

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд і технологій
(повна назва факультету)
Кафедра будівельної механіки
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Цех з виготовлення модульних будівель в Житомирі

Виконала: студентка 4 курсу, групи МБз-41
спеціальності

192 Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

Студент

Левковська Я.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник

Баран Д.Я.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Мещерякова О. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Ясний В. П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент

Качка О. І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд і технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Будівельної механіки
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Ясній В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)
студентці Левковській Яні Олексіївній
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Цех з виготовлення модульних будівель в Житомирі

Керівник роботи Баран Денис Ярославович к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 08 » 05 2025 року № 4/7-460

2. Термін подання студентом завершеної роботи

3. Вихідні дані до роботи Місце розташування об'єкту

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Окіпний І.Б. доцент		
Нормоконтроль	Мещерякова О.М. ст.викл.		

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студентка

(підпис)

Левковська Я.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Баран Д.Я.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА.....	7
1.1 Рішення генерального плану.....	7
1.2 Функціональний процес.....	8
1.3 Об'ємно-планувальне рішення.....	9
1.4 Конструктивне рішення.....	10
1.5 Зовнішнє та внутрішнє оздоблення.....	11
1.6 Протипожежні вимоги	12
РОЗДІЛ 2 КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА.....	14
2.1 Програмний комплекс для розрахунку каркаса	14
2.1.1 Вибір програмного комплексу для розрахунку каркаса	14
2.1.2 Вихідні дані для розрахунку в програмному комплексі	16
2.2 Призначення матеріалу конструкцій.....	17
2.2.1 Призначення матеріалу для колон, стійок, зв'язків і прогонів	17
2.2.2 Призначення матеріалу для ферм, ригелів рам і розпірок.....	18
2.2.3 Призначення матеріалу для фасонок ферм.....	19
2.3 Дані про навантаження	19
2.4 Комбінації завантажень	22
2.5 Розрахунок каркаса в програмному комплексі	23
2.6 Результати розрахунку каркаса.....	25
РОЗДІЛ 3 ОСНОВИ ТА ФУНДАМЕНТИ	27
3.1 Інженерно-геологічні умови	27
3.2 Визначення вихідних і класифікаційних характеристик ґрунту	28
3.3 Обґрунтування можливих варіантів та глибини закладення фундаменту	30
3.3 Збір навантажень на фундамент	31
3.3.1 Збір навантаження на фундамент від крайньої колони.....	31
3.3.2 Збір навантаження на фундамент від кутової колони	32
3.3.3 Збір навантаження на фундамент від середньої колони	34

3.3.4 Збір навантаження на фундамент від колони фахверка	35
3.4 Розрахунок несучої здатності палі-стійки	37
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	41
4.1 Загальні положення	41
4.2 Забезпечення пожежної безпеки.....	41
4.3 Техніка безпеки під час монтажу металоконструкцій	42
4.4 Техніка безпеки під час виконання кладочних робіт	43
4.5 Техніка безпеки під час ручної зварки.....	44
4.6 Охорона праці при роботі на висоті	45
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	49
БІБЛІОГРАФІЯ.....	51

ВСТУП

Кваліфікаційна робота присвячена проєктуванню виробничої будівлі заводу модульних будівель у місті Житомир. Об'єктом проєктування є одноповерхова промислова будівля, яка включає два функціональні цехи — з виробництва бетонних виробів і металообробки, а також адміністративно-побутові приміщення. У роботі подано архітектурно-планувальні, конструктивні та інженерні рішення, виконано розрахунок металевого каркаса із застосуванням скінченно-елементного програмного комплексу, а також проведено обґрунтування вибору типу фундаменту відповідно до геологічних умов місцевості. Важливе місце у роботі займає розділ з охорони праці та пожежної безпеки під час виконання будівельно-монтажних робіт.

Актуальність роботи. У сучасних умовах стрімкого розвитку малих підприємств та індустріальних парків важливим завданням є створення ефективних, енергоощадних і технологічно гнучких виробничих будівель. Проєктування таких об'єктів потребує поєднання інноваційних конструктивних рішень, зокрема у сфері сталевих каркасів, із забезпеченням високої експлуатаційної надійності, пожежної безпеки та зручності для обслуговчого персоналу. Вибір оптимальних об'ємно-планувальних рішень, адекватних конструкцій фундаментів і ефективних інженерних систем набуває особливого значення в умовах складних геологічних умов та інтенсивної експлуатації.

Мета роботи. Метою кваліфікаційної роботи є проєктування виробничої будівлі для виготовлення модульних будівель із розробленням архітектурних, конструктивних, інженерних і охоронно-безпечних рішень, а також виконанням розрахунку несучих конструкцій будівлі та основ фундаментів.

Завдання кваліфікаційної роботи:

- розробити генеральний план забудови з урахуванням функціонального зонування території.
- запроєктувати об'ємно-планувальну структуру та архітектурні рішення виробничої будівлі.

- вибрати й обґрунтувати тип каркаса та конструктивні елементи будівлі.
- провести розрахунок металевго каркаса з використанням розрахункового пакету, що працює на основі методу скінченних елементів.
- вибрати тип фундаментів на основі інженерно-геологічного аналізу та виконати їх розрахунок.
- розробити заходи з охорони праці та забезпечення пожежної безпеки під час будівництва.

Практичне значення одержаних результатів. Результати роботи можуть бути використані як основа для реалізації інвестиційного проєкту будівництва заводу модульних будівель. Запропоновані архітектурно-конструктивні рішення демонструють ефективне поєднання просторової організації, конструктивної надійності та нормативної відповідності, що робить їх придатними для впровадження в аналогічних промислових проєктах.

Ключові слова: виробнича будівля, металевий каркас, фундамент, супіски, об'ємно-планувальне рішення, архітектурне проєктування.

РОЗДІЛ 1

АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Рішення генерального плану

Ділянка будівництва розташовується в межах м. Житомир. Рельєф ділянки рівний, місцями зустрічаються перепади невеликих висот. З північного заходу ділянка обмежена залізницею, з південно-східного боку дорогою з асфальтобетонним покриттям. Генеральний план ділянки будівництва має прямокутну форму розміром 141,22x85,55.

Генеральним планом передбачено три зони - адміністративно-побутова, виробнича та допоміжна.

Адміністративно-побутова зона розташована в південно-східній частині і займає половину всієї земельної ділянки. До її складу входять головний в'їзд на територію заводу, КПП, парковка для легкових автомобілів на 12 машиномісць, адміністративно-побутовий корпус із теплим переходом до цеху на рівні першого поверху, невеликий сквер для відпочинку співробітників і пожежний резервуар.

Виробнича зона розташована в центрі проекрованої ділянки. До її складу входить цех із виробництва модульних будівель.

Допоміжна зона розташована в північно-західній частині земельної ділянки. До її складу входять додатковий в'їзд на територію заводу, КПП, парковка для вантажних автомобілів на 2 машино-місця, трансформаторна підстанція, пожежний резервуар і зона зберігання ТПВ.

Благоустрій території виконано у відведених межах проекрованої ділянки і представлений системою асфальтових проїздів і мощених доріжок. Також передбачено невеликий сквер із малими архітектурними формами та різними саджанцями. Усі вільні ділянки від забудови та дорожніх покриттів озеленені та вкриті газоном.

Основний рух територією - автомобільний. Транспортна схема руху автомобілів - кільцева. Для пожежної техніки передбачено проїзд шириною не менше 3,5 м [14,17,18]. Відстань від внутрішнього краю проїзду до стіни будівлі

не менше 5 м [14,17,18].

Пішохідні тротуари вимощені бруківкою і проходять по всій ділянці, з'єднуючи адміністративно-побутову, виробничу і допоміжну зони. Ширина пішохідного шляху прийнята 1,5-2,0 м.

Газони та зелені насадження, що складаються з дерев і чагарників, складають основу озеленення території. Перевагу віддають породам, які стійкі до місцевого клімату. Саджанці дерев і чагарників висаджують разом із земляною грудкою.

У таблиці 1.1 наведено техніко-економічні показники генерального плану.

Таблиця 1.1 - Техніко-економічні показники

Поз.	Найменування	Од. вим.	Показник
1	Площа ділянки	м ²	12081
2	Площа забудови	м ²	2122
3	Площа озеленення	м ²	5815
4	Площа проїздів	м ²	3161
5	Площа тротуарів	м ²	643
6	Площа вимощення	м ²	320
7	Площа майданчика для ТПВ	м ²	20

1.2 Функціональний процес

Будівля заводу складається з двох цехів: цех бетонних виробів і цех металообробки.

Технологічний процес виробництва модульних будівель з бетону включає такі етапи:

1. Виготовлення форми майбутнього виробу.
2. Зв'язування або зварювання арматурного каркасу.
3. Підготовка бетонної суміші в бетонозмішувачі з урахуванням вимог до характеристик виробу, включно зі складом (в'язуче, вода, заповнювач, модифікуючі добавки).
4. Завантаження бетонної суміші у форму, вібрування форми на вібростолі.

5. Затвердіння складу з набором міцності в пропарювальній камері.
 6. Обробка або декоративне оздоблення поверхні виробу.
 7. Контроль якості виробу, складання і відвантаження споживачеві.
 8. Технологічний процес виробництва модульних будівель з металоконструкцій включає такі етапи:
 9. Створення креслень і визначення розмірів усіх елементів.
 10. Різання і згинання металевих труб і профілів з використанням трубозгинального верстата і профілезгинального верстату.
 11. Формування необхідних отворів за допомогою вертикально-свердлильного верстату і обробка торців виробів на верстаті для сполучення профілю.
 12. Перевірка розмірів і якості отриманих виробів.
 13. Обробка готового виробу захисними і декоративними сумішами (грунтування і фарбування) у фарбувальній камері.
 14. Контроль якості виробу, складання і відвантаження споживачеві.
- Переміщення матеріалів і виробів між обладнаннями та складальними ділянками здійснюється за допомогою конвеєрів і електрокарів.

1.3 Об'ємно-планувальне рішення

Об'ємно-планувальне рішення розроблено відповідно до [3-6].

Об'єкт будівництва являє собою одноповерхову прямокутної форми в плані будівлю, з габаритними розмірами в осях 42,0 x 36,0 м.

Висота будівлі в 7,340 м, висота до низу кроквяної конструкції 4,9 м.

Об'ємно-планувальним рішенням передбачено поділ будівлі заводу на два цехи: цех бетонних виробів і цех металообробки. Цехи мають склади матеріалів, складальні ділянки та загальний склад готових виробів. Також передбачено розміщення допоміжних приміщень: технічне приміщення для інженерного обладнання, умивальні та санвузли для співробітників, кабінет начальника цеху. Умивальні та С/В розділені на чоловічі та жіночі відповідно. Умивальна і С/В для

чоловіків розраховані на 12 осіб. Умивальна і С/В для жінок розраховані на 12 осіб. Висота допоміжних приміщень до низу перекриття 3,6 м.

Евакуація співробітників здійснюється за допомогою наявних входів-виходів з будівлі. Ширина евакуаційних виходів не менше 1,2 м [7]. Проектом передбачено влаштування двох зовнішніх вертикальних пожежних сходів [14,17,18].

