

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

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістра

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект заводу з переробки відходів в Черкасах з
дослідженням роботи великопрольотної конструкції покриття

Виконав: студент 6 курсу, групи МБм-61
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

	<u>Карпа Ю. В.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Крамар Г. М.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Мещерякова О. М.</u> (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Ясній В.П.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u>Бобик М.П.</u> (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2023

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)

« »

20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

студенту Карпі Юрію Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект заводу з переробки відходів в Черкасах з дослідженням роботи великопрольотної конструкції покриття

Керівник роботи Крамар Галина Михайлівна, к.т.н. доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «__» _____ 20__ року № _____

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

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

1. Архітектурний розділ. 2. Розрахунково-конструктивний розділ. 3. Науково-дослідна частина. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
8-10 листів формату А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Каспрук В.Б. доцент		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Стручок В.С. ст. викладач		
Нормоконтроль	Мещерякова О. М. ст. викладач		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Архітектурний розділ		
2.	Розрахунково-конструктивний розділ		
3.	Науково-дослідна частина		
4.	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
5.	Графічне оформлення креслень		

Студент _____
(підпис)

Карпа Ю. В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Крамар Г. М.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 АРХІТЕКТУРНІ РІШЕННЯ.....	8
1.1 Опис та обґрунтування зовнішнього та внутрішнього вигляду об'єкта капітального будівництва, його просторової, планувальної та функціональної організації.....	8
1.2 Обґрунтування прийнятих об'ємно-просторових та архітектурно-художніх рішень, зокрема в частині дотримання граничних параметрів дозволеного будівництва об'єкта капітального будівництва.....	10
1.3 Обґрунтування прийнятих архітектурних рішень щодо забезпечення відповідності будівель, споруд і споруд установленим вимогам енергетичної ефективності	10
1.4 Перелік заходів щодо забезпечення дотримання встановлених вимог енергетичної ефективності до архітектурних рішень, які впливають на енергетичну ефективність будівель, споруд і споруд	11
1.5 Опис та обґрунтування використаних композиційних прийомів під час оформлення фасадів та інтер'єрів об'єкта капітального будівництва.....	12
1.6 Опис рішень з оздоблення приміщень основного, допоміжного, обслуговуючого та технічного призначення	12
1.7 Опис архітектурних рішень, що забезпечують природне освітлення приміщень з постійним перебуванням людей.....	13
1.8 Опис архітектурно-будівельних заходів, що забезпечують захист приміщень від шуму, вібрації та іншого впливу.....	13
1.9 Опис рішень із декоративно-художнього та кольорового оздоблення інтер'єрів.....	14
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ	15
2.1 Відомості про інженерно-геологічні, гідрогеологічні та кліматичні умови земельної ділянки, наданої для розміщення об'єкта капітального будівництва	15
2.2 Опис і обґрунтування конструктивних рішень будівлі, включно з її	

просторовою схемою, прийнятою під час виконання розрахунків будівельних конструкцій	16
2.2.1 Загальні положення.....	16
2.2.2 Розрахункова схема будівлі. Збір навантажень	16
2.2.3 Результати розрахунку будівлі в ПК SCAD	21
2.3 Підбір і перевірка перерізів елементів.....	24
2.3.1 Підбір перерізів елементів у ПК SCAD	24
2.3.2 Підбір перерізів колон К2	25
2.3.3 Перевірка підбраного перерізу розкоса ОП1	28
2.3.4 Перевірка підбраного перерізу елемента нижнього поясу НП1	30
2.4 Опис конструктивних і технічних рішень підземної частини об'єкта капітального будівництва.....	31
2.4.1 Загальні відомості, оцінка інженерно-геологічних умов майданчика будівництва	31
2.4.2 Проектування пальового фундаменту із забивних пальь	32
2.4.3 Визначення несучої здатності забивної палі	33
2.4.4 Розрахунок пальового фундаменту за несучою здатністю ґрунту основи	35
2.4.5 Розрахунок плити ростверку на продавлювання колоною	37
2.4.5 Розрахунок плити ростверку на продавлювання кутовою палею.....	38
2.4.6 Проектування пальового фундаменту з буронабивних пальь	39
2.4.7 Визначення несучої здатності буронабивної палі	39
2.4.8 Визначення необхідної кількості буронабивних пальь.....	40
2.4.9 Визначення несучої здатності буронабивної палі	40
2.4.10 Визначення необхідної кількості буронабивних пальь.....	41
2.4.11 Розрахунок пальового фундаменту за несучою здатністю ґрунту	

ОСНОВИ	42
2.4.12 Розрахунок плити ростверку на продавлювання колоною	46
2.4.13 Розрахунок плити ростверку на продавлювання кутовою палею.....	46
РОЗДІЛ 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ.....	47
3.1 Опис варіантів конструкцій	47
3.2 Варіант 1.....	48
3.3 Варіант 2.....	51
3.4 Варіант 3.....	53
3.5 Висновки до розділу	55
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	57
4.1 Охорона праці.....	57
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	61
4.2.1 Розрахунок забезпечення безпечної евакуації людей.....	61
4.3 Висновки за розділом 4	63
ВИСНОВКИ	64
БІБЛІОГРАФІЯ	65

ВСТУП

Сьогодні, в епоху бездумного споживання, використовуючи сформовані технології, людство має найрізноманітнішу структуру всіляких відходів побутового та промислового походження. Вирішенням проблеми є перехід до нової, екологічної філософії, економіки, етики. Удосконалювати людину необхідно, оскільки вона виявилася нездатною йти в ногу і повністю пристосуватися до тих змін, які вона сама внесла в цей світ. Причому проблема перебуває не поза, а всередині людської істоти, взятої як на рівні індивіда, так і на колективному рівні.

Актуальність теми. В Україні проблеми зі сміттям доволі часто вирішували просто - його вивозили в безлюдні місця. Практично так само справа йде і зараз. Тільки ці місця тепер називають полігонами, а сміття - ТПВ (твердими побутовими відходами). Більшість захоронень відходів уже давно не відповідає жодним санітарно-епідеміологічним вимогам. Майже всі вони перетворилися на екологічно небезпечні об'єкти: гори сміття виділяють чадний газ, метан та інші шкідливі сполуки, заражаючи ґрунт і воду, розмножуються хвороботворні мікроорганізми та гризуни..

Мета роботи: Розробка проекту переробки відходів з дослідженням роботи великопролітної конструкції покриття.

Об'єкт досліджень – великопролітна конструкція покриття

Предмет дослідження – величини переміщень та внутрішніх зусиль великопролітної конструкції покриття промислової будівлі в залежності від схеми решітки.

Доцільність проведення спричинена тим, що отримані дані дозволять підвищити ефективність та тривалість використання великопролітних елементів в каркасах виробничих будівель.

Завдання роботи:

– розробити основні конструктивні та архітектурні рішення для заводу з переробки відходів;

- провести розрахунок основних несучих конструкцій каркасу;
- виконати моделювання та статичний розрахунок великопролітної конструкції покриття і визначити величини деформацій та внутрішні зусилля в залежності від схеми решітки;
- розробити заходи з охорони праці та цивільного захисту населення.

Методи дослідження – скінченно-елементний з використанням прикладного програмного пакету.

Галузю застосування результатів роботи є проектування нових, реконструкція та експлуатація існуючих виробничих каркасних будівель.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що отримала подальший розвиток методика моделювання великопролітних конструкцій покриття виробничих будівель.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані в роботі результати досліджень можуть бути використані для зведення нових та реконструкції існуючих виробничих будівель.

Апробація результатів магістерської роботи виконана роботи виконана на XII Міжнародній науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 6-7 грудня 2023 року).

Публікація результатів магістерської роботи здійснена у збірнику тез вищезазначеної конференції.

Робота виконана згідно з тематикою науково-дослідних робіт кафедри будівельної механіки ТНТУ та державними програмами надійності і економічності будівельних виробів, матеріалів і конструкцій.

Ключові слова: ПОКРИТТЯ, ПРОМИСЛОВА БУДІВЛЯ, СКІНЧЕННІ ЕЛЕМЕНТИ.

РОЗДІЛ 1

АРХІТЕКТУРНІ РІШЕННЯ

1.1 Опис та обґрунтування зовнішнього та внутрішнього вигляду об'єкта капітального будівництва, його просторової, планувальної та функціональної організації

Об'єкт капітального будівництва - будівля заводу з переробки відходів з прольотом несучих конструкцій 108 м у м. Черкаси.

Будівля окремо розташована, являє собою одноповерхову будову, має складну в плані форму, габаритні розміри в осях А-Ю становлять 103,9 м, в осях 1-37 - 108 м. Висота поверху змінна: від 10,6 м до 16 м. Поблизу будівлі знаходяться 2 труби для виведення газу від спалювання відходів, оснащені системою фільтрів.

За позначку 0,000 прийнято позначку чистої підлоги першого поверху - приміщення цеху, що відповідає абсолютній позначці 172,92 м. Максимальна відносна відмітка будівлі становить +23,315 м (без урахування висоти труб).

Архітектура будівлі відповідає всім вимогам, що висувуються до виробничих будівель. Планувальна, просторова і функціональна організація зумовлені специфікою виробництва і відповідають усім вимогам технології заводу.

Евакуація з приміщень передбачена через 5 розосереджених виходів. Покрівля будівлі виконана з сендвіч-панелей, покрівля неексплуатована з внутрішнім організованим водостоком. У середині будівлі розташовується вбудований адміністративно-побутовий комплекс, що являє собою двоповерхову будівлю з повним сталевим каркасом. Висота поверху АБК становить 3 м, габарити в плані 36,15 м на 15,74 м. На першому поверсі АПК розташовані: вестибюлі, обідня зала і приміщення їдальні, медпункт, кімната відпочинку, диспетчерська і роздягальня, оснащена душовою.

На другому поверсі АПК розташовуються кабінети офісних співробітників підприємства, дирекція з переговорною, архів, роздягальня, оснащена душовою.

Перегородки всередині адміністративно-побутового корпусу виконано за системою з межею вогнестійкості EI 90.

Ступінь вогнестійкості будівлі - II згідно [21].

Зовнішнє оздоблення:

- а) стіни - сендвіч-панелі;
- б) вікна - палітурки з комбінованих профілів з термоізоляційною вставкою, з двокамерними склопакетами 4M1-10-4M1-10-I4;
- в) двері та ворота - з алюмінієвих і ПВХ профілів, комбіновані, металеві;
- г) водостічні труби і жолоби - з оцинкованої покрівельної сталі.

Внутрішнє оздоблення приміщень:

- а) стелі - штукатурка, шпаклівка, фарбування; підвісна стеля "Армстронг";
- б) стіни - штукатурка, затирка, забарвлення, оздоблення керамічною плиткою і керамогранітом;
- в) підлоги - керамічна і керамогранітна плитка, лінолеум, цементно-піщана стяжка зі знепилюванням - цех;
- г) двері - з алюмінієвих і ПВХ профілів, комбіновані, металеві.

Будівля обладнана централізованим водопроводом, каналізацією, опаленням, електропостачанням, системами кондиціонування і вентиляції.

Будівля заводу з переробки відходів розміщується на огороженій території з обмеженим доступом. Територія навколо будівлі заасфальтована, упорядкована, озеленена. Відмостка - асфальтобетонна виконана по периметру всієї будівлі. Загальну площу проєктованої будівлі розділено на такі зони:

- основний виробничий цех;
- адміністративно-побутовий корпус.

Набір приміщень адміністративно-побутового корпусу прийнято відповідно до [4].

Основна вхідна група (центральный вхід) веде в приміщення вестибюля із санвузлом, приміщенням охорони та гардеробом для обслуговування співробітників і відвідувачів підприємства.

Функціональна організація заводу визначена відповідно до технології

виробництва переробки відходів. Усередині цеху встановлюється великогабаритне технологічне обладнання: бункерні сміттєприймальні ящики, конвеєрна стрічка, печі, система трубопроводів для води і газу з багатоступінчастим очищенням, електрогенератор, газові балони та інше обладнання, що є частиною технологічного процесу.

1.2 Обґрунтування прийнятих об'ємно-просторових та архітектурно-художніх рішень, зокрема в частині дотримання граничних параметрів дозволеного будівництва об'єкта капітального будівництва

Прийняті архітектурно-планувальні рішення будівлі зумовлені:

а) особливостями розташування на генеральному плані; б) функціональним призначенням; в) вимогами технічних регламентів, зокрема такими, що встановлюють вимоги щодо забезпечення безпечної експлуатації будівель і споруд; г) кліматичними особливостями району будівництва;

Основними вимогами до будівлі є її функціональність, надійність, безпека, архітектурно-художня виразність.

Чисельність співробітників заводу з переробки відходів становить 120 осіб, 5% від загальної кількості яких - маломобільні групи населення (далі МГН). З них 60 осіб обслуговують обладнання в основному цеху і ще 60 співробітників працюють в адміністративно-побутовому корпусі.

1.3 Обґрунтування прийнятих архітектурних рішень щодо забезпечення відповідності будівель, споруд і споруд установленим вимогам енергетичної ефективності

Будівля заводу запроектована максимально енергетично ефективною: особливостями технологічного процесу на заводі передбачено виробництво електроенергії для постачання самого заводу і прилеглої території, підігрів теплоносія для опалення приміщень заводу.

З точки зору конструктивних і об'ємно-планувальних рішень енергетичну ефективність забезпечує: форма покрівлі будівлі (з ухилом 3 градуси), що повторює форму обладнання, яке розміщують, у такий спосіб у будівлі не створюють "зайвого" об'єму для опалення та освітлення (як було б із плоскою покрівлею), форма будівлі, максимально наближена до кола - найенергоєфективнішої форми будівлі, посилення теплозахисту оболонки будівлі, вибір матеріалу з меншою теплопровідністю, зниження повітропроникності (стикових з'єднань і швів, віконних і дверних

У галузі централізованого теплопостачання: впровадження приладового обліку теплової енергії, використання сучасних ізоляційних матеріалів на теплопровідних комунікаціях, зокрема пінополіуретанової ізоляції. У системах вентиляції: застосування припливно-витяжної вентиляції з утилізацією витяжки. У системах кондиціонування: пріоритетне використання систем нового покоління.

У системах водопостачання: забезпечення стабілізації та обмеження тиску води на вводах і перед водорозбірною арматурою, встановлення регуляторів тиску, водоощадної арматури та водолічильників.

1.4 Перелік заходів щодо забезпечення дотримання встановлених вимог енергетичної ефективності до архітектурних рішень, які впливають на енергетичну ефективність будівель, споруд і споруд

Перелік заходів щодо забезпечення дотримання встановлених вимог енергетичної ефективності, включають:

– показники, що характеризують питому величину витрат енергетичних ресурсів у будівлі, будові та споруді;

– вимоги до архітектурних, функціонально-технологічних, конструктивних та інженерно-технічних рішень, що впливають на енергетичну ефективність будівель, споруд і споруд;

– вимоги до окремих елементів, конструкцій будівель, споруд і споруд та їхніх властивостей, до використовуваних у будівлях, будівлях і спорудах

пристроїв і технологій, а також до технологій і матеріалів, які включають до проектної документації та застосовують під час будівництва будівель, споруд і споруд, які дають змогу унеможливити нераціональну витрату енергетичних ресурсів як у процесі будівництва будівель, споруд і споруд, так і в процесі їхньої експлуатації;

- інші встановлені вимоги енергетичної ефективності.

Проектом закладено енергоефективні рішення за видами огорожувальних конструкцій.

1.5 Опис та обґрунтування використаних композиційних прийомів під час оформлення фасадів та інтер'єрів об'єкта капітального будівництва

Будівля являє собою єдиний об'єм складної форми. Колірна гама, елементи оздоблення та облицювання фасаду, деталі фасаду і вхідних груп відповідають загальному стилю будівлі. Композиційні прийоми під час оформлення фасадів та інтер'єрів ґрунтуються на компоновальних рішеннях, що забезпечують раціональне використання будівлі відповідно до її функціонального призначення.

Рішення фасадів забезпечує енергетичну ефективність будівлі та дає змогу створити виразну форму, що лаконічно вписується в ландшафт.

Застосування в проекті конструкцій і матеріалів, що відповідають сучасному рівню, у поєднанні з високотехнологічними методами будівництва та будівельними нормами дає змогу домогтися більшої виразності об'ємно-планувальних і конструктивних рішень, а також забезпечення необхідної пожежної безпеки проєктованої будівлі.

1.6 Опис рішень з оздоблення приміщень основного, допоміжного, обслуговуючого та технічного призначення

Оздоблення приміщень основного, допоміжного, обслуговуючого та технічного призначень описано у відомості оздоблення приміщень у додатку Г.У

приміщеннях санвузлів виконати оштукатурювання поверхні стелі, шпаклювання, фарбування водоемульсійною фарбою і покриття стін керамічною плиткою на висоту до 1,8 м. У приміщеннях душових і переддушових виконати те саме, але вже з облицюванням керамічною плиткою на всю висоту приміщення. В офісних приміщеннях, кабінетах, коридорах, тамбурах і вестибюлях виконати підвісну стелю типу "Армстронг", оштукатурювання стін, затирку, оздоблення декоративною штукатуркою Ceresit.

