

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

Магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект центру авіапідготовки в Бродах
з дослідженням жорсткості пілону

Виконав: студент 6 курсу, групи МБм-61
спеціальності _____

192 Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

Студент

_____ Габрик І.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник

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

Нормоконтроль

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

Завідувач кафедри

_____ Ясній В. П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент

_____ Кошалко С.А.
(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)

« »

2024 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 Габрику Івану Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект центру авіапідготовки в Бродах з дослідженням жорсткості пілону

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

Затверджені наказом ректора від « 12 » 11 2024_ року № 4/7-1091

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи Місце розташування об'єкту.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
Архітектурно будівельний розділ, розрахунково-конструктивний розділ, науково дослідний розділ, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Плани поверхів. Фасади, розрізи. Конструктивні рішення, вузли, деталі та специфікації до них.

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. викл.		
Нормоконтроль	Мешерякова О.М. ст.викл.		

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Габрик І. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Баран Д. Я.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ	7
1.1 Опис та обґрунтування зовнішнього та внутрішнього вигляду об'єкта капітального будівництва, його просторової, планувальної та функціональної організації.....	7
1.2 Опис прийнятих об'ємно-просторових та архітектурно-художніх рішень, у тому числі в частині дотримання граничних параметрів будівництва.....	9
1.3 Опис та обґрунтування використаних прийомів під час оформлення фасадів та інтер'єрів об'єкта капітального будівництва.....	9
1.4 Опис рішень з оздоблення приміщень основного, допоміжного, обслуговуючого та технічного призначення.....	10
1.5 Опис архітектурних рішень, що забезпечують ПРИРОДНЕ та ШТУЧНЕ освітлення приміщень з ПОСТІЙНИМ ПЕРЕБУВАННЯМ людей	12
1.6 Опис архітектурно-будівельних заходів, що забезпечують захист приміщень впливу від шуму, вібрації	12
1.7 Опис рішень щодо світлозагородження об'єкта, що забезпечують безпеку польоту повітряних суден	13
1.8 Опис рішень з декоративно-художнього та КОЛЬОРОВОГО оздоблення ІНТЕР'єрів - для ОБ'ЄКТІВ невиробничого призначення.....	13
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ	14
2.1 Конструктивне рішення.....	14
2.2 Кліматичні умови	15
2.3 Збір навантажень	15
2.3.1 Постійні навантаження	16
2.3.2 Тривалі навантаження	17
2.3.3 Короткочасні навантаження.....	18
2.4 Моделювання та розрахунок будівлі в програмному комплексі SCAD Office 21.1	24
2.4.1 Коротка характеристика методики розрахунку	24
2.4.2 Опис моделі	25

2.4.3 Результати розрахунку	26
2.5 Розрахунок колони К1	33
2.5.1 Розрахунок ребра жорсткості колони К1.....	36
2.5.2 Розрахунок бази колони К1.....	37
2.6 Розрахунок колони пілона К4	40
2.7 Розрахунок вант.....	42
2.7 Проектування фундаментів.....	44
2.9.1 Вихідні дані для проектування	44
2.9.2 Проектування пальового фундаменту під колону пілона.....	47
РОЗДІЛ 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ.....	53
3.1 Варіант 1.....	53
3.2 Варіант 2.....	54
3.3 Порівняння варіантів. Остаточний вибір варіанту конструкції	55
3.3.1 Визначення витрат бетону, арматури та металу на несучі конструкції.....	56
3.3.2 Техніко-економічне порівняння	56
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	58
4.1 Охорона праці.....	58
4.1.1 Організація безпечних умов праці на будівельному майданчику	58
4.1.2 Перелік заходів і проектних рішень щодо визначення технічних засобів і методів роботи, які забезпечують виконання нормативних вимог охорони праці.....	60
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	63
4.2.1 Законодавча база України	63
4.2.2 Оцінка масштабу, розмірів втрат та інших наслідків можливої НС на будівельному об'єкті.....	63
ВИСНОВКИ.....	68
БІБЛІОГРАФІЯ	69

ВСТУП

Авіаційний навчальний центр - це освітній заклад додаткової освіти, що здійснює професійну підготовку, перепідготовку та підвищення кваліфікації авіаційного персоналу відповідно до законодавства та спеціальних авіаційних правил.

Проектування центрів авіаційної підготовки є важливим завданням сучасної інженерної науки та будівництва. Особливе значення в таких спорудах мають конструктивні елементи, що забезпечують їхню надійність, довговічність і безпеку. Одним із таких елементів є пілон, який виконує важливу функцію підтримки значних навантажень і забезпечення стійкості всієї конструкції.

Місто Броди має стратегічно вигідне розташування, яке сприяє розвитку авіаційної інфраструктури. Будівництво центру авіапідготовки в цьому регіоні не тільки сприятиме економічному зростанню, а й забезпечить підготовку кваліфікованих кадрів для авіаційної галузі. Зважаючи на сучасні виклики та зростаючі вимоги до технічних характеристик авіаційних споруд, дослідження жорсткості пілону стає актуальним завданням, адже це дозволить підвищити надійність і безпечність експлуатації об'єкта.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає в необхідності створення сучасних, ефективних і надійних центрів авіапідготовки, які відповідатимуть високим стандартам безпеки та функціональності. Дослідження жорсткості пілону є важливим з точки зору оптимізації його конструктивних характеристик, що дозволить зменшити матеріалоемність, підвищити стійкість та забезпечити довговічність будівлі. Врахування локальних кліматичних умов, особливостей навантаження та новітніх підходів у проектуванні дозволить розробити оптимальні рішення для подальшого впровадження в реальні проекти.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана згідно з тематикою науково-дослідних робіт кафедри будівельної механіки ТНТУ ім. І. Пулюя та державними програмами надійності і економічності будівельних виробів, матеріалів і конструкцій.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка проєкту центру авіапідготовки в Бродах з дослідженням жорсткості пілону.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні **завдання**:

- розробити основні архітектурно-будівельні та конструктивні рішення проєкту центру авіапідготовки;
- розрахувати основні параметри несучих конструкцій проєкту центру авіапідготовки відповідно до діючих навантажень;
- визначити жорсткість, трудомісткість та металоємність пілону громадської будівлі;
- розробити основні рекомендації з охорони праці та цивільного захисту населення.

Об'єктом дослідження є конструктивні рішення несучого пілона громадської будівлі.

Предметом дослідження є деформативність та зниження металоємності несучого пілона громадської будівлі.

Методи дослідження. У роботі використано моделювання несучих конструкцій будівлі методом скінчених елементів.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому що отримала подальший розвиток методика моделювання деформативності несучого пілона громадської будівлі.

Практичне значення отриманих результатів – це можливість проектування надійних та оптимальних конструкцій для громадських будівель.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи виконана на XIII Міжнародні науково-технічні конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 11-12 грудня 2024 року).

Публікації результатів кваліфікаційної роботи виконана на вищезгаданій конференції із публікацією тез доповіді.

Ключові слова: пілон, залізобетон, ванти, скінчено-елементна модель, громадська будівля.

РОЗДІЛ 1

АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ

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

Проектований авіаційний навчальний центр складається з двох прямокутних у плані навчальних корпусів, розташованих дзеркально і з'єднаних між собою центральною будівлею. На рівні першого поверху облаштовано переходи до кожного навчального корпусу.

Ці корпуси мають один поверх, розміри в осях - 108х24 м.

Висота споруди змінна, зважаючи на складну вигнуту конструкцію покриття, яка має консольний виліт довжиною 36 м. Найвища відмітка покриття - +17,330 м. Консольні вильоти підтримуються над проїжджою частиною пілонами за допомогою вантових канатів. Висота пілона становить 35 м.

Центральна будівля має в плані форму трапеції. Розміри в осях: по малій основі - 29,03 м, по великій основі - 50,91 м, по бічній стороні - 40,57 м.

Висота надземного поверху становить 3,3 м, кількість поверхів - 2. Також є один підземний поверх висотою 2,8 м.

Планувальні рішення приміщень розроблено з урахуванням [2,5,10,11].

У центральній будівлі на надземних поверхах розташовуються навчальні кабінети, хол, кабінети дирекції, санвузли, буфет; у підземній частині розташовані службові та підсобні приміщення, а також лабораторії. У навчальних корпусах розташовуються лекційні аудиторії, санвузли, тренажерна зала, медичний пункт, викладацькі кабінети, актова та виставкова зали, симуляційні кімнати, бібліотека та читальна зала, навчальна лабораторія.

Фасад навчального корпусу має вітражне скління по всьому периметру, у місці перетину з центральною будівлею скляні панелі замінюються суцільними.

Прилеглу територію навколо всієї будівлі облаштовують, на ній розташовують пішохідні доріжки, лавки, чагарники, невеликий фонтан.

Водостік внутрішній організований на покрівлі центральної будівлі, водостік зовнішній організований на покрівлі навчальних корпусів і консольних вильотах.

Із заднього боку центральної будівлі передбачено додаткові евакуаційні виходи: вихід із підвалу через приямок, а також зовнішні сходи з другого поверху. Таким чином, кількість евакуаційних виходів відповідає [2,3,10].

Рівень відповідальності споруди - підвищений.

Ступінь вогнестійкості центральної будівлі вище позначки 0,000 - І, ступінь вогнестійкості корпусів - ІІІа.

Архітектурні рішення, прийняті в робочих кресленнях, відповідають вимогам протипожежних, санітарно-гігієнічних та інших норм, а також забезпечують безпечну експлуатацію об'єкта.

Техніко-економічні показники об'єкта представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Техніко-економічні показники

Поз.	Найменування	Од. вим.	Кількість
1	Площа забудови	м ²	7058,33
	зокрема: крилець, спусків, прямків	м ²	31,15
2	Загальна площа будівлі	м ²	9703,19
3	Корисна площа будівлі	м ²	9645,29
4	Розрахункова площа будівлі	м ²	9258,09
5	Будівельний об'єм	м ³	78068,85
	Будівельний об'єм, вище від відм. 0,000	м ³	73475,6
	Будівельний об'єм, нижче відм. 0,000	м ³	4593,25
6	Поверховість будівлі вище відм. 0,000	шт	2
	Поверховість будівлі нижче відм. 0,000	шт	1

1.2 Опис прийнятих об'ємно-просторових та архітектурно-художніх рішень, у тому числі в частині дотримання граничних параметрів будівництва

Об'ємно-просторові та архітектурно-планувальні рішення обумовлені передовими вимогами технології та виробництва, пожежної безпеки, а також чинних будівельних норм і правил. Об'ємно-просторова структура споруди органічно вписується у відведений ландшафт і відповідає сучасним віянням. Запропоноване планувальне та об'ємно-просторове рішення забезпечує повне виконання функцій навчального центру.

Архітектурно-художнє рішення обґрунтоване засобами архітектурної композиції (симетрія). Симетричне розташування корпусів нагадує два крила, що підкреслює функціональне призначення споруди як авіаційного навчального центру. Встановлений під нахилом і спрямований угору пілон символізує тягу до небес. Крім того, архітектурне сприйняття забезпечується за допомогою гармонійного використання матеріалу оздоблення стін, заповнення віконних прорізів і скляних вітражів.

Прийняті об'ємно-планувальні рішення забезпечують виконання протипожежних вимог, що пред'являються до шляхів евакуації, кількості евакуаційних виходів і нормативної відстані до евакуаційних виходів.

Розміри будівлі не порушують вимог до дотримання граничних параметрів дозволеного будівництва об'єкта капітального будівництва.

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

Під час оформлення фасадів використовувалися композиційні прийоми, що враховують специфіку внутрішнього об'єму будівлі, як середовища життєдіяльності людини. За формою, кольором та іншими характеристиками фасад виділяється з фонові забудови, що склалася, водночас становлячи з нею

гармонійне ціле.

Зовнішні стіни центральної будівлі виконані з монолітного залізобетону завтовшки 250 мм з облицюванням вентильованою навісною системою на металевому решетуванні з оснащенням під утеплювач "Rockwool" завтовшки 130 мм.

Зовнішні стіни корпусів облицьовані вітражною системою 0. Основу цієї системи складають алюмінієві профілі стійок і ригелів з видимою шириною 60 мм. На базі цієї системи можливе виконання вертикальних фасадів як плоских, так і вигнутих під різними кутами.

Вікна - ПВХ індивідуального виготовлення зі склопакетом білого кольору. Вхід у центральну будівлю виконано з вітражної системи із влаштуванням зовнішніх дверей у вітражному отворі.

Проектований склад неексплуатованої покрівлі корпусів: профільований лист; утеплювач Rockwool товщиною 180 мм; полімерна мембрана товщиною 5 мм. Проектований склад неексплуатованої покрівлі центральної будівлі: монолітна плита покриття завтовшки 200 мм; утеплювач Rockwool Сендвіч завтовшки 180 мм; розухил з керамзиту завтовшки 20-85 мм; армована стяжка завтовшки 50 мм; покрівельний килим Техноеласт завтовшки 8,2 мм .

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

Рішення з оздоблення приміщень основного, допоміжного, обслуговуючого та технічного призначення включають у себе влаштування підлог, оброблення та покриття стін і стель і підібрані з урахуванням:

- їхніх експлуатаційних характеристик;
- надійності та довговічності;
- економного витрачання будівельних матеріалів;
- максимальної механізації процесу влаштування;
- пожежної безпеки.

Матеріали та вироби, що використовуються під час будівництва, відповідають вимогам ДСТУ і мають гігієнічний висновок, виданий органами державної санітарно-епідеміологічної служби, а також сертифікати відповідності пожежної безпеки.

