

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

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

Кафедра геотехніки, підземних споруд та гідротехнічного будівництва

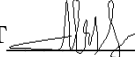
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

ВИРОБНИЧО-СКЛАДСЬКА БУДІВЛЯ В М. ЧЕРКАСИ

Розробив: студент 4 курсу, групи БтаЦІ 2022-2
спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія
освітня програма «Промислове та цивільне будівництво»

Савін Євген Андрійович

Керівник  ст. викл. Гаврилюк О.В.

Рецензент  к.т.н., доцент Александрович В.А.

Харків

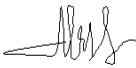
2026

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри геотехніки, підземних споруд та гідротехнічного будівництва

 **Вадим АЛЕКСАНДРОВИЧ**
«01 » червня 2026 року

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

Савіна Євгена Андрійовича

Спеціальність: *192 – Будівництво та цивільна інженерія*

Освітньо-професійна програма: *Промислове та цивільне будівництво*

Тема кваліфікаційної роботи: *Виробничо-складська будівля в м. Черкаси*
затверджена наказом ректора ХНУМГ ім. О. М. Бекетова № 447-03 від «26»
травня 2026 року

Термін подання завершеної роботи на кафедру 17.06.2026 року

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

Зміст розрахунково-пояснювальної записки: *архітектурно-будівельна частина, розрахунково-конструктивна частина, технологічні рішення та організація будівництва, розділ охорони праці.*

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

- архітектурно-будівельна частина: *фасади, повздовжні та поперечні розрізи, план на відмітці 0.000;*

- розрахунково-конструктивна частина: *робочі креслення основних конструктивних елементів будівлі (фундаменти, колони, ригелі, елементи покриття та перекриття);*

- розділ технології будівельного виробництва: *технологічна карта.*

КОНСУЛЬТАНТИ РОЗДІЛІВ РОБОТИ

Розділ		Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
			завдання видав	завдання прийняв
1. Архітектурно-будівельна частина		Завальний О.В.		
2. Розрахунково-конструктивна частина	Розрахунок підземної частини об'єкту	Гаврилюк О.В.		
	Розрахунок надземної частини об'єкту	Шемет Р.М.		
3. Технологічні рішення та організація будівництва		Братішко С.М.		
4. Охорона праці		Нікітченко О.Ю.		
Нормоконтроль		Гаврилюк О.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Архітектурно-будівельна частина	01.06.2026-04.06.2026	виконано
2. Розрахунково-конструктивна частина	05.06.2026-10.06.2026	виконано
3. Технологічні рішення та організація будівництва	11.06.2026-14.06.2026	виконано
4. Охорона праці	15.06.2026-17.06.2026	виконано

Керівник кваліфікаційної роботи  ст. викл. Гаврилюк О.В.

Завдання прийняв до виконання  Савін Є.А.

Дата видачі завдання «01» червня 2026 р.

Зміст

1. Архітектурно-будівельна частина	6
1.1 Вихідні данні	6
1.2 Об'ємно-планувальне рішення виробничо-складської будівлі.....	7
1.3 Характеристика конструктивних елементів виробничо-складської будівлі	8
1.4 Санітарно-технічне й інженерне обладнання	10
2. Розрахунково-конструктивна частина	14
2.1 Розрахунок надземної частини виробничо-складської будівлі.....	14
2.1.1 Розрахункова модель виробничо-складської будівлі в програмному комплексі SCAD Office	14
2.1.2 Збір навантаження на каркас виробничо-складської будівлі.....	16
2.1.3 Побудова розрахункової схеми.....	18
2.1.4 Завантаження каркаса будівлі	19
2.1.5 Розрахунок прогонів.....	24
2.1.6 Збір навантаження від покриття	25
2.1.7 Визначення погонного навантаження на один прогін.....	25
2.1.8 Розрахунок металевих прогонів	26
2.1.9 Результати розрахунку металевих прогонів.....	28
2.2 Розрахунок підземної частини виробничо-складської будівлі	29
2.2.1 Інженерно-геологічні умови будівельного майданчика.....	29
2.2.2 Розрахунок глибини закладання підшви фундаменту.....	31
2.2.3 Перевірка тиску під підшвою фундаменту	32
2.2.4 Розрахунок осідання фундаменту.....	33
2.2.5 Армування фундаменту	35
3. Технологія та організація будівельного виробництва.....	39
3.1 Підготовка будівництва об'єкта виробничо-складської будівлі.....	39
3.2 Послідовність виконання робіт при потоковому зведенні об'єкта.....	40
3.3 Матеріально-технічні ресурси	43
3.4 Вибір методів монтажу і монтажних кранів	46

3.5 Розрахунок обсягів робіт для складання графіка виконання робіт	52
3.6 Графік виконання робіт	54
4. Охорона праці	57
4.1 Охорона праці та безпека виконання будівельно-монтажних робіт	57
4.2 Аналіз умов праці зварювальників з виявленням можливих небезпечних і шкідливих виробничих факторів	59
4.3 Розрахунок заземлення зварювального апарата	61
4.4 Організація безпечних і нешкідливих умов праці	63
4.5 Вимоги до пожежної безпеки	64
Список використаних джерел	68

1. Архітектурно-будівельна частина

1.1 Вихідні дані

Відповідно до виданого завдання бакалаврська кваліфікаційна робота передбачає розроблення проєктних рішень для будівництва виробничо-складської будівлі у м. Черкаси. Район будівництва визначено з урахуванням природно-кліматичних умов території, які впливають на прийняття архітектурно-будівельних, конструктивних та організаційно-технологічних рішень.

Згідно з положеннями ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія» та картою кліматичного районування території України, м. Черкаси належить до I кліматичного району. Проєктування об'єкта виконано з урахуванням демографічних, природно-кліматичних, інженерно-геологічних та інших місцевих умов, характерних для даної будівельно-кліматичної зони.

Таблиця 1.1 – Основні кліматичні параметри м. Черкаси

№ з/п	Кліматичний параметр району будівництва	Значення
1	Нормативне вітрове навантаження	450 Па
2	Нормативне снігове навантаження	1600 Па
3	Нормативна глибина промерзання ґрунту	1,0 м
5	Середня температура найбільш холодної доби	-29 °С
6	Абсолютна мінімальна температура повітря	-30 °С
7	Абсолютна максимальна температура повітря	+33 °С

За результатами аналізу даних [1] встановлено переважаючі напрями вітру для м. Черкаси: у січні домінують вітри західного напрямку, а в липні — північного напрямку.

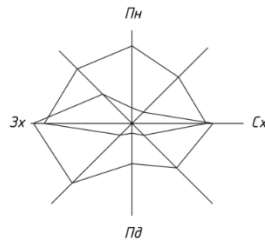


Рисунок 1.1 — Роза вітрів м. Черкаси

Ділянка з площею забудовлі 1063,24 м² на якій знаходиться проектована виробничо-складська будівля. Крім запроєктованої будівлі на ситуаційному плані знаходиться виробничий корпус.

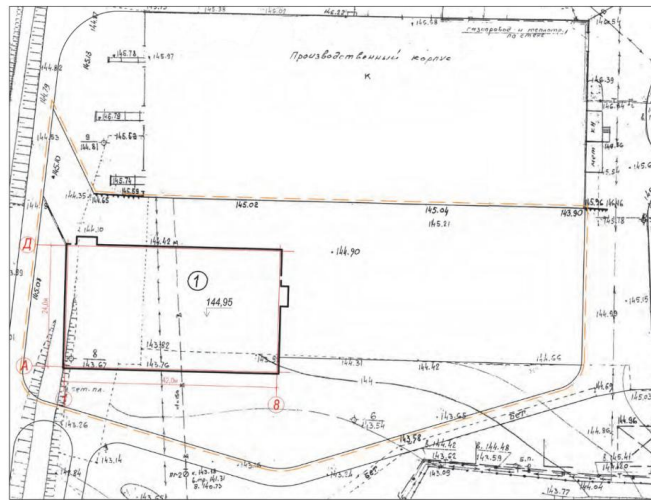


Рисунок 1.2 – Ситуаційний план виробничо-складської будівлі у м. Черкаси

1.2 Об'ємно-планувальне рішення виробничо-складської будівлі

Планувальна структура виробничо-складської будівлі розроблена з урахуванням сучасних вимог до функціональності, зручності експлуатації та можливості подальшої адаптації внутрішнього простору. Прийняте конструктивне рішення забезпечує вільне планування приміщень і дозволяє виконувати внутрішнє перепланування без порушення несучої здатності основних конструктивних елементів будівлі. Основою об'ємно-планувального рішення є створення належних умов для зберігання моторних човнів, що визначає габарити, висоту приміщення, організацію внутрішнього простору та інженерне забезпечення об'єкта.

Проектована виробничо-складська будівля є одноповерховою та має прямокутну форму в плані. Розміри будівлі в осях становлять 42 × 24 м.

Таблиця 1.2 – Основні об’ємно-планувальні характеристики

№ з/п	Показник	Значення
1	Крок між поперечними осями	6 м
2	Проліт між поздовжніми осями	6 м
3	Висота будівлі	7,8 м
4	Кількість поверхів	1

За умовну позначку 0.000 у проєкті прийнято рівень чистої підлоги приміщення.

Вертикальне планування території, система відведення дощових вод від будівлі, а також заходи з благоустрою ділянки передбачаються з урахуванням загальної організації майданчика, вимог експлуатації та прийнятих рішень щодо озеленення і ландшафтного оформлення території.

Для забезпечення необхідного повітрообміну в будівлі передбачено природну та природно-витяжну вентиляцію.

У виробничо-складській будівлі також передбачено підвальне приміщення, призначене для розміщення та пропуску інженерних комунікацій.

1.3 Характеристика конструктивних елементів виробничо-складської будівлі

Проектування виробничо-складської будівлі виконано за каркасною конструктивною системою. У такій схемі основні вертикальні навантаження сприймаються елементами несучого каркаса — колонами, ригелями та фермами, а горизонтальні зусилля передаються на систему перекриття, покриття та зв’язкові елементи. Прийнята конструктивна схема будівлі — рамна, що забезпечує просторову жорсткість, стійкість споруди та можливість ефективного використання внутрішнього простору.

Стіни

Зовнішні стіни виробничо-складської будівлі передбачено виконати з профільованого листа НС 35-1000-0,6, який кріпиться до металевих прогонів.

Таке рішення забезпечує достатню жорсткість огорожувальних конструкцій, простоту монтажу та технологічність виконання робіт.

Оздоблення фасадів передбачено із оцинкованого профільованого листа. Цокольна частина будівлі виконується по залізобетонних блоках з подальшим оштукатурюванням цементно-піщаним розчином. Внутрішнє оздоблення металевих поверхонь передбачає фарбування олійною фарбою у два шари з метою захисту конструкцій від корозії та покращення експлуатаційних властивостей.

Покрівля

Покриття будівлі запроектовано з профільованого листа НС 57-700-0,7, який укладається по металевих прогонах та спирається на металеві ферми. Конструкція покрівлі забезпечує сприйняття снігових, вітрових та експлуатаційних навантажень, а також надійну роботу огорожувальної частини будівлі.

Для відведення атмосферних опадів з покрівлі передбачено організований водовідвід, що дає змогу запобігти зволоженню стін, цоколя та вимощення навколо будівлі.

Вікна

Заповнення віконних прорізів передбачено металопластиковими віконними блоками зі склопакетами. Розміри віконних прорізів становлять 1200 × 6000 мм. Відмітка низу вікна прийнята на рівні +2,700 м, відмітка верху — +3,900 м. Загальна кількість вікон — 2 шт.

Після монтажу віконних блоків зазори між коробкою та конструкціями прорізу необхідно ретельно заповнити монтажною піною з подальшим захистом швів від атмосферного впливу.

Двері та ворота

У виробничо-складській будівлі передбачено встановлення металевих глухих дверних блоків. Розміри дверних прорізів становлять 1000 × 2100 мм, кількість дверей — 2 шт.

Крім того, для забезпечення зручного заїзду та виїзду транспортних засобів або переміщення великогабаритних об'єктів передбачено встановлення металевих ролет. Розміри прорізів для ролет становлять 4000×4000 мм, кількість — 2 шт.

Після встановлення дверних блоків та ролет монтажні зазори заповнюються монтажною піною з метою забезпечення герметичності та надійності вузлів примикання.

Підлога

Конструкція підлоги виробничо-складського приміщення прийнята багатошаровою, що забезпечує необхідну міцність, довговічність та стійкість до експлуатаційних навантажень.

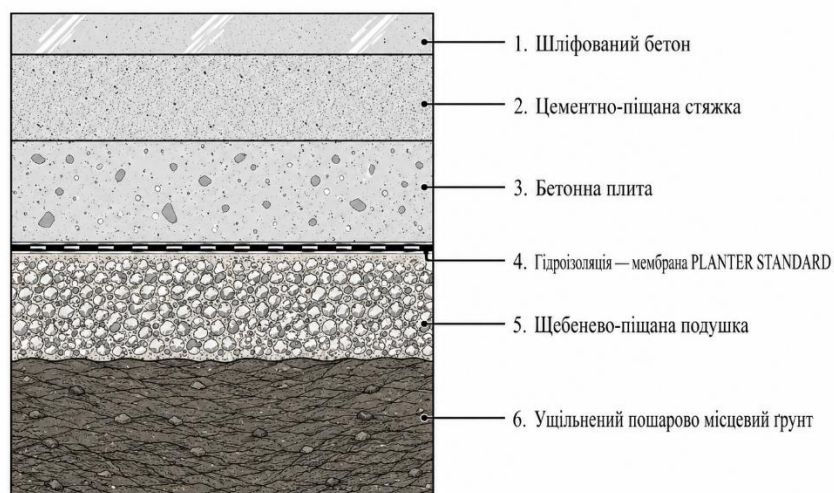


Рисунок 1.2 – Конструкція покриття підлоги

Прийнята конструкція підлоги забезпечує рівномірний розподіл навантажень на основу, захист від капілярного зволоження та необхідну надійність при експлуатації виробничо-складської будівлі.

1.4 Санітарно-технічне й інженерне обладнання

Санітарно-технічне та інженерне обладнання виробничо-складської будівлі передбачено з урахуванням її функціонального призначення, умов експлуатації, вимог безпеки та забезпечення належного санітарно-гігієнічного

стану приміщень. Проектована будівля призначена для зберігання моторних човнів, тому інженерні системи прийнято в обсязі, необхідному для нормальної експлуатації об'єкта, забезпечення пожежної безпеки, відведення атмосферних опадів та підтримання необхідних умов у приміщенні.

Таблиця 1.3 – Інженерного обладнання виробничо-складської будівлі

№ з/п	Інженерна система	Призначення
1	Водопостачання	Забезпечення господарсько-побутових та протипожежних потреб
2	Водовідведення	Відведення побутових і дощових стічних вод
3	Вентиляція	Забезпечення повітрообміну в приміщеннях
4	Електропостачання	Живлення освітлення та електрообладнання
5	Освітлення	Забезпечення нормативного рівня освітленості
6	Протипожежне обладнання	Забезпечення пожежної безпеки об'єкта

Водопостачання будівлі передбачається від існуючих або проєктованих зовнішніх мереж водопроводу. Вода використовується для господарсько-побутових потреб, прибирання приміщень, а також для забезпечення протипожежних заходів. У разі необхідності на території будівельного майданчика передбачається встановлення пожежних гідрантів або інших засобів зовнішнього пожежогасіння відповідно до вимог чинних нормативних документів [2].

Система водовідведення призначена для організованого відведення стічних вод від будівлі. Побутові стічні води, за наявності санітарних приладів, відводяться до зовнішньої каналізаційної мережі або локальної системи водовідведення. Відведення дощових і талих вод з покрівлі здійснюється через систему організованого водостоку. Це дозволяє запобігти зволоженню фасадів, цокольної частини будівлі, вимощення та ґрунтів основи.

Для забезпечення необхідного повітрообміну у виробничо-складській будівлі передбачено природну та природно-витяжну вентиляцію. Така система

забезпечує видалення надлишкової вологи, пилу та забрудненого повітря з приміщення. Приплив свіжого повітря здійснюється через віконні прорізи, двері, ворота та інші конструктивні елементи, а видалення повітря — через витяжні канали або вентиляційні пристрої [3].

Опалення виробничо-складської будівлі в межах даної роботи детально не розробляється, оскільки об'єкт має виробничо-складське призначення та не передбачає постійного перебування людей. За необхідності підтримання мінімальної температури в приміщенні можуть бути використані локальні системи опалення або повітряного обігріву, які уточнюються на наступних стадіях проектування.

