.

Склад покрівельного "пирога" (зверху вниз): 2 шари руберойду, вирівнювальна цементно-піщана стяжка завтовшки 25 мм, утеплювач пінобетон завтовшки 150 мм, обмазувальна пароізоляція.

1.8.9 Вікна, двері, ворота

Природне освітлення цеху забезпечується через окремі віконні блоки. Вікна прийняті металевими, зі стулками, що відчиняються. Кріплення віконних блоків здійснюється безпосередньо до стінових сендвіч-панелей. У стики між віконними блоками вкладаються гідроізоляційні прокладки, після чого шви закриваються нащільниками. Із зовнішнього боку по низу віконного прорізу влаштовується злив з оцинкованої сталі для відведення атмосферних опадів. Внутрішні двері – дерев'яні глухі одностулкові. Зовнішні двері – металеві глухі одностулкові. Промислові ворота прийняті розстібними з розмірами 4,8×3,6 м.

1.8.10 Підлоги

Конструкція підлоги у виробничому приміщенні прийнята з урахуванням значних механічних навантажень від технологічного обладнання та руху внутрішньоцехового транспорту. Покриття підлоги виконується з асфальтобетону. Детальний склад шарів підлоги наведено на рисунку 1.2.

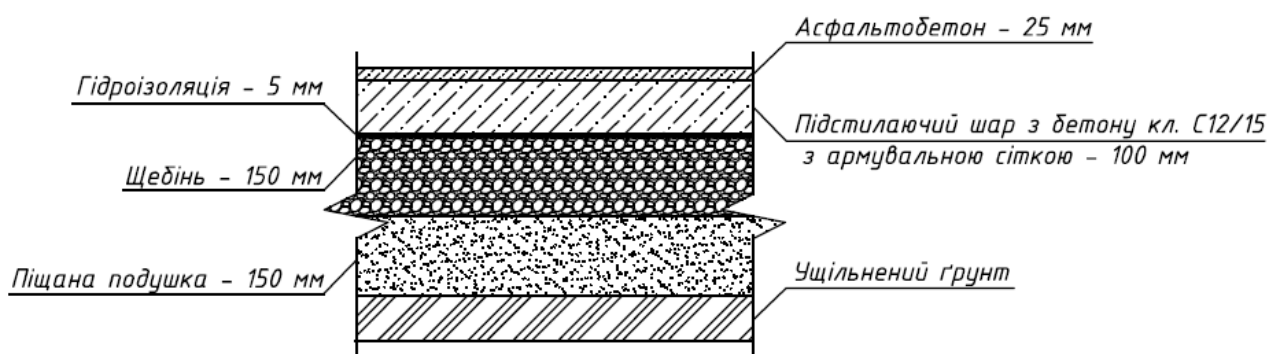


Рисунок 1.2 – Вузол підлоги

1.8.11 Зовнішнє та внутрішнє оздоблення

Зовнішнє оздоблення: стінові сендвіч-панелі додаткового опорядження не потребують. Усі зовнішні металеві поверхні воріт, дверей та віконних рам ґрунтуються та фарбуються олійною фарбою 2 рази для захисту від корозії.

Внутрішнє оздоблення: у вбудованих адміністративно-побутових приміщеннях передбачено штукатурення та водоемульсійне фарбування стель і стін. У виробничій зоні виконується затирання швів та фарбування внутрішніх поверхонь.

1.9 Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій

Метою теплотехнічного розрахунку є перевірка відповідності прийнятих огорожувальних конструкцій (зовнішніх стін та покриття) нормативним вимогам щодо теплового захисту будівель для забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов та енергозбереження.

Розрахунок виконується відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2021 [9] та ДСТУ 9191:2022 [14].

Кліматичні параметри для розрахунку прийняті згідно з п. 1.1. Для виробничого цеху прийняли нормальний вологісний режим експлуатації.

Опір теплопередачі термічно однорідної частини огорожувальної конструкції R_{Σ} визначається за формулою (1.4):

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (1.4)$$

де $\alpha_{\text{в}}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні конструкції, приймаємо $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

α_3 – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні, приймаємо $\alpha_3 = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

δ_i – товщина i -го шару конструкції, м;

λ_i – розрахунковий коефіцієнт теплопровідності i -го шару конструкції, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Приведений опір теплопередачі огорожувальної конструкції $R_{\Sigma\text{пр}}$ з урахуванням лінійних та точкових теплопровідних включень (містків холоду) визначається згідно з ДСТУ 9191:2022 [14] за формулою (1.5):

$$R_{\Sigma\text{пр}} = \frac{A_{\Sigma}}{\sum \frac{A_i}{R_{\Sigma i}} + \sum (l_m \cdot \psi_m) + \sum (N_j \cdot x_j)}, \quad (1.5)$$

де A_{Σ} – загальна площа огорожувальної конструкції, м²;

A_i – площа термічно однорідної зони конструкції, м²;

ψ_m – лінійний коефіцієнт теплопередачі m-го лінійного теплопровідного включення, Вт/(м·К);

l_m – лінійний розмір m-го лінійного включення, м;

x_j – точковий коефіцієнт теплопередачі j-го точкового включення, Вт/К;

N_j – кількість точкових теплопровідних включень, шт.

1.9.1 Розрахунок зовнішніх стін

Згідно з наданим вузлом стінової сендвіч-панелі на рис. 1.1, загальна товщина конструкції складає 150 мм. Детальна характеристика кожного з шарів наведена у табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Розрахункові дані зовнішніх стін

| № шару | Найменування шару | Товщина δ , м | Щільність ρ , кг/м ³ | Теплопровідність λ , Вт/(м·К) |
|--------|--|----------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | Внутрішній сталевий профільований лист | 0,005 | 7850 | 58 |
| 2 | Утеплювач пінополістирол | 0,140 | 25 | 0,048 |
| 3 | Зовнішній сталевий профільований лист | 0,005 | 7850 | 58 |

Опір теплопередачі термічно однорідної частини стіни визначаємо за формулою (1.4):

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{58} + \frac{0,140}{0,048} + \frac{0,005}{58} + \frac{1}{23} = 3,075 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Геометричні показники фасадів та включень для розрахунку:

– загальна площа огороджувальної конструкції, обчислюється за внутрішнім виміром із додаванням площ укосів прорізів та з вирахуванням площ прорізів: $A_{\Sigma} = 2176,4 \text{ м}^2$;

– площа термічно однорідної частини непрозорої конструкції, обчислюється з вирахуванням площ внутрішніх укосів та ділянок зовнішніх огорожень будівлі, які контактують з іншими теплопровідними включеннями: $A_i = 2088 \text{ м}^2$;

– лінійний коефіцієнт теплопередачі m -го теплопровідного включення приймаємо згідно з нормативними вимогами до вузлів примикання огороджувальних конструкцій: $\psi_m = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

– сумарна довжина лінійних включень розраховується як подвійний периметр цеху, оскільки враховується лінія спірання панелей на основу та лінія примикання до покрівлі: $l_m = (66 + 36) \cdot 2 \cdot 2 = 408 \text{ м}$;

– точковий коефіцієнт теплопередачі j -го включення приймається відповідно до ДСТУ 9191:2022 [14], для металевих елементів кріплення $x_j = 0,045 \text{ Вт}/\text{К}$;

– сумарну кількість точкових теплопровідних включень на всій площі фасадів знаходимо як суму кріплень основного масиву сендвіч-панелей до каркаса будівлі та кріплень обрамлення прорізів. Фасади розбиваємо на вертикальні лінії кріплення та рахуємо кількість вузлів перетину – 318 вузлів. Приймаємо в середньому по 3 кріпильних елементи на кожен вузол, кількість включень по глухій частині стін становить 954 шт.

Враховуємо додаткові точки кріплення навколо прорізів: на монтаж одного віконного блоку передбачено 6 точок кріплення (всього у цеху 39 вікон), на один дверний блок – 8 точок (всього 8 зовнішніх дверей), і на одні промислові ворота – 12 точок (всього 7 воріт).

Загальна кількість точкових включень складає:

$$N_j = 954 + 6 \cdot 39 + 8 \cdot 8 + 12 \cdot 7 = 1336 \text{ шт.}$$

Визначаємо приведений опір теплопередачі зовнішньої огорожувальної конструкції за формулою (1.5):

$$R_{\Sigma \text{пр}} = \frac{2176,4}{\frac{2088}{3,075} + 408 \cdot 0,045 + 1336 \cdot 0,045} = 2,87 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Фактичне значення приведенного опору теплопередачі зовнішніх стін $R_{\Sigma \text{пр}} = 2,87 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ перевищує нормативне мінімально допустиме значення для промислових будівель $R_{q \text{ min}} = 2,00 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ відповідно до ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [9].

1.9.2 Розрахунок покриття

Конструкція покриття відповідно до прийнятих архітектурно-конструктивних рішень наведена у табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Розрахункові дані покриття

| № шару | Найменування шару | Товщина δ , м | Щільність ρ , кг/м ³ | Теплопровідність λ , Вт/(м·К) |
|--------|-------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | З/б ребриста плита (товщина полиці) | 0,030 | 2500 | 2,04 |
| 2 | Утеплювач пінобетон | 0,150 | 150 | 0,06 |
| 3 | Цементно-піщана стяжка | 0,025 | 1800 | 0,93 |
| 4 | Рулонний руберойд (2 шари) | 0,010 | 1000 | 0,17 |

Опір теплопередачі термічно однорідної частини покриття визначаємо за формулою (1.4):

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,030}{2,04} + \frac{0,150}{0,06} + \frac{0,025}{0,93} + \frac{0,010}{0,17} + \frac{1}{23} = 2,76 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Отримане значення опору теплопередачі покриття $R_{\Sigma} = 2,76 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ перевищує нормативне мінімально допустиме значення для промислових будівель $R_{q \text{ min}} = 2,10 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ відповідно до ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [9].

1.10 Інженерно-технічне обладнання

Водопостачання – забезпечення будівлі водою здійснюється від зовнішньої міської мережі. Запроектовано об'єднаний господарсько-питний, виробничий та протипожежний водопровід.

Каналізація – відведення стічних вод відбувається через роздільні системи побутової та виробничої каналізації з подальшим скиданням у загальноміську каналізаційну мережу. Також передбачена система внутрішнього водостоку для відведення атмосферних опадів із покрівлі до зливової каналізації.

Опалення – централізоване водяне. Для обігріву великого об'єму виробничої зони цеху застосовуються повітряно-опалювальні агрегати, а у вбудованих адміністративно-побутових приміщеннях встановлюються сталеві панельні радіатори.

Освітлення – комбіноване. Природне освітлення здійснюється через віконні прорізи в зовнішніх стінах. Штучне робоче та аварійне освітлення виконується з використанням LED-світильників.

Вентиляція – змішана. У цеху вентиляція здійснюється шляхом природної аерації через стулки вікон. Для адміністративно-побутових приміщень передбачена механічна припливно-витяжна вентиляція.

Пожежна сигналізація – будівля обладнується автоматичною системою пожежної сигналізації, системою оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей, а також укомплектовується первинними засобами пожежогасіння згідно з нормативними вимогами.

1.11 Специфікації

Підсумок усіх прийнятих архітектурно-планувальних та конструктивних рішень відображено у специфікаціях (табл. 1.6, 1.7). Підрахунок кількості збірних елементів виконано на основі розроблених графічних матеріалів.

Таблиця 1.6 – Специфікація залізобетонних конструкцій

| Поз. | Марка | Розміри, мм | | | Витрати бетону, м ³ | Витрати сталі, кг | Маса, т | Кільк. | Прим. |
|-------------------|---------|-------------|------|------|--------------------------------|-------------------|---------|--------|-------|
| | | l | b | h | | | | | |
| Фундаменти | | | | | | | | | |
| Ф-1 | ФБ2-1 | 1800 | 1800 | 1500 | 2,7 | 162 | 6,75 | 36 | |
| Ф-2 | ФА1-1 | 1500 | 1500 | 1500 | 1,6 | 96 | 4 | 8 | |
| Фундаментні балки | | | | | | | | | |
| БФ-1 | 1БФ-45 | 4450 | 200 | 300 | 0,24 | 11,0 | 0,6 | 7 | |
| БФ-2 | 1БФ-51 | 5050 | 200 | 300 | 0,27 | 12,5 | 0,68 | 1 | |
| БФ-3 | 1БФ-48 | 4750 | 200 | 300 | 0,25 | 11,7 | 0,63 | 19 | |
| Плити покриття | | | | | | | | | |
| П-1 | ЗПГ6 | 5970 | 2980 | 300 | 1,07 | 65,8 | 2,65 | 132 | |
| Кроквяні ферми | | | | | | | | | |
| ФК | 1ФБС18 | 17940 | 240 | 3000 | 2,6 | 319,0 | 6,5 | 24 | |
| Колони | | | | | | | | | |
| К-1 | 1К84-1 | 9300 | 600 | 380 | 2,1 | 106,1 | 5,2 | 24 | |
| К-2 | 6К84-1 | 9300 | 600 | 400 | 2,8 | 176,2 | 7,0 | 12 | |
| К-3 | 3КФ93-1 | 9300 | 400 | 400 | 1,5 | 66,6 | 3,7 | 8 | |

Таблиця 1.7 – Специфікація дверних і віконних прорізів

| Марка | Кількість по фасаді | | | | Всього | Розмір прорізу |
|--------|---------------------|------|-----|-----|--------|----------------|
| | 1-12 | 12-1 | А-Ж | Ж-А | | |
| Вікна | | | | | | |
| В-1 | 7 | 10 | - | - | 17 | 3600×3600 |
| В-2 | 11 | 11 | - | - | 22 | 3600×1200 |
| Двері | | | | | | |
| Д-1 | 4 | 1 | - | 3 | 8 | 2100×900 |
| Д-2 | - | - | - | - | 3 | 2100×800 |
| Ворота | | | | | | |
| ВР-1 | 2 | - | 4 | 1 | 7 | 4800×3600 |

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок залізобетонної попередньо напруженої безрозкісної ферми

2.1.1 Вихідні дані для проєктування

Проєктована будівля має безліхтарне покриття, яке влаштовується за допомогою залізобетонних ребристих плит покриття розмірами 3×6 м. Через використання плит таких габаритів, забезпечується виключно вузлова передача навантаження на несучу конструкцію.

Об'єкт будівництва класифікується за класом наслідків (відповідальності) як СС2. З огляду на це, коефіцієнт надійності за призначенням становить: $\gamma_n = 1,05$. Відповідні коефіцієнти надійності за навантаженням γ_f приймаються згідно з чинними ДБН В.1.2-14:2018 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд» [6].

Геометричні параметри та опалубне креслення ферми ФБС 18 наведено на рис. 2.1.

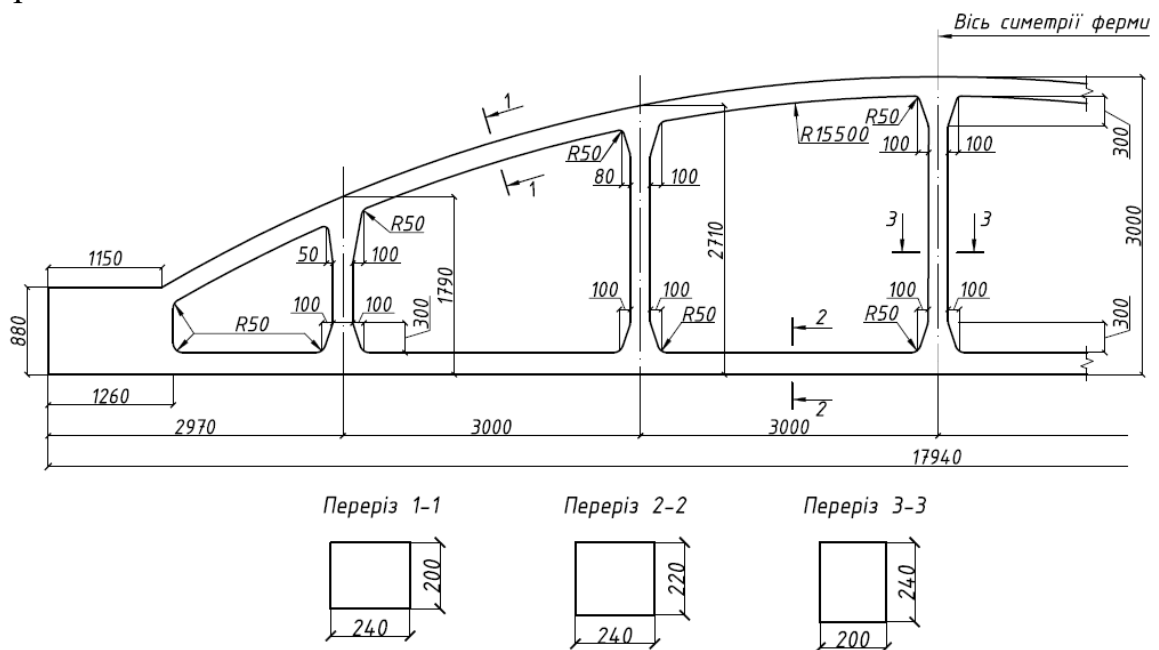


Рисунок 2.1 – Опалубне креслення залізобетонної ферми ФБС 18

Основні параметри та характеристики матеріалів:

- район будівництва – м. Запоріжжя;
- номінальний проліт ферми становить 18 м (фактична конструктивна довжина – 17 940 мм);
- матеріал конструкції – важкий бетон класу міцності C25/30, який має такі розрахункові характеристики:

$$f_{cd} = 17 \text{ МПа}, f_{ctd} = 1,2 \text{ МПа}, f_{ctm} = 2,6 \text{ МПа}, E_{cm} = 32,5 \cdot 10^3 \text{ МПа}.$$

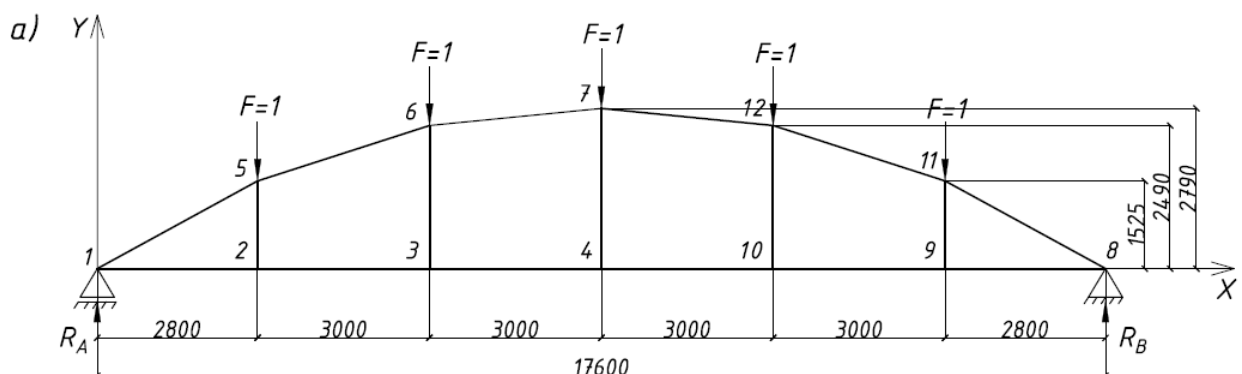
- для верхнього поясу та каркасів прийнята арматура класу А400С із такими характеристиками:

$$f_{yd} = 365 \text{ МПа}, f_{ywd} = 285 \text{ МПа}, E_s = 210000 \text{ МПа};$$

- для нижнього поясу використовується попередньо напружена арматура класу А800: $f_{pk} = 840 \text{ МПа}$, $f_{p0,1k} = 765 \text{ МПа}$, $E_p = 190000 \text{ МПа}$;
- технологія виготовлення: бетонування ферми передбачено в металевій опалубці зі стендовим способом натягування арматури на упори (механічний натяг).

Статичний розрахунок та побудова розрахункової схеми ферми виконані з урахуванням дії вертикальних зосереджених сил, що прикладені до вузлів конструкції (рис. 2.2, а).

Під час перевірки міцності перерізів нижнього поясу, внутрішні зусилля визначалися без урахування сили попереднього обтиску бетону. Це зумовлено тим, що при настанні граничного стану в елементі ефект від попереднього напруження умовно вважається повністю вичерпаним (рис. 2.2, б).



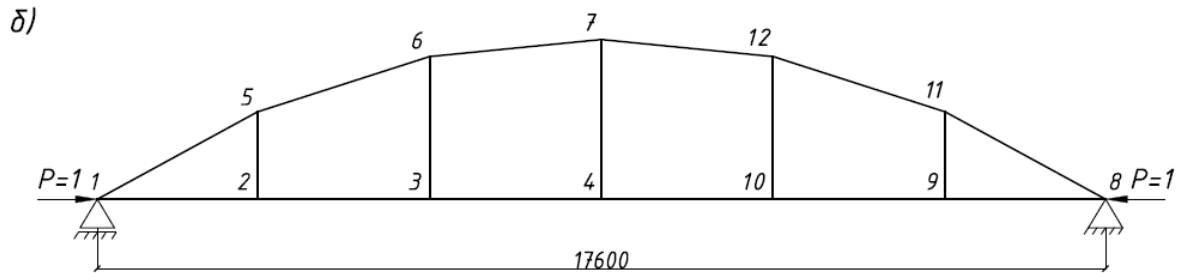


Рисунок 2.2 – Розрахункові схеми ферми: а – на дію вертикальних вузлових навантажень; б – на дію зусилля попереднього обтиску

2.1.2 Визначення навантаження на ферму і зусиль в стрижнях

Елементи ферми розраховуються за двома групами граничних станів на дію постійних, довготривалих і короткочасних навантажень.

Розрахункове значення снігового навантаження на горизонтальну проєкцію покриття S_m визначається за формулою (2.1):

$$S_m = \gamma_{fm} S_0 C \quad (2.1)$$

де γ_{fm} – коефіцієнт надійності за граничним значенням снігового навантаження, що визначається для заданого середнього періоду повторюваності T (при рекомендованому $T = 100$ років приймаємо $\gamma_{fm} = 1,14$);

S_0 – характеристичне значення снігового навантаження, Па;

C – коефіцієнт, що враховує режим знесення снігу з покрівлі (приймаємо $C = 1$ для покрівлі з ухилом $\alpha \leq 25^\circ$, що очищується від снігу, при рівнинній місцевості).

Наведені коефіцієнти прийняті згідно ДБН В.1.2-2:2006 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проєктування» [7].

Зведені дані щодо навантажень наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Навантаження на 1 м² покриття будівлі

| № з/п | Найменування навантажень | Характеристичне значення навантаження, кН/м ² | Коефіцієнти надійності | | Розрахункове значення навантаження, кН/м ² |
|-----------|--|--|------------------------------|-----------------------------|---|
| | | | за навантаженням, γ_f | за призначенням, γ_n | |
| I | Постійне: | | | | |
| 1 | Два шари рулонного руберойду на мастиці | 0,1 | 1,3 | 1,05 | 0,137 |
| 2 | Цементно-піщана стяжка 25 мм | 0,45 | 1,3 | 1,05 | 0,614 |
| 3 | Утеплювач: пінобетон 150 мм | 0,45 | 1,3 | 1,05 | 0,614 |
| 4 | Обмазувальна пароізоляція | 0,05 | 1,3 | 1,05 | 0,068 |
| 5 | Власна вага ребристої з/б плити покриття 3х6 м | 1,57 | 1,1 | 1,05 | 1,813 |
| 6 | Власна вага ферми ФБС18 | 0,59 | 1,1 | 1,05 | 0,681 |
| | Всього постійне: | 3,21 | | | 3,927 |
| II | Тимчасове: | | | | |
| 1 | Снігове, S_m | 1,11 | 1,14 | 1,05 | 1,329 |
| | Всього: | 4,32 | | | 5,256 |

Вузлове навантаження на ферму становить:

Постійне навантаження:

– характеристичне: $3,21 \cdot 3 \cdot 6 = 57,78$ кН;

– розрахункове: $3,927 \cdot 3 \cdot 6 = 70,69$ кН.

Тимчасове (снігове) навантаження:

– характеристичне: $1,11 \cdot 3 \cdot 6 = 19,98$ кН;

– розрахункове: $1,329 \cdot 3 \cdot 6 = 23,92$ кН.

Статичний розрахунок ферми виконано з використанням обчислювального програмного комплексу LIRA-SAPR 2024 на основі розрахункової схеми (рис. 2.2).

Результати розрахунку, що включають розрахункові схеми із зазначенням номерів вузлів та елементів, схеми прикладання навантажень,

епюри внутрішніх зусиль та таблиці статичного розрахунку, наведено у додатках А, Б, В відповідно.

У таблиці 2.2 наведено результати визначення зусиль з урахуванням розрахункової комбінації навантажень в елементах ферми, в яких отримані найбільші зусилля (M, N, Q).

Таблиця 2.2 – Зусилля в елементах ферми

| Елемент ферми | Вид зусиль | Од. виміру | Зусилля в елементах від діючого навантаження | |
|---------------------|------------|------------|--|--------------|
| | | | Характеристичне | Розрахункове |
| Нижній пояс КЕ6 | M | кН · м | 4,22 | 4,85 |
| | N | кН | 380,68 | 437,78 |
| | Q | кН | 1,70 | 1,95 |
| Верхній пояс КЕ1 | M | кН · м | 3,70 | 4,26 |
| | N | кН | -423,27 | -486,76 |
| | Q | кН | 1 | 1,15 |
| Стійка КЕ9 | M | кН · м | -5,97 | -6,87 |
| | N | кН | -1,44 | -1,66 |
| | Q | кН | 6,70 | 7,71 |

2.2 Розрахунок елементів ферми за першою групою граничних станів

2.2.1 Розрахунок перерізу нижнього поясу

Розрахункові внутрішні зусилля в елементі: згинальний момент $M_{Ed} = 4,85$ кН · м; поздовжня сила $N_{Ed} = 437,78$ кН, поперечна сила $Q_{Ed} = 1,95$ кН.

Початковий ексцентриситет прикладання поздовжньої сили e_0 визначаємо за формулою (2.2):

$$e_0 = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{4,85}{437,78} = 0,011 \text{ м} = 11 \text{ мм} \quad (2.2)$$

де M_{Ed} – розрахунковий згинальний момент, кН · м;

N_{Ed} – розрахункова поздовжня сила, кН.

Перевіряємо умову для випадку малих ексцентриситетів:

$$e_0 = 11 \text{ мм} < 0,5h - a_1 = 0,5 \cdot 220 - 50 = 60 \text{ мм} \quad (2.3)$$

Умова виконується, отже маємо випадок позacentрового розтягу з малими ексцентриситетами.

Відстані від точки прикладання поздовжньої сили до центрів ваги арматури (розрахункові ексцентриситети) e_{s1} та e_{s2} обчислюємо за формулами (2.4) та (2.5) відповідно:

$$e_{s1} = 0,5h - e_0 - a_1 = 0,5 \cdot 220 - 11 - 50 = 49 \text{ мм}; \quad (2.4)$$

$$e_{s2} = 0,5h + e_0 - a_2 = 0,5 \cdot 220 + 11 - 50 = 71 \text{ мм}; \quad (2.5)$$

де h – висота перерізу нижнього поясу, мм;

a_1, a_2 – відстані від розтягнутої та стиснутої граней до центру ваги відповідної арматури, мм.

Необхідну площу перерізу попередньо напруженої арматури визначаємо за формулами (2.6) та (2.7):

$$A_{s1} = \frac{N_{Ed} \cdot e_{s1}}{f_{pk}(d - a_2)} = \frac{437,78 \cdot 10^3 \cdot 49}{840(170 - 50)} = 212,81 \text{ мм}^2 \quad (2.6)$$

$$A_{s2} = \frac{N_{Ed} \cdot e_{s2}}{f_{pk}(d - a_1)} = \frac{437,78 \cdot 10^3 \cdot 71}{840(170 - 50)} = 308,36 \text{ мм}^2 \quad (2.7)$$

де f_{pk} – нормативний опір попередньо напруженої арматури, МПа;

d – робоча висота перерізу, мм.