Стіни приміщень виконані гладкими і мають оздоблення, що допускає вологе прибирання та дезінфекцію. На шляхах евакуації у вестибюлях і сходових клітинах клас пожежної небезпеки оздоблювальних матеріалів не більше ніж: для стін і стель - КМ0, для покриттів підлог - КМ1; для загальних коридорів клас пожежної небезпеки оздоблювальних матеріалів не більше ніж: для стін і стель - КМ1, для покриттів підлог - КМ2.

Прийняті оздоблювальні матеріали на шляхах евакуації:

Вестибюлі, коридори:

- стеля - Armstrong Scala Board;
- стіни - фарбування Tikkurila Euro Pesto 10;
- підлоги - керамічна плитка (КМ0) з протиковзкою поверхнею.

Сходові клітки:

- стеля - ґрунтовка "Tikkurila Euro Primer", вогнезахисне покриття
- "UnitFire LUX", забарвлення Tikkurila Euro Pesto 10;
- стіни - фарбування Tikkurila Euro Pesto 10;
- підлоги - керамічна плитка (КМ 0) з протиковзкою поверхнею.

Оздоблення кабінетів, лекційних аудиторій, залів:

- стеля - Armstrong Scala Board ;
- стіни - декоративна штукатурка;
- підлога - керамічна плитка з протиковзкою поверхнею. Оздоблення

приміщень службового призначення:

- стеля - Armstrong Scala Board ;
- стіни - фарбування акриловою фарбою Tikkurila Euro Pesto 10;
- підлога - керамічна плитка з протиковзкою поверхнею. Санвузли:
- стеля - підвісна стеля сталева рейкова;

- стіни - фарбування акриловою фарбою Tikkurila Euro Pesto 10;
- низ стін (1,2 м) - керамічна плитка Kerama Marazzi;
- підлога - керамічна плитка з протиковзкою поверхнею.

1.5 Опис архітектурних рішень, що забезпечують природне та штучне освітлення приміщень з постійним перебуванням людей

Прийняті архітектурні рішення, що передбачають влаштування віконних прорізів у зовнішніх стінах і світлопрозорих вітражів, забезпечують природне освітлення всіх навчальних приміщень відповідно до чинних будівельних і санітарних норм. Таким чином, у стінах приміщень влаштовуються фрамуги для додаткового природного освітлення коридорів. Крім того, сходові клітки слугують світловою кишенею. Число, розміри та розміщення прорізів забезпечують рівномірність природного освітлення та нормований час інсоляції.

1.6 Опис архітектурно-будівельних заходів, що забезпечують захист приміщень впливу від шуму, вібрації

Необхідний нормативний індекс ізоляції повітряного шуму стін і перегородок між класами, кабінетами й аудиторіями та які відокремлюють ці приміщення від приміщень загального користування 48 дБ.

У проєкті запроєктовано перегородки за наступною системою: цегляна перегородка завтовшки 120 мм, обшита двома шарами гіпсових плит ГСП по обидва боки, із заповненням звукоізоляційним матеріалом завтовшки 100 мм. Під час проєктування споруди застосовано об'ємно-планувальні рішення, що забезпечують захист основних приміщень навчального центру від шуму, вібрації інженерного та навчального обладнання.

Приміщення вентиляційних камер не розташовані над, під і суміжно з приміщеннями з постійним перебуванням людей. Для усунення шуму, що виникає під час роботи вентиляційних установок, використовуються шумоглушники та

гнучкі вставки (що містять звукопоглинальні матеріали). Рівень звукового тиску від вентиляційних установок не перевищує нормативних значень.

1.7 Опис рішень щодо світлозагородження об'єкта, що забезпечують безпеку польоту повітряних суден

Розміщення маркувальних знаків і пристроїв на будівлях, спорудах, лініях зв'язку, лініях електропередачі, радіотехнічному обладнанні та інших об'єктах, що встановлюються з метою забезпечення безпеки польотів повітряних суден, у разі висоти будівлі нижче за 45 м установлення світлових вогнів не потрібне.

1.8 Опис рішень з декоративно-художнього та кольорового оздоблення інтер'єрів - для об'єктів невиробничого призначення

Для раціонального використання штучного світла і рівномірного освітлення навчальних приміщень мають бути застосовані оздоблювальні матеріали та фарби, що створюють матову поверхню з коефіцієнтом відбиття:

- для стелі - 0,7-0,9;
- для стін - 0,5-0,7;
- для підлоги - 0,4-0,5;
- меблів - 0,45.

Декоративно-художнє і колірне оздоблення навчальних приміщень, холів, коридорів, сходових майданчиків передбачається в спокійній світлій колірній гамі. Рекомендується застосування кольорів: для стель, дверей, віконних рам - білий; для меблів (шафи, столи, стільці) - бежевий або світло-коричневий.

Для стін приміщень, орієнтованих на південний бік горизонту, застосовують матеріали і фарби неяскарих холодних тонів, з коефіцієнтом відбиття 0,7-0,8 (світло-сірий, блідо-блакитний, блідо-зелений), на північний бік - теплі тони (бежевий, блідо-жовтий, блідо-рожевий) з коефіцієнтом відбиття 0,6-0,7.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ

2.1 Конструктивне рішення

Проектований об'єкт являє собою споруду складної форми. Центральна будівля виконана в монолітному залізобетонному каркасі, крайні корпуси виконані з металевого каркаса з консольними вильотами конструкцій покриття довжиною 36 м. Консольні вильоти підтримуються вантовою системою за допомогою 35-метрового пілона зі сталевих круглих труб.

Структурне покриття центру авіапідготовки має вигнуту форму і складається з металевих ферм прольотом 24 м. Розміри в осях кожного корпусу-108×24 m , найвища висотна позначка-+17,330 м.

Центральна будівля має 2 надземні поверхи заввишки 3,3 м і 1 підземний поверх заввишки 2,8 м. Каркас монолітний залізобетонний із плоскими перекриттями з монолітного залізобетону.

Конструктивна схема будівлі - споруда з несучим каркасом. Каркасна система забезпечує трансформативність внутрішнього простору будівлі, маневреність у влаштуванні прорізів, дає змогу скоротити площу, зайняту конструкціями, що збільшує робочу площу.

Основною вимогою, що пред'являється до несучого остову будівлі, є забезпечення просторової жорсткості та стійкості. Загальна стійкість і жорсткість каркаса забезпечується спільною роботою колон, горизонтальних дисків перекриттів, діафрагм жорсткості, вертикальних і горизонтальних зв'язків.

Прийняті вертикальні несучі елементи:

- колони 40K2, 30K2, 20K1 згідно з [8] - біля корпусів;
- монолітні стіни із залізобетону завтовшки 200 мм, залізобетонні колони перерізом 400 х 400 мм, бетон В20 - біля центральної будівлі.

Горизонтальні несучі елементи:

- ферма зі сталевих круглих труб згідно з [8] - біля корпусів;

– перекриття монолітне залізобетонне товщиною 200 мм із бетону В20 - у центральній будівлі.

2.2 Кліматичні умови

Район будівництва споруди характеризується такими даними:

- кліматичний район - III;
- розрахункова температура зовнішнього повітря ; -27°C
- вітровий район - III;
- сніговий район - III;
- сезонна глибина промерзання ґрунтів $-2,5$ м;
- розрахункова сейсмічність майданчика будівництва - 6 балів;
- рівень відповідальності - підвищений, згідно з [7];
- коефіцієнт надійності за призначенням будівлі - 1,1.

2.3 Збір навантажень

Як навантаження на будівлю та її елементи використано навантаження, регламентовані в [8].

Відповідно до вимог для розрахунку придатності до нормальної експлуатації застосовано нормативні навантаження, для розрахунку несучої здатності - розрахункові навантаження.

Усі навантаження підрозділяються за тривалістю впливу на постійні, тимчасові тривалі дії, короточасні, і враховуються в розрахунках у вигляді основного поєднання (особливого поєднання немає через відсутність особливих навантажень).

В основному поєднанні:

- постійні навантаження прийняті з коефіцієнтом; $\psi = 1$
- усі тривалі навантаження прийнято з коефіцієнтом $\psi_{11} = 1$ у запас міцності;

– короткочасні навантаження прийняті з коефіцієнтом $\psi_{t1} = 1$ для основного за ступенем впливу короткочасного навантаження, $\psi_{t2} = 0,9$ для другого за ступенем впливу короткочасного навантаження, $\psi_{t3} = 0,7$ для решти короткочасних навантажень.

Коефіцієнти надійності за навантаженням для ваги будівельних конструкцій:

- $\gamma_f = 1,05$ - металеві конструкції;
- $\gamma_f = 1,1$ - залізобетонні конструкції ($\rho > 1600 \text{ кг/м}^3$); $-\gamma_f = 1,2$ - ізоляційні, вирівнювальні та оздоблювальні шари, що виконуються в заводських умовах;
- $\gamma_f = 1,3$ - ізоляційні, вирівнювальні та оздоблювальні шари, що виконуються на будівельному майданчику.

Коефіцієнти надійності за навантаженням для рівномірно розподілених навантажень: $\gamma_f = 1,3$ - при повному нормативному значенні менше 2,0 кПа – $\gamma_f = 1,2$ - при повному нормативному значенні 2,0 кПа і більше.

2.3.1 Постійні навантаження

Власна вага металевих конструкцій - враховується автоматично в програмному комплексі SCAD; коефіцієнт надійності за навантаженням - 1,05;

Власна вага залізобетонних конструкцій - враховується автоматично в програмному комплексі SCAD; коефіцієнт надійності за навантаженням .–1,1

Значення інших постійних навантажень наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Постійні навантаження

Вид навантаження	Поверх	Нормативне навантаження, т/м	γ_f	Розрахункове навантаження, т/м
Вага перегородок, 120 мм	1,2 поверх	$1800 \cdot 0,12 \cdot 3,065$ $= 0,66 \text{ т/м}$	1,1	0,73
Вага вітражів	1 поверх	$100 \cdot 3,065 = 306,5 \text{ кг/м}$ $= 0,307 \text{ т/м}$	1,1	0,34

2.3.2 Тривалі навантаження

Тривалі навантаження подано в таблиці 2.2, значення навантаження від тиску ґрунту на стіни підвалу подано в таблиці 2.3.

Таблиця 2.2 - Рівномірно розподілені навантаження від ваги підлог і покрівлі

Вид навантаження	Поверх	Нормативне навантаження, т/м ²	γ_f	Розрахункове навантаження, т/м ²
Вага підлог у кабінетах коридорах	1,2 поверх	0,15	1,1	0,165
	Центр. будівля	0,4	1,1	0,44
Вага від покрівлі	Крайні корпуси	На крайні прольоти: $6 \cdot 3 \cdot 0,0154/2/3 = 0,046$ т/м На центральні прольоти: $6 \cdot 3 \cdot 0,0154/3 = 0,092$ т/т		0,051 0,101

Розраховуємо навантаження від тиску ґрунту. Ґрунт - супісок пластичний зі значенням питомої ваги $\gamma=1700$ кг /м³ . Тиск на ґрунт від зовнішнього впливу прийнято $P_{2p}=500$ кг/м

Значення тиску від ґрунту на стіну в основі підвалу

$$P = P_{zp} \cdot \operatorname{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) = 500 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(\frac{180}{4} - \frac{30}{2} \right) = 0,167 \text{ т/м}^2. \quad (2.1)$$

Значення тиску від ґрунту на стіну в нижній частині підвалу

$$P = (\gamma \cdot h + P_{2p}) \cdot \operatorname{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) = (1700 \cdot 2,8 + 500) \cdot \operatorname{tg}^2 \left(\frac{180}{4} - \frac{30}{2} \right) = \frac{1,75 \text{ т}}{\text{м}^2} \quad (2.2)$$

Таблиця 2.3 - Розрахунок тиску ґрунту за висотою

h, м	p, т/м ²	p, кН/м ²
0	0,167	1,64
1	0,73	7,16
2	1,3	12,75
2,8	1,75	17,17

2.3.3 Короткочасні навантаження

Значення тимчасових навантажень подано в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Тимчасові навантаження

Приміщення	Нормативне навантаження, т/м ²	γ_f	Розрахункове навантаження, т/м ²
Службові	0,2	1,2	0,24
Кабінети	0,2	1,2	0,24
Коридори, сходові клітки	0,3	1,2	0,36
Покриття на інших ділянках	0,07	1,3	0,091

Снігове навантаження

Нормативне значення снігового навантаження на горизонтальну проекцію покриття визначається за формулою:

$$S_0 = c_e \cdot c_t \cdot \mu \cdot S_g = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 1,5 \text{ кПа (кН/м}^2\text{)} \quad (2.3)$$

c_e - коефіцієнт, що враховує знесення снігу з покриття будівлі під дією вітру;

c_t - термічний коефіцієнт;

μ - коефіцієнт переходу від ваги снігового покриву землі до снігового навантаження на покриття;

S_g - нормативне значення ваги снігового покриву на 1 м² горизонтальній поверхні (м. Броди належить до III снігового району, $S_g = 1,5 \text{ кПа}$).

Згідно з [п. 10.11, 8] значення S_0 необхідно помножити на коефіцієнт 0,5.

Розрахункове значення снігового навантаження визначається за формулою

$$S = S_0 \cdot \gamma_f = 1,5 \cdot 0,5 \cdot 1,4 = 1,05 \text{ кПа (кН/м}^2\text{)}, \quad (2.4)$$

де γ_f - коефіцієнт надійності за навантаженням.