1.4 Конструктивне рішення

Конструктивна схема будівлі - каркасна.

Фундаменти запроектовані пальові з монолітними залізобетонними ростверками. Глибина закладення підшви -1,210. Кількість паль приймається згідно з розрахунком.

Колони каркаса і торцеві балки запроектовані зі сталевго гарячекатаного двотавра з паралельними гранями полиць [7]. Ферми, горизонтальні та вертикальні зв'язки, розпірки по колонах і стійки фахверка запроектовані зі сталевих гнутих замкнутих зварних квадратних і прямокутних профілів [8]. Зв'язковий блок розташовується в осях 4-5. Покрівельні прогони запроектовані зі сталевих гарячекатаних швелерів з паралельними гранями полиць [9]. Перетини сталевих конструкцій прийняті згідно з розрахунком. Захист від корозії сталевих конструкцій забезпечується емаллю ПФ-133, нанесеною по ґрунтовці ГФ-021.

Зовнішні стіни запроектовані з тришарових сендвіч-панелей товщиною 150 мм. Як теплоізоляційний шар (сердечник) прийнято волокнистий матеріал - мінеральну вату [7].

Покрівля - двосхила, запроектована з покрівельних тришарових сендвіч-панелей товщиною 200 мм. Ухил покрівлі будівлі - 10%. Як теплоізоляційний шар (сердечник) прийнято волокнистий матеріал - мінеральну вату [7].

Покрівельне покриття будівлі обладнано зовнішнім і внутрішнім організованим водостоком, представленим водостічною системою. Кількість і розміщення водостічних труб розраховано відповідно до [7]. На карнизних

ділянках покрівлі проєктованої будівлі передбачено снігозатримувальні пристрої [7].

Поділ будівлі цеху виконують із каркасно-обшивних перегородок поелементного складання комплектної системи КНАУФ завтовшки 300 мм на подвійному рознесеному металевому каркасі з двошаровими обшивками з КНАУФ-листів із мінераловатним заповненням [7].

Внутрішні перегородки допоміжних приміщень цеху виконують із каркасно-обшивних перегородок поелементного складання комплектної системи КНАУФ завтовшки 150 мм на одинарному металевому каркасі із двошаровими обшивками з КНАУФ-листів з мінераловатним заповненням [7].

1.5 Зовнішнє та внутрішнє оздоблення

Фасади проєктованої виробничої будівлі виконані з урахуванням сучасних архітектурних тенденцій та вимог до промислових об'єктів, що експлуатуються в урбанізованому середовищі. Застосовано індивідуальні архітектурно-художні рішення, які надають зовнішньому вигляду будівлі естетично привабливого, впізнаваного та технологічно виразного образу. Кольорове оформлення фасадів реалізоване в гармонійній палітрі відтінків системи RAL, а саме: основним кольором визначено RAL-9003 "Сигнальний білий", що забезпечує візуальну легкість і чистоту зовнішнього сприйняття, а як акцентний використано RAL-5015 "Небесно-синій", що додає конструкції сучасного характеру та динамічності.

Світлопрозорі огорожувальні елементи фасадів, включно з віконними блоками та вітражними вставками, запроєктовані на основі профільних систем з алюмінієвих сплавів із високими антикорозійними властивостями. Зовнішня поверхня алюмінієвих профілів має захисне полімерне порошкове покриття відповідно до кольору RAL-5015 згідно з вимогами [7]. Такий конструктивно-матеріальний підхід забезпечує довговічність, експлуатаційну надійність та естетичну привабливість фасадів при мінімальних витратах на їх обслуговування.

Оздоблювальні рішення для внутрішніх приміщень проєктованої будівлі

базуються на концепції створення функціонального, технологічно зручного та ергономічного інтер'єрного середовища. Усі проєктні рішення з внутрішнього оздоблення відповідають вимогам чинного комплексу протипожежних, санітарно-епідеміологічних, експлуатаційних та естетичних нормативних документів, що забезпечує безпечну, гігієнічну та комфортну експлуатацію приміщень у складі виробничого процесу.

Відомість оздоблення приміщень представлена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Відомість оздоблення приміщень

Номер приміщення	Вид оздоблення елементів інтер'єру			
	Стеля	Площа, м ²	Стіни або перегородки	Площа, м ²
3,4,7, 8,10	-	-	Штукатурка сухими розчинними сумішами, ґрунтування, фарбування водно-дисперсійною фарбою	346,47
11,16	Самонесуча підвісна стеля	35,54	Штукатурка сухими розчинними сумішами, ґрунтування, фарбування водно-дисперсійною фарбою	86,58
12,13, 14,15	Самонесуча підвісна стеля з КНАУФ	23,15	Штукатурка сухими розчинними сумішами, ґрунтовка, керамічна плитка на всю стіну	95,31

1.6 Протипожежні вимоги

Проектований об'єкт відповідає нормам, стандартам і вимогам пожежної безпеки будівель і споруд.

Ступінь вогнестійкості - II (забезпечується вогнезахисним покриттям каркаса R90) [17].

Проектована будівля має об'ємно-планувальне рішення і конструктивне виконання евакуаційних шляхів, які забезпечують безпечну евакуацію людей із будівлі в разі виникнення пожежі [2,6]:

- встановлено необхідну кількість, розміри та відповідне конструктивне виконання евакуаційних шляхів та евакуаційних виходів;
- забезпечено безперешкодний рух людей евакуаційними шляхами та через евакуаційні виходи;
- організовано оповіщення людей про пожежу з використанням світлових покажчиків, звукового оповіщення [17]).

Евакуація співробітників здійснюється за допомогою наявних входів-виходів з будівлі. Ширина евакуаційних виходів не менше 1,2 м [2]. Проектом передбачено влаштування двох зовнішніх вертикальних пожежних сходів із покрівлі [14,17,18].

РОЗДІЛ 2

КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

2.1 Програмний комплекс для розрахунку каркаса

2.1.1 Вибір програмного комплексу для розрахунку каркаса

Для виконання інженерних розрахунків металевого каркаса будівель і споруд використовуються спеціалізовані програмні комплекси, призначені для чисельного моделювання конструкцій з урахуванням реальних умов експлуатації та нормативних вимог. Серед найпоширеніших сучасних програмних засобів слід відзначити такі системи, як SCAD++, Autodesk Robot Structural Analysis та ЛІРА-САПР, які широко застосовуються в галузі будівельного проєктування завдяки своїм функціональним можливостям, точності результатів та відповідності вимогам чинних нормативів.

SCAD++ - це потужний інженерно-розрахунковий комплекс, що забезпечує проведення повного спектра інженерних розрахунків конструкцій різного призначення. Основу функціоналу SCAD++ становить реалізація методу скінченних елементів (МСЕ), який дозволяє моделювати напружено-деформований стан (НДС) складних просторових систем із достатнім рівнем точності. Програмний продукт орієнтований на розрахунок просторових та плоских систем із урахуванням нелінійностей геометрії, фізичних властивостей матеріалів, умов закріплення та взаємодії елементів. До складу SCAD++ входить низка модулів: модулі попередньої обробки (створення розрахункової моделі), модулі розрахунку, модулі після обробки результатів (аналіз і візуалізація результатів розрахунку), а також засоби для формування конструкторської документації відповідно до вимог чинних стандартів. Програма забезпечує розрахунок зусиль, переміщень, прогинів, кутів повороту та реакцій у вузлах конструкції, а також підбір та перевірку перерізів за критеріями міцності, жорсткості, граничної гнучкості та загальної або локальної стійкості.

Autodesk Robot Structural Analysis є багатофункціональним засобом інженерного аналізу, призначеним для професійного проєктування металевих,

залізобетонних та комбінованих конструкцій будівель і споруд. Програмний комплекс підтримує аналіз як лінійних, так і нелінійних задач, у тому числі задач з урахуванням фізичної та геометричної нелінійності, що є особливо важливим при моделюванні поведінки конструкцій під впливом складних статичних та динамічних навантажень. Однією з ключових особливостей Autodesk Robot Structural Analysis є реалізація методів покрокового нарощування навантаження (метод нелінійного статичного аналізу), що дозволяє моделювати послідовність прикладення навантажень і відстежувати поведінку конструкцій у процесі досягнення граничного стану. Система забезпечує підтримку великої кількості стандартів та сортаментів для різних регіонів, що дозволяє виконувати розрахунки відповідно до локальних нормативів. Зокрема, вона підтримує автоматизований підбір перерізів, перевірку вузлів, розрахунок армування та створення звітної документації.

ЛІРА-САПР — ще один сучасний програмний комплекс, який широко застосовується у сфері розрахунку та проектування будівельних конструкцій. Він реалізує метод кінцевих елементів для вирішення широкого спектра завдань, пов'язаних із аналізом навантажень, перевіркою міцності, стійкості, жорсткості та просторової роботи конструктивних елементів. Програма дозволяє не лише виконувати розрахунки сталевих, залізобетонних і дерев'яних конструкцій, а й забезпечує підбір армування, оцінювання залишкової несучої здатності, аналіз впливу аварійних навантажень, моделювання ґрунтів та фундаментів. Однією з переваг ЛІРА-САПР є гнучкість у формуванні складних розрахункових моделей з урахуванням різноманітних варіантів закріплення, жорсткості стиків та етапності монтажу. Також система підтримує вивід робочої документації на стадії "РП" з автоматичною генерацією креслень.

У межах кваліфікаційної роботи основним завданням є розрахунок металевих каркасів виробничого цеху, що включає: створення розрахункової моделі, підбір поперечних перерізів основних та другорядних елементів каркаса, перевірку їх несучої здатності за нормами міцності, жорсткості, стійкості та граничної гнучкості. Також розглядається питання оптимізації конструкції з точки

зору матеріаломісткості та технологічності виготовлення.

Для виконання розрахунків у рамках цієї роботи було обрано програмний комплекс SCAD++, як такий, що забезпечує повну відповідність поставленим вимогам та забезпечує глибокий аналітичний інструментарій для оцінки поведінки конструкції під навантаженням. Програмне середовище SCAD++ дозволяє отримати числові значення переміщень, кутів повороту, нормальних і поперечних зусиль, моментів, а також графічно відобразити форму деформованої схеми та епюри внутрішніх сил. Підбір перерізів у середовищі програми здійснюється на основі автоматизованих алгоритмів із урахуванням заданого сортаменту прокату та з дотриманням вимог до конструктивних характеристик елементів. Крім того, результати аналізу можуть бути використані як вихідні дані для подальшого створення креслень конструктивних елементів у CAD-системах.

2.1.2 Вихідні дані для розрахунку в програмному комплексі

Місце будівництва - м. Житомир. Відмітка верху несучих конструкцій покриття - 7,0 м; Кількість прольотів - 2;

Довжина прольоту (ферм) - 18 м; Крок колон - 6 м; Кількість кроків колон - 7;

Швидкісний натиск вітру - 0,38 кПа;

Вага снігового покриву - 1,0 кПа [2];

Сейсмічність району з 10 % ступенем сейсмічної небезпеки протягом 50 років - 5 балів [7].