У технічних приміщеннях їдальні, підсобних приміщеннях, складах зберігання інвентарю та засобів індивідуального захисту виконати підвісну стелю типу "Армстронг", обштукатурювання стін, затирку і фарбування. У приміщеннях дирекції виконати стелю типу "Армстронг", вирівнювання стін штукатуркою, затирку і оштукатурювання високоякісною штукатуркою Stucco Veneziano. У приміщенні цеху виконати підлогу з цементно-піщаної стяжки зі знепиленням, в інших приміщеннях, окрім кабінетів, покриття підлог з керамічної та керамогранітної плитки. У кабінетах виконати покриття підлог із лінолеуму. Покриття підлог спроектовано відповідно до вимог [5].

1.7 Опис архітектурних рішень, що забезпечують природне освітлення приміщень з постійним перебуванням людей

Природне освітлення приміщення цеху забезпечується через віконні прорізи в зовнішніх стінах будівлі, крім цього передбачено зенітний ліхтар у покрівлі будівлі. Природне освітлення приміщень для тривалого перебування людей в адміністративно-побутовому корпусі здійснюється через віконні прорізи в зовнішніх стінах АПК.

1.8 Опис архітектурно-будівельних заходів, що забезпечують захист приміщень від шуму, вібрації та іншого впливу

Для забезпечення необхідної звукоізоляції зовнішньої огорожі обрано

віконні блоки з подвійним склопакетом, що забезпечує необхідні звукоізоляційні якості.

Основний склад приміщень та їхнє цільове призначення не потребують додаткової звукоізоляції.

У внутрішніх перегородках ГКЛ передбачається наявність мінераловатних плит як заповнення, що забезпечує звукоізоляцію між суміжними приміщеннями.

Проектом не передбачено будь-якого обладнання, що чинить підвищений шумовий і вібраційний вплив.

1.9 Опис рішень із декоративно-художнього та кольорового оздоблення інтер'єрів

Стелі: система підвісної стелі типу АРМСТРОНГ з негорючими панелями Dune Supreme microlook RH 99%, 15 мм, біла, викладка під кутом 90°.

Фарбування стель: забарвлення ВД-ВА-224 колір білий, ВАК-С "Спеціальна", колір білий.

Стіни: фарбування ВД-ВА-224 кольору RAL 1013, RAL 1014, RAL 1015, RAL1001; ВД-АК-1180 кольору RAL 1015, RAL 1001; ВАК-С "Спеціальна" колір білий; декоративна штукатурка STUCCO VENEZIANO; керамічна плитка "Kerama Marazzi" колекції "Палермо", "Грація".

У конструкції підлоги санвузлів передбачена обмазувальна гідроізоляція CR65 Ceresit.

Підлоги - керамогранітна плитка для підлоги обрізна, розмір 600x600 мм, беж світлий, колекція "Про Стоун" DD500000R, DD60000R/GCF; керамічна плитка "Kerama Marazzi", розмір 300x300 мм, бежева, SG933700N.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ

2.1 Відомості про інженерно-геологічні, гідрогеологічні та кліматичні умови земельної ділянки, наданої для розміщення об'єкта капітального будівництва

Об'єкт капітального будівництва - будівля заводу з переробки відходів з прольотом несучих конструкцій 108 м у м. Черкаси.

Характеристика району будівництва згідно з [3], [10] наведена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Характеристика району будівництва

Район будівництва	Кліматичні параметри холодного періоду року	Значення параметрів
Черкаси	Температура повітря найбільш холодної доби забезпеченістю 0,92, °С	-19
	Температура повітря найбільш холодної п'ятиденки забезпеченістю 0,92, °С	-17
	Тривалість, діб, періоду із середньодобовою температурою повітря < 8, діб	183
	Середня температура періоду із середньою добовою температурою повітря нижчою або рівною 8 °С, °С	-6,7
	Максимальна із середніх швидкостей вітру за румбами за січень, м/с	4,3
	Переважає напрямок вітру за грудень - лютий	3
	Сніговий район	V
	Нормативне значення ваги снігового покриву Sg, кПа	1,6
	Вітровий район за тиском вітру	II
	Нормативне значення вітрового тиску w0, кПа	0,45
Вітровий район за середньою швидкістю вітру за зимовий період	2	

Інженерно-геологічний розріз ділянки будівництва наведено в п. 2.3.

2.2 Опис і обґрунтування конструктивних рішень будівлі, включно з її просторовою схемою, прийнятою під час виконання розрахунків будівельних конструкцій

2.2.1 Загальні положення

Характеристику основних конструкцій будівлі наведено нижче:

а) фундаменти - під сталеві колони - пальові фундаменти з монолітними ростверками;

б) зовнішні стіни вище рівня землі - сендвіч-панелі; в) стіни АБК - сендвіч-панелі;

г) колони - сталеві з круглих прокатних труб 630x20 мм; сталеві трубного перетину індивідуального виготовлення 1260x30 мм. д) покриття - металева структурна конструкція з паралельними поясами з хрестовою решіткою з прокатних труб із шарнірним з'єднанням у вузлах; е) огорожувальна конструкція покриття - сендвіч-панелі; ж) покрівля плоска неексплуатована з організованим внутрішнім водостоком із покрівельних сендвіч-панелей.

2.2.2 Розрахункова схема будівлі. Збір навантажень

Збір навантажень подано в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Збір навантажень

№	Вид навантаження	Нормативне значення, кН/м ²	Коефіцієнт надійності за навантаженням	Розрахункове значення, кН/м ²
1	Власна вага	за SCAD	1,05	за SCAD
2	Навантаження від стінових панелей	1,606	1,07	1,72
	1) Настил марки Н80А-674-1,0, $\rho = 7850$ кг/м ³ , $t = 0,8$ мм	0,64	1,05	0,672
	2) Теплоізоляційні плити з кам'яної вати "ROCKWOOL" $t = 100$ мм, $\rho = 32$ кг/м ³	0,32	1,2	0,384
	3) Настил марки Н80А-674-1,0, $\rho = 7850$ кг/м ³ , $t = 0,8$ мм	0,64	1,05	0,672

Закінчення таблиці 2.2

№	Вид навантаження	Нормативне значення, кН/м ²	Коефіцієнт надійності за навантаженням	Розрахункове значення, кН/м ²
3	Навантаження від огорожувальної конструкції покриття	1,51	1,07	1,62
	1) Настил марки Н80А-674-1,0, $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$, $t = 0,8 \text{ мм}$	0,64	1,05	0,672
	2) Теплоізоляційні плити $\rho = 32 \text{ кг/м}^3$, $t = 70 \text{ мм}$	0,23	1,2	0,276
	3) Покрівельна ПВХ мембрана $t = 1,2 \text{ мм}$, $\rho = 4,3 \text{ кг/м}^3$	0,0005	1,2	0,0006
	4) Гідроізоляційний наплавлений шар $t = 2 \text{ мм}$, $\rho = 3 \text{ кг/м}^3$	0,0006	1,2	0,00072
	5) Настил марки Н80А-674-1,0, $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$, $t = 0,8 \text{ мм}$	0,64	1,05	0,672
4	Вага світлопрозорих огорожувальних конструкцій покриття	2,94	1,2	3,53
5	Снігове навантаження (III сніговий район), кН/м ²	1,5	1,4	2,1
6	Вітрове навантаження (III вітровий район)	за додатком Е		

Постійні навантаження складаються з власної ваги конструкцій каркасу (за SCAD), ваги огорожувальних конструкцій стін і покриття, ваги світлопрозорих огорожувальних конструкцій фасаду і покриття (ліхтар).

Навантаження від стінових панелей визначається за формулою (2.1)

$$q_{ст.н} = \frac{\sum \rho \cdot t}{g} \cdot B, \quad (2.1)$$

де ρ - щільність матеріалу огорожувальної конструкції, кг/м³;

t - товщина матеріалу огорожувальної конструкції, м;

B - довжина огорожувальної конструкції, м;

g - прискорення вільного падіння м/с².

Підставивши питому вагу утеплювача і сталевому настилу в (2.1), отримаємо

$$q_{ст.н} = \frac{((32 \cdot 0,1) + (7850 \cdot 0,0008 \cdot 2)) \cdot 6}{9,81} = 9,64 \text{ кН/м};$$

Навантаження від огорожувальної конструкції покриття визначається за (2.2)

$$q_{\text{покp}} = \frac{\sum \rho \cdot t}{g \cdot l_{\text{ст}}} \cdot S_{\text{вн}} \quad (2.2)$$

де ρ - щільність матеріалу огорожувальної конструкції, кг/м^3 ;

t - товщина матеріалу огорожувальної конструкції, м;

$l_{\text{ст}}$ - довжина стрижня структури, м;

$S_{\text{вн}}$ - вантажна площа, що визначається за рисунком 2.1 ($10,4\text{м}^2$);

g - прискорення вільного падіння м/с^2 .

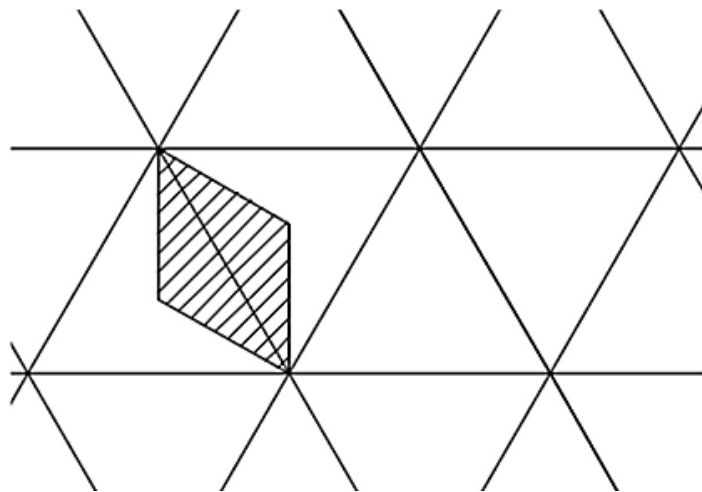


Рисунок 2.1 - Вантажна площа для покриття

Підставивши значення в (2.2), отримаємо

$$q_{\text{покp}} = \frac{(7850 \cdot 0,0008 \cdot 2) + (32 \cdot 0,07) + (4,3 \cdot 0,0012) + (3 \cdot 0,002) \cdot 10,4}{9,81 \cdot 6} = 2,62 \text{ кН / м};$$

Навантаження від світлопрозорих конструкцій покриття визначається за (2.2)

$$q_{\text{фонар}} = \frac{(2400 \cdot 0,004 \cdot 3) \cdot 10,4}{9,81 \cdot 6} = 5,1 \text{ кН / м}$$

Розрахунок снігового навантаження ведеться за формулою (2.3)

$$S_0 = c_e \cdot c_t \cdot \mu \cdot S_g, \quad (2.3)$$

де c_e - коефіцієнт, що враховує знесення снігу з покриттів будівель піддією вітру або інших чинників, що приймається рівним 1;

c_t - термічний коефіцієнт, який приймають рівним одиниці [21, п. 10.10];

μ - коефіцієнт форми, що враховує перехід від ваги снігового покриву землі до снігового навантаження на покриття;

S_g - нормативне значення ваги снігового покриву на 1 м горизонтальної поверхні землі, що приймається рівним 1,5 кН/м² для III снігового району [21].

Згідно з [10] для покриттів, що мають габаритні розміри, що перевищують 100 м в обох напрямках, крім рівномірно розподіленого снігового навантаження з $\mu_1=1$ необхідно враховувати випадок нерівномірно розподіленого снігового навантаження з коефіцієнтами $\mu_2 = 0,9$ і $\mu_3 = 1,1$ на двох схилах у поперечному напрямку.

Коефіцієнт μ для зенітного ліхтаря з діагоналлю понад 15 м приймають за [10], а згідно з ним, у разі $b > 24$ м.

Таким чином, у зоні ліхтаря

$$\mu_4 = 0,8;$$

$$\mu_3 = 1 + 0,1 \frac{a}{b} = 1 + 0,1 \cdot \frac{36}{36} = 1,1;$$

$$\mu_6 = 1 + \frac{1}{h} (m_1 \cdot l_1 + m_2 \cdot l_2);$$

$$m_1 = m_2 = 0,4;$$

$$l_1 = l_2 = 36 \text{ м};$$

$$\mu_6 = 1 + \frac{1}{1} (0,4 \cdot 36 + 0,4 \cdot 36) = 29,8.$$

$$\mu_6 \leq \frac{2h}{S_g} = \frac{2 \cdot 1}{1,5} = 1,3.$$

$$\mu_6 = 1,3.$$

Ширина зона знесення снігу під ліхтарем $b = 2h = 2$ м.

Таким чином, обчислимо значення снігового навантаження для різних

ділянок за (2.3)

$$S_{01} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 1,5 \text{ кН/м}^2 ; S_{02} = 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,5 = 1,35 \text{ кН/м}^2 ; S_{03} = 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,5 = 1,65 \text{ кН/м}^2 ;$$

$$S_{04} = 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1,5 = 1,2 \text{ кН/м}^2 ; S_{05} = 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,5 = 1,65 \text{ кН/м}^2 ; S_{06} = 1 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1,5 = 1,95 \text{ кН/м}^2 .$$

Розрахунок вітрового навантаження

Нормативне вітрове навантаження визначається за формулою (2.4)

$$w_m = w_0 \cdot k(z_e) \cdot c, \quad (2.4)$$

де w_0 - нормативне значення вітрового тиску, для III вітрового району $w_0 = 0,38 \text{ кН/м}^2$;

$k(z_e)$ - коефіцієнт, що враховує зміну вітрового тиску для висоти z_e , який отримують інтерполяцією [3];

c - аеродинамічний коефіцієнт за[3],

$$c_x = k_\lambda \cdot c_{x\beta}, k_\lambda = 0,6; c_{x\beta} = 1, 2; c_x = 0,6 \cdot 1, 2 = 0,72;$$

Для підвітряного боку $c_x = -0,5$; для $z_e \leq 5\text{м}$, $k(z_e) = 0,5$.

Пульсаційну складову вітрового навантаження враховує ПК SCAD.

Перелік завантажень, комбінацій завантажень розрахункової схеми наведено на рисунку 2.5. Розрахункові поєднання зусиль і переміщень наведено на рисунку 2.6. Для основних сполучень використовуються значення коефіцієнтів сполучень короточасних навантажень 1, 0,9, 0,7 згідно з [3].

Розрахункову схему в ПК SCAD представлено на малюнках 2.2 - 2.4.

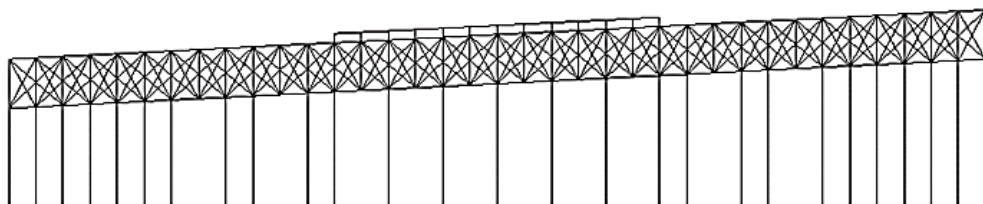


Рисунок 2.2 - Розрахункова схема в осях 1-37 у ПК SCAD

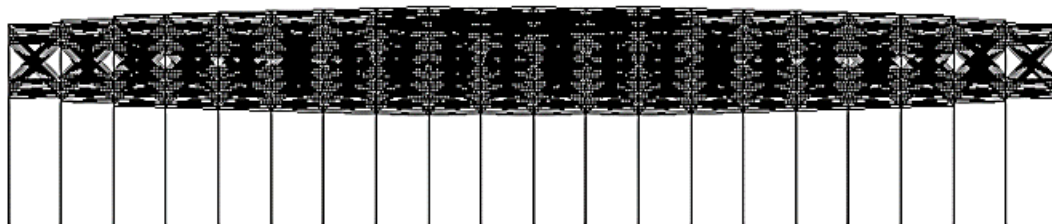


Рисунок 2.3 - Розрахункова схема в осях А-Ю в ПК SCAD

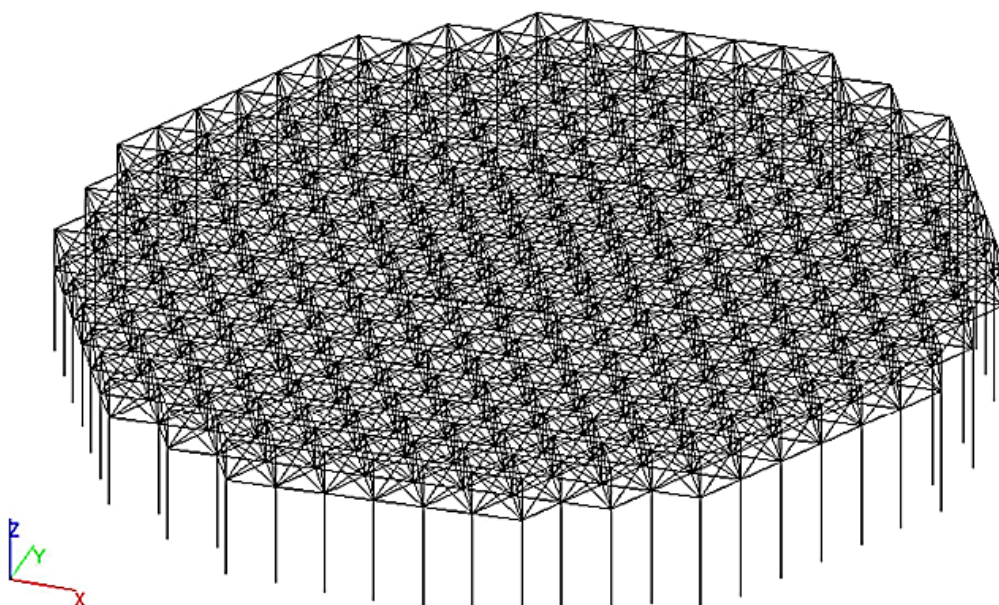


Рисунок 2.4 - Розрахункова схема в ПК SCAD

2.2.3 Результати розрахунку будівлі в ПК SCAD

На малюнках 2.5-2.10 представлено результати розрахунку конструкцій у ПКSCAD.