Вітрове навантаження

Вітрове навантаження на центральну будівлю визначаємо тільки в напрямку Х за допомогою модуля Вест у ПК SCAD. Отримані значення з навітряного і підвітряного боку будівлі наведено в таблицях 2.5 і 2.6. Це навантаження прикладається по перекриттю.

Таблиця 2.5 - Вітрові навантаження на навітряний бік будівлі

Висота, м	Нормативне навантаження, т/м	Розрахункове навантаження, т/м
0	0,015	0,021
3,3	0,015	0,021
6,6	0,017	0,024

Таблиця 2.6 - Вітрові навантаження на підвітряний бік будівлі

Висота, М	Нормативне навантаження, т/м ²	Розрахункове навантаження, т/м ²
0	0,011	0,0154
3,3	0,011	0,0154
6,6	0,012	0,0168

Вітрове навантаження на крайні корпуси визначаємо згідно з [п. 11, 8]. Нормативне значення основного вітрового навантаження w слід визначати як суму середньої w_m і пульсаційно w_p складових. Пульсаційна складова задається окремо в ПК SCAD на основі середньої складової w_m .

Нормативне значення w_m залежно від еквівалентної висоти Z_e над поверхнею землі слід визначати за формулою

$$w_m = w_0 \cdot k(z_e) \cdot c, \quad (2.5)$$

де w_0 - нормативне значення вітрового тиску (для м. Броди дорівнює 0,38 кПа);

$k(z_e)$ - коефіцієнт, що враховує зміну вітрового тиску для висоти Z_e

c - аеродинамічний коефіцієнт.

Розрахунок вітрового навантаження подано в таблицях 2.7-2.11.

Таблиця 2.7 - Вітрове навантаження на навчальний корпус у напрямку $+X$

Сторона будівлі	Висота z_e, M	k	c	Вітрове навантаження $w, T/M$
Навітряна	5	0,5	0,8	0,152
Підвітряна	10,48	0,6596	0,8	0,2
	5	0,5	-0,5	-0,095

Таблиця 2.8 - Вітрове навантаження на навчальний корпус у напрямку $-X$

Сторона будівлі	Висота z_e, μ	k	c	Вітрове навантаження $w, T/M$
Навітряна	5	0,5	0,8	0,152
	6,64	0,5492	0,8	0,167
	5	0,5	-0,5	-0,095

Таблиця 2.9 - Вітрове навантаження на навчальний корпус у напрямку Y з навітряного боку

Колона	Висота z_e, M	k	c	Вітрове навантаження $w, T/M$
	5	0,5	0,8	0,152
1	10,48	0,6596	0,8	0,2
	11,48	0,6796	0,8	0,207
2	5	0,5	0,8	0,152
	12,58	0,7016	0,8	0,213
	13,58	0,7216	0,8	0,219
5	5	0,5	0,8	0,152
	14,35	0,737	0,8	0,224
	15,35	0,757	0,8	0,23
	5	0,5	0,8	0,152
	15,41	0,7582	0,8	0,231
	16,41	0,7782	0,8	0,237
6	5	0,5	0,8	0,152
	15,72	0,7644	0,8	0,232
	16,72	0,7844	0,8	0,238
	5	0,5	0,8	0,152
	15,24	0,7548	0,8	0,229
	16,24	0,7748	0,8	0,235
7	5	0,5	0,8	0,152
	14,02	0,7304	0,8	0,222
	15,02	0,7504	0,8	0,228
8	5	0,5	0,8	0,152
	12,1	0,692	0,8	0,21
	13,1	0,712	0,8	0,216

Закінчення таблиці 2.9

Колона	Висота z_e , м	k	c	Вітрове навантаження w , т/м
10	5	0,5	0,8	0,152
	9,6	0,638	0,8	0,194
	10,6	0,662	0,8	0,201
	5	0,5	0,8	0,152
	6,64	0,5492	0,8	0,167
	7,64	0,5792	0,8	0,176

Таблиця 2.10 - Вітрове навантаження на навчальний корпус у напрямку Y з підвітряного боку

Колона	Висота Z_e , м	k	c	Вітрове навантаження w , т/м
1	5	0,5	-0,5	-0,095
	10,48	0,6596	-0,5	-0,125
	11,48	0,6796	-0,5	-0,129
2	5	0,5	-0,5	-0,095
	12,58	0,7016	-0,5	-0,133
	13,58	7216	-0,5	-0,137
3	5	0,5	-0,5	-0,095
	14,35	0,737	-0,5	-0,14
	15,35	0,757	-0,5	-0,144
4	5	0,5	-0,5	-0,095
	15,41	0,7582	-0,5	-0,144
	16,41	0,7782	-0,5	-0,148
5	5	0,5	-0,5	-0,095
	15,72	0,7644	-0,5	-0,145
	16,72	0,7844	-0,5	-0,149
6	5	0,5	-0,5	-0,095
	15,24	0,7548	-0,5	-0,143
	16,24	0,7748	-0,5	-0,147
7	5	0,5	-0,5	-0,095
	14,02	0,7304	-0,5	-0,139
	15,02	0,7504	-0,5	-0,143
8	5	0,5	-0,5	-0,095
	12,1	0,692	-0,5	-0,132
	13,1	0,712	-0,5	-0,135
9	5	0,5	-0,5	-0,095
	9,6	0,638	-0,5	-0,121
	10,6	0,662	-0,5	-0,126
10	5	0,5	-0,5	-0,095
	6,64	0,5492	-0,5	-0,104
	7,64	0,5792	-0,5	-0,11

Таблиця 2.11 - Вітрове навантаження на консоль у напрямку X

Напрямок вітру	Висота z_e , м	k	c	Вітрове навантаження w, т/м
Зліва +X	8,5	0,605	1,4	0,322
	9,5	0,635	1,4	0,338
	3,37	0,451	1,4	0,24
	4,37	0,481	1,4	0,256

Вітрове навантаження на пілон розраховуємо як на ґратчасту конструкцію за [дод. В.1.14, 8].

Аеродинамічні коефіцієнти ґратчастих конструкцій віднесені до площі граней просторової конструкції або площі контуру і визначаються за формулою

$$c_x = \frac{1}{A_K} \sum c_{xi} \cdot A_i \quad (2.6)$$

c_{xi} - аеродинамічний коефіцієнт і-ого елемента конструкції, що приймається рівним 1,4 для профілів;

A_i - площа проекції і-го елемента конструкції;

A_K - площа, обмежена контуром конструкції.

Для профілів із труб коефіцієнт визначається за табл. В. 8 залежно від відносної відстані між трубами b/h і коефіцієнта заповнення труб $\varphi = \frac{1}{A_K} \sum A_i$

Аеродинамічний коефіцієнт c_t множиться на коефіцієнт k_1 залежно від напрямку вітру:

– по Y і -X – $k_1 = 1,2$

– за +X – $k_1 = 0,9$

Остаточний розрахунок вітрового навантаження наведено в таблицях 2.12-2.14.

Таблиця 2.12 - Вітрове навантаження на пілон у напрямку Y

Ярус	Відмітка, м	Нормативний тиск w , кПа	Площа елементів в ферми $\sum A_i, \text{м}^2$	Площа проєкції обмеженої контуром конструкції, $A_k, \text{м}^2$	Коеф. φ	Аеродинамічний коеф. плоскої ферми $c_x = 1,4\varphi$	η	Аеродинамічний коеф. просторової ферми $c_t = c_x(1 + \eta)$	Вітрове навантаження, т/м
1	8,75	0,233	11,24	46,63	0,24 1	0,337	0,7 8	0,72	0,17
2	17,5	0,304	10,82	33,3	0,32 5	0,455	0,6 5	0,9	0,27
3	26,2 5	0,353	10,47	19,96	0,52 4	0,734	0,3 4	1,18	0,42
4	35	0,394	7,9	6,58	1,19 9	1,679	0,2 3	2,47	0,97

Таблиця 2.13 - Вітрове навантаження на пілон у напрямку +X

Ярус	Відмітка	Нормативний тиск w , кПа	Площа елементів в ферми $\sum A_i, \text{м}^2$	Площа проєкції обмеженої контуром конструкції, $A_k, \text{м}^2$	Коеф. φ	Аеродинамічний коеф. плоскої ферми $c_x = 1,4\varphi$	η	Аеродинамічний коеф. просторової ферми $c_t = c_x(1 + \eta)$	Вітрове навантаження, т/м
1	8,75	0,233	10,65	30,75	0,34 6	0,485	0,6 2	0,71	0,16
2	17,5	0,304	10,84	21,96	0,49 4	0,691	0,3 9	0,86	0,26
3	26,2 5	0,353	10,5	13,18	0,79 7	1,115	0,2 3	1,23	0,43
4	35	0,394	7,73	4,39	1,75 9	2,462	0,2 3	2,71	1,07

Таблиця 2.14 - Вітрове навантаження на пілон у напрямку -X

Ярус	Відмітка, м	Нормативний тиск w , кПа	Площа елементів в ферми $\sum A_i, \text{м}^2$	Площа проєкції обмеженої контуром конструкції, $A_k, \text{м}^2$	Коеф. φ	Аеродинамічний коеф. плоскої ферми $c_x = 1,4\varphi$	η	Аеродинамічний коеф. просторової ферми $c_t = c_x(1 + \eta)$	Вітрове навантаження, т/м
1	8,75	0,233	10,65	30,75	0,346	0,485	0,6 2	0,94	0,22
2	17,5	0,304	10,84	21,96	0,494	0,691	0,3 9	1,15	0,35
3	26,2 5	0,353	10,5	13,18	0,797	1,115	0,2 3	1,64	0,58
4	35	0,394	7,73	4,39	1,759	2,462	0,2 3	3,62	1,43

2.4 Моделювання та розрахунок будівлі в програмному комплексі SCAD Office 21.1

Розрахунок будівлі виконується в програмному комплексі SCAD. Цей комплекс реалізує скінченно-елементне моделювання статичних і динамічних розрахункових схем, перевірку стійкості конструкцій, вибір несприятливих поєднань зусиль, підбір арматури залізобетонних конструкцій, перевірку несучої здатності сталевих конструкцій.

2.4.1 Коротка характеристика методики розрахунку

В основу розрахунку покладено метод скінченних елементів з використанням у якості основних невідомих переміщень і поворотів вузлів розрахункової схеми. У зв'язку з цим ідеалізацію конструкції виконано у формі, пристосованій до використання цього методу, а саме: систему представлено у вигляді набору тіл стандартного типу (стрижнів, пластин, оболонок тощо), які називаються скінченними елементами та приєднані до вузлів.

Вузол у розрахунковій схемі представляється у вигляді абсолютно жорсткого тіла мізерно малих розмірів. Положення вузла в просторі під час деформацій системи визначається координатами центру і кутами повороту трьох осей, жорстко пов'язаних із вузлом. Вузол представлений як об'єкт, що володіє шістьма ступенями свободи - трьома лінійними зміщеннями і трьома кутами повороту. Усі вузли та елементи розрахункової схеми нумеруються.

Для завдання даних про розрахункову схему можуть бути використані різні системи координат, які надалі перетворюються на декартові. Розрахункову схему розглядають як систему загального вигляду, деформації якої та її основні невідомі представлені лінійними переміщеннями вузових точок уздовж осей X, Y, Z і поворотами навколо цих осей.

Характеристики розрахункової схеми:

- кількість вузлів - 23497;

- кількість скінченних елементів - 27056;
- кількість завантажень - 16;
- кількість комбінацій завантажень - 10;
- обраний режим розрахунку - PARFES.

Обчислені значення зусиль і напружень в елементах від завантажень подано в таблиці результатів розрахунку "Зусилля/напруження елементів".

Значення розрахункових сполучень зусиль подано в таблиці результатів розрахунку "Розрахункові сполучення зусиль". Обчислення розрахункових сполучень зусиль здійснюють на підставі критеріїв, характерних для відповідних типів скінченних елементів стрижнів, плит, оболонок, масивних тіл. Як такі критерії прийнято екстремальні значення напружень у характерних точках поперечного перерізу елемента. Під час розрахунку враховуються вимоги нормативних документів і логічні зв'язки між завантаженнями.

Основою вибору невідгідних розрахункових поєднань зусиль слугує принцип суперпозиції. З усіх можливих поєднань відбирають ті РСУ, які відповідають максимальному значенню деякої величини, обраної як критерій, що залежить від усіх компонентів напруженого стану.

2.4.2 Опис моделі

За матеріалами, представленими в архітектурно-будівельному розділі та інженерно-геологічними умовами території будівництва, було виконано моделювання споруди для визначення зусиль і деформацій, що виникають у несучих елементах. Споруда виконана з лінійних, площинних горизонтальних і вертикальних елементів. Несучий каркас центральної будівлі - залізобетонний, каркас крайніх корпусів металевий.

Розрахункову схему представлено на рисунку 2.1.