Згідно з картою сейсмічного районування (додаток А [7]) розрахункова сейсмічна інтенсивність на території майданчика будівництва - м. Житомир, становить для масового будівництва - 5 балів. Отже, необхідно вжити конструктивних заходів для будівель зі сталевим каркасом відповідно до [7].

Відповідно до [7] проєктований об'єкт не належить до категорії небезпечних виробничих об'єктів, оскільки до категорій небезпечних виробничих об'єктів належать:

- об'єкти зі зберігання хімічної зброї, об'єкти зі знищення хімічної зброї та небезпечних виробничих об'єктів спецхімії;
- об'єкти буріння і видобутку нафти, газу та газового конденсату;
- газорозподільні станцій, мережі газорозподілу та мережі газоспоживання.

Пожежна та вибухопожежна безпека:

Об'єкт, що проектується, має категорію за пожежовибухонебезпечністю Д (знижена пожежонебезпека).

Згідно з [14] приміщення з постійним перебуванням людей - приміщення, в якому передбачено перебування людей безперервно протягом більше двох годин. Цей об'єкт має приміщення з постійним перебуванням людей.

Для розрахунку металевого каркаса необхідно виконати компонування виходячи з вихідних даних. Відповідно до зазначених розмірів створюється просторова модель.

Ступінь вогнестійкості - II [17].

2.2 Призначення матеріалу конструкцій

2.2.1 Призначення матеріалу для колон, стійок, зв'язків і прогонів

Призначаємо марку сталі для колон (K1, K2), стійок (СФ1), зв'язків (СГ1, СГ2, ВС1, ВС2) і прогонів (П1) відповідно до вимог [4] під час призначення сталі слід враховувати групу конструкцій, розрахункову температуру, вимоги щодо ударної в'язкості та хімічного складу.

За розрахункову температуру в районі будівництва слід приймати температуру зовнішнього повітря найхолоднішої доби із забезпеченістю 0,98, визначену згідно [3].

Для м. Житомир температура зовнішнього повітря найхолоднішої доби із забезпеченістю 0,98 становить -21°C [3].

Ударна в'язкість сталі з $R_{yn} = 245 \text{ Н/кв.мм}$ для розрахункової температури мінус 45°C і вище і для груп конструкцій 1, 2, 3 нормується тільки для

температури $+20^{\circ}\text{C}$ і становить 34 Дж/кв.см [4].

Вимоги за хімічним складом для сталі з $R_{(yn)} < 290 \text{ Н/мм}^2$: С не більше ніж $0,22\%$, Р не більше ніж $0,040\%$, S не більше ніж $0,025\%$ [4].

Призначаємо сталь для конструкцій С255 [4].

Для колон К-1 і К-2 попередньо задаємося перетином двотавр - 35Ш1 і 30Ш1 [7].

Для стійок СФ1 і зв'язків ВС1: труба ПК - 120х3 [8]. Для зв'язків СГ1, СГ2, ВС2: труба ПК - 80х3 [8].

Для прогонів П1: швелер - 22П [9].

2.2.2 Призначення матеріалу для ферм, ригелів рам і розпірок

Призначаємо марку сталі для ферм (Ф1), ригелів рам (Б1) і розпірок (РС1) відповідно до вимог [4]: під час призначення сталі слід враховувати групу конструкцій, розрахункову температуру, вимоги щодо ударної в'язкості та хімічного складу.

За розрахункову температуру в районі будівництва слід приймати температуру зовнішнього повітря найхолоднішої доби із забезпеченістю $0,98$, визначену згідно з [3].

Для м. Житомир, температура зовнішнього повітря найхолоднішої доби із забезпеченістю $0,98$ становить -21°C [3].

Ударна в'язкість сталі з $R_{yn} = 245 \text{ Н/кв.мм}$ для розрахункової температури мінус 45°C і вище і для груп конструкцій 1, 2, 3 нормується тільки для температури $+20^{\circ}\text{C}$ і становить 34 Дж/кв.см [4].

Вимоги за хімічним складом для сталі з $R_{(yn)} < 290 \text{ Н/мм}^2$: С не більше ніж $0,22\%$, Р не більше ніж $0,040\%$, S не більше ніж $0,025\%$ [4].

Призначаємо сталь для конструкцій С255 [4].

Для ферм Ф1 попередньо задаємося перетином труба ПП - 160х120х4 і труби ПК - 120х4, 100х4, 80х3 .

Для ригелів рам Б1: двотавр - 20Б1 . Для розпірок РС1: труба ПК - 80х3 .

2.2.3 Призначення матеріалу для фасонок ферм

Призначаємо марку сталі для фасонок ферм відповідно до вимог [4]: під час призначення сталі слід враховувати групу конструкцій, розрахункову температуру, вимоги щодо ударної в'язкості та хімічного складу.

За розрахункову температуру в районі будівництва слід приймати температуру зовнішнього повітря найхолоднішої доби із забезпеченістю 0,98, визначену згідно з [3].

Для м. Житомир температура зовнішнього повітря найхолоднішої доби із забезпеченістю 0,98 становить -21°C (табл. 3.1 [3]).

Ударна в'язкість сталі з $290 R_{(yn)} 390 \text{ Н/кв. мм}$ для розрахункової температури мінус 25°C і вище та для груп конструкцій 1, 2, 3 нормується тільки для температури $+20^{\circ}\text{C}$ і становить 34 Дж/кв.см [4].

Вимоги за хімічним складом для сталі з $290R_{(yn)} 390 \text{ Н/мм}^2$: С не більше ніж 0,14%, Р не більше ніж 0,025%, S не більше ніж 0,025% [4].

Призначаємо сталь для конструкцій С345 [4].

2.3 Дані про навантаження

У розрахунковому комплексі SCAD++ усі навантаження прикладаються до розрахункової схеми окремо за видами завантажень. Напрямок видачі зусиль для горизонтальних і похилих площинних скінченних елементів - по Х. Напрямок видавання зусиль для вертикальних площинних скінченних елементів - по Z.

Як навантаження на будівлю та її елементи використано навантаження, регламентовані в [2]. Відповідно до вимог [2] для розрахунку придатності до нормальної експлуатації застосовано нормативні навантаження, для розрахунку несучої здатності - розрахункові навантаження.

Коефіцієнти надійності за навантаженням для конструкцій прийнято відповідно до [2].

Застосування отриманих навантажень представлено на рисунках 2.2-2.8.

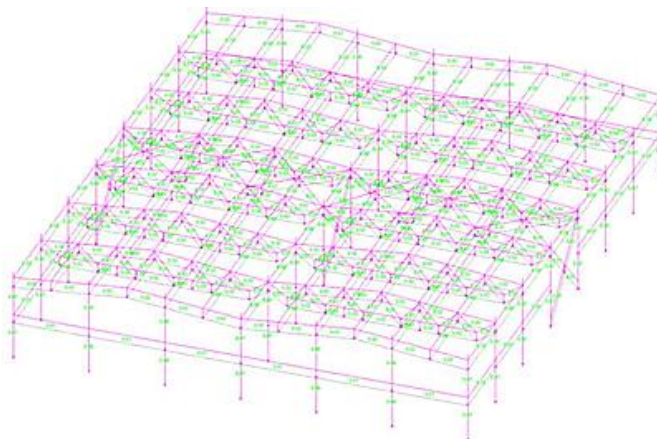


Рисунок 2.1 - Загальний вигляд завантаження від ваги елементів розрахункової схеми