Електропостачання будівлі передбачається від зовнішньої електричної мережі. Електроенергія використовується для роботи систем освітлення, вентиляційного обладнання, електроприводів воріт, а також іншого допоміжного обладнання. Внутрішні електричні мережі прокладаються з дотриманням вимог електробезпеки та пожежної безпеки [4].

Освітлення виробничо-складського приміщення передбачено природне та штучне. Природне освітлення забезпечується через віконні прорізи, розташовані в зовнішніх стінах будівлі. Штучне освітлення виконується за допомогою світильників, розміщених з урахуванням габаритів приміщення, характеру його використання та необхідності безпечного переміщення людей і техніки. Також передбачається аварійне освітлення на шляхах евакуації [5].

Протипожежне обладнання будівлі включає первинні засоби пожежогасіння: вогнегасники, пожежний інвентар, ящики з піском та інші необхідні засоби. Їх розміщення приймається у доступних місцях відповідно до вимог пожежної безпеки. Евакуаційні виходи, двері та ворота повинні забезпечувати можливість безпечного виходу людей із будівлі у разі виникнення аварійної ситуації [6].

У виробничо-складській будівлі передбачено підвальне приміщення для пропуску інженерних комунікацій. Таке рішення дає можливість раціонально

розмістити мережі, забезпечити доступ до них для огляду, обслуговування та ремонту.

Отже, прийняті рішення щодо санітарно-технічного та інженерного обладнання забезпечують необхідні умови для експлуатації виробничо-складської будівлі, сприяють підтриманню належного технічного стану об'єкта, підвищують рівень безпеки та відповідають функціональному призначенню споруди.

2. Розрахунково-конструктивна частина

2.1 Розрахунок надземної частини виробничо-складської будівлі

2.1.1 Розрахункова модель виробничо-складської будівлі в програмному комплексі SCAD Office

Просторовий розрахунок несучих конструкцій виробничо-складської будівлі виконано за допомогою програмного комплексу SCAD Office версії 11.5. Розрахункова схема будівлі прийнята у вигляді тривимірного каркаса, що дозволяє врахувати спільну роботу основних несучих елементів споруди.

Геометричні параметри колон, ригелів, балок, ферм та інших конструктивних елементів задані відповідно до прийнятих проєктних рішень. Просторова модель будівлі сформована з урахуванням фактичних розмірів споруди, розташування координаційних осей, висотних відміток, умов спирання та характеру прикладання навантажень.

У процесі розрахунку було розглянуто 7 основних варіантів завантаження, які найбільш повно характеризують роботу несучого каркаса будівлі. До них належать постійні, тимчасові, снігові, вітрові та інші навантаження, що можуть діяти на конструкції під час експлуатації об'єкта. Результати розрахунку подано у вигляді схем прикладання навантажень, епюр зусиль, переміщень та інших графічних матеріалів.

Розрахунок несучих конструкцій виконано із застосуванням проєктно-обчислювального комплексу SCAD, який призначений для моделювання будівельних конструкцій методом скінченних елементів. Програмний комплекс дає змогу виконувати статичні та динамічні розрахунки, перевіряти стійкість конструктивної системи, визначати найбільш несприятливі комбінації зусиль, а також виконувати перевірку несучої здатності залізобетонних і сталевих елементів [7].

У межах даної бакалаврської роботи використано ті можливості програмного комплексу SCAD, які необхідні для оцінювання напружено-

деформованого стану несучого каркаса виробничо-складської будівлі. Основну увагу приділено визначенню переміщень, внутрішніх зусиль, напружень у конструктивних елементах та перевірці роботи будівлі під дією основних розрахункових навантажень.

В основу чисельного розрахунку покладено метод скінченних елементів. За цією методикою реальна будівельна конструкція замінюється розрахунковою моделлю, яка складається з окремих елементів стандартного типу: стрижнів, пластин, оболонок або інших скінченних елементів.

У даній роботі несуча система виробничо-складської будівлі представлена у вигляді просторової каркасної моделі. Основними невідомими при розрахунку є переміщення та кути повороту вузлів розрахункової схеми. Такий підхід дає можливість визначити деформований стан конструкції, а також внутрішні зусилля, що виникають у її елементах під дією навантажень.

Тип скінченного елемента визначається його геометричною формою, характером роботи, способом з'єднання з іншими елементами та жорсткісними характеристиками. Для кожного елемента задаються відповідні параметри, зокрема площа перерізу, моменти інерції, модуль пружності матеріалу та інші характеристики, необхідні для коректного виконання розрахунку.

Вузли розрахункової схеми розглядаються як умовно жорсткі точки, через які здійснюється з'єднання окремих скінченних елементів. Кожен вузол просторової моделі має шість ступенів вільності: три лінійні переміщення вздовж координатних осей та три кути повороту відносно цих осей. Це дозволяє врахувати просторову роботу каркаса та отримати більш достовірні результати розрахунку [7].

Результати розрахунку несучих конструкцій у бакалаврській роботі наведено вибірково, у вигляді основних схем, таблиць та графічних матеріалів. Повний обсяг розрахункової інформації формується програмним комплексом SCAD та зберігається в електронному вигляді.

За результатами розрахунку визначено лінійні переміщення та кути повороту вузлів розрахункової схеми від дії окремих навантажень і їх

комбінацій. Значення переміщень дають можливість оцінити деформативність каркаса, перевірити загальну жорсткість будівлі та відповідність прийнятих конструктивних рішень вимогам експлуатаційної надійності.

Результати розрахунку переміщень наведено у відповідних таблицях програмного комплексу, зокрема в таблицях «Переміщення вузлів» та «Переміщення вузлів від комбінацій навантажень».

У результаті розрахунку також отримано значення внутрішніх зусиль і напружень у конструктивних елементах будівлі. Для стрижневих елементів визначаються поздовжні та поперечні сили, згинальні та крутні моменти. Ці дані використовуються для подальшої перевірки несучої здатності елементів каркаса.

Значення зусиль і напружень від окремих навантажень подано в таблиці «Зусилля/напруження елементів», а результати від розрахункових комбінацій — у таблиці «Зусилля/напруження елементів від комбінацій навантажень».

Для стрижневих елементів результати, як правило, виводяться в початковому та кінцевому перерізах елемента, а також у середині його довжини. За необхідності можуть бути отримані значення зусиль у додаткових проміжних перерізах. Для пластинчастих, оболонкових та об'ємних елементів напруження визначаються в центрі ваги елемента, а також у вузлах елемента за відповідним запитом користувача.

2.1.2 Збір навантаження на каркас виробничо-складської будівлі

Збір снігового навантаження

Визначення снігового навантаження на несучий каркас виробничо-складської будівлі виконано за допомогою програмного комплексу SCAD Office 11.5, модуль «Вест». Розрахунок проведено відповідно до вимог ДБН В.1.2-2:2006 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування» [8].

Снігове навантаження є одним із основних кліматичних впливів, які необхідно враховувати при проектуванні покриття, металевих ферм, прогонів, колон та інших елементів несучого каркаса. Його величина залежить від району

будівництва, форми та ухилу покрівлі, висоти будівлі, габаритів споруди, а також умов експлуатації покриття.

Для виконання розрахунку в програмному комплексі були задані вихідні параметри будівлі та району будівництва (м. Черкаси). Характеристичне значення снігового навантаження прийнято рівним $0,163 \text{ т/м}^2$. Висота розміщення будівельного об'єкта над рівнем моря прийнята $0,00 \text{ м}$.

Геометричні параметри будівлі, використані при визначенні снігового навантаження, прийнято такими: висота будівлі $H = 12 \text{ м}$, ширина будівлі $B = 24 \text{ м}$, розрахунковий параметр $h = 6,746 \text{ м}$, кут нахилу покрівлі $\alpha = 8^\circ$, довжина будівлі $L = 48 \text{ м}$.

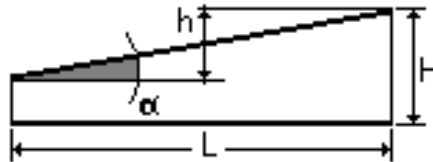


Рисунок 2.1 – Геометричні параметри будівлі

Покриття будівлі не належить до неутеплених конструкцій з підвищеним тепловиділенням, тому додатковий вплив тепловиділення на зменшення снігового навантаження не враховувався.

Для розрахунку прийнято такі коефіцієнти надійності:

- коефіцієнт надійності для граничного розрахункового значення — $1,14$;
- коефіцієнт надійності для експлуатаційного розрахункового значення — $0,49$.

Отримане снігове навантаження використовується для подальшого формування розрахункової схеми каркаса будівлі та прикладання навантажень до елементів покриття. У програмному комплексі SCAD Office навантаження задається у вигляді рівномірно розподіленого навантаження на покриття з подальшою передачею зусиль на прогони, ферми, колони та фундаменти.

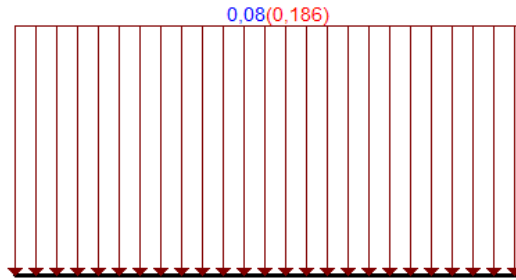


Рисунок 2.2 — Схема прикладання снігового навантаження на покриття будівлі

Одиниці виміру снігового навантаження — т/м^2 . Розрахунковий звіт сформовано програмою «Вест», версія 11.5, що входить до складу програмного комплексу SCAD Office. Отримані результати прийнято для подальшого розрахунку несучого каркаса виробничо-складської будівлі.

2.1.3 Побудова розрахункової схеми

У розрахунковій моделі враховано основні елементи каркаса будівлі: колони, ригелі, ферми, прогони та інші конструкції, які беруть участь у сприйнятті вертикальних і горизонтальних навантажень. Для зручності аналізу та перевірки правильності побудови моделі окремі фрагменти розрахункової схеми наведено у вигляді розрізів по характерних осях будівлі.

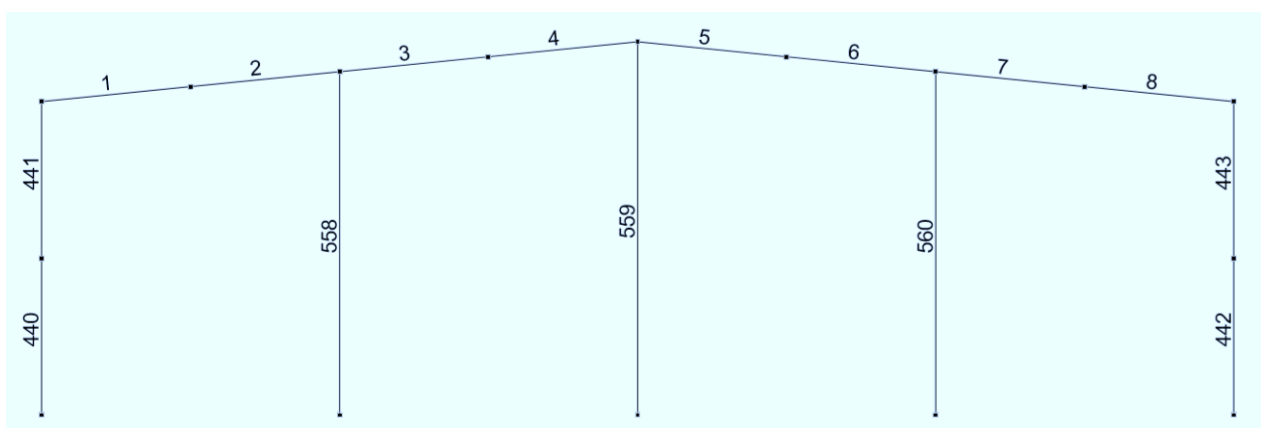


Рисунок 2.3 – Фрагмент розрахункової моделі по крайній осі 1 із зазначенням номерів елементів

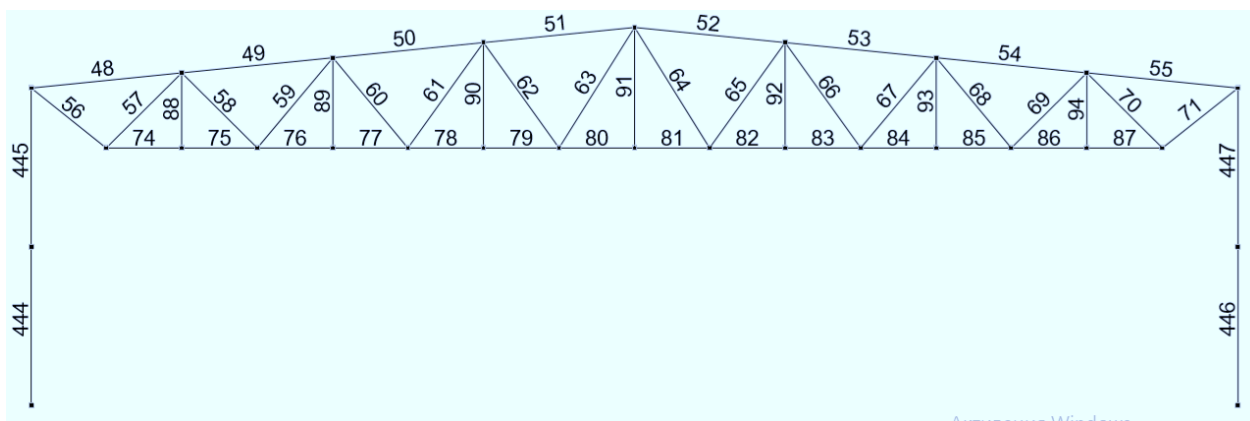


Рисунок 2.4 – Фрагмент розрахункової моделі по середній осі 2 із зазначенням номерів елементів

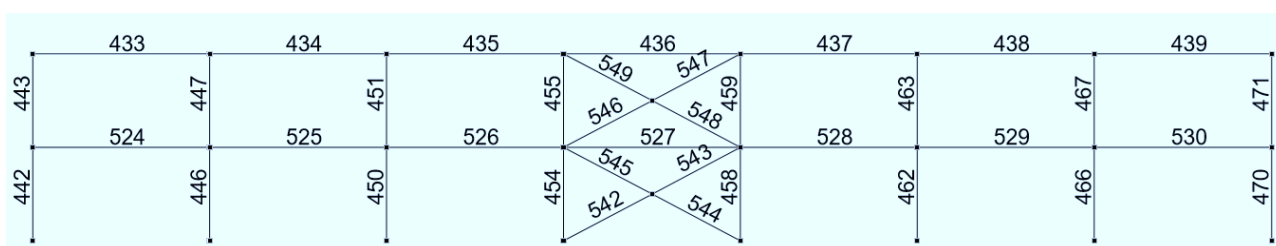


Рисунок 2.5 – Поперечний розріз розрахункової моделі по осі А з нумерацією елементів

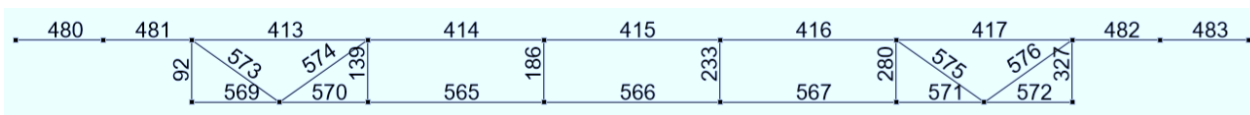


Рисунок 2.6 – Поперечний розріз розрахункової моделі по осі В з нумерацією елементів

Побудована модель використовується для подальшого прикладання навантажень, формування розрахункових комбінацій і визначення напружено-деформованого стану конструкцій виробничо-складської будівлі.

2.1.4 Завантаження каркаса будівлі

Після побудови просторової розрахункової моделі виконано прикладання навантажень, які діють на несучий каркас виробничо-складської будівлі. У програмному комплексі SCAD Office навантаження задано окремими завантаженнями, що дозволяє надалі сформувати розрахункові сполучення та визначити найбільш несприятливі зусилля в елементах каркаса.

До розрахункової моделі прикладено такі основні види навантажень: власна вага конструкцій, постійне навантаження від елементів покриття, тимчасове експлуатаційне навантаження, снігове та вітрове навантаження. Кожне завантаження розглянуто окремо з метою коректного аналізу роботи конструктивної системи будівлі.