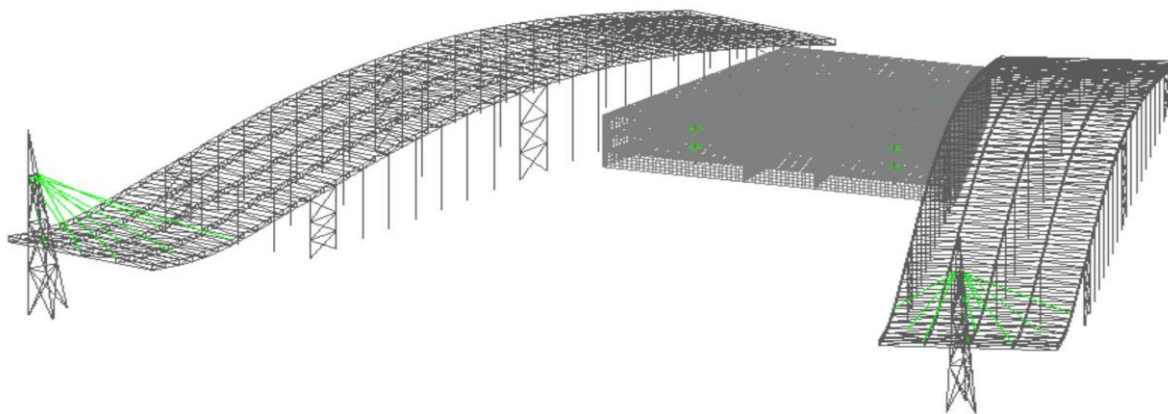


Рисунок 2.1 - Розрахункова схема споруди в ПК SCAD

Розрахункова схема споруди представлена у вигляді просторової моделі, що складається з пластинчастих і стрижневих елементів. Вантові елементи задавалися за допомогою вкладки "Спеціальні елементи".

У процесі розрахунку розглядалися завантаження на основі п. 2.3 "Збір навантажень". Під час аналізу для виявлення найбільш несприятливих комбінацій і максимальних зусиль в елементах каркаса задають розрахункові поєднання зусиль. Для ваги перегородок і пульсаційних навантажень необхідно задати взаємовиключення, оскільки одночасна дія цих навантажень неможлива.

Наприкінці необхідно виконати експрес-контроль схеми на предмет помилок і перевірку готовності до розрахунку. Після цього виконується лінійний розрахунок схеми та аналізуються отримані результати.

2.4.3 Результати розрахунку

Розрахунок проводиться в ПК "SCAD 21.1" методом PARFES. Деформована схема, величини переміщень і зусиль від найбільш несприятливої комбінації подано на рисунках 2.2-2.5.

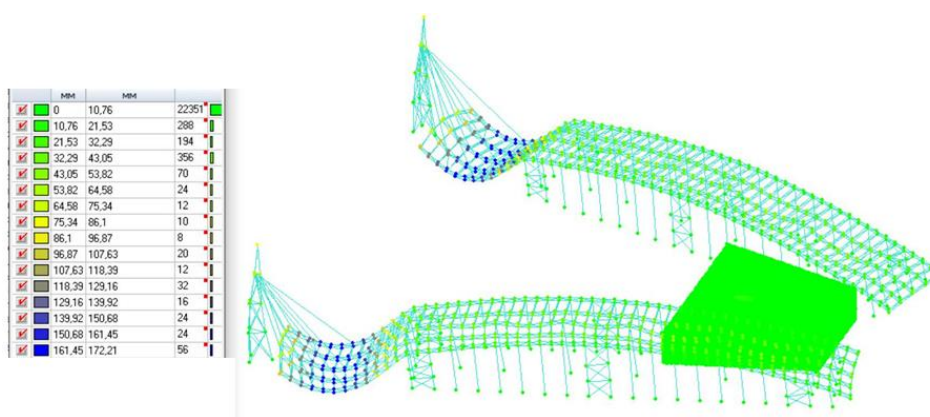


Рисунок 2.2 - Деформована схема та величини переміщень

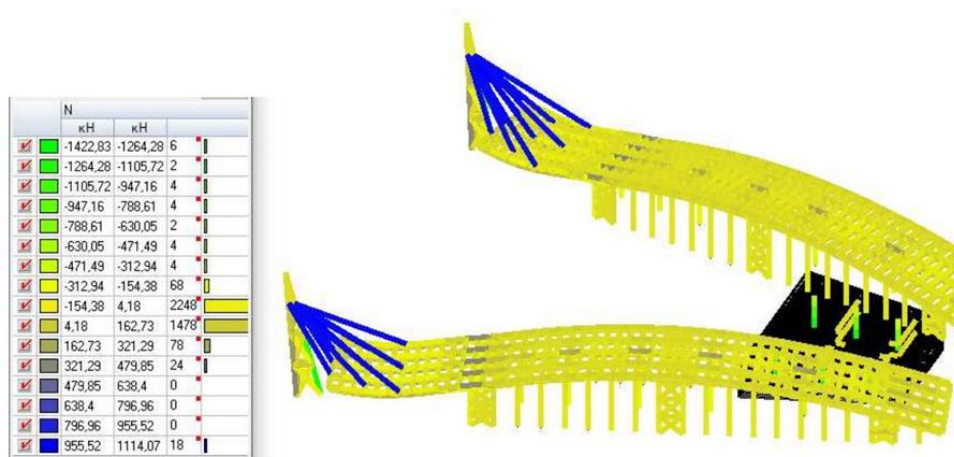


Рисунок 2.3 - Зусилля N, кН

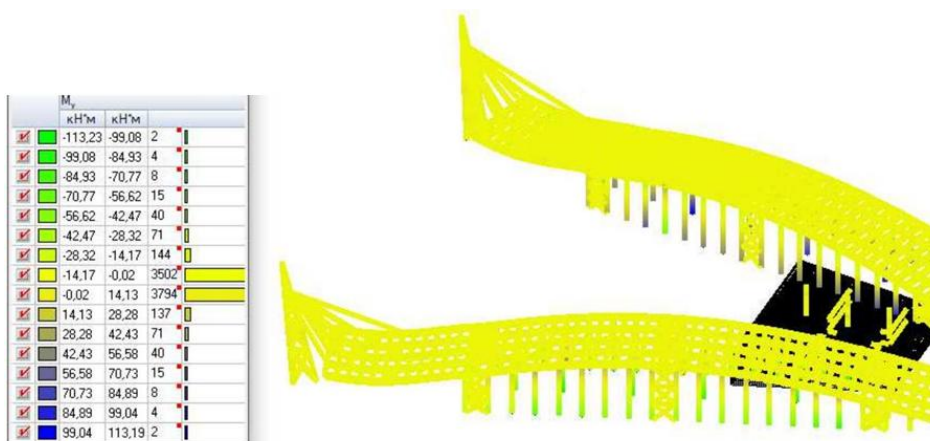
Рисунок 2.4 - Зусилля M_y , кН · м

Рисунок 2.5 - Зусилля Q_z , кН

Максимальне значення переміщення в консолі - 172,21 мм. Згідно з [8], під час розрахунку будівельних конструкцій має виконуватися умова

$$f \leq f_u \quad (2.7)$$

де f - прогин і переміщення елемента конструкції;

f_u - граничний прогин або переміщення, що встановлюються нормами.

Граничний вертикальний прогин у фермі консолі не повинен перевищувати 1/300 її подвоєного вильоту (згідно з [табл. Д.1, 8]).

При вильоті консолі 36 м граничний прогин дорівнюватиме

$$f_u = \frac{36000 \cdot 2}{300} = 240 \text{ мм}$$

Таким чином, умова (2.7) виконується, прогин у консолі менший за граничний.

Далі можна переходити до створення конструктивних груп елементів і підбору арматури в монолітних елементах і перерізів сталевих елементів. Створюються групи армування вертикальних (стін і колон) і горизонтальних (перекрыттів) пластин і групи сталевих конструкцій: вертикальних (колони) і горизонтальних (ферми покриття, зв'язки).

Під час створення цих груп задають клас поперечної та поздовжньої арматури, діаметри, коефіцієнти умов роботи, відстані до центру тяжіння

арматури, коефіцієнт вертикального бетонування (для стін), що дорівнює 0,85, випадковий ексцентриситет і розрахункову довжину (для колон), а також обирають бетон (сталь) та його клас, коефіцієнт надійності та відповідальності (будівля є об'єктом підвищеної відповідальності). Перевірка підібраних перерізів сталевих конструкцій здійснюється за критичним фактором $K_{\max}$, що виникає в елементі. Цей критичний фактор не повинен перевищувати 1. За результатами експертизи критичний фактор $K_{\max}$ у сталевих конструкціях не перевищує 1, отже, підбір перерізів виконано правильно. Для цієї споруди приймаються перерізи конструкцій, представлені нижче в таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 - Підібрані перерізи сталевих конструкцій

Конструктивна група	Результат підбору перетину
Нижній пояс консоль	Круглі труби 133.0 × 5.0
Верхній пояс консоль	Круглі труби 133.0x5.0 133.0x5.0
Нижній пояс будівля	Круглі труби 133.0x5.0 133.0x5.0
Верхній пояс будівля	Круглі труби 133.0x5.0 133.0x5.0
Верхній пояс прогони прогони консоль	Круглі труби 159.0x5.0 159.0x5.0
Нижній пояс прогони прогони консоль	Круглі труби 159.0x5.0 159.0x5.0
Верхній пояс прогони будівля	Круглі труби 159.0x5.0 159.0x5.0
Нижній пояс прогони будівля	Круглі труби 159.0x5.0 159.0x5.0
Пілон колони	Круглі труби 273.0x14.0
Колони центр	Двотавр колонний (К) 40К2
Колони ліві	Двотавр колонний (К) 30К2
Колони праві	Двотавр колонний (К) 20К1
Вертикальні зв'язки	Куточок рівнополочний L220x14
Стійки консоль	Круглі труби 57.0x3.0
Розкоси консоль	Круглі труби 114.0x5.0
Неопорні стійки будівля	Круглі труби 57.0x3.0
Пілон розкоси	Круглі труби 244.5 × 6.0
Пілон пояси	Круглі труби 102.0x5.0
Опорні стійки центр	Круглі труби 219.0 × 9.0
Опорні стійки ліві	Круглі труби 168.0x8.0
Опорні стійки праві	Круглі труби 168.0 × 8.0
Опорні розкоси поперечні	Круглі труби 152.0x5.0 152.0x5.0
Неопорні розкоси поперечні	Круглі труби 108.0x5.0
Опорні розкоси поздовжні	Круглі труби 114.0 × 5.0
Неопорні розкоси поздовжні	Круглі труби 73.0x4.0

Після підбору перерізів сталевих конструкцій переходимо до підбору перерізу арматури в залізобетонних елементах споруди.

За допомогою постпроцесора ПК SCAD проводимо розрахунок підбору арматури й аналізуємо отримані результати. Розрахунок виконуємо з урахуванням вимог щодо тріщиностійкості.

Відсоток симетричного армування для колон не повинен перевищувати 5% . Значення відсотків симетричного армування подано на рисунку 2.15. За отриманими результатами видно, що армування не перевищує 5%.

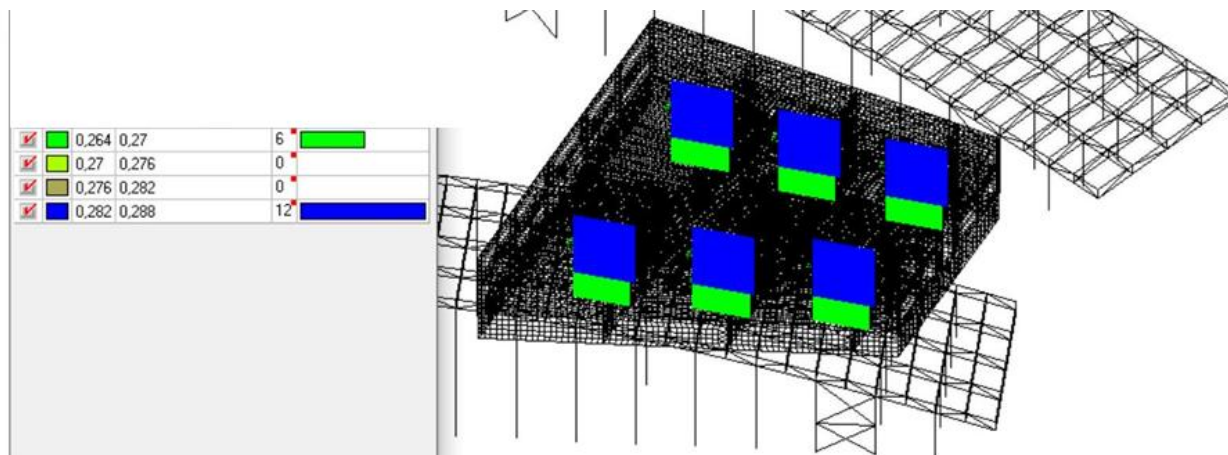


Рисунок 2.15 - Відсоток симетричного армування колон

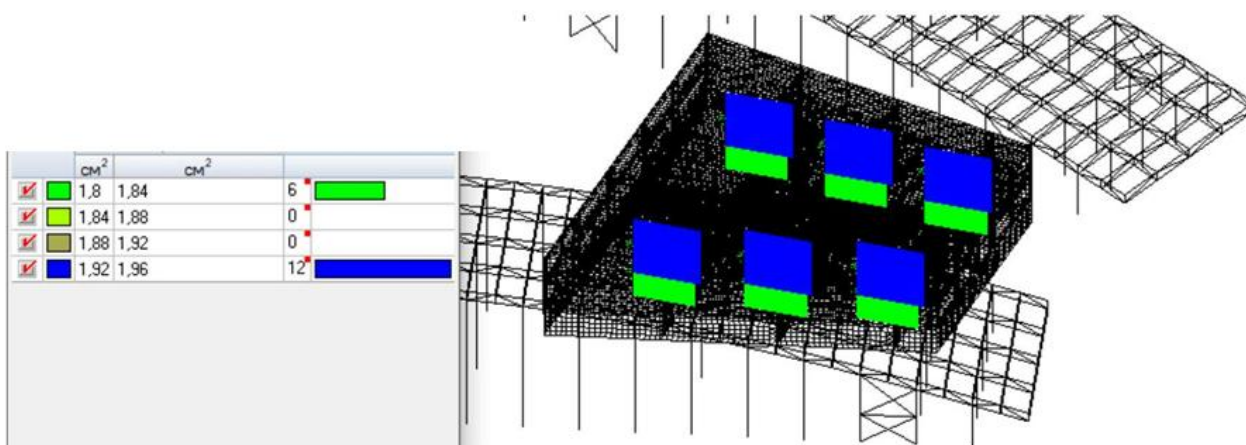


Рисунок 2.16 - Необхідна площа армування колон

Для колони 400х400 мм приймаємо 4 поздовжніх арматурних стрижні. Необхідна площа арматури по одній стороні - 1,96 см². Мінімальна площа перерізу одного стрижня $A_{cm} = \frac{1,96 \cdot 2}{4} = 0,98 \text{ см}^2$. За сортаментом арматури приймаю стрижень Ø12 мм за $A_{cm} = 1,131 \text{ см}^2$. Мінімальний відсоток армування

дорівнює: $\frac{4 \cdot 1,131 \cdot 100}{1600} = 0,28 > 0,25$, дотримується.