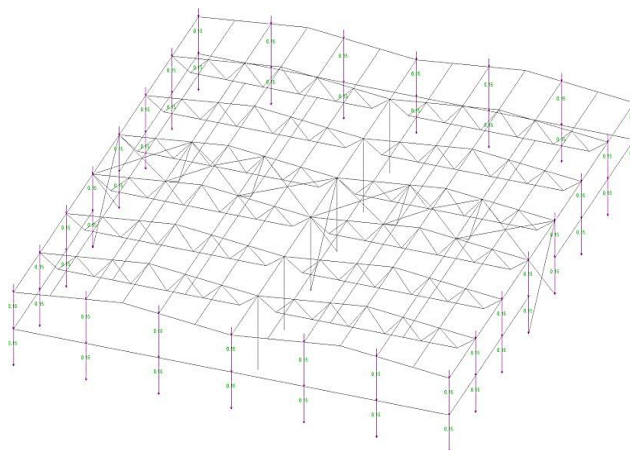


Рисунок 2.2 - Загальний вигляд завантаження від ваги стінових сендвіч-панелей

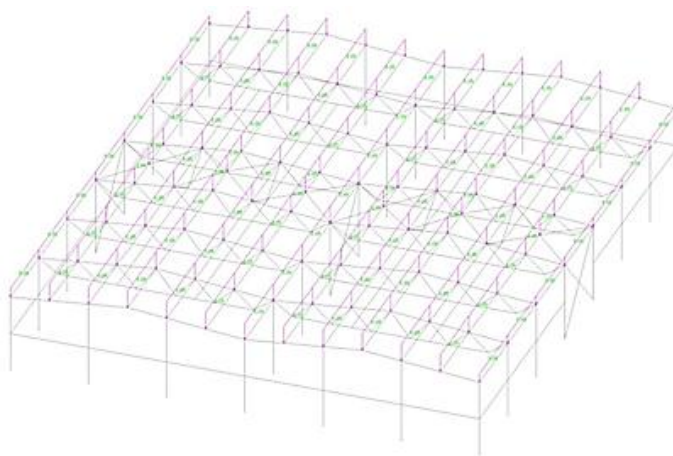


Рисунок 2.3- Загальний вигляд завантаження від ваги покрівельних сендвіч-панелей

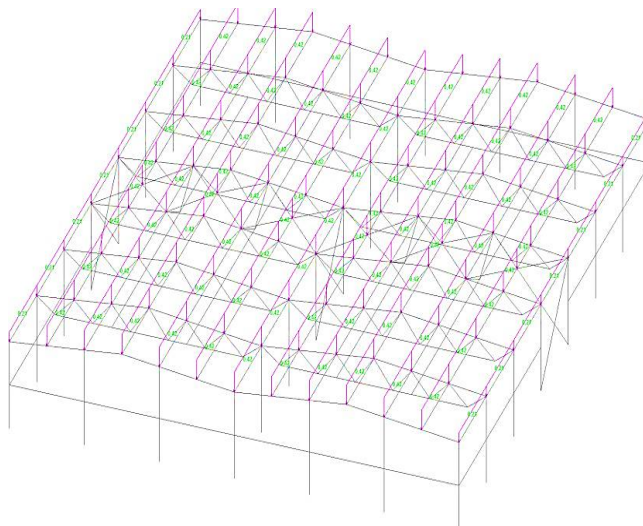


Рисунок 2.4 - Загальний вигляд завантаження від ваги снігу

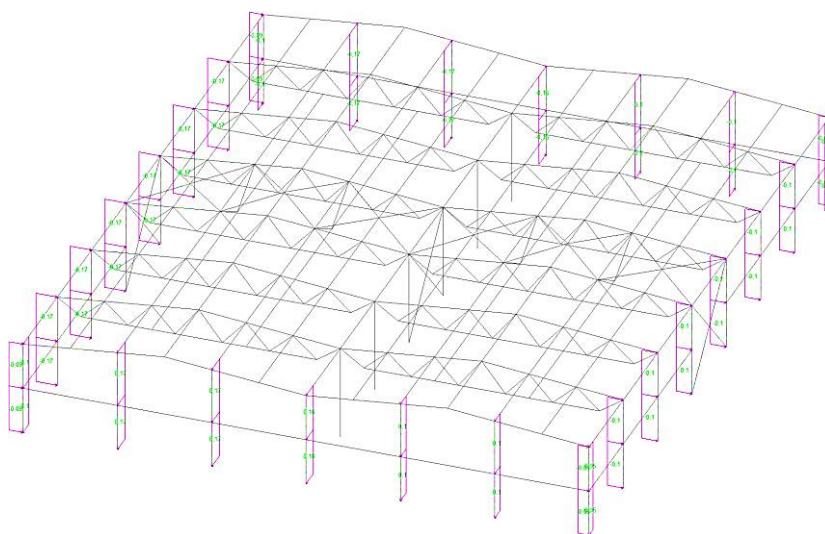


Рисунок 2.5 - Загальний вигляд завантаження від вітру по осі X

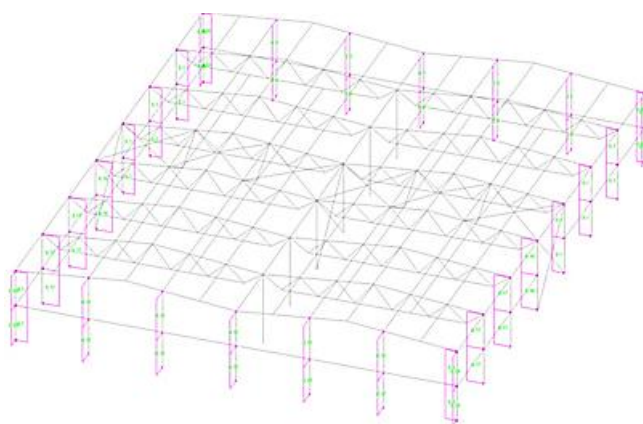


Рисунок 2.6 - Загальний вигляд завантаження від вітру по осі Y

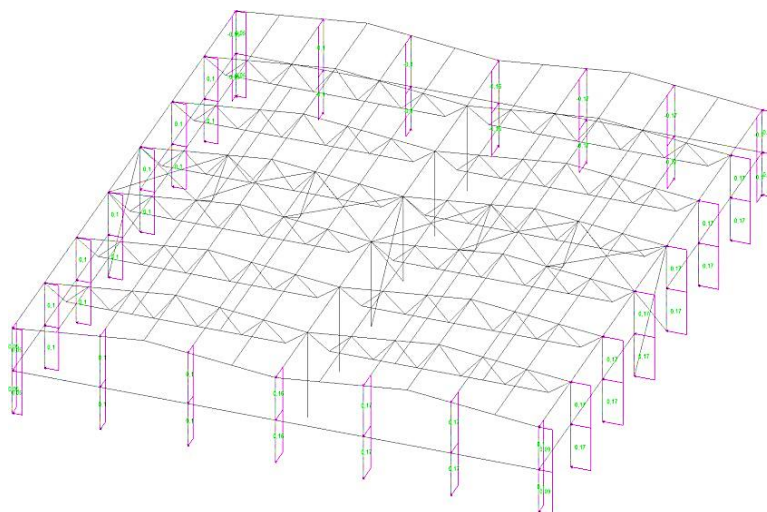


Рисунок 2.7 - Загальний вигляд завантаження від вітру по осі -X

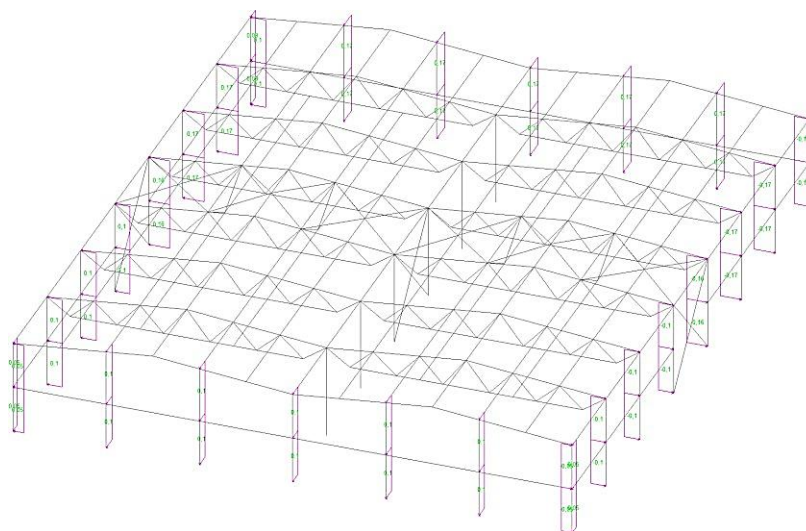


Рисунок 2.8 - Загальний вигляд завантаження від вітру по осі -Y

Усі навантаження підрозділяються за тривалістю впливу на постійні, тимчасові тривалої дії, короточасної і враховуються в розрахунках у вигляді основного поєднання.

Постійні навантаження від власної ваги несучого металевого каркаса враховуються автоматично програмним комплексом SCAD++.

2.4 Комбінації завантажень

На рисунках 2.9, 2.10 представлено комбінації завантажень, розрахункові поєднання зусиль і переміщень, прийняті для розрахунку в програмному

комплексі SCAD++. Розрахунок конструкцій за граничними станами першої та другої груп виконано з урахуванням несприятливих поєднань навантажень.

2.5 Розрахунок каркаса в програмному комплексі

Послідовність розрахунку:

- формування розрахункової схеми;
- завдання вузлів;
- завдання елементів із призначенням жорсткостей і умов примикань до накладення зв'язків в опорних вузлах;
- завдання навантажень і комбінацій навантажень;
- створення груп елементів;
- статичний розрахунок каркаса;
- підбір перерізів за граничною гнучкістю;
- перегляд результатів розрахунку;
- складання звіту.

На рисунку 2.9 представлений загальний вигляд в ізометрії геометричної укрупненої схеми каркаса (з відображенням профілів кольоровою індикацією жорсткостей елементів).

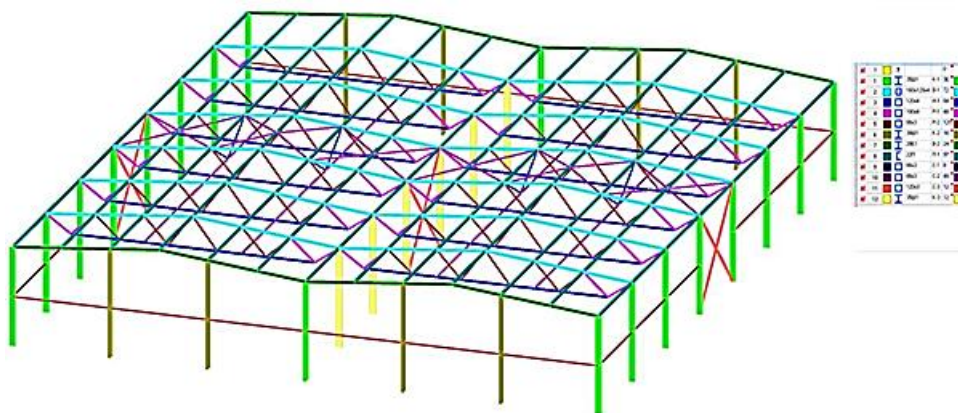


Рисунок 2.9 - Загальний вигляд в ізометрії геометричної укрупненої схеми каркаса (з відображенням профілів колірної індикації жорсткостей елементів)

Розрахункова схема характеризується такими параметрами:

- кількість вузлів – 277;
- кількість кінцевих елементів – 577;
- кількість завантажень - 15.

Розрахункова схема конструктивної системи моделюється як система загального вигляду. Це передбачає, що деформаційний стан моделі описується за допомогою шести ступенів свободи у кожному вузлі – трьох лінійних переміщень уздовж координатних осей (X , Y , Z) та трьох кутових переміщень (обертів) навколо цих самих осей (UX , UY , UZ). Такий підхід дозволяє повноцінно врахувати просторову роботу конструкції, включно з крутильними, згинальними та зсувними впливами.

Вузлові умови сполучень між елементами конструкції визначені відповідно до характеру їх фактичного закріплення. Колони жорстко з'єднані з фундаментами, що забезпечує передачу не лише вертикальних і горизонтальних зусиль, а й моментів, відповідно, вважається, що у вузлі реалізовано жорстке защемлення. Ригелі рам мають шарнірне з'єднання з колонами, що допускає передачу тільки поперечних сил і вертикальних навантажень без передачі моментів згину. Аналогічно, у вузлах з'єднання ферм покриття з колонами також реалізовано шарнірне сполучення. Натомість, у місцях приєднання ригелів рам і ферм покриття до прогонів покриття встановлено жорстке з'єднання, що передбачає передачу повного спектра внутрішніх зусиль, включаючи згинальні моменти, нормальні та поперечні сили.

Основа будівлі в розрахунковій моделі прийнята як абсолютно жорстка. Це означає, що переміщення її вузлів під впливом навантажень не враховуються, і вона виконує функцію ідеального закріплення для нижніх вузлів колонової сітки, що дає змогу зосередити аналіз на надфундаментній частині конструкції.

Жорсткісні характеристики стрижневих елементів задано з використанням типових сталевих профілів згідно з сортаментом, наявним у програмному середовищі SCAD++. У моделі застосовано стандартні гарячекатані профілі, такі

як двотаври, швелери, кутики та замкнені прямокутні профілі. Жорсткість кожного елемента автоматично визначається на основі геометричних характеристик перерізу (моменти інерції, площа, модуль опору тощо) та фізико-механічних властивостей матеріалу (модуль пружності, границя текучості), що дає змогу точно врахувати опір конструктивних елементів зовнішнім впливам.

Такий підхід до побудови розрахункової моделі забезпечує достовірне відображення реальної просторової роботи несучого каркаса будівлі в умовах дії експлуатаційних і розрахункових навантажень.

2.6 Результати розрахунку каркаса

Результат перевірки несучої здатності з прийнятими перерізами відображено на рисунку 2.10 для груп конструктивних елементів.

Конструктивні елементи відображаються палітрою кольорів від зеленого до синього - зеленим, якщо несуча здатність від 0,34 до 0,57, з кожним кроком колір на тон змінюється від зеленого до синього, синій - якщо несуча здатність перебуває поблизу критичного значення (фактор близький до 1,0), червоний - конструкції не проходять по критичному значенню (фактор більший за 1,0).