Завантаження № 1 — власна вага конструкцій

Перше завантаження враховує власну вагу елементів несучого каркаса будівлі. До нього належить вага колон, ригелів, ферм, прогонів та інших конструктивних елементів, які входять до складу розрахункової схеми. Власна вага визначається автоматично програмним комплексом відповідно до заданих геометричних характеристик перерізів і фізико-механічних властивостей матеріалів.

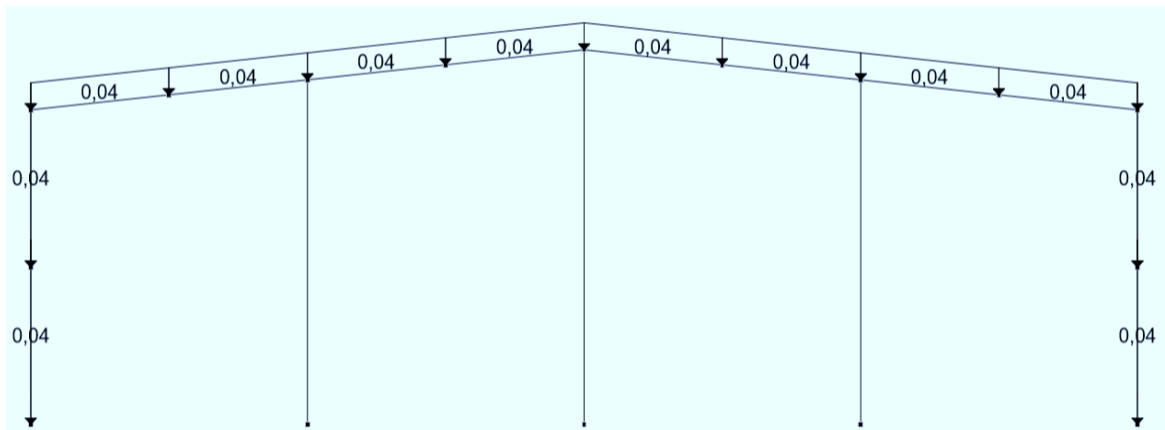


Рисунок 2.7 — Схема прикладання завантаження № 1 «Власна вага» на крайню раму по осі 1

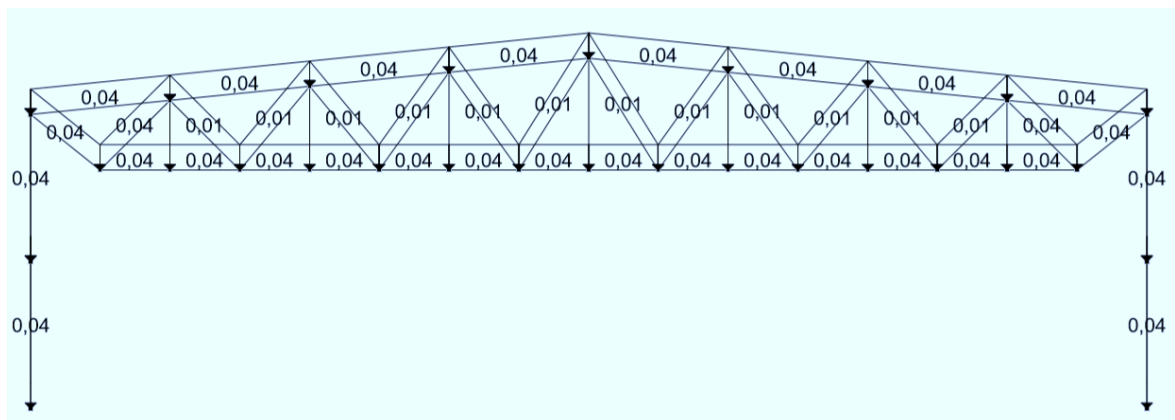


Рисунок 2.8 — Схема прикладання завантаження № 1 «Власна вага» на середню раму по осі 2

Завантаження № 2 — постійне навантаження

Друге завантаження враховує постійні навантаження, які передаються на каркас від конструкцій покриття та інших незмінних елементів будівлі. До таких навантажень належать вага покрівельного настилу, прогонів, огорожувальних елементів, а також навантаження від конструкцій, що постійно діють у процесі експлуатації споруди.

Постійне навантаження передається на несучі елементи каркаса через систему покриття та вузли спирання, що забезпечує його подальший розподіл на колони та фундаменти.

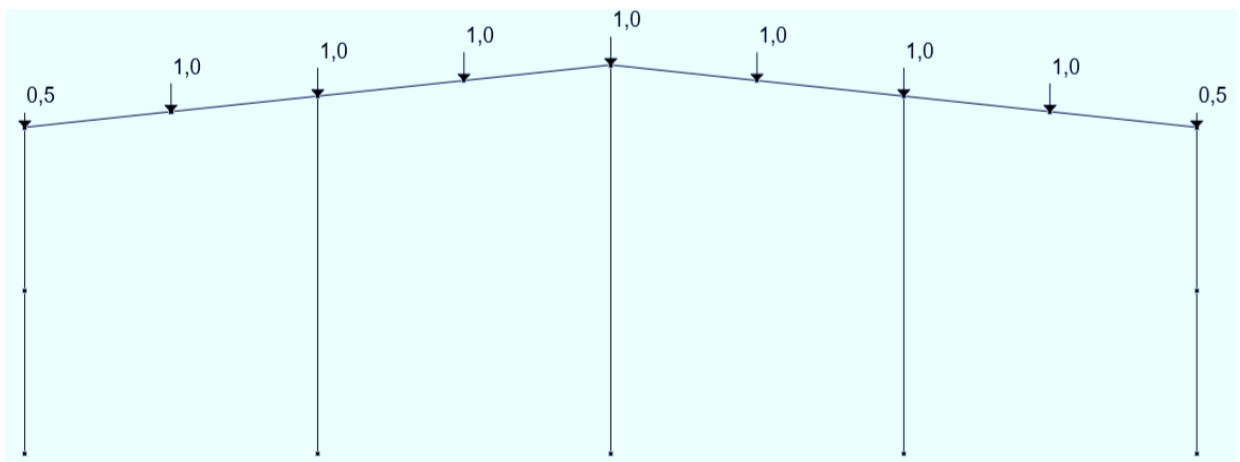


Рисунок 2.9 — Схема прикладання завантаження № 2 «Постійне навантаження від покрівлі» на крайню раму по осі 1

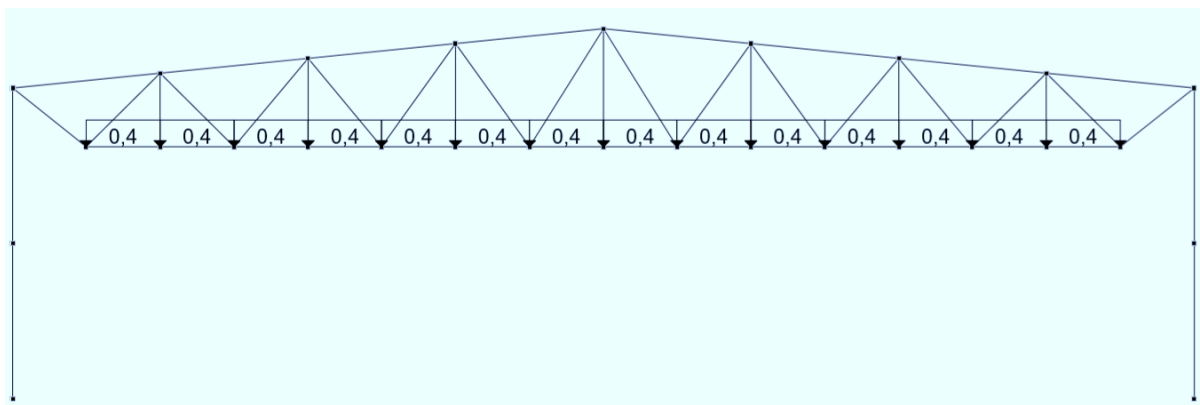


Рисунок 2.10 — Схема прикладання завантаження № 2 «Постійне навантаження від нижнього поясу» на раму по осі 2

Завантаження № 3 — тимчасове навантаження

Третє завантаження враховує тимчасові навантаження, які можуть виникати під час експлуатації будівлі. Такі навантаження не діють постійно, однак повинні бути враховані при перевірці несучої здатності та деформативності конструкцій.

До тимчасових навантажень можуть належати експлуатаційні впливи, навантаження від обладнання, обслуговування конструкцій покриття, а також інші змінні дії, передбачені умовами роботи виробничо-складської будівлі.

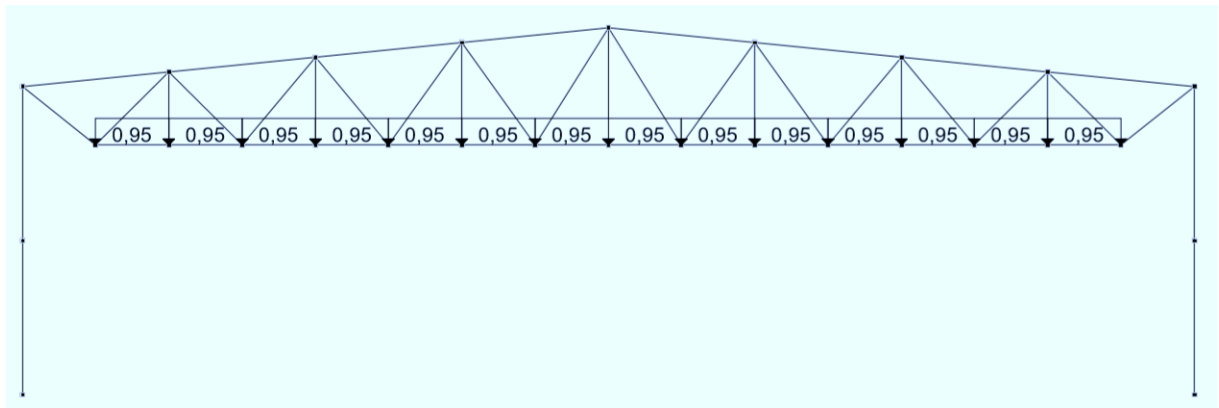


Рисунок 2.11 — Схема прикладання завантаження № 3 «Тимчасове навантаження» на елементи каркаса будівлі

Завантаження № 4 — снігове навантаження

Четверте завантаження враховує дію снігового навантаження на покриття будівлі. Снігове навантаження є кліматичним впливом і залежить від району будівництва, форми покрівлі, її ухилу та умов накопичення снігу.

У розрахунковій схемі снігове навантаження прикладено до елементів покриття з урахуванням можливого нерівномірного розподілу по лівій та правій частинах каркаса. Такий підхід дозволяє оцінити роботу конструкцій при різних варіантах снігового впливу.

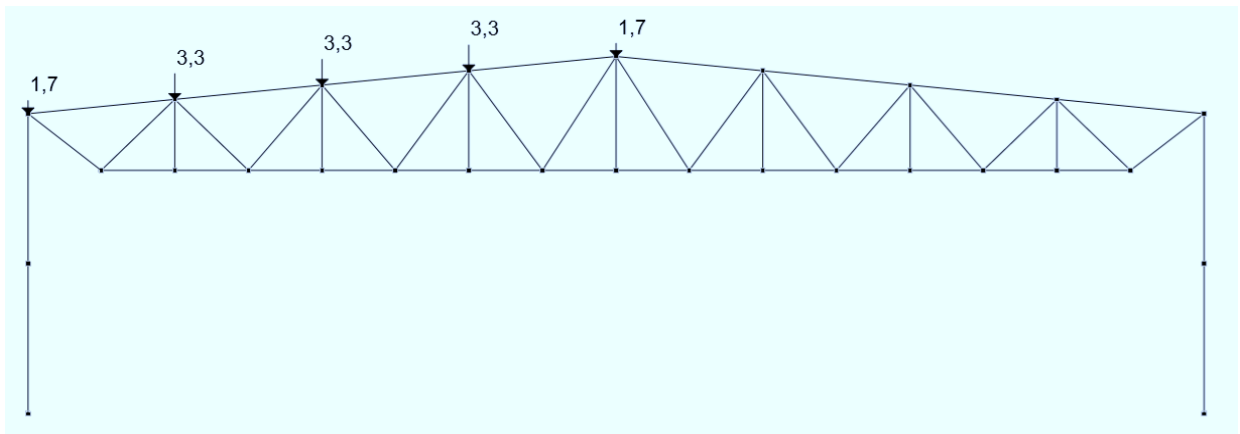


Рисунок 2.12 — Схема прикладання завантаження № 4 «Снігове навантаження» на ліву частину каркаса будівлі

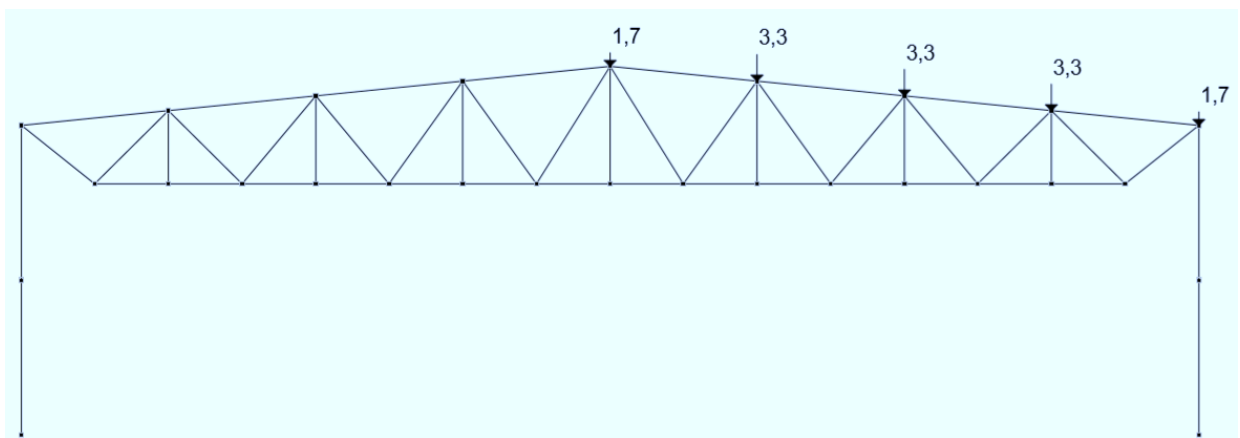


Рисунок 2.13 — Схема прикладання завантаження № 4 «Снігове навантаження» на праву частину каркаса будівлі

Завантаження № 5 — вітрове навантаження

П'яте завантаження враховує дію вітрового навантаження на будівлю. Вітровий вплив прикладається до огорожувальних і несучих конструкцій та передається на каркас будівлі. У розрахунку враховано два основні напрями дії вітру: фронтальний і торцевий.

Фронтальне вітрове навантаження діє на поздовжню сторону будівлі, а торцеве — на торцеву частину споруди. Розгляд цих варіантів дозволяє визначити найбільш несприятливі зусилля в елементах каркаса від горизонтальних кліматичних впливів.