Ізополя розподілу необхідної арматури в плиті перекриття подано нижче на рисунках 2.17-2.20.

		см ² /м	
☒	d10/200	2,28	7089
☒	d12/200	4,55	3442
☒	d14/200	6,83	2594
☒	d16/200	9,11	1614
☒	d18/200	11,39	586
☒	d20/200	13,66	77

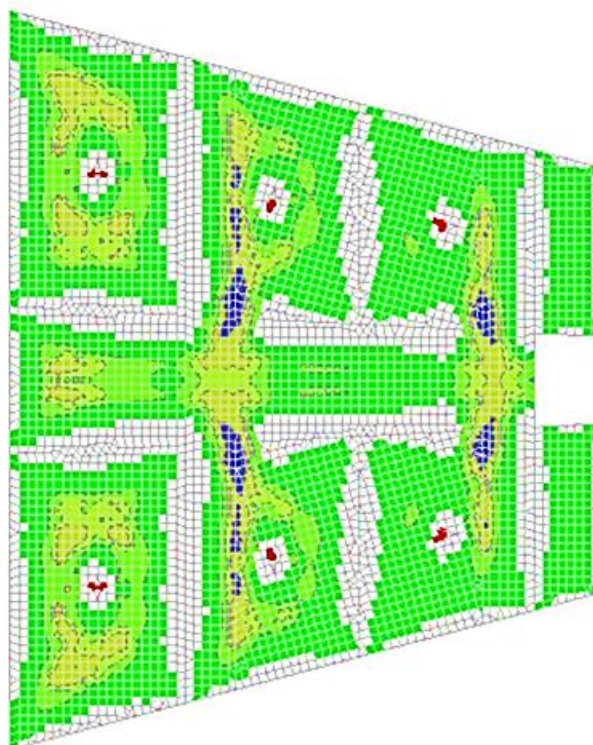


Рисунок 2.17 - Діаметри нижньої арматури по осі X за кроку 200 мм

		см ² /м	
☒	d10/200	2,95	7541
☒	d14/200	5,91	2748
☒	d16/200	8,86	1824
☒	d18/200	11,81	1108
☒	d20/200	14,76	396
☒	d22/200	17,71	12

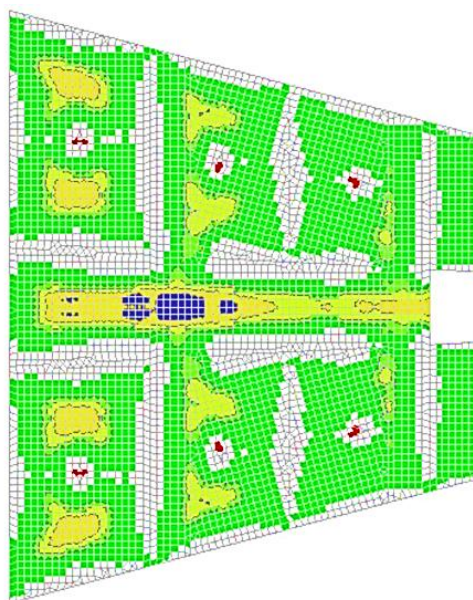


Рисунок 2.18 - Діаметри нижньої арматури по осі Y за кроку 200 мм

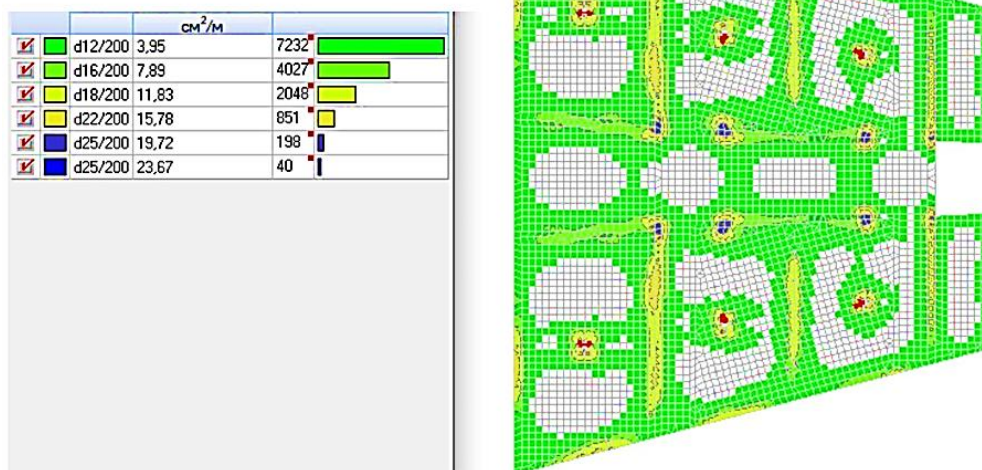


Рисунок 2.19 - Діаметри верхньої арматури по осі X за кроку 200 мм

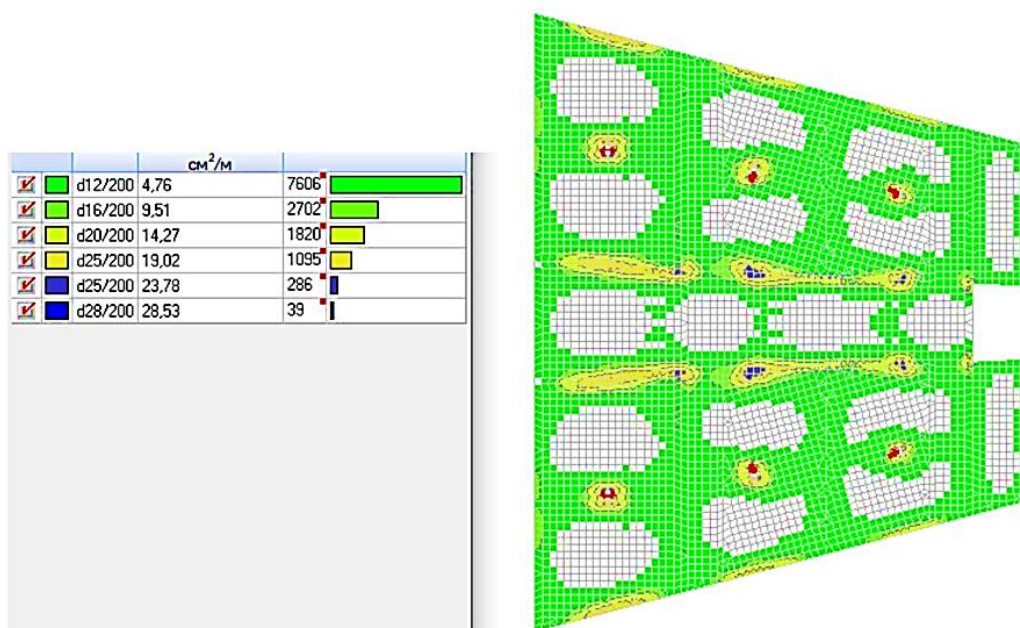


Рисунок 3.20 - Діаметри верхньої арматури по осі Y за кроку 200 мм

Основна нижня робоча арматура в обох напрямках прийнята діаметром 10 мм, верхня - діаметром 12 мм. Додаткову нижню арматуру прийнято діаметром 10 мм із кроком 300 мм, верхню - діаметром 10 мм із кроком 150 мм.

2.5 Розрахунок колони К1

Вихідні дані

- тип перерізу стрижня колони - двотавр 40К2 за [15];
- довжина колони $l = 15,72$ м (оскільки висота колон змінна, розрахунок виконаємо для найвищої колони);
- розрахункові зусилля в колоні, отримані за результатами розрахунку:
 $M = 46,17$ кН·м; $N = -75,23$ кН;
- матеріал - сталь С345;
- розрахункові характеристики сталі: $R_y = 345$ Н/мм² при товщині прокату; $R_{un} = 470$ Н/мм²

зварювання елементів колони виконується механізованим дуговим зварюванням, зварювальний дріт - Св-08Г2С.

Конструктивний розрахунок стрижня колони

Розрахункова довжина колони в площині рами

$$l_{ef,x} = \mu \cdot l = 1 \cdot 15,72 = 15,72 \text{ м} \quad (2.8)$$

де $\mu = 1$ - коефіцієнт розрахункової довжини колони. Розрахункова довжина колони з площини рами

$$l_{ef,y} = 0,7 \cdot 15,72 = 11 \text{ м} \quad (2.9)$$

Перевіримо стійкість стрижня колони з двотавра 40К2, прийнятого за результатом розрахунку в ПК SCAD. Геометричні характеристики перерізу за сортаментом і стрижня колони:

$$A=211 \text{ см}^2; I_x=21350 \text{ см}^4; W_x=3207 \text{ см}^3; i_x=10,06 \text{ см}; \\ i_y=17,44 \text{ см}; h=400 \text{ мм}; b_f=400 \text{ мм}; t_f=20 \text{ мм}; t_w=13 \text{ мм}.$$

Перевіримо стійкість стрижня колони в площині рами, для чого обчислимо коефіцієнт

$$\alpha = \frac{N}{\varphi_e \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{75,23}{0,196 \cdot 211 \cdot 345 \cdot 10^{-1} \cdot 1} = 0,053 < 1 \quad (2.10)$$

Тут коефіцієнт φ_e підрахований за [табл. Д.3, 15] залежно від умовної гнучкості $\lambda_{ef,x} = \eta \cdot m = 0,13 \cdot 4,04 = 0,53$, де $\eta = 0,13$ обчислений за [табл. Д.2, 15] залежно від

$$\frac{A_f}{A_w} = \frac{400 \cdot 20}{(400 - 2 \cdot 20) \cdot 13} = 1,71 \quad (2.11)$$

$$e = \frac{M}{N} = \frac{46,17 \cdot 10^2}{75,23} = 61,37 \text{ см} \quad (2.12)$$

$$m = \frac{e \cdot A}{W_x} = \frac{61,37 \cdot 211}{3207} = 4,04 \quad (2.13)$$

$$\eta = (1,9 - 0,1 \cdot m) - 0,012 \cdot (6 - m) \cdot \varphi_e = \quad (2.14)$$

$$= (1,9 - 0,1 \cdot 4,04) - 0,012 \cdot (6 - 4,04) \cdot 6,4 = 0,13 \quad (2.15)$$

Оскільки коефіцієнт $\alpha < 1$, то стійкість стрижня колони забезпечена в площині рами.

Гранична гнучкість колони:

$$[\lambda] = 180 - 60 \cdot \alpha = 180 - 60 \cdot 0,053 = 176,8 \quad (2.16)$$

Фактична гнучкість:

$$\lambda_x = 156,26 < [\lambda] = 176,8.$$

Перевірка стійкості стрижня колони в площині рами

$$\frac{N}{\varphi_e \cdot A} = \frac{75,23 \cdot 10}{0,196 \cdot 211} = 18,19 \text{ Н/мм}^2 < R_y \cdot \gamma_c = 345 \text{ Н/мм}^2 \quad (2.17)$$

Перевірка стійкості стрижня колони з площини дії моменту

Гнучкість стрижня з площини рами

$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{11 \cdot 10^2}{17,44} = 63,07$$

$$\bar{\lambda}_y = \lambda_y \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 63,07 \cdot \sqrt{\frac{345}{2,06 \cdot 10^5}} = 2,58.$$

Максимальний момент у середній третині стрижня колони

$$M_x = \frac{2}{3} \cdot 46,17 = 30,78 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (2.18)$$

Відносний ексцентриситет

$$m_x = \frac{M_x \cdot A}{N_x \cdot W_x} = \frac{30,78 \cdot 10^2 \cdot 211}{75,23 \cdot 3207} = 2,69 < 5. \quad (2.19)$$

Коефіцієнт c , що враховує вплив моментів на втрату стійкості стрижня колони з площини рами, за $m_x \leq 5$ підраховується за формулою

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha \cdot m_x} \leq 1 \quad (2.20)$$

Для колони, що розраховується, за [табл. 21, 15]

$$\alpha = 0,65 + 0,05 \cdot m_x = 0,65 + 0,05 \cdot 2,69 = 0,78. \quad (2.21)$$

при $\bar{\lambda}_y \leq 3,14, \beta = 1$

Значення $\varphi_y = 0,79$ при $\bar{\lambda}_y = 2,58$

Тоді

$$c = \frac{1}{1 + 0,78 \cdot 2,69} = 0,32.$$

Напруга в стрижні колони

$$\sigma = \frac{N}{\varsigma \cdot \varphi_y \cdot A} = \frac{75,23 \cdot 10}{0,32 \cdot 0,79 \cdot 211} = 14,1 \text{ Н/мм}^2 < 345 \text{ Н/мм}^2. \quad (2.22)$$

Стійкість стрижня колони з площини рами забезпечена.