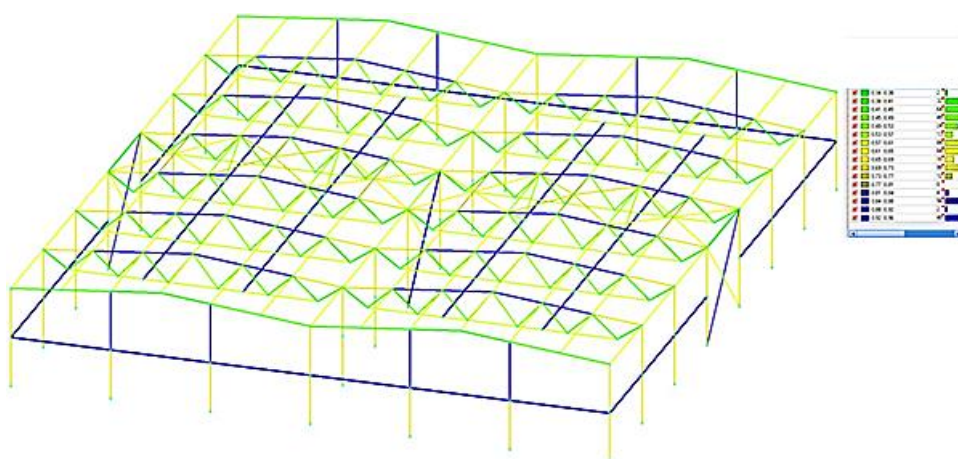


Рисунок 2.10 - Результат перевірки за критичним фактором $K_{\max}$

Таким чином, з урахуванням розрахункових і конструктивних вимог призначено такі перерізи елементів каркаса:

- колони К-1 і К-2 двотавр - 35Ш1 і 30Ш1;
- стійки СФ1 і зв'язку ВС1 - труба ПК 120х3;
- зв'язки СГ1, СГ2, ВС2 - труба ПК 80х3 ;
- прогони П1 - швелер 22П;
- ферма Ф1 - труба ПП 160х120х4 і труби ПК 120х4, 100х4, 80х3;
- ригелі рам Б1 - двотавр 20Б1;
- розпірки РС1 - труба ПК 80х3.

Згідно з результатами проведених інженерних розрахунків, а також відповідно до нормативних конструктивних вимог, встановлено, що для всіх елементів металевого каркаса забезпечується дотримання необхідних умов експлуатаційної надійності та безпеки. У прийнятих поперечних перерізах виконуються умови граничної гнучкості як у головних площинах згину, так і у площинах дії нормальних сил, що виключає втрату загальної чи локальної стійкості. Крім того, всі елементи задовольняють вимоги щодо несучої здатності під час спільної дії згинальних моментів, осьових стискуючих або розтягуючих сил, а також поперечних зусиль. Усі ці показники перевірено згідно з критеріями першої та другої груп граничних станів відповідно до чинних нормативів. Таким чином, обрані перерізи забезпечують працездатність і довговічність конструкції за передбачених експлуатаційних навантажень.

РОЗДІЛ 3

ОСНОВИ ТА ФУНДАМЕНТИ

3.1 Інженерно-геологічні умови

Рельєф ділянки відносно рівний. Рівень планувальної позначки 252,0 м. Інженерно-геологічний розріз представлений на рисунку 3.1. Склад шарів: супісок, галечниковий ґрунт. Рівень ґрунтових вод розташований на абсолютній позначці 246,5 м.

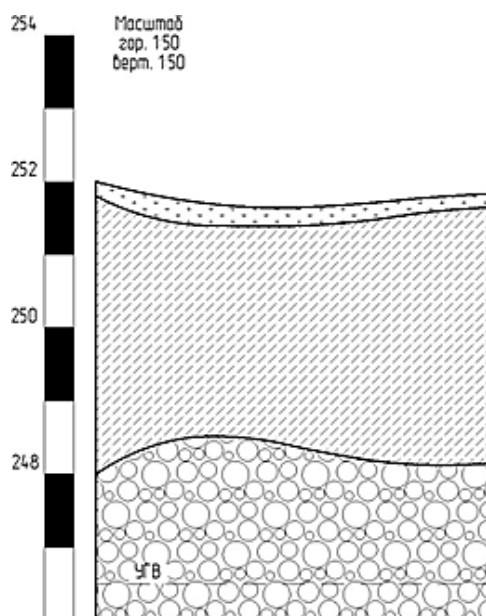


Рисунок 3.1 - Інженерно-геологічний розріз

Геолого-літологічна будова ґрунтового масиву в межах проєктованого майданчика досліджена на глибину до 5 метрів і представлена переважно сучасними техногенними та природними четвертинними алювіальними відкладами. Згідно з аналізом доступних даних та відповідно до прийнятої стратиграфічної інтерпретації, у верхній частині геологічного розрізу залягає ґрунтово-рослинний шар, що складається з пісків пилюватих із підвищеним ступенем водонасичення. За відсутності повноцінних інженерно-геологічних вишукувань та результатів польових випробувань, характеристики цього шару приймаються за табличними значеннями згідно з [25], де зазначено, що його розрахунковий опір основи R_0 становить лише 0,05 МПа), що є одним із

найменших серед типових ґрунтів основ. Потужність даного шару прийнята рівною 0,2 м.

Нижче по розрізу залягає шар супіску пластичної консистенції, який характеризується кращими механічними властивостями, зокрема підвищеною щільністю, порівняно з пісками пилюватими. Цей шар має потужність близько 4,0 м та формує основну товщу природного підґрунтя, що потенційно може бути використане для передачі навантажень від конструкцій через систему фундаментів. Супіски відзначаються задовільними фільтраційними та деформаційними властивостями при помірному рівні водонасичення.

Під супісками розташовується галечниковий ґрунт – щільний крупнофракційний матеріал, який потенційно може виступати як міцна природна основа для заглиблених конструкцій або пальових фундаментів. Його присутність свідчить про наявність більш стабільного геологічного середовища на глибині понад 4 м. Ґрунтові умови відображено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Ґрунтові умови

Найменування ґрунту	Потужність шару, м	Характеристики ґрунту				
		W	WL	WP	$\rho, \text{т/м}^3$	$\rho_s, \text{т/м}^3$
Супісок пластичний	4,0	0,20	0,26	0,20	1,84	2,68
Галечниковий ґрунт	>2	-	-	-	2,20	-

Ґрунтово-рослинний шар в окремий елемент не виділено через незначну потужність шару 0,2 м.

3.2 Визначення вихідних і класифікаційних характеристик ґрунту

Супісок пластичний

Визначення числа пластичності J_p (табл. А. 1 [25]):

$$J_p = \omega_L - \omega_p = 0,26 - 0,20 = 0,06 \quad (3.1)$$

де: ω_L - вологість ґрунту на межі плинності;

ω_P - вологість ґрунту на межі розкочування.

Визначення показника плинності J_L [25]:

$$J_L = \frac{\omega - \omega_P}{\omega_L - \omega_P} = \frac{0,20 - 0,20}{0,26 - 0,20} = 0 \quad (3.2)$$

де: ω_L - вологість ґрунту на межі плинності;

ω_P - вологість ґрунту на межі розкочування;

ω - вологість природна.

Визначення густини сухого ґрунту ρ_d [25]:

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + w} = \frac{1,84}{1 + 0,2} = 1,53 \quad (3.3)$$

де: ρ - щільність ґрунту;

w - вологість природна.

Визначення коефіцієнта пористості e [25]:

$$e = \frac{p_s - p_d}{p_d} = \frac{2,68 - 1,53}{1,53} = 0,75 \quad (3.4)$$

де: ρ_s - густина частинок ґрунту [25];

ρ_d - густина ґрунту.

Визначення характеристики ґрунту при коефіцієнті пористості $e = 0,75$:

$c_n = 13$ кПа - нормативне значення питомого зчеплення [25];

$\varphi_n = 24^0$ - кут внутрішнього тертя [25];

$E = 10$ МПа - модуль деформації [25].

3.3 Обґрунтування можливих варіантів та глибини закладення фундаменту

У рамках виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи було розглянуто можливі варіанти конструктивного виконання фундаментів під проєктовану виробничу будівлю. Серед розумних та економічно доцільних рішень розглядаються два основних типи фундаментів: стовпчастий фундамент, що спирається безпосередньо на природну основу, а також пальовий фундамент, який передбачає передачу навантажень на глибші шари ґрунту через заглиблені стрижневі елементи.

Пальові фундаменти мають ряд переваг порівняно зі стовпчастими фундаментами, що базуються на природній основі. Зокрема, основними перевагами пальових фундаментів є:

- висока несуча здатність при порівняно компактних розмірах поперечного перерізу палі;
- стійкість до сезонних змін температурного режиму, включаючи вплив морозного здимання та осідання ґрунту;
- зменшена деформаційна осадка у порівнянні зі стовпчастими фундаментами, що знижує ризик утворення тріщин у конструкціях;
- можливість ефективного застосування на слабких, просадних або насичених водою ґрунтах, де влаштування фундаментів мілкового закладення є технічно недоцільним або економічно необґрунтованим.

З урахуванням технічних характеристик геологічного розрізу майданчика, який включає шари з низькою несучою здатністю (зокрема, вологі пилюваті піски та супіски), а також з огляду на необхідність забезпечення надійної роботи фундаментів протягом усього терміну експлуатації об'єкта, доцільним є вибір саме пальового фундаменту. Це рішення дозволяє передати розрахункові навантаження на глибше залягаючі шари ґрунтів із кращими механічними властивостями, зокрема на щільні галечникові або піщано-гравійні відклади.

Глибина закладення фундаменту є одним із найважливіших проєктних

параметрів, який впливає на стійкість і довговічність усієї конструктивної системи. Цей параметр залежить від комплексу факторів: інженерно-геологічних умов будівельного майданчика, фізико-механічних властивостей ґрунтів, глибини залягання несучих шарів, характеру навантажень від будівлі, рівня ґрунтових вод, а також будівельних нормативів і стандартів проектування.

Враховуючи наведені фактори, а також посилаючись на дані відповідних нормативних документів [30], глибину закладення палі-стійки приймаємо рівною 4,11 м від рівня планувальної позначки поверхні землі. Такий рівень заглиблення дозволяє забезпечити передачу зусиль на ґрунтову товщу з достатнім розрахунковим опором і гарантує стабільну просторову роботу фундаментної системи за передбачених експлуатаційних навантажень.