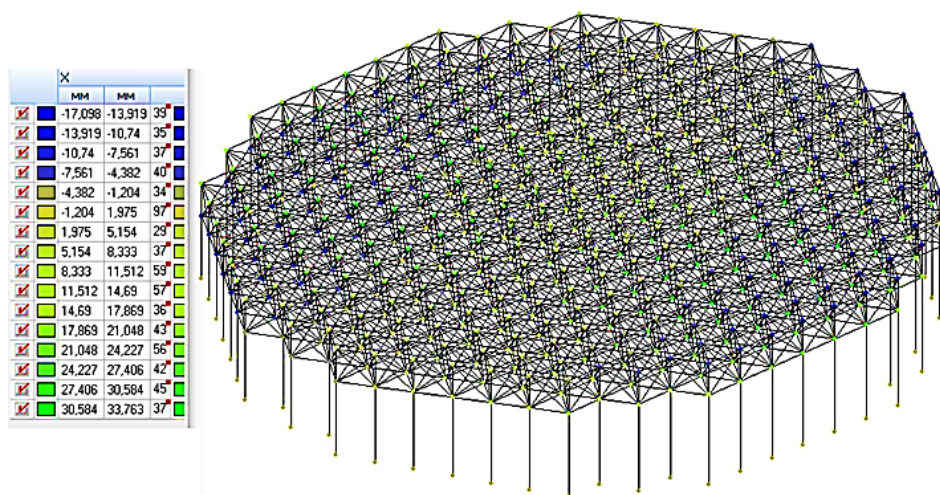


Рисунок 2.5 - Значення переміщень конструкції по осі x
(комбінація завантажень С2)

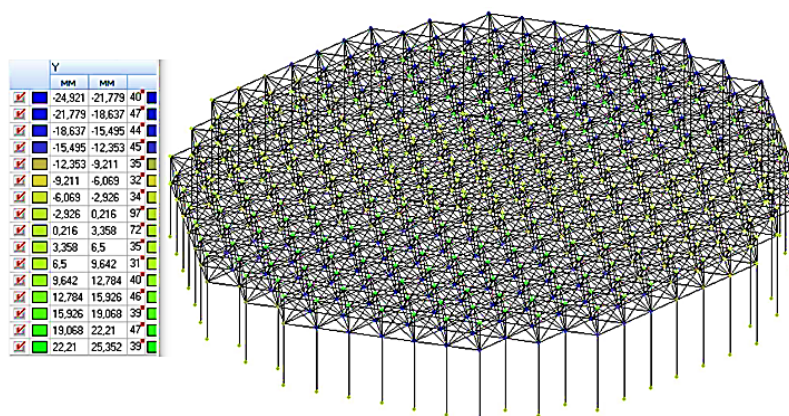


Рисунок 2.6 - Значення переміщень конструкції по осі y
(комбінація завантажень С2)

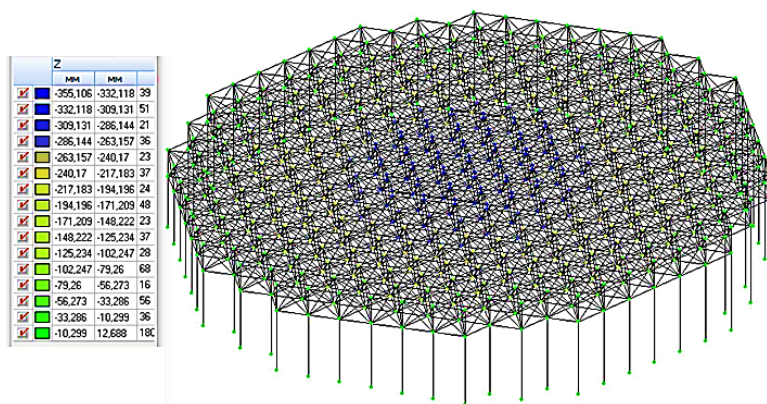


Рисунок 2.7 - Значення переміщень конструкції по осі z
(комбінація завантажень С2)

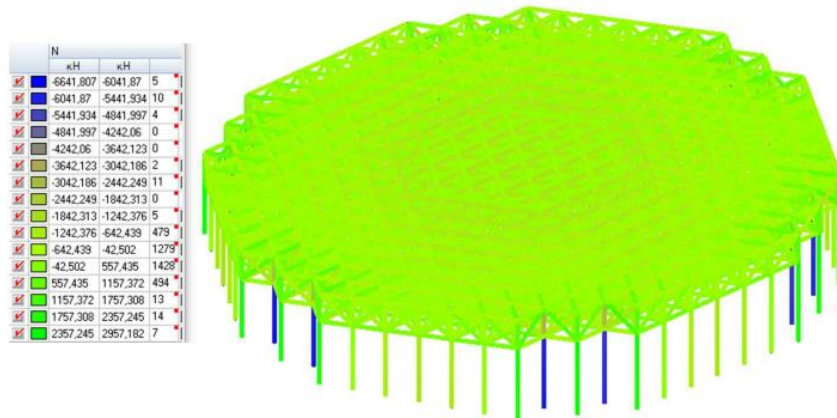
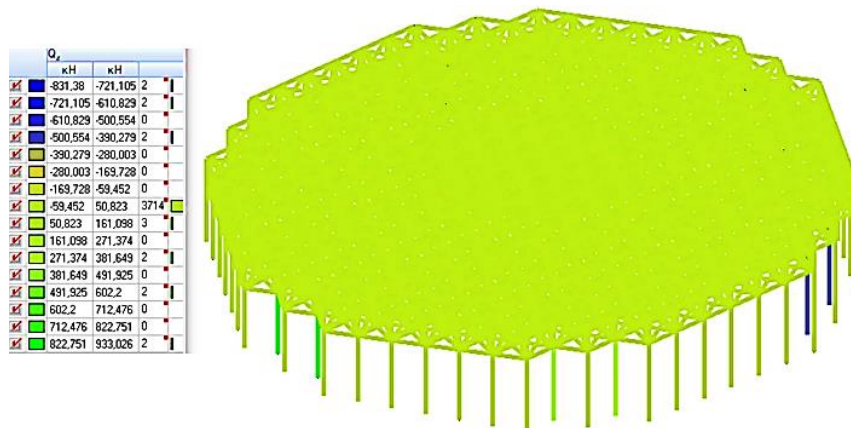
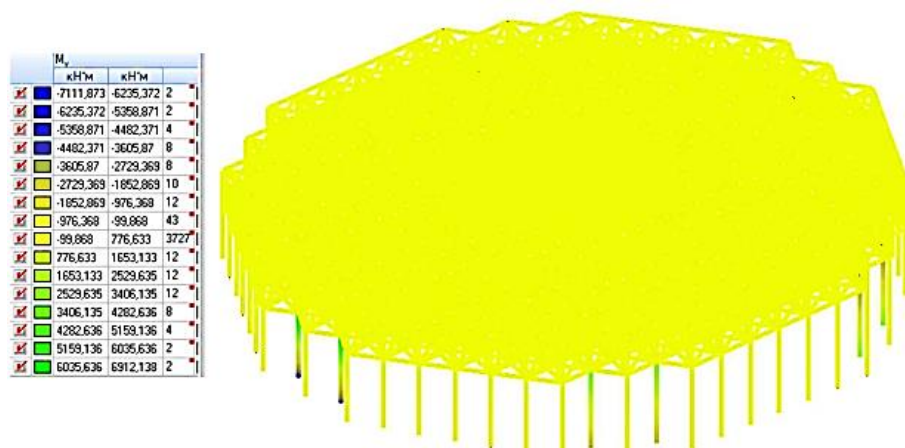


Рисунок 2.8 - Значення зусиль N, кН (комбінація завантажень С2)

Рисунок 2.9 - Значення зусиль Q_z , кН (комбінація завантажень С2)Рисунок 2.10- Значення зусиль M_y , кН, (комбінація завантажень С2)

Згідно з [10,], вертикальний граничний прогин (за віссю z) становить 360 мм. Таким чином, вертикальні переміщення за віссю z перебувають у межах допустимих.

2.3 Підбір і перевірка перерізів елементів

2.3.1 Підбір перерізів елементів у ПК SCAD

Підбір перерізів елементів виконувався в ПК SCAD.

Результати перевірки підібраних перерізів за критичним фактором наведено на рисунку 2.11.

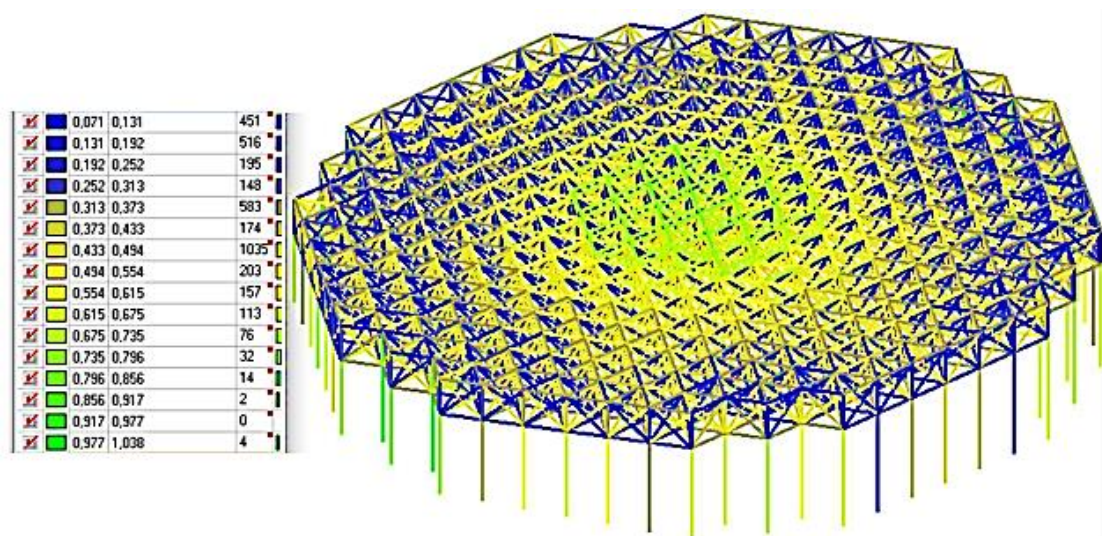


Рисунок 2.11 - Перевірка підібраних у ПК SCAD перерізів за критичним фактором K_{\max}

Як видно з рисунка 2.11, 4 колони К2 не проходять перевірку за критичним фактором, навіть із найбільшою трубою із сортаменту [13] 1420x20 мм. Для них необхідно здійснити підбір перерізу індивідуально виготовлюваної труби з листової сталі.

2.3.2 Підбір перерізів колон К2

Вихідні дані: розрахункова довжина найвищої колони $l = 14,8$ м, розрахункова температура повітря $t = -37$ °С.

Розрахунковий опір прокату $R_y = 300$ Н/мм² за [24, дод. В, табл. В.5], розрахунковий опір прокату зсуву $R_s = 0,58 \cdot R_y = 174$ Н/мм².

Граничний прогин f_u згідно з [10] для $l = 6$ м дорівнює $1/200$, для $l=24$ м дорівнює $1/250$, отже для $l = 14,8$ м f_u визначаємо інтерполяцією:

$$\frac{(250-200) \cdot (14,8-6)}{(24-6)} + 200 = 24,4 + 200 = 224,4.$$

Таким чином, граничний прогин f_u для колони по осі Б $l = 14,8$ м дорівнює $1/224,4=65,9$ мм.

Розрахункові зусилля приймаємо за результатами статичного розрахунку:

$$N=-6641,81 \text{ кН}, M_y=-7111,87 \text{ кНм}.$$

Розрахункова довжина колони в площині рами визначається за формулою

$$l_{ef, x} = \mu \cdot l, \quad (2.5)$$

де $\mu = 0,5$ - коефіцієнт розрахункової довжини колони.

Підставивши значення в (2.5), отримаємо $l_{ef, x} = 0,5 \cdot 14,8 = 7,4$ м

Розрахункова довжина колони з площини рами площини, оскільки як колону прийнято трубу.

Необхідна площа поперечного перерізу обчислюється за формулою

$$A_{req} = \frac{N}{\varphi_e \cdot R_y \cdot \gamma_c}, \quad (2.6)$$

де $\varphi_e = 0,387$, підрахований за [10] залежно від значень гнучкості та наведеного відносного ексцентриситету, обчислених за формулами

$$\bar{\lambda}_x = \frac{l_{ef,x}}{0,42 \cdot h_v} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}}, \quad (2.7)$$

$$m_{ef,x} = \eta m \approx \frac{1,25M}{N \cdot 0,35 \cdot h_v}, \quad (2.8)$$

де h_v - висота перерізу колони, м.

Підставивши значення в (2.7) і (2.8), обчислимо

$$\bar{\lambda}_x = \frac{7,4}{0,42 \cdot 1,26} \sqrt{\frac{300}{2,06 \cdot 10^5}} = 0,533.$$

$$m_{ef,x} = \frac{1,25 \cdot 7111,87}{6710,9 \cdot 0,35 \cdot 1,26} = 3,04.$$

Використовуючи ці значення, через (2.6), визначимо необхідну площу

$$A_{req} = \frac{6641,81}{0,387 \cdot 300 \cdot 10^{-1} \cdot 1} = 578,01 \text{ см}^2.$$

Розрахунок на міцність позацентрово стиснутих (стиснуто-зігнутих) елементів виконувати не потрібно при значенні наведеного відносного ексцентриситету $m_{ef,x} \leq 20$.

Прийmemo трубу 1260x30 мм. Геометричні характеристики перерізу:

$A=1159 \text{ см}^2$, $I_x = 2193586 \text{ см}^4$, $W_x = 34818 \text{ см}^3$, $i_x = 43,5 \text{ см}$, $i_y = 43,5 \text{ см}$,
 $h=1260 \text{ мм}$, $t=30 \text{ мм}$.

Відносний ексцентриситет визначається за формулою

$$m = \frac{e_x \cdot A}{W_x} = \frac{M \cdot A}{N \cdot W_x}. \quad (2.9)$$

Підставивши в (2.9) геометричні характеристики перерізу, отримаємо

$$m = \frac{7111,87 \cdot 1159 \cdot 10^2}{6641,81 \cdot 34818} = 3,57.$$

Підраховуємо гнучкість стрижня в площині та з площини рами за формулою

$$\lambda_x = \frac{l_{ef,x}}{i_x}; \quad (2.10)$$

Підставивши в (2.10) геометричні характеристики перерізу, отримаємо

$$\lambda_x = \frac{l_{ef,x}}{i_x} = \frac{740}{43,5} = 17,01;$$

Обчислена за (2.10) гнучкість не повинна перевищувати граничну, згідно з формули

$$\lambda_x < [\lambda] = 180 - 60 - \alpha \quad (2.11)$$

де α - коефіцієнт, що обчислюється за формулою

$$\alpha = \frac{N}{\varphi_e \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c}. \quad (2.12)$$

Використовуючи формули (2.11) і (2.12), визначимо

$$\alpha = \frac{6641,81}{0,387 \cdot 1159 \cdot 10^{-4} \cdot 300 \cdot 10^3 \cdot 1} = 0,49.$$

$$\lambda_x < [\lambda] = 180 - 60 \cdot 0,49 = 150,6.$$

$$17,01 < 150,6.$$

Відносна гнучкість визначається за формулою

$$\bar{\lambda}_x = \lambda_x \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}}. \quad (2.13)$$

Підставивши геометричні характеристики в (2.13), отримаємо

$$\bar{\lambda}_x = 17,01 \cdot \sqrt{\frac{300}{2,06 \cdot 10^5}} = 0,65;$$

Перевіряємо стійкість стрижня в площині дії моменту за формулою

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_e \cdot A}. \quad (2.14)$$

Де φ_e - коефіцієнт, що визначається за [10] залежно від значень, що обчислюються за формулами за [10]

$$\eta = (1,35 - 0,05 - m) - 0,01 \cdot (5 - m) - \lambda. \quad (2.15)$$

$$m_{ef,x} = \eta - m. \quad (2.16)$$

Підставивши значення в (2.15) обчислимо

$$\eta = (1,35 - 0,05 - 3,57) - 0,01 \cdot (5 - 3,57) - 0,65 = 1,159,$$

Тоді приведенний ексцентриситет за (2.16)

$$m_{ef,x} = 1,159 - 3,57 = 4,24.$$

Таким чином коефіцієнт $\varphi_e = 0,322$ за [10]. Стійкість стрижня в площині дії моменту за (2.14)

$$\sigma = \frac{6641,81}{0,322 \cdot 1159 \cdot 10^{-1}} = 177,9 \text{ МПа} < R_y \cdot \gamma_c = 300 \text{ МПа.},$$

Перетин підбрано правильно.