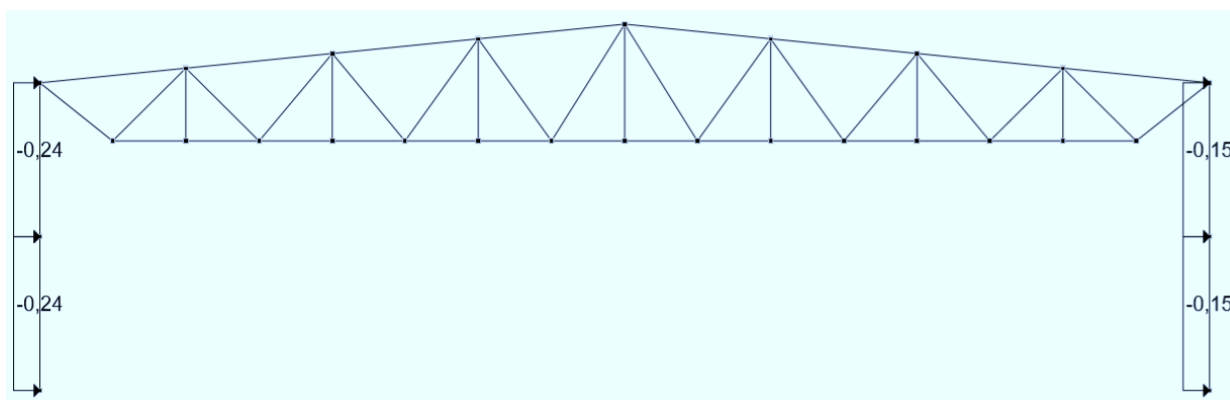


Рисунок 2.14 — Схема прикладання завантаження № 5 «Фронтальне вітрове навантаження»

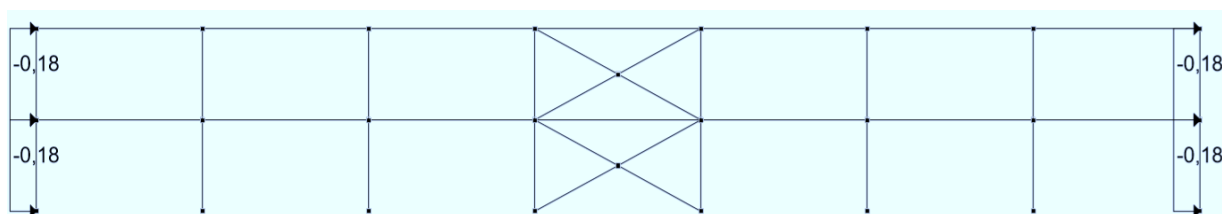


Рисунок 2.15 — Схема прикладання завантаження № 5 «Торцеве вітрове навантаження»

2.1.5 Розрахунок прогонів

У даному підрозділі виконано збір навантажень на металевий прогін покриття виробничо-складської будівлі. Прогін сприймає навантаження від конструкції покриття, власної ваги та снігового навантаження і передає їх на основні несучі елементи каркаса.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунку

№ з/п	Найменування параметра	Значення
1	Довжина прогону	6,0 м
2	Крок прогонів	3,0 м
3	Матеріал прогону	сталь С245
4	Розрахункова схема	однопрогонова балка
5	Нормативний документ для розрахунку	ДБН В.2.6-198:2014 [9]

2.1.6 Збір навантаження від покриття

Навантаження на прогін визначається з урахуванням постійних і тимчасових впливів. До постійних навантажень належать вага профільованого листа покриття та власна вага металевого прогону. До тимчасових навантажень віднесено снігове навантаження, яке діє на покриття будівлі.

Таблиця 2.2 — Збір навантаження від покриття

№ з/п	Склад навантаження	Нормативне навантаження, кПа	Коефіцієнт перевантаження η	Розрахункове навантаження, кПа
1	Профільований лист	0,09	1,3	0,12
2	Власна вага прогону	0,08	1,2	0,10
	Разом постійне навантаження			0,21
3	Снігове навантаження	0,16	1,14	0,18
	Разом тимчасове навантаження			0,18
	Усього			0,39

2.1.7 Визначення погонного навантаження на один прогін

Погонне навантаження на один металевий прогін визначається шляхом множення сумарного розрахункового навантаження на вантажну ширину, що дорівнює кроку прогонів:

$$q = (q_{\text{пост}} + q_{\text{сн}}) \cdot B \quad (2.1)$$

де: q — погонне навантаження на прогін, т/м;

$q_{\text{пост}}$ — розрахункове навантаження від конструкції покриття, кПа;

$q_{\text{сн}}$ — розрахункове снігове навантаження, кПа;

B — крок прогонів, м.

При кроці прогонів $B = 6,0$ м:

$$q = (0,0209 + 0,186) \cdot 6,0 = 1,2 \text{ т/м}$$

Таким чином, розрахункове погонне навантаження на один прогін становить: $q = 1,2 \text{ т/м}$.

2.1.8 Розрахунок металевого прогону

Розрахунок металевого прогону виконано за допомогою програмного комплексу SCAD Office 11.5, модуль «Кристал». Розрахунок проведено відповідно до вимог ДБН В.2.6-198:2014 «Сталеві конструкції. Норми проектування» [9].

Для прогону прийнято сталь С245. Конструкція належить до 2-ї групи конструкцій.

Таблиця 2.3 – Основні коефіцієнти, прийняті при розрахунку

№ з/п	Найменування коефіцієнта	Значення
1	Коефіцієнт надійності за відповідальністю	1,0
2	Коефіцієнт надійності за відповідальністю для 2-го граничного стану	1,0
3	Коефіцієнт умов роботи	1,0

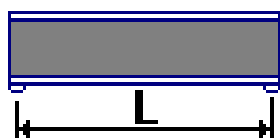


Рисунок 2.16 — Схема металевого прогону покриття

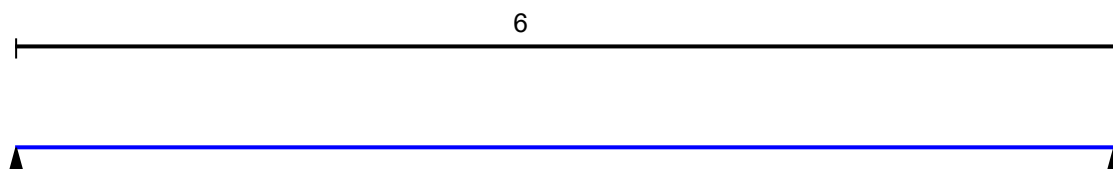


Рисунок 2.17 — Конструктивна схема металевого прогону

У розрахунковій схемі металевого прогону прийнято закріплення від поперечних зсувів по обох кінцях елемента. Таке закріплення відповідає умовам спирання прогону на несучі конструкції покриття.

Таблиця 2.4 — Умови закріплення металевого прогону

Вид переміщення	Ліворуч	Праворуч
Зсув уздовж осі Y	закріплено	закріплено
Зсув уздовж осі Z	закріплено	закріплено

За результатами підбору в програмному комплексі прийнято профіль: швелер з ухилом полиць №24 [10].

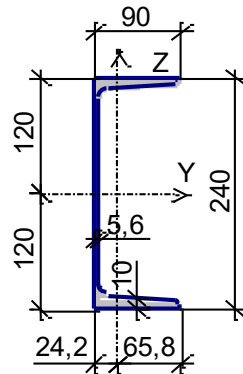


Рисунок 2.18 — Схема швелеру з ухилом полиць

Для розрахунку прогону в програмному комплексі задано постійне навантаження, яке прикладається до верхнього поясу елемента.

Таблиця 2.5 — Навантаження на металевий прогін

Найменування навантаження	Значення	
Постійне навантаження	0,024 т/м	
Довжина прогону	6,0 м	
Загальне погонне навантаження	1,241 т/м	

Таблиця 2.6 — Параметри постійного навантаження

Параметр	Значення	
Вид навантаження	постійне	
Коефіцієнт надійності за навантаженням	1,1	
Пояс, до якого прикладено навантаження	верхній	

2.1.9 Результати розрахунку металевого прогону

За результатами розрахунку металевого прогону, виконаного у програмному комплексі SCAD Office 11.5 «Кристал», здійснено перевірку елемента за основними критеріями несучої здатності та стійкості відповідно до вимог [9].

Найбільше значення коефіцієнта використання становить 0,963 і отримане для перевірки міцності при дії згинального моменту, а також для перевірки стійкості плоскої форми згину. Оскільки значення коефіцієнта використання не перевищує одиниці, прийнятий переріз металевого прогону задовольняє вимоги несучої здатності за розглянутими перевірками.

Міцність прогону при дії поперечної сили забезпечується зі значним запасом, оскільки коефіцієнт використання становить 0,226. Найбільш напруженим для даного елемента є робота на згин, що підтверджується найбільшим значенням коефіцієнта використання.

Максимальний прогин металевого прогону за результатами розрахунку становить: $f_{max} = 0,032 \text{ м} = 32 \text{ мм}$.

Отримане значення прогину необхідно враховувати при перевірці елемента за другим граничним станом та порівняти з допустимим значенням прогину для прийнятої розрахункової схеми й умов експлуатації покриття.

За результатами розрахунку встановлено, що прийнятий металевий прогін забезпечує необхідну міцність при дії поперечної сили та згинального моменту. Найбільш навантаженим є переріз за згинальним моментом, однак коефіцієнт використання $0,963 < 1,0$, що свідчить про відповідність прийнятого перерізу вимогам міцності та стійкості.

2.2 Розрахунок підземної частини виробничо-складської будівлі

2.2.1 Інженерно-геологічні умови будівельного майданчика

За результатами інженерно-геологічних вишукувань у межах ділянки виділено чотири інженерно-геологічні елементи, характеристику яких наведено в таблиці 2.7.

У верхній частині ґрунтового масиву залягають насипні ґрунти, віднесені до ІГЕ-1. Вони представлені суглинками з домішками будівельного та побутового сміття від 10 до 20 %. Потужність цього шару змінюється в межах 0,5–2,6 м. Такі ґрунти мають неоднорідний склад, можуть характеризуватися нерівномірною щільністю та зниженою несучою здатністю, тому їх не рекомендується використовувати як надійну природну основу без додаткового обґрунтування або підготовки.

Нижче або локально в межах верхньої частини розрізу виділено ІГЕ-2 — ґрунтово-рослинний шар, представлений суглинками з домішками рослинних залишків. Потужність шару становить 0,6–0,8 м. У зв'язку з наявністю органічних включень та нестабільністю властивостей цей шар також не може розглядатися як надійна основа для спирання фундаментів.

Основну частину інженерно-геологічного розрізу складають природні суглинки напівтвердої консистенції, які віднесено до ІГЕ-3 та ІГЕ-4. Саме ці ґрунти мають кращі деформаційні та міцнісні характеристики порівняно з верхніми шарами і можуть розглядатися як несучий шар основи.

ІГЕ-3 представлений суглинками напівтвердими. Потужність шару становить 3,0–3,2 м. Для цього шару прийнято такі основні характеристики: питома вага ґрунту — 26,66; 18,99; 14,88 кН/м³ залежно від розрахункового стану, питоме зчеплення — 0,018, кут внутрішнього тертя — 17°, 16° та 14°, модуль деформації — 10 МПа, розрахунковий опір — 190 кПа.

ІГЕ-4 також представлений напівтвердими суглинками. Порівняно з ІГЕ-3 цей шар має дещо вищі деформаційні характеристики: модуль деформації становить 14 МПа, питоме зчеплення — 0,020, кут внутрішнього тертя — 18°,

17° та 16°. Питома вага ґрунту для цього шару становить 26,69; 19,16; 15,12 кН/м³.

Таблиця 2.7 – Узагальнена характеристика ґрунтових умов

Інженерно-геологічний елемент	Опис ґрунту	Потужність шару, м	Основні характеристики
ІГЕ-1	Насипні ґрунти, представлені суглинками з домішками будівельного та побутового сміття	0,5–2,6	Неоднорідний шар, розрахунковий опір — 100 кПа
ІГЕ-2	Ґрунтово-рослинний шар, суглинки з домішками рослинних залишків	0,6–0,8	Органічні включення, розрахунковий опір — 100 кПа
ІГЕ-3	Суглинки напівтверді	3,0–3,2	$E = 10$ МПа, $\varphi = 17\text{--}14^\circ$, $R_0 = 190$ кПа
ІГЕ-4	Суглинки напівтверді	не наведено	$E = 14$ МПа, $\varphi = 18\text{--}16^\circ$

Аналіз інженерно-геологічної будови ділянки показує, що верхні шари ґрунтів — насипні ґрунти та ґрунтово-рослинний шар — мають обмежену придатність для сприйняття навантажень від будівлі. Їхня неоднорідність, наявність органічних домішок і будівельного сміття можуть спричиняти нерівномірні деформації основи. Тому при проєктуванні фундаментів необхідно передбачити зняття слабких верхніх шарів або розміщення підшви фундаментів нижче їх залягання.

Найбільш сприятливими для сприйняття навантажень є природні напівтверді суглинки ІГЕ-3 та ІГЕ-4, які мають достатні показники міцності та деформативності. З урахуванням наведених характеристик основним несучим шаром для фундаментів доцільно приймати природні суглинки напівтвердої консистенції.

2.2.2 Розрахунок глибини закладання підшви фундаменту

Розрахунок виконано відповідно до вимог ДБН В.2.1-10:2018 «Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення» та за [11]. Глибина закладання фундаменту від рівня планування прийнята: $d = 2,55$ м.

Таблиця 2.7 – Розрахункові характеристики ґрунту

Показник	Позначення	Значення
Коефіцієнт умов роботи основи	γ_{c1}	1,25
Коефіцієнт умов роботи споруди	γ_{c2}	1,00
Кут внутрішнього тертя ґрунту	φ_{II}	16°
Питоме зчеплення ґрунту	c_{II}	0,02 кПа ²
Середня питома вага ґрунту нижче підшви	γ_{II}	1,8 г/см ³
Середня питома вага ґрунту вище підшви	γ'_{II}	1,9 г/см ³
Глибина закладання фундаменту	d	2,55 м

Попереднє визначення розмірів підшви фундаменту

Попередня ширина підшви фундаменту визначається за формулою [11]:

$$b = \sqrt{\frac{N_{II}}{R - \gamma_{mt} \cdot d}} \quad (2.2)$$

де N_{II} — розрахункове вертикальне навантаження на фундамент;

R — розрахунковий опір ґрунту основи;

γ_{mt} — усереднена питома вага матеріалу фундаменту та ґрунту на його уступах;

d — глибина закладання фундаменту.

На першому етапі розрахунку прийнято: $N_{II} = 290,47$ кН, $R_0 = 110$ кПа.

Тоді попередня ширина підшви фундаменту становить:

$$b_0 = \sqrt{\frac{290,47}{110 - 20 \cdot 2,55}} = 2,23 \text{ м.}$$

Після уточнення розрахункового опору ґрунту основи методом послідовних наближень отримано: $R_1 = 125,35$ кПа, $b_1 = 1,97$ м.

На наступному етапі розрахунковий опір ґрунту основи становив: $R_2 = 110,41$ кПа.

Відповідна ширина підшви фундаменту прийнята: $b_2 = 2,00$ м.
Різниця між двома останніми наближеннями становить:

$$b_2 - b_1 = 2,00 - 1,97 = 0,03 \text{ м} < 0,10 \text{ м}.$$

Оскільки різниця між послідовними значеннями ширини підшви не перевищує $0,10$ м, уточнення розмірів фундаменту можна вважати завершеним [11]. Методичні рекомендації до розрахунку фундаментів передбачають послідовне уточнення значень b та R до виконання умови $|b_i - b_{i-1}| \leq 0,1$ м.

З урахуванням конструктивних вимог, модульності розмірів та необхідності забезпечення роботи фундаменту при позacentровому навантаженні приймаємо прямокутну підшву фундаменту розмірами: $a \times b = 1,8 \times 2,4$ м. Площа підшви фундаменту: $A = 1,8 \cdot 2,4 = 4,32 \text{ м}^2$.

2.2.3 Перевірка тиску під підшвою фундаменту

Перевірку виконуємо за умовами: $P_{\text{сеп}} \leq R$, $P_{\text{max}} \leq 1,2R$, $P_{\text{min}} > 0$.
Загальне вертикальне навантаження з урахуванням ваги фундаменту та ґрунту на його уступах визначаємо за формулою [11]:

$$N = N_0 + A \cdot d \cdot \gamma_{\text{mt}}. \quad (2.3)$$

Приймаємо: $N_0 = 80$ кН, $\gamma_{\text{mt}} = 20$ кН/м³.

Тоді:

$$N = 80 + 1,8 \cdot 2,4 \cdot 2,55 \cdot 20 = 300,32 \text{ кН}.$$

Середній тиск під підшвою фундаменту [11]:

$$P_{\text{сеп}} = \frac{N}{A} = \frac{300,32}{4,32} = 69,5 \text{ кПа}. \quad (2.4)$$

Розрахунковий момент відносно центра підшви фундаменту:

$$M = 35,9 + 10,4 \cdot 2,5 = 61,9 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Момент опору підшви фундаменту:

$$W = \frac{1,8 \cdot 2,4^2}{6} = 1,728 \text{ м}^3.$$

Додатковий тиск від дії моменту:

$$\frac{M}{W} = \frac{61,9}{1,728} = 35,8 \text{ кПа}.$$

Максимальний тиск під подошвою фундаменту:

$$P_{max} = P_{сер} + \frac{M}{W} = 69,5 + 35,8 = 105,3 \text{ кПа.} \quad (2.5)$$

Мінімальний тиск під подошвою фундаменту:

$$P_{min} = P_{сер} - \frac{M}{W} = 69,5 - 35,8 = 33,7 \text{ кПа.} \quad (2.6)$$

Приймаємо розрахунковий опір ґрунту основи:

$$R = 110,66 \text{ кПа.}$$

Перевірка умов:

$$P_{сер} = 69,5 \text{ кПа} < R = 110,66 \text{ кПа};$$

$$P_{max} = 105,3 \text{ кПа} < 1,2R = 132,8 \text{ кПа};$$

$$P_{min} = 33,7 \text{ кПа} > 0.$$

Отже, умови несучої здатності основи під подошвою фундаменту виконуються. Прийняті розміри фундаменту $1,8 \times 2,4$ м забезпечують допустимий рівень середнього та максимального тиску на ґрунт основи.