Загальна розрахункова площа арматури становить: $A_s = 521,17 \text{ мм}^2$.

На основі отриманих результатів приймаємо симетричне армування перерізу нижнього поясу: $4\emptyset 14 \text{ A} 800$ із загальною площею $A_s = 616 \text{ мм}^2$.

Схема армування перерізу наведена на рис. 2.3.

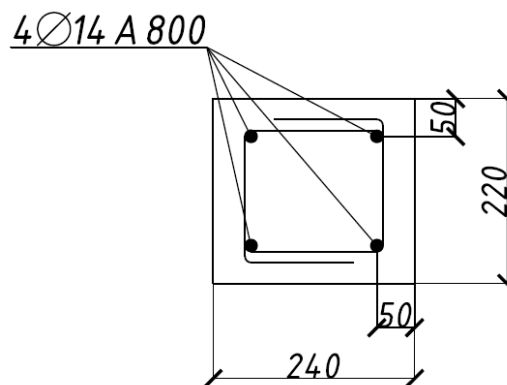


Рисунок 2.3 – Армування поперечного перерізу нижнього поясу ферми

2.2.2 Розрахунок перерізу верхнього поясу

При розрахунку перерізу верхнього поясу враховують зусилля від довготривалих і короткочасних навантажень. Верхній пояс ферми працює як позацентрово стиснутий елемент.

За результатами статичного розрахунку найбільші розрахункові зусилля виникають у верхньому поясі (КЕ1) і дорівнюють:

$$M_{ed} = 4,26 \text{ кН} \cdot \text{м}; N_{ed} = 486,76 \text{ кН}$$

Розміри поперечного перерізу верхнього поясу становлять: $b = 240 \text{ мм}$; $h = 200 \text{ мм}$.

Переріз верхнього поясу армуємо симетрично поздовжньою арматурою. Приймаємо арматуру класу А400С (розрахунковий опір $f_{yd} = 365 \text{ МПа}$). Відстань від крайнього стиснутого волокна до центру ваги арматури $a = 30 \text{ мм}$.

Визначаємо робочу висоту перерізу d :

$$d = h - a = 200 - 30 = 170 \text{ мм} \quad (2.8)$$

де h - висота поперечного перерізу, мм;

a – відстань від крайнього волокна до центру ваги арматури, мм.

Розраховуємо початковий ексцентриситет e_0 за формулою (2.2):

$$e_0 = \frac{4,26}{486,76} = 0,00875 \text{ м} = 8,75 \text{ мм}$$

Має місце випадок малих ексцентриситетів. Розрахункові ексцентриситети e_{s1} та e_{s2} обчислюємо за формулами (2.4) та (2.5) відповідно:

$$e_{s1} = 0,5h - e_0 - a_1 = 0,5 \cdot 200 - 8,75 - 30 = 61,25 \text{ мм}$$

$$e_{s2} = 0,5h + e_0 - a_2 = 0,5 \cdot 200 + 8,75 - 30 = 78,75 \text{ мм}$$

Оскільки приймається симетричне армування, використовуємо спрощену процедуру визначення площі арматури:

$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{N_{ed}e_{s1} - \xi_{eff}(1 - 0,5\xi_{eff})bd^2f_{cd}}{(d - a_2)f_{yd}} \quad (2.9)$$

де відносну висоту стиснутого бетону ξ_{eff} визначають залежно від величини $a_{c,eff}$ за формулами (2.10) та (2.11):

$$a_{c,eff} = \frac{N_{ed} e_{s2}}{f_{cd} b d^2} = \frac{486760 \cdot 78,75}{17 \cdot 240 \cdot 170^2} = 0,325 \quad (2.10)$$

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2a_{c,eff}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,325} = 0,41 \quad (2.11)$$

де f_{cd} – розрахунковий опір бетону стиску, МПа;

Визначаємо площу арматури верхнього поясу за формулою (2.9):

$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{486760 \cdot 61,25 - 0,41 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,41) \cdot 240 \cdot 170^2 \cdot 17}{(170 - 30) \cdot 365} < 0$$

Оскільки за розрахунком необхідна площа арматури вийшла від'ємною (несучої здатності бетону достатньо для сприйняття стискального зусилля), армування поясу приймаємо конструктивно, виходячи з мінімального відсотка армування для стиснутих елементів $\mu_{min} = 0,2\%$.

Приймаємо симетричне армування: 4Ø10A400C із загальною площею арматури в перерізі верхнього поясу $A_s = 314 \text{ мм}^2$.

Фактичний відсоток армування становить:

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot h} \cdot 100\% = \frac{314}{240 \cdot 200} \cdot 100\% = 0,65\% \quad (2.12)$$

0,65% > 0,2% – умова виконується.

Схема армування перерізу верхнього поясу наведена на рис. 2.4.

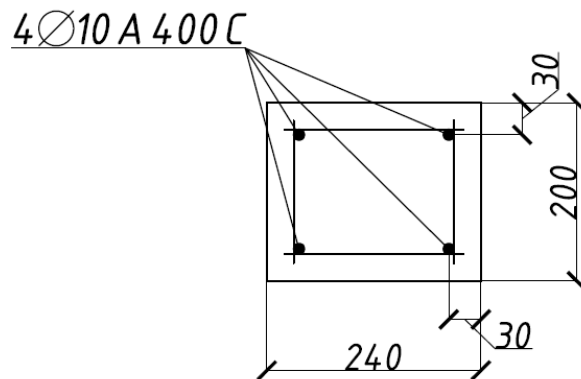


Рисунок 2.4 – Армування поперечного перерізу верхнього поясу ферми

2.2.3 Розрахунок перерізу стійки ферми

Згідно з результатами статичного розрахунку ферми, у найбільш навантаженій стійці (КЕ9) виникають такі розрахункові внутрішні зусилля: поздовжня сила $N_{ed} = -1,66$ кН (знак «мінус» вказує на стиск), згинальний момент $M_{ed} = -6,87$ кН · м та поперечна сила $Q_{ed} = 7,71$ кН.

Оскільки значення діючих зусиль є вкрай незначними, несучої здатності бетонного перерізу цілком достатньо для їх сприйняття. З метою перевірки умовно визначимо необхідну площу арматури за спрощеною процедурою, враховуючи лише дію поздовжнього стискального зусилля:

$$A_{s,tot} = \frac{N_{ed}}{f_{yd}} = \frac{1,66 \cdot 10^3}{365} = 4,55 \text{ мм}^2 \quad (2.13)$$

де N_{ed} – розрахункова поздовжня сила, Н;

f_{yd} – розрахунковий опір арматури стиску, МПа.

Зважаючи на те, що теоретично необхідна площа арматури є значно меншою за мінімально допустимий відсоток армування залізобетонних елементів, армування стійки призначається виключно з конструктивних міркувань.

Конструктивно приймаємо симетричне поздовжнє армування перерізу стійки: 6Ø12 А400С із загальною площею арматури $A_s = 678$ мм².

Схема армування поперечного перерізу стійки наведена на рис. 2.5.

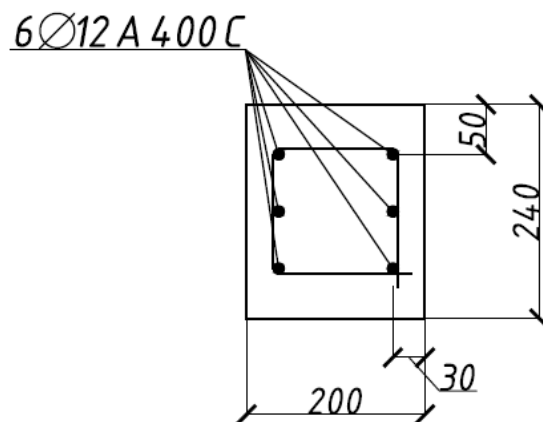


Рисунок 2.5 – Армування поперечного перерізу стійки ферми

2.3 Визначення зусилля попереднього обтиску нижнього поясу з урахуванням втрат напруження

2.3.1 Визначення геометричних характеристик поперечного перерізу нижнього поясу ферми

Оскільки схема армування перерізу була наведена раніше на рис. 2.3, переходимо безпосередньо до обчислення площі зведеного перерізу A_{red} за формулою (2.14):

$$A_{red} = A_c + a_p A_p = 240 \cdot 220 + 5,85 \cdot 616 = 56403,6 \text{ мм}^2 \quad (2.14)$$

де A_c – площа поперечного перерізу бетону, мм^2 ;

A_p – площа поперечного перерізу попередньо напруженої арматури, мм^2 ;

a_p – коефіцієнт приведення арматури до бетону.

Коефіцієнт приведення a_p визначається як відношення модулів пружності:

$$a_p = \frac{E_p}{E_{cm}} = \frac{19 \cdot 10^4}{3,25 \cdot 10^4} = 5,85 \quad (2.15)$$

де E_p – модуль пружності попередньо напруженої арматури, МПа;

E_{cm} – модуль пружності бетону, МПа.

Далі знаходимо статичний момент перерізу відносно його нижньої грані за формулою (2.16):

$$\begin{aligned} S_{red} &= b \cdot h \cdot 0,5h + A_p \cdot a_p c = 240 \cdot 220 \cdot 110 + 616 \cdot 5,85 \cdot 110 = \\ &= 6204396 \text{ мм}^3 = 6204,4 \text{ см}^3 \end{aligned} \quad (2.16)$$

де b – ширина поперечного перерізу, мм;

h – висота поперечного перерізу, мм;

c – відстань від нижньої грані до геометричної осі, мм.

Положення центру ваги перерізу визначаємо за формулою (2.17):

$$Y_0 = 0,5h = 0,5 \cdot 220 = 110 \text{ мм} \quad (2.17)$$

Обчислюємо момент інерції для зведеного перерізу відносно його центру ваги:

$$I_{red} = \frac{bh^3}{12} + a_p A_p (0,5h - a)^2 = \frac{240 \cdot 220^3}{12} + 5,85 \cdot 616 (0,5 \cdot 220 - 50)^2 = 22593,3 \cdot 10^4 \text{ мм}^4 \quad (2.18)$$

де a – відстань від крайнього розтягнутого волокна до центру ваги арматури, мм.

Відстань від центру ваги перерізу до осі арматури становить:

$$Z_{cp} = Y_o - a = 110 - 50 = 60 \text{ мм} \quad (2.19)$$

Відповідно, пружний та пластичний моменти опору зведеного перерізу становитимуть:

$$W_{red} = \frac{I_{red}}{Y_o} = \frac{22593,3 \cdot 10^4}{110} = 2053,9 \cdot 10^3 \text{ мм}^3 \quad (2.20)$$

$$W_{pl} = 1,75 \cdot W_{red} = 1,75 \cdot 2053,9 \cdot 10^3 = 3594,3 \cdot 10^3 \text{ мм}^3 \quad (2.21)$$

2.3.2 Визначення втрат попереднього напруження в арматурі нижнього поясу

Контрольоване початкове напруження $\sigma_{p,max}$, що передається на арматуру, повинно задовільнити низку нормативних обмежень: $\sigma_{p,max} < 0,8f_{pk}$; $\sigma_{p,max} < 0,9f_{p0,1k}$; $\sigma_{p,max} > 0,3f_{p0,1k}$.

де f_{pk} – характеристичне (нормативне) значення опору попередньо напруженої арматури, МПа;

$f_{p0,1k}$ – характеристичне значення умовної межі плинності арматури, МПа.

Перевіряємо ці умови для встановленого значення $\sigma_{p,max} = 600$ МПа:

$$600 \text{ МПа} < 0,8 \cdot 840 = 672 \text{ МПа};$$

$$600 \text{ МПа} < 0,9 \cdot 765 = 688,5 \text{ МПа};$$

$$600 \text{ МПа} > 0,3 \cdot 765 = 229,5 \text{ МПа}.$$

Умови виконуються. Тоді початкове зусилля, з яким напружена арматура діє на бетон, становить:

$$P_{max} = \sigma_{p,max} \cdot A_p = 600 \cdot 616 = 369,6 \text{ кН} \quad (2.22)$$

Миттєві втрати попереднього напруження. Під час натягування арматури механічним способом на упори виникає низка миттєвих втрат напруження, які розраховуються наступним чином:

– втрати від релаксації напружень в арматурі при механічному способі натягу ΔP_r :

$$\begin{aligned}\Delta P_r &= (0,1\sigma_{p,max} - 20) \cdot A_p = (0,1 \cdot 600 - 20) \cdot 616 = \\ &= 24640 \text{ Н} = 24,64 \text{ кН}\end{aligned}\quad (2.23)$$

– втрати від температурного перепаду ΔP_t : оскільки застосовується агрегатно-потокова технологія, де форма з упорами нагрівається одночасно з виробом під час пропарювання, температурний перепад відсутній, відповідно $\Delta P_t = 0$.

– втрати через деформацію сталеві форми ΔP_3 : за відсутністю відомостей щодо конструкції форми, приймаємо зниження напруження на 30 МПа. Тоді втрата зусилля складе:

$$\Delta P_3 = 30 \cdot 616 = 18480 \text{ Н} = 18,48 \text{ кН}\quad (2.24)$$

– втрати внаслідок тертя в арматурі ΔP_μ та деформації анкерів ΔP_4 : при натягуванні на лінійні упори сталевих форм цими втратами нехтують, тоді $\Delta P_\mu = 0, \Delta P_4 = 0$.

З огляду на вищезазначене, зусилля попереднього обтиску $P_{0,c}$ перед передачею його на бетон дорівнюватиме:

$$\begin{aligned}P_{0,c} &= P_{max} - (\Delta P_r + \Delta P_3) = 369,6 - (24,64 + 18,48) = \\ &= 326,48 \text{ кН}\end{aligned}\quad (2.25)$$

При відпусканні натяжних пристроїв відбувається пружне скорочення бетону.

Втрати зусилля від миттєвої деформації бетону ΔP_c обчислюються за формулою (2.26):

$$\Delta P_c = \alpha \cdot p_p \left(1 + \frac{e_{0p}^2 A_{red}}{I_{red}} \right) P_{0,c}\quad (2.26)$$

де p_p – коефіцієнт армування, що дорівнює:

$$p_p = \frac{A_p}{A_c} = \frac{616}{52800} = 11,67 \cdot 10^{-3} \quad (2.27)$$

e_{0p} – ексцентриситет зусилля обтискування, що дорівнює:

$$e_{0p} = Y_o - a = 110 - 50 = 60 \text{ мм} \quad (2.28)$$

Підставивши значення у формулу (2.26), отримуємо:

$$\Delta P_c = 5,85 \cdot 11,67 \cdot 10^{-3} \left(1 + \frac{60^2 \cdot 56403,6}{225,9 \cdot 10^6} \right) \cdot 326,48 = 42,3 \text{ кН}$$

Зусилля, що фактично передається на бетон після завершення всіх початкових етапів (з урахуванням сумарних технологічних втрат), визначається за формулою (2.29):

$$\begin{aligned} P_{m,0} &= P_{max} - \Delta P_r - \Delta P_3 - \Delta P_c = \\ &= 369,6 - 24,64 - 18,48 - 42,3 = 284,18 \text{ кН} \end{aligned} \quad (2.29)$$

Перевіряємо умову міцності при обтискуванні:

$$P_{m,0} \leq 0,75 f_{pk} \cdot A_p \quad (2.30)$$

$$284,18 \text{ кН} \leq 0,75 \cdot 840 \cdot 616 = 388080 \text{ Н} = 388,1 \text{ кН} - \text{умова виконується.}$$

Реологічні (залежні від часу) втрати попереднього напруження. Ця категорія втрат акумулюється в процесі експлуатації конструкції.

Експлуатаційні втрати зумовлені спільним впливом усадки і повзучості бетону, а також тривалою релаксацією напружень в арматурі визначаються за формулою (2.31):

$$\Delta P_t(t) = \Delta \sigma_{p,c+s+r} \cdot A_p \quad (2.31)$$

де $\Delta \sigma_{p,c+s+r}$ – сумарні втрати попереднього напруження в арматурі від реологічних процесів, МПа.

Значення $\Delta \sigma_{p,c+s+r}$ визначається за формулою (2.32):

$$\Delta \sigma_{p,c+s+r} = \frac{\varepsilon_{cs} E_p + 0,8 \Delta \sigma_{pr} + \frac{E_p}{E_{cm}} \varphi(t, t_0) (\sigma_{cp} + \sigma_{cp0})}{1 + \frac{E_p}{E_{cm}} \frac{A_p}{A_c} \left(1 + \frac{A_c z_{cp}^2}{I_c} \right) [1 + 0,8 \varphi(t, t_0)]} \quad (2.32)$$

де $\varepsilon_{cs}(t, t_0)$ – очікувані відносні деформації усадки бетону;

$\Delta \sigma_{pr}$ – втрати напруження від тривалої релаксації арматури, МПа;

$\varphi(t, t_0)$ – граничний коефіцієнт повзучості бетону;

σ_{cp} – напруження в бетоні від дії постійних навантажень, МПа;

σ_{cp0} – початкові напруження в бетоні від дії зусилля обтискування, МПа;

I_c – момент інерції бетонного перерізу, мм⁴;

z_{cp} – відстань між центрами ваги бетонного перерізу та напруженої арматури, мм.

Для розрахунку необхідно поетапно визначити складові цієї формули.

Деформації усадки бетону ε_{cs} складаються з усадки при висиханні ε_{cd} та внутрішньої усадки під час твердіння ε_{ca} :

$$\varepsilon_{cs}(t, t_0) = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca} \quad (2.33)$$

Згідно з положеннями ДСТУ Б В.2.6-156:2010 «Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування» [22], для бетону класу С25/30 та відносної вологості повітря $RH = 60\%$, базове значення деформації висихання становить $\varepsilon_{cd,0} = 0,048\%$. Без уточнення $\varepsilon_{cd} = \varepsilon_{cd,0} = -4,8 \cdot 10^{-4}$.

Деформації усадки в процесі твердіння бетону визначають за формулою (2.34):

$$\varepsilon_{ca} = \beta_{ca} \varepsilon_{ca}(\infty) \quad (2.34)$$

де β_{ca} – коефіцієнт розвитку внутрішньої усадки в часі, що дорівнює:

$$\beta_{ca} = 1 - e^{(-0,2t^{0,5})} = 1 - e^{(-0,2 \cdot 100^{0,5})} = 0,865 \quad (2.35)$$

$\varepsilon_{ca}(\infty)$ – граничне значення внутрішньої усадки, що дорівнює

$$\begin{aligned} \varepsilon_{ca}(\infty) &= -2,5(f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} = -2,5 \cdot (25 - 10) \cdot 10^{-6} = \\ &= -3,75 \cdot 10^{-5}; \end{aligned} \quad (2.36)$$

де f_{ck} – нормативний опір бетону стиску, МПа.

Підставляємо розраховані значення у формулу (2.34):

$$\varepsilon_{ca} = 0,865 \cdot (-3,75 \cdot 10^{-5}) = -3,24 \cdot 10^{-5};$$

Тоді загальна усадка за формулою (2.33) буде дорівнювати:

$$\varepsilon_{cs(100)} = -4,8 \cdot 10^{-4} - 3,24 \cdot 10^{-5} = 5,12 \cdot 10^{-4}$$

Примітка: знак «мінус» вказує на стиск, у розрахунку береться модуль значення.

Граничне значення коефіцієнта повзучості згідно з ДСТУ Б В.2.6-156:2010 «Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування» [22], для заданих умов (клас міцності бетону C25/30, $RH = 60\%$, $t = 100$ діб) становить $\varphi(t, t_0) = 2,5$.

Напруження в бетоні на рівні центру ваги напруженої арматури під дією постійної комбінації навантажень (власна вага, сніг) обчислюються за класичним підходом опору матеріалів:

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_{red}} + \frac{M_{Ed} \cdot e_{op}}{I_{red}} = \frac{437,78 \cdot 10^3}{56403,6} + \frac{4,85 \cdot 10^6 \cdot 60}{22593,3 \cdot 10^4} = 7,76 + 1,29 = 9,05 \text{ МПа} \quad (2.37)$$

Напруження в бетоні від дії зусилля попереднього обтискування з урахуванням миттєвих втрат визначаємо за формулою (2.38):

$$\sigma_{cp0} = \frac{P_{m,0}}{A_c} = \frac{284,18 \cdot 10^3}{52800} = 5,38 \text{ МПа} \quad (2.38)$$

Напруження в попередньо напруженій арматурі з урахуванням втрат визначаємо за формулою (2.39):

$$\sigma_{pm0} = \frac{P_{m,0}}{A_p} = \frac{284,18 \cdot 10^3}{616} = 461,33 \text{ МПа} \quad (2.39)$$

Перевіряємо відношення напружень: $\frac{\sigma_{pm0}}{f_{pk}} = \frac{461,33}{840} = 0,55$. Для арматури класу А800 при такому рівні напружень втрати від тривалої релаксації приймаються на рівні 1,5%, що складає $\Delta\sigma_{pr} = 0,015 \cdot 840 = 12,6$ МПа.

Оскільки

$$a_p \varphi(\infty, t_0) (\sigma_{cp} + \sigma_{cp0}) = 5,85 \cdot 2,5 \cdot (9,05 + 5,38) = 211,04 > 0, \quad (2.40)$$

то знаменник у загальній формулі враховується повністю.

Визначаємо момент інерції бетонного перерізу:

$$I_c = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{240 \cdot 220^3}{12} = 212960000 \text{ мм}^4 \quad (2.41)$$

Підставляємо всі знайдені параметри до основної формули реологічних втрат (2.32):

$$\begin{aligned}\Delta\sigma_{p,c+s+r} &= \frac{5,12 \cdot 10^{-4} \cdot 1,9 \cdot 10^5 + 0,8 \cdot 12,6 + 5,85 \cdot 2,5 \cdot (9,05 + 5,38)}{1 + 5,85 \cdot \frac{616}{52800} \left(1 + \frac{52800 \cdot 60^2}{212960000}\right) [1 + 0,8 \cdot 2,5]} = \\ &= \frac{318,4}{1,3875} = 229,48 \text{ МПа}\end{aligned}$$

Тоді повне зусилля реологічних (експлуатаційних) втрат за формулою (2.31) складатиме:

$$\Delta P_{t(t)} = 616 \cdot 229,48 = 141359,7 \text{ Н} = 141,36 \text{ кН}$$

На фінальному етапі необхідно перевірити середнє значення зусилля попереднього обтиску P_{mt} в стадії експлуатації $t > t_0$ з урахуванням усіх втрат. Згідно з вимогами ДБН В.2.6-98:2009 «Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення» [10], це зусилля обмежується умовою:

$$P_{mt} = P_{m,0} - \Delta P_{t(t)} \leq 0,65 \cdot f_{pk} \cdot A_p \quad (2.42)$$

Підставляємо значення в умову (2.42):

$$\begin{aligned}P_{mt} &= 284,18 - 141,36 = 142,82 \text{ кН} \\ 142,82 \text{ кН} &< 0,65 \cdot 840 \cdot 616 \cdot 10^{-3} = 336,34 \text{ кН}\end{aligned}$$

Умова виконується, несуча здатність та ефективність обтискування забезпечені.

2.4 Розрахунок перерізу нижнього поясу за другою групою граничних станів

Головною метою цього етапу розрахунку є підтвердження придатності конструкції до нормальної експлуатації впродовж усього її життєвого циклу. Забезпечення цих вимог базується на контролі рівня напружень у бетоні та арматурі, а також на перевірці умов утворення тріщин та обмеженні ширини їх розкриття.

Розрахунок виконується для найбільш навантаженого елемента нижнього поясу ферми – КЕ6.

2.4.1 Оцінка умов утворення тріщин

Перевірка на тріщиноутворення здійснюється за умови дії нормального навантаження (коефіцієнт надійності за навантаженням $\gamma_f = 1,0$).

Для розтягнутої грані нижнього поясу пружний момент опору зведеного перерізу W_{red} та його площа A_{red} були визначені раніше і становлять:

$$W_{red} = 2053,9 \cdot 10^3 \text{ мм}^3$$

$$A_{red} = 5,64 \cdot 10^4 \text{ мм}^2$$

Ядрова відстань перерізу обчислюється за формулою (2.43):

$$r = \frac{W_{red}}{A_{red}} = \frac{2053,9 \cdot 10^3}{5,64 \cdot 10^4} = 36,42 \text{ мм} \quad (2.43)$$

Для прямокутного перерізу коефіцієнт пружно-пластичних деформацій бетону в розтягнутій зоні приймається $\gamma = 1,3$.

Середня міцність бетону класу С25/30 на розтяг становить $f_{ctm} = 2,6$ МПа.

Граничний згинальний момент, що спричиняє утворення тріщин, знаходиться за формулою (2.44):

$$M_{v,ult} = \gamma \cdot f_{ctm} \cdot W_{red} + P_{mt}(e_{op} + r), \quad (2.44)$$

де ексцентриситет $e_{op} = 0$, враховуючи, що зусилля попереднього обтиску P_{mt} прикладено вздовж осі, що проходить через центр ваги перерізу нижнього поясу.

Підставляємо значення у формулу (2.44):

$$\begin{aligned} M_{v,ult} &= 1,3 \cdot 2,6 \cdot 2053,9 \cdot 10^3 + 142820(0 + 36,42) = 12143686,4 \text{ Н} \cdot \text{мм} = \\ &= 12,14 \text{ кН} \cdot \text{м} \end{aligned}$$

Далі визначаємо еквівалентний момент від дії зовнішнього навантаження відносно ядрової точки. Спочатку знаходимо фактичний ексцентриситет поздовжньої сили:

$$e_0 = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{4,22}{380,68} = 0,0111 \text{ м} = 11,1 \text{ мм} \quad (2.45)$$

Еквівалентний момент від дії зовнішнього навантаження визначаємо за формулою (2.46):

$$\begin{aligned} M_{act} &= N_{Ed}(e_0 + r) = \\ &= 380,68 \cdot (0,0111 + 0,03642) = 18,09 \text{ кН} \cdot \text{м} \end{aligned} \quad (2.46)$$

Оскільки $M_{v,ult} = 12,14 \text{ кН} \cdot \text{м} < 18,09 \text{ кН} \cdot \text{м}$, тріщини в поясі виникають. Отже, виникає необхідність подальшого розрахунку ширини їх розкриття.

2.4.2 Розрахунок ширини розкриття тріщин

Приріст напружень в напруженій арматурі від дії зовнішнього навантаження розраховується за формулою (2.47):

$$M_s = M_{act} + P_{mt} \cdot e_{sp}, \quad (2.47)$$

де e_{sp} – відстань від центру ваги перерізу до центру ваги арматури, дорівнює $e_{sp} = 60 \text{ мм}$.

Підставляємо значення у формулу (2.47):

$$M_s = 18,09 \cdot 10^6 + 142820 \cdot 60 = 26,66 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Робоча висота перерізу дорівнює:

$$d = h - a = 220 - 50 = 170 \text{ мм} \quad (2.48)$$

де h – висота перерізу, мм;

a – захисний шар бетону, мм.

Відносний ексцентриситет визначаємо за формулою (2.49):

$$\frac{e_s}{d} = \frac{M_s}{P_{mt} \cdot d} = \frac{26,66 \cdot 10^6}{142820 \cdot 170} = 1,1 \quad (2.49)$$

Коефіцієнт приведення становить $a_{s1} = \frac{300}{22} = 13,64$.

Обчислюємо допоміжний параметр армування для ширини $b = 240 \text{ мм}$:

$$\mu_{as1} = \frac{A_p \cdot a_{s1}}{b \cdot d} = \frac{616 \cdot 13,64}{240 \cdot 170} = 0,206 \quad (2.50)$$

При $\mu_{as1} = 0,206$ та $\frac{e_s}{d} = 1,1$ коефіцієнт плеча внутрішньої пари сил дорівнює $\zeta = 0,68$.