2.3.3 Перевірка підбраного перерізу розкоса ОР1

Розрахункові зусилля приймаємо за результатами статичного розрахунку:

$$N = -1362,4 \text{ кН.}$$

Розрахункова довжина опорного розкосу в площині найбільшого моменту визначається за формулою (2.5)

$$l_{ef,x} = 1 - 7,875 = 7,875 \text{ м.}$$

де $\mu = 1$ - коефіцієнт розрахункової довжини. Необхідна площа поперечного перерізу згідно з (2.6)

$$A_{req} = \frac{-1362,4}{0,75 \cdot 300 \cdot 10^{-1} \cdot 1} = 60,55 \text{ см}^2.$$

Де коефіцієнт $\varphi_e = 0,75$, приймається попередньо.

Прийmemo трубу 325x7 мм. Геометричні характеристики перерізу:

$$A=69,93 \text{ см}^2, I_x=5196,4 \text{ см}^4, W_x=319,8 \text{ см}^3, i=11,35 \text{ см}, h=325 \text{ мм}, t=7 \text{ мм}.$$

Підраховуємо гнучкість стрижня в площині та з площини рами за формулами (2.10-2.12).

$$\lambda_x = \frac{787,5}{11,35} = 69,4;$$

$$\lambda_x < [\lambda] = 180 - 60 \cdot \alpha = 180 - 60 \cdot 0,86 = 128,4.$$

$$\alpha = \frac{1362,4}{0,75 \cdot 69,93 \cdot 10^{-4} \cdot 300 \cdot 10^3 \cdot 1} = 0,86.$$

$$\bar{\lambda}_x = 69,4 \cdot \sqrt{\frac{300}{2,06 \cdot 10^5}} = 2,65;$$

За $\lambda_x > 0,6$, φ визначається за формулою

$$\varphi = \frac{0,5(\delta - \sqrt{\delta^2 - 39,48\bar{\lambda}_x^2})}{\lambda^2}, \quad (2.17)$$

Значення коефіцієнта в (2.17) визначається за формулою

$$\delta = 9,87(1 - \alpha + \beta \lambda) + \lambda^2 \quad (2.18)$$

Коефіцієнти для круглої труби за [6] $\alpha = 0,03$; $\beta = 0,06$.

Таким чином,

$$\delta = 9,87(1 - 0,03 + 0,06 \cdot 2,65) + 2,65^2 = 18,16,$$

$$\varphi = \frac{0,5(18,16 - \sqrt{18,16^2 - 39,48 \cdot 2,65^2})}{69,4^2} = 0,51,$$

Необхідна площа поперечного перерізу

$$A_{req} = \frac{-1362,4}{0,51 \cdot 300 \cdot 10^{-1} \cdot 1} = 89,04 \text{ см}^2.$$

Прийmemo трубу 325x9 мм. Геометричні характеристики перерізу:

$$A=89,34 \text{ см}^2, h=325 \text{ мм}, t=9 \text{ мм}.$$

Перевіряємо стійкість стрижня в площині дії моменту за (2.14)

$$\sigma = \frac{-1362,4}{0,51 \cdot 89,34 \cdot 10^{-1}} = 298,8 \text{ МПа} < R_y \cdot \gamma_c = 300 \text{ МПа}.$$

Перетин підбрано правильно.

2.3.4 Перевірка підбраного перерізу елемента нижнього поясу НПІ

Розрахункові зусилля приймаємо за результатами статичного розрахунку:
 $N=-1359,7 \text{ кН}$.

Розрахункова довжина опорного розкосу в площині найбільшого моменту визначається згідно з формулою (2.5)

$$l_{ef, x} = 1 \cdot 6 = 6 \text{ м}.$$

де $\mu = 1$ - коефіцієнт розрахункової довжини.

Необхідна площа поперечного перерізу за (2.6)

$$A_{req} = \frac{-1359,7}{0,75 \cdot 300 \cdot 10^{-1} \cdot 1} = 60,05 \text{ см}^2.$$

де коефіцієнт $\varphi_e = 0,75$, приймається попередньо.

Прийmemo трубу 325x6 мм. Геометричні характеристики перерізу:

$$A=60,13 \text{ см}^2, I_x=7651,3 \text{ см}^4, i=11,28 \text{ см}, h=325 \text{ мм}, t=6 \text{ мм}.$$

Підраховуємо гнучкість стрижня в площині та з площини рами за формулами (2.10 - 2.12).

$$\lambda_x = \frac{600}{11,28} = 53,19;$$

$$\lambda_x < [\lambda] = 180 - 60 \cdot \alpha = 180 - 60 \cdot 1,005 = 119,7.$$

$$\alpha = \frac{1359,7}{0,75 \cdot 60,13 \cdot 10^{-4} \cdot 300 \cdot 10^3 \cdot 1} = 1,005.$$

$$\bar{\lambda}_x = 53,19 \cdot \sqrt{\frac{300}{2,06 \cdot 10^5}} = 2,03;$$

За $\lambda_x > 0,6$, φ визначається за формулою (2.17) і (2.18).

Таким чином,

$$\delta = 9,87(1 - 0,03 + 0,06 \cdot 2,03) + 2,03^2 = 12,66,$$

$$\varphi = \frac{0,5(12,66 - \sqrt{12,66^2 - 39,48 \cdot 2,03^2})}{53,19^2} = 0,75,$$

Перевіряємо стійкість стрижня в площині дії моменту за (2.14)

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_e \cdot A} = \frac{-1359,7}{0,76 \cdot 60,13 \cdot 10^{-1}} = 297,5 \text{ МПа} < R_y \cdot \gamma_c = 300 \text{ МПа}.$$

Перетин підібрано правильно.

2.4 Опис конструктивних і технічних рішень підземної частини об'єкта капітального будівництва

2.4.1 Загальні відомості, оцінка інженерно-геологічних умов майданчика будівництва

Об'єкт капітального будівництва - будівля заводу з переробки відходів з прольотом несучих конструкцій 108 м у м. Черкаси. За відносну позначку 0,000 прийнято рівень чистої підлоги 1 поверху, що відповідає абсолютній позначці 172,92 м. Ґрунтових вод на розвіданій глибині не виявлено. Геологічну будову майданчика розвідано до глибини 20 м. Інженерно- геологічна колонка наведена на рис 2.17.

Фізико-механічні властивості ґрунтів наведено в таблиці 2.3. Розрахункові опори ґрунтів основи R_0 , призначені для попереднього визначення розмірів фундаментів.

У межах роботи необхідно розробити фундамент під сталеву колону, розташовану на перетині осей 2-Л об'єкта капітального будівництва у двох варіантах: із забивних паль і з буронабивних паль та виконати техніко-економічне порівняння варіантів.

Значення розрахункових навантажень, що діють на обріз фундаменту, приймаємо згідно з розрахунком у програмному комплексі SCAD. Значення

розрахункових навантажень:

$$N_{\max} = 6641,81 \text{ кН}; Q_{\text{відп}} = 933,03 \text{ кН}; M_{\text{відп}} = 7111,87 \text{ кНм}.$$

Таблиця 2.3 - Фізико-механічні властивості ґрунтів

№	Найменування ґрунту	h, м	W, д.е	e, д.о.	Щільність, т/м ³			γ (γ_{sb}), кН/м ³	μ , д.е.	s_r , д.е	Розрахункові характеристики			R_0 , кПа
					ρ	ρ_s	ρ_d				φ , град	c_p , кПа	E, МПа	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Техногенний ґрунт	1,5	0,24	0,87	1,8	2,7	1,45	18,0	0,51	0,75	20	30	7	180
2	Суглинок легкий м'якопластичний із прошарками тугопластичного	9,1	0,24	0,79	1,88	2,7	1,51	18,8	0,5	0,82	17,43	18	10,4	185
3	Пісок гравелистий середньої густини водонасичений	0,9	0,23	0,65	1,99	2,7	1,61	10,1	-	0,95	38	-	30	400
4	Суглинок твердий із прошарками піску різнозернистого	8,6	0,15	0,49	2,09	2,7	1,82	20,9	0,25	0,82	25,06	47	23,1	285

2.4.2 Проектування пальового фундаменту із забивних паль

Визначення несучої здатності забивної палі

Несучу здатність складеної забивної палі С150.30 (нижня секція С80.30, верхня секція С70.30) по ґрунту основи F_d , кН, визначають за формулою

$$F_d = \gamma_c \cdot (\gamma_{cR} \cdot R \cdot A + u \sum_i^h \gamma_c \cdot f_i \cdot h_i), \quad (2.19)$$

де γ_c - коефіцієнт умов роботи палі в ґрунті;

R - розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі, кПа;

f_i - розрахунковий опір i -го шару ґрунту основи на бічній поверхні палі, кПа;

h_i - товщина i -го шару ґрунту біля бічної поверхні палі, м;

A - площа поперечного перерізу нижнього кінця палі, м^2 ;

u - периметр палі, м ;

γ , γ_{Rcf} - коефіцієнти умов роботи відповідно під нижнім кінцем і на бічній поверхні, що враховують спосіб занурення, а також складених паль забиванням без лідерних свердловин і підмиву.

Розрахунок несучої здатності висячої палі ведеться за формулою (2.19), використовуючи форму, подану на рисунку 2.18.

Приймаємо: $\gamma_c = 1$, $R = 4400$ кПа, $\gamma_{\text{cR}} = 1$, $\gamma_{\text{cf}} = 1$, $A = 0,09 \text{ м}^2$, $u = 1,2 \text{ м}$,

$\Sigma_{\text{f hii}} = 547,3$ кН/м.

Підставимо у формулу (2.19), отримаємо:

$F_d = 1 - (1 - 4400 - 0,09 + 1,2 - 1 - 547,3) = 1052,8$ кН.

Для визначення числа паль у фундаменті необхідно призначити допустиме навантаження на одну палю. Орієнтовні його значення дорівнюють F_d/γ_k , де γ_k - коефіцієнт надійності, який приймають рівним 1,4. Таким чином, допустиме навантаження на одну палю становить 752 кН.

2.4.3 Визначення несучої здатності забивної палі

Число паль у фундаменті встановлюється виходячи з умови максимального використання їхньої несучої здатності за формулою:

$$n = \frac{N_{\text{max}}}{\frac{F_d}{\gamma_k} - \bar{A} \cdot d_p \cdot \gamma_{\text{mt}}}, \quad (2.20)$$

де N_{max} - максимальна сума розрахункових вертикальних навантажень, що діють на обрізі ростверку, кН;

\bar{A} - площа ростверку, що припадає на одну палю, м^2 ;

γ_{mt} - середня питома вага ростверка і ґрунту на його обрізах, кН/м^3 ;

d_p - глибина закладення ростверка, м .

Приймаємо: $F_K / \gamma_d = 752$ кН, $N_{\max} = 6710,95$ кН, $\bar{A} = 0,9$ м², $\gamma_{\text{нт}} = 20$ кН/м³, $d_p = 1,05$ м.

Підставимо у формулу (2.20), отримаємо:

$$n = \frac{6641,81}{752 - 0,9 \cdot 1,05 \cdot 20} = 11,56.$$

Таким чином, приймаємо 12 складених паль С150.30. Розміщення паль у куці наведено на рисунку 2.19. Відстані між осями сусідніх забивних паль становить 900 мм, виступи за зовнішні грані паль становлять 150 мм. розмір ростверку в плані - 3000х4200 мм, висота ростверку - 900 мм.

Сполучення ростверку з палями - жорстке, закладення голови палі в монолітний ростверк на глибину 50 мм, арматура замонолічується в ростверк на 250 мм (Ø20А400). У разі закладення палі на глибину 50 мм арматурні сітки плити укладаються на голови паль.

Клас бетону ростверку за міцністю на стиск С25/30. Армуння підосви здійснювати сітками зі стрижнів арматури А400.

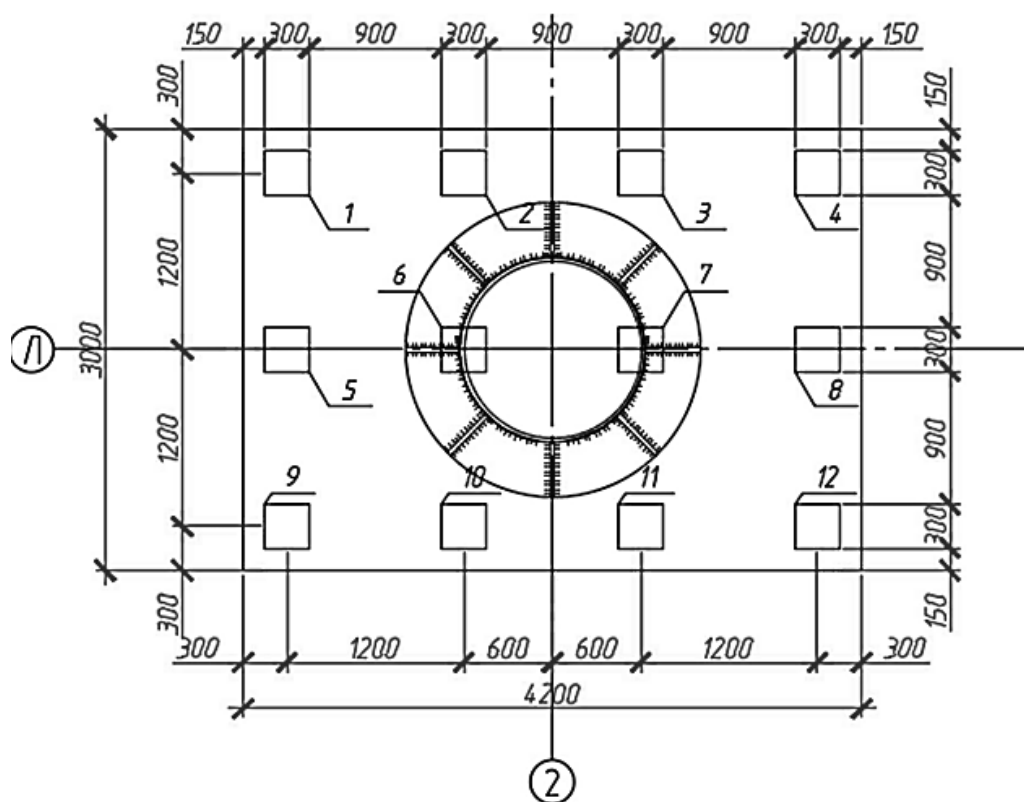


Рисунок 2.19 - Схема розташування забивних паль

Орієнтовно вага ростверку G_p , кН, визначається за формулою

$$G_p = b_p \cdot l_p \cdot h_p \cdot \gamma_{mt}, \quad (2.21)$$

де b_p - ширина ростверку в плані, м;

l_p - довжина ростверку в плані, м;

γ_{mt} - середня питома вага ростверку, кН/м³;

h_p - висота закладення ростверку, м.

Приймаємо: $b_p = 3$ м, $l_p = 4,2$ м, $h_p = 0,9$ м, $\gamma_{mt} = 24$ кН/м³. Підставимо у формулу (2.21), отримаємо:

$$G_p = 3 \cdot 4,2 \cdot 0,9 \cdot 24 = 272,16 \text{ кН.}$$

2.4.4 Розрахунок пальового фундаменту за несучою здатністю ґрунту основи

Розрахунок пальового фундаменту виконують за 1-ою групою граничних станів. При цьому має задовольнятися умова

$$N_c \leq \frac{F_d}{\gamma_k}, \quad (2.22)$$

де N_c - найбільше розрахункове навантаження, що передається на палю, кН;

$F/\gamma_{дк}$ - те саме, що й у формулі (2.21), кН.

Розрахункове навантаження на палю під час дії моментів в одній площині визначається за формулою

$$N_c = N' / n \pm M' \cdot x / \sum x_i^2, \quad (2.23)$$

де N' - розрахункове зусилля в несприятливих поєднаннях і комбінаціях, за

яких розрахункове зусилля в палі найбільше, кН;

M' - розрахункове зусилля в несприятливих поєднаннях і комбінаціях, за яких розрахункове зусилля в палі найбільше, кН·м;

n - число паль у фундаменті;

x - відстань у площині дії моменту від головної осі куца до палі, зусилля в якій визначається, м;

x_i - відстань від головної осі до кожної з паль. Результати розрахунку представлені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Результати розрахунку пальового фундаменту за несучою здатністю ґрунту

№ палі	x , м	N_c , кН (комб. C2)	F_{du}/y_k
1, 5, 9	1,8	1080,29	752
2, 6, 10	0,6	816,89	
3, 7, 11	0,6	377,88	
4, 8, 12	1,8	26,68	

Умова не виконується.

Для кращого сприйняття моменту $M=7111,87$ кНм, збільшимо число паль до 16 і змінимо конфігурацію ростверку. Нова схема розташування паль наведено на рисунку 2.20.

Проведемо ще раз розрахунок за (2.5). Результати розрахунку наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Результати розрахунку пальового фундаменту за несучою здатністю ґрунту

№ палі	x , м	N_c , кН (комб. C2)	F_{du}/y_k
1, 5, 9, 13	2,7	711,44	752
2, 6, 10, 14	0,9	513,89	
3, 7, 11, 15	0,9	316,34	
4, 8, 12, 16	2,7	118,79	

Умова виконується.