2.5.1 Розрахунок ребра жорсткості колони К1

Перевіряємо необхідність зміцнення стінки колони поперечними ребрами жорсткості. Ребра необхідні, якщо $\lambda_w \geq 2,3$, де $\lambda_w = \frac{h_{ef}}{t_w} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}}$

Для стрижня колони $h_{ef} = h - 2 \cdot (2 \cdot t_w) = 400 - 2 \cdot (2 \cdot 20) = 320 \text{ мм}$.

$$\lambda_w = \frac{320}{13} \cdot \sqrt{\frac{345}{2,06 \cdot 10^5}} = 1,01.$$

Оскільки $\lambda_w < 2,3$, поперечні ребра ставити не потрібно, проте відповідно до [п. 7.3.3, 15], розглядаючи колону як відправний елемент (габарити колони дають змогу транспортувати її повністю до місця монтажу), необхідно укріпити її стінку не менше, ніж двома поперечними ребрами жорсткості.

Мінімальні розміри поперечних ребер жорсткості:

$$b_r = \frac{h_w}{30} + 40 = \frac{400}{30} + 40 = 53,33 \text{ мм}.$$

$$t_r \geq 2 \cdot b_r \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 2 \cdot 53,33 \cdot \sqrt{\frac{345}{2,06 \cdot 10^5}} = 4,36 \text{ мм}.$$

Приймаємо ребро жорсткості розмірами 360x194 мм завтовшки 20 мм. Поперечні ребра приварюються до колони суцільним двостороннім швом з катетом $k_f = 6 \text{ мм}$.

2.5.2 Розрахунок бази колони К1

База колони служить для розподілу зосередженого тиску від стрижня колони на фундамент і забезпечує закріплення опорної частини колони відповідно до прийнятої розрахункової схеми. Жорсткі бази мають траверси і закріплення чотирма анкерними болтами, завдяки чому після затягування болтів унеможливується двома болтами поворот колони на опорі в площині бази і двома болтами з площини.

Діаметр анкерних болтів у центрально-стиснутих колонах приймають конструктивно для жорстких баз $d = 24 - 36$ мм; довжину закладення анкерного болта у фундамент, висоту частини болта, що виступає, довжину нарізання і мінімальний розмір вушок приймають залежно від діаметра анкерного болта.

У сильно навантажених колонах для рівномірного передавання тиску на опорну плиту встановлюють траверси і ребра. Під час розрахунку бази виходять із того, що вертикальний тиск колони розосереджується траверсами та ребрами і врівноважується реактивними напруженнями фундаменту. Площа опорної плити в плані залежить від міцності бетону фундаменту. Розрахункова схема траверси визначається конструкцією бази.

Фундамент з бетону класу В12,5 з $R_b = 0,75 \text{ кН/м}^2$, $R_{b, \text{loc}} = \varphi \cdot R_b = 1,3 \cdot 0,75 = 0,98 \text{ кН/м}^2$.

Ширина опорної плити дорівнює

$$B = b_f + 2 \cdot (t_{tr} + c) \quad (2.23)$$

дет_{tr} = 12 мм - товщина траверси;

c = 38 мм - виліт консольної частини плити.

$$B = 400 + 2 \cdot (12 + 38) = 500 \text{ мм}$$

Довжину плити знаходимо за формулою

$$L = \frac{N}{2 \cdot B \cdot R_{b,loc}} + \sqrt{\left(\frac{N}{2 \cdot B \cdot R_{b,loc}}\right)^2 + \frac{6 \cdot M}{B \cdot R_{b,loc}}} =$$

$$= \frac{221}{2 \cdot 50 \cdot 0,98} + \sqrt{\left(\frac{221}{2 \cdot 50 \cdot 0,98}\right)^2 + \frac{6 \cdot 128,1}{50 \cdot 0,98}} = 58,1 \text{ см.} \quad (2.24)$$

Приймаємо опорну плиту з розмірами в плані 500х600 мм.

Товщину опорної плити слід визначати розрахунком на вигин пластинки за формулою

$$t = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{\max}}{R_y \cdot \gamma_c}} \quad (2.25)$$

де $M_{\max}$ — найбільший згинальний момент, що діє на ділянках опорної плити.

$$M_{\max} = 0,5 \cdot \frac{N}{A_{pl}} \cdot c^2 = 0,5 \cdot \frac{221}{50 \cdot 60} \cdot 3,8^2 = 0,53 \text{ кН} \cdot \text{см} \quad (2.26)$$

Знайдемо товщину плити

$$t > \sqrt{\frac{6 \cdot M_{\max}}{R_y \cdot \gamma_c}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 0,53}{345 \cdot 10^{-1} \cdot 1}} = 0,3 \text{ см} \quad (2.27)$$

Приймаємо товщину плити 20 мм.

Визначимо висоту траверси. Розрахунковою схемою траверси є двоконсольна балка, шарнірно оперта на полиці колони. Навантаження реактивний опір фундаменту з половини ширини опорної плити:

$$q_{tr} = q \cdot \frac{B}{2} = \frac{N}{A_{pl}} \cdot \frac{B}{2} = \frac{221}{3000} \cdot \frac{50}{2} = 1,84 \text{ кН/см} \quad (2.28)$$

Розрахунок ведемо за металом межі сплавлення, оскільки

$$\frac{\beta_f \cdot R_{wf}}{\beta_z \cdot R_{wz}} = \frac{0,9 \cdot 215}{1,05 \cdot 265,5} = 0,69.$$

За катета шва $k_f = 10$ мм висота траверси має бути не меншою за

$$h_{tr} = \frac{q_{tr} \cdot L}{2 \cdot \beta_z \cdot R_{wz} \cdot k_f \cdot \gamma_c} = \frac{1,84 \cdot 60}{2 \cdot 1,05 \cdot 265,5 \cdot 10^{-1} \cdot 0,1 \cdot 1} = 19,8 \text{ см} \quad (2.29)$$

Для запасу міцності приймаємо висоту траверси розміром 300 мм .

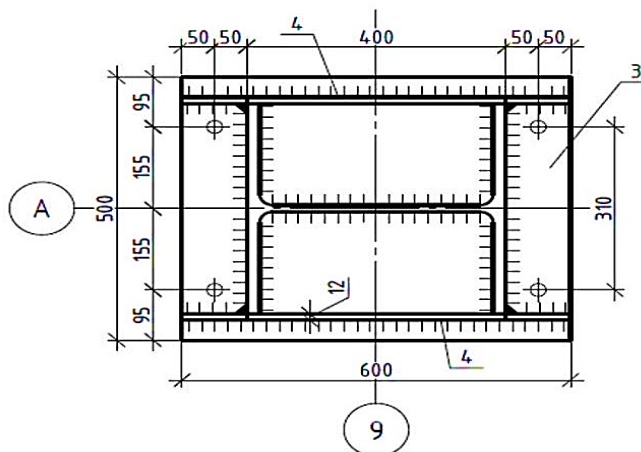


Рисунок 2.21 - Опорна плита бази колони

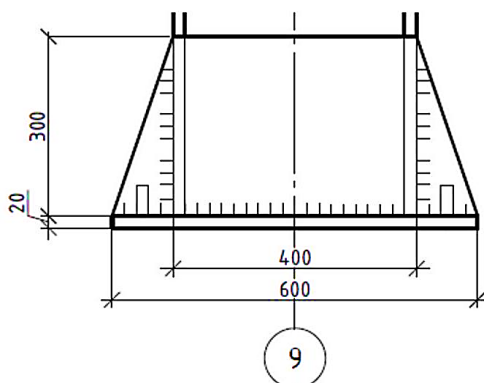


Рисунок 2.22 - Траверса бази колони

2.6 Розрахунок колони пілона К4

Вихідні дані

- тип перерізу стрижня колони - кругла труба 273x14 мм за [15];
- довжина колони $l = 35$ м;
- розрахункові зусилля в колоні, отримані за результатами розрахунку:

$$M = 3,45 \text{ кН} \cdot \text{м}; N = -1396 \text{ кН};$$

- матеріал - сталь 09Г2С, що відповідає С345;
- розрахункові характеристики сталі:

$$R_y = 345 \text{ Н/мм}^2, R_{un} = 470 \text{ Н/мм}^2;$$

- зварювання елементів колони виконується механізованим дуговим зварюванням (МДС_{III}), зварювальний дріт - Св-08Г2С.

Розрахункова довжина колони в площині рами

$$l_{ef,x} = \mu \cdot l = 1 \cdot 35 = 35 \text{ м},$$

де $\mu = 1$ - коефіцієнт розрахункової довжини колони. Розрахункова довжина колони з площини рами

$$l_{ef,y} = 0,7 \cdot 35 = 24,5 \text{ м}$$

Перевіримо стійкість стрижня колони з труби 273x14 мм, прийнятого за результатом розрахунку в ПК SCAD. Геометричні характеристики перерізу за сортаментом і стрижня колони:

$$A = 113,9 \text{ см}^2; I_x = 9579,75 \text{ см}^4; W_x = 701,8 \text{ см}^3; i_x = 9,17 \text{ см};$$

$$i_y = 9,17 \text{ см}; h = 273 \text{ мм}; b_f = 273 \text{ мм}; t_f = 14 \text{ мм}.$$

$$\lambda_x = \frac{l_{ef,x}}{i_x} = \frac{35 \cdot 10^2}{9,17} = 381,7.$$

$$\bar{\lambda}_x = \lambda_x \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 381,7 \cdot \sqrt{\frac{345}{2,06 \cdot 10^5}} = 15,6.$$

Перевіримо стійкість стрижня колони в площині рами, для чого обчислимо коефіцієнт

$$\alpha = \frac{N}{\phi_e \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{1396}{0,412 \cdot 113,9 \cdot 345 \cdot 10^{-1} \cdot 1} = 0,86 < 1.$$

Тут коефіцієнт ϕ_e підрахований за [табл. Д.3, 15] залежно від умовної гнучкості та $m_{ef,x} = \eta \cdot m = 1,1 \cdot 0,04 = 0,044$, де $\eta = 1,1$ обчислений за [табл. Д.2, 15] залежно від

$$e = \frac{M}{N} = \frac{3,45 \cdot 10^2}{1396} = 0,25 \text{ см}$$

$$m = \frac{e \cdot A}{W_x} = \frac{0,25 \cdot 113,9}{701,8} = 0,04$$

$$\text{При } \bar{\lambda}_x > 5, m < 5 - \eta = 1,1$$

Оскільки коефіцієнта $\alpha < 1$, то стійкість стрижня колони забезпечена в площині рами.

Перевірка стійкості стрижня колони в площині рами

$$\frac{N}{\phi_e \cdot A} = \frac{1396 \cdot 10}{0,412 \cdot 113,9} = 297,5 \text{ Н/мм}^2 < R_y \cdot \gamma_c = 345 \text{ Н/мм}^2.$$

Перевірка стійкості стрижня колони з площини дії моменту

Гнучкість стрижня з площини рами

$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{24,5 \cdot 10^2}{9,17} = 267,2$$

$$\bar{\lambda}_y = \lambda_y \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 267,2 \cdot \sqrt{\frac{345}{2,06 \cdot 10^5}} = 10,9.$$

Максимальний момент у середній третині стрижня колони

$$M_x = \frac{2}{3} \cdot 3,45 = 2,3 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Відносний ексцентриситет

$$m_x = \frac{M_x \cdot A}{N_x \cdot W_x} = \frac{2,3 \cdot 10^2 \cdot 113,9}{1396 \cdot 701,8} = 0,03 < 5.$$

Коефіцієнт c , що враховує вплив моментів на втрату стійкості стрижня колони з площини рами, за $m_x \leq 5$ підраховується за формулою

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha \cdot m_x} \leq 1$$

Для колони, що розраховується, за [табл. 21, 15]

$$\alpha = 0,7; \beta = 1.$$

Значення $\varphi_y = 0,62$ при $\bar{\lambda}_y = 10,9$

Тоді

$$c = \frac{1}{1 + 0,7 \cdot 0,03} = 0,98$$

Напруга в стрижні колони

$$\sigma = \frac{N}{c \cdot \varphi_y \cdot A} = \frac{1396 \cdot 10}{0,98 \cdot 0,62 \cdot 113,9} = 201,72 \text{ Н/мм}^2 < 345 \text{ Н/мм}^2$$

Стійкість стрижня колони з площини рами забезпечена.

2.7 Розрахунок вант

Вихідні дані.

- вант - канат подвійного звивання типу ЛК-Pd = 46,5 мм за [15];
- статична схема - шарнірна;
- коефіцієнт умови роботи ; $\gamma_c = 0,9$
- коефіцієнт надійності за відповідальністю ; $\gamma_n = 1,1$
- матеріал ванта - оцинкований дріт;
- конструкція каната ; $-6 \times 19(1 + 6 + 6/6) + 7 \times 7(1 + 6)$
- розрахункові характеристики каната: маркувальна група R = 1770Н/мм², мінімальне сумарне розривне зусилля [P] = 1415,1кН при діаметрі d = 46,5 мм.

Канати типу ЛК-Р застосовуються під час роботи на відкритому повітрі, а також під час впливу в процесі експлуатації на канат агресивних середовищ і великого знакозмінного вигину.

Висока структурна міцність канатів дає можливість застосовувати їх у вельми напружених умовах роботи.