Тоді геометричні параметри внутрішньої пари визначаємо за формулами (2.51, 2.52):

$$z = \zeta \cdot d = 0,68 \cdot 170 = 116 \text{ мм}; \quad (2.51)$$

$$x = d - z = 170 - 116 = 54 \text{ мм} \quad (2.52)$$

Напруження в арматурі після утворення тріщин становить:

$$\sigma_s = \left(\frac{M_s - P_{mt}}{z A_p} \right) = \frac{\frac{26,66 \cdot 10^6}{116} - 142820}{616} = 141,25 \text{ МПа} \quad (2.53)$$

Для підтвердження здатності наявної арматури обмежувати розкриття тріщин виконується перевірка умови (2.54):

$$A_{s1} \sigma_s + \xi_1 A_p \Delta \sigma_p \geq k_c k f_{ct,eff} A_{ct}, \quad (2.54)$$

де ξ_1 – коефіцієнт, що враховує різницю діаметрів арматури, $\xi_1 = \sqrt{\xi} = \sqrt{0,6} = 0,78$;

ξ – коефіцієнт міцності зчеплення арматури з бетоном, $\xi = 0,6$;

$f_{ct,eff}$ – ефективна міцність бетону на розтяг, $f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2,6 \text{ МПа}$;

$\Delta \sigma_p$ – приріст напружень в арматурі від стану нульової деформації бетону, $\Delta \sigma_p = 200 \text{ МПа}$;

k_c – коефіцієнт форми перерізу, для прямокутного перерізу $k_c = 0,4$;

k – коефіцієнт розміру, $k = 1,0$ при $h < 300 \text{ мм}$;

A_{ct} – площа розтягнутої зони бетону, $A_{ct} = 240 \cdot 110 = 26400 \text{ мм}^2$.

Перевіряємо умову (2.54):

$$0 + 0,78 \cdot 616 \cdot 200 \geq 0,4 \cdot 1,0 \cdot 2,6 \cdot 26400$$

$$96096 \text{ Н} \geq 27456 \text{ Н}$$

Умова виконується зі значним запасом, отже площа арматури є достатньою.

Розрахункову ширину розкриття тріщин визначаємо за формулою (2.55):

$$W_k = S_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (2.55)$$

де $S_{r,max}$ – відстань між суміжними тріщинами, мм;

$(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$ – різниця середніх відносних деформацій арматури і бетону.
Максимальний крок тріщин обчислюється за формулою (2.56):

$$S_{r,max} = 3,4a + 0,425 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} \quad (2.56)$$

де ϕ – діаметр стрижнів напруженої арматури, $\phi = 14$ мм;

a – захисний шар бетону, $a = 50$ мм;

k_1 – коефіцієнт профілю арматури, для стрижнів періодичного профілю

$$k_1 = 0,8;$$

k_2 – коефіцієнт розподілу деформацій, $k_2 = 0,53$ при розтязі;

$\rho_{p,eff}$ – ефективний коефіцієнт армування.

Висота зони бетону, що оточує розтягнуту арматуру $h_{c,eff}$, приймається як найменше з трьох значень:

$$2,5(h - d) = 2,5(220 - 170) = 125 \text{ мм}; \quad (2.57)$$

$$\frac{h}{2} = \frac{220}{2} = 110 \text{ мм}; \quad (2.58)$$

$$\frac{(h-x)}{3} = \frac{(220-54)}{3} = 55,3 \text{ мм}. \quad (2.59)$$

Приймаємо $h_{c,eff} = 55,3$ мм.

Ефективний відсоток армування розраховуємо за формулою (2.60):

$$\rho_{p,eff} = \frac{\xi_1^2 \cdot A_p}{b \cdot h_{c,eff}} = \frac{0,78^2 \cdot 616}{240 \cdot 55,3} = 0,028 \quad (2.60)$$

Тоді відстань між тріщинами за формулою (2.56) складає:

$$S_{r,max} = 3,4 \cdot 50 + 0,425 \cdot 0,8 \cdot 0,53 \cdot \frac{14}{0,028} = 260,1 \text{ мм}$$

Різниця деформацій арматури та бетону $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$ визначається за формулою (2.61):

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_1 \frac{f_{ct,eff}(1 + a_{s1} \rho_{p,eff})}{\rho_{p,eff}}}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (2.61)$$

де k_1 – коефіцієнт тривалості навантаження, $k_1 = 0,6$ або $k_1 = 0,4$ відповідно для короткочасного і довготривалого навантаження.

Підставляємо значення у формулу (2.61) для нетривалої дії повного навантаження:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{141,25 - 0,6 \frac{2,6(1 + 13,64 \cdot 0,028)}{0,028}}{19 \cdot 10^4} \geq 0,6 \frac{141,25}{19 \cdot 10^4}$$

$$33,8 \cdot 10^{-5} < 44,6 \cdot 10^{-5}$$

До розрахунку приймається граничне значення: $44,6 \cdot 10^{-5}$.

Розрахункову ширину розкриття тріщин визначаємо за формулою (2.55):

$$W_{k1} = 260,1 \cdot 44,6 \cdot 10^{-5} = 0,12 \text{ мм}$$

Підставляємо значення у формулу (2.61) для постійного та тимчасового довготривалого навантаження:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{105,51 - 0,4 \frac{2,6(1 + 13,64 \cdot 0,028)}{0,028}}{19 \cdot 10^4} \geq 0,6 \frac{105,51}{19 \cdot 10^4}$$

$$28,5 \cdot 10^{-5} < 33,3 \cdot 10^{-5}$$

До розрахунку приймається граничне значення: $33,3 \cdot 10^{-5}$.

Розрахункову ширину розкриття тріщин визначаємо за формулою (2.55):

$$W_{k2} = 260,1 \cdot 33,3 \cdot 10^{-5} = 0,09 \text{ мм}$$

Підставляємо значення у формулу (2.61) для нетривалої дії постійного та тимчасового навантаження:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{105,51 - 0,6 \frac{2,6(1 + 13,64 \cdot 0,028)}{0,028}}{19 \cdot 10^4} \geq 0,6 \frac{105,51}{19 \cdot 10^4}$$

$$15 \cdot 10^{-5} < 33,3 \cdot 10^{-5}$$

До розрахунку приймається граничне значення: $33,3 \cdot 10^{-5}$.

Розрахункову ширину розкриття тріщин визначаємо за формулою (2.55):

$$W_{k3} = 260,1 \cdot 33,3 \cdot 10^{-5} = 0,09 \text{ мм}$$

Повна розрахункова ширина розкриття тріщин становить:

$$W_k = W_{k1} + W_{k2} - W_{k3} = 0,12 + 0,09 - 0,09 = 0,12 \text{ мм} \quad (2.62)$$

Отримане значення розкриття тріщин $W_k = 0,12 \text{ мм}$ є меншим за гранично допустиму величину $W_{lim} = 0,4 \text{ мм}$ згідно з вимогами чинних ДБН В.2.6-98:2009 «Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення» [10]. Експлуатаційна надійність та жорсткість нижнього поясу ферми повністю забезпечена.

РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Загальні положення щодо організації будівництва

Для забезпечення раціонального, безпечного та економічно ефективного виконання будівельно-монтажних робіт розробляється така документація:

– Технологічна карта: визначає раціональні методи, чітку технологічну послідовність та режими виконання конкретного будівельного процесу. Вона містить рішення щодо вибору будівельних машин і механізмів, потреби в матеріально-технічних ресурсах.

– Календарний графік будівництва: регламентує технологічну послідовність та терміни виконання всіх етапів робіт на зведенні одноповерхового багатопрольотного цеху великовузлової збірки гвинтокрилів.

– Будівельний генеральний план: відображає просторову організацію будівельного майданчика, враховує раціональне розміщення тимчасових та постійних споруд, інженерних мереж, під'їзних шляхів, майданчиків для складування матеріалів, а також зон відпочинку та санітарно-побутових приміщень для робітників.

3.2 Місцеві умови будівництва та інженерне забезпечення майданчика

3.2.1 Топографічні та інженерно-геологічні умови

Будівництво об'єкта передбачається у місті Запоріжжя. Будівельний майданчик розташований у приміській промисловій зоні та характеризується спокійним рельєфом із незначним природним ухилом, що забезпечує ефективне відведення атмосферних вод від майбутньої споруди. Рівень ґрунтових вод на ділянці низький. Ґрунти представлені переважно просадними лесовими породами, що вимагає ретельного ущільнення основи під фундаменти.

3.2.2 Транспортна логістика та проєктування доріг

Місто Запоріжжя має розвинену інфраструктуру, що дозволяє ефективно налагодити постачання ресурсів. Середня відстань транспортування основних будівельних матеріалів становить 6 км.

Зв'язок будмайданчика здійснюється дорогами з удосконаленим твердим покриттям. Для забезпечення безпечної та безперебійної логістики безпосередньо на об'єкті, внутрішньомайданчикові тимчасові дороги запроєктовані за кільцевою схемою з такими параметрами:

- ширина проїзної частини: становить 3,5 м для ділянок з одностороннім рухом транспорту.
- зони розвантаження: у місцях стоянки машин під розвантаженням біля монтажних кранів передбачено двосмугове поширення дороги до 7,5 м.
- радіуси поворотів: радіус заокруглення доріг прийнято 12 м, із відповідним нормативним поширенням проїзду в місцях заокруглення до 5 м для вільного проходження довгомірного транспорту (тягачів із фермами чи колонами).

3.2.3 Інженерне забезпечення майданчика

Для виконання будівельно-монтажних робіт передбачається підключення тимчасових мереж:

- Електропостачання: забезпечення енергією будівельних машин, зварювальних апаратів та побутових приміщень здійснюється від існуючої міської трансформаторної підстанції. Для розподілу енергії по майданчику встановлюються інвентарні розподільчі щити.
- Зовнішнє освітлення: для безпечного виконання робіт у дві зміни, а також для охорони об'єкта у темну пору доби, проєктується комплексна система зовнішнього освітлення. По периметру майданчика, вздовж тимчасових проїздів та на складських зонах встановлюються інвентарні опори з прожекторами ПЗС-45. Мережа освітлення будмайданчика монтується з

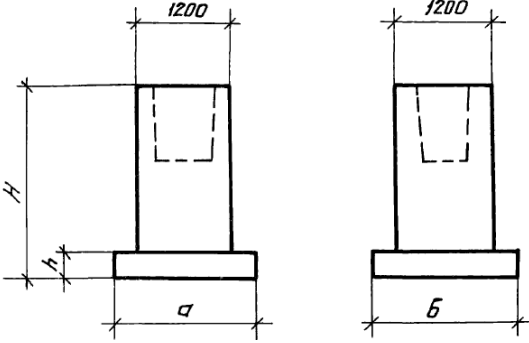
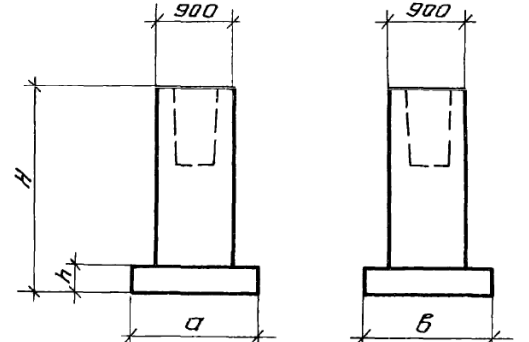
дотриманням нормативних вимог щодо видимості та безпеки дорожнього руху спецтехніки.

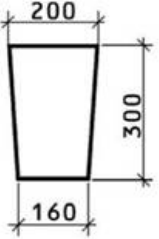
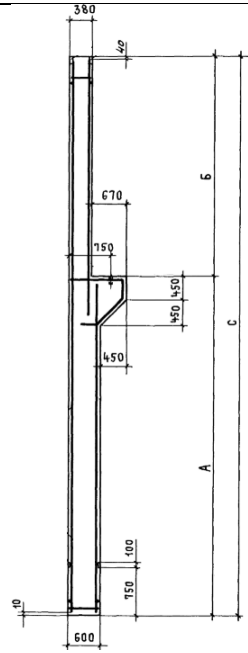
– Водопостачання та водовідведення: забезпечення майданчика водою для виробничих (приготування розчинів, догляд за бетоном) та санітарно-побутових потреб виконується шляхом тимчасової врізки в діючу міську водопровідну мережу. Відведення поверхневих вод організовується системою відкритих водовідвідних каналів.

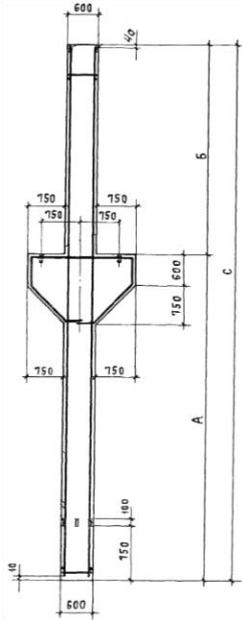
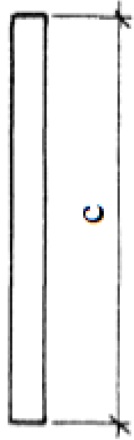
3.3 Визначення кількості та характеристик монтажних елементів і пристосувань

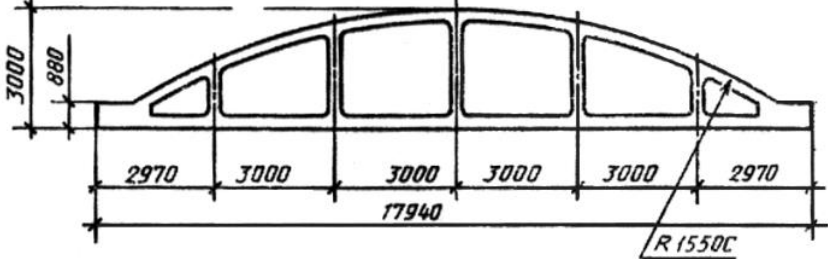
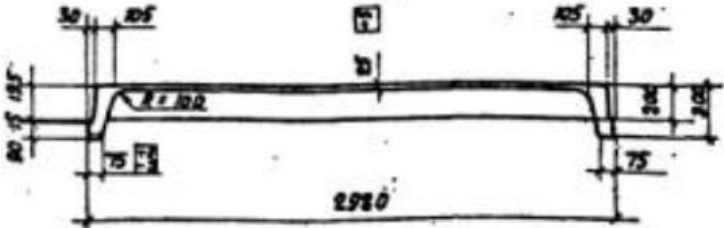
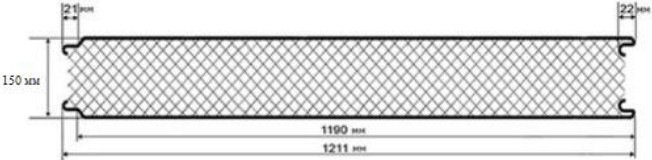
Для подальшого вибору монтажних кранів формуємо відомість монтажних елементів (табл. 3.1). Габарити та маса елементів, прийняті за чинними нормативними документами. Крім того, для безпечного стропування, переміщення та вивіряння елементів каркасу підбираємо відповідні монтажні пристосування, які наведені у табл. 3.2.

Таблиця 3.1 – Відомість монтажних елементів

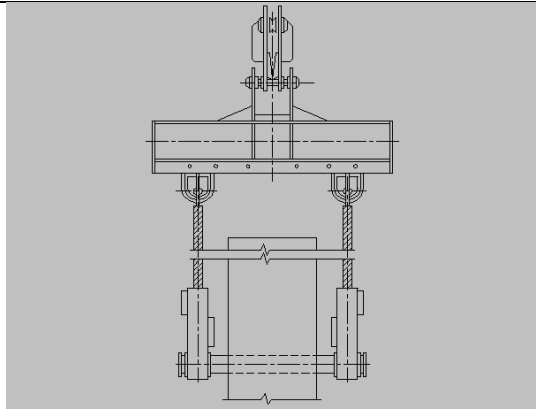
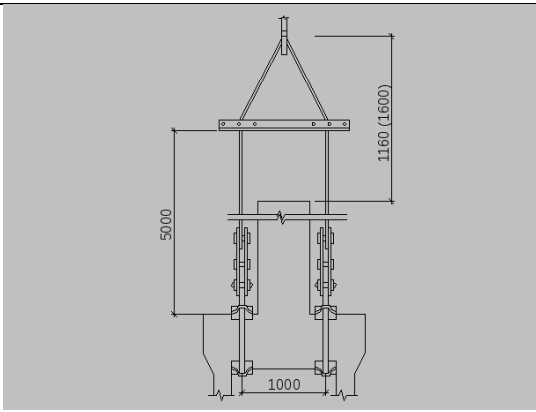
| № з/п | Елемент | Марка | Ескіз | Кількість, шт. | Маса, т | |
|-------|------------|-------|---|----------------|-----------------|----------|
| | | | | | Одного елемента | Загальна |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Фундаменти | ФБ2-1 |  <p style="text-align: center;"> $a = b = 1800 \text{ мм}$ $H = 1500 \text{ мм}$ </p> | 36 | 6,75 | 243 |
| | | ФА1-1 |  <p style="text-align: center;"> $a = b = 1500 \text{ мм}$ $H = 1500 \text{ мм}$ </p> | 8 | 4 | 32 |

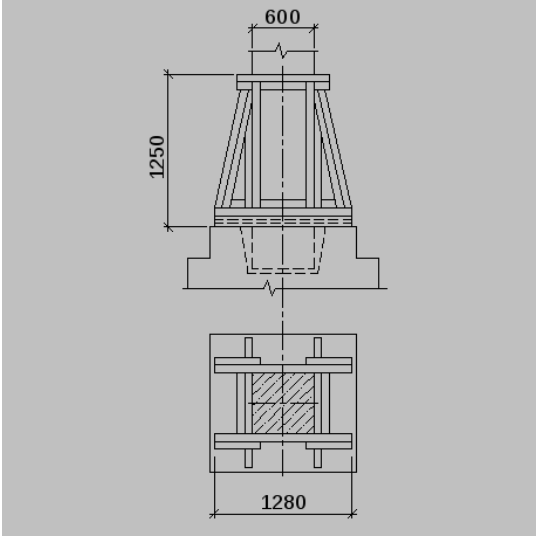

| | | | | | | | |
|---|----------------------|--------|--|---|-----|-------|-------|
| 2 | Фундаментні балки | 1БФ-45 | $l_1 = 4450$ мм |  | 7 | 0,6 | 4,2 |
| | | 1БФ-51 | $l_2 = 5050$ мм | | 1 | 0,68 | 0,68 |
| | | 1БФ-48 | $l_3 = 4750$ мм | | 19 | 0,63 | 11,97 |
| 3 | Колони | 1К84-1 |  | 24 | 5,2 | 124,8 | |
| | | | $c = 9300$ мм | | | | |



| | | | | | |
|--|----------------|--|-----------|------------|-------------|
| | <p>6K84-1</p> |  <p>$c = 9300 \text{ mm}$</p> | <p>12</p> | <p>7,0</p> | <p>84</p> |
| | <p>3KΦ93-1</p> |  <p>$c = 9300 \text{ mm}$</p> | <p>8</p> | <p>3,7</p> | <p>29,6</p> |

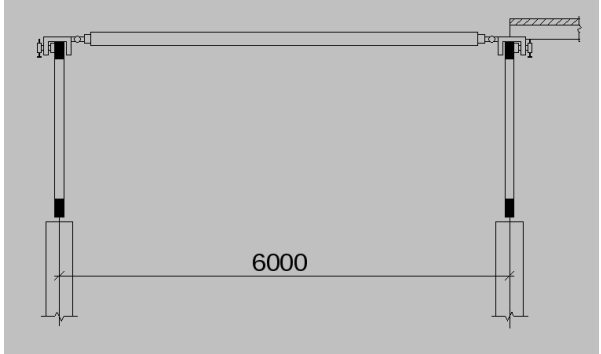

| | | | | | | |
|---|------------------------|--------|---|---------------------|--------|-------|
| 4 | Кроквяна ферма | 1ФБС18 |  | 24 | 6,5 | 156 |
| 5 | Плити покриття | ЗПГ6 |  | 132 | 2,65 | 349,8 |
| 6 | Стінові сендвіч-панелі | - |  <p data-bbox="904 927 1384 967">$l_1 = 12000 \text{ мм}$ $l_2 = 6000 \text{ мм}$</p> | 2088 м ² | 0,0132 | 27,6 |

Таблиця 3.2 – Відомість монтажних пристосувань

| № з/п | Найменування та призначення | Ескіз | Маса пристосування, т | Висота пристосування над конструкцією, м | Необхідна кількість, шт |
|-------|---|---|-----------------------|--|-------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Траверсний захват для монтажу колон, у яких передбачено стропувальний отвір |  | 0,18 | 1 | 1 |
| 2 | Траверсний захват для монтажу консольних КОЛОН |  | 0,24 | 1 | 1 |

| | | | | | |
|---|--|---|------|-----|---|
| 3 | Кондуктор для тимчасового закріплення колон у стаканах фундаментів |  | 0,12 | - | 1 |
| 4 | Балочна траверса для монтажу кроквяних ферм |  | 1 | 2,5 | 1 |

| | | | | | |
|---|---|---|-------|---|---|
| 5 | Строп чотиривітковий «павук» для монтажу фундаментів і плит покриття |  A four-strapped spider sling consisting of a single yellow top ring connected to four grey steel cables. Each cable ends in a yellow hook. | 0,046 | 4 | 1 |
| 6 | Строп двовітковий для монтажу кроквяних ферм, сендвіч-панелей та фундаментних балок |  A two-strapped sling consisting of a single yellow top ring connected to two grey steel cables. Each cable ends in a yellow hook. | 0,039 | 4 | 1 |

| | | | | | |
|---|--|--|-------|---|---|
| 7 | Інвентарна розпірка для тимчасового закріплення кроквяних ферм при кроці 6 м |  | 0,06 | - | 1 |
| 8 | Захоплювач для підйому сендвіч-панелей |  | 0,008 | - | 2 |

3.4 Вибір монтажних кранів для виконання робіт надземного циклу

Вибір монтажних кранів здійснюється на основі порівняння розрахункових монтажних параметрів з технічними характеристиками крана.

До основних розрахункових параметрів належать: монтажна маса елемента, необхідна висота підйому гака та необхідний виліт стріли крана.

Визначаємо монтажні характеристики:

а) Монтажна маса:

$$Q^{\text{потр}} = P_e + P_{\text{стр}}, \quad (3.1)$$

де P_e – маса елемента, т;

$P_{\text{стр}}$ – маса стропувальних і допоміжних пристроїв, т.

б) Висота підйому гака:

$$H^{\text{потр}} = H_o + h_з + h_e + h_c \quad (3.2)$$

де H_o – відстань від рівня стоянки крана до опори монтуємого елемента;

$h_з$ – запас по висоті, необхідний для переміщення монтуємого елемента над раніше змонтованими елементами і установки його в проєктне положення, приймається з техніки безпеки рівним 0,5 м;

h_e – висота елемента в положенні підйому;

h_c – висота вантажозахватних пристроїв, м.

За формулами (3.1), (3.2) підбираємо кран для монтажу з/б колон:

а) Монтажна маса:

$$Q^{\text{потр}} = 7 + 0,24 = 7,24 \text{ т}$$

б) Висота підйому гака:

$$H^{\text{потр}} = 0,75 + 0,5 + 9,3 + 1 = 11,55 \text{ м}$$

Виліт стріли для монтуємих елементів приймаємо 9,5 м.

За такими розрахунковими даними для монтажу з/б колон приймаємо автомобільний кран КС-55729-5В-3, технічні характеристики якого наведені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики автомобільного крана КС-55729-5В-3

| Параметр | Значення |
|--|-----------------|
| Максимальний вантажний момент, т.м. | 102,4 |
| Вантажопідйомність максимальна, т/виліт, м | 32/3,2 |
| Довжина стріли, м | 9,7 – 31,0 |
| Довжина гуска, м | 9 |
| Кут нахилу гуска, град. | 0, 20, 40 |
| Максимальна висота підйому гака, м | |
| – з основною стрілою 31,0 м | 31,6 |
| – з основною стрілою 31,0 м та гуском 9 м | 40,4 |
| Максимальна глибина опускання гака, м | 32,0 |
| Максимальна маса вантажу, при якій допускається висування секцій стріли, т | 6,0 |
| Швидкість підйому-опускання вантажу, м/хв. | |
| – номінальна (з вантажем масою до 32,0 т) | 6 |
| – збільшена (з вантажем масою до 6,0 т) | 12 |
| – максимальна (кратність поліспасту 2) | 20 |
| Швидкість посадки вантажу, м/хв. | 0,2 |
| Частота обертання поворотної частини, об/хв. | до 1,4 |
| Швидкість пересування крана своїм ходом, км/год | до 60 |
| Розмір опорного контуру вздовж × поперек осі шасі, м | |
| – при висунутих балках виносних опор | 5,45 × 6,1 |
| – при втягнутих балках виносних опор | 5,45 × 2,28 |
| Маса стаціонарної противаги, т | 6,4 |
| Колісна формула базового автомобіля | 6 × 6 |
| Двигун базового автомобіля | дизельний |
| Потужність, л.с.(кВт) | 221(300) |
| Габарити крана в транспортному положенні, м (довжина × ширина × висота) | 12 × 2,55 × 3,8 |
| Температура експлуатації, °С | От -40 до +40 |
| Маса причепа, що буксується, т | 12,0 |
| Нормативний термін служби крана, років | 12 |

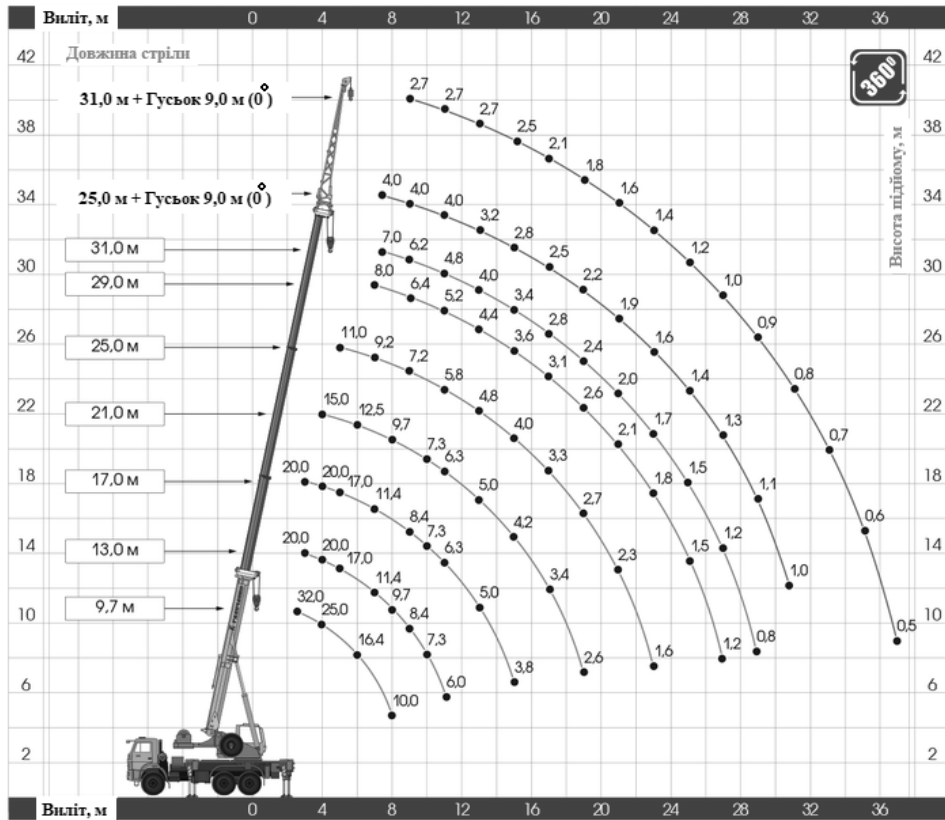


Рисунок 3.1 – Графік вантажопідйомності крана КС-55729-5В-3

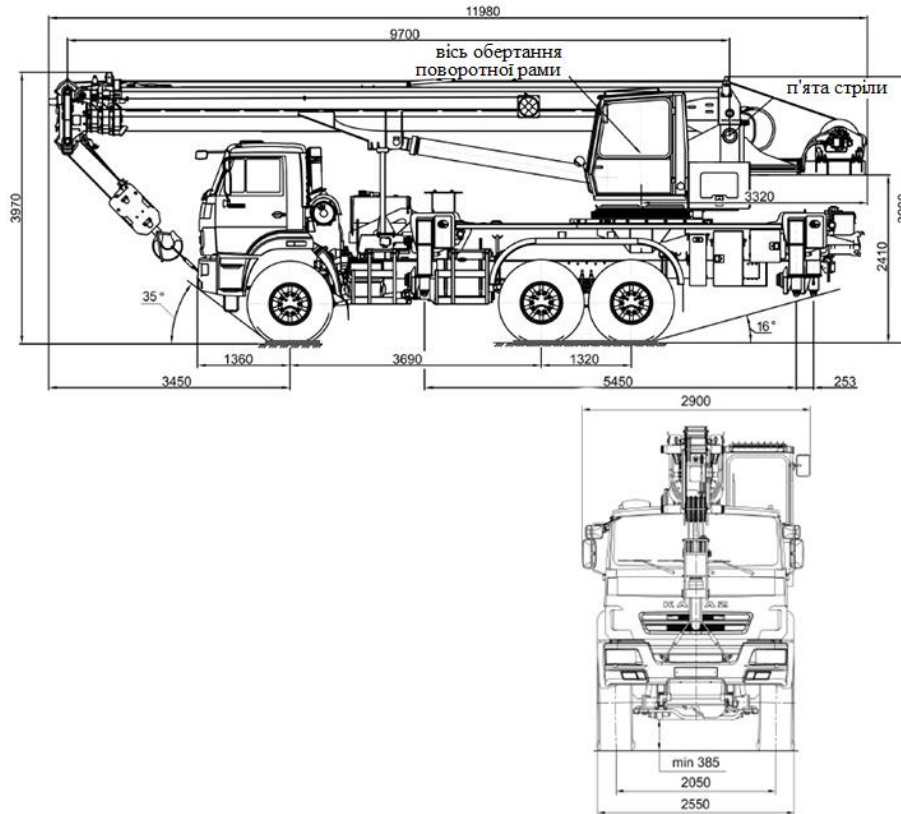


Рисунок 3.2 – Схема загального вигляду крана КС-55729-5В-3

Підбираємо кран для монтажу кроквяних з/б ферм:

а) Монтажна маса:

$$Q^{\text{потр}} = 6,5 + 1 = 7,5 \text{ т}$$

б) Висота підйому гака:

$$H^{\text{потр}} = 8,55 + 0,5 + 3 + 2,5 = 14,55 \text{ м}$$

Виліт стріли для монтуємих елементів приймаємо 4 м.