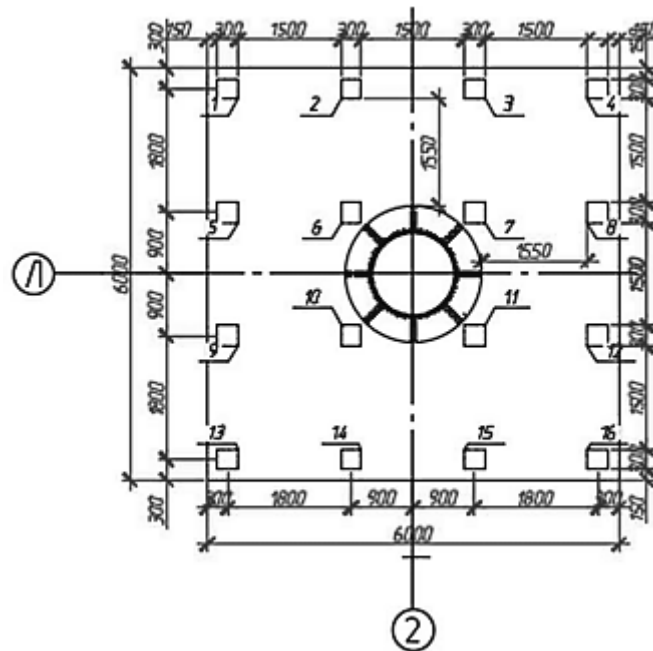


Рисунок 2.20 - Схема розташування забивних паль

Підставимо у формулу (2.21) нові розміри ростверку, отримаємо: $G_p = 6 - 6 - 0,9 - 24 = 777,6$ кН.

2.4.5 Розрахунок плити ростверку на продавлювання колоною

Під час цього розрахунку з'ясувалось, що піраміда продавлювання починається від дна стакану з гранями, що становлять кут 45° з вертикаллю або торкаються внутрішніх граней паль. Розрахунок проводиться за формулою

$$F_{per} \leq 2 \cdot R_{bt} \cdot h_0 \cdot \left(\frac{h_0}{C_1} (b_{bas} + C_2) + \frac{h_0}{C_2} (a_{bas} + C_1) \right), \quad (2.24)$$

де F_{per} - розрахункова продавлювальна сила, кН, (сума реакцій усіх паль, розташованих з одного боку від осі в найбільш навантаженій частині з цього самого боку від осі колони, за вирахуванням паль, розташованих у зоні піраміди продавлювання з цього самого боку від осі колони);

R_{bt} - розрахунковий опір бетону ростверку розтягуванню, МПа;

a_{bas} , b_{bas} - розміри опорної сталеві плити бази колони, м;

h_0 - робоча висота ростверку, що приймається від верху нижньої робочої арматури сітки до підшви опорної сталеві плити бази колони, м;

c_1 - відстань від бічної грані опорної сталеві плити бази колони до паралельної їй площини, що проходить по внутрішній грані найближчого ряду паль, розташованих за межами нижньої основи піраміди продавлювання, м;

c_2 - відстань від поздовжньої грані опорної сталеві плити бази колони до паралельної їй площини, що проходить по внутрішній грані найближчого ряду паль, розташованих за межами нижньої основи піраміди продавлювання, м.

Приймаємо: $a_{bas} = 2$ м, $b_{bas} = 2$ м, $h_0 = 0,85$ м, $C_1 = 1,55$ м, $C_2 = 1,55$ м, $R_{bt} = 0,9$ МПа, $F_{per} = 3873,54$ кН.

Підставляємо у формулу (2.24), отримаємо:

$$F_{per} = 3873,54 \text{ кН} < 2 \cdot 1150 \cdot 0,85 \cdot \left(\frac{0,85}{1,55} (2 + 1,55) + \frac{0,85}{1,55} (2 + 1,55) \right) = 7611 \text{ кН}.$$

Умова виконується.

2.4.5 Розрахунок плити ростверку на продавлювання кутовою палею

Розрахунок плити ростверку ведеться за формулою

$$N_c \leq R_{bt} \cdot h_{01} \cdot (\beta_1 (b_{02} + 0,5C_{02}) + \beta_2 (b_{01} + 0,5C_{01})) \quad (2.25)$$

де N_c - зусилля в кутовій палі, підраховане від розрахункових навантажень, що діють по підшві ростверку;

h_{01} - висота сходинок над палею;

b_{01} , b_{02} - відстані від внутрішніх граней кутової палі до зовнішніх граней плити ростверку;

C_{01} , C_{02} - відстані від внутрішніх граней кутових паль до найближчих граней опорної плити, але не більше ніж h_{01} і не менше ніж $0,4h_{01}$;

β_1 , β_2 - безрозмірні коефіцієнти.

Приймаємо: $\beta_1 = 0,64$, $\beta_2 = 0,64$, $b_{01} = 0,45$ м, $b_{02} = 0,45$ м, $h_0 = 0,85$ м, $C_{01} =$

0,85 м, $C_{02} = 0,85$ м, $N_c = 711,44$ кН.

Підставляємо у формулу (2.25), отримаємо:

$$711,44 \text{ кН} < 1150 - 0,85 - (0,64(0,45 + 0,5 - 0,85) + 0,64(0,45 + 0,5 - 0,85)) = \\ = 1066,24 \text{ кН.}$$

Умова виконується.

2.4.6 Проектування пальового фундаменту з буронабивних паль

2.4.7 Визначення несучої здатності буронабивної палі

Приймаємо буронабивну палю діаметром 320 мм завдовжки 15 м.

Несучу здатність буронабивної палі слід визначати як суму розрахункових опорів ґрунтів основи під нижнім кінцем палі та на її бічній поверхні за формулою

$$F_d = \gamma_c (\gamma_{R,R} RA + \gamma_{R,f} u \sum f_i h_i) \quad (2.26)$$

де γ_c - коефіцієнт умов роботи палі в ґрунті;

R - розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі, кПа;

f_i - розрахунковий опір i -го шару ґрунту основи на бічній поверхні палі, кПа;

h_i - товщина i -го шару ґрунту біля бічної поверхні палі, м;

A - площа поперечного перерізу нижнього кінця палі, м^2 ;

u - периметр палі, м;

γ_{Rf} , $\gamma_{R,R}$ - коефіцієнти умов роботи відповідно під нижнім кінцем і на бічній поверхні.

Розрахунок несучої здатності висячої палі ведеться за формулою (2.9).

Приймаємо: $\gamma_c = 1$, $R = 1450$ кПа, $\gamma_{R,R} = 1$, $\gamma_{Rf} = 0,7$, $A = 0,08 \text{ м}^2$, $u = 1,01$ м,

$\sum f_i h_i = 547,3$ кН .м

Підставимо у формулу (2.26), отримаємо:

$$F_d = 1 - (1 - 1450 - 0,08 + 1,01 - 0,7 - 547,3) = 502,95 \text{ кН.}$$

Для визначення числа паль у фундаменті необхідно призначити допустиме навантаження на одну палю. Орієнтовні його значення дорівнюють F/γ_{dk} , де γ_k - коефіцієнт надійності, який приймають рівним 1,4. Таким чином, допустиме навантаження на одну палю становить 359,2 кН.

2.4.8 Визначення необхідної кількості буронабивних паль

Число паль у фундаменті встановлюється виходячи з умови максимального використання їхньої несучої здатності за формулою (2.27):

$$n = \frac{N_{\max}}{\left(\frac{F_d}{\gamma_k} - \bar{A} \cdot d_p \cdot \gamma_{mt} \right)} \quad (2.27)$$

Приймаємо: $F_d/\gamma_k = 359,2$ кН, $N_{\max} = 6641,81$ кН, $\bar{A} = 0,08$ м², $\gamma_{mt} = 20$ кН/м³, $d_p = 1,05$ м.

Підставимо у формулу (2.27), отримаємо:

$$n = \frac{6641,81}{(359,2 - 0,08 \cdot 1,05 \cdot 20)} = 18,58.$$

Таким чином, необхідно прийняти 19 паль у ростверку. Для поліпшення роботи фундаменту, приймемо іншу глибину буронабивних паль і більший діаметр.

2.4.9 Визначення несучої здатності буронабивної палі

Приймаємо буронабивну палю діаметром 420 мм завдовжки 17 м.

Несучу здатність буронабивної палі слід визначати як суму розрахункових опорів ґрунтів основи під нижнім кінцем палі та на її бічній поверхні за формулою (2.26)

Приймаємо: $\gamma_c = 1$, $R = 1600$ кПа, $\gamma_{R,R} = 1$, $\gamma_{Rf} = 0,7$, $A = 0,138$ м², $u = 1,32$ м,
 $\Sigma f_i h_i = 673,6$ кН/м .

Підставимо у формулу (2.26), отримаємо:

$$F_d = 1 - (1 - 1600 - 0,138 + 1,32 - 0,7 - 673,6) = 843,2 \text{ кН.}$$

Для визначення числа паль у фундаменті необхідно призначити допустиме навантаження на одну палю. Орієнтовні його значення дорівнюють F/γ_{dk} , де γ_k - коефіцієнт надійності, який приймають рівним 1,4. Таким чином, допустиме навантаження на одну палю становить 602,3 кН.

2.4.10 Визначення необхідної кількості буронабивних паль

Число паль у фундаменті встановлюється виходячи з умови максимального використання їхньої несучої здатності за формулою (2.27).

Приймаємо: $F/\gamma_{dk} = 602,3$ кН, $N_{max} = 6641,81$ кН, $\bar{A} = 0,138$ м², $y_{mt} = 20$ кН/м³,
 $d_p = 1,05$ м.

Підставимо у формулу (2.27), отримаємо:

$$n = \frac{6641,81}{(602,3 - 0,138 \cdot 1,05 \cdot 20)} = 11,1.$$

Таким чином, приймаємо 12 буронабивних паль діаметром 420 мм і довжиною 17 м. Розміщення паль у куці наведено на рисунку 2.23. Відстань між осями сусідніх забивних паль становить 1420 мм, звиси за зовнішні грані паль становлять 160 мм, розмір ростверку в плані - 4800x3600 мм, висота ростверку - 900 мм. Сполучення ростверку з палями - жорстке, закладення голови палі в монолітний ростверк на глибину 50 мм, арматура замонолічується в ростверк на 250 мм (Ø20 А400). У разі закладення палі на глибину 50 мм арматурні сітки плити укладаються на голови паль. Клас бетону ростверку за міцністю на стиск В30. Армвання підшви здійснювати сітками зі стрижнів арматури А400.

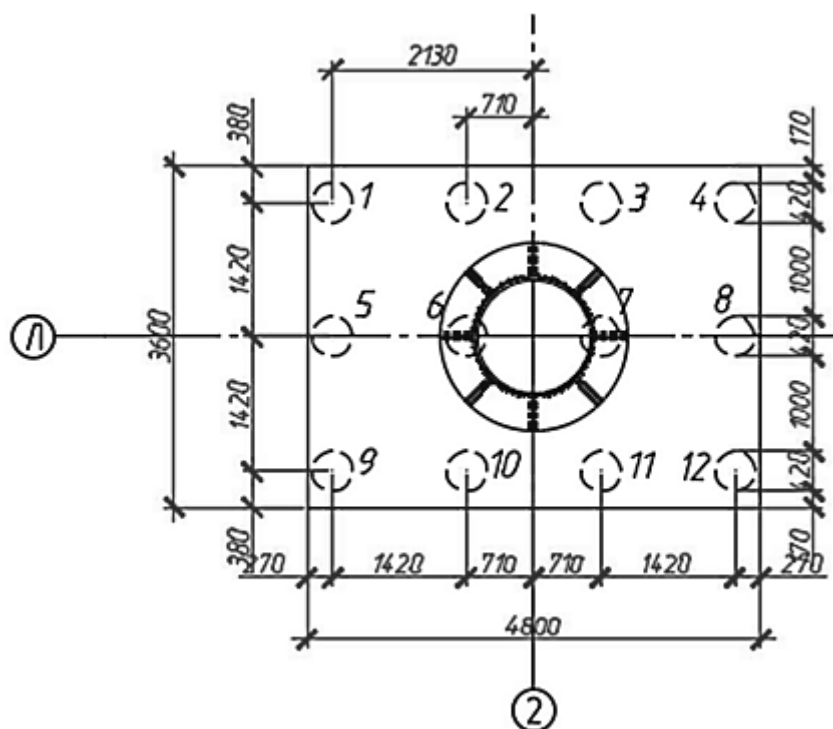


Рисунок 2.23 - Схема розташування буронабивних паль

2.4.11 Розрахунок пального фундаменту за несучою здатністю ґрунту основи

Розрахунок пального фундаменту виконують за першою групою граничних станів. При цьому має задовольнятися умова 2.25.

Результати розрахунку представлені в таблиці 2.6

Таблиця 2.6 - Результати розрахунку пального фундаменту за несучою здатністю ґрунту

№ палі	x, м	Nc, кН	Fd/γK, кН
1, 5, 9	2,13	1054,32	602,3
2, 6, 10	0,71	720,43	
3, 7, 11	0,71	386,54	
4, 8, 12	2,13	52,65	

Умова не виконується.

Для підвищення несучої здатності прийемо палю більшого діаметра. Приймаємо буронабивну палю діаметром 500 мм завдовжки 17 м.

Несучу здатність буронабивної палі слід визначати як суму розрахункових опорів ґрунтів основи під нижнім кінцем палі та на її бічній поверхні за формулою (2.26)

Приймаємо: $\gamma_c = 1$, $R = 1600$ кПа, $\gamma_{R,R} = 1$, $\gamma_{Rf} = 0,7$, $A = 0,196$ м², $u = 1,57$ м,

$$\Sigma f_i h_i = 673,6 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Підставимо у формулу (2.26), отримаємо:

$$F_d = 1 - (1 - 1600 - 0,196 + 1,57 - 0,7 - 673,6) = 1054 \text{ кН.}$$

Для визначення числа палей у фундаменті необхідно визначити допустиме навантаження на одну палю. Орієнтовні його значення дорівнюють F / γ_{dk} , де γ_k - коефіцієнт надійності, який приймають рівним 1,4. Таким чином, допустиме навантаження на одну палю становить 752,8 кН.

Число палей у фундаменті встановлюється виходячи з умови максимального використання їхньої несучої здатності за формулою (2.27).

Приймаємо: $F / \gamma_{dk} = 752,8$ кН, $N_{max} = 6710,95$ кН, $\bar{A} = 0,196$ м², $y_{mt} = 20$ кН/м³, $d_p = 1,05$ м.

Підставимо у формулу (2.27), отримаємо:

$$n = \frac{6641,81}{(752,8 - 0,196 \cdot 1,05 \cdot 20)} = 10,2.$$

Таким чином, приймаємо 11 буронабивних палей діаметром 500 мм і довжиною 17 м. Розміщення палей у куці наведено на рисунку 2.24. Відстань між осями сусідніх забивних палей становить 1500 мм, звиси за зовнішні грані палей становлять 200 мм, розмір ростверку в плані - 5400x3900 мм, висота ростверку - 900 мм. Сполучення ростверку з палями - жорстке, закладення голови палі в монолітний ростверк на глибину 50 мм, арматура замонолічується в ростверк на 250 мм (Ø20 А400). У разі закладення палі на глибину 50 мм арматурні сітки плити укладаються на голови палей. Клас бетону ростверку за міцністю на стиск В30. Армвання підшви здійснювати сітками зі стрижнів арматури А400.

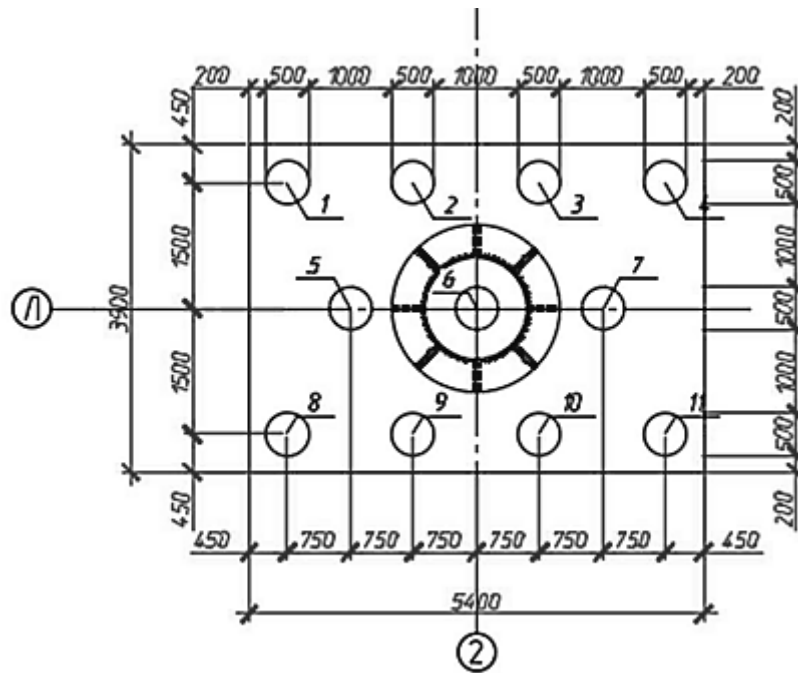


Рисунок 2.24 - Схема розташування буронабивних палів

Орієнтовно вага ростверку $G_p, \text{кН}$, визначається за формулою 2.26
 Приймаємо: $b_p = 3,9 \text{ м}$, $l_p = 5,4 \text{ м}$, $h_p = 0,9 \text{ м}$, $\gamma_{\text{нт}} = 24 \text{ кН/м}^3$. Підставимо у формулу ,
 отримаємо:

$$G_p = 3,9 \cdot 5,4 \cdot 0,9 \cdot 24 = 454,9 \text{ кН.}$$

Розрахунок пального фундаменту виконують за першою групою граничних станів. При цьому має задовольнятися умова (2.24).