2.2.4 Розрахунок осідання фундаменту

Розрахунок осідання фундаменту виконано для прийнятої подошви розмірами: $1,8 \times 2,4$ м.

Глибина закладання подошви фундаменту від рівня планування становить: $H = 2,55$ м.

Гранично допустима величина осідання фундаменту прийнята [11] : $S_u = 50$ мм.

Розрахунок осідання фундаментів неглибокого закладання виконується методом пошарового підсумовування; у методичних рекомендаціях зазначено, що результати такого розрахунку доцільно подавати у табличній формі, а товщину елементарного шару приймати залежно від ширини фундаменту.

Таблиця 2.8 – Характеристики ґрунтів, прийняті для розрахунку осідання

№ шару	Найменування ґрунту	Товщина шару, м	Питома вага, т/м ³	Питоме зчеплення, т/м ²	Кут внутрішнього тертя, град	Модуль деформації, т/м ²
1	Суглинок	2,75	1,8	0,018	16	1019
2	Суглинок	15,0	1,9	0,002	17	1427

Таблиця 2.9 – Результати розрахунку

Показник	Значення
Розрахунковий опір ґрунту в рівні підшви фундаменту	11,276 т/м ²
Середній тиск у рівні підшви фундаменту	11,813 т/м ²
Осідання основи	16,817 мм
Глибина стисливої товщі	3,47 м
Коефіцієнт постелі	702,437 т/м ³
Граничний опір ґрунту основи	38,59 т/м ²
Осідання при тиску, рівному розрахунковому	0,016 м

Оскільки розрахункове осідання фундаменту становить: $S = 16,817$ мм, а допустиме осідання: $S_u = 50$ мм, отримуємо: $S = 16,817$ мм $<$ $S_u = 50$ мм.

Отже, умова за деформаціями виконується, а прийнятий фундамент забезпечує допустиме осідання основи.

За результатами виконаного розрахунку прийнято окремо розташований фундамент неглибокого закладання з розмірами підшви: $1,8 \times 2,4$ м.

Глибина закладання фундаменту від рівня планування становить: $d = 2,55$ м.

Перевірка тиску під підшвою фундаменту показала, що середній, максимальний та мінімальний тиски відповідають умовам роботи основи:

$$P_{\text{сеп}} \leq R,$$

$$P_{\text{max}} \leq 1,2R,$$

$$P_{\text{min}} > 0.$$

Розрахункове осідання фундаменту становить 16,8 мм, що не перевищує допустиме значення 50 мм. Отже, прийняті розміри фундаменту є достатніми за умовами несучої здатності та деформативності основи.

2.2.5 Армування фундаменту

Армування фундаменту виконується для окремо розташованого монолітного залізобетонного фундаменту під елемент каркаса виробничо-складської будівлі.

Таблиця 2.10 – Вихідні дані для армування фундаменту

Показник	Позначення	Значення
Довжина підшви фундаменту	A	2,4 м
Ширина підшви фундаменту	B	1,8 м
Середній тиск під підшвою	$P_{\text{сер}}$	69,5 кПа
Максимальний тиск під підшвою	P_{max}	105,3 кПа
Мінімальний тиск під підшвою	P_{min}	33,7 кПа
Прийнята висота фундаменту	h	500 мм
Захисний шар бетону	a	70 мм
Клас робочої арматури		A400C
Діаметр робочої арматури		Ø12 мм
Розрахунковий опір арматури	R_s	365 МПа

Для розрахунку приймаємо розмір підколонника або бази колони в плані 400×400 мм. За відсутності точних даних цей розмір прийнято конструктивно для виконання попереднього розрахунку армування.

Робоча висота перерізу фундаменту:

$$h_0 = h - a - \frac{d_s}{2} \quad (2.7)$$

$$h_0 = 500 - 70 - \frac{12}{2} = 424 \text{ мм.}$$

Визначення згинальних моментів

Фундаментна плита працює як консольна залізобетонна плита, яка сприймає реактивний тиск ґрунту знизу. Найбільші згинальні моменти виникають у перерізах біля грані підколонника.

Виліт фундаменту в напрямку довшої сторони:

$$c_x = \frac{2,4 - 0,4}{2} = 1,0 \text{ м.}$$

Виліт фундаменту в напрямку коротшої сторони:

$$c_y = \frac{1,8 - 0,4}{2} = 0,7 \text{ м.}$$

Для розрахунку приймаємо максимальний тиск під подошвою:

$$P_{max} = 105,3 \text{ кПа.}$$

Згинальний момент у напрямку довшої сторони фундаменту:

$$M_x = \frac{P_{max} \cdot B \cdot c_x^2}{2}$$
$$M_x = \frac{105,3 \cdot 1,8 \cdot 1,0^2}{2} = 94,8 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Згинальний момент у напрямку коротшої сторони фундаменту:

$$M_y = \frac{P_{max} \cdot A \cdot c_y^2}{2}$$
$$M_y = \frac{105,3 \cdot 2,4 \cdot 0,7^2}{2} = 61,9 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Необхідна площа робочої арматури визначається за формулою:

$$A_s = \frac{M}{0,9 \cdot h_0 \cdot R_s} \quad (2.8)$$

Для напрямку довшої сторони фундаменту:

$$A_{sx} = \frac{94,8 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 424 \cdot 365} = 681 \text{ мм}^2.$$

Для напрямку коротшої сторони фундаменту:

$$A_{sy} = \frac{61,9 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 424 \cdot 365} = 445 \text{ мм}^2.$$

Отже, необхідна площа робочої арматури становить:

$$A_{sx} = 681 \text{ мм}^2;$$

$$A_{sy} = 445 \text{ мм}^2.$$

Для армування фундаменту приймаємо нижню робочу сітку зі стрижнів Ø12 А400С з кроком 200 мм у двох взаємно перпендикулярних напрямках.

Площа одного стрижня Ø12: $A_{\phi 12} = 113 \text{ мм}^2$.

У напрямку довшої сторони фундаменту приймаємо орієнтовно 10 стрижнів Ø12 А400С: $A_{s, \text{прийн.}x} = 10 \cdot 113 = 1130 \text{ мм}^2$.

У напрямку коротшої сторони фундаменту приймаємо орієнтовно 13 стрижнів Ø12 А400С: $A_{s, \text{прийн.}y} = 13 \cdot 113 = 1469 \text{ мм}^2$.

Перевірка прийнятого армування:

$$A_{s, \text{прийн.}x} = 1130 \text{ мм}^2 > A_{sx} = 681 \text{ мм}^2;$$

$$A_{s, \text{прийн.}y} = 1469 \text{ мм}^2 > A_{sy} = 445 \text{ мм}^2.$$

Отже, прийнята нижня арматурна сітка забезпечує необхідну несучу здатність фундаменту за згином.

Основне робоче армування розташовується в нижній зоні фундаменту, оскільки під дією реактивного тиску ґрунту нижня частина фундаментної плити працює на розтяг. Стрижні укладаються у двох напрямках із формуванням нижньої арматурної сітки.

Для забезпечення просторової жорсткості арматурного каркаса, фіксації положення робочих стрижнів та зменшення ризику утворення тріщин у зоні підколонника додатково передбачається конструктивна верхня сітка зі стрижнів Ø10 мм з кроком 250 мм.

Таблиця 2.11 – Відомість арматури фундаменту

№ позиції	Найменування	Діаметр і клас арматури	Кількість, шт.	Орієнтовна довжина одного стрижня, м	Примітка
1	Нижні робочі стрижні	Ø12 А400С	10	2,26	Нижня сітка

	вздовж довшої сторони				
2	Нижні робочі стрижні вздовж коротшої сторони	Ø12 A400C	13	1,66	Нижня сітка
3	Верхня конструктивн а арматура в зоні підколонника	Ø10 A240C / A400C	за розкладко ю	за місцем	Конструктивн о

Орієнтовна довжина нижньої робочої арматури: $L_1 = 10 \cdot 2,26 = 22,6$ м;
 $L_2 = 13 \cdot 1,66 = 21,58$ м.

Загальна довжина робочої арматури Ø12: $L_{\Sigma} = 22,6 + 21,58 = 44,18$ м.

Маса одного погонного метра арматури Ø12 становить приблизно 0,888 кг/м.

Орієнтовна маса робочої арматури: $G = 44,18 \cdot 0,888 = 39,2$ кг.
З урахуванням запасу на різання, монтаж і нахлести приймаємо орієнтовну витрату робочої арматури: $G_{\text{прийн.}} \approx 43$ кг.

3. Технологія та організація будівельного виробництва

3.1 Підготовка будівництва об'єкта виробничо-складської будівлі

Підготовка будівництва виробничо-складської будівлі в м. Черкаси передбачає комплекс організаційних, технічних і технологічних заходів, спрямованих на створення належних умов для своєчасного та безпечного виконання будівельно-монтажних робіт. До робіт підготовчого періоду належать проєктно-вишукувальні роботи, інженерна підготовка території та організація будівельного майданчика [13].

Перед початком основних робіт виконується аналіз проєктно-кошторисної документації, уточнюються обсяги робіт, потреба в матеріалах, конструкціях, будівельних машинах, механізмах і трудових ресурсах. Також враховуються інженерно-геологічні, кліматичні та планувальні умови будівельного майданчика, що впливають на вибір технології виконання робіт і організацію будівельного процесу.

До основних підготовчих робіт на майданчику належать розчищення території, зняття рослинного шару ґрунту, вертикальне планування, улаштування тимчасових під'їзних шляхів, організація зон складування матеріалів і конструкцій, а також розміщення тимчасових інвентарних будівель. Окрему увагу необхідно приділити відведенню поверхневих вод, оскільки це забезпечує нормальні умови виконання земляних і фундаментних робіт.

Важливим етапом підготовки є геодезичне забезпечення будівництва. До початку робіт на місцевості закріплюють основні осі виробничо-складської будівлі, виносять контури фундаментів, встановлюють репери та виконують контрольні геодезичні вимірювання. Це забезпечує точність розташування будівлі та її конструктивних елементів.

Організація будівельного майданчика передбачає влаштування огороження, визначення зон роботи будівельної техніки, проходів для робітників, місць складування матеріалів, тимчасових доріг і підключення

тимчасових інженерних мереж. Під час проєктування тимчасових доріг необхідно забезпечити під'їзд транспорту до зон роботи кранів, місць складування та ділянок виконання основних будівельно-монтажних робіт [14].

Усі підготовчі заходи мають виконуватися з дотриманням вимог охорони праці, пожежної безпеки та виробничої санітарії. Небезпечні зони повинні бути позначені або огорожені, а робітники забезпечені засобами індивідуального захисту. Питання безпеки праці є обов'язковою складовою нормативно-технологічної документації, зокрема проєкту організації будівництва та проєкту виконання робіт [13].

3.2 Послідовність виконання робіт при потоковому зведенні об'єкта

Потокове зведення виробничо-складської будівлі в м. Черкаси передбачає раціональну організацію будівельно-монтажних робіт шляхом поділу об'єкта на окремі захватки. На кожній захватці роботи виконуються послідовно, а спеціалізовані ланки переходять з однієї ділянки на іншу з дотриманням установленого ритму. Такий підхід забезпечує безперервність будівельного процесу, скорочення простоїв робітників і механізмів, а також більш ефективне використання матеріально-технічних ресурсів.

У межах даної бакалаврської роботи потокова організація робіт розглядається на прикладі влаштування монолітних залізобетонних фундаментів на природній основі. До початку виконання фундаментних робіт будівельний майданчик повинен бути підготовлений: виконано геодезичну розбивку осей будівлі, очищено територію, організовано тимчасові під'їзні шляхи, місця складування матеріалів, зони роботи крана та забезпечено відведення поверхневих вод.

Першим етапом є розробка котловану або окремих виїмок під фундаменти. Основний обсяг ґрунту розробляється механізованим способом до позначки, близької до проєктної. Остаточна добірка ґрунту до проєктної відмітки виконується вручну безпосередньо перед улаштуванням основи під фундамент.

Це дозволяє зберегти природну структуру ґрунту, запобігти його розпушенню, розмиванню, зволоженню або ущільненню будівельною технікою.

Після завершення добірки ґрунту виконується підготовка основи під фундамент. Залежно від проєктного рішення вона може передбачати влаштування піщаної постелі товщиною 5–10 см, ущільнення ґрунтової основи шаром щебеню товщиною 5–10 см або виконання бетонної підготовки по піщаній основі. Підготовчий шар забезпечує вирівнювання основи, рівномірну передачу навантаження та створення зручних умов для подальшого монтажу опалубки й арматури.

Наступним етапом є встановлення опалубки монолітних залізобетонних фундаментів. Для цього застосовується інвентарна опалубка, яка складається з плоских щитів, опалубних панелей ступінчастої частини фундаменту, П-подібних щитів для бетонування опор під фундаментні балки, стяжок і діагональних опорних елементів. Опалубка повинна забезпечувати задану геометричну форму фундаменту, стійкість під час бетонування та точність розташування конструкції відповідно до проєктних осей.

Після встановлення опалубки виконується монтаж арматурних сіток і каркасів. Фундаменти армуються типовими сітками та плоскими каркасами, виготовленими з арматури періодичного профілю. Арматурні елементи виготовляються на автоматизованих лініях із застосуванням контактного електрозварювання. Під час монтажу необхідно забезпечити проєктне положення арматури, потрібний захисний шар бетону, надійне закріплення сіток і каркасів, а також правильне розташування випусків арматури для подальшого з'єднання з іншими конструктивними елементами.

До початку бетонування перевіряють якість підготовленої основи, правильність встановлення опалубки, відповідність арматурних виробів проєктним рішенням, наявність фіксаторів захисного шару та готовність механізмів для подачі бетонної суміші. Бетонна суміш готується централізовано на бетонному заводі та доставляється на будівельний майданчик

автобетоновозами. На майданчику бетонна суміш розвантажується в поворотні бункери місткістю 1 м³.

Подача бетонної суміші до місця укладання здійснюється стріловим гусеничним краном ДЕК-251 у поворотних бункерах. Укладання бетону виконується пошарово з обов'язковим ущільненням глибинними вібраторами. У процесі бетонування необхідно забезпечити рівномірне заповнення опалубки, недопущення розшарування бетонної суміші та утворення пустот у тілі фундаменту.

Після завершення бетонування здійснюється догляд за бетоном у період набору міцності. Поверхню бетону захищають від передчасного висихання, атмосферних опадів, механічних пошкоджень та різких температурних впливів. Розпалублення фундаментів виконують після досягнення бетоном необхідної міцності, що забезпечує збереження форми та цілісності конструкції.

Після розпалублення проводиться огляд готових фундаментів, перевіряються їх геометричні розміри, відмітки, положення відносно координатних осей, якість поверхні бетону та відповідність виконаних робіт проєктним вимогам. За необхідності виконуються виправлення незначних дефектів, гідроізоляційні роботи та зворотне засипання пазух котловану з пошаровим ущільненням ґрунту.

Таблиця 3.1 – Послідовність виконання робіт

№ з/п	Найменування робіт	Основний зміст робіт
1	Підготовчі роботи	Розбивка осей, підготовка майданчика, організація під'їздів і зон складування
2	Земляні роботи	Розробка котловану, ручна добірка ґрунту до проєктної позначки
3	Підготовка основи	Улаштування піщаної, щебеневої або бетонної підготовки
4	Опалубні роботи	Монтаж інвентарної опалубки фундаментів
5	Арматурні роботи	Укладання арматурних сіток і каркасів, фіксація захисного шару
6	Бетонування	Подача бетонної суміші краном ДЕК-251, укладання та ущільнення бетону

7	Догляд за бетоном	Захист бетону та забезпечення умов набору міцності
8	Розпалублення і контроль	Зняття опалубки, перевірка якості, зворотне засипання пазух

3.3 Матеріально-технічні ресурси

Матеріально-технічне забезпечення будівництва виробничо-складської будівлі в м. Черкаси передбачає своєчасне постачання на будівельний майданчик необхідних машин, механізмів, обладнання, матеріалів, конструкцій, інструментів та інвентарю. Раціональний підбір ресурсів дає змогу забезпечити безперервність виконання будівельно-монтажних робіт, дотримання календарного графіка, підвищення продуктивності праці та належну якість будівельної продукції.