Згідно з лінійним розрахунком у ПК SCAD, найбільше зусилля

розтягування у вантах за найнесприятливішої комбінації завантажень $N = 1118,32$ кН

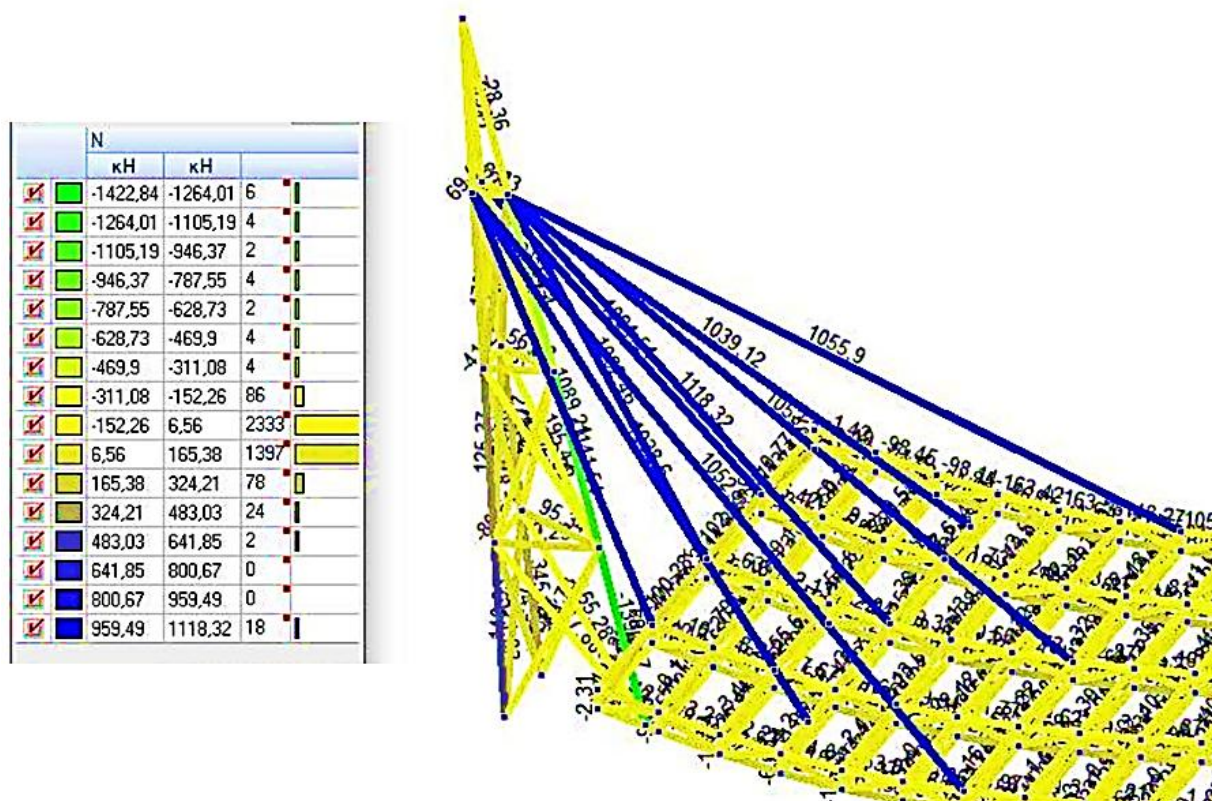


Рисунок 2.23 - Зусилля N у вантах, кН

Перевіримо міцність перерізу ванта за максимальним розривним зусиллям за формулою

$$\frac{N \cdot \gamma_n}{[P] \cdot \gamma_c} \leq 1, \quad (2.30)$$

де N - розрахункове зусилля розтягування у вантах, кН

γ_n - коефіцієнт надійності за відповідальністю;

$[P]$ - мінімальне сумарне розривне зусилля каната, кН

γ_c - коефіцієнт умов роботи.

Підставляємо дані у формулу (2.30) і отримуємо

$$\frac{1118,32 \cdot 1,1}{1415,1 \cdot 0,9} = 0,966 < 1.$$

Умова міцності виконується. Перетин каната підібрано правильно.

2.7 Проектування фундаментів

Проектування основ і фундаментів полягає у виборі основи, типу конструкції й основних розмірів фундаменту та в їхньому спільному розрахунку як однієї з частин споруди.

Основа, фундамент і конструкція споруди нерозривно пов'язані, впливають один на одного і мають розглядатися як єдина система.

У проєкті необхідно передбачити відповідні заходи, що не допускають або унеможливають зниження несучої здатності ґрунтів основи.

2.9.1 Вихідні дані для проектування

Фундамент проектується під найбільш завантажену колону каркаса споруди. Найбільш завантаженою виявилася металева колона з двотавра 40К2.

Клас бетону ростверку за міцністю на стиск В12,5. Розрахунковий опір бетону осьовому розтягуванню $R_{bt} = 0,66 \text{ МПа}$, призмочна міцність $R_b = 7,5 \text{ МПа}$. Арматура зі сталі класу А400.

Район будівництва - м. Броди. Нормативна глибина сезонного промерзання ґрунту в м. Броди становить 1,5 м.

Інженерно-геологічну колонку представлено на рисунку 3.30. Геологічну будову вивчено до глибини 15,2 м. У межах майданчика на період вишукувань до глибини 15,2 м водоносний горизонт підземних вод не розкрито.

Під час розрахунку в ПК SCAD з урахуванням несприятливого поєднання отримали зусилля на обрізі:

$$N = -221 \text{ кН}$$

$$M = 59,1 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$Q = -21 \text{ кН}.$$

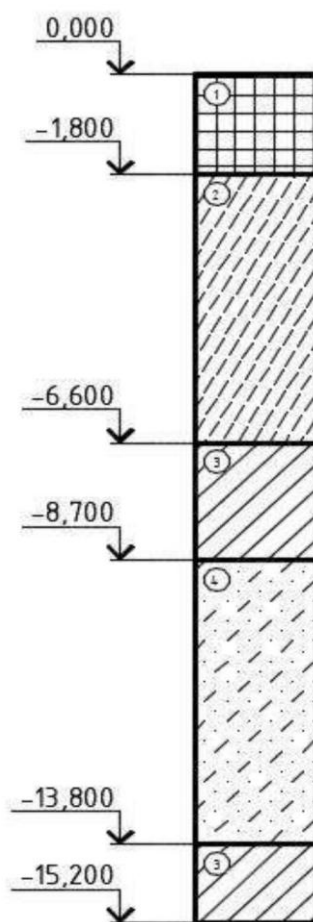


Рисунок 2.30 - Інженерно-геологічний розріз

Потужність насипного ґрунту - 1,8 м.

Нижче в межах усього майданчика вишукувань залягає супісок пластичний слабопросадковий до глибини 6,6 м. Нижче позначки -6,6 м у межах усього майданчика вишукувань залягає суглинок напівтвердий непросадочний до глибини 8,7 м. Нижче суглинків у межах усієї площі вишукувань до глибини 13,8 м залягає супісок пластичний непросадочний. Нижче знову залягає до глибини 15,2 м суглинок напівтвердий непросадочний.

Щільність ґрунту ρ визначається за формулою

$$\rho_d = \frac{\rho_s}{(1 + e)} \quad (2.31)$$

$$\rho = \rho_d \cdot (1 + w), \quad (2.32)$$

де ρ_d - густина сухого ґрунту ;т/м³ ρ_s - густина частинок ґрунту ;т/м³ e -

коефіцієнт пористості; w - вологість ґрунту. 2. Коефіцієнт водонасичення ґрунту S_r визначається за формулою

$$S_r = \frac{w \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w} \quad (2.33)$$

де ρ_w — густина води, т/м³. Коефіцієнт пористості ґрунту визначається за формулою

$$e = \frac{(\rho_s - \rho_d)}{\rho_d} \quad (2.34)$$

Питома вага водонепроникного ґрунту і вище рівня підземних вод визначається за формулою

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (2.35)$$

де g - прискорення вільного падіння, м/с².

Питома вага водопроникного ґрунту нижче рівня підземних вод γ_{sb} визначається за формулою

$$\gamma_{sb} = \frac{g \cdot (\rho_s - 1)}{(1 + e)} \quad (2.36)$$

Показник плинності J_L для глинистих ґрунтів

$$J_L = \frac{(w - w_p)}{(w_L - w_p)} \quad (2.37)$$

де w_L - вологість на межі плинності; w_p - вологість на межі пластичності.

Нормативні значення питомого зчеплення ґрунту (C_{II}), кута внутрішнього тертя (ϕ_{II}), модуля деформації (E) і розрахункового опору ґрунту визначаємо за [дод. А і Б, 15].

2.9.2 Проектування пальового фундаменту під колону пілона

Глибина закладення ростверку, довжина палі та допустиме навантаження на палю приймається аналогічною, як у пункті 1.4.

Глибина закладення ростверка – 1,500 м. З огляду на те, що верх ростверку проектується на рівні землі, висота ростверку приймається рівною 1,5 м.

Як несучий шар обрано супісок пластичний, що залягає з позначки –1,800 м. Прийнято палю завдовжки 4 м (С40.30) за [12]; відмітка нижнього кінця складе –5,2 м, а заглиблення в супісок – 3,4 м.

Під час розрахунку в ПК SCAD з урахуванням несприятливого поєднання отримали зусилля в пілоні на обрізі:

$$N = -1396 \text{ кН}; M = 3,45 \text{ кН} \cdot \text{м}; Q = -1,39 \text{ кН}.$$

Кількість паль визначаємо за формулою

$$n = \frac{\sum N_i}{\left(\frac{F_d}{\gamma_k}\right) - \bar{A} \cdot d_p \cdot \gamma_{cp}} = \frac{1396}{300 - 0,9 \cdot 1,5 \cdot 20} = 5,11 \text{ шт} \approx 6 \text{ шт}.$$

Приймаємо 6 паль. Розміщення паль у куці показано нижче.

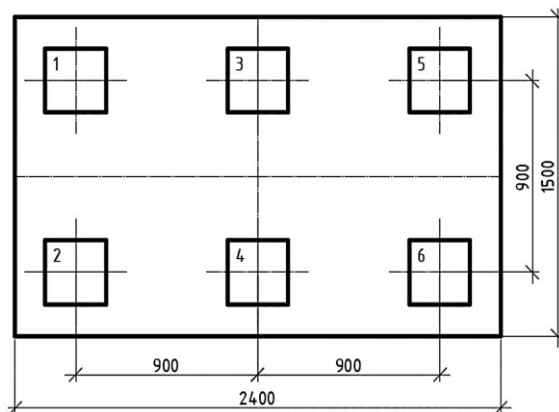


Рисунок 2.40 - План пального куца

Пальовий куш розраховується від навантажень, що діють по підшві ростверку, за 1-ою групою граничних станів. Тому всі навантаження приводяться до центру ростверку (поздовжньої осі колони) на рівні підшви.

$$N' = N_k + N_{cm} + G_p;$$

$$M' = M_k + Q \cdot d - N_{cm} \cdot a;$$

$$Q' = Q_k.$$

Тут $G_p = 1,1 \cdot b_p \cdot l_p \cdot d_p \cdot \gamma_{mt} = 1,1 \cdot 1,5 \cdot 2,4 \cdot 1,5 \cdot 20 = 118,8 \text{ кН}$ – орієнтовна вага ростверку.

$$N' = N_k + N_\phi = 1396 + 118,8 = 1514,8 \text{ кН}$$

$$M' = M_k + Q \cdot (d - 0,15) = 3,45 + 1,39 \cdot (1,5 - 0,15) = 5,33 \text{ кН} \cdot \text{М};$$

$$Q' = Q_k = 21 = 1,39 \text{ кН}.$$

Визначення навантаження на кожну палю

Визначаємо розрахункове навантаження на палю під час дії моментів і знаходимо навантаження на кожну палю

$$N_{cb}^{1,2} = \frac{1514,8}{6} - \frac{5,33 \cdot 0,6}{4 \cdot 0,6^2} + 1,1 \cdot 10 \cdot 0,93 = 260,5 \text{ кН}$$

$$N_{cb}^{3,4} = \frac{1514,8}{6} + 1,1 \cdot 10 \cdot 0,93 = 262,7 \text{ кН}$$

$$N_{cb}^{5,6} = \frac{1514,8}{6} + \frac{5,33 \cdot 0,6}{4 \cdot 0,6^2} + 1,1 \cdot 10 \cdot 0,93 = 264,9 \text{ кН}.$$

$$N_{cb} = 264,9 \text{ кН} \leq \frac{F_d}{\gamma_k} \cdot 1,2 = 360 \text{ кН}.$$

Умова виконується, несуча здатність паль забезпечена.

Конструювання пальового фундаменту

Проектований ростверк має розміри 1500x2400 мм. Сполучення ростверку з палями - жорстке, тому що присутні пучинисті ґрунти. Таким чином, перевірка паль за деформаціями на дію горизонтальних навантажень не потрібна.

На голови паль укладаються арматурні сітки плити. Стрижні сіток, що потрапляють на палі, вирізають, а сітки укладають із захисним шаром у 50 мм.

Клас бетону для ростверків за міцністю на стиск - не нижче В12,5. Армування підшви здійснювати сітками зі стрижнів арматури класу А400.