Результати розрахунку подано в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Результати розрахунку пального фундаменту за несучою здатністю ґрунту

№ палі	x, м	N _c , кН	F _{d/γ_K} , кН
1, 8	2,25	1196,46	752,8
5	1,5	998,90	
2, 9	0,75	801,35	
3, 10	0,75	406,25	
7	1,5	208,70	
4, 11	2,25	11,15	

Умова не виконується.

Для кращого сприйняття моменту $M = 7111,87 \text{ кНм}$, збільшимо число палів

до 16 і змінимо конфігурацію ростверку. Нова схема розташування паль наведена на малюнку 2.25.

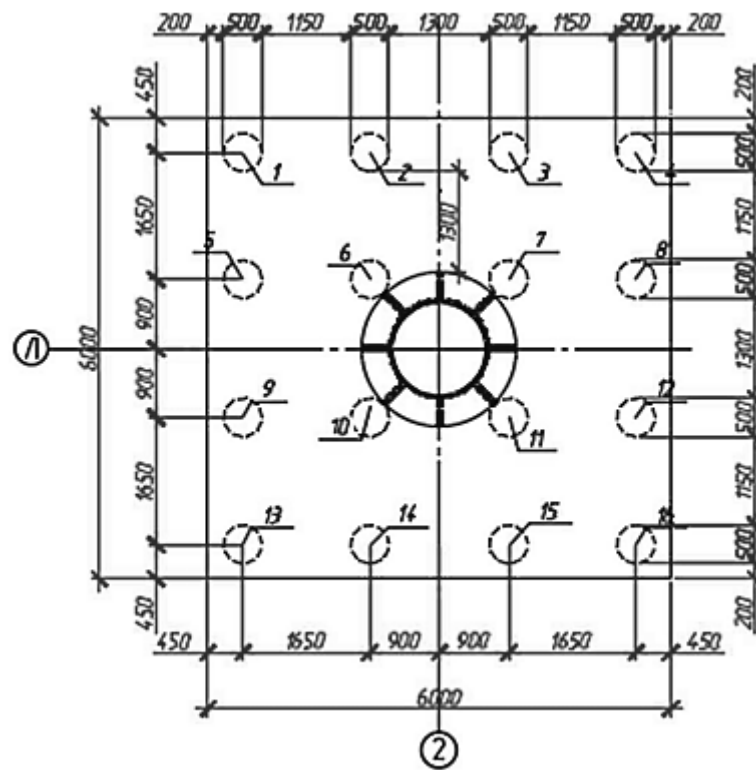


Рисунок 2.25 - Схема розташування набивних паль

Проведемо ще раз розрахунок за (2.5). Результати розрахунку наведено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 - Результати розрахунку пального фундаменту за несучою здатністю ґрунту

№ палі	х, м	N_c , кН	$F_d/\gamma K$, кН
1, 5, 9, 13	2,55	725,12	752,8
2, 6, 10, 14	0,9	524,53	
3, 7, 11, 15	0,9	305,70	
4, 8, 12, 16	2,55	105,11	

Умова виконується.

Орієнтовно вага нового ростверка G_p , кН, визначається за формулою 2.26.

Приймаємо: $b_p = 6$ м, $l_p = 6$ м, $h_p = 0,9$ м, $y_{mt} = 24$ кН/м³. Підставимо у формулу (2.26),

отримаємо:

$$G_p = 6 - 6 - 0,9 - 24 = 777,6 \text{ кН.}$$

2.4.12 Розрахунок плити ростверку на продавлювання колоною

Під час цього розрахунку з'ясувалось, що піраміда продавлювання починається з колони, становить кут 45° з вертикаллю або торкається внутрішніх граней паль. Розрахунок проводиться за формулою (2.27).

Приймаємо: $a_{bas} = 2 \text{ м}$, $b_{bas} = 2 \text{ м}$, $h_0 = 0,85 \text{ м}$, $C_1 = 1,3 \text{ м}$, $C_2 = 1,3 \text{ м}$, $R_{bt} = 1,15 \text{ МПа}$,

$F_{per} = 3949,54 \text{ кН}$. Підставляємо у формулу (2.27), отримаємо:

$$3949,54 \text{ кН} \leq 2 \cdot 1150 \cdot 0,85 \left(\frac{0,85}{1,3} (2 + 1,3) + \frac{0,85}{1,3} (2 + 1,3) \right) = 8436,6 \text{ кН},$$

Умова виконується.

2.4.13 Розрахунок плити ростверку на продавлювання кутовою палею

Розрахунок плити ростверку ведеться за формулою (2.28).

Приймаємо: $\beta_1 = 0,64$, $\beta_2 = 0,6$, $b_{01} = 0,7 \text{ м}$, $b_{02} = 0,7 \text{ м}$, $h_{01} = 0,85 \text{ м}$, $C_{01} = 0,85 \text{ м}$, $C_{02} = 0,85 \text{ м}$, $N_c = 725,12 \text{ кН}$.

Підставляємо у формулу (2.28), отримаємо:

$$725,12 \text{ кН} \cdot 1150 - 0,85 - (0,64(0,7 + 0,5 - 0,85) + 0,64(0,7 + 0,5 - 0,85)) = 0,64(0,7 + 0,5 - 0,85)) = 1407,6 \text{ кН.}$$

Умова виконується.

РОЗДІЛ 3

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ

3.1 Опис варіантів конструкцій

На даному етапі необхідно дослідити кілька варіантів основної несучої конструкції будівлі (у цьому випадку - покриття), зробити розрахунок, і за результатами розрахунку, та низки непрямих ознак зробити вибір найоптимальнішого варіанта.

У рамках кваліфікаційної роботи було ухвалено рішення провести варіантне проектування металевого покриття:

а) варіант 1 - кожен осередок каркасу покриття складається з двох стійок і двох розкосів, а також верхнього і нижнього похилих елементів, що з'єднуються у вузлах конекторами;

б) варіант 2 - кожен осередок каркасу покриття складається з двох розкосів, а також верхнього і нижнього похилих елементів, що з'єднуються у вузлах конекторами;

в) варіант 3 - кожен осередок каркасу покриття складається з двох стійок і одного розкосу, а також верхнього і нижнього похилих елементів, що з'єднуються у вузлах конекторами.

Усі варіанти каркасів розраховували на дію навантаження, представленого в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Збір навантажень

№	Вид навантаження	Нормативне значення, кН/м ²	Коефіцієнт надійності за навантаженням	Розрахунок за значення, кН/м ²
1	Власна вага	за SCAD	1,05	за SCAD
2	Навантаження від стінових панелей	1,606	1,07	1,72
	1) Настил марки Н80А-674-1,0, $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$, $t = 0,8 \text{ мм}$	0,64	1,05	0,672

Продовження таблиці 3.1

Вид навантаження	Нормативне значення, кН/м ²	Коефіцієнт надійності за навантаженням	Розрахункове значення, кН/м ²
2) Теплоізоляційні плити з кам'яної вати "ROCKWOOL" t = 100 мм, ρ = 32 кг/м ³	0,32	1,2	0,384
3) Настил марки Н80А-674-1,0, ρ = 7850 кг/м ³ , t = 0,8 мм	0,64	1,05	0,672
Навантаження від огорожувальної конструкції покриття	1,51	1,07	1,62
1) Настил марки Н80А-674-1,0, ρ = 7850 кг/м ³ , t = 0,8 мм	0,64	1,05	0,672
2) Теплоізоляційні плити "ТехноНІКОЛЬ LOGICPIR PROF Ф/Ф" ρ = 32 кг/м ³ , t = 70 мм	0,23	1,2	0,276
3) Покрівельна ПВХ мембрана "ТехноНІКОЛЬ LOGICROOF V-RP FR" t = 1,2 мм, ρ = 4,3 кг/м ³	0,0005	1,2	0,0006
4) Гідроізоляційний наплавлений шар "ТехноНІКОЛЬ Біполь ЕПП" t = 2 мм, ρ = 3 кг/м ³	0,0006	1,2	0,00072
5) Настил марки Н80А-674-1,0, ρ = 7850 кг/м ³ , t = 0,8 мм	0,64	1,05	0,672
Вага світлопрозорих огорожувальних конструкцій покриття	2,94	1,2	3,53
Снігове навантаження (III сніговий район), кН/м ²	1,5	1,4	2,1
Вітрове навантаження (III вітровий район)	за додатком Е		

Попередньо було прийнято такі перерізи конструкцій [23]:

- а) верхній і нижній пояс - труба 325х6 мм,
- б) розкоси - 273х4 мм,
- в) опорні розкоси - 325х9 мм, г) стійки - 159х8 мм.

3.2 Варіант 1

Схему комірки наведено на рисунку 3.1. Розрахункову схему металевого

каркаса наведено на малюнку 3.2. Результати розрахунку каркаса варіанта 1 подано на рисунках 3.3 - 3.5.

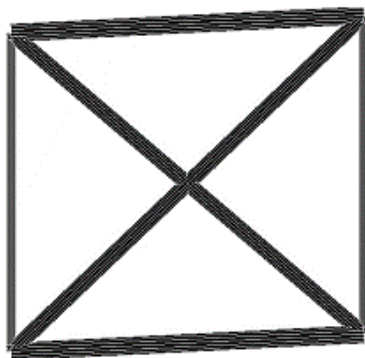


Рисунок 3.1 - Схема комірки варіанту 1

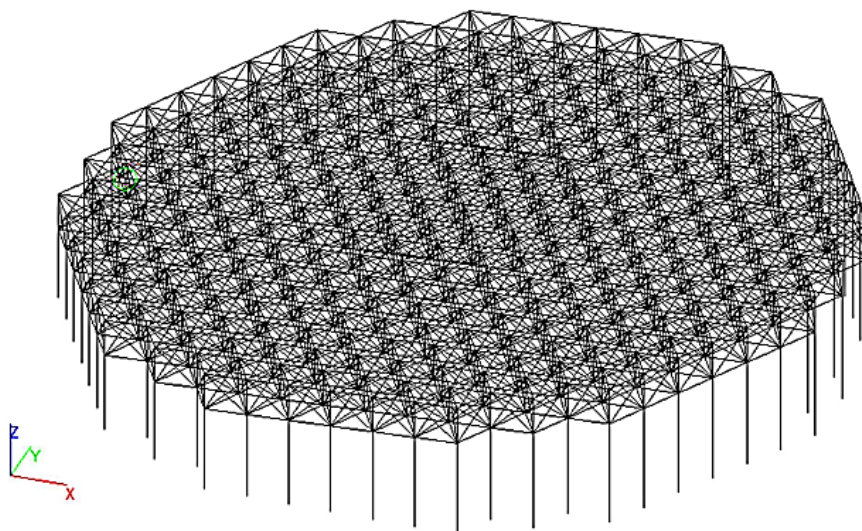


Рисунок 3.2 - Розрахункова схема каркасу варіанта 1

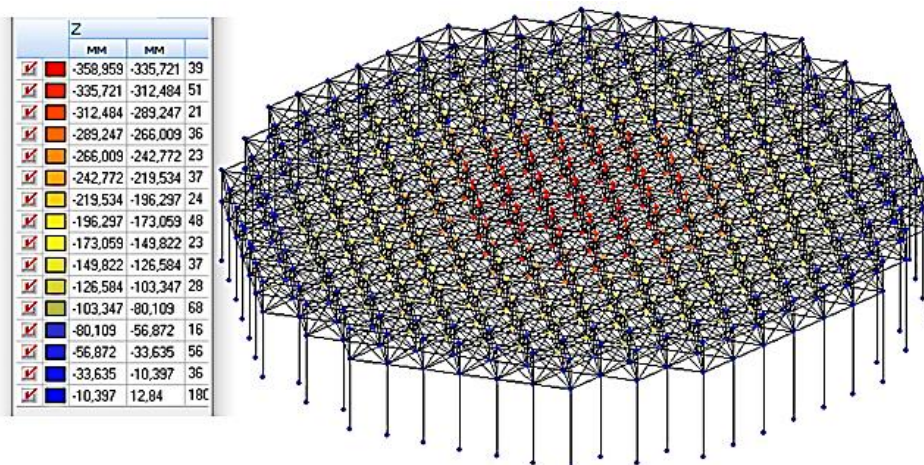


Рисунок 3.3 - Результат розрахунку, переміщення схеми по осі z, мм

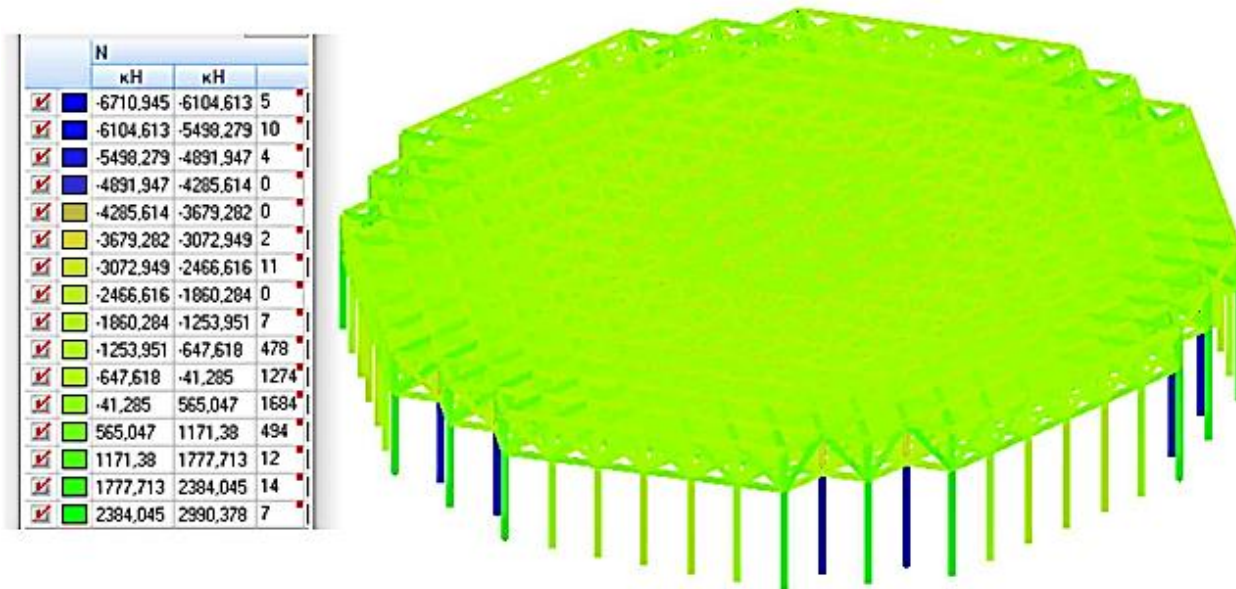


Рисунок 3.4 - Результат розрахунку, поздовжня сила N, кН

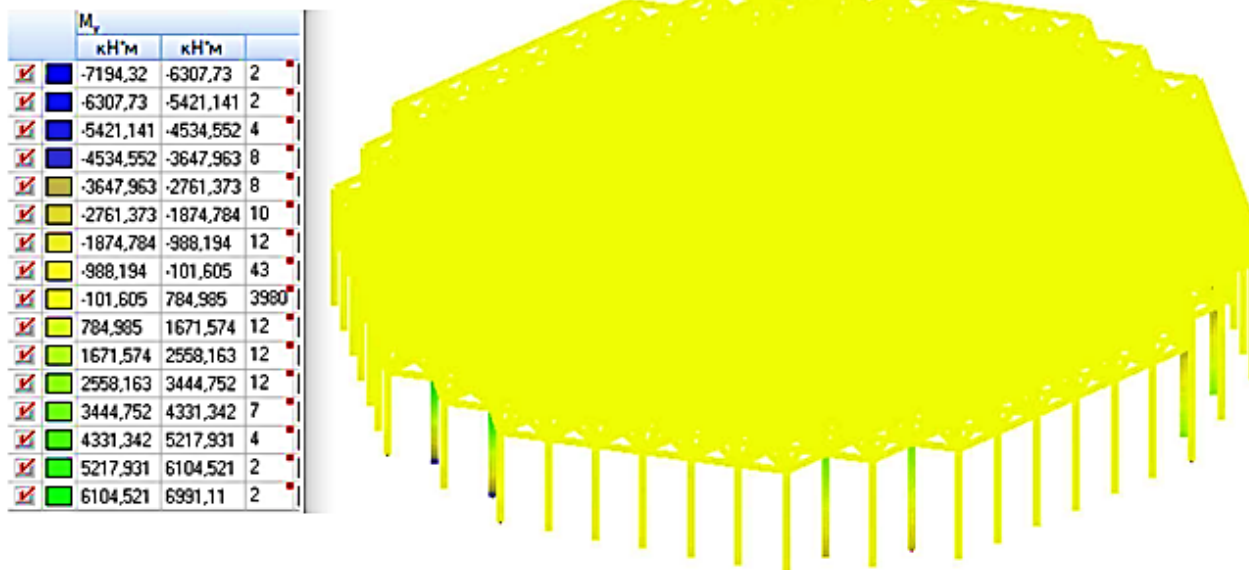


Рисунок 3.5 - Результат розрахунку, згинальний момент M , кНм

3.3 Варіант 2

Схему комірки наведено на малюнку 3.6. Розрахункову схему металевого каркаса наведено на малюнку 3.7. Результати розрахунку каркаса варіанта 2 наведено на малюнку 3.8 - 3.10.