Підбираємо кран для монтажу плит покриття:

а) Монтажна маса:

$$Q^{\text{потр}} = 2,65 + 0,046 = 2,7 \text{ т}$$

б) Висота підйому гака:

$$H^{\text{потр}} = 11,55 + 0,5 + 0,3 + 4 = 16,35 \text{ м}$$

Виліт стріли для монтуємих елементів приймаємо 10,25 м.

За такими розрахунковими даними для монтажу кроквяних ферм та плит покриття приймаємо автомобільний кран КС-55713-4, технічні характеристики якого наведені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики автомобільного крана КС-55713-4

| Параметр | Значення |
|--|------------|
| Максимальний вантажний момент, т.м. | 80 |
| Вантажопідйомність максимальна, т/виліт, м | 25/3,2 |
| Довжина стріли, м | 9,7 – 21,7 |
| Довжина гуска, м | 9 |
| Максимальна висота підйому гака, м | |
| – з основною стрілою 21,7 м | 21,9 |
| – з основною стрілою 21,7 м та гуском 9 м | 30 |
| Максимальна глибина опускання гака стрілою 11,5 м на вильоті 5,0 м, м | 12 |
| Максимальна маса вантажу, при якій допускається висування секцій стріли, т | 4,0 |
| Швидкість підйому-опускання вантажу, м/хв. | |
| – номінальна (з вантажем масою до 25,0 т) | 5 |
| – збільшена (з вантажем масою до 6,0 т) | 12 |
| – максимальна (кратність поліспасти 1) | 96 |

| | |
|---|----------------|
| Швидкість посадки вантажу, м/хв. | 0,3 |
| Частота обертання поворотної частини, об/хв. | 0,15-1,4 |
| Швидкість пересування крана своїм ходом, км/год | до 75 |
| Маса крана в транспортному положенні, т | 21,8 |
| Розмір опорного контуру вздовж × поперек осі шасі, м | |
| – при висунутих балках виносних опор | 4,2 × 5,6 |
| – при втягнутих балках виносних опор | 4,2 × 2,28 |
| Колісна формула базового автомобіля | 6 × 6 |
| Двигун базового автомобіля | дизельний |
| Потужність, л.с.(кВт) | 240 |
| Габарити крана в транспортному положенні, м (довжина × ширина × висота) | 12 × 2,5 × 3,7 |
| Температура експлуатації, °С | От -40 до +40 |

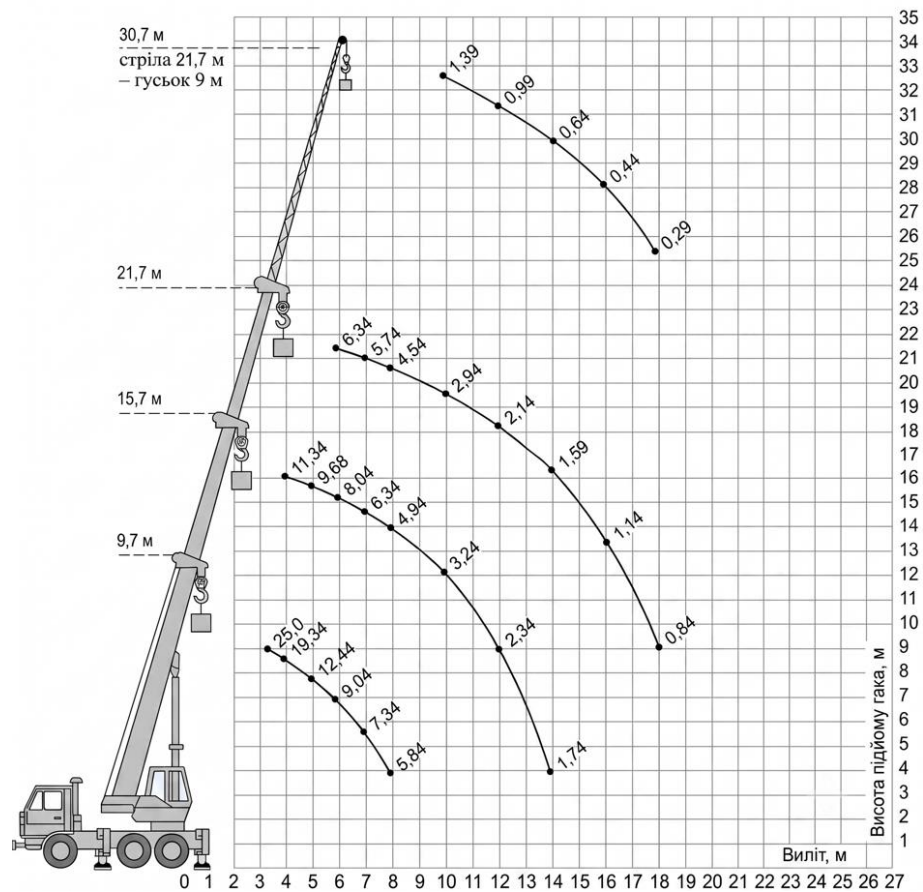


Рисунок 3.3 – Графік вантажопідйомності крана КС-55713-4

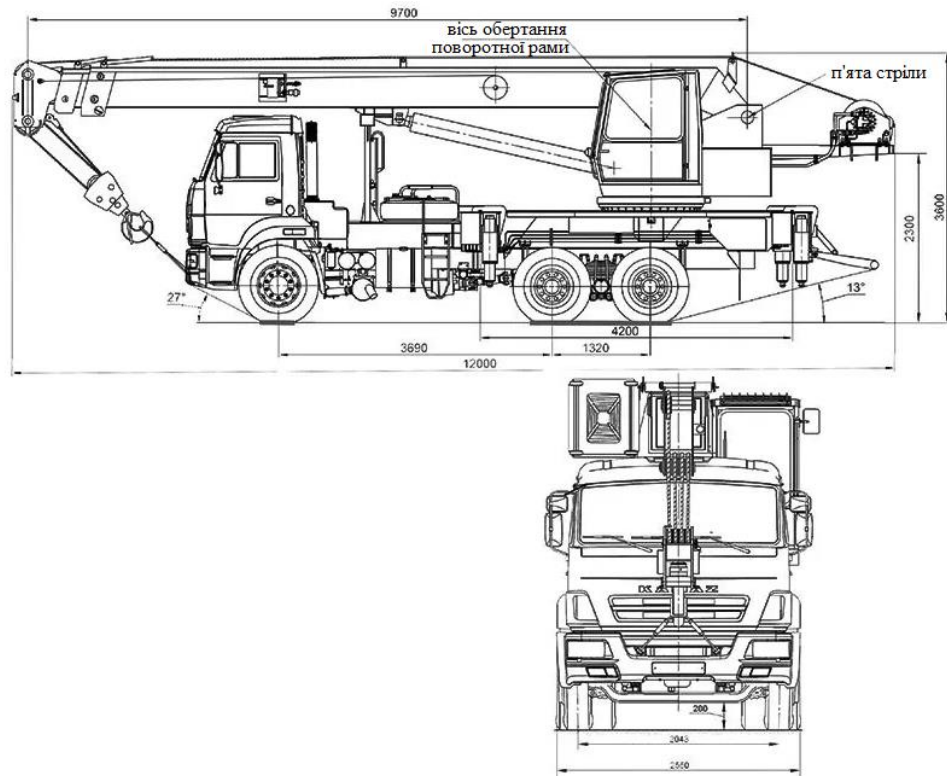


Рисунок 3.4 – Схема загального вигляду крана КС-55713-4

3.5 Транспорте забезпечення будівництва

Для доставки елементів використовуються спеціалізовані автопоїзди, що складаються з тягачів та напівпричепів. Розглянемо технічні характеристики прийнятого транспорту, які наведені у таблицях 3.5 та 3.6.

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики тягача МАЗ-5429

| Параметр | Значення |
|--|----------|
| Вантажопідйомність, кг | 8000 |
| Маса причепа, що буксирується, або напівпричепа з вантажем, кг | 17750 |
| Повна маса автомобіля з вантажем, кг | 14515 |
| Розподіл маси без вантажу, кг: | |
| – на передню вісь | 3690 |
| – на задній міст | 2850 |
| Розподіл маси з вантажем, кг: | |
| – на передню вісь | 4515 |
| – на задній міст | 10000 |

| | |
|---|----|
| Максимальна швидкість при повному навантаженні на горизонтальній ділянці прямої дороги, км/год | 85 |
| Шлях гальмування автомобіля (з повним навантаженням без причепа), що рухається зі швидкістю 40 км/год на горизонтальній ділянці сухої дороги з твердим покриттям, м | 21 |
| Контрольна витрата палива на 100 км шляху, л | 32 |

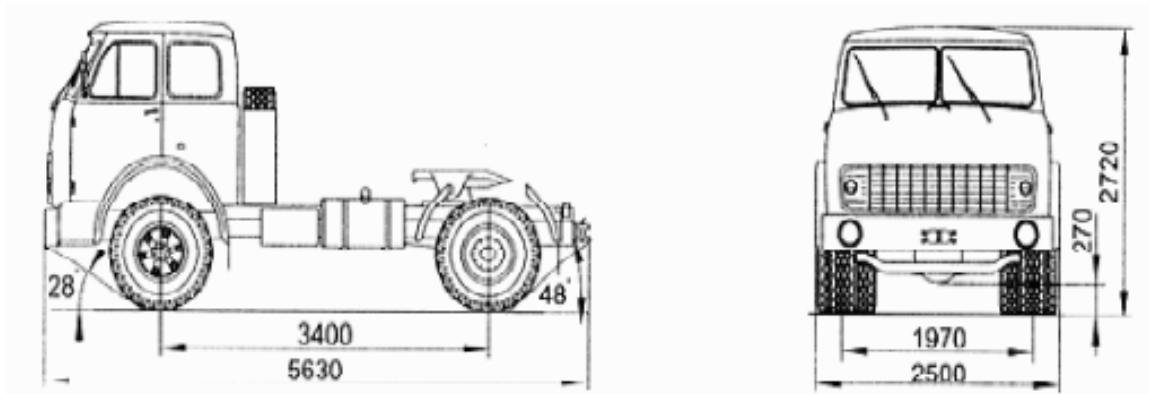


Рисунок 3.5 – Схема загального вигляду тягача МАЗ-5429

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики напівпричепа ПФ-1218

| Параметр | Значення |
|--|----------|
| Вантажопідйомність, кг | 10570 |
| Маса спорядженого напівпричепа, кг | 7180 |
| Повна маса напівпричепа, кг | 17750 |
| Розподіл навантаження від повної маси напівпричепа в сцепі з основним тягачом, кгс | |
| – на сідельний пристрій тягача | 7750 |
| – на дорогу через візок напівпричепа | 10000 |
| Габаритні розміри напівпричепа, мм | |
| – довжина, м | 23200 |
| – ширина, м | 2500 |
| – висота, м | 3130 |
| Внутрішні розміри касети, мм | |
| – довжина, м | 18100 |
| – ширина, м | 850 |
| Навантажувальна висота, мм | 640 |
| База, мм | 21500 |
| Колія, мм | 1860 |

| | |
|--|---------|
| Найменший дорожній просвіт, мм | |
| – під піднятим опорним пристроєм | 330 |
| – під віссю коліс | 440 |
| Кількість коліс, шт. | 4 + 1 |
| Розмір шин, мм | 320-508 |
| Максимальна швидкість руху автопоїзда повною масою, км/год | 60 |

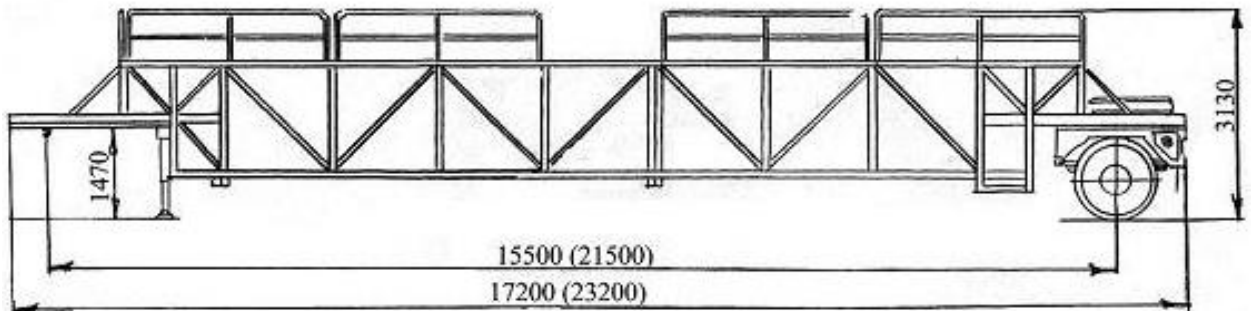


Рисунок 3.6 – Схема загального вигляду напівпричепа ПФ-1218

3.6 Транспортування та зберігання матеріалів

Під час транспортування залізобетонних конструкцій необхідно дотримуватися таких вимог:

- транспортування виробів здійснюється здебільшого у робочому або наближеному до нього положенні;
- колони перевозять у горизонтальному положенні, при цьому використання спеціальних пристроїв не вимагається;
- для запобігання пошкодженню та тертю залізобетонних виробів між собою обов'язково використовуються дерев'яні бруски;
- залізобетонні вироби з фактурною поверхнею слід додатково захищати прокладками з гуми;
- конструкції мають укладатися так, щоб вони впритул прилягали до прокладок;
- багатоярусне укладання залізобетонних виробів допускається виключно у відповідності до вимог нормативно-технічної документації;

- загальна маса та габарити не повинні перевищувати вантажопідйомність і місткість транспортного засобу;
- вироби необхідно надійно закріплювати для запобігання їх зміщенню, перекиданню або сповзанню під час руху;
- між бортом автотранспортного засобу та залізобетонним виробом необхідно забезпечити зазор величиною не менше 6–8 см.

Складування колон здійснюється в один ярус на дерев'яні бруски перерізом 100 × 100 мм. Плити укладаються одна на одну по 6 штук. Під плити та між ними теж укладають дерев'яні бруски перерізом 100 × 100 мм.

Транспортування кроквяних ферм здійснюється у вертикальному положенні з використанням касет по одній штуці.

3.7 Технологія та організація виконання будівельно-монтажних робіт

Зведення об'єкта здійснюється відповідно до вимог ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва» [3] та розробленої документації. Весь комплекс робіт поділяється на послідовні технологічні цикли.

3.7.1 Підготовчий цикл

До початку виконання основних будівельно-монтажних робіт на майданчику реалізується комплекс організаційно-технічних заходів, який включає:

- інженерну підготовку території: створення геодезичної розбивочної основи, закріплення головних осей будівлі, проведення інженерно-геологічних вишукувань (уточнення несучої здатності ґрунтів та рівня ґрунтових вод).
- розчищення майданчика: зняття та складування родючого шару ґрунту для подальшої рекультивациі, видалення зелених насаджень (з попередньою пересадкою цінних порід), демонтаж існуючих непотрібних споруд та перенесення діючих інженерних комунікацій.

– інженерне забезпечення та облаштування: огороження території будівництва, прокладання тимчасових під'їзних доріг, влаштування тимчасових мереж водо- та електропостачання.

– водовідведення: формування системи відкритого або закритого дренажу, влаштування нагірних каналів для перехоплення та відведення поверхневих і ґрунтових вод від майбутнього котловану.

– побутове забезпечення: встановлення інвентарних тимчасових будівель для санітарно-побутового обслуговування робітників, а також облаштування майданчиків для стоянки будівельної техніки та складування матеріалів.

3.7.2 Нульовий цикл

Земляні роботи: розробка ґрунту під котловани та траншеї виконується механізованим способом (екскаваторами з навантаженням на автосамоскиди). Доопрацювання ґрунту до проєктної позначки та планування дна виконується вручну або малогабаритною технікою.

Влаштування фундаментів:

– для забезпечення надійної основи виконується піщана підготовка з ретельним ущільненням.

– монтаж збірних залізобетонних елементів (фундаментів стаканного типу) здійснюється автокраном. Елементи стропуються чотиривітковим стропом і встановлюються з вивіркою за геодезичними відмітками та шнуром-причалкою.

– по завершенню монтажу фундаментів та фундаментних балок влаштовується горизонтальна та вертикальна гідроізоляція для захисту конструкцій від вологи.

– завершальним етапом нульового циклу є зворотна засипка пазух котловану непучинистим ґрунтом з його пошаровим трамбуванням пневмотрамбівками.

3.7.3 Надземний цикл

Монтаж несучих конструкцій каркаса виконується автомобільними кранами (КС-55729-5В-3, КС-55713-4) з дотриманням технологічної послідовності:

– монтаж колон: колони (основного та фахверкового рядів) встановлюються у стакани фундаментів на попередньо укладений вирівнювальний шар бетонної суміші. Тимчасове кріплення та вивіряння вертикальності здійснюється за допомогою кондукторів та двох теодолітів. Після геодезичного контролю виконується замонолічування стиків.

– монтаж ферм та плит покриття: кроквяні ферми встановлюються на оголовки колон, вивіряються та тимчасово закріплюються розпівками до повного проєктного закріплення. Далі симетрично відносно центру прольоту монтується ребристі плити покриття. Шви між плитами ретельно замонолічуються цементно-піщаним розчином для створення жорсткого диска покриття.

– огорожувальні конструкції: влаштування зовнішніх стін виконується зі стінових сендвіч-панелей (монтуються за допомогою захоплювачів). Далі виконується мурування внутрішніх цегляних перегородок.

3.7.4 Влаштування покрівлі

Влаштування суміщеної рулонної покрівлі виконується по залізобетонних плитах у такій послідовності: очищення основи та нанесення обмазувальної пароізоляції (грунтування праймером та покриття бітумною мастикою у 2 шари), укладання теплоізоляційного шару з пінобетонних плит, влаштування вирівнювальної цементно-піщаної стяжки, наплавлення гідроізоляційного килима з руберойду у два шари з напуском полотнищ.

3.7.5 Опоряджувальний цикл

Заповнення прорізів: встановлення металевих віконних блоків, монтаж зовнішніх металевих воріт та внутрішніх дерев'яних дверних блоків.

Оздоблення: виконання штукатурних робіт, вапняне фарбування стін. Металеві елементи (ворота, рами) та дерев'яні поверхні покриваються олійними фарбами.

3.7.6 Влаштування підлог

– бетонні підлоги (для виробничих зон): ущільнення ґрунтової основи щебенем, влаштування бетонної підготовки (товщиною 100 мм) ділянками (захватками). Вирівнювання та ущільнення бетонної суміші здійснюється віброрейками.

– спеціальні покриття: у санітарно-побутових приміщеннях укладається керамічна плитка.

3.8 Календарний графік

3.8.1 Розробка календарного графіку

Зведена відомість обсягів будівельно-монтажних робіт є основою для розроблення календарного графіка. Цей документ є ключовою складовою проєкту, оскільки він детально моделює весь виробничий процес.

Для оптимізації строків зведення об'єкта передбачено застосування потокових методів організації будівництва. Це дозволяє виконувати різні види робіт паралельно на суміжних ділянках, забезпечуючи безперервність процесу, раціональне використання ресурсів та комплексну механізацію із залученням техніки.

Календарний графік виступає головним інструментом контролю та координації на будмайданчику, адже він чітко регламентує потребу в робочих кадрах, механізмах, транспорті та будівельних матеріалах. Документ

розроблено з урахуванням нормативних вимог ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва» [3].

Під час складання календарного графіку були враховані:

- терміни будівництва;
- технологічна послідовність виконання робіт;
- максимальне суміщення в часі окремих видів робіт;
- виконання робіт, де працюють машини і механізми в дві зміни;
- рівномірний розподіл робітників;
- дотримання правил охорони праці і техніки безпеки.

Після розроблення календарного графіку розрахункова тривалість будівництва одноповерхового багатопрольотного цеху великовузлової збірки гвинтокрилів становить 4,2 місяця. Це значення відповідає нормативним обмеженням і не перевищує граничний термін у 10 місяців, встановлений згідно з ДСТУ Б А.3.1-22:2013 «Визначення тривалості будівництва об'єктів» [18].

3.8.2 Складання технологічних розрахунків

Вихідними даними для виконання розрахунків та побудови календарного графіка слугувала відомість обсягів будівельно-монтажних робіт (табл. 3.7). Розрахунок трудомісткості та потреби в машино-змінах виконано за чинними нормами, а склад бригад і тривалість робіт визначено з урахуванням перевиконання норм виробітку на 110-120%. Раціональна технологічна ув'язка та суміщення процесів дозволили скоротити термін зведення об'єкта на 0,5 місяця, при цьому пріоритетним критерієм під час планування паралельних робіт залишалось дотримання вимог охорони праці та техніки безпеки на будмайданчику.

Додатково до календарного графіка розроблено супровідну документацію: графік руху робочої сили, графік заводу і споживання матеріалів, графік руху машин та механізмів.

Таблиця 3.7 – Відомість підрахунку обсягів робіт

| № з/п | Найменування робіт | Один. виміру | Обсяг робіт | Формула розрахунку | Обґрунтування | Трудомісткість | | |
|----------------------------|--|---------------------|-------------|--|---------------|----------------|-------------|-------------|
| | | | | | | На од. л-год. | Норм. л-дн. | Прийн л-дн. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| I. Підготовчий цикл | | | | | | | | |
| 1 | Загальнобудівельні роботи | % | 5 | | | | 93,02 | 93 |
| 2 | Інженерна підготовка | % | 4 | | | | 74,42 | 74 |
| 3 | Диспетчеризація | % | 0,5 | | | | 9,30 | 9 |
| II. Нульовий цикл | | | | | | | | |
| 4 | Планування майданчика бульдозером | 1000 м ² | 3,496 | $S_{пл.} = (a + 10)(b + 10) = (66 + 10)(36 + 10) = 3496 \text{ м}^2$ | 1-30-1 | 0,77 | 0,34 | 0,3 |
| 5 | Розробка ґрунту екскаватором $V_k = 0,25 \text{ м}^3$ у відвал | 1000 м ³ | 1,15 | $V_{відв.} = V_{тр}^{заг} - (V_{\phi}^M + V_{\phi}^{зб} + V_{\phi.б.}) - 0,05 \cdot V^1 =$ $= 1367,54 - (40,39 + 110 + 6,7) -$ $- 0,05 \cdot 1210,45 = 1149,93$ $V^1 = V_{тр}^{заг} - (V_{\phi}^M + V_{\phi}^{зб} + V_{\phi.б.}) = 1367,54 -$ $-(40,39 + 110 + 6,7) = 1210,45$ | 1-12-13 | 15,49 | 2,23 | 2 |
| 6 | Розробка ґрунту екскаватором на транспорт | 1000 м ³ | 0,218 | $V_{тр-т} = V_{заг} - V_{відв} = 1367,54 - 1149,93 =$ $= 217,61 \text{ м}^3$ | 1-17-13 | 18,02 | 0,49 | 0,5 |
| 7 | Підчищення ґрунту вручну | 100 м ³ | 0,049 | $V_{підч} = [(1,8 + 0,2) \cdot (1,8 + 0,2) \cdot 36 \cdot 0,1] +$ $+ [(1,5 + 0,2) \cdot (1,5 + 0,2) \cdot 8 \cdot 0,1] = 4,9 \text{ м}^3$ | 1-162-1 | 212,5 | 1,30 | 1,5 |

| | | | | | | | | |
|----------------------------|--|---------------------|--------|--|---------|---------|-------|------|
| 8 | Влаштування піщаної підготовки під фундаменти | 100 м ³ | 0,049 | $V_{\text{підг.}} = V_{\text{підч.}} = 4,9 \text{ м}^3$ | 8-2-1 | 2,3 | 0,01 | 0,01 |
| 9 | Влаштування монолітних подушок | 100 м ³ | 0,404 | $V_{\text{ф}}^{\text{м}} = [(1,8 \cdot 1,8) \cdot 36 \cdot 0,3] + [(1,5 \cdot 1,5) \cdot 8 \cdot 0,3] = 40,39 \text{ м}^3$ | 6-1-23 | 323,85 | 16,35 | 16 |
| 10 | Влаштування збір. з/б фундаментів вагою від 3,5 т | 100 шт | 0,44 | $V_{\text{ф}}^{\text{зб}} = 2,7 \cdot 36 + 1,6 \cdot 8 = 110 \text{ м}^3$ | 7-1-6 | 278,4 | 15,31 | 15 |
| 11 | Монтаж збірних з/б фундаментних балок | 100 шт | 0,27 | $V_{\text{фб}} = V_{\text{ф.б.}}^1 \cdot n_1 + V_{\text{ф.б.}}^2 \cdot n_2 + V_{\text{ф.б.}}^3 \cdot n_3 = 0,24 \cdot 7 + 0,27 \cdot 1 + 0,25 \cdot 19 = 6,7 \text{ м}^3$ | 7-1-15 | 543,75 | 18,35 | 18 |
| 12 | Влаштування горизонтальної гідроізоляції фундаментів | 100 м ² | 0,2529 | $S_{\text{гідр}}^{\text{гор}} = (a_{\text{ф.б.}} \cdot l_{\text{ф.б.}} \cdot \pi)^1 + (a_{\text{ф.б.}} \cdot l_{\text{ф.б.}} \cdot \pi)^2 + (a_{\text{ф.б.}} \cdot l_{\text{ф.б.}} \cdot \pi)^3 = (0,2 \cdot 4,45 \cdot 7) + (0,2 \cdot 5,05 \cdot 1) + (0,2 \cdot 4,75 \cdot 19) = 25,29 \text{ м}^2$ | 8-3-2 | 28,13 | 0,89 | 1 |
| 13 | Зворотна засипка ґрунту вручну | 1000 м ³ | 1,15 | $V_{\text{зв.з}} = V_{\text{відв.}} = 1149,93 \text{ м}^3$ | 1-166-1 | 150,45 | 21,63 | 22 |
| 14 | Ущільнення ґрунту пневмотрамбівками | 100 м ³ | 11,5 | $V_{\text{ущ.}} = V_{\text{зв.з.}} = 1149,93 \text{ м}^3$ | 1-134-1 | 18,36 | 26,39 | 26 |
| III. Надземний цикл | | | | | | | | |
| 15 | Монтаж колон вагою до 4 т | 100 шт | 0,08 | $V_{\text{к}}^{\text{вар}1} = V_{\text{к}}^1 \cdot n_1 = 1,5 \cdot 8 = 12 \text{ м}^3$ | 7-5-11 | 987,45 | 9,87 | 10 |
| 16 | Монтаж колон вагою до 6 т | 100 шт | 0,24 | $V_{\text{к}}^{\text{вар}2} = V_{\text{к}}^2 \cdot n_2 = 2,1 \cdot 24 = 50,4 \text{ м}^3$ | 7-5-12 | 1294,85 | 38,85 | 38 |
| 17 | Монтаж колон вагою до 8 т | 100 шт | 0,12 | $V_{\text{к}}^{\text{вар}3} = V_{\text{к}}^3 \cdot n_3 = 2,8 \cdot 12 = 33,6 \text{ м}^3$ | 7-5-13 | 1438,4 | 21,58 | 22 |