Під час вибору машин і механізмів враховуються обсяги робіт, конструктивні особливості об'єкта, умови будівельного майданчика, планові строки виконання робіт, а також технічні та економічні показники засобів механізації. У проєкті виконання робіт необхідно передбачати схеми руху і стоянки будівельних машин, місця складування матеріалів, проїзди для будівельного транспорту та проходи для працівників [13].

Для робіт із влаштування монолітних фундаментів основними процесами є розробка ґрунту, монтаж опалубки й арматури, подача та укладання бетонної суміші. Провідною машиною при бетонуванні приймається стріловий гусеничний кран, який забезпечує подачу бетонної суміші в поворотних бункерах до місця укладання. Інші машини та допоміжні механізми підбираються так, щоб їх продуктивність не була меншою за продуктивність провідної машини [13].

Таблиця 3.2 — Потреба в основних машинах, механізмах та обладнанні

№ з/п	Найменування машин, механізмів та обладнання	Призначення
1	Екскаватор із зворотною лопатою	Розробка ґрунту в котлованах і траншеях
2	Автосамоскиди	Вивезення зайвого ґрунту та доставка сипучих матеріалів
3	Бульдозер	Планування території, переміщення ґрунту на майданчику
4	Стріловий гусеничний кран ДЕК-251	Подача опалубки, арматури та бетонної суміші в бункерах
5	Автобетоновози	Доставка бетонної суміші з бетонного заводу
6	Поворотні бункери місткістю 1 м ³	Приймання та подача бетонної суміші до місця укладання
7	Глибинні вібратори	Ущільнення бетонної суміші під час бетонування фундаментів
8	Зварювальний апарат	З'єднання окремих арматурних елементів і закладних деталей
9	Електроінструмент та ручний інструмент	Виконання допоміжних монтажних, опалубних і арматурних робіт
10	Засоби малої механізації	Підвищення продуктивності праці при виконанні ручних операцій

До матеріальних ресурсів, необхідних для виконання робіт, належать бетонна суміш, арматурна сталь, опалубні щити, фіксатори захисного шару, в'язальний дріт, пісок, щебінь, гідроізоляційні матеріали, профільований лист, металеві елементи каркаса, кріпильні вироби та допоміжні матеріали.

Таблиця 3.3 — Основні будівельні матеріали та конструкції

№ з/п	Найменування матеріалу або конструкції	Призначення
1	Бетонна суміш	Улаштування монолітних залізобетонних фундаментів
2	Арматура класу А400С та А240С	Армування фундаментів і конструктивних елементів
3	Інвентарна опалубка	Формування геометрії монолітних фундаментів
4	Пісок	Улаштування піщаної підготовки та підсипок
5	Щебінь	Улаштування щебеневої основи та підготовчих шарів
6	Гідроізоляційні матеріали	Захист конструкцій від зволоження
7	Металеві конструкції каркаса	Формування несучої системи будівлі
8	Профільований лист	Улаштування покриття та огорожувальних конструкцій
9	Кріпильні вироби	Монтаж металевих і огорожувальних елементів
10	Допоміжні матеріали	Забезпечення виконання опалубних, бетонних і монтажних робіт

Постачання матеріалів і конструкцій на будівельний майданчик здійснюється відповідно до календарного графіка виконання робіт та графіка поставок. Матеріали повинні надходити на об'єкт у кількості, достатній для безперервної роботи будівельних ланок, але без надмірного накопичення на майданчику. Місця складування необхідно розміщувати в зоні дії монтажного крана з урахуванням безпечного руху транспорту й працівників.

Вантажозахватні пристрої, стропи, траверси, підкоси, засоби тимчасового кріплення та інші монтажні пристосування приймаються відповідно до виду робіт і маси елементів, що підіймаються. У технології монтажу будівельних конструкцій до складу монтажного обладнання належать крани, вантажозахватні пристрої, засоби тимчасового кріплення, пристрої для вивіряння та інші елементи технологічного оснащення [13].

3.4 Вибір методів монтажу і монтажних кранів

Для даного об'єкта прийнято роздільний метод виконання робіт. Спочатку виконуються земляні роботи та влаштування монолітних залізобетонних фундаментів, після набору бетоном необхідної міцності здійснюється монтаж металевих колон, а потім — монтаж металевих ферм, прогонів, зв'язків і елементів покриття. Така послідовність забезпечує стійкість конструктивної системи на кожному етапі зведення та дозволяє раціонально організувати роботу спеціалізованих ланок.

Будівлю в плані доцільно поділити на окремі монтажні ділянки або захватки. Це дає можливість суміщувати окремі будівельні процеси в часі, організувати потокове виконання робіт і забезпечити послідовний перехід робітників та механізмів з однієї ділянки на іншу. Ділянки можуть формуватися вздовж прогонів будівлі або поперек них залежно від прийнятого напрямку монтажу, розташування конструкцій, можливостей крана та умов складування елементів.

Для виробничо-складської будівлі приймається поздовжній напрямок монтажу, за якого конструкції послідовно встановлюються вздовж будівлі. Такий метод є характерним для одноповерхових промислових будівель, оскільки дозволяє організувати зручне переміщення крана, скоротити кількість його перестановок і забезпечити ритмічність монтажного процесу.

Монтаж конструкцій одноповерхових виробничих будівель, як правило, виконується мобільними стріловими кранами. У практиці зведення одноповерхових промислових споруд широко застосовують самохідні стрілові крани, зокрема крани на гусеничному ходу, які забезпечують необхідну маневреність, вантажопідіймальність і можливість роботи в межах будівельного майданчика.

Вибір монтажного крана здійснюється за основними монтажними характеристиками: необхідною висотою підйому гака, вильотом гака та монтажною масою елемента. Під час вибору враховують масу конструкцій,

габарити елементів, висоту їх установлення, масу стропувальних пристроїв, траверс та інших монтажних пристосувань.

Необхідна висота підйому гака крана визначається за формулою:

$$H_{\Gamma} = H_{\text{м}} + H_{\text{ел}} + H_{\text{з}} + H_{\text{стр}} + H_{\text{пол}}, \quad (2.9)$$

де $H_{\text{м}}$ — рівень монтажної відмітки, на яку встановлюється елемент, м;

$H_{\text{ел}}$ — висота монтажного елемента, м;

$H_{\text{з}}$ — запас за висотою за умовами безпеки монтажу, приймається 0,5–1,0 м;

$H_{\text{стр}}$ — висота стропування, тобто відстань від верху елемента до гака крана, м;

$H_{\text{пол}}$ — висота поліспаста, орієнтовно 1,5–2,0 м.

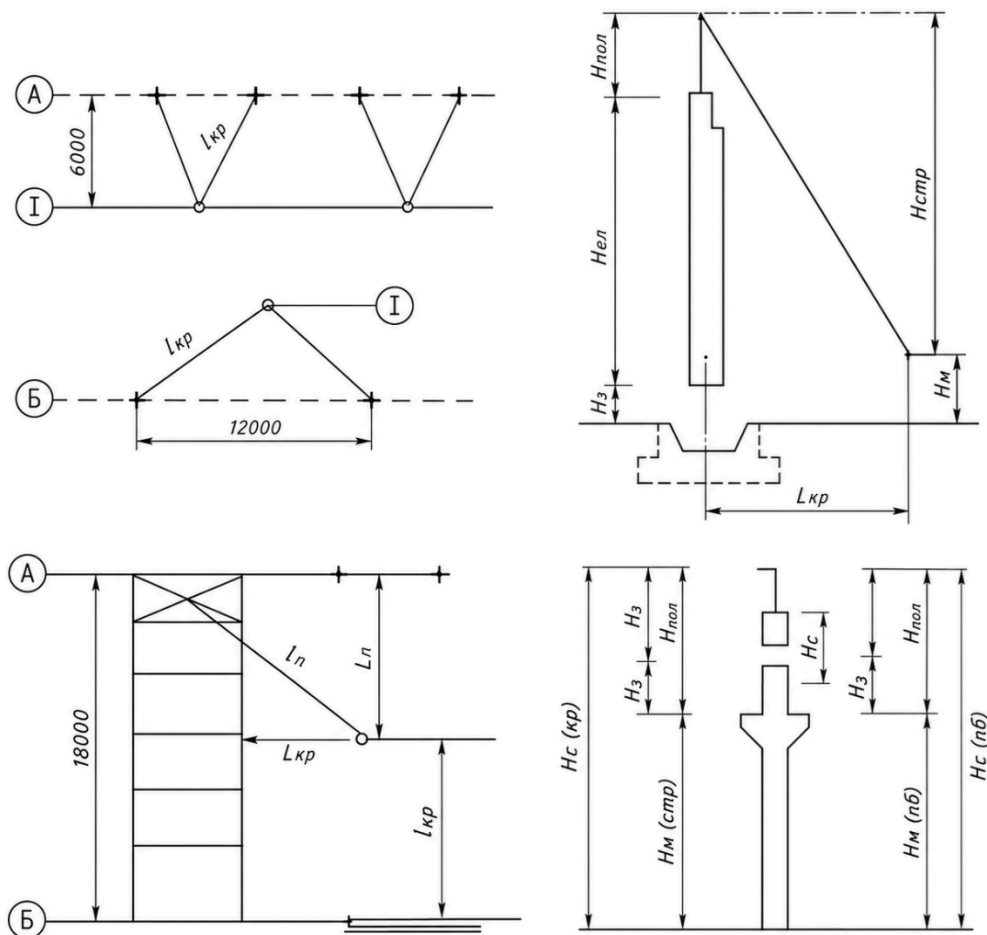


Рисунок 3.1 — Схема визначення необхідної висоти підйому гака монтажного крана

Для найбільш високо розташованого елемента — металевої ферми покриття — приймаємо: $H_M = 7,8$ м; $H_{ел} = 1,2$ м; $H_3 = 0,5$ м; $H_{стр} = 2,0$ м; $H_{пол} = 1,5$ м.

Тоді: $H_T = 7,8 + 1,2 + 0,5 + 2,0 + 1,5 = 13,0$ м.

Отже, необхідна висота підйому гака крана становить: $H_T = 13,0$ м.

Необхідний виліт гака крана $L_{кр}$ визначається відповідно до прийнятої схеми руху крана. Його встановлюють графічним методом як відстань від осі обертання крана до центра ваги конструкції, що монтується.

Згідно зі схемою, максимальна відстань від осі руху крана до місця встановлення конструкції становить: $L_{кр} = 12,0$ м.

З урахуванням запасу на безпечне розміщення крана, габарити конструкцій і зручність монтажу приймаємо розрахунковий виліт гака: $L_{кр} = 13,0$ м.

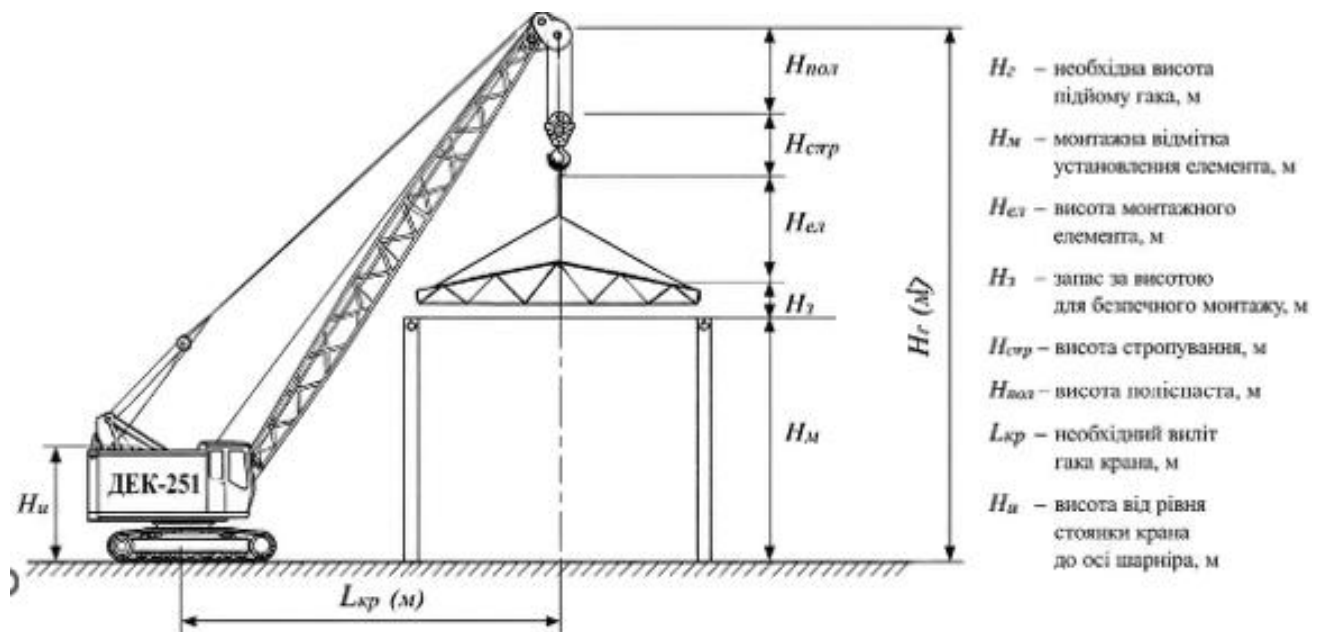


Рисунок 3.2 — Схема визначення необхідної висоти підйому гака монтажного крана

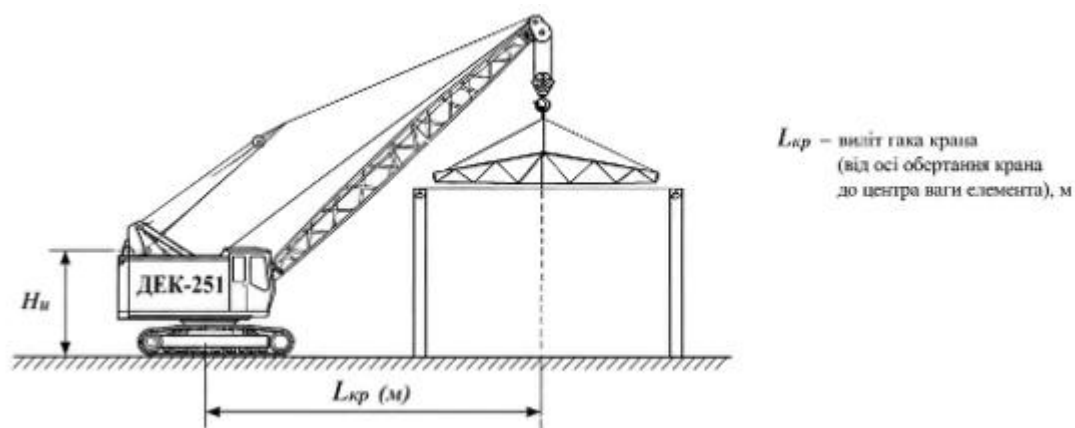


Рисунок 3.3 — Схема визначення необхідної виліту гака монтажного крана

Монтажна маса елемента визначається як сума маси конструкції та маси всіх пристроїв, які підіймаються разом із нею:

$$P_{\text{м}} = P_{\text{е}} + \sum P_{\text{пр}}, \quad (3.0)$$

де $P_{\text{м}}$ — монтажна маса елемента, т; $P_{\text{е}}$ — маса конструктивного елемента, т;

$\sum P_{\text{пр}}$ — сумарна маса стропувальних пристроїв, траверс, підкосів та інших монтажних пристосувань, т.

Найбільш несприятливим за масою є подавання бетонної суміші у поворотному бункері місткістю 1 м³.

Маса бетонної суміші: $P_{\text{б}} = 1,0 \cdot 2,4 = 2,4$ т.

Маса поворотного бункера приймається: $P_{\text{бунк}} = 0,30$ т.

Маса стропувальних пристроїв: $P_{\text{пр}} = 0,05$ т.

Тоді монтажна маса становить: $P_{\text{м}} = 2,4 + 0,30 + 0,05 = 2,75$ т.

Отже, для вибору крана приймаємо: $P_{\text{м}} = 2,75$ т.

Таблиця 3.4 – Підсумкові монтажні характеристики

№ з/п	Параметр	Позначення	Значення
1	Необхідна висота підйому гака	$H_{\text{г}}$	13,0 м
2	Необхідний виліт гака крана	$L_{\text{кр}}$	13,0 м
3	Розрахункова монтажна маса	$P_{\text{м}}$	2,75 т

Під час вибору крана враховується, що застосування крана з більшою вантажопідіймальністю дозволяє монтувати більшу кількість елементів з однієї стоянки, однак збільшує вартість його експлуатації. Використання легшого крана може бути економічнішим, але потребує більшої кількості перестановок, що ускладнює організацію монтажного процесу. Тому вибір крана повинен забезпечувати технічну можливість монтажу конструкцій і водночас бути економічно доцільним.