3.3 Збір навантажень на фундамент

3.3.1 Збір навантаження на фундамент від крайньої колони

У таблиці 3.2. наведено збір навантаження на фундамент від крайньої колони

Таблиця 3.2 - Збір навантаження на фундамент від крайньої колони

Найменування навантаження	Нормативне навантаження, кН/м^2	Коефіцієнт надійності за нав γ_f	Розрахункове навантаження, кН/м^2
Постійні:			
Металевий каркас	0,25	1,05	0,26
Покрівельна сендвіч-панель $t = 200$ мм	0,25	1,2	0,3
Стінова сендвіч-панель $t = 150$ мм	0,21	1,2	0,25
Разом постійні:	$\sum q^H = 0,71$	-	$\sum q^P = 0,81$
Тимчасові:			
5) Корисне	2,0	1,2	2,4
6) Від обладнання	3,0	1,2	3,6
7) Снігове	1,0	1,4	1,4
Разом тимчасові:	$\sum q^H = 6,0$	-	$\sum q^P = 7,4$
Разом загальне	$\sum q^H = 6,71$	-	$\sum q^P = 8,21$

За рисунком 3.2 обчислюємо вантажну площу.

$$A_{\text{BH}} = 6,0 \cdot 9,0 = 54 \text{ м}^2 \quad (3.5)$$

Розрахункове навантаження на фундамент:

$$N_d = A_{\text{BH}} \cdot \sum q^P \quad (3.6)$$

де: N_d - розрахункова стислива сила, кН;

$\sum q^P$ - розрахункове навантаження на 1 м² фундаменту, кН/м².

$$N_d = 54 \cdot 8,21 = 443 \text{ кН.}$$

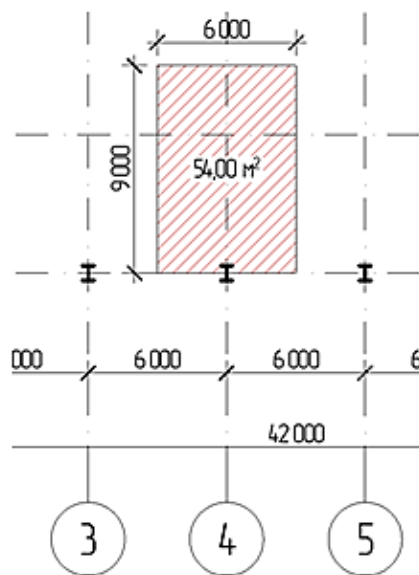


Рисунок 3.2 - Вантажна площа крайньої колони

3.3.2 Збір навантаження на фундамент від кутової колони

У таблиці 3.3. наведено збір навантаження на фундамент від кутової колони

Таблиця 3.3 - Збір навантаження на фундамент від кутової колони

Найменування навантаження	Нормативне навантаження, кН/м2	Коефіцієнт надійності γ_f	Розрахункове навантаження, кН/м2
Постійні:			
Металевий каркас	0,22	1,05	0,23
Покрівельна сендвіч-панель t = 200 мм	0,25	1,2	0,3
Стінова сендвіч-панель t = 150 мм	0,21	1,2	0,25
Разом постійні:	$\sum q^H = 0,68$	-	$\sum q^P = 0,78$
Тимчасові:			
5) Корисне	2,0	1,2	2,4
6) Від обладнання	3,0	1,2	3,6
7) Сніг	1,0	1,4	1,4
Разом тимчасові:	$\sum q^H = 6,0$	-	$\sum q^P = 7,4$
Разом загальні:	$\sum q^H = 6,68$	-	$\sum q^P = 8,18$

За рисунком 3.3 обчислюємо вантажну площу.

$$A_{BH} = 3,0 \cdot 3,0 = 9 \text{ м}^2 \quad (3.7)$$

Розрахункове навантаження на фундамент:

$$N_d = A_{BH} \cdot \sum q^P \quad (3.8)$$

де: N_d - розрахункова стислива сила, кН;

$\sum q^P$ - розрахункове навантаження на 1 м² фундаменту, кН/м².

$$N_d = 9 \cdot 8,18 = 74 \text{ кН.}$$

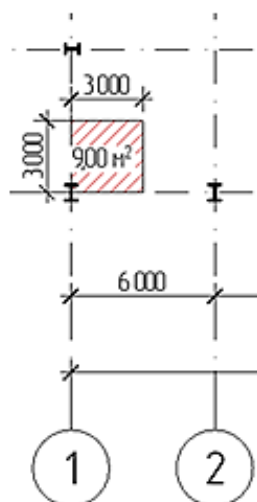


Рисунок 3.3 - Вантажна площа кутової колони

3.3.3 Збір навантаження на фундамент від середньої колони

У таблиці 3.4. наведено збір навантаження на фундамент від середньої колони

Таблиця 3.4 - Збір навантаження на фундамент від середньої колони

Найменування навантаження	Нормативне навантаження, кН/м ²	Коефіцієнт надійності γ_f	Розрахункове навантаження, кН/м ²
Постійні:			
Металевий каркас	0,3	1,05	0,32
Покрівельна сендвіч-панель $t = 200$ мм	0,25	1,2	0,3
Перегородка КНАУФ $t = 300$ мм	0,60	1,2	0,72
Разом постійні:	$\sum q^H = 1,15$	-	$\sum q^P = 1,34$
Тимчасові:			
5) Корисне	2,0	1,2	2,4
6) Від обладнання	3,0	1,2	3,6
7) Сніг	1,0	1,4	1,4
Разом тимчасові:	$\sum q^H = 6,0$	-	$\sum q^P = 7,4$
Разом загальні:	$\sum q^H = 7,15$	-	$\sum q^P = 8,74$

За рисунком 3.4 обчислюємо вантажну площу.

$$A_{BH} = 6,0 \cdot 18,0 = 108 \text{ м}^2 \quad (3.9)$$

Розрахункове навантаження на фундамент:

$$N_d = A_{BH} \cdot \sum q^P \quad (3.10)$$

де: N_d - розрахункова стислива сила, кН;

$\sum q^P$ - розрахункове навантаження на 1 м² фундаменту, кН/м².

$$N_d = 108 \cdot 8,74 = 944 \text{ кН.}$$

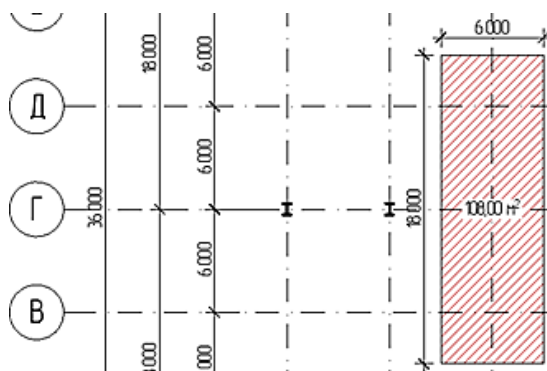


Рисунок 3.4 - Вантажна площа середньої колони

3.3.4 Збір навантаження на фундамент від колони фахверка

У таблиці 3.5. наведено збір навантаження на фундамент від колони фахверка

Таблиця 3.5 - Збір навантаження на фундамент від колони фахверка

Найменування навантаження	Нормативне навантаження, кН/м ²	Коефіцієнт надійності γ_f	Розрахункове навантаження, кН/м ²
Постійні:			
Металевий каркас	0,38	1,05	0,4
Покрівельна сендвіч-панель t = 200 мм	0,25	1,2	0,3

Продовження таблиці 3.5

Стінова сендвіч-панель $t = 150$ мм	0,21	1,2	0,25
Разом постійні:	$\sum q^H = 0,84$	-	$\sum q^P = 0,95$
Тимчасові:			
5) Корисне	2,0	1,2	2,4
6) Від обладнання	3,0	1,2	3,6
7) Снігове	1,0	1,4	1,4
Разом тимчасові:	$\sum q^H = 6,0$	-	$\sum q^P = 7,4$
Разом загальна:	$\sum q^H = 6,84$	-	$\sum q^P = 8,35$

За рисунком 3.5 обчислюємо вантажну площу.

$$A_{BH} = 6,0 \cdot 3,0 = 18 \text{ м}^2 \quad (3.11)$$

Розрахункове навантаження на фундамент:

$$N_d = A_{BH} \cdot \sum q^P \quad (3.12)$$

де: N_d - розрахункова стислива сила, кН; $\sum q^P$ - розрахункове навантаження на 1 м^2 фундаменту, кН/м².

$$N_d = 18 \cdot 8,35 = 150 \text{ кН}.$$

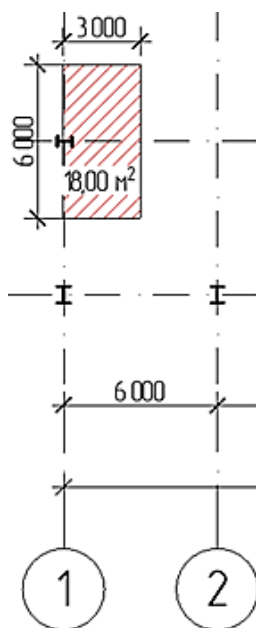


Рисунок 3.5 - Вантажна площа колони фахверка

3.4 Розрахунок несучої здатності палі-стійки

Розрахунок палі-стійки виконується згідно з [25].

Прийmemo для розрахунку палю марки С30.20 діаметром $d = 0,2$ м і довжиною $l = 3,0$ м [25].

Несучу здатність F_d , кН, палі-стійки знаходимо за формулою:

$$F_d = \gamma_c \cdot R \cdot A \quad (3.13)$$

де: $\gamma_c = 1$ – коефіцієнт умов роботи палі в ґрунті;

$R = 10000$ кПа - розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі-стійки;

A - площа обпирання на ґрунт палі, м^2 , що приймається для паль суцільного перерізу із закритим нижнім кінцем рівною площі поперечного перерізу брутто.

Визначимо площу спирання на ґрунт палі A :

$$A = d^2 = 0,2 \cdot 0,2 = 0,04 \text{ м}^2 \quad (3.14)$$

де: $d = 0,2$ м - діаметр стовбура палі.

Визначимо несучу здатність палі-стійки F_d :

$$F_d = 1 \cdot 12500 \cdot 0,04 = 500 \text{ кН}$$

Палю у складі фундаменту за несучою здатністю ґрунту основи розраховуємо виходячи з умови [25]:

$$N \leq \frac{\gamma_0 \cdot F_d}{\gamma_n \cdot \gamma_k} \quad (3.15)$$

де: N - розрахункове навантаження, що передається на палю, кН;

$F_d = 500$ кН - несуча здатність палі-стійки;

$\gamma_0 = 1,15$ - коефіцієнт умов роботи при кущовому розташуванні паль;

$\gamma_n = 1,15$ - коефіцієнт надійності за призначенням споруди;

$\gamma_k = 1,4$ – коефіцієнт надійності за ґрунтом.

Розрахункове навантаження на палю N , кН, слід визначати, розглядаючи фундамент як групу паль, об'єднану жорстким ростверком, що сприймає вертикальні та горизонтальні навантаження [25]:

$$N = \frac{N_d}{n} \quad (3.16)$$

де: N_d - розрахункова стислива сила, кН;

n - число паль у фундаменті.

Перевіримо дотримання умови для крайньої колони [25]:

$$\frac{N_d}{n} \leq \frac{\gamma_0 \cdot F_d}{\gamma_n \cdot \gamma_k} \quad (3.17)$$

де: $N_d = 443$ кН – розрахункова стискаюча сила;

$F_d = 500$ кН - несуча здатність палі-стійки;

$\gamma_0 = 1,15$ - коефіцієнт умов роботи при кушовому розташуванні паль;

$\gamma_n = 1,15$ - коефіцієнт надійності за призначенням споруди;

Висновок: для крайньої колони умова дотримується, приймаємо число паль у фундаменті 2 шт.