| | | | | | | | | |
|----|--|--------------------|-------|---|---------|--------|--------|-----|
| 18 | Монтаж кроквяних ферм прогоном до 18 м | 100 шт | 0,24 | $V_{\phi} = 2,6 \cdot 24 = 62,4 \text{ м}^3$ | 7-12-9 | 1438,4 | 43,15 | 44 |
| 19 | Монтаж плит покриття площею до 20 м ² | 100 шт | 1,32 | $V_{\text{пл.п}} = 1,07 \cdot 132 = 141,24 \text{ м}^3$ | 7-13-7 | 400,2 | 66,03 | 66 |
| 20 | Монтаж стінових сендвіч-панелей | 100 м ² | 20,88 | $S_{\text{с.п.}} = 2088 \text{ м}^2$ | 9-42-3 | 64 | 167,04 | 168 |
| 21 | Кам'яна кладка зовнішніх стін | м ³ | 12,1 | $V_{\text{з.ст.}}^{\text{ц.кл.}} = (l_{\text{ст.}} \cdot h - S_{\text{проріз}}) \cdot \delta = (42 \cdot 4,8 - 120,96) \cdot 0,15 = 12,1 \text{ м}^3$ | 8-5-2 | 8,08 | 12,22 | 12 |
| 22 | Улаштування цегляних перегородок | 100 м ² | 2,445 | $S_{\text{цегл.перег}} = l \cdot h - S_{\text{пр}} = 83,81 \cdot 3 - 6,93 = 244,5 \text{ м}^2$ | 8-6-4 | 203,68 | 62,25 | 62 |
| 23 | Монтаж металевих віконних рам | т | 6,92 | $P_{\text{вікон1}} = 0,2 \cdot 17 = 3,4 \text{ т}$ $P_{\text{вікон2}} = 0,16 \cdot 22 = 3,52 \text{ т}$ $S_{\text{вікон1}} = 3,6 \cdot 3,6 \cdot 17 = 220,32 \text{ м}^2$ $S_{\text{вікон2}} = 3,6 \cdot 1,2 \cdot 22 = 95,04 \text{ м}^2$ | 9-44-1 | 128,48 | 111,14 | 110 |
| 24 | Монтаж металевих воріт | т | 6,05 | $P_{\text{вор1}} = S_{\text{вор1}} \cdot 0,05 = 120,96 \cdot 0,05 = 6,05 \text{ т}$ $S_{\text{вор1}} = 4,8 \cdot 3,6 \cdot 7 = 120,96 \text{ м}^2$ | 9-46-1 | 66,24 | 50,09 | 50 |
| 25 | Заповнення дверних прорізів дерев'яними блоками | 100 м ² | 0,069 | $S_{\text{дв.1}} = 2,1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,89 \text{ м}^2$ $S_{\text{дв.2}} = 2,1 \cdot 0,8 \cdot 3 = 5,04 \text{ м}^2$ | 10-26-1 | 139,67 | 1,20 | 1 |
| | IV. Покрівля | | | | | | | |
| 26 | Улаштування обмазувальної пароізоляції | 100 м ² | 23,76 | $S_{\text{покр}} = a \cdot b = 66 \cdot 36 = 2376 \text{ м}^2$ | 12-20-4 | 14,69 | 43,63 | 44 |
| 27 | Улаштування теплоізоляції з пінобетонних плит | 100 м ² | 23,76 | $S_{\text{покр}} = a \cdot b = 66 \cdot 36 = 2376 \text{ м}^2$ | 12-18-5 | 47,4 | 140,78 | 140 |

| | | | | | | | | |
|----|--|--------------------|--------|--|----------|--------|--------|-----|
| 28 | Влаштування цементно-піщаної стяжки | 100 м ² | 23,76 | $S_{\text{покр}} = a \cdot b = 66 \cdot 36 = 2376 \text{ м}^2$ | 12-22-1 | 38,39 | 114,02 | 110 |
| 29 | Влаштування гідроізоляційного килиму з 2-х шарів руберойду | 100 м ² | 26,136 | $S_{\text{покр}} = a \cdot b \cdot 1,1 = 66 \cdot 36 \cdot 1,1 = 2613,6 \text{ м}^2$ | 12-1-6 | 21,8 | 71,22 | 72 |
| | V. Опоряджувальний цикл | | | | | | | |
| 30 | Скління металевих віконних рам | 100 м ² | 3,15 | $S_{\text{заскл.1}} = S_{\text{вікон.1}} = 220,32 \text{ м}^2$ $S_{\text{заскл.2}} = S_{\text{вікон.2}} = 95,04 \text{ м}^2$ | 15-206-1 | 71,77 | 28,26 | 28 |
| 31 | Проста штукатурка стін | 100 м ² | 5,011 | $S_{\text{стін}} = S_{\text{стін}}^{\text{цегл.кл.}} + 2 \cdot S_{\text{перег}}^{\text{цегл.}} = 12,1 + 2 \cdot 244,5 = 501,1 \text{ м}^2$ | 15-45-1 | 49,03 | 30,71 | 30 |
| 32 | Вапняне фарбування по штукатурці | 100 м ² | 5,011 | $S_{\text{шт}}^{\text{в.ф}} = 501,1 \text{ м}^2$ | 15-151-3 | 14,91 | 9,34 | 10 |
| 33 | Олійне фарбування металевих віконних блоків | 100 м ² | 6,623 | $S_{\text{ол}}^{\text{вікон}} = S_{\text{вікон.}} \cdot k = (220,32 + 95,04) \cdot 2,1 = 662,26 \text{ м}^2$ | 15-172-4 | 106,26 | 87,97 | 88 |
| 34 | Олійне фарбування дверних блоків | 100 м ² | 0,166 | $S_{\text{ол}}^{\text{двер}} = S_{\text{дв}} \cdot k = (1,89 + 5,04) \cdot 2,4 = 16,63 \text{ м}^2$ | 15-163-4 | 53,24 | 1,10 | 1 |
| 35 | Олійне фарбування воріт | 100 м ² | 2,903 | $S_{\text{ол}}^{\text{вор}} = S_{\text{вор}} \cdot k = 120,96 \cdot 2,4 = 290,3 \text{ м}^2$ | 15-172-2 | 19,71 | 7,15 | 8 |
| | Підлога | | | | | | | |
| 36 | Ущільнення основи щебенем | 100 м ² | 23,54 | $S_{\text{ущ.підл.}} = a \cdot b - S_{\text{к}}^{\text{перет}} - S_{\text{стін}}^{\text{перет}} = 66 \cdot 36 - 9,63 - 12,57 = 2353,8 \text{ м}^2$ | 11-1-2 | 8,08 | 23,78 | 24 |
| 37 | Влаштування бетонної підготовки товщиною 100 мм | м ³ | 235,38 | $V_{\text{під}} = S_{\text{ущ.}} \cdot b = 2353,8 \cdot 0,1 = 235,38 \text{ м}^3$ | 11-2-9 | 5,58 | 164,18 | 164 |
| 38 | Влаштування підлоги з керамічної плитки | 100 м ² | 0,283 | $S_{\text{кер.підл}} = 28,3 \text{ м}^2$ | 11-29-1 | 155,6 | 5,50 | 6 |

| | | | | | | | | |
|----|--|--------------------|--------|---|---------|------|----------------|-------------|
| 39 | Влаштування бетонної підлоги | 100 м ² | 23,374 | $S_{\text{бет.підл}} = 2337,43 \text{ м}^2$ | 11-21-1 | 94,8 | 276,98 | 276 |
| | Разом: | | | | | | 1691,34 | 1686 |
| 40 | Неураховані роботи | % | 10 | | | | 169,13 | 169 |
| | Всього по загально-будівельним роботам: | | | | | | 1860,48 | 1855 |
| | VI. Спеццикл | | | | | | | |
| 41 | Сантехнічні роботи | % | 7 | | | | 130,23 | 130 |
| 42 | Електромонтажні роботи | % | 3 | | | | 55,81 | 56 |
| 43 | Слаботочні роботи | % | 0,5 | | | | 9,30 | 9 |
| | Всього по об'єкту | | | | | | 2037,22 | 2031 |

3.8.3 Техніко-економічні показники

а) Будівельний об'єм будівлі:

$$V = 25799,72 \text{ м}^3$$

б) Загальна трудомісткість:

$$T_p^H = T_{зб.p} + T_{під.ц} = 1860,48 + 176,74 = 2037,22 \text{ (л - дн)} \quad (3.3)$$

$$T_p^П = T_{зб.p} + T_{під.ц} = 1855 + 176 = 2031 \text{ (л - дн)} \quad (3.4)$$

в) Питома трудомісткість:

$$t_p^H = \frac{T_p^H}{V} = \frac{2037,22}{25799,72} = 0,079 \text{ (л - дн/м}^3\text{)} \quad (3.5)$$

$$t_p^П = \frac{T_p^П}{V} = \frac{2031}{25799,72} = 0,0787 \text{ (л - дн/м}^3\text{)} \quad (3.6)$$

г) Коефіцієнт скорочення будівництва:

$$K_{с.к.} = \frac{T_{кал}}{T_{норм}} = \frac{4,2}{4,7} = 0,89 \quad (3.7)$$

г) Коефіцієнт суміщення робіт:

$$K_{сум.} = \frac{\sum_t i}{T_{кал}} = \frac{195}{94} = 2,07 \quad (3.8)$$

д) Коефіцієнт змінності робіт:

$$K_{з.м.} = \frac{\sum_t i + n}{\sum_t i} = \frac{195 + 36}{195} = 1,18 \quad (3.9)$$

е) Коефіцієнт нерівно потоковості:

$$R_{сер} = \frac{T_p^{pp}}{T_{кал}} = \frac{311}{19} = 16,37 \approx 17 \text{ чол.} \quad (3.10)$$

$$K_{нер.} = \frac{R_{max}}{R_{сер}} = \frac{30}{17} = 1,76 \quad (3.11)$$

е) Продуктивність праці:

$$П_p^H = 100\%$$

$$П_p^П = \frac{T_p^H}{T_p^П} \times 100\% = \frac{2037,22}{2031} \times 100\% = 101\% \quad (3.12)$$

3.8.4 Потреба в основних будівельних матеріалах, конструкціях, виробих, напівфабрикатах

Загальна розрахована потреба в основних будівельних матеріалах, залізобетонних конструкціях, напівфабрикатах для зведення об'єкта наведена у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Відомість потреби в основних будівельних матеріалах, конструкціях, виробих, напівфабрикатах

| № з/п | Найменування | Один. виміру | Кількість | Примітка |
|---------------------------|----------------------------------|----------------|-----------|----------|
| I. Матеріали | | | | |
| 1 | Пісок | м ³ | 86,84 | |
| 2 | Толь | м ² | 6,14 | |
| 3 | Утеплювач | м ² | 2447,28 | |
| 4 | Оліфа | кг | 33,72 | |
| 5 | Вапно | т | 0,08 | |
| 6 | Щебінь | м ³ | 120,05 | |
| 7 | Рулонні матеріали | м ² | 6173 | |
| 8 | Фарба | т | 1,28 | |
| 9 | Цегла | 1000 шт. | 17,09 | |
| 10 | Плитка керамічна | м ² | 28,87 | |
| 11 | Скло | м ² | 318,15 | |
| II. Конструкції | | | | |
| 12 | Збірні залізобетонні конструкції | шт. | 271 | |
| 13 | Сталеві конструкції | т | 16,52 | |
| III. Вироби | | | | |
| 14 | Столярні вироби | м ² | 6,9 | |
| IV. Напівфабрикати | | | | |
| 15 | Бітумні мастики | т | 3,06 | |
| 16 | Розчин | м ³ | 53,31 | |
| 17 | Бетон | м ³ | 301,89 | |
| 18 | Замазка | т | 0,73 | |

3.9 Будгенплан

3.9.1 Проектування будгенплану

Будгенпланом називають генеральний план майданчика, на якому показано розміщення основних вантажопідйомних механізмів, тимчасових будівель, споруд і установок, що зводяться і тих, що використовуються у період будівництва. Будгенплан – це важлива складова технічної документації й основний документ, який регламентує організацію будмайданчика й обсяги тимчасового будівництва.

Основними вихідними даними для складання будгенплану є:

- генеральний план об'єкта;
- дані геологічних, гідрологічних та інженерно-економічних вишукувань;
- проектно-кошторисна документація;
- основні технологічні і будівельні рішення проекту;
- календарний графік будівництва;
- потреба в робітниках;
- потреба в будівельних конструкціях, виробках, матеріалах;
- потреба в будівельних машинах і механізмах;
- перелік необхідних тимчасових будівель та споруд;
- потреба у воді та електроенергії.

При розробці будгенплану необхідно керуватися такими принципами:

- рішення будгенплану повинні бути пов'язані з іншими розділами проекту, насамперед із прийнятою технологією виконання робіт та затвердженим календарним графіком;
- створення належних санітарно-побутових умов для всього робочого персоналу на майданчику;

- розташування тимчасових будівель та споруд на територіях, вільних від забудови, щоб забезпечити їхню безперервну експлуатацію до кінця будівництва без необхідності демонтажу чи перенесення;

- раціональна організація внутрішньомайданчикових транспортних потоків для зменшення дальності перевезень;

- наближення тимчасових споруд і механізованих установок безпосередньо до зон споживання їхньої продукції;

- оптимізація фінансових витрат на зведенні тимчасових споруд шляхом максимального залучення існуючих будівель та інженерних мереж.

Окрім вищезазначеного, під час розроблення будгенплану слід дотримуватися таких вимог:

- орієнтація тимчасових споруд з урахуванням рози вітрів, сторін світу та об'єктів будівництва для гарантування їхнього належного природного освітлення й ефективного провітрювання;

- максимальна компактність тимчасових будівель та споруд на обмеженій території майданчика, що дозволяє суттєво скоротити протяжність інженерних мереж та спростити загальне управління будівельними процесами;

- розмежування виробничо-складських та санітарно-побутових зон від дії взаємного негативного впливу;

- дотримання протипожежних розривів під час розміщення зон складування легкозаймистих матеріалів, горючих рідин та інших пожежонебезпечних речовин.

3.9.2 Організація складського господарства на будмайданчику

Для правильної організації складського господарства на будівельному майданчику необхідно встановити:

- відкриті склади: використовуються для розміщення збірних залізобетонних елементів (колон, кроквяних ферм, плит покриття), цегли на піддонах та інших конструкцій, що є стійкими до атмосферних впливів і

температурних коливань. Їх розташовують безпосередньо в робочій зоні кранів. Для зручності стропування та мінімізації переміщення, матеріали складають максимально наближено до точок їхнього монтажу. Відкриті склади формують уздовж тимчасових доріг, що гарантує безперешкодний під'їзд та вільне маневрування великогабаритних тягачів під час розвантаження. Між штабелями обов'язково влаштовуються наскрізні технологічні проходи завширшки від 1,0 м, необхідні для безпечної роботи стропальників;

– навіси: призначаються для зберігання матеріалів, що потребують ізоляції від опадів та прямих сонячних променів, але не є чутливими до змін температури повітря (рулонні гідроізоляційні матеріали, теплоізоляційні плити). Їх доцільно розташовувати поза межами небезпечної зони роботи кранів, але із забезпеченням зручної подачі матеріалів на робочі місця;

– закриті склади: призначені для зберігання матеріалів, що зазнають псування від вологи чи температурних перепадів (лакофарбова продукція, столярні вироби, скло). Їх розташовують у відокремленій господарській зоні майданчика, як правило, неподалік від головного в'їзду. Таке рішення дає змогу оперативно розвантажувати транспорт постачальників, не перетинаючи активну зону монтажних робіт.

Підготовка основи для всіх видів складів передбачає обов'язкове вертикальне планування території з формуванням нормативних ухилів (у межах 1–2 %) для ефективного відведення поверхневих вод. Під час компонування складського господарства на будгенплані повинні витримуватися протипожежні розриви згідно з чинними нормами. Крім того, завдяки запроєктованій кільцевій схемі руху автотранспорту, безперешкодний доступ пожежної техніки до кожного місця зберігання матеріалів буде забезпечений.

Детальний розрахунок необхідної площі для відкритих, закритих складів і навісів наведено у таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Розрахунок площі складів

| № з/п | Конструкції, вироби, матеріали | Одиниця виміру | Загальна потреба | Тривалість робіт | Середньодобові витрати | Число днів запасу | Коефіцієнт | | Запас на складі | Норма зберігання на 1 м ² | Корисна площа складу | Коефіцієнт використання складу | Загальна площа складу | Характеристика складу |
|-------|--------------------------------|----------------|------------------|------------------|------------------------|-------------------|------------------------|------------------------|-----------------|--------------------------------------|----------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | | | | Нерівномір. постачання | Нерівномір. споживання | | | | | | |
| 1 | Щебінь | м ³ | 120,05 | 4 | 30,01 | 2 | 1,1 | 1,3 | 85,84 | 4 | 21,5 | 0,5 | 42,92 | Відкритий |
| 2 | Пісок | м ³ | 86,84 | 31 | 2,80 | 6 | 1,1 | 1,3 | 24,04 | 4 | 6,0 | 0,5 | 12,02 | Відкритий |
| 3 | Пінобетонні плити | м ² | 2447,28 | 14 | 174,81 | 4 | 1,1 | 1,3 | 999,89 | 18 | 55,5 | 0,6 | 92,58 | Навіс |
| 4 | Рулонні матеріали | м ² | 6173 | 24 | 257,21 | 4 | 1,1 | 1,3 | 1471,23 | 200 | 7,4 | 0,6 | 12,26 | Навіс |
| 5 | Лакофарбові матеріали | т | 1,314 | 25 | 0,053 | 3 | 1,1 | 1,3 | 0,225 | 0,6 | 0,376 | 0,7 | 0,54 | Закритий |
| 6 | Вапно | т | 0,08 | 6 | 0,01 | 2 | 1,1 | 1,3 | 0,04 | 2 | 0,02 | 0,7 | 0,03 | Закритий |
| 7 | Цегла | т. шт | 17,09 | 10 | 1,71 | 4 | 1,1 | 1,3 | 9,78 | 1 | 9,8 | 0,5 | 19,55 | Відкритий |
| 8 | Толь | м ² | 6,14 | 1 | 6,14 | 1 | 1,1 | 1,3 | 8,78 | 300 | 0,03 | 0,6 | 0,05 | Навіс |
| 9 | Дверні блоки | м ² | 6,9 | 1 | 6,90 | 1 | 1,1 | 1,3 | 9,87 | 44 | 0,2 | 0,6 | 0,37 | Навіс |
| 10 | Зб. з/б. конструкції | шт | 271 | 11 | 24,64 | 4 | 1,1 | 1,3 | 144,56 | 1,5 | 96,4 | 0,5 | 192,75 | Відкритий |
| 11 | Сталеві конструкції | т | 16,52 | 23 | 0,72 | 4 | 1,1 | 1,3 | 4,11 | 3 | 1,4 | 0,7 | 1,96 | Закритий |
| 12 | Скло | м ² | 318,15 | 7 | 45,45 | 2 | 1,1 | 1,3 | 129,99 | 170 | 0,76 | 0,7 | 1,09 | Закритий |
| 13 | Замазка | т | 0,73 | 9 | 0,08 | 2 | 1,1 | 1,3 | 0,23 | 0,5 | 0,46 | 0,7 | 0,66 | Закритий |
| 14 | Бітумні мастики | т | 3,06 | 25 | 0,12 | 5 | 1,1 | 1,3 | 0,88 | 0,6 | 1,46 | 0,6 | 2,43 | Навіс |
| 15 | Плитка керамічна | м ² | 28,87 | 2 | 14,44 | 1 | 1,1 | 1,3 | 20,64 | 25 | 0,83 | 0,7 | 1,18 | Закритий |

$$S_{\text{закр.}} = 5,46 \text{ м}^2; S_{\text{навіс}} = 107,69 \text{ м}^2; S_{\text{відкр.}} = 267,24 \text{ м}^2$$

3.9.3 Визначення потреби у тимчасових будівлях та спорудах

Тимчасові будівлі – це підсобно-допоміжні та обслуговуючі об'єкти, які зводяться виключно на період виконання будівельно-монтажних робіт. Оскільки фінансові витрати на їх облаштування складають значну частку бюджету підготовчих робіт, мінімізація цих витрат є одним із ключових завдань під час розроблення будгенплану.

Зниження вартості тимчасових будівель та споруд і трудомісткості їхнього зведення можна досягти таким чином:

- використання будівель і споруд, призначених для знесення після закінчення будівництва;
- розміщення їх у раніше збудованих будівлях або у підвальних поверхах і інших приміщеннях будівлі, що зводиться;
- використання інвентарних тимчасових будівель (збірно-розбірних, контейнерних, пересувних).

За призначенням тимчасові будівлі поділяють на:

- виробничі (ремонтно-механічні, сантехнічні майстерні, трансформаторні підстанції, гаражі);
- складські (склади теплі і холодні, комори, навіси);
- адміністративні (контори керування будівництвом, диспетчерські, прохідні);
- санітарно-побутові (гардеробні, душові, туалети).

До категорії тимчасових споруд також належать: внутрішньомайданчикові дороги, під'їзні шляхи, майданчики для роботи спецтехніки та укрупнювального збирання конструкцій, пішохідні дороги, захисні огороження, а також тимчасове інженерне забезпечення (лінії електро-, тепло- та водопостачання, каналізація, засоби зв'язку).

Потребу в тимчасових санітарно-побутових і адміністративних будівлях визначають за максимальною кількістю працюючих на будівельному майданчику з урахуванням нормативної площі на одного робітника.

Згідно календарного графіку максимальна кількість робітників складає 30 чол.

Кількість робітників основного виробництва: $R_{max} = 30$ чол.;

Кількість робітників неосновного виробництва: $R_{н.в.} = 20\%$ від $R_{max} = 6$ чол.;

Кількість ІТР та службовців: $R_{ІТР} = 12\%$ від $R_{max} = 4$ чол.;

Кількість МОП: $R_{МОП} = 3\%$ від $R_{max} = 1$ чол.;

Коефіцієнт, враховуючий відпустку, хворобу, суспільну працю: $K = 1,05$;

Загальна кількість робітників на виробництво складає:

$$R_{заг} = K \cdot (R_{max} + R_{н.в.} + R_{ІТР} + R_{МОП}) = \quad (3.13)$$

$$1,05 \cdot (30 + 6 + 4 + 1) = 44 \text{ чол.}$$

Виходячи з максимальної кількості працюючих у зміну, визначено нормативну та прийнятну площу тимчасових адміністративно-господарчих, санітарно-побутових і виробничих будівель (табл. 3.11).

Таблиця 3.11 – Визначення площі тимчасових будівель та споруд на будмайданчику

| № з/п | Тимчасові будівлі та споруди | Кількість робітників | Кількість користувачів даним приміщенням, % | Площа приміщення, м ² | | | Тип тимчасового приміщення | Розмір будівлі |
|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------|---|----------------------------------|------------|---------------|--------------------------------|----------------|
| | | | | На 1-го працюючого | Нормативне | Прийняте | | |
| I. Адміністративно-господарчі | | | | | | | | |
| 1 | Контора виконроба | 4 | 100 | 4,0 | 16 | 20,0 | Металева конструкція | 7,3x3,0x2,8 |
| 2 | Прохідні будки | Без розрахунку | | - | 4,4 | 4,4 | Дерев'яна конструкція | 2,2x2,9x2,5 |
| 3 | Інструментальна кладова | Без розрахунку | | - | 4,4 | 4,4 | Металева конструкція | 2,2x2,9x2,5 |
| 4 | Навіс | По розрахунку | | | 107,69 | 55*2=110 | Дерев'яна конструкція | 11,2x5,0x3,0 |
| 5 | Матеріальний склад | По розрахунку | | | 5,46 | 16,9 | Металево-дерев'яна конструкція | 2,8x6,7x3,85 |
| II. Санітарно-побутові | | | | | | | | |
| 6 | Гардеробна | 40 | 70 | 0,7 | 19,6 | 14,45*2=28,9 | Металева конструкція | 6,0x2,7x3,0 |
| 7 | Душова | 44 | 50 | 0,54 | 11,88 | 14,5 | Металева конструкція | 6,0x2,7x3,0 |
| 8 | Приміщення для їжі та відпочинку | 40 | 50 | 1,0 | 20 | 20,7 | Металево-дерев'яна конструкція | 7,4x3,1x3,1 |
| 9 | Вбиральня | 44 | 15 чол. на 1 унітаз | 3,5 | 10,27 | 12,25 | Дерев'яна конструкція | 4,9x2,5x2,5 |
| III. Виробничі | | | | | | | | |
| 10 | Майстерня сантехніка | Без розрахунку | | | 9,05 | 9,05 | Пересувна металево-дерев'яна | 4,1x2,2x1,9 |
| 11 | Майстерня електрика | Без розрахунку | | | 9,05 | 9,05 | Пересувна металево-дерев'яна | 4,1x2,2x1,9 |
| Разом: | | | | | | 250,15 | | |

3.9.4 Проектування тимчасових інженерних комунікацій

Проектування тимчасового водопостачання. Забезпечення будівельного майданчика водою організовується з обов'язковою прив'язкою до наявних інженерних комунікацій.

Під час проектування мереж водопостачання пріоритетним є прокладання та подальша експлуатація постійного водопроводу. Організація тимчасового водопостачання зводиться до розроблення оптимальної схеми прокладання мереж та розрахунку перерізу труб, що гарантуватиме безперебійну подачу води для таких потреб:

- виробничих ($B_{\text{вир.}}$);
- господарсько-побутових ($B_{\text{гос.}}$);
- душових установок ($B_{\text{душ.}}$);
- пожежогасіння ($B_{\text{пож.}}$).

Загальна потреба води обчислюється за формулою (3.14):

$$B_{\text{заг.}} = 0,5(B_{\text{вир.}} + B_{\text{гос.}} + B_{\text{душ.}}) + B_{\text{пож.}} \quad (3.14)$$

Обсяги водоспоживання для виробничих потреб розраховуються, спираючись на затверджений календарний графік та відповідні нормативні показники.

Щоб виявити пікові навантаження та визначити максимальну потребу у воді, формується графік (табл. 3.12).

За максимальною потребою розраховуємо секундні витрати води на виробничі потреби:

$$B_{\text{вир.}} = \frac{\sum B_{\text{max}}^1 \cdot K_1}{8 \cdot 3600}, \text{ л/с}, \quad (3.15)$$

де $\sum B_{\text{max}}^1$ – максимальні витрати води;

K_1 – коефіцієнт нерівномірності споживання (приймається 1,5);

8 – тривалість однієї робочої зміни в годинах;

3600 – перевідний коефіцієнт (кількість секунд в одній годині).