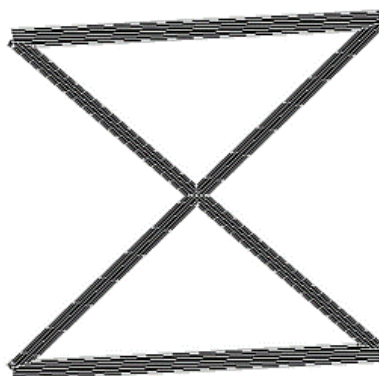


Рисунок 3.6 - Схема комірки варіанта 2

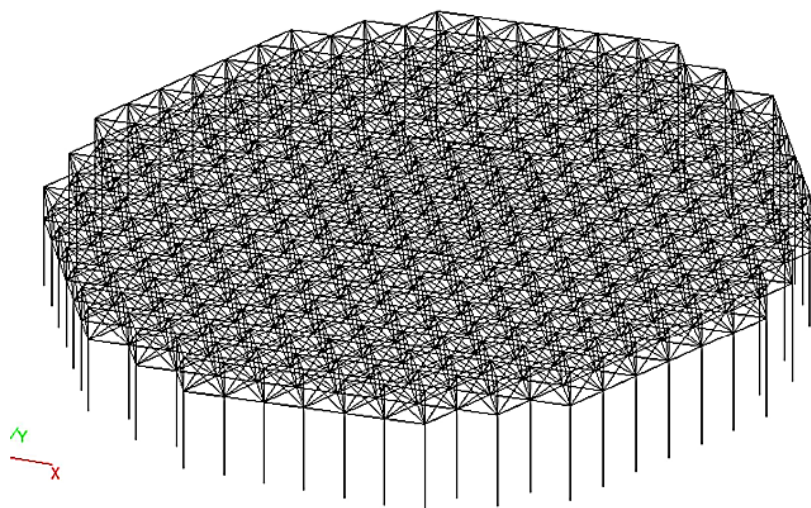


Рисунок 3.7 - Розрахункова схема каркаса варіанта 2

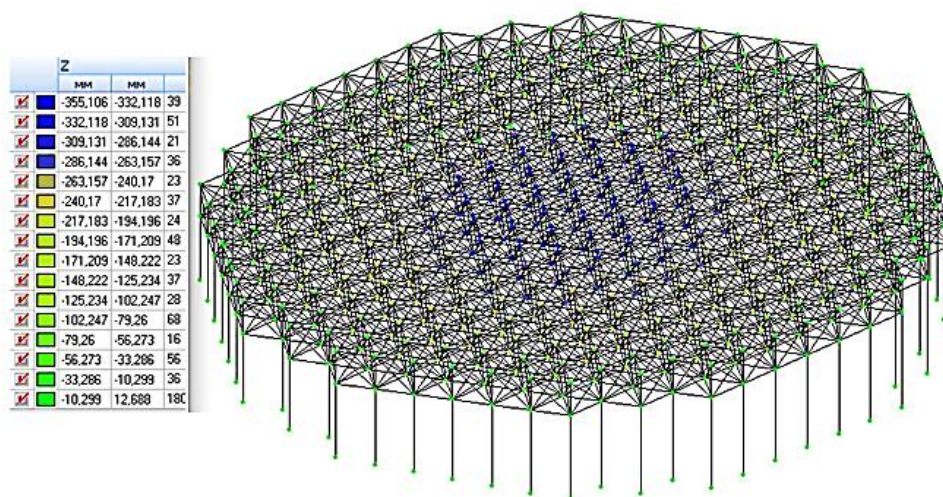


Рисунок 3.8 - Результат розрахунку, переміщення схеми по осі z, мм

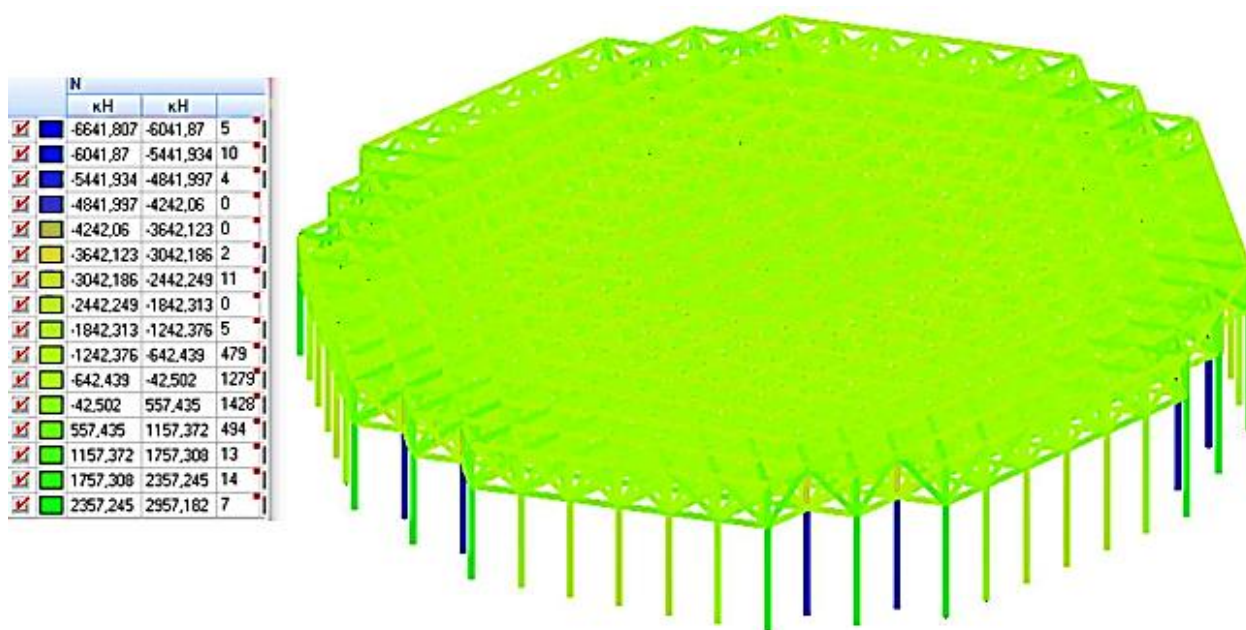


Рисунок 3.9 - Результат розрахунку, поздовжня сила N, кН

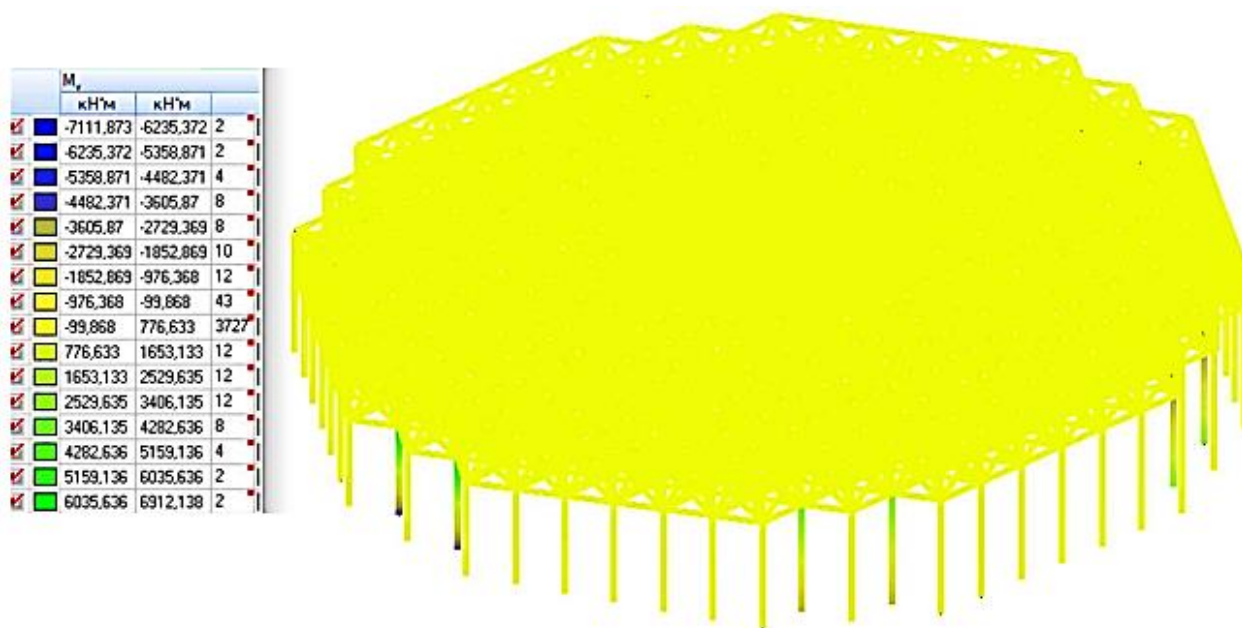


Рисунок 3.10 - Результат розрахунку, згинальний момент M, кНм

3.4 Варіант 3

Схему комірки наведено на рисунку 3.11. Розрахункову схему металевого каркасу наведено на рисунку 3.12. Результати розрахунку каркасу варіанта 3

наведено на рисунку 3.13 - 3.15.

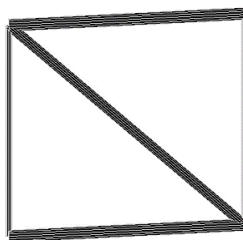


Рисунок 3.11 - Схема комірки варіанта 3

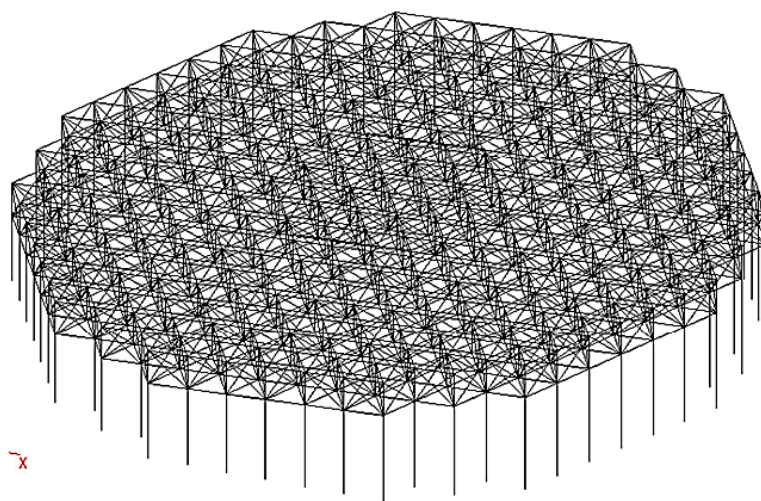


Рисунок 3.12 - Розрахункова схема каркасу варіанта 3

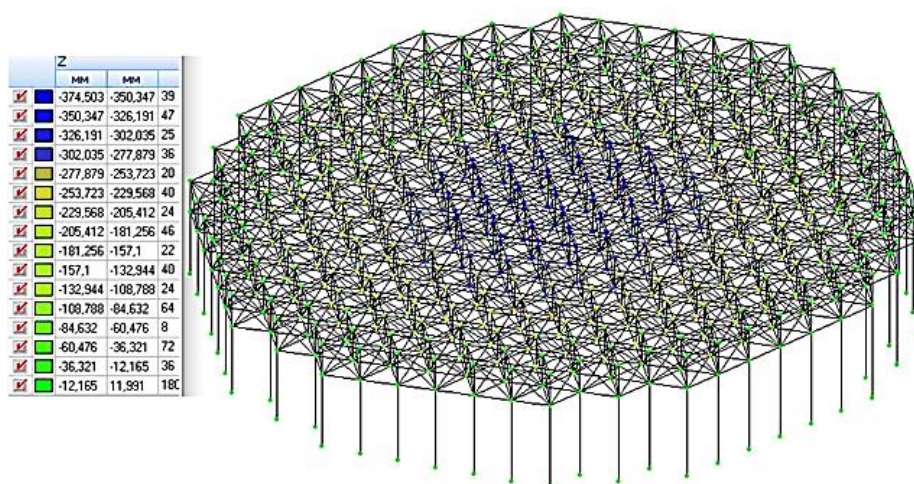


Рисунок 3.13 - Результат розрахунку, переміщення схеми по осі z, мм

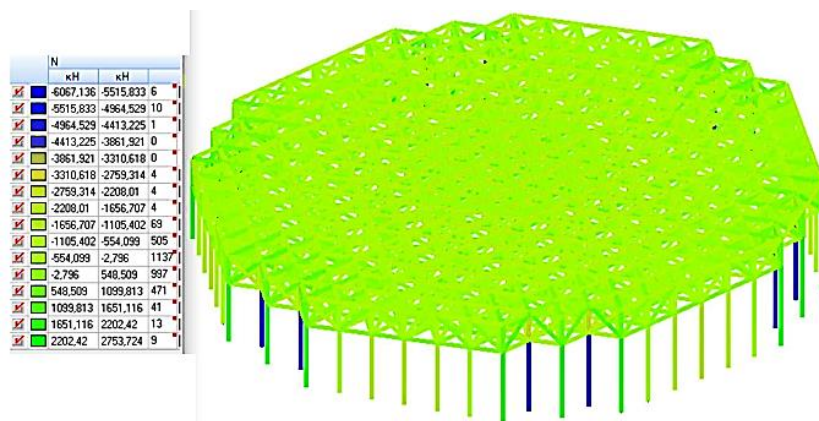


Рисунок 3.14 - Результат розрахунку, поздовжня сила N, кН

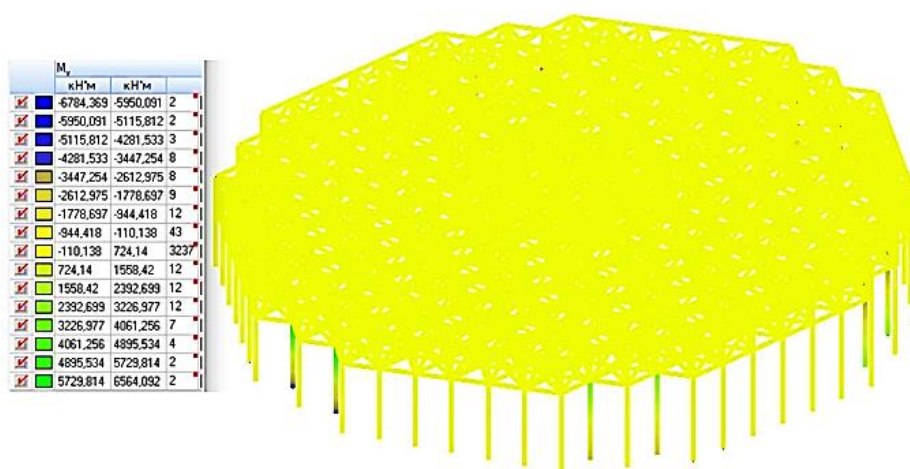


Рисунок 3.15 - Результат розрахунку, згинальний момент M, кНм

3.5 Висновки до розділу

Результати порівняльного аналізу наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Результати порівняльного аналізу

№	Найменування показника	Варіант		
		1	2	3
1	Максимальне значення переміщень по осі z, мм	358,96	355,11	374,5
2	Максимальне значення зусиль N, кН	-6710,95	-6641,81	-6067,14
		2990,38	2957,18	2753,72
3	Максимальне значення зусиль M _y , кН·м	-7194,32	-7111,87	-6784,37
		6991,11	6912,14	6564,09
4	Витрата сталі на конструкції каркасу (покриття і колони), т	1274,2	1145,7	1017,4

Аналізуючи показники, представлені в таблиці 3.2, можна методом виключення визначити найбільш оптимальний варіант. Хоча варіант 3 є найменш матеріаломістким, прогини в конструкції за цієї схеми перевищують граничні для прольоту в 108 м ($f_{\max} = 360$ мм). Порівнюючи варіанти 1 і 2, можна дійти висновку, що варіант 2 є більш раціональним: витрата матеріалу в ньому нижча на 10,08%, величини прогинів і зусиль також істотно нижчі. Приймаємо варіант 2: кожна комірка каркаса покриття складається з двох розкосів, а також верхнього і нижнього похилих елементів, що з'єднуються у вузлах конекторами.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

Під час монтажу покриття мають дотримуватися таких вимог:

- складання і монтаж повинні проводитися під керівництвом інженерно-технологічного персоналу;
- під час монтажу кран повинен підтримувати блоки до повного їх тимчасового закріплення;
- робочі місця газозварювальників повинні розташовуватися на відстані не менш як 10 м від газогенераторів і не менш як 5 м від балонів з киснем, горючими газами. У дощову погоду або під час снігопаду забороняється проводити зварювальні роботи на відкритому повітрі без навісу;
- всі монтажні механізми повинні і пристосування ретельно перевіряються, а стропи і троси випробовуються.