Перевіримо дотримання умови для кутової колони:

$$\frac{N_d}{n} \leq \frac{\gamma_0 \cdot F_d}{\gamma_n \cdot \gamma_k} \quad (3.18)$$

де: $N_d = 74$ кН - розрахункова стислива сила;

$F_d = 500$ кН - несуча здатність палі-стійки;

$\gamma_0 = 1$ - коефіцієнт умов роботи при односвайному фундаменті;

$\gamma_n = 1,15$ - коефіцієнт надійності за призначенням споруди;

$\gamma_k = 1,4$ – коефіцієнт надійності за ґрунтом;

$n = 1$ - число паль у фундаменті.

$$\frac{74}{1} \leq \frac{1 \cdot 500}{1,15 \cdot 1,4}$$

$$74 \leq 310$$

Висновок: для кутової колони умова дотримується, приймаємо число паль у фундаменті 1 шт.

Перевіримо дотримання умови для середньої колони:

$$\frac{N_d}{n} \leq \frac{\gamma_0 \cdot F_d}{\gamma_n \cdot \gamma_k} \quad (3.19)$$

де: $N_d = 944 \text{ кН}$ – розрахункова стискаюча сила;

$F_d = 500 \text{ кН}$ - несуча здатність палі-стійки;

$\gamma_0 = 1,15$ - коефіцієнт умов роботи при кутовому розташуванні паль;

$\gamma_n = 1,15$ - коефіцієнт надійності за призначенням споруди;

$\gamma_k = 1,4$ - коефіцієнт надійності за ґрунтом;

$n = 3$ - число паль у фундаменті.

$$\frac{944}{3} \leq \frac{1,15 \cdot 500}{1,15 \cdot 1,4}$$

$$314 \leq 357$$

Висновок: для середньої колони умова дотримується, приймаємо число паль у фундаменті 3 шт.

Перевіримо дотримання умови для колони фахверка [25]:

$$\frac{N_d}{n} \leq \frac{\gamma_0 \cdot F_d}{\gamma_n \cdot \gamma_k} \quad (3.20)$$

де: $N_d = 150 \text{ кН}$ - розрахункова стискаюча сила;

$F_d = 500 \text{ кН}$ - несуча здатність палі-стійки;

$\gamma_0 = 1$ - коефіцієнт умов роботи при односвайному фундаменті;

$\gamma_n = 1,15$ - коефіцієнт надійності за призначенням споруди;

$\gamma_k = 1,4$ – коефіцієнт надійності за ґрунтом;

$n = 1$ - число паль у фундаменті.

$$\frac{150}{1} \leq \frac{1 \cdot 500}{1,15 \cdot 1,4}$$

$$150 \leq 310$$

РОЗДІЛ 4

БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Загальні положення

Охорону праці для працівників організацій слід розробляти на основі міжгалузевих і галузевих типових інструкцій з охорони праці з урахуванням вимог безпеки, викладених в експлуатаційній і ремонтній документації організацій - виробників устаткування, а також у проєктах виконання робіт на найхарактерніші умови виконання робіт.

Відповідальні за стан техніки безпеки майстри і виконроби в межах доручених їм ділянок роботи. Керівництво охороною праці, її забезпечення і відповідальність за її стан покладають на головних інженерів і начальників будівництв, а також на спеціально призначених працівників служби техніки безпеки.

Інженерно-технічним працівникам доручено не тільки забезпечувати безпечну організацію виробництва, навчання і постачання робітників спецодягом і засобами індивідуального захисту, а й здійснювати контроль за застосуванням і правильним використанням спецодягу та захисних пристосувань, за дотриманням правил техніки безпеки.

Громадський контроль за охороною праці на будівництвах здійснюють професійні спілки через комісії профспілкових організацій і громадських інспекторів.

4.2 Забезпечення пожежної безпеки

Дороги повинні мати покриття, придатне для проїзду пожежних автомобілів у будь-яку пору року, ширина проїздів не менше 6 м. Ворота для в'їзду мають бути завширшки не менше 6 м.

Протипожежне обладнання повинно утримуватися в справному, працездатному стані. Проходи до протипожежного обладнання повинні бути

завжди вільні та позначені відповідними знаками.

Біля в'їзду на будівельний майданчик вивішуються схеми розміщення будівель, складів, місць розташування вододжерел, засобів пожежогасіння та зв'язку, схема мережі доріг.

Дороги вздовж будівель за ширини будівлі понад 100 м мають бути з усіх боків будівлі.

Відстань між побутівок, від паркану до дороги і паркану до інших будівель має бути не менше 2м.

Горючі будівельні матеріали повинні розміщуватися в штабелях або групами площею не більше 100 м². Відстань між штабелями і будівлями має бути не менше 24 м.

Застосування відкритого вогню (зварювання та ін.) у приміщеннях, де ведуться роботи з використанням горючих речовин (фарби, лаки, мастики тощо), категорично забороняється.

До початку основних будівельних робіт на будівництві має бути забезпечено: протипожежне водопостачання від пожежних гідрантів на водопровідній мережі; або від резервуарів води (водойм).

Внутрішній пожежний водопровід і автоматичні системи пожежогасіння необхідно монтувати одночасно зі зведенням будівлі.

Протипожежний водопровід повинен вводитися в дію до початку оздоблювальних робіт.

Автоматичні системи пожежогасіння та сигналізації вводяться в дію до моменту початку пусконаладжувальних робіт у системах вентиляції, електропостачання, ліфтового обладнання тощо.

4.3 Техніка безпеки під час монтажу металоконструкцій

Роботи з монтажу металоконструкцій проводяться відповідно до ПВР. Керівництво монтажем металоконструкцій доручають досвідченому інженерно-технічному працівнику - виконавцю робіт або майстру, який добре знає специфіку

виконання цієї роботи.

Перед початком роботи монтажний майданчик (монтажна зона) повинен бути огорожений. Для виконання робіт на висоті понад 1,5 м за неможливості або недоцільності влаштування настилів з огорожею робочих місць монтажників постачають запобіжними поясами, якими вони повинні міцно закріпитися за надійні конструкції (місця кріплення карабінів запобіжних поясів зазначаються керівником підйому - майстром або виконробом).

Незалежно від характеру виконуваних робіт усі робітники, які беруть участь у монтажних роботах, повинні носити каски, що оберігають від травм під час падіння предметів з верхніх монтажних горизонтів. На будівельному майданчику і будівлі або споруді, що монтується, повинні бути попереджувальні написи, виділені небезпечні зони, прорізи огорожені, а робочі місця під час виконання робіт у вечірній і нічний час достатньо освітлені. Неодмінними умовами безпечного виконання монтажних робіт є правильна експлуатація монтажних кранів, що забезпечує їхню стійкість, а також надійність вантажозахоплювальних пристроїв. Для надання необхідної стійкості монтажний кран встановлюється на надійну і ретельно вивірену основу. Крани на рейковому ході повинні мати протиугінні пристрої, автоматичний пристрій для обмеження вантажопідйомності, його сталеві канати слід періодично перевіряти. Необхідно також виконувати інші заходи, передбачені правилами і вказівками інструкцій з експлуатації монтажних кранів. Відповідно до чинних норм стропи, захвати та інші такелажні пристрої періодично випробовують і за необхідності вибраковують.

4.4 Техніка безпеки під час виконання кладочних робіт

Виконувати цегляну кладку муляр повинен тільки з риштування, не встаючи на стіну.

Працювати на стіні (стояти на внутрішній версті) можна в тому разі, якщо товщина стіни дорівнює трьом цеглинам і більше; при цьому слід обов'язково

застосовувати запобіжні пояси і прив'язуватися до стійких конструкцій.

Риштування треба встановлювати на очищені вирівняні поверхні. Особливу увагу слід приділяти спираючій стійці трубчастих риштувань на ґрунт. Для рівномірного розподілу тиску під стійку перпендикулярно стіні, що зводиться, укладають дерев'яні підкладки (одна підкладка під дві стійки).

Кладку будь-якого ярусу стін виконують так, щоб рівень її після кожного перемішування був на 15 см вищим за робочий настил.

Одночасно з кладкою стін у віконні прорізи слід встановлювати готові віконні блоки. У тих випадках, коли в процесі кладки дверні та віконні прорізи не заповнюють готовими блоками, прорізи необхідно закривати інвентарними огорожами.

При кладці стін з внутрішніх риштувань треба по всьому периметру будівлі влаштовувати зовнішні інвентарні захисні козирки у вигляді настилу на кронштейнах, що навішуються на сталеві гаки, які закладають у кладку в міру її зведення.

Без влаштування захисних козирків можна вести кладку стін будівель заввишки не більше ніж 7 м, але водночас на землі по периметру будівель треба влаштовувати огорожі на відстані не менше ніж 1,5 м від стіни.

4.5 Техніка безпеки під час ручної зварки

В електрозварювальних апаратах і джерелах їх живлення елементи, що перебувають під напругою, мають бути закриті огорожувальними пристроями.

Електродотримачі, що застосовуються при ручному дуговому електрозварюванні металевими електродами, повинні відповідати вимогам наорм на ці вироби.

Електрозварювальну установку (перетворювач, зварювальний трансформатор тощо) слід приєднувати до джерела живлення через рубильник і запобіжники або автоматичний вимикач, а за напруги холостого ходу понад 70 В слід застосовувати автоматичне вимкнення зварювального трансформатора.

Металеві частини електрозварювального устаткування, що не перебувають під напругою, а також зварювані вироби і конструкції на весь час зварювання мають бути заземлені, а у зварювального трансформатора, крім того, заземлювальний болт корпусу має бути з'єднаний із затискачем вторинної обмотки, до якого під'єднують зворотний дріт.

Як зворотний дріт або його елементи можуть бути використані сталеві шини та конструкції, якщо їхній переріз забезпечує безпечне за умовами нагрівання протікання зварювального струму.

З'єднання між собою окремих елементів, що застосовуються як зворотного дроту, має бути надійним і виконуватися на болтах, затискачах або зварюванням.

Забороняється використовувати дроти мережі заземлення, труби санітарно-технічних мереж (водопровід, газопровід тощо), металеві конструкції будівель, технологічне обладнання як зворотний дріт електрозварювання.

4.6 Охорона праці при роботі на висоті

Загальні вимоги охорона праці на висоті

До робіт на висоті належать роботи, коли:

а) існують ризики, пов'язані з можливим падінням працівника з висоти 1,8 м і більше;

б) працівник здійснює підйом, що перевищує за висотою 5 м, або спуск, що перевищує за висотою 5 м, вертикальною драбиною, кут нахилу якої до горизонтальної поверхні понад 75°;

в) роботи проводять на майданчиках на відстані ближче ніж 2 м від неогороджених перепадів за висотою понад 1,8 м, а також якщо висота огорожі цих майданчиків менше ніж 1,1 м;

г) існують ризики, пов'язані з можливим падінням працівника з висоти менше ніж 1,8 м, якщо роботу проводять над машинами або механізмами, водною поверхнею або предметами, що виступають.

До роботи на висоті допускаються особи, які досягли віку вісімнадцяти

років.

Працівники, які виконують роботи на висоті, відповідно до чинного законодавства, повинні проходити обов'язкові попередні (під час влаштування на роботу) та періодичні медичні огляди.