Таблиця 3.12 – Графік споживання води на виробничі потреби

| № з/п | Найменування робіт | Одиниця виміру | Кількість у змін | Норми витрати води на од. виміру | Загальна потреба в змін | Місяць | | | | |
|-------|----------------------|----------------------|------------------|----------------------------------|-------------------------|---------|---------|---------|--------|---------|
| | | | | | | Квітень | Травень | Червень | Липень | Серпень |
| 1 | Приготування бетону | м ³ | 30 | 300 | 9000 | 9000 | 9000 | 9000 | 9000 | |
| 2 | Поливання бетону | м ³ /добу | 30 | 300 | 9000 | 9000 | 9000 | 9000 | 9000 | |
| 3 | Приготування розчину | м ³ | 4 | 250 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | |
| 4 | Поливання цегли | т. шт. | 1 | 250 | 250 | | | 250 | | |
| 5 | Поливання щебню | м ³ | 30 | 600 | 18000 | | 18000 | | | |
| 6 | Штукатурні роботи | м ² | 84 | 7 | 588 | | | | 588 | |
| 7 | Малярні роботи | м ² | 82 | 0,7 | 58 | | | | 58 | 58 |
| | Разом | | | | | 19000 | 37000 | 19250 | 19646 | 58 |

$$B_{max}^1 = 37000 \text{ (л/зміну) у травні,}$$

тоді за формулою (3.15):

$$B_{\text{вир.}} = \frac{37000 \cdot 1,5}{8 \cdot 3600} = 1,9 \text{ л/с}$$

Обсяг водоспоживання для господарсько-побутових потреб персоналу обчислюється, виходячи з максимальної кількості працівників на майданчику та затверджених нормативів питомих витрат на одну особу.

Секундні витрати води на господарсько-побутові потреби визначаються за формулою (3.16):

$$B_{\text{гос.}} = \frac{\sum B_{max}^2 \cdot K_2}{8 \cdot 3600}, \text{ л/с} \quad (3.16)$$

де $\sum B_{max}^2$ – максимальні витрати води в зміну на господарсько-побутові потреби;

K_2 – коефіцієнт нерівномірності споживання (для майданчиків без каналізації приймається рівним 3);

8 – тривалість однієї робочої зміни в годинах.

Максимальні витрати води на господарсько-побутові потреби становлять:

$$\sum B_{max}^2 = 44 \cdot 15 = 660 \text{ л/зм}$$

Секундні витрати води за формулою (3.16) становлять:

$$B_{\text{гос.}} = \frac{660 \cdot 3}{8 \cdot 3600} = 0,07 \text{ л/с}$$

Для забезпечення функціонування душових установок обсяг необхідної води розраховується за формулою (3.17):

$$\sum B_{max}^3 = v_{\text{душ.}} \cdot n, \text{ л} \quad (3.17)$$

де $v_{\text{душ.}}$ – витрати води на приймання душу одною особою (30 л у зміну);

n – кількість працівників, що користуються душем (приймаємо 40% від загальної кількості людей).

Максимальні витрати води на душові установки становлять:

$$\sum B_{max}^3 = 30 \cdot 18 = 540 \text{ л}$$

Секундні втрати води на душові установки визначаються за формулою (3.18):

$$V_{\text{душ.}} = \frac{\sum B_{\text{max}}^3 \cdot K_3}{0,75 \cdot 3600}, \text{ л/с} \quad (3.18)$$

де $\sum B_{\text{max}}^3$ – максимальні витрати води на душові установки;

K_3 – коефіцієнт нерівномірності споживання ($K_3 = 1$);

0,75 – тривалість роботи душової установки, як правило 45 хв, або 0,75 год.

Визначаємо секундні втрати води на душові установки, використовуючи формулу (3.18):

$$V_{\text{душ.}} = \frac{540 \cdot 1}{0,75 \cdot 3600} = 0,2 \text{ л/с}$$

Витрати води на пожежогасіння залежать від розмірів будгенплану. Згідно проєкту площа будгенплану складає 1,8 га (до 30 га), тому приймаємо витрати води на пожежогасіння – 10 л/с.

Діаметр труб тимчасового водопроводу визначається за формулою (3.19):

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1000 \cdot V_{\text{заг.}}}{\pi \cdot v}}, \quad (3.19)$$

де v – швидкість руху води в трубопроводі: $v = 1,5-2$ м/с – для великих діаметрів; $v = 0,7-1,2$ – для малих.

Загальна потреба води обчислюється за формулою (3.14):

$$V_{\text{заг.}} = 0,5(1,9 + 0,07 + 0,2) + 10 = 11,085 \text{ л/с}$$

Згідно з нормативними вимогами, мінімальний діаметр пожежних гідрантів становить 100 мм, що вимагало б відповідного збільшення перерізу всіх труб тимчасового водопостачання. Для оптимізації витрат проєктом передбачено першочергове прокладання постійної мережі водопроводу з розміщенням на ній пожежних гідрантів. Таке рішення дозволяє визначати діаметр мережі тимчасового водопроводу без додаткового урахування витрат води на пожежогасіння.

Тоді

$$B_{\text{заг.}} = 0,5(B_{\text{вир.}} + B_{\text{гос.}} + B_{\text{душ.}}) = 0,5(1,9 + 0,07 + 0,2) = 1,085 \text{ л/с}$$

Визначаємо розрахунковий діаметр трубопроводу для тимчасового водопостачання, використовуючи формулу (3.19):

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1000 \cdot 1,085}{3,14 \cdot 1,5}} = 30,4 \text{ мм}$$

Згідно з ДСТУ 8936:2019 «Труби сталеві водогазопровідні» [13], діаметр труби водопровідної приймаємо 33,5 мм.

Проектування тимчасового електропостачання. Електроенергія є основним ресурсом, що забезпечує безперебійне функціонування будівельного майданчика.

Усе енергоспоживання на об'єкті функціонально поділяється на дві основні категорії:

- силове навантаження, яке необхідне для живлення будівельних машин, механізмів та виконання технологічних процесів;
- освітлювальне навантаження, призначене для організації безпечного зовнішнього та внутрішнього освітлення робочих зон.

Живлення об'єкта може бути організоване шляхом приєднання до наявних стаціонарних ліній електропередач (високовольтних мереж), а в разі неможливості такого підключення – за рахунок використання мобільних автономних генераторних установок.

Розрахункова потреба в електроенергії обчислюється за формулою (3.20):

$$W_{\text{заг.}} = (W_{\text{вир.}} + W_{\text{з.о.}} + W_{\text{в.о.}}) \cdot K, \quad (3.20)$$

де $W_{\text{вир.}}$ – потужність силових установок для виробничих потреб, кВт;

$W_{\text{з.о.}}$ – потужність мережі зовнішнього освітлення, кВт;

$W_{\text{в.о.}}$ – потужність мережі внутрішнього освітлення, кВт;

K – коефіцієнт, що враховує втрати потужності у мережі, $K = 1,1$.

Для визначення пікового споживання, виконується аналіз календарного графіка та графіка роботи машин і механізмів. На їх основі визначається період, коли на майданчику одночасно працює максимальна кількість енергоємного обладнання.

Для систематизації цих даних формується відомість споживання електроенергії для виробничих потреб (табл. 3.13).

а) Розрахункова потужність силового обладнання визначається за формулою (3.21):

$$W_{\text{вир.}} = \frac{\sum P_{\text{вир.}} \cdot K_n}{\cos \varphi}, \quad (3.21)$$

де $\sum P_{\text{вир.}}$ – загальна потужність силових установок;

K_n – коефіцієнт попиту електроенергії;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності.

тоді:

$$\begin{aligned} W_{\text{вир.}} &= \frac{(P_{\text{ф.}} + P_{\text{в.}}) \cdot K_n}{\cos \varphi} + \frac{P_{\text{ш.}} \cdot K_n}{\cos \varphi} + \frac{P_{\text{з.}} \cdot K_n}{\cos \varphi} = \\ &= \frac{(4 + 0,48) \cdot 0,1}{0,4} + \frac{14 \cdot 0,5}{0,65} + \frac{11,4 \cdot 0,35}{0,4} = 21,86 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Таблиця 3.13 – Споживання електроенергії для виробничих потреб

| № з/п | Механізми | Одиниця виміру | Кількість | Потужність електродвигунів, кВт | Загальна потужність, кВт | Місяць | | | | |
|-------|-----------------------------------|----------------|-----------|---------------------------------|--------------------------|---------|---------|---------|--------|---------|
| | | | | | | Квітень | Травень | Червень | Липень | Серпень |
| 1 | Фарбопульт Вагнер-7000 | шт. | 2 | 2 | 4 | | | | 4 | 4 |
| 2 | Штукатурна станція PFT G4 | шт. | 2 | 7 | 14 | | | | 14 | |
| 3 | Зварювальний апарат ВАРКО МІГ-380 | шт. | 2 | 5,7 | 11,4 | | 11,4 | | | |
| 4 | Віброрейка YATO YT-82611 | шт. | 2 | 0,24 | 0,48 | | | 0,48 | 0,48 | |
| | Разом | | | | | | 11,4 | 0,48 | 18,48 | 4 |

б) Потреба в електроенергії для забезпечення зовнішнього освітлення будмайданчика обчислюється за формулою (3.22):

$$W_{3.0} = K_n \cdot \sum P_{3.0}, \quad (3.22)$$

де K_n – коефіцієнт попиту електроенергії;

$\sum P_{3.0}$ – потужність приладів для освітлення території, кВт.

Споживачі та розрахункові параметри для мереж зовнішнього освітлення наведені у таблиці 3.14.

Таблиця 3.14 – Споживання електроенергії мережами зовнішнього освітлення

| № з/п | Споживачі електроенергії | Одиниця виміру | Кількість | Норма освітлення, кВт | Потужність, кВт |
|-------|-----------------------------------|---------------------|-----------|-----------------------|-----------------|
| 1 | Місце монтажу збірних конструкцій | 1000 м ² | 2,376 | 2,4 | 5,7 |
| 2 | Відкриті склади | 1000 м ² | 0,267 | 1 | 0,267 |
| 3 | Внутрішньомайданчикові дороги | км | 0,397 | 2,2 | 0,87 |
| 4 | Прожектори | шт. | 12 | 0,5 | 6 |
| | Разом: | | | | 12,84 |

Потужність мереж зовнішнього освітлення за формулою (3.22) складає:

$$W_{3.0} = K_n \cdot \sum P_{3.0} = 1 \cdot 12,84 = 12,84 \text{ кВт}$$

в) Визначаємо потужність мереж внутрішнього освітлення за формулою (3.23):

$$W_{в.0} = K_n \cdot \sum P_{в.0}, \quad (3.23)$$

де K_n – коефіцієнт попиту електроенергії;

$\sum P_{в.0}$ – потужність для освітлення приміщень, кВт.

Розрахунок потужності для мереж внутрішнього освітлення тимчасових будівель і споруд наведено у таблиці 3.15.

Таблиця 3.15 – Споживання електроенергії мережами внутрішнього освітлення

| № з/п | Споживачі електроенергії | Одиниця виміру | Кількість | Норма освітлення, кВт | Потужність, кВт |
|-------|-------------------------------|--------------------|-----------|-----------------------|-----------------|
| 1 | Контора виконроба | 100 м ² | 0,2 | 1,5 | 0,3 |
| 2 | Санітарно-побутові приміщення | 100 м ² | 0,764 | 0,9 | 0,69 |
| 3 | Прохідні будки | 100 м ² | 0,088 | 0,8 | 0,07 |
| 4 | Майстерні | 100 м ² | 0,181 | 1,0 | 0,18 |
| 5 | Закриті склади | 100 м ² | 0,213 | 0,9 | 0,19 |
| | Разом: | | | | 1,43 |

Потужність мережі внутрішнього освітлення за формулою (3.23) складає:

$$W_{в.о} = K_n \cdot \sum P_{в.о} + K_n \cdot P_{в.о.с.} = \\ = 0,8 \cdot (0,3 + 0,69 + 0,07 + 0,18) + 0,35 \cdot 0,19 = 1,06 \text{ кВт}$$

Визначаємо загальну потужність електроспоживачів за формулою (3.20):

$$W_{заг.} = (21,86 + 12,84 + 1,06) \cdot 1,1 = 39,3 \text{ кВт}$$

Для забезпечення будівництва електроенергією приймаємо трансформаторну підстанцію марки СКТП-50-6 з розмірами 3,05 x 1,55 м.

3.9.5 Техніко-економічні показники для будгенплану

а) Коефіцієнт компактності, K_K :

$$K_K = \frac{F_{п.б.} + F_{т.б.}}{F_{б.м.}} = \frac{2376 + 250,15}{18096} = 0,145 \quad (3.24)$$

де

$F_{п.б.}$ – площа проектуємої будівлі, м²;

$F_{т.б.}$ – площа тимчасових будівель, м²;

$F_{б.м.}$ – загальна площа будмайданчика, м².

б) Коефіцієнт тимчасових будівель та споруд, $K_{т.б.}$:

$$K_{т.б.} = \frac{F_{т.б.}}{F_{п.б.}} = \frac{250,15}{2376} = 0,105 \quad (3.25)$$

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА

4.1 Визначення кошторисної вартості загальнобудівельних робіт

Для визначення вартості зведення одноповерхового багатопрольотного цеху великовузлової збірки гвинтокрилів у м. Запоріжжя складено локальний кошторис на загальнобудівельні роботи.

Для розробки кошторису використовувалась відомість обсягів робіт, яка була розрахована в організаційно-технологічному розділі дипломного проекту. Локальний кошторис складено з використанням автоматизованого програмного комплексу «Будівельні Технології: Кошторис 8» у поточних цінах станом на 31 березня 2026 року. Розрахунок виконано відповідно до Настанови з визначення вартості будівництва [26].

Для зручності аналізу та формування вартості, локальний кошторис структуровано за видами робіт і поділено на п'ять основних розділів:

- нульовий цикл;
- надземний цикл;
- покрівля;
- опоряджувальний цикл;
- підлога.

Згідно з виконаними розрахунками, основні підсумкові техніко-економічні показники за локальним кошторисом становлять:

- кошторисна вартість робіт: 16 463,684 тис. грн.;
- кошторисна трудомісткість: 19,70558 тис. люд.-год.;
- кошторисна заробітна плата: 2 878,386 тис. грн.;
- середній розряд робіт: 3,2.

Детальний розрахунок наведений у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Локальний кошторис на загальнобудівельні роботи

Будівельні Технології: Кошторис 8.6 Онлайн

Додаток 1
до Настанови (пункт 3.11)Одноповерховий багатопрольотний цех великовузлової збірки гвинтокрилів
(найменування об'єкта будівництва)

Локальний кошторисний розрахунок на будівельні роботи № 02-001

на Зведення одноповерхового багатопрольотного цеху великовузлової збірки гвинтокрилів у м. Запоріжжя
(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

ОСНОВА:

креслення(специфікації)№

| | |
|----------------------------|------------------------|
| Кошторисна вартість | 16463.684 тис. грн. |
| Кошторисна трудомісткість | 19.70558 тис. люд.-год |
| Кошторисна заробітна плата | 2878.386 тис. грн. |
| Середній розряд робіт | 3.2 розряд |

Складений в поточних цінах станом на 31 березня 2026 р.

| № Ч.ч. | Обґрунтування (шифр норми) | Найменування робіт і витрат | Одиниця виміру | Кількість | Вартість одиниці, грн. | | Загальна вартість, грн. | | | Витрати труда робітників, люд.год. не зайнятих обслуговуванням машин | |
|---------------------------------|----------------------------|--|--|-----------|------------------------|--------------------|-------------------------|------------------|--------------------|--|-------------------------------|
| | | | | | Всього | експлуатації машин | Всього | заробітної плати | експлуатації машин | тих, що обслуговують машини | |
| | | | | | | | | | | заробітної плати | в тому числі заробітної плати |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Розділ № 1 Нульовий цикл | | | | | | | | | | | |
| 1 | КБ1-30-1 | Планування площ бульдозерами потужністю 59 кВт (80 к.с.) за 1 прохід | 1000м2 | 3.496 | 399.45 | 399.45 | 1396 | - | 1396 | - | - |
| | | | сплановано і поверхні за 1 прохід бульдозеру | | | 123.55 | | | 432 | 0.7740 | 2.71 |

Будівельні Технології: Кошторис 8.6 Онлайн

107_лк 02-001

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|-----------|---|--|---------|------------|----------|--------|-------|-------|----------|--------|
| 2 | КБ1-12-13 | Розроблення ґрунту у відвал екскаваторами 'драглайн' або 'зворотна лопата' з ковшом місткістю 0,5 (0,5-0,63) м3, група ґрунтів 1 | 1000 м3 ґрунту | 1.14993 | 26810.74 | 25007.70 | 30830 | 2073 | 28757 | 15.4900 | 17.81 |
| | | | | | 1803.04 | 8767.42 | | | 10082 | 49.4802 | 56.90 |
| 3 | КБ1-17-13 | Розроблення ґрунту з навантаженням на автомобілі-самоскиди екскаваторами одноковшовими дизельними на гусеничному ході з ковшом місткістю 0,5 (0,5-0,63) м3, група ґрунтів 1 | 1000 м3 ґрунту | 0.21761 | 42696.10 | 40556.88 | 9291 | 456 | 8826 | 18.0200 | 3.92 |
| | | | | | 2097.53 | 13480.21 | | | 2933 | 75.0057 | 16.32 |
| 4 | КБ1-162-1 | Розробка ґрунту вручну з кріпленням у траншеях шириною до 2 м, глибиною до 2 м, група ґрунтів 1 | 100м3 ґрунту | 0.049 | 26430.75 | - | 1295 | 1295 | - | 212.5000 | 10.41 |
| | | | | | 26430.75 | - | | | - | - | - |
| 5 | КБ8-2-1 | Улаштування основи під фундаменти піщаної | 1 м3 основи | 4.9 | 1415.66 | 119.19 | 6937 | 1376 | 584 | 2.3000 | 11.27 |
| 6 | КБ6-1-23 | Улаштування стрічкових фундаментів залізобетонних, при ширині по верху понад 1000 мм | 100м3 бетону, бутобетону і залізобетону в ділі | 0.4039 | 653860.42 | 13925.07 | 264094 | 17368 | 243 | 0.3399 | 1.67 |
| | | | | | 43000.80 | 5523.98 | | | 5624 | 323.8500 | 130.80 |
| 7 | КБ7-1-6 | Укладання фундаментів під колони при глибині котлована до 4 м, маса конструкцій до 3,5 т | 100 шт збірних конструкцій | 0.44 | 1914407.19 | 75490.23 | 842339 | 16463 | 33216 | 278.4000 | 122.50 |
| | | | | | 37416.96 | 34696.70 | | | 15267 | 202.8782 | 89.27 |
| 8 | КБ7-1-15 | Укладання фундаментних балок довжиною до 6 м | 100 шт збірних конструкцій | 0.27 | 528249.12 | 38994.92 | 142627 | 20696 | 10529 | 543.7500 | 146.81 |
| | | | | | 76652.44 | 17765.61 | | | 4797 | 105.8823 | 28.59 |

Будівельні Технології: Кошторис 8.6 Онлайн

107_лк 02-001

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|-----------|--|--------------------------------|---------|------------|-----------|---------|--------|--------|-----------|---------|
| 9 | КБ8-3-2 | Гідроізоляція стін, фундаментів горизонтальна обклеювальна в 1 шар | 100 м2 поверхні, що ізолюється | 0.2529 | 40875.88 | - | 10338 | 968 | - | 28.1300 | 7.11 |
| | | | | | 3829.34 | - | | | - | | |
| 10 | КБ1-166-1 | Засипка вручну траншей, пазух котлованів і ям, група ґрунтів 1 | 100м3 ґрунту | 11.4993 | 16863.94 | - | 193924 | 193924 | - | 150.4500 | 1730.07 |
| | | | | | 16863.94 | - | | | - | | |
| 11 | КБ1-134-1 | Ущільнення ґрунту пневматичними трамбівками, група ґрунтів 1, 2 | 100 м3 ущільненого ґрунту | 11.4993 | 4099.33 | 1752.37 | 47139 | 26988 | 20151 | 18.3600 | 211.13 |
| | | | | | 2346.96 | 721.43 | | | 8296 | 5.1175 | 58.85 |
| | | Разом прямих витрат по розділу № 1 | | | | | 1550210 | 281607 | 109083 | | 2391.83 |
| | | | | | | | | | 44281 | | 268.19 |
| | | Розділ № 2 Надземний цикл | | | | | | | | | |
| 12 | КБ7-5-11 | Установлення колон прямокутного перерізу у стакани фундаментів будівель при глибині закладення колон більше 0,7 м, масі колон до 4 т | 100 шт збірних конструкцій | 0.08 | 2710117.53 | 121831.61 | 216809 | 11009 | 9747 | 987.4500 | 79.00 |
| | | | | | 137611.03 | 55780.39 | | | 4462 | 324.6240 | 25.97 |
| 13 | КБ7-5-12 | Установлення колон прямокутного перерізу у стакани фундаментів будівель при глибині закладення колон більше 0,7 м, масі колон до 6 т | 100 шт збірних конструкцій | 0.24 | 4223704.03 | 161625.62 | 1013689 | 43308 | 38790 | 1294.8500 | 310.76 |
| | | | | | 180450.30 | 73815.13 | | | 17716 | 432.4442 | 103.79 |
| 14 | КБ7-5-13 | Установлення колон прямокутного перерізу у стакани фундаментів будівель при глибині закладення колон більше 0,7 м, масі колон до 8 т | 100 шт збірних конструкцій | 0.12 | 5702256.35 | 205195.91 | 684271 | 24055 | 24624 | 1438.4000 | 172.61 |
| | | | | | 200455.42 | 90289.01 | | | 10835 | 531.5495 | 63.79 |
| 15 | КБ7-12-9 | Установлення в одноповерхових будівлях кроквяних балок і ферм прогоном до 18 м, масою до 10 т, при довжині плит покриття до 6 м, при висоті будівель до 25 м | 100 шт збірних конструкцій | 0.24 | 3543010.05 | 284765.93 | 850322 | 63381 | 68344 | 1725.5000 | 414.12 |
| | | | | | 264087.78 | 123371.66 | | | 29609 | 716.0663 | 171.86 |

Будівельні Технології: Кошторис 8.6 Онлайн

107_лк 02-001

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|-----------|--|---|--------|------------|----------|---------|--------|--------|----------|---------|
| 16 | КБ7-13-7 | Укладання в одноповерхових будівлях і спорудах плит покриття довжиною до 6 м, площею до 20 м ² , при масі кроквяних і підкроквяних конструкцій до 10 т, при висоті будівель до 25 м | 100 шт збірних конструкцій | 1.32 | 2012475.38 | 65687.13 | 2656468 | 71913 | 86707 | 400.2000 | 528.26 |
| | | | | | 54479.23 | 28525.90 | | | 37654 | 171.6704 | 226.60 |
| 17 | КБ9-42-3 | Монтаж покрівельного покриття з багатошарових панелей заводської готовності при висоті будівлі до 50 м | 100м ² покриття | 20.88 | 22590.78 | 11772.55 | 471695 | 181913 | 245811 | 64.0000 | 1336.32 |
| | | | | | 8712.32 | 5161.52 | | | 107773 | 29.7224 | 620.60 |
| 18 | КБ8-5-2 | Конструкції з цегли. Мурування стін зовнішніх простих при висоті поверху понад 4 м | 1 м ³ мурування | 12.1 | 5018.96 | 169.24 | 60729 | 13140 | 2048 | 8.0800 | 97.77 |
| | | | | | 1085.95 | 88.01 | | | 1065 | 0.5440 | 6.58 |
| 19 | КБ8-6-4 | Мурування перегородок армованих товщиною в 1/2 цегли при висоті поверху понад 4 м | 100 м ² перегородок (з відрахуванням прорізів) | 2.445 | 78971.24 | 1806.68 | 193085 | 69401 | 4417 | 203.6800 | 498.00 |
| | | | | | 28384.84 | 939.49 | | | 2297 | 5.8072 | 14.20 |
| 20 | КБ9-44-1 | Монтаж віконних блоків сталевих із націлинниками зі сталі при висоті будівлі до 50 м | 1т конструкції | 6.92 | 95746.30 | 11204.27 | 662564 | 136074 | 77534 | 128.4800 | 889.08 |
| | | | | | 19663.86 | 3188.20 | | | 22062 | 17.9652 | 124.32 |
| 21 | КБ9-46-1 | Монтаж каркасів воріт великопрогонових будівель, ангарів та ін. без механізмів відкриття | 1т конструкції | 6.05 | 125857.73 | 15964.32 | 761439 | 60469 | 96584 | 66.2400 | 400.75 |
| | | | | | 9994.95 | 6714.63 | | | 40624 | 32.7836 | 198.34 |
| 22 | КБ10-26-1 | Установлення дверних блоків у зовнішніх і внутрішніх прорізах кам'яних стін, площа прорізу до 3 м ² | 100 м ² прорізів | 0.0693 | 248451.09 | 9080.32 | 17218 | 1333 | 629 | 139.6700 | 9.68 |
| | | | | | 19238.15 | 4299.48 | | | 298 | 23.5338 | 1.63 |
| | | Разом прямих витрат по розділу № 2 | | | | | 7588289 | 675996 | 655235 | | 4736.35 |
| | | | | | | | | | 274395 | | 1557.68 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|------------|--|--|--------|----------------------|--------------------|---------|--------|-----------------|-------------------|-------------------|
| Розділ № 3 Покрівля | | | | | | | | | | | |
| 23 | КБ12-20-4 | Улаштування пароізоляції обмазувальної в один шар | 100 м2 поверхні, що ізолюється | 23.76 | 12474.64 1926.89 | 72.24 30.67 | 296397 | 45783 | 1716 729 | 14.6900 0.1829 | 349.03 4.35 |
| 24 | КБ12-18-5 | Утеплення покриттів плитами з легких (ніздрюватих) бетонів або фіброліту насухо | 100 м2 покриття, що утеплюється | 23.76 | 81071.26 5844.42 | 2096.84 917.95 | 1926253 | 138863 | 49821 21810 | 47.4000 5.5893 | 1126.22 132.80 |
| 25 | КБ12-22-1 | Улаштування вирівнюючих стяжок цементно-піщаних товщиною 15 мм | 100 м2 стяжок | 23.76 | 13220.31 4435.58 | 2504.91 1059.39 | 314115 | 105389 | 59517 25171 | 38.3900 6.4686 | 912.15 153.69 |
| 26 | КБ12-1-6 | Улаштування покрівель скатних із наплавлених матеріалів у два шари | 100 м2 покрівлі | 26.136 | 24749.34 3073.15 | 453.71 198.65 | 646849 | 80320 | 11858 5192 | 21.8000 1.2096 | 569.76 31.61 |
| Разом прямих витрат по розділу № 3 | | | | | | | 3183614 | 370355 | 122912 52902 | | 2957.16 322.45 |
| Розділ № 4 Опоряджувальний цикл | | | | | | | | | | | |
| 27 | КБ15-206-1 | Скління склом віконним сталевих рам промислових будівель стінових | 100 м2 сталевих рам за зовнішнім обводом рам | 3.1536 | 238724.74 9174.36 | 38.43 34.67 | 752842 | 28932 | 121 109 | 71.7700 0.2331 | 226.33 0.74 |
| 28 | КБ15-45-1 | Штукатурення поверхонь вапняним розчином просте по каменю і бетону стін механізованим способом | 100 м2 поверхні штукатурення | 5.011 | 12953.34 6832.82 | 702.35 619.97 | 64909 | 34239 | 3519 3107 | 49.0300 4.9335 | 245.69 24.72 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|------------|---|---|--------|----------|--------|---------|--------|-------|----------|---------|
| 29 | КБ15-151-3 | Фарбування приміщень вапняними розчинами по штукатурці стін | 100 м2 поверхні фарбуванн я | 5.011 | 2398.07 | 1.83 | 12017 | 10171 | 9 | 14.9100 | 74.71 |
| | | | | | 2029.70 | 1.65 | | | 8 | 0.0111 | 0.06 |
| 30 | КБ15-172-4 | Фарбування суриком грат, рам, радіаторів, труб діаметром менше 50 мм тощо, кількість фарбувань 2 | 100 м2 поверхні фарбуванн я | 6.6226 | 16402.03 | 1.83 | 108624 | 95797 | 12 | 106.2600 | 703.72 |
| | | | | | 14465.17 | 1.65 | | | 11 | 0.0111 | 0.07 |
| 31 | КБ15-163-4 | Просте фарбування колером олійним по дереву заповнень дверних прорізів | 100 м2 поверхні фарбуванн я | 0.1663 | 9947.85 | 1.83 | 1654 | 1205 | - | 53.2400 | 8.85 |
| | | | | | 7247.56 | 1.65 | | | - | 0.0111 | - |
| 32 | КБ15-172-2 | Фарбування суриком великих металевих поверхонь (крім покрівель), кількість фарбувань 2 | 100 м2 поверхні фарбуванн я | 2.903 | 4855.04 | 1.83 | 14094 | 7789 | 5 | 19.7100 | 57.22 |
| | | | | | 2683.12 | 1.65 | | | 5 | 0.0111 | 0.03 |
| | | Разом прямих витрат по розділу № 4 | | | | | 954140 | 178133 | 3666 | | 1316.52 |
| | | | | | | | | | 3240 | | 25.62 |
| | | Розділ № 5 Підлога | | | | | | | | | |
| 33 | КБ11-1-2 | Ущільнення ґрунту щебенем | 100 м2 площі, що ущільнюєт ься | 23.538 | 8554.00 | 443.30 | 201344 | 23880 | 10434 | 8.0800 | 190.19 |
| | | | | | 1014.52 | 163.33 | | | 3844 | 1.1053 | 26.02 |
| 34 | КБ11-2-9 | Улаштування підстиляючих бетонних шарів | 1 м3 підстильно го шару | 235.38 | 4480.47 | 6.05 | 1054613 | 167894 | 1424 | 5.5800 | 1313.42 |
| | | | | | 713.29 | 2.01 | | | 473 | 0.0139 | 3.27 |
| 35 | КБ11-29-1 | Улаштування покриттів з керамічних плиток на розчині із сухої клеючої суміші, кількість плиток в 1 м2 до 7 шт | 100 м2 покриття | 0.283 | 58752.20 | 65.88 | 16627 | 6137 | 19 | 155.6000 | 44.03 |
| | | | | | 21684.42 | 59.44 | | | 17 | 0.3996 | 0.11 |