За результатами розрахунку монтажних характеристик встановлено, що для виконання робіт необхідний кран, який забезпечує: $H_r \geq 13,0$ м; $L_{кр} \geq 13,0$ м; $Q \geq 2,75$ т.

Для виконання монтажних і бетонних робіт приймається стріловий гусеничний кран ДЕК-251. Його технічні характеристики забезпечують можливість монтажу металевих колон, ферм, прогонів, елементів опалубки, арматурних виробів, а також подачу бетонної суміші у поворотних бункерах до місця укладання.

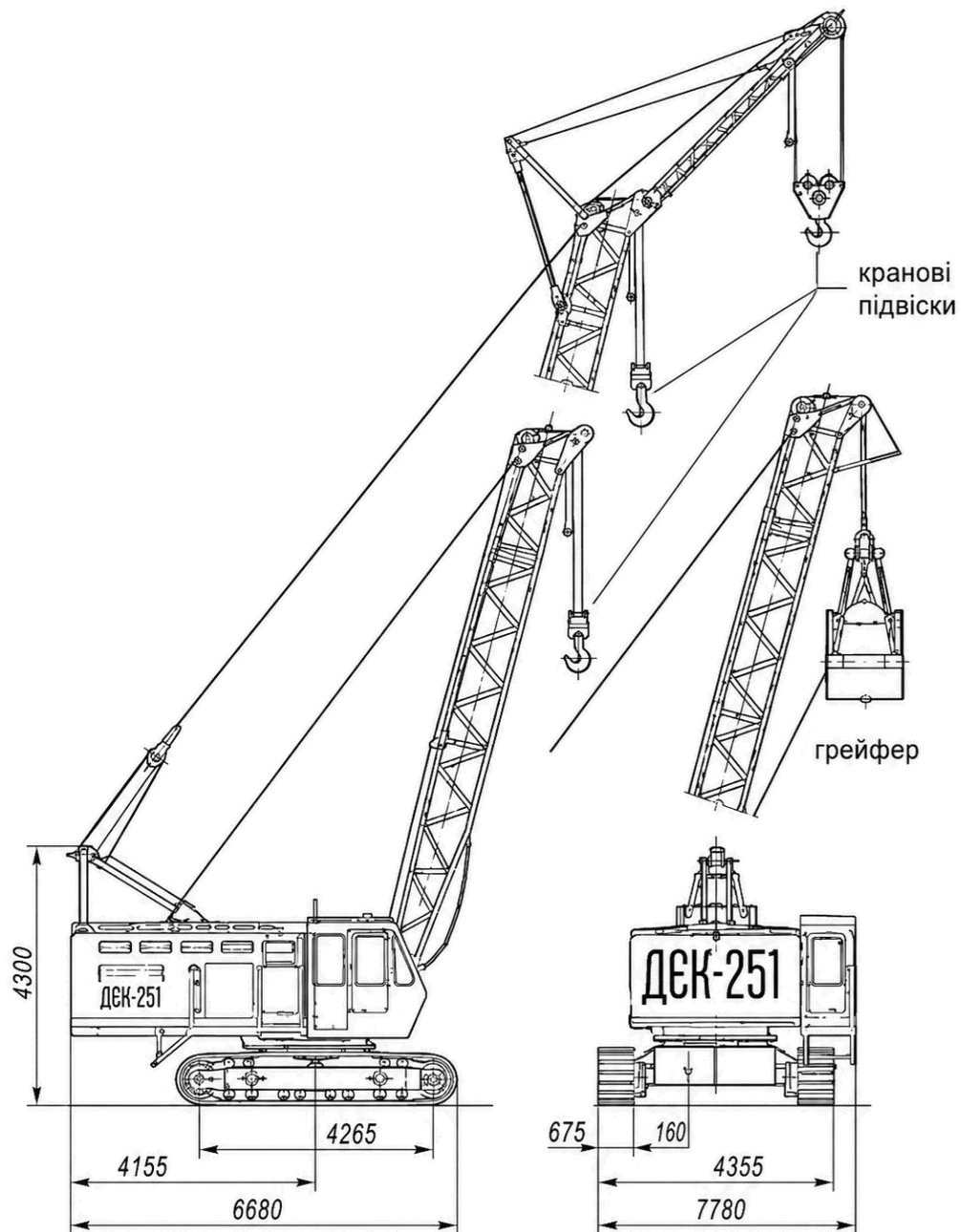


Рисунок 3.4 – Схема гусеничного крану ДЕК-251

Застосування цього крана дає змогу виконувати подачу та монтаж металевих колон, ферм, прогонів, елементів опалубки, арматурних виробів, а також подавати бетонну суміш у поворотних бункерах під час улаштування монолітних фундаментів.

3.5 Розрахунок обсягів робіт для складання графіка виконання робіт

Для складання графіка виконання робіт необхідно попередньо визначити основні обсяги будівельно-монтажних процесів, що входять до технологічної карти на влаштування монолітних фундаментів. До таких робіт належать:

- улаштування бетонної підготовки,
- монтаж опалубки,
- встановлення арматурних сіток і каркасів,
- укладання бетонної суміші.

Улаштування бетонної підготовки

Площа бетонної підготовки під фундамент визначається з урахуванням збільшення розмірів підоснови фундаменту на 0,2 м з кожного напрямку:

$$W_{\Pi} = (a_1 + 0,2) \cdot (b_1 + 0,2), \quad (3.1)$$

де a_1 і b_1 — розміри підоснови фундаменту, м.

Для фундаменту Фм-1:

$$W_{\Pi 1} = (2,7 + 0,2) \cdot (2,7 + 0,2) = 8,41 \text{ м}^2.$$

Для фундаменту Фм-2:

$$W_{\Pi 2} = (2,4 + 0,2) \cdot (1,8 + 0,2) = 5,20 \text{ м}^2.$$

Для фундаменту Фм-3:

$$W_{\Pi 3} = (1,5 + 0,2) \cdot (1,5 + 0,2) = 2,89 \text{ м}^2.$$

Загальна площа бетонної підготовки під усі фундаменти:

$$W_{\Pi} = 8,41 \cdot 4 + 5,20 \cdot 12 + 2,89 \cdot 6 = 113,38 \text{ м}^2.$$

Якщо товщина бетонної підготовки приймається 100 мм, її об'єм становить:

$$V_{\Pi} = 113,38 \cdot 0,10 = 11,34 \text{ м}^3.$$

Улаштування опалубки

Площа опалубки фундаментів визначається за площею бокових поверхонь ступенів фундаменту та підколонника:

$$F_{\Phi} = a_1 \cdot 0,3 \cdot 2 + b_1 \cdot 0,3 \cdot 2 + a_2 \cdot 0,3 \cdot 2 + b_2 \cdot 0,3 \cdot 2 + (H - 0,9) \cdot 1,2 \cdot 2 + (H - 0,9) \cdot 1,5 \cdot 2, \quad (3.2)$$

де a_1, b_1 — розміри першого ступеня фундаменту, м;

a_2, b_2 — розміри другого ступеня фундаменту, м;

H — висота фундаменту, м.

Для фундаменту Фм-1:

$$F_{\phi 1} = 10,89 \text{ м}^2.$$

Для фундаменту Фм-2:

$$F_{\phi 2} = 10,17 \text{ м}^2.$$

Для фундаменту Фм-3:

$$F_{\phi 3} = 9,09 \text{ м}^2.$$

Загальна площа опалубки для всіх фундаментів:

$$F_{\phi} = 10,89 \cdot 4 + 10,17 \cdot 12 + 9,09 \cdot 6 = 220,14 \text{ м}^2.$$

Встановлення арматурних сіток і каркасів

Витрата арматури визначається за питомою витратою на 1 м^3 бетону:

$$G = g \cdot V, \quad (3.3)$$

де g — витрата арматури на 1 м^3 бетону, $\text{т}/\text{м}^3$;

V — об'єм бетону фундаменту, м^3 .

Приймаємо:

$$g = 40 \text{ кг}/\text{м}^3 = 0,04 \text{ т}/\text{м}^3.$$

Для фундаменту Фм-1:

$$G_1 = 0,04 \cdot 6,39 = 0,256 \text{ т.}$$

Горизонтальне армування приймається в обсязі 70 %:

$$G_{\text{гор}} = 0,7 \cdot 0,256 = 0,179 \text{ т.}$$

Вертикальне армування приймається в обсязі 30 %:

$$G_{\text{верт}} = 0,3 \cdot 0,256 = 0,077 \text{ т.}$$

Загальна витрата арматури на всі фундаменти:

$$G_{\Sigma} = 0,04 \cdot 81,18 = 3,25 \text{ т.}$$

Зокрема:

$$G_{\text{гор.}\Sigma} = 0,7 \cdot 3,25 = 2,27 \text{ т;}$$

$$G_{\text{верт.}\Sigma} = 0,3 \cdot 3,25 = 0,98 \text{ т.}$$

Укладання бетонної суміші

Об'єм бетонної суміші для одного фундаменту визначається як сума об'ємів окремих ступенів фундаменту та підколонника:

$$V_{\phi} = a_1 \cdot b_1 \cdot h_1 + a_2 \cdot b_2 \cdot h_2 + a_{\text{підк}} \cdot b_{\text{підк}} \cdot h_{\text{підк}}. \quad (3.4)$$

Для фундаменту Фм-1:

$$V_{\phi 1} = 2,7 \cdot 2,7 \cdot 0,45 + 1,8 \cdot 1,8 \cdot 0,45 + 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,15 = 6,39 \text{ м}^3.$$

Для фундаменту Фм-2:

$$V_{\phi 2} = 2,4 \cdot 1,8 \cdot 0,45 + 0,9 \cdot 1,5 \cdot 0,45 + 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1,15 = 3,48 \text{ м}^3.$$

Для фундаменту Фм-3:

$$V_{\phi 3} = 1,5 \cdot 1,5 \cdot 0,45 + 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1,6 = 2,31 \text{ м}^3.$$

Загальний об'єм бетонної суміші для всіх фундаментів:

$$V_{\phi} = 6,39 \cdot 4 + 3,48 \cdot 12 + 2,31 \cdot 6 = 81,18 \text{ м}^3.$$

Таблиця 3.5 – Обсяги робіт

№ з/п	Найменування робіт	Одиниця виміру	Обсяг робіт
1	Улаштування бетонної підготовки	м ²	113,38
2	Улаштування бетонної підготовки за товщини 100 мм	м ³	11,34
3	Улаштування опалубки фундаментів	м ²	220,14
4	Встановлення арматурних сіток і каркасів	т	3,25
5	Укладання бетонної суміші у фундаменти	м ³	81,18

3.6 Графік виконання робіт

Графік виконання робіт складено на основі визначених обсягів робіт з улаштування монолітних залізобетонних фундаментів. До складу робіт включено бетонну підготовку, монтаж опалубки, встановлення арматурних сіток і каркасів, укладання бетонної суміші, догляд за бетоном та розпалублення конструкцій.

Таблиця 3.6– Розрахунок тривалості робіт

№ з/п	Найменування робіт	Обсяг робіт	Склад ланки	Прийнята продуктивність за зміну	Тривалість, дні
1	Підготовчі та геодезичні роботи	1 комплект	2 робітники	1 комплект/день	1
2	Улаштування бетонної підготовки	11,34 м ³	3 бетонники	6 м ³ /день	2
3	Монтаж опалубки фундаментів	220,14 м ²	4 теслярі	60 м ² /день	4
4	Встановлення арматурних сіток і каркасів	3,25 т	4 арматурники	1,1 т/день	3
5	Укладання бетонної суміші	81,18 м ³	5 бетонників	30 м ³ /день	3
6	Догляд за бетоном	81,18 м ³	1–2 робітники	протягом набору міцності	7
7	Розпалублення фундаментів	220,14 м ²	3 теслярі	90 м ² /день	3
8	Зворотне засипання пазух котлованів	за місцем	2 робітники + механізм	за обсягом робіт	2

Таблиця 3.7 – Календарний графік виконання робіт

№ з/п	Найменування робіт	Тривалість, дні	Початок	Закінчення
1	Підготовчі та геодезичні роботи	1	1	1
2	Улаштування бетонної підготовки	2	2	3
3	Монтаж опалубки фундаментів	4	4	7
4	Встановлення арматурних сіток і каркасів	3	6	8
5	Укладання бетонної суміші у фундаменти	3	9	11
6	Догляд за бетоном	7	12	18
7	Розпалублення фундаментів	3	19	21
8	Зворотне засипання пазух котлованів	2	22	23

Загальна тривалість виконання робіт з улаштування монолітних фундаментів становить 23 робочі дні.

Складений графік забезпечує послідовне та частково суміщене виконання робіт. Монтаж арматури розпочинається після часткового завершення опалубних робіт, що дозволяє скоротити загальну тривалість процесу. Прийнята організація робіт забезпечує раціональне використання робітників, будівельних механізмів і матеріально-технічних ресурсів.

4. Охорона праці

4.1 Охорона праці та безпека виконання будівельно-монтажних робіт

Під час зведення виробничо-складської будівлі необхідно забезпечити безпечні умови виконання будівельно-монтажних робіт, а також запобігти негативному впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів на працівників та осіб, які можуть перебувати поблизу будівельного майданчика. Для цього в проєктно-технологічній документації передбачаються організаційні, технічні та санітарно-гігієнічні заходи, спрямовані на зниження ризиків травмування, аварійних ситуацій і шкідливого впливу будівельного виробництва [14, 17].

Організація будівельного майданчика та виконання робіт повинні здійснюватися відповідно до вимог чинного законодавства України з охорони праці, природоохоронного законодавства, державних будівельних норм, стандартів безпеки праці, санітарних правил і галузевих інструкцій. Особливу увагу необхідно приділяти безпечній експлуатації будівельних машин і механізмів, вантажопідіймального обладнання, тимчасових електромереж, засобів підмоцнування, опалубки та монтажного оснащення [15, 16].

До основних небезпечних факторів під час виконання будівельно-монтажних робіт належать: робота машин і механізмів, переміщення вантажів краном, можливість падіння предметів з висоти, ураження електричним струмом, виконання робіт у зоні дії монтажного крана, перебування працівників поблизу відкритих котлованів і траншей, а також вплив пилу, шуму, вібрації та несприятливих погодних умов. Усі небезпечні зони на будівельному майданчику повинні бути позначені попереджувальними знаками, огорожені або обмежені для доступу сторонніх осіб [17].

Перед початком робіт працівники повинні пройти інструктаж з охорони праці, бути ознайомлені з технологічною картою, схемами руху транспорту, місцями складування матеріалів, зонами роботи крана та порядком безпечного виконання окремих операцій. Робітники мають бути забезпечені засобами індивідуального захисту: захисними касками, спецодягом, рукавицями,

сигнальними жилетами, захисним взуттям, а за необхідності — запобіжними поясами, окулярами та засобами захисту органів дихання [15].

Під час виконання земляних робіт необхідно контролювати стан укосів котлованів і траншей, не допускати перебування людей у небезпечній зоні роботи екскаватора, забезпечувати безпечні підходи до робочих місць і своєчасне відведення поверхневих вод. При виконанні опалубних, арматурних і бетонних робіт потрібно перевіряти справність інструменту, стійкість опалубки, правильність установа арматурних виробів і безпечність подавання бетонної суміші до місця укладання.

У разі використання машин, механізмів, технологічного оснащення або транспортних засобів, для яких вимоги безпечного виконання робіт не визначені безпосередньо в основних нормах, необхідно керуватися відповідними інструкціями заводів-виробників, нормативно-правовими актами, технологічними картами та проектом виконання робіт. Усі технічні рішення повинні забезпечувати безпечне виконання робіт, запобігати аварійним ситуаціям і відповідати вимогам охорони праці та промислової безпеки [14, 17].

Також на будівельному майданчику необхідно передбачити заходи пожежної безпеки: забезпечити вільні під'їзди для пожежної техніки, встановити первинні засоби пожежогасіння, визначити місця для зберігання горючих матеріалів, організувати безпечне виконання зварювальних та інших вогневих робіт. Тимчасові електромережі повинні бути захищені від механічних пошкоджень, а електрообладнання — заземлене відповідно до вимог безпечної експлуатації.