Працівники, які виконують роботи на висоті, повинні мати кваліфікацію, що відповідає характеру виконуваних робіт. Рівень кваліфікації підтверджується документом про професійну освіту (навчання) та (або) про кваліфікацію.

Працівники допускаються до роботи на висоті після проведення: а) інструктажів з охорони праці;

б) навчання безпечних методів і прийомів виконання робіт; в) вивчення інструкції з охорони праці під час роботи на висоті;

г) навчання з охорони праці та перевірки знань вимог охорони праці.

Для наочності під час проведення інструктажів використовують плакатно-друковану продукцію.

Роботодавець (уповноважена ним особа) зобов'язаний організувати до початку проведення роботи на висоті навчання безпечним методам і прийомам виконання робіт для працівників:

а) які допускаються до робіт на висоті вперше;

б) переведених з інших робіт, якщо зазначені працівники раніше не проходили відповідного навчання;

в) які мають перерву в роботі на висоті більше одного року.

Навчання безпечним методам і прийомам виконання робіт на висоті проводиться відповідно до вимог "Правил з охорони праці під час роботи на висоті".

Працівники, які допускаються до робіт на висоті без застосування інвентарних риштувань і риштування, а також із застосуванням систем канатного доступу, поділяються на такі 3 групи з безпеки робіт на висоті (далі - групи):

1 група - працівники, які допускаються до робіт у складі бригади або під безпосереднім контролем працівника, призначеного наказом роботодавця (далі - працівники 1 групи);

2 група - майстри, бригадири, керівники стажування, а також працівники, що призначаються за нарядом-допуском на виконання робіт на висоті відповідальними виконавцями робіт на висоті (далі - працівники 2 групи);

3 група - працівники, яких роботодавець призначає відповідальними за безпечну організацію та проведення робіт на висоті, а також за проведення інструктажів; викладачі та члени атестаційних комісій, утворених наказом керівника організації, яка проводить навчання безпечним методам і прийомам виконання робіт на висоті; працівники, які проводять обслуговування та періодичний огляд засобів індивідуального захисту (далі - ЗІЗ); працівники, які видають наряди-допуски; відповідальні керівники робіт на висоті, що виконуються за нарядом-допуском

Періодичне навчання працівників 1 і 2 груп безпечних методів і прийомів виконання робіт на висоті, що проводяться без інвентарних риштувань і риштувань, з використанням систем канатного доступу, здійснюється не рідше ніж 1 раз на 3 роки. Крім навчання для 1 і 2 груп роботодавець забезпечує щорічну перевірку знань комісією підприємства, яка пройшла відповідне навчання. Періодичне навчання працівників 3 групи безпечних методів і прийомів виконання робіт на висоті, що проводяться без інвентарних риштувань і риштування з використанням систем канатного доступу, здійснюється не рідше 1 разу на 5 років.

Навчання безпечних методів і прийомів виконання робіт на висоті, що проводяться без застосування інвентарних риштувань і риштування, з використанням систем канатного доступу завершується іспитом.

Іспит проводиться атестаційними комісіями, що створюються наказом керівника організації, яка проводить навчання безпечним методам і прийомам виконання робіт на висоті. Склад атестаційних комісій формується з фахівців, які пройшли відповідну підготовку та атестацію як члени атестаційної комісії (працівники 3 групи).

Працівникам, які успішно склали іспит, видаються посвідчення про допуск до робіт на висоті без застосування інвентарних риштувань і риштувань, із

застосуванням систем канатного доступу та особиста книжка обліку робіт на висоті без застосування інвентарних риштувань і риштувань, із застосуванням систем канатного доступу. Стажування. Після закінчення навчання безпечним методам і прийомам виконання робіт на висоті роботодавець забезпечує проведення стажування працівників. Метою стажування є закріплення теоретичних знань, необхідних для безпечного виконання робіт, а також освоєння і вироблення безпосередньо на робочому місці практичних навичок і вмінь, безпечних методів і прийомів виконання робіт. Тривалість стажування встановлюється роботодавцем (уповноваженою ним особою) виходячи з його змісту і становить не менш як два робочі дні (зміни). Керівник стажування для працівників 1 і 2 групи призначається роботодавцем з числа бригадирів, майстрів, інструкторів та кваліфікованих робітників, які мають практичний досвід роботи на висоті не менше 1 року. До одного керівника стажування не може бути прикріплено більше двох працівників одночасно.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було реалізовано повний комплекс архітектурно-конструктивного проєктування виробничої будівлі заводу модульних будівель із урахуванням чинних нормативних вимог, сучасних технологічних підходів та практичних аспектів будівництва.

У першому розділі представлено архітектурно-будівельні рішення, у тому числі розроблено генеральний план території із чітким функціональним зонуванням: адміністративно-побутова, виробнича та допоміжна частини. Об'єкт спроектовано як одноповерхову будівлю прямокутної форми з поділом на два цехи — бетонних виробів і металообробки. Особливу увагу приділено ергономіці приміщень, евакуаційним шляхам, протипожежним вимогам і зовнішньому оздобленню фасадів, що відповідає сучасним естетичним і експлуатаційним стандартам.

У другому розділі виконано розрахунок металевого каркаса виробничої будівлі в середовищі SCAD++. Проведено вибір перерізів основних конструктивних елементів (колон, ферм, ригелів, прогонів) та виконано перевірку їх несучої здатності за критеріями першої та другої груп граничних станів. Побудовано просторову розрахункову модель, змодельовано навантаження, проведено аналіз результатів. Усі елементи каркаса забезпечують нормативну жорсткість, міцність і стійкість.

У третьому розділі досліджено інженерно-геологічні умови майданчика, визначено фізико-механічні характеристики ґрунтів. Проведено аналіз можливих типів фундаментів — стовпчастих і пальових, в результаті чого обґрунтовано доцільність застосування пальового фундаменту з урахуванням слабкої несучої здатності верхніх шарів ґрунту. Розраховано несучу здатність палі-стійки, здійснено підбір кількості паль для кожного типу колони — крайніх, кутових, середніх та фахверкових.

У четвертому розділі подано основи охорони праці та безпеки життєдіяльності під час виконання будівельно-монтажних робіт. Надано

рекомендації щодо техніки безпеки при монтажі металевих конструкцій, кладці, зварюванні та роботах на висоті. Розроблено заходи щодо пожежної безпеки та протипожежного водопостачання. Визначено обов'язки працівників на всіх етапах будівництва щодо забезпечення безпеки праці та збереження здоров'я.

Загалом, виконана кваліфікаційна робота демонструє практичну реалізацію принципів інженерного проєктування на прикладі актуального виробничого об'єкта. Обґрунтовані інженерні рішення дозволяють забезпечити ефективну експлуатацію будівлі, конструктивну надійність та відповідність сучасним вимогам безпеки.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Ясній В.П., Конончук О.П., Мещерякова О.М., Коваль І.В., Сорочак А.П. Методичні вказівки для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія”. Вид. ТНТУ, Тернопіль, 2025. – 59 с.
2. ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2006 (зі змінами №1, чинними з 01.06.2020). – 68 с.
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010 (чинний з 01.11.2011)
4. ДБН В.2.6-198:2014 Сталеві конструкції. Норми проектування.
5. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції.
6. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 Конструкції будинків і споруд. Конструкції сталезалізобетонні. Загальні технічні умови. – К.: Мінрегіон України, 2010. – 83 с.
7. ДБН В.1.1-12:2006 Будівництво у сейсмічних районах України. – К.: Мінрегіонбуд України, 2006. – 96 с
8. Биків, Н. З. (2020). Застосування сплавів з пам’яттю форми для підвищення стійкості конструкцій при динамічних навантаженнях. Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 1, 26-26.
9. Гудь, М. І., & Гиря, П. В. Властивості полімербетонів. Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 28-28.
10. ДСТУ Б В.2.6-9:2008 Конструкції будинків і споруд. Профілі сталеві холодногнуті. Технічні умови. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 32 с.
11. Конончук, О. П., Дідик, Н. Б., Кейса, М. В., & Копач, О. О. (3.4). Дослідження впливу різних видів навантаження на роботу каркасу будівлі методом скінчених елементів. Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 1, 16-17.
12. Конончук, О. П., Лещук, М. Р., Винницький, М. В., Лещишена, О. В.,

Бариш, С. В., & Антоняк, Я. В. (3.5). Вивчення напружено-деформованого стану залізобетонних елементів таврового профілю. Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 20-20.

13. Конончук, О. П., Хома, І. Б., & Чайковський, А. С. (3.6). Дослідження деформацій і зусиль в елементах каркасу будівлі від різного роду зовнішніх навантажень. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 9-10.

14. Закон України "Про пожежну безпеку". – Київ: Верховна Рада України, 1993.

15. ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення.

16. ДБН В.2.2-15:2019 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення.

17. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. – К.: Мінрегіонбуд України, 2016. – 96 с.

18. ДБН В.1.2-7:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. – К.: Мінрегіон, 2021.

19. ДСТУ Б В.2.2-29:2011 Будинки і споруди. Будівлі підприємств. Параметри.

20. ДСТУ Б В.2.7-233:2010 Будівельні матеріали. Склопакети клеєні. Технічні умови. – К.: Мінрегіон України, 2010. – 38 с.

21. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – К.: Мінрегіон України, 2021 (чинний з 01.09.2022). – 23 с.

22. ДСТУ Б EN ISO 10077-1:2016 Теплотехнічні характеристики вікон, дверей та віконниць. Розрахунок коефіцієнта теплопередачі. Частина 1. Загальна методика. – К.: Мінрегіон України, 2016. – 37 с.

23. ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель з урахуванням якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики (EN 15251:2007, IDT). – К.: Мінрегіон України, 2011. – 72 с.

24. ДБН В.2.6-31:2016. Покриття підлог. — Київ: Мінрегіонбуд

України, 2016.

25. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд / Мінрегіонбуд України. — Київ: ДП «ДНДІБК», 2018. — Чинний з 01.01.2019.

26. ДСТУ 9208:2022 Бетони важкі. Технічні умови.

27. ДСТУ Б В.2.6-65:2008. Конструкції будинків і споруд. Палі залізобетонні забивні. Конструкція і розміри. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2008.

28. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2016. — 64 с.

29. Ясній, В. П., & Микитишин, Т. (3.7). Вплив форми та розміру зразків на міцність бетону за стиску. Вісник Тернопільського національного технічного університету, 111(3.8), 97-105.

30. Щепановський, В., Лебедєва-Скочеляс, Н., Янковий, С., & Ясній, В. П. (3.9). Моделювання поведінки залізобетонної балки підсиленої сплавом із пам'яттю форми. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 47-48.

31. ДСТУ Б В.2.8-10-98:1999. Стропи вантажні. Класифікація, параметри та розміри. Технічні вимоги. — Київ: Держбуд України, 1999.

32. ДБН А.3.2-2:2009. Охорона праці та промислова безпека в будівництві. — Київ: Мінрегіон України, 2009. — 38 с.

33. ДБН В.1.2-5:2007. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2007. — 50 с.