Будівельні Технології: Кошторис 8.6 Онлайн

107_лк 02-001

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|----|-----------|--|--------------------|---------|----------|---------|----------|---------|--------|---------|----------|
| 36 | КБ11-21-1 | Улаштування покриттів одношарових наливних товщиною 4 мм | 100 м2 покриття | 23.3743 | 27366.45 | 1480.33 | 639672 | 294225 | 34602 | 94.8000 | 2215.88 |
| | | | | | 12587.54 | 1233.48 | | | 28832 | 9.6495 | 225.55 |
| | | Разом прямих витрат по розділу № 5 | | | | | 1912256 | 492136 | 46479 | | 3763.52 |
| | | | | | | | | | 33166 | | 254.95 |
| | | Разом прямих витрат по кошторису | | | | | 15188509 | 1998227 | 937375 | | 15165.38 |
| | | Разом прямі витрати | | | | грн. | 15188509 | | 407984 | | 2428.89 |
| | | в тому числі: | | | | | | | | | |
| | | вартість матеріалів, виробів і комплектів | | | | грн. | 12252907 | | | | |
| | | вартість ЕММ | | | | грн. | 937375 | | | | |
| | | в т.ч. заробітна плата в ЕММ | | | | грн. | | 407984 | | | |
| | | заробітна плата робітників | | | | грн. | | 1998227 | | | |
| | | всього заробітна плата | | | | грн. | | 2406211 | | | |
| | | Загальновиробничі витрати | | | | грн. | 1275175 | | | | |
| | | трудоємність в загальновиробничих витратах | | | | люд-г | | | | | 2111.31 |
| | | заробітна плата в загальновиробничих витратах | | | | грн. | | 472175 | | | |
| | | Всього по кошторису | | | | грн. | 16463684 | | | | |
| | | Кошторисна трудоємність | | | | люд-г | | | | | 19705.58 |
| | | Кошторисна заробітна плата | | | | грн. | | 2878386 | | | |

Склав

студ. гр. БАД-112

Марченко А.А.

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

к.т.н, доц.

Кулік М.В.

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА

5.1 Загальні вимоги до охорони праці на будівельному майданчику

Усі роботи на об'єкті виконуються у відповідності до вимог Закону України «Про охорону праці» [31] та ДБН А.3.2-2-2009 «Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві» [4]. Головним завданням є створення безпечних умов для працівників, усунення впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів та запобігання травматизму.

Вимоги до персоналу та навчання. До самостійного виконання будівельно-монтажних робіт допускаються особи, які досягли 18-річного віку, пройшли попередній медичний огляд і не мають протипоказань до виконання відповідних робіт. Перед допуском до роботи всі працівники проходять навчання та перевірку знань з питань охорони праці.

На будівельному майданчику запроваджено систему інструктажів:

- вступний інструктаж – проводиться інженером з охорони праці при прийнятті на роботу;
- первинний інструктаж – проводиться на робочому місці керівником робіт (виконробом або майстром) до початку виконання обов'язків;
- повторний інструктаж – проводиться не рідше ніж раз на три місяці для робіт з підвищеною небезпекою;
- позаплановий та цільовий інструктажі – проводяться при зміні технологічного процесу, заміні обладнання або перед виконанням разових небезпечних робіт.

Роботи з підвищеною небезпекою. Промислове будівництво передбачає значний обсяг робіт з підвищеною небезпекою (монтажні роботи на висоті, зварювальні, земляні та вантажопідіймальні роботи). Виконання таких робіт здійснюється виключно за нарядом-допуском – спеціальним документом, який

визначає безпечні умови їх виконання, заходи безпеки та осіб, відповідальних за керівництво роботами. Робітники відповідних професій (стропальники, монтажники, зварювальники) зобов'язані мати при собі чинні посвідчення на право виконання цих робіт.

Засоби індивідуального захисту. Знаходження на будівельному майданчику без захисних касок категорично заборонено всім особам, включаючи інженерно-технічний персонал та перевіряючих. Роботодавець забезпечує будівельників безкоштовним сертифікованим спецодягом, спецвзуттям та іншими ЗІЗ залежно від професії:

- сигнальними жилетами;
- запобіжними поясами та страхувальними канатами (для робіт на перепадах висот понад 1,3 м);
- засобами захисту очей (щитки, окуляри для зварювальників та різальників);
- засобами захисту органів дихання та слуху (респіратори, навушники).

Санітарно-побутове забезпечення. До початку виконання основних будівельних робіт майданчик обладнується санітарно-побутовими приміщеннями згідно з санітарними нормами. Передбачаються гардеробні, приміщення для обігріву (або охолодження) працівників, місця для приймання їжі, душові, умивальні та туалети. На ділянках проведення робіт знаходяться аптечки першої медичної допомоги, укомплектовані необхідними медикаментами, та забезпечується доступ до питної води.

5.2 Безпека облаштування та утримання будівельного майданчика

Організація території будівельного майданчика повинна забезпечувати безпечний рух транспорту, безпечну роботу будівельних машин та безперешкодне пересування працівників. Облаштування майданчика завершується до початку основних будівельно-монтажних робіт.

Для запобігання доступу сторонніх осіб на територію будівництва, її периметр обов'язково обладнується захисно-охоронною огорожею. Відповідно до ДБН А.3.2-2-2009 [4], висота огорож має відповідати таким параметрам:

- виробничі території (зовнішній периметр майданчика) – не менше 1,6 м (рекомендовано суцільна огорожа заввишки 2,0 м);
- ділянки виконання робіт всередині майданчика – не менше 1,2 м;
- козирки над тротуарами в місцях проходження людей вздовж огорожі – під кутом 20° до горизонту в бік тротуару, щоб захистити перехожих від випадкового падіння предметів.

Місця тимчасового або постійного розвантаження матеріалів, котловани, траншеї, а також зони, де перепад висот становить понад 1,3 м, обладнуються захисними інвентарними огороженнями. На огороженнях встановлюються попереджувальні написи та знаки безпеки згідно з ДСТУ EN ISO 7010:2022 [17].

Рух транспорту та пішоходів. В'їзди на будівельний майданчик обладнуються воротами, поруч з якими встановлюється суцільний стенд із схемою руху автотранспорту та засобів механізації, зазначенням місць складування та розвороту техніки.

Для безпеки руху встановлюються такі обмеження:

- ширина проїжджої частини для одностороннього руху – не менше 3,5 м, для двостороннього – не менше 6,0 м;
- швидкість руху автотранспорту по території майданчика не повинна перевищувати 10 км/год на лінійних ділянках та 5 км/год на поворотах і в зоні виконання робіт;
- ширина пішохідних проходів, ізольованих від проїжджої частини, має бути не менше 1,0 м.

Освітлення будмайданчика. Всі робочі місця, проходи, проїзди та території складування у темну пору доби або в умовах недостатньої видимості повинні мати штучне освітлення згідно з вимогами ДБН В.2.5-28:2018 [8].

Застосовується два типи освітлення:

- загальне рівномірне – для всієї території майданчика (реалізується за допомогою прожекторів, встановлених на інвентарних опорах);
- місцеве – у зонах ведення монтажних, зварювальних чи оздоблювальних робіт.

Для живлення світильників загального освітлення застосовується напруга 110 В або 220 В, а для переносних світильників та освітлення усередині металевих конструкцій, резервуарів чи силосів промислового об'єкта – безпечна напруга не більше 12–42 В. Опори освітлювальних приладів обов'язково заземлюються.

Утримання території та складування. Територія майданчика повинна регулярно очищатися від будівельних відходів. Проходи та проїзди заборонено захаращувати матеріалами чи демонтованими конструкціями. Матеріали та готові конструкції складуються на вирівняних майданчиках з урахуванням кута природного укосу або у штабелі із обов'язковим використанням дерев'яних підкладок. Висота штабелів регламентується залежно від типу матеріалу.

5.3 Техніка безпеки під час виконання будівельно-монтажних та вантажопідіймальних робіт

Монтаж будівельних конструкцій промислових будівель належить до категорій робіт із підвищеною небезпекою. Вони мають виконуватися виключно за затвердженням Проектом виконання робіт (ПВР), у якому чітко визначено послідовність монтажу, схеми стропування та зони дії машин.

Безпека вантажопідіймальних робіт та експлуатації кранів. Під час зведення промислового об'єкта переміщення конструкцій здійснюється за допомогою вантажопідіймальних кранів. Безпека їхньої експлуатації регламентується такими вимогами:

- до керування кранами допускаються лише атестовані машиністи, а до зачіплювання вантажів – навчені стропальники (не менше двох осіб у бригаді);
- на майданчику чітко визначається небезпечна зона роботи крана. Вона охоплює простір, що дорівнює радіусу максимального вильоту стріли, плюс половина габариту найбільшого вантажу, плюс відстань можливого відлітання вантажу у разі його падіння. Межа цієї зони позначається сигнальною стрічкою та знаками «Вхід заборонено!»;
- забороняється піднімати вантаж, маса якого невідома або перевищує вантажопідйомність крана на даному вильоті стріли;
- категорично заборонено переносити будівельні конструкції краном над приміщеннями, де перебувають люди, або над робочими місцями інших будівельників.

Вимоги до стропування та підйому конструкцій. Стropування конструкцій має виконуватися тільки за затвердженими графічними схемами, які вивішуються у місцях складування матеріалів.

- для підйому елементів застосовуються виключно випробувані та марковані інвентарні стропа, траверси або захвати, що мають спеціальні клейма із зазначенням вантажопідйомності та дати наступного випробування;
- перед підйомом великогабаритних елементів до них обов'язково кріпляться гнучкі відтяжки (прядив'яні або капронові канати). З їхньою допомогою монтажники утримують вантаж від розвороту та розгойдування під час переміщення в повітрі, перебуваючи на безпечній відстані;
- підняту конструкцію спочатку зупиняють на висоті 20–30 см від рівня землі для перевірки надійності стропування та гальм крана, і лише після цього продовжують підйом.

Безпека під час монтажу на висоті. Оскільки промислові будівлі зазвичай мають велику висоту, особлива увага приділяється захисту від падіння з висоти:

– роботи на висоті понад 1,3 м без захисних огорожень дозволяється виконувати лише з використанням лямочних запобіжних поясів відповідно до НПАОП 0.00-1.15-07 [27]. Карабін пояса має кріпитися до надійних елементів будівельної конструкції або спеціально натягнутих страхувальних сталевих тросів;

– для переходу монтажників від однієї конструкції до іншої мають встановлюватися містки або люльки з огорожею заввишки не менше 1,1 м. Ходіння по нижньому чи верхньому поясу ферм без страхувального троса заборонено;

– розстропування встановленої конструкції дозволяється виконувати лише після її надійного постійного або тимчасового закріплення, що повністю виключає можливість її зміщення чи перекидання.

Погодні обмеження. Будівельно-монтажні роботи на висоті, а також робота вантажопідіймальних кранів мають бути негайно припинені у таких випадках:

- при швидкості вітру 15 м/с і більше (під час монтажу вертикальних панелей або конструкцій із великою парусністю – при вітрі понад 10 м/с);
- під час грози, зливи або сильного снігопаду;
- при ожеледиці на конструкціях;
- при густому тумані, який обмежує видимість у зоні роботи машиніста крана.

5.4 Пожежна безпека при будівництві

Забезпечення пожежної безпеки на будівельному майданчику є обов'язковою умовою організації виробництва і регламентується Кодексом цивільного захисту України [25]. Відповідальність за пожежну безпеку об'єкта, що будується, покладається на керівника робіт (головного інженера, виконроба).

Організаційні заходи та первинні засоби пожежогасіння. На території будівництва встановлюється протипожежний режим. Куріння дозволяється виключно у спеціально відведених та обладнаних місцях, які забезпечуються урнами з водою та первинними засобами пожежогасіння. Розведення багать, спалювання будівельного сміття та відходів на території майданчика категорично заборонено.

Дороги, проїзди та під'їзди до будівель, що зводяться, а також до джерел протипожежного водопостачання (гідрантів) повинні бути завжди вільними, очищеними від матеріалів, і мати ширину, достатню для проїзду пожежних автомобілів (не менше 4,0 м).

Будівельний майданчик, тимчасові побутові та складські приміщення забезпечуються первинними засобами пожежогасіння. На території встановлюються пожежні щити типу ЩП-В, комплектація яких включає:

- вогнегасники (порошкові типу ВП-5 або ВП-9, вуглекислотні типу ВВ-5);
- ящик з піском (об'ємом не менше 0,5 м³) та совкову лопату;
- бочку з водою (об'ємом не менше 200 літрів, якщо поруч немає водопроводу);
- протипожежне покривало розміром 2х2 м;
- багри, ломи та сокири.

Усі працівники будівельного майданчика зобов'язані знати місця розташування засобів пожежогасіння та вміти користуватися ними у разі виникнення надзвичайної ситуації.

Безпека при виконанні вогневих робіт. Оскільки монтаж супроводжується великим обсягом електрозварювальних та газорізальних робіт, до них висуваються підвищені протипожежні вимоги:

- усі тимчасові вогневі роботи виконуються виключно за письмовим нарядом-допуском, підписаним керівником робіт;

- місце проведення зварювальних робіт має бути повністю очищене від горючих матеріалів та речовин у радіусі не менше 5 метрів;
- якщо зварювання виконується на висоті, нижчі яруси та підлоги повинні бути захищені від попадання розпечених іскор та окалини за допомогою негорючих екранів або металевих листів;
- на місці зварювання, або на відстані не більше 2 метрів від нього обов'язково встановлюється справний порошковий вогнегасник. Після закінчення робіт зварювальник зобов'язаний ретельно оглянути робоче місце, щоб переконатися у відсутності осередків тління.

5.5 Охорона навколишнього середовища

Під час будівництва промислового об'єкта виконання будівельно-монтажних робіт не повинно призводити до погіршення екологічної ситуації, забруднення суміжних територій, водних об'єктів та атмосферного повітря. Організація екологічної безпеки на майданчику базується на вимогах Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» [30] та ДБН А.2.2-1-2021 «Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС)» [2].

Охорона атмосферного повітря та боротьба з шумом. Будівельний майданчик є джерелом пилу та викидів відпрацьованих газів від роботи важкої техніки. Для зменшення негативного впливу на атмосферу передбачено такі заходи:

- у суху та вітряну пору доби територія будівельного майданчика, внутрішні ґрунтові дороги та місця активного руху транспорту підлягають регулярному поливанню водою;
- автомобілі, які вивозять сипкі матеріали (пісок, щебінь, ґрунт), а також будівельне сміття, зобов'язані закривати кузов щільним тентом для запобігання розпиленню під час транспортування;

– до роботи допускається лише та будівельна техніка й автотранспорт, що пройшли технічний огляд і мають нормативні показники токсичності відпрацьованих газів двигунів;

– для зниження рівня шумового навантаження роботи з використанням найгучніших механізмів плануються виключно у денний час.

Захист земельних ресурсів та ґрунтів. До початку виконання будь-яких земляних робіт (розробка котлованів, траншей) на території будівництва проводиться зняття родючого шару ґрунту. Знятий ґрунт складається в окремі відвали заввишки не більше 1,5-2,0 м, захищається від розмивання та зберігається для подальшого використання під час благоустрою та озеленення території після завершення будівництва.

Для запобігання хімічному забрудненню землі паливно-мастильними матеріалами:

– заправка техніки паливом та її технічне обслуговування проводяться тільки на спеціально обладнаних майданчиках із водонепроникним покриттям та бортовим огороженням;

– на заправних пунктах обов'язково передбачається запас сорбентів (піску, тирси) для негайної ліквідації можливих проливів нафтопродуктів.

Охорона водного середовища. Скидання неочищених стічних вод (як виробничих, так і господарсько-побутових) з території будівельного майданчика у відкриті водойми або на рельєф місцевості заборонено.

– для збирання поверхневих вод влаштовується тимчасова мережа водовідведення з організацією простіших відстійників, де вода очищається від завислих частинок піску та глини;

– побутові стічні води від модульних містечок та інвентарних будівель відводяться у герметичні септики-накопичувачі з подальшим вивезенням спеціалізованим автотранспортом на очисні споруди міста.

Поводження з будівельними відходами. На території будівництва утворюється значна кількість відходів. На майданчику організується система роздільного збору відходів:

– встановлюються окремі марковані контейнери для металобрухту, деревини, пластику та побутового сміття;

– будівельні відходи, які підлягають вторинній переробці (чистий білий бетон чи цегли), складуються окремо для подальшого подрібнення та використання як підсипки під тимчасові дороги;

– вивезення сміття, що не підлягає переробці, здійснюється на ліцензовані полігони згідно з договорами. Спалювання будь-яких відходів або відпрацьованих матеріалів на території будівельного майданчика заборонено.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Афанасьєва Л. В., Скорук Л. М. Розрахунок і проектування попередньо напруженої безкісцевої ферми прольотом 18 м : метод. вказівки до виконання курсової роботи. Київ : КНУБА, 2024. 43 с.
2. ДБН А.2.2-1:2021. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС). Київ : Мінрегіон України, 2022. 22 с.
3. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. Київ : Мінрегіон України, 2016. 50 с.
4. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. 112 с.
5. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Київ : Мінрегіон України, 2017. 41 с.
6. ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. Київ : Мінрегіон України, 2018. 30 с.
7. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Київ : Мінбуд України, 2006. 66 с.
8. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Київ : Мінрегіон України, 2018. 133 с.
9. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ : Мінрегіон України, 2022. 23 с.
10. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 65 с.
11. ДСТУ 3760:2019. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 18 с.

12. ДСТУ 8855:2019. Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 13 с.
13. ДСТУ 8936:2019. Труби сталеві водогазопровідні. Технічні умови. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 9 с.
14. ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. 60 с.
15. ДСТУ 9243.4:2023. Система проєктної документації для будівництва. Основні вимоги до проєктної документації. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2023. 56 с.
16. ДСТУ 9243.7:2023. Система проєктної документації для будівництва. Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2023. 45 с.
17. ДСТУ EN ISO 7010:2022. Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. 131 с.
18. ДСТУ Б А.3.1-22:2013. Визначення тривалості будівництва об'єктів. Київ : Мінрегіон України, 2014. 30 с.
19. ДСТУ Б В.2.6-118:2010. Конструкції будинків і споруд. Ферми залізобетонні. Технічні умови. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 20 с.
20. ДСТУ Б В.2.6-143:2010. Конструкції будинків і споруд. Балки фундаментні залізобетонні для стін будівель промислових і сільськогосподарських підприємств. Технічні умови. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 23 с.
21. ДСТУ Б В.2.6-144:2010. Конструкції будинків і споруд. Плити покриття залізобетонні для будівель підприємств. Технічні умови. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 38 с.
22. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 118 с.

23. ДСТУ Б В.2.6-63:2008. Конструкції будинків і споруд. Колони залізобетонні для одноповерхових будівель підприємств. Технічні умови. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 40 с.
24. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 123 с.
25. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI.
26. Кошторисні норми України. Настанова з визначення вартості будівництва. Київ : Мінрегіон України, 2021. 57 с.
27. НПАОП 0.00-1.15-07. Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті. Київ, 2007. 124 с.
28. Про Державний бюджет України на 2026 рік : Закон України від 03.12.2025 № 4695-IX.
29. Про затвердження показників опосередкованої вартості спорудження житла за регіонами України (розрахованих станом на 01 січня 2026 року) : наказ Мінінфраструктури України від 15.01.2026 № 60.
30. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII.
31. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII.
32. Стоянов Є. Г., Псурцева Н. О. Проектування залізобетонних конструкцій : конспект лекцій. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. 104 с.
33. Ушацький С. А., Шейко Ю. П., Тригер Г. М. та ін. Організація будівництва. Київ : Кондор, 2007. 521 с.
34. Якименко О. В., Кітьова К. О. Технологія будівельного виробництва : конспект лекцій. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 175 с.

ДОДАТОК А

(обов'язковий)

Розрахункові схеми ферми та схеми прикладання навантажень

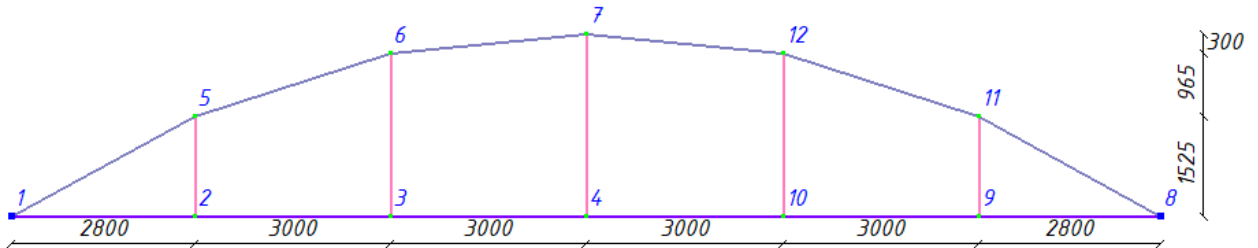


Рисунок А.1 – Нумерація вузлів розрахункової схеми ферми

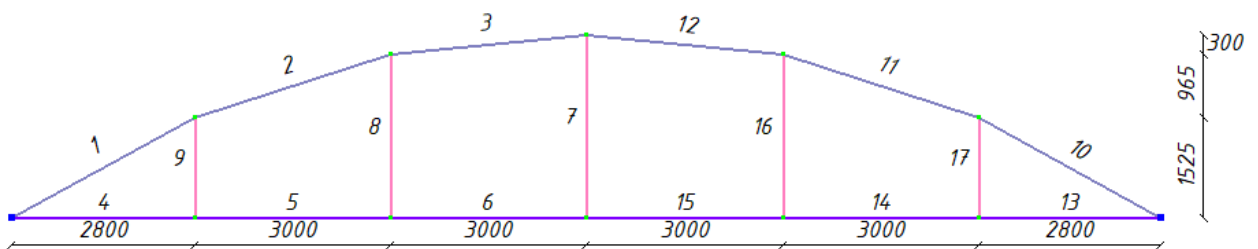


Рисунок А.2 – Нумерація елементів розрахункової схеми ферми

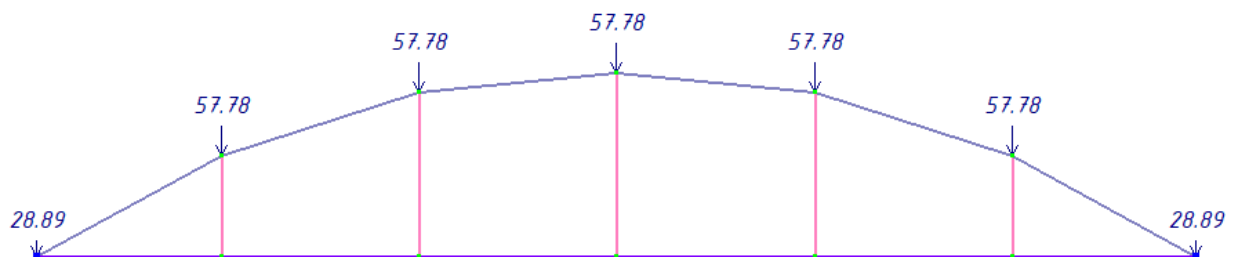


Рисунок А.3 – Схема прикладання постійного характеристичного навантаження



Рисунок А.4 – Схема прикладання постійного розрахункового навантаження

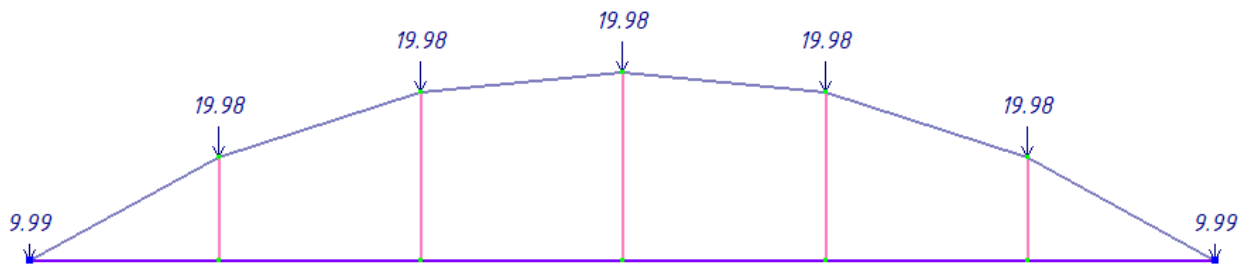


Рисунок А.5 – Схема прикладання тимчасового характеристичного навантаження

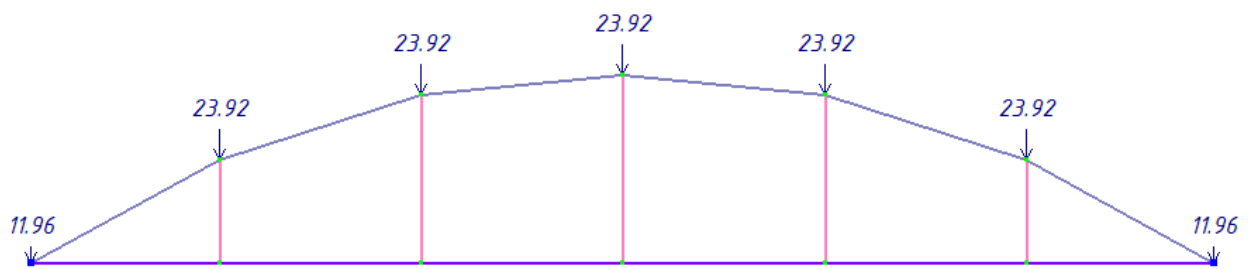


Рисунок А.6 – Схема прикладання тимчасового розрахункового навантаження

ДОДАТОК Б

(обов'язковий)