Отже, дотримання вимог охорони праці, промислової та пожежної безпеки є обов'язковою умовою організації будівельного виробництва. Реалізація передбачених заходів дозволяє знизити ризик травматизму, забезпечити безпечні умови праці, підвищити якість виконання будівельно-монтажних робіт і створити належні умови для зведення виробничо-складської будівлі.

4.2 Аналіз умов праці зварювальників з виявленням можливих небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Зварювальні роботи у будівництві належать до процесів підвищеної небезпеки, оскільки під час їх виконання на працівників можуть впливати шкідливі та небезпечні виробничі фактори фізичного, хімічного й організаційного характеру. До зварювальних процесів належать з'єднання металевих елементів, різання, наплавлення, пайка, напилення та локальна термічна обробка матеріалів. Виконання таких робіт пов'язане із застосуванням електричної, теплової або термомеханічної енергії безпосередньо в зоні обробки металу.

У будівельному виробництві найчастіше застосовують електродугове зварювання, яке використовується під час монтажу металевих конструкцій, з'єднання закладних деталей, арматурних елементів, вузлів каркаса та інших конструктивних частин будівлі. Санітарно-гігієнічні умови праці зварювальників залежать від виду зварювання, складу електродів, властивостей зварюваного металу, наявності вентиляції, організації робочого місця та застосування засобів індивідуального захисту.

Під час електродугового зварювання утворюється зварювальний аерозоль, до складу якого входять дрібнодисперсний пил, пари металів і газоподібні продукти згоряння. Основу пилу становлять оксиди заліза, а домішками можуть бути сполуки марганцю, хрому, нікелю, ванадію, молібдену та інших металів, що входять до складу зварювального дроту, електродного покриття або основного металу. Найбільш небезпечними для здоров'я є сполуки марганцю, фтористі сполуки, оксиди азоту, озон і оксид вуглецю.

Зварювальний пил є високодисперсним, тому його дрібні частинки можуть проникати в органи дихання та впливати на бронхолегеневу систему працівника. Тривала дія зварювального аерозолю без належного захисту може призвести до професійних захворювань органів дихання. Тому під час виконання зварювальних робіт необхідно забезпечувати ефективну вентиляцію робочої

зони, застосовувати місцеві відсмоктувачі, а також використовувати засоби захисту органів дихання.

Крім хімічних факторів, на зварювальника діють фізичні небезпечні чинники: інтенсивне світлове та ультрафіолетове випромінювання, підвищена температура поверхонь обладнання і металу, бризки розплавленого металу, можливість ураження електричним струмом, шум, іскри та ризик виникнення пожежі. Виконання робіт за недостатнього природного освітлення або в обмеженому просторі додатково підвищує небезпеку травмування.

Таблиця 4.1 – Основні небезпечні та шкідливі фактори під час виконання зварювальних робіт

№ з/п	Небезпечний або шкідливий фактор	Можливий вплив на працівника	Заходи захисту
1	Зварювальний аерозоль, пил і гази	Подразнення органів дихання, професійних захворювань	Вентиляція, місцеві відсмоктувачі, респіратори
2	Ультрафіолетове та світлове випромінювання	Ураження очей і шкіри	Зварювальна маска, щиток, спецодяг
3	Бризки розплавленого металу	Опіки, пошкодження відкритих ділянок тіла	Спецодяг, рукавиці, захисне взуття
4	Підвищена температура поверхонь	Термічні опіки	Дотримання безпечної відстані, рукавиці
5	Електричний струм	Ураження електричним струмом	Заземлення обладнання, перевірка ізоляції
6	Недостатнє освітлення	Зниження видимості, травматизм	Штучне освітлення робочої зони
7	Пожежна небезпека	Загоряння матеріалів, аварійні ситуації	Вогнегасники, очищення зони робіт, наряд-допуск

Організація зварювальних робіт повинна відповідати вимогам нормативних документів з охорони праці, пожежної безпеки та промислової безпеки у будівництві [14, 17]. Перед початком роботи зварювальник повинен

пройти інструктаж, перевірити справність обладнання, кабелів, електродотримачів, засобів заземлення та засобів індивідуального захисту. Робоче місце має бути очищене від горючих матеріалів, забезпечене первинними засобами пожежогасіння та достатнім освітленням.

Працівники, які виконують зварювальні роботи, повинні використовувати захисну маску або щиток зі світлофільтром, спеціальний одяг із вогнестійкої тканини, рукавиці, захисне взуття та, за потреби, засоби захисту органів дихання. Зварювальні кабелі необхідно розміщувати так, щоб вони не заважали проходу працівників і не пошкоджувалися будівельною технікою або конструкціями.

4.3 Розрахунок заземлення зварювального апарата

Для забезпечення електробезпеки під час роботи напівавтоматичного зварювального апарата передбачається його заземлення з використанням залізобетонного фундаменту будівлі як природного заземлювача.

Таблиця 4.2 – Вихідні дані

Показник	Позначення	Значення
Кліматична зона	—	I
Напруга в мережі	$U_{\text{л}}/U_{\text{ф}}$	380/220 В
Товщина верхнього шару ґрунту	h_1	4 м
Розміри фундаменту	$A \times B$	24×18 м
Ґрунт верхнього шару	—	суглинок
Ґрунт нижнього шару	—	суглинок
Коефіцієнт сезонності	K_c	4

Площа фундаменту:

$$S = A \cdot B = 24 \cdot 18 = 432 \text{ м}^2.$$

Питомий опір ґрунту з урахуванням коефіцієнта сезонності визначається за формулою:

$$\rho = \rho_{\text{табл}} \cdot K_c. \quad (3.4)$$

Для верхнього шару ґрунту:

$$\rho_1 = 200 \cdot 4 = 800 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Для нижнього шару ґрунту:

$$\rho_2 = 300 \cdot 4 = 1200 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

За результатами розрахунку еквівалентний питомий опір ґрунту приймається:

$$\rho_e = 738 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

Опір залізобетонного фундаменту як природного заземлювача визначається за формулою:

$$R = \frac{0,5 \cdot \rho_e}{\sqrt{S}}, \quad (3.5)$$

де R — розрахунковий опір заземлювача, Ом;

ρ_e — еквівалентний питомий опір ґрунту, Ом·м;

S — площа фундаменту, м².

Підставляємо числові значення:

$$R = \frac{0,5 \cdot 738}{\sqrt{432}} = \frac{369}{20,78} = 17,76 \text{ Ом.}$$

Оскільки еквівалентний питомий опір ґрунту перевищує 100 Ом·м, допустиме значення опору заземлювального пристрою визначається за формулою:

$$R_{\text{доп}} = \rho_e \cdot K, \quad (3.6)$$

де $K = 0,04$.

$$R_{\text{доп}} = 738 \cdot 0,04 = 29,52 \text{ Ом.}$$

Порівнюємо отримані значення:

$$R = 17,76 \text{ Ом} < R_{\text{доп}} = 29,52 \text{ Ом.}$$

Отже, умова виконується. Залізобетонний фундамент будівлі може бути використаний як природний заземлювач для напівавтоматичного зварювального апарата за умови забезпечення надійного електричного контакту, перевірки цілісності заземлювального контуру та виконання вимірювань опору заземлення перед початком експлуатації.

Під час виконання зварювальних робіт на будівельному майданчику виникає комплекс небезпечних і шкідливих виробничих факторів, основними з яких є зварювальний аерозоль, токсичні гази, ультрафіолетове випромінювання,

бризки розплавленого металу, підвищена температура та небезпека ураження електричним струмом. Для зниження ризику травматизму і професійних захворювань необхідно застосовувати вентиляцію, засоби індивідуального захисту, справне зварювальне обладнання та надійне заземлення.

Розрахунок показав, що опір залізобетонного фундаменту як природного заземлювача становить 17,76 Ом, що менше допустимого значення 29,52 Ом. Отже, прийняте рішення щодо використання фундаменту як заземлювача є допустимим для умов даного розрахунку.

4.4 Організація безпечних і нешкідливих умов праці

Під час виконання зварювальних робіт на будівельному майданчику необхідно забезпечити безпечні та нешкідливі умови праці для працівників. Зварювальні процеси пов'язані з дією електричного струму, високої температури, інтенсивного світлового випромінювання, бризок розплавленого металу та шлаку, тому потребують суворого дотримання вимог охорони праці.

Відповідно до вимог ДБН А.3.2-2-2009, для запобігання ураженню електричним струмом джерела живлення зварювального обладнання повинні бути обладнані автоматичними пристроями, які забезпечують їх вимикання при обриві дуги протягом не більше ніж 0,5 с [17].

З метою зниження ризику ураження електричним струмом під час зварювання необхідно передбачити такі заходи:

- забезпечення надійної ізоляції проводів, пов'язаних із живленням джерела струму та зварювальної дуги;
- використання справного електродотримача з якісною ізоляцією, яка унеможливило випадковий контакт струмоведучих частин із руками працівника або зварюваною конструкцією;
- виконання робіт тільки у сухому та справному спецодязі, захисному взутті й рукавицях;

- використання гумових килимків, діелектричних засобів захисту та безпечного освітлення з напругою не більше 6–12 В під час роботи в тісних або замкнених просторах;
- регулярну перевірку справності зварювального обладнання, кабелів, заземлення та захисних пристроїв.

Для захисту від бризок розплавленого металу і шлаку працівники повинні використовувати спеціальний одяг із брезентової або вогнестійкої тканини. До складу засобів індивідуального захисту зварювальника належать куртка, штани, рукавиці, захисне взуття, зварювальна маска або щиток зі світлофільтром. Куртку під час роботи не слід заправляти у штани, оскільки це може сприяти потраплянню іскор або розплавленого металу всередину одягу. Взуття повинно мати гладкий верх без відкритих елементів, щоб запобігти потраплянню гарячих частинок усередину.

Особливу увагу слід приділяти організації робочого місця. Зона виконання зварювальних робіт повинна бути очищена від зайвих предметів, горючих матеріалів і будівельного сміття. Робоче місце необхідно забезпечити достатнім освітленням, вентиляцією, первинними засобами пожежогасіння та вільними проходами для безпечного переміщення працівників.

До виконання зварювальних робіт допускаються працівники, які мають відповідну кваліфікацію, пройшли навчання, інструктаж з охорони праці та перевірку знань безпечних методів виконання робіт. Дотримання цих вимог дозволяє зменшити ризик травмування, професійних захворювань і аварійних ситуацій під час виконання зварювальних процесів.

4.5 Вимоги до пожежної безпеки

Зварювальні та інші вогневі роботи належать до робіт підвищеної пожежної небезпеки. Під час їх виконання утворюються іскри, бризки розплавленого металу, високотемпературні ділянки поверхонь і відкрите джерело нагрівання, що може спричинити займання горючих матеріалів, конструкцій або обладнання [6].

Безпека виконання вогневих робіт значною мірою залежить від професійної підготовки працівників, справності обладнання, належної організації робочого місця та дотримання правил пожежної безпеки. Працівники, які виконують роботи з підвищеною пожежною небезпекою, повинні пройти спеціальне навчання за програмою пожежно-технічного мінімуму. Особи, безпосередньо зайняті на таких роботах, проходять щорічну перевірку знань з питань пожежної безпеки, а посадові особи — навчання і перевірку знань перед початком виконання обов’язків та періодично не рідше одного разу на три роки [6, 17].

Місця виконання зварювальних та інших вогневих робіт можуть бути постійними або тимчасовими. Постійні місця організовуються у спеціально обладнаних майстернях, цехах або на відкритих майданчиках. Огороджувальні конструкції в таких місцях повинні бути виконані з негорючих матеріалів.

Тимчасові місця вогневих робіт організовуються безпосередньо на будівельному майданчику, у спорудах, що зводяться або експлуатуються, а також на території об’єкта під час виконання монтажних робіт. Для таких робіт, за необхідності, оформлюється наряд-допуск, у якому зазначаються місце виконання робіт, відповідальні особи, заходи безпеки, термін виконання та перелік необхідних первинних засобів пожежогасіння.

Таблиця 4 .3 – Підготовчі заходи

№ з/п	Захід пожежної безпеки	Призначення
1	Очистити робоче місце від горючих матеріалів	Запобігання виникненню пожежі
2	Захистити горючі конструкції негорючими екранами або щитами	Обмеження поширення іскор і теплового впливу
3	Перевірити справність зварювального обладнання	Запобігання аварійним ситуаціям
4	Забезпечити місце робіт вогнегасником, піском і лопатою	Можливість швидкого гасіння загоряння
5	Організувати контроль за місцем виконання робіт	Виявлення небезпечних ситуацій

6	Провести інструктаж працівників	Забезпечення правильних дій під час роботи
---	---------------------------------	--

Проведення вогневих робіт дозволяється лише після виконання заходів, які виключають можливість виникнення пожежі. До таких заходів належать очищення робочої зони від горючих матеріалів, захист легкозаймистих конструкцій, перевірка справності обладнання та наявності первинних засобів пожежогасіння. Вид і кількість засобів пожежогасіння визначаються з урахуванням умов виконання робіт і зазначаються в наряді-допуску [6].

Під час виконання зварювальних і вогневих робіт забороняється [6]:

- приступати до роботи при несправній апаратурі;
- розміщувати постійні місця вогневих робіт у пожежонебезпечних або вибухопожежонебезпечних приміщеннях;
- допускати до робіт осіб без відповідної кваліфікації, посвідчення та навчання з пожежно-технічного мінімуму;
- зварювати, різати або паяти свіжопофарбовані конструкції до повного висихання фарби;
- виконувати роботи в одязі або рукавицях зі слідами мастил, бензину, гасу чи інших горючих речовин;
- зберігати у зварювальних кабінах одяг, горючі рідини та інші легкозаймисті матеріали;
- допускати контакт електричних проводів із балонами зі стисненими, зрідженими або розчиненими газами;
- виконувати вогневі роботи на апаратах і комунікаціях, заповнених горючими, токсичними матеріалами, газами або рідинами під тиском;
- виконувати зварювання на конструкціях із горючими або важкогорючими утеплювачами без спеціальних заходів захисту.

Отже, дотримання вимог пожежної безпеки під час виконання зварювальних робіт є обов'язковою умовою безпечної організації будівельного виробництва. Правильна підготовка робочого місця, застосування справного

обладнання, наявність засобів пожежогасіння та допуск до робіт лише навчених працівників дозволяють зменшити ризик виникнення пожежі та забезпечити безпечне виконання будівельно-монтажних процесів.

Список використаних джерел

1. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. Чинний від 2017-12-16. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 127 с.
2. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проєктування. — Київ : Мінрегіон України, 2013.
3. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. — Київ : Мінрегіон України, 2013. Цей нормативний документ застосовується для проєктування систем опалення, вентиляції та кондиціонування будівель.
4. ДБН В.2.5-23:2010. Проєктування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. — Київ : Мінрегіонбуд України, 2010.
5. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. — Київ : Мінрегіон України, 2018. Норми поширюються на проєктування освітлення територій, приміщень, будівель і споруд.
6. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. — Київ : Мінрегіон України, 2017. Документ встановлює загальні вимоги щодо забезпечення пожежної безпеки під час проєктування та будівництва будинків.
7. <https://scadsoft.com/ua>
8. ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проєктування. Чинний від 2006-07-03. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2006. 69 с.
9. ДБН В.2.6-198:2014 Сталеві конструкції. Норми проєктування. Чинний від 2014-06-10. Вид. офіц. Київ : УкрНДНЦ, 2014. 194 с.
10. ДСТУ 3436-96 Швелери сталеві гарячекатані. Сортамент. Київ : УкрНДНЦ, 2096. 12 с.
11. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт із навчальної дисципліни «Основи та фундаменти» (для здобувачів першого

(бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія) / Харків. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. : Ю. І. Кобзар, О. В. Гаврилюк, В. А. Александрович. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. 69 с.

12. ДБН В.2.1-10:2018 Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. Чинний від 2018-08-02. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. 40 с.

13. Технологія будівельного виробництва : підручник / В. К. Черненко, М. Г. Ярмоленко, Г. М. Батура та ін. ; за ред. В. К. Черненка, М. Г. Ярмоленка. Київ : Вища школа, 2002. 430 с.

14. ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва. Чинний від 2017-01-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2016. 49 с.

15. Жигулін О. А. Охорона праці у будівництві : навчальний посібник. Одеса, 2023.

16. Батлук В. А. Охорона праці в будівельній галузі : навчальний посібник. Львів : Афіша, 2006. 550 с.

17. ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (НПАОП 45.2-7.02-12). Чинний від 2009-01-27. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. 120 с.