Усі робітники, які новоприбувають в організації (підприємства), можуть бути допущені до роботи тільки після проходження вступного інструктажу та первинного інструктажу на робочому місці з охорони праці незалежно від характеру і ступеня небезпеки виробництва. Усі види інструктажу та навчання з безпеки праці слід проводити і реєструвати.

Робітники, керівники, фахівці та службовці мають бути забезпечені спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту, що відповідають.

У разі виявлення порушень норм і правил охорони праці працівники повинні вжити заходів до їх усунення власними силами, а в разі неможливості цього - припинити роботи та інформувати посадову особу.

У разі виникнення загрози безпеці та здоров'ю працівників відповідальні особи зобов'язані припинити роботи і вжити заходів щодо усунення небезпеки, а за необхідності - забезпечити евакуацію людей у безпечне місце.

До початку робіт слід:

- визначити місця складування і зберігання матеріалів, обладнання, інструменту на будівельному майданчику;
- встановити підмости;
- забезпечити об'єкт питною і технічною водою;
- встановити знаки безпеки в місцях, що становлять небезпеку в процесі переміщення людей;
- обладнати місця відпочинку робітників;
- забезпечити всіх працюючих індивідуальними засобами захисту.

Перед початком роботи перевіряється:

- надійність встановлених риштувань і щитів;
- правильність розподілу навантаження на настилах;
- наявність і стан засобів індивідуального захисту;
- розташування стиків настилу і дощок між опорами.

Техніка безпеки під час роботи з електричними машинами.

Відповідно до діючих норм електричні ручні машини виготовляють таких класів:

– I клас - машини з робочою ізоляцією всіх деталей, що перебувають під напругою, і штепсельними вилками, що мають заземлювальний контур, окремі деталі мають подвійну або посилену ізоляцію;

– II клас - машини, що не мають пристроїв для заземлення, з подвійною або посиленою ізоляцією деталей, які перебувають під напругою;

– III клас - машини на номінальну напругу не понад 42 В, V яких ні внутрішні, ні зовнішні мережі не перебувають під іншою напругою. Ці машини живляться від автономного джерела струму або від загальної мережі через ізолюючий трансформатор чи перетворювач, напруга холостого ходу яких не повинна перевищувати 50 В, а вторинне електричне коло не повинно бути з'єднане із землею.

Номінальна напруга машин класів-I і II не повинна перевищувати 220 В - для машин постійного струму і 380 В - для машин змінного струму.

Застосовувати машини слід тільки відповідно до призначення, зазначеного в паспорті.

Застосування в будівництві ручних електричних машин Г класу заборонено.

Під час роботи з машинами, з електро- і пневмоінструментами необхідно:

- стежити за станом ізоляції кабелю, відсутністю різких перегинів шлангів, утворенням петель, потраплянням кабелю і шланга під колеса;
- підключення (відключення) допоміжного обладнання (понижувальних трансформаторів, перетворювачів частоти струму, захисно- відключних пристроїв), а також несправностей у них має здійснювати тільки черговий електрик-ремонтник;
- відходи матеріалів, що використовуються під час виконання робіт, необхідно збирати в контейнерах, а потім видаляти.

Забезпечення екологічної безпеки.

Схему руху транспорту будівельним майданчиком і під'їздів до нього слід розробити з урахуванням мінімального забруднення повітря і зведення до мінімуму шумового впливу, організувати суворий контроль за наднормативною роботою двигунів на холостому ході.

Допуск будівельної та автомобільної техніки до виконання робіт здійснювати після перевірки їх на викид шкідливих речовин під час роботи двигунів. Заправку будівельної техніки здійснювати спеціалізованим транспортом на обладнаних піддонами майданчиках, що виключають можливість потрапляння ПММ у ґрунт.

Розміщення працюючих машин і механізмів на будівельному майданчику здійснюється з урахуванням взаємного звукозагородження і природних перешкод.

Для попередження від запылення навколишніх будівельного майданчика територій слід систематично вивозити будівельне сміття та відходи. Складувати будівельне сміття слід тільки у спеціально призначених для цього сміттєвих контейнерах. Відходи після монтажу покриття утилізуються звичайним способом як всі подібні матеріали на будмайданчиках у спеціально відведених місцях.

Забороняється спалювання всіх згораючих відходів, щоб не забруднювати

повітряний простір.

Забезпечення пожежної безпеки.

Місця виконання робіт мають бути забезпечені засобами пожежогасіння - вогнегасниками, бочками з водою, ящиками з піском, ломами, сокирами, лопатами, баграми, відрами.

Кожен робітник повинен знати свої обов'язки під час виникнення пожежі та її гасіння, вміти користуватися засобами пожежогасіння, швидко сповіщати пожежну команду, користуючись засобами зв'язку.

Протипожежне обладнання повинно утримуватися в справному, працездатному стані. Проходи до протипожежного обладнання повинні бути завжди вільні та позначені відповідними знаками. Усі електротехнічні установки після закінчення робіт необхідно вимикати, а кабелі та дроти знеструмлювати. Сушіння одягу і взуття повинно проводитися в спеціально пристосованих для цих цілей приміщеннях, будинках або спорудах з центральним водяним опаленням або із застосуванням водяних калориферів. Влаштування сушарок у тамбурах та інших приміщеннях, що розташовуються біля виходів з будинків, не допускається.

Не дозволяється накопичувати на будівельних майданчиках горючі речовини (жирні масляні ганчірки, тирсу або стружки та відходи пластмас), їх слід зберігати в закритих металевих контейнерах у безпечному місці. До початку основних будівельних робіт на будівництві має бути забезпечено протипожежне водопостачання від пожежних гідрантів на водопровідній мережі або з резервуарів (водойм). Колодязь з пожежним гідрантом повинен бути в справному стані та освітлений у нічний час.

Під'їзд до нього має бути вільний завжди. На будівельному майданчику організувати місце для куріння, яке необхідно забезпечити урною, ящиком із піском. Для куріння мають бути відведені спеціальні місця, обладнані урнами, бочками з водою, ящиками з піском. Для запобігання пожежам необхідно суворо дотримуватися вимог протипожежної безпеки та регулярно проводити інструктаж працюючих.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Розрахунок забезпечення безпечної евакуації людей

Розрахунковий час евакуації людей з приміщень та будівель встановлюють з розрахунку часу руху одного чи кількох людських потоків через евакуаційні виходи від найвіддаленіших місць розміщення людей.

При розрахунку весь шлях руху людського потоку поділяється на ділянки.

При визначенні розрахункового часу довжина та ширина кожної ділянки шляху евакуації приймається за проектом.

Розрахунковий час евакуації людей визначається як сума часу руху людського потоку по окремих ділянках шляху: $t_p = t_1 + t_2 + \dots + t_i$

Вихідні дані:

Площа залу = 316,18 м²

Об'єм залу = 1458 м³

Розрахунок часу руху людського потоку по I ділянці.

Щільність людського потоку першому ділянці:

$$D_1 = N_1 f / l_1 s = 12,1 \cdot 0,125 / 9,5 \cdot 1,5 = 0,09 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

де N_1 – кількість людей на першій ділянці, які перебувають у торговому залі, слід визначати виходячи з площі торгової зали на одну особу – 2,5 м²);

f – середня площа горизонтальної проекції людини;

l, s – ширина та довжина розрахункової ділянки,

$t_1 = l_1 / v_1 = 9,5 / 80 = 0,12$ хв, де v_1 – швидкість руху людського потоку горизонтальним шляхом першої ділянки.

Розрахунок часу руху людського потоку по II ділянці.

При злитті на початку ділянки двох і більше людських потоків інтенсивність руху людей дорівнює:

$$q_2 = \sum q_{i-1} s_{i-1} / s_i = (7+7) \cdot 1,5 / 2,5 = 8,4 \text{ м/хв}$$

$$v = 80 \text{ м/хв}$$

$$t_2 = l_2 / v_2 = 2,4 / 80 = 0,03 \text{ хв}$$

Розрахунок часу руху людського потоку на III ділянці.

$$q_3 = \sum q_{i-1} s_{i-1} / s_i = (8,4+7) \cdot 1,5/2,5 = 9,24 \text{ м/хв}$$

$$v = 75 \text{ м/хв}$$

$$t_3 = l_3/v_3 = 2,4/75 = 0,032 \text{ хв}$$

Розрахунок часу руху людського потоку по IV ділянці.

$$q_4 = \sum q_{i-1} s_{i-1} / s_i = (9,24+7) \cdot 1,5/2,5 = 9,74 \text{ м/хв}$$

$$v = 72 \text{ м/хв}$$

$$t_4 = l_4/v_4 = 2,4/72 = 0,033 \text{ хв}$$

Розрахунок часу руху людського потоку за V ділянкою.

$$q_5 = \sum q_{i-1} s_{i-1} / s_i = (9,74+7) \cdot 1,5/2,5 = 10,044 \text{ м/хв}$$

$$v = 70 \text{ м/хв}$$

$$t_5 = l_5/v_5 = 2,4/70 = 0,034 \text{ хв}$$

Розрахунок часу руху людського потоку по VI ділянці.

$$q_6 = \sum q_{i-1} s_{i-1} / s_i = (10,044+7) \cdot 1,5/2,5 = 10,22 \text{ м/хв}$$

$$v = 68 \text{ м/хв}$$

$$t_6 = l_6/v_6 = 2,4/68 = 0,035 \text{ хв}$$

Розрахунок часу руху людського потоку VII ділянці.

$$q_7 = \sum q_{i-1} s_{i-1} / s_i = (10,22+7+5) \cdot 1,5/2,5 = 13,32 \text{ м/хв}$$

$$v = 56 \text{ м/хв}$$

$$t_7 = l_7/v_7 = 16/56 = 0,29 \text{ хв}$$

Розрахунок часу руху людського потоку по VIII ділянці.

$$q_8 = q_{i-1} s_{i-1} / s_i = 13,32 \cdot 2,5 / 1,5 = 22,2 \text{ м/хв}$$

$$v = 15 \text{ м/хв}$$

$$t_8 = l_8/v_8 = 12,7/15 = 0,84 \text{ хв}$$

Загальний розрахунковий час:

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 = 0,12 + 0,03 + 0,032 + 0,033 + 0,034 + 0,035 + 0,29 + 0,84 = 1,416 \text{ хв}$$

Потрібен час евакуації для торгових залів універсальних магазинів при об'ємі приміщення до $5000 \text{ м}^3 = 1,5 \text{ хв}$.

$$1,416 \text{ хв} < 1,5 \text{ хв}.$$

Розрахунковий час евакуації торгового залу відповідає вимогам.

4.3 Висновки за розділом 4

Проектом передбачені інженерні рішення з техніки безпеки будівельно-монтажних та супутніх допоміжних робіт. Виконання цих заходів дозволить усунути вплив на організм шкідливих та небезпечних факторів та виключить по можливості травматизм та виникнення професійних захворювань робітників на будівельному майданчику.

Як заходи протипожежного захисту будівлі у проекті передбачені такі заходи: організовані евакуаційні шляхи, що дозволяють людям безпечно та в короткий термін залишити приміщення та будівлю загалом у разі виникнення пожежі; забезпечення проїздів та під'їздів пожежних автомобілів до будівель та гідрантів.

Передбачено також низку заходів, спрямованих на забезпечення гасіння пожеж або сприяння гасіння. Будівля обладнана системою протипожежного захисту із встановленням датчиків у кожній квартирі. Будівля обладнується системами димовидалення та підпору повітря, що запобігають перетіканню диму поверхами, передбачена шахта димовидалення. Передбачено транспортування пожежних підрозділів за допомогою спеціалізованих ліфтів для пожежників

Усі заходи протипожежного захисту задовольняють вимогам чинних нормативних документів та дозволять звести до мінімуму ймовірність виникнення надзвичайних ситуацій та їх можливі наслідки.

ВИСНОВКИ

У представленій кваліфікаційній роботі було розроблено проєкт на зведення будівлі заводу з переробки відходів з прольотом несучих конструкцій 108 м у м. Черкаси.

У межах архітектурного розділу було виконано основні архітектурно-будівельні креслення, вирішено питання організації, планування та оздоблення приміщень.

У конструктивному розділі було здійснено розрахунок основних несучих конструкцій будівлі в ПК SCAD з подальшою перевіркою розрахунків для окремих елементів і вузлів, зроблено розрахунок двох варіантів пального фундаменту: із забивних і буронабивних паль, і виконано їх техніко-економічне порівняння.

У результаті комп'ютерного моделювання в науково-дослідному розділі було визначено оптимальну решітку конструкції великопролітного покриття;

Кваліфікаційну роботу виконано з використанням чинних нормативних документів, довідкової та навчальної літератури.

Графічна частина відображає основні рішення, прийняті в роботі.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Ковальчук Я. О. Методичний посібник для виконання кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія” / Я. О. Ковальчук, Г. М. Крамар, О. М. Мещерякова. - Тернопіль : ТНТУ, 2020. – 56 с.
2. ДБН В.2.2-9-2019 Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення.
3. ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи К.: Мінбуд України, 2006.
4. ДБН В.1.17-2016 Пожежна безпека об’єктів будівництва. – К.: Держбуд України, 2016.
5. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд. К.: Мінрегіонбуд України, 2009.
6. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель, 2021.
7. ДБН В.2.6-98:2009 Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011.
8. ДСТУ Б В.2.1-2-96. Ґрунти. Класифікація. – К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1995.
9. ДБН А.2.1–1-2008 Інженерні вишукування для будівництва. Основні положення. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2008.
10. ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об’єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування.
11. Malezhyk, M.P., Pidhurs’kyi, M.I., Rudyak, Y.A., Pidhurs’kyi, I.M. & Voitovych, L.V. (2019) Investigation of the Fracture of an Orthotropic Plate with Circular Hole and Two Edge Cracks Under Pulsed Loading by the Method of Dynamic Photoelasticity. *Materials Science*, 55(2). P. 254-258. (SCOPUS)
12. Ігнат’єва В.Б. Аналіз способів поліпшення теплотехнічних характеристик при будівництві будівель / В.Б. Ігнат’єва, Е.О. Текін // ЛОГОΣ.

Мистецтво наукової думки, 2019. - Vol. 3. – С. 97-100. Режим доступу: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/2617-7064/article/view/306/293> 44. Ignatyeva, V. B. (2018).

13. Макара, Т.Я. Оцінка вогнестійкості елементів металевого каркасу торгівельно-офісного центру / Т.Я. Макара, Т.О. Криницький, А.П. Сорочак // Актуальні задачі сучасних технологій: збірник тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 25-26 листопада 2020). – Т. 1. – Т. : ТНТУ, 2020. – С. 93.

14. Ковальчук Я. Теплоізоляційні будівельні матеріали з місцевих технологічних відходів / Я. Ковальчук, Г. Крамар, Л. Бодрова, І. Коваль, С. Мариненко // Наукові нотатки. - 2019. - Вип. 66. - С. 165-171.

15. Розрахунки і проектування спеціальних будівель і споруд: Навчальний посібник/ Фомиця Л.М., Артеменко А.К., Мамін О.М., Височин І.А. // Під редак. Л.М.Фомиці.- К: Урожай.- 1994.

16. Yaroslav Shved, Yaroslav Kovalchuk, Liudmyla Bodrova, Halyna Kramar, Natalya Shynhera, Material consumption optimization of a welded rafter truss made of angle profiles, *Procedia Structural Integrity*, Volume 36, 2022, Pages 10-16, ISSN 2452-3216, <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2021.12.076>.

17. Зоценко М.Л., Коваленко В.І., Хілобок В.Г. Яковлев А.В. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти. -К.:Вища шк.,1992.- 408 с.

18. Shved, Yaroslav, Yaroslav Kovalchuk, and Natalya Shynhera. "Welded truss deformation under thermal influence." *Вісник Тернопільського національного технічного університету* 105.1 (2022): 13-18.

19. ДСТУ-П ОHSAS 18002: 2006 Системи управління безпекою та гігієною праці. Основні принципи виконання вимог (OHSAS 18002:2000, IDT).

20. ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення"

21. ДСТУ 2293:2014 Охорона праці. Терміни та визначення основних ПОНЯТЬ

22. ДСТУ Б А.3.2-15:2011 Норми освітлення будівельних майданчиків
23. ДСТУ Б В.2.8-43:2011 Огородження інвентарні будівельних майданчиків та ділянок виконання будівельно-монтажних робіт. Технічні умови
24. НПАОП 0.00-6.23–92 Про порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці
25. НПАОП 0.00-4.12–05 Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці.
26. Методичні вказівки для написання розділу дипломного проекту з дисципліни «Охорона праці в галузі» / В. Б. Каспрук. - Тернопіль: ТНТУ, 2017. - 14 с
27. «Основи наукових досліджень і теорія експерименту : Навчальний посібник / укл. Ю. Б. Капаціла, П. О. Марущак, В. Б. Савків, О. П. Шовкун. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023. 186 с.».
28. Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека». Навчальний посібник / В.С. Стручок, – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2022. – 150 с.
29. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.