Епюри внутрішніх зусиль в елементах ферми

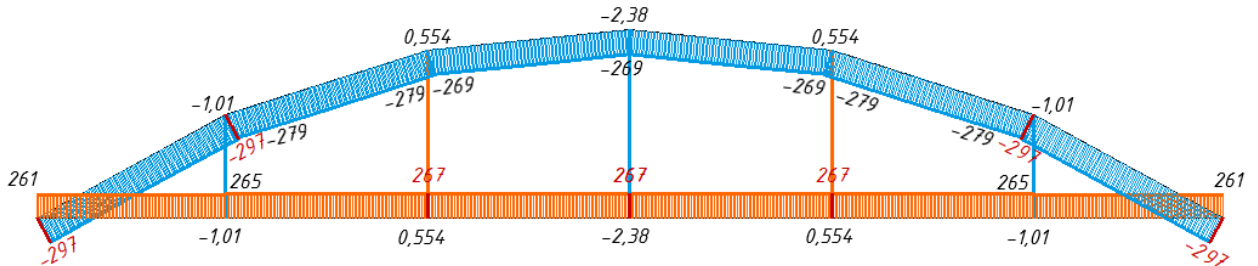


Рисунок Б.1 – Епюра поздовжніх сил N (кН) від постійного характеристичного навантаження

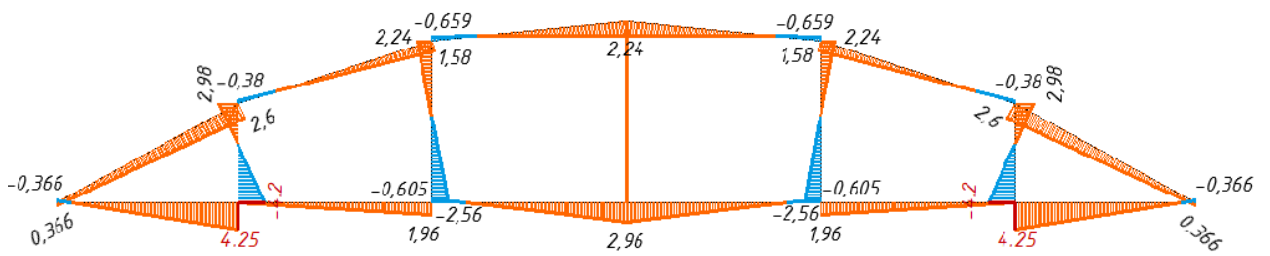


Рисунок Б.2 – Епюра згинальних моментів (кН·м) від постійного характеристичного навантаження

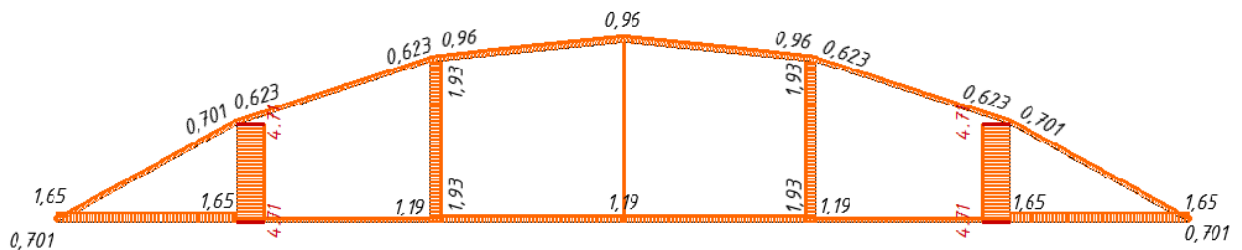


Рисунок Б.3 – Епюра поперечних сил Q (кН) від постійного характеристичного навантаження

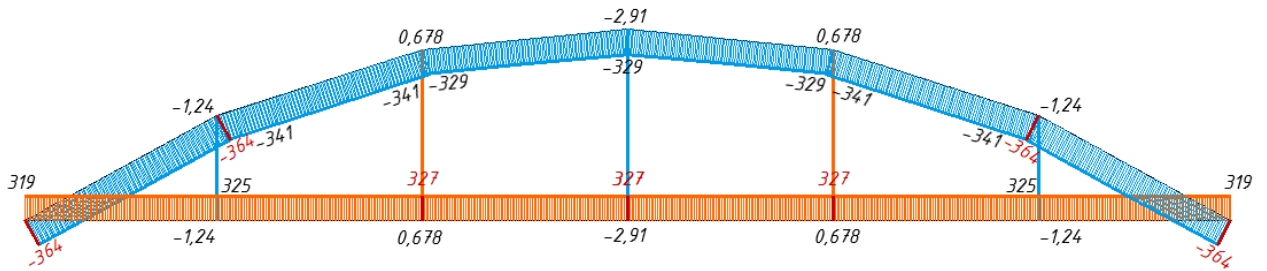


Рисунок Б.4 – Епюра поздовжніх сил N (кН) від постійного розрахункового навантаження

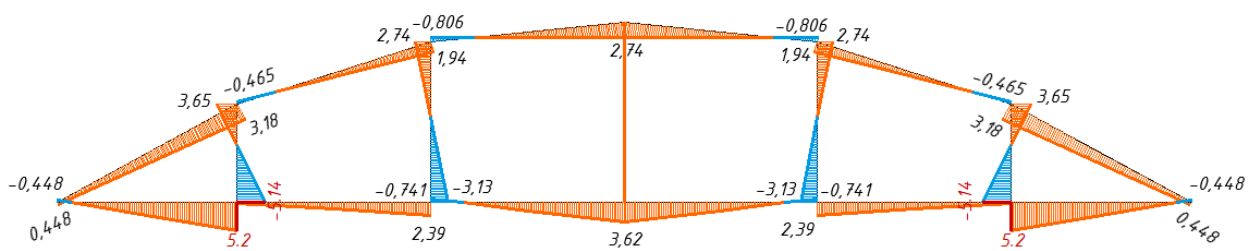


Рисунок Б.5 – Епюра згинальних моментів (кН·м) від постійного розрахункового навантаження

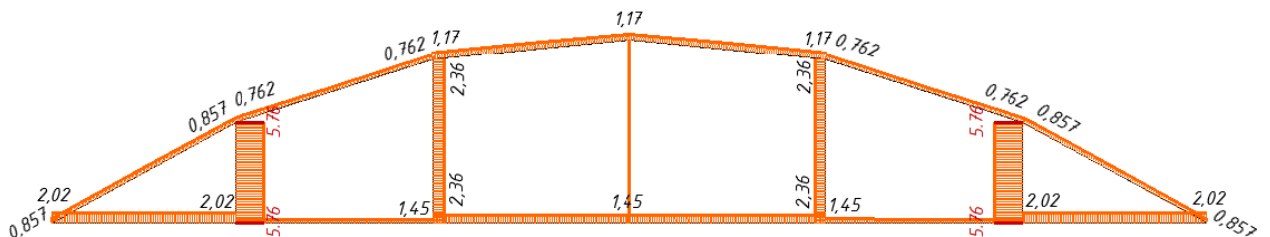


Рисунок Б.6 – Епюра поперечних сил Q (кН) від постійного розрахункового навантаження

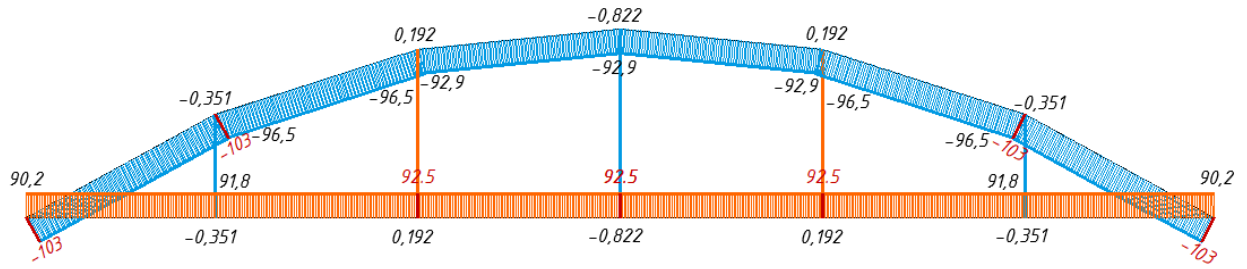


Рисунок Б.7 – Епюра поздовжніх сил N (кН) від тимчасового характеричного навантаження

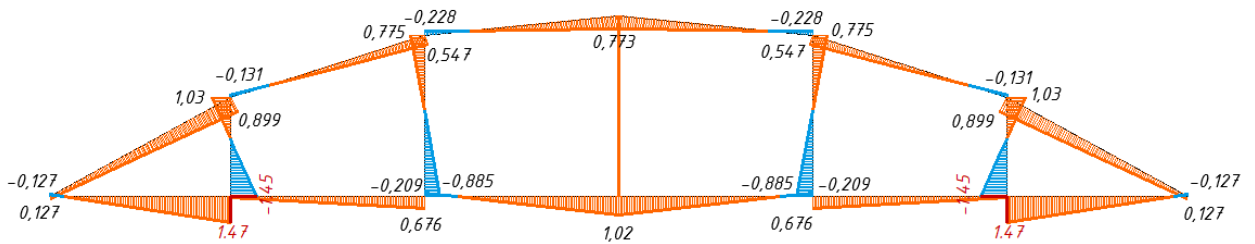


Рисунок Б.8 – Епюра згинальних моментів (кН·м) від тимчасового характеричного навантаження

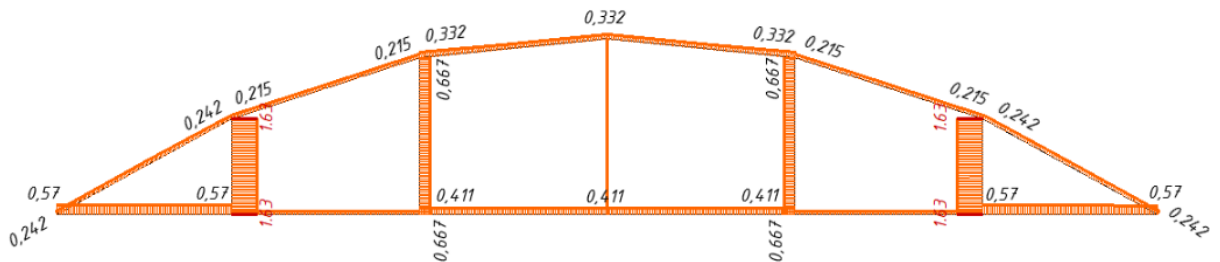


Рисунок Б.9 – Епюра поперечних сил Q (кН) від тимчасового характеричного навантаження

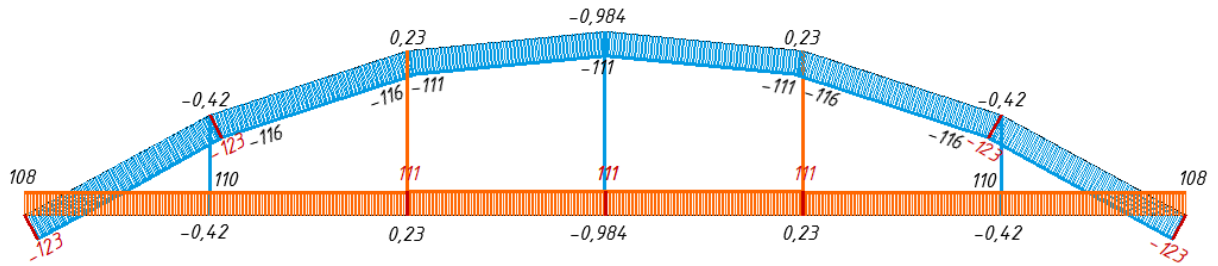


Рисунок Б.10 – Епюра поздовжніх сил N (кН) від тимчасового розрахункового навантаження

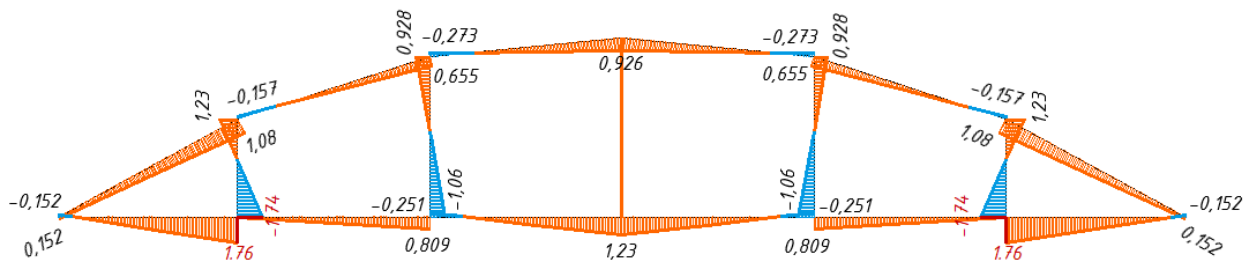


Рисунок Б.11 – Епюра згинальних моментів (кН·м) від тимчасового розрахункового навантаження

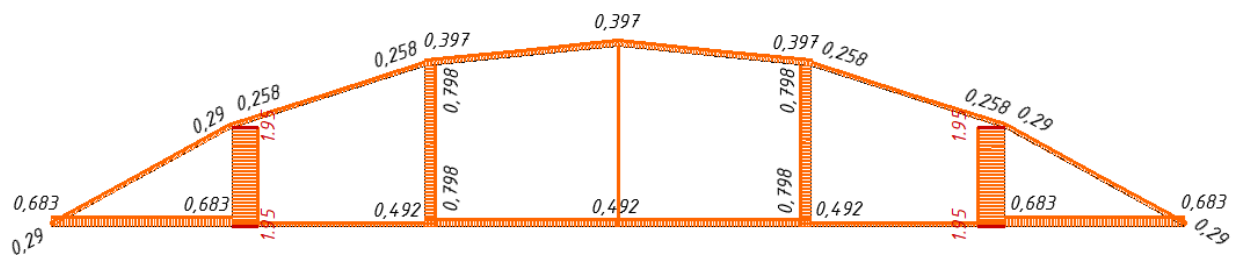


Рисунок Б.12 – Епюра поперечних сил Q (кН) від тимчасового розрахункового навантаження

ДОДАТОК В

(обов'язковий)

Результати статичного розрахунку

Таблиця В.1 – Розрахункові внутрішні зусилля в елементах ферми від постійного навантаження

| № елемента | Зусилля | | | № навантаження | № елемента | Зусилля | | | № навантаження |
|------------|-----------|-----------|---------|----------------|------------|-----------|-----------|---------|----------------|
| | N (кН) | My (кН*м) | Qz (кН) | | | N (кН) | My (кН*м) | Qz (кН) | |
| 1 | - 297,272 | 0,366 | 0,701 | 1 | 1 | - 363,692 | 0,448 | 0,857 | 2 |
| 1 | - 297,272 | 2,601 | 0,701 | 1 | 1 | - 363,692 | 3,182 | 0,857 | 2 |
| 2 | - 279,029 | - 0,380 | 0,623 | 1 | 2 | - 341,374 | - 0,465 | 0,762 | 2 |
| 2 | - 279,029 | 1,582 | 0,623 | 1 | 2 | - 341,374 | 1,936 | 0,762 | 2 |
| 3 | - 268,792 | - 0,659 | 0,960 | 1 | 3 | - 328,850 | - 0,806 | 1,175 | 2 |
| 3 | - 268,792 | 2,236 | 0,960 | 1 | 3 | - 328,850 | 2,736 | 1,175 | 2 |
| 4 | 260,727 | - 0,366 | 1,649 | 1 | 4 | 318,982 | - 0,448 | 2,017 | 2 |
| 4 | 260,727 | 4,250 | 1,649 | 1 | 4 | 318,982 | 5,200 | 2,017 | 2 |
| 5 | 265,435 | 0,052 | 0,634 | 1 | 5 | 324,742 | 0,064 | 0,776 | 2 |
| 5 | 265,435 | 1,955 | 0,634 | 1 | 5 | 324,742 | 2,392 | 0,776 | 2 |
| 6 | 267,363 | - 0,605 | 1,189 | 1 | 6 | 327,101 | - 0,741 | 1,454 | 2 |
| 6 | 267,363 | 2,961 | 1,189 | 1 | 6 | 327,101 | 3,623 | 1,454 | 2 |
| 7 | - 2,378 | 0,000 | 0,000 | 1 | 7 | - 2,909 | 0,000 | 0,000 | 2 |
| 7 | - 2,378 | 0,000 | 0,000 | 1 | 7 | - 2,909 | 0,000 | 0,000 | 2 |
| 8 | 0,554 | - 2,560 | 1,928 | 1 | 8 | 0,678 | - 3,132 | 2,359 | 2 |
| 8 | 0,554 | 2,241 | 1,928 | 1 | 8 | 0,678 | 2,741 | 2,359 | 2 |
| 9 | - 1,014 | - 4,198 | 4,708 | 1 | 9 | - 1,241 | - 5,136 | 5,760 | 2 |
| 9 | - 1,014 | 2,981 | 4,708 | 1 | 9 | - 1,241 | 3,647 | 5,760 | 2 |
| 10 | - 297,272 | 0,366 | 0,701 | 1 | 10 | - 363,692 | 0,448 | 0,857 | 2 |
| 10 | - 297,272 | 2,601 | 0,701 | 1 | 10 | - 363,692 | 3,182 | 0,857 | 2 |
| 11 | - 279,029 | - 0,380 | 0,623 | 1 | 11 | - 341,374 | - 0,465 | 0,762 | 2 |
| 11 | - 279,029 | 1,582 | 0,623 | 1 | 11 | - 341,374 | 1,936 | 0,762 | 2 |
| 12 | - 268,792 | - 0,659 | 0,960 | 1 | 12 | - 328,850 | - 0,806 | 1,175 | 2 |
| 12 | - 268,792 | 2,236 | 0,960 | 1 | 12 | - 328,850 | 2,736 | 1,175 | 2 |
| 13 | 260,727 | - 0,366 | 1,649 | 1 | 13 | 318,982 | - 0,448 | 2,017 | 2 |
| 13 | 260,727 | 4,250 | 1,649 | 1 | 13 | 318,982 | 5,200 | 2,017 | 2 |
| 14 | 265,435 | 0,052 | 0,634 | 1 | 14 | 324,742 | 0,064 | 0,776 | 2 |
| 14 | 265,435 | 1,955 | 0,634 | 1 | 14 | 324,742 | 2,392 | 0,776 | 2 |
| 15 | 267,363 | - 0,605 | 1,189 | 1 | 15 | 327,101 | - 0,741 | 1,454 | 2 |

Продовження таблиці В.1

| № елемента | Зусилля | | | № навантаження | № елемента | Зусилля | | | № навантаження |
|------------|---------|-----------|---------|----------------|------------|---------|-----------|---------|----------------|
| | N (кН) | My (кН*м) | Qz (кН) | | | N (кН) | My (кН*м) | Qz (кН) | |
| 15 | 267,363 | 2,961 | 1,189 | 1 | 15 | 327,101 | 3,623 | 1,454 | 2 |
| 16 | 0,554 | - 2,560 | 1,928 | 1 | 16 | 0,678 | - 3,132 | 2,359 | 2 |
| 16 | 0,554 | 2,241 | 1,928 | 1 | 16 | 0,678 | 2,741 | 2,359 | 2 |
| 17 | - 1,014 | - 4,198 | 4,708 | 1 | 17 | - 1,241 | - 5,136 | 5,760 | 2 |
| 17 | - 1,014 | 2,981 | 4,708 | 1 | 17 | - 1,241 | 3,647 | 5,760 | 2 |

Примітка: № навантаження 1 – постійне характеристичне навантаження;
№ навантаження 2 – постійне розрахункове навантаження.

Таблиця В.2 – Розрахункові внутрішні зусилля в елементах ферми від тимчасового навантаження

| № елемента | Зусилля | | | № навантаження | № елемента | Зусилля | | | № навантаження |
|------------|-----------|-----------|---------|----------------|------------|-----------|-----------|---------|----------------|
| | N (кН) | My (кН*м) | Qz (кН) | | | N (кН) | My (кН*м) | Qz (кН) | |
| 1 | - 102,795 | 0,127 | 0,242 | 3 | 1 | - 123,066 | 0,152 | 0,290 | 4 |
| 1 | - 102,795 | 0,899 | 0,242 | 3 | 1 | - 123,066 | 1,077 | 0,290 | 4 |
| 2 | - 96,487 | - 0,131 | 0,215 | 3 | 2 | - 115,514 | - 0,157 | 0,258 | 4 |
| 2 | - 96,487 | 0,547 | 0,215 | 3 | 2 | - 115,514 | 0,655 | 0,258 | 4 |
| 3 | - 92,947 | - 0,228 | 0,332 | 3 | 3 | - 111,276 | - 0,273 | 0,397 | 4 |
| 3 | - 92,947 | 0,773 | 0,332 | 3 | 3 | - 111,276 | 0,926 | 0,397 | 4 |
| 4 | 90,158 | - 0,127 | 0,570 | 3 | 4 | 107,937 | - 0,152 | 0,683 | 4 |
| 4 | 90,158 | 1,470 | 0,570 | 3 | 4 | 107,937 | 1,760 | 0,683 | 4 |
| 5 | 91,786 | 0,018 | 0,219 | 3 | 5 | 109,886 | 0,022 | 0,263 | 4 |
| 5 | 91,786 | 0,676 | 0,219 | 3 | 5 | 109,886 | 0,809 | 0,263 | 4 |
| 6 | 92,452 | - 0,209 | 0,411 | 3 | 6 | 110,684 | - 0,251 | 0,492 | 4 |
| 6 | 92,452 | 1,024 | 0,411 | 3 | 6 | 110,684 | 1,226 | 0,492 | 4 |
| 7 | - 0,822 | 0,000 | 0,000 | 3 | 7 | - 0,984 | 0,000 | 0,000 | 4 |
| 7 | - 0,822 | 0,000 | 0,000 | 3 | 7 | - 0,984 | 0,000 | 0,000 | 4 |
| 8 | 0,192 | - 0,885 | 0,667 | 3 | 8 | 0,230 | - 1,060 | 0,798 | 4 |
| 8 | 0,192 | 0,775 | 0,667 | 3 | 8 | 0,230 | 0,928 | 0,798 | 4 |
| 9 | - 0,351 | - 1,452 | 1,628 | 3 | 9 | - 0,420 | - 1,738 | 1,949 | 4 |
| 9 | - 0,351 | 1,031 | 1,628 | 3 | 9 | - 0,420 | 1,234 | 1,949 | 4 |
| 10 | - 102,795 | 0,127 | 0,242 | 3 | 10 | - 123,066 | 0,152 | 0,290 | 4 |
| 10 | - 102,795 | 0,899 | 0,242 | 3 | 10 | - 123,066 | 1,077 | 0,290 | 4 |

Продовження таблиці В.2

| № елемента | Зусилля | | | № навантаження | № елемента | Зусилля | | | № навантаження |
|------------|----------|-----------|---------|----------------|------------|-----------|-----------|---------|----------------|
| | N (кН) | My (кН*м) | Qz (кН) | | | N (кН) | My (кН*м) | Qz (кН) | |
| 11 | - 96,487 | - 0,131 | 0,215 | 3 | 11 | - 115,514 | - 0,157 | 0,258 | 4 |
| 11 | - 96,487 | 0,547 | 0,215 | 3 | 11 | - 115,514 | 0,655 | 0,258 | 4 |
| 12 | - 92,947 | - 0,228 | 0,332 | 3 | 12 | - 111,276 | - 0,273 | 0,397 | 4 |
| 12 | - 92,947 | 0,773 | 0,332 | 3 | 12 | - 111,276 | 0,926 | 0,397 | 4 |
| 13 | 90,158 | - 0,127 | 0,570 | 3 | 13 | 107,937 | - 0,152 | 0,683 | 4 |
| 13 | 90,158 | 1,470 | 0,570 | 3 | 13 | 107,937 | 1,760 | 0,683 | 4 |
| 14 | 91,786 | 0,018 | 0,219 | 3 | 14 | 109,886 | 0,022 | 0,263 | 4 |
| 14 | 91,786 | 0,676 | 0,219 | 3 | 14 | 109,886 | 0,809 | 0,263 | 4 |
| 15 | 92,452 | - 0,209 | 0,411 | 3 | 15 | 110,684 | - 0,251 | 0,492 | 4 |
| 15 | 92,452 | 1,024 | 0,411 | 3 | 15 | 110,684 | 1,226 | 0,492 | 4 |
| 16 | 0,192 | - 0,885 | 0,667 | 3 | 16 | 0,230 | - 1,060 | 0,798 | 4 |
| 16 | 0,192 | 0,775 | 0,667 | 3 | 16 | 0,230 | 0,928 | 0,798 | 4 |
| 17 | - 0,351 | - 1,452 | 1,628 | 3 | 17 | - 0,420 | - 1,738 | 1,949 | 4 |
| 17 | - 0,351 | 1,031 | 1,628 | 3 | 17 | - 0,420 | 1,234 | 1,949 | 4 |

Примітка: № навантаження 3 – тимчасове характеристичне навантаження;
№ навантаження 4 – тимчасове розрахункове навантаження.

Таблиця В.3 – Розрахункові внутрішні зусилля від основної комбінації навантажень

| № елемента | Зусилля | | | № навантаження |
|------------|-----------|-----------|---------|----------------|
| | N (кН) | My (кН*м) | Qz (кН) | |
| 1 | - 486,757 | 0,600 | 1,148 | 2 4 |
| 1 | - 486,757 | 4,259 | 1,148 | 2 4 |
| 2 | - 456,887 | - 0,623 | 1,020 | 2 4 |
| 2 | - 456,887 | 2,591 | 1,020 | 2 4 |
| 3 | - 440,125 | - 1,078 | 1,572 | 2 4 |
| 3 | - 440,125 | 3,662 | 1,572 | 2 4 |
| 4 | 426,919 | - 0,600 | 2,700 | 2 4 |
| 4 | 426,919 | 6,960 | 2,700 | 2 4 |
| 5 | 434,627 | 0,085 | 1,039 | 2 4 |
| 5 | 434,627 | 3,201 | 1,039 | 2 4 |
| 6 | 437,785 | - 0,991 | 1,946 | 2 4 |

Продовження таблиці В.3

| № елемента | Зусилля | | | № навантаження |
|------------|-----------|-----------------------|---------------------|----------------|
| | N (кН) | M _y (кН*м) | Q _z (кН) | |
| 6 | 437,785 | 4,848 | 1,946 | 2 4 |
| 7 | - 3,893 | 0,000 | 0,000 | 2 4 |
| 7 | - 3,893 | 0,000 | 0,000 | 2 4 |
| 8 | 0,908 | - 4,192 | 3,157 | 2 4 |
| 8 | 0,908 | 3,669 | 3,157 | 2 4 |
| 9 | - 1,661 | - 6,874 | 7,708 | 2 4 |
| 9 | - 1,661 | 4,881 | 7,708 | 2 4 |
| 10 | - 486,757 | 0,600 | 1,148 | 2 4 |
| 10 | - 486,757 | 4,259 | 1,148 | 2 4 |
| 11 | - 456,887 | - 0,623 | 1,020 | 2 4 |
| 11 | - 456,887 | 2,591 | 1,020 | 2 4 |
| 12 | - 440,125 | - 1,078 | 1,572 | 2 4 |
| 12 | - 440,125 | 3,662 | 1,572 | 2 4 |
| 13 | 426,919 | - 0,600 | 2,700 | 2 4 |
| 13 | 426,919 | 6,960 | 2,700 | 2 4 |
| 14 | 434,627 | 0,085 | 1,039 | 2 4 |
| 14 | 434,627 | 3,201 | 1,039 | 2 4 |
| 15 | 437,785 | - 0,991 | 1,946 | 2 4 |
| 15 | 437,785 | 4,848 | 1,946 | 2 4 |
| 16 | 0,908 | - 4,192 | 3,157 | 2 4 |
| 16 | 0,908 | 3,669 | 3,157 | 2 4 |
| 17 | - 1,661 | - 6,874 | 7,708 | 2 4 |
| 17 | - 1,661 | 4,881 | 7,708 | 2 4 |