По довгій стороні влаштовується сходи́нка з вильотом 600 мм, по короткій стороні сходи́нка з вильотом 300 мм. Висота сходи́нки - 600 мм. Розмір

підколонника - 900x1200 мм

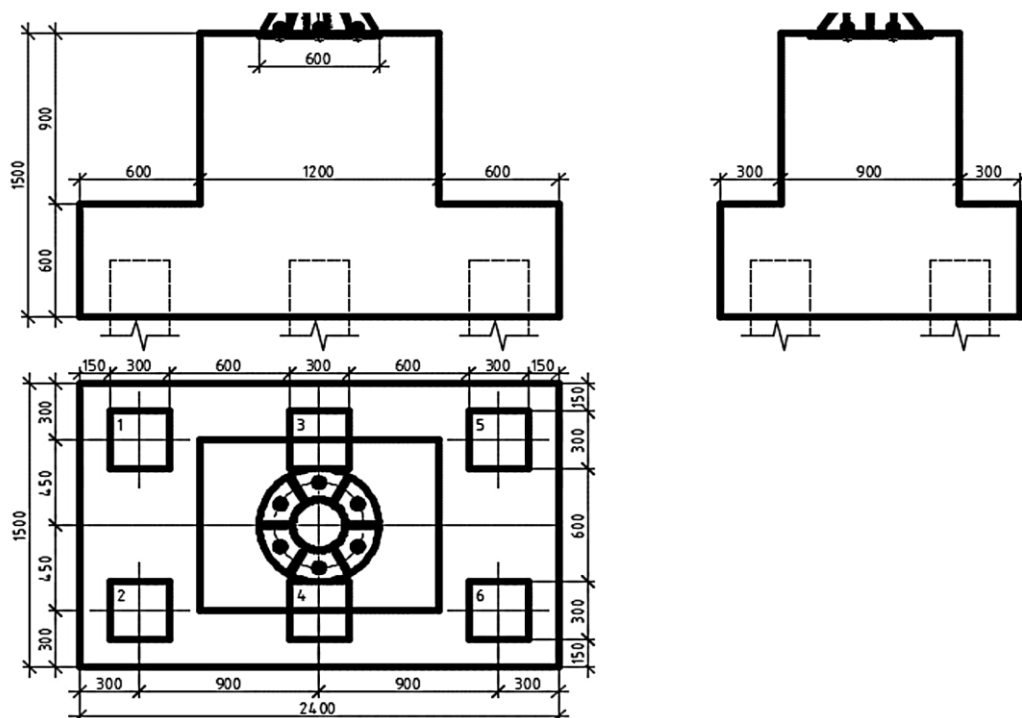


Рисунок 2.41 - Конструювання пальового куща під колону

Розрахунок ростверку на продавлювання колоною

Розрахунком на продавлювання плитної частини колоною перевіряється достатність прийнятої висоти ростверку.

Під час цього розрахунку уточнюють, що піраміда продавлювання починається від дна склянки з гранями, що становлять кут 45° з вертикаллю або торкаються внутрішніх граней паль.

Перевірка на продавлювання проводиться з умови (2.38)

$$F \leq \frac{2 \cdot R_{bt} \cdot h_{op}}{\alpha} \cdot \left[\frac{h_{op}}{c_1} \cdot (b_c + c_2) + \frac{h_{op}}{c_2} \cdot (l_c + c_1) \right] \quad (2.38)$$

де F - розрахункова продавлювальна сила, кН, яка визначається від навантаження, прикладеного до обрізу ростверку;

R_{bt} - розрахунковий опір бетону розтягуванню, для бетону класу В12,5 приймається рівним 600 кПа;

c_1, c_2 - відстань від граней колони до граней основи піраміди продавлювання (не більше h_{op} і не менше $0,4h_{op}$), м;

h_{op} - робоча висота перерізу ростверку, м;

α - коефіцієнт, що враховує часткову передачу поздовжньої сили N через стінки склянки (не менше 0,85).

$$\alpha = 1 - \left(\frac{0,4 \cdot R_{bt} \cdot A_c}{N_{max}} \right) = 1 - 0 = 1,$$

де A_c - площа бічної поверхні колони, закладеної в стакан фундаменту.

Оскільки сполучення колона - фундамент шарнірне, то $A_c = 0$.

$h_{op} = 0,6 - 0,05 = 0,55$ м - робоча висота січення.

$$F = 2 \cdot (260,5 + 262,7 + 264,9) = 1576,2 \text{ кН}.$$

Підставимо отримані значення і виконаємо перевірку:

$$F = 1576,2 \text{ кН} \leq \frac{2 \cdot 600 \cdot 0,55}{1} \cdot \left[\frac{0,55}{0,22} \cdot (0,6 + 0,22) + \frac{0,55}{0,22} \cdot (0,6 + 0,22) \right] \\ = 2706 \text{ кН}.$$

Умова виконується, продавлювання не відбувається. Висота ростверку і клас бетону підібрані правильно.

Перевірка на продавлювання кутовою палею проводиться за формулою (2.39).

$$N_{cs} \leq R_{bt} \cdot h_{o1} \cdot [\beta_1 \cdot (b_{o2} + 0,5 \cdot c_{o2}) + \beta_2 \cdot (b_{o1} + 0,5 \cdot c_{o1})], \quad (2.39)$$

де N_{cg} - найбільше зусилля в кутовій палі, приймаємо рівним 264,9 кН ;

R_{bt} - розрахунковий опір бетону розтягуванню, для бетону класу В12,5 приймається рівним 600 кПа;

h_{o1} - робоча висота ступеня ростверку, м;

b_{o1}, b_{o2} - відстані від внутрішніх граней паль до зовнішніх граней ростверку, м;

c_{o1}, c_{o2} - відстань від внутрішньої грані паль до колони, м;

β_1, β_2 - безрозмірні коефіцієнти, що залежать від h_{o1}/c , але не менше 0,6 і

не більше 1.

Виконаємо перевірку

$$N_{cb}=264,9 \leq 600 \cdot 0,55 \cdot [1 \cdot (0,45 + 0,5 \cdot 0,22) + 1 \cdot (0,45 + 0,5 \cdot 0,22)] = 369,6.$$

Умова виконується, продавлювання не відбувається.

Моменти в перерізах ростверку визначають за формулами

$$M_{xi} = N_{cb,i} \cdot x_i,$$

$$M_{yi} = N_{cb,i} \cdot y_i,$$

де $N_{c,i}$ - розрахункове навантаження на палю, кН .

x_i, y_i - відстань від центру кожної палі в межах консолі, що згинається, до перерізу, що розглядається, м.

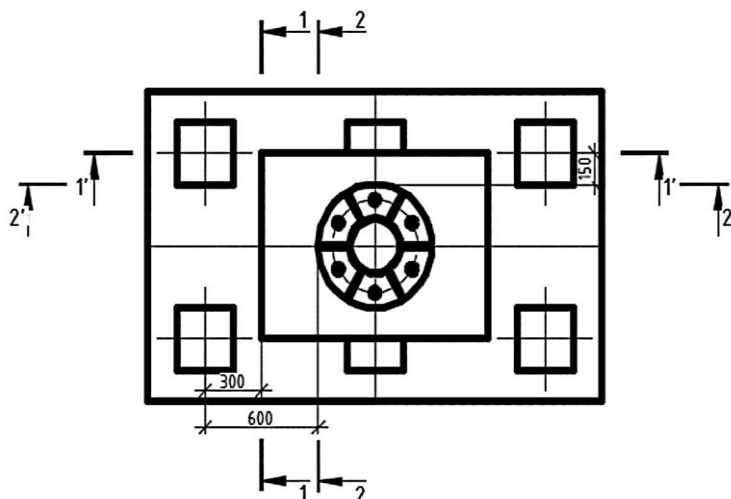


Рисунок 2.42 - Схема розрахунку плити ростверку на вигин

$$M_{1-1} = 2 \cdot 260,5 \cdot 0,3 = 156,3 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{2-2} = 2 \cdot 260,5 \cdot 0,6 = 312,6 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{1'-1'} = (260,5 + 262,7 + 264,9) \cdot 0 = 0$$

$$M_{2'-2'} = (260,5 + 262,7 + 264,9) \cdot 0,15 = 118,2 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Розрахунок перерізу арматури проводимо в табличній формі.

Конструюємо сітку С1. Крок арматури в обох напрямках 200 мм, число стрижнів у напрямку b – 12, у напрямку l – 8. Довжини стрижнів: 1450 мм і 2300 мм відповідно.

У напрямку b приймаємо $12\emptyset 10 \text{ A400}$ з $A_s = 9,42 \text{ см}^2 > 8,31 \text{ см}^2$.

У напрямку l приймаємо $8\emptyset 10 A400$ з $A_s = 6,28 \text{ см}^2 > 2,33 \text{ см}^2$. Сітку С2 для армування підколонника приймаємо конструктивно. Для сітки С2 поздовжні стрижні $A400 \emptyset 10$ довжиною 1450 мм розставляємо з кроком 200 мм, поперечні стрижні $A240\emptyset 6$ довжиною 1150 мм розставляємо з кроком 600 мм.

РОЗДІЛ 3

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ

У межах роботи розглянемо 2 варіанти конструктивного рішення несучого пілона, що підтримує консольні вильоти конструкцій покриття Центру авіапідготовки, а також виступає як декоративний елемент екстер'єру споруди.

3.1 Варіант 1

У першому варіанті передбачається влаштування пілона з металевих колон. За даними розрахунку в ПК SCAD було отримано перетин колони з круглих труб діаметром 273 мм із товщиною стінки 14 мм.

Ця ґратчаста конструкція являє собою похилу трикутну піраміду висотою 35 м. Крок колон в осях В-Д - 4 м, в осях 1-2 - 6 м.

Між колонами для рівномірного розподілу навантаження і збереження загальної стійкості влаштовуються перехресні зв'язки з круглих труб. Конструкція пілона розбита на 4 яруси заввишки 8,75 м кожен. Перехресні зв'язки влаштовують у межах перших трьох ярусів.

Прикріплення вант до колон здійснюється на вершині третього ярусу на позначці +26,250 м. Сталеві канати кріпляться до фасонки, приварених до металевих колон.

Сполучення колон із фундаментом здійснюється через жорсткі вузли.

Основною перевагою металевих колон є можливість сприймати значні навантаження при відносно невеликих перетинах внаслідок значної міцності металу. Крім того, ці конструкції відрізняються легкістю, транспортабельністю і простотою монтажу.

До недоліків можна віднести низьку корозійностійкість і вогнестійкість, через що потрібне застосування спеціальних захисних покриттів.

Конструктивну схему представлено на рисунку 3.1.

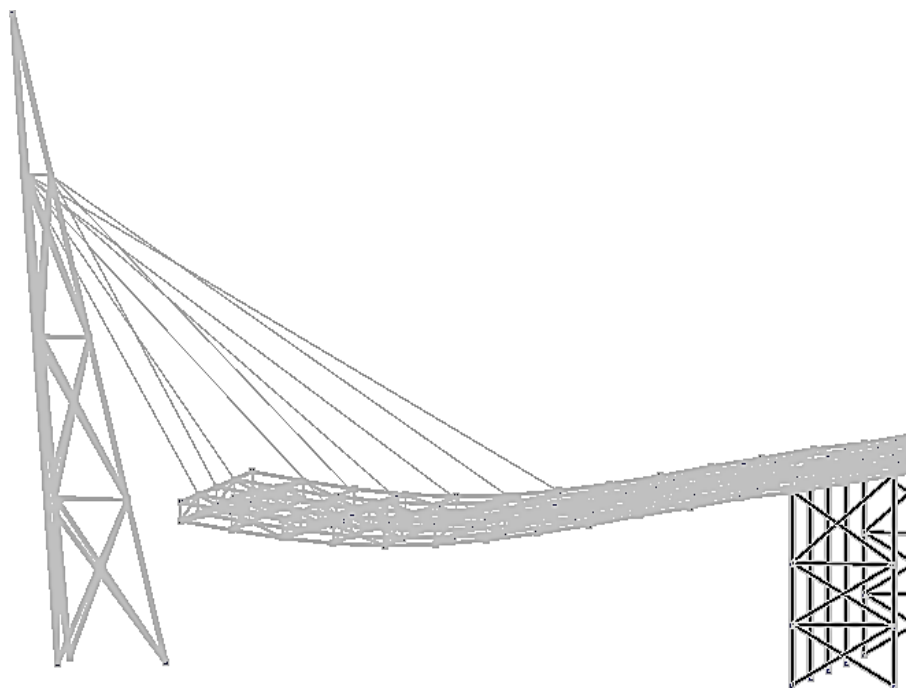


Рисунок 3.1 - Конструкція пілона з металевих круглих труб

3.2 Варіант 2

У другому варіанті було розглянуто влаштування колон пілона із залізобетону. За даними розрахунку в ПК SCAD було отримано переріз колони 600х600 мм із бетону класу В30 із шістьма несучими арматурними стрижнями діаметром 20 мм.

Ця конструктивна схема являє собою трикутну піраміду висотою 35 м. Крок колон у вісях В-Д - 4 м, у вісях 1-2 - 6 м.

Після зведення конструкції передбачається обшивка пілона панелями з керамограніту для утворення замкнутої конструкції.

Між колонами для рівномірного розподілу навантаження і збереження загальної стійкості влаштовуються перехресні зв'язки зі спарених куточків. Конструкція пілона розбита на 4 яруси заввишки 8,75 м кожен. Перехресні зв'язки влаштовують у межах перших трьох ярусів.

Прикріплення вант до залізобетонних колон здійснюється на вершині третього ярусу на позначці +26,250 м за допомогою закладних деталей і приварених до них фасонки.

Сполучення колон із фундаментом - жорстке.

Основними перевагами залізобетонних колон порівняно з металевими є низька вартість, вогнестійкість і стійкість до корозії, висока механічна міцність і довговічність, а також можливість зводити конструкції будь-якої форми.

Серед недоліків можна відзначити дороге транспортування ЗБВ, необхідність витримки до набуття міцності, необхідність у додаткових будівельних матеріалах і техніці (бетононасоси, міксери, опалубка, арматура).

Конструктивну схему представлено на рисунку 3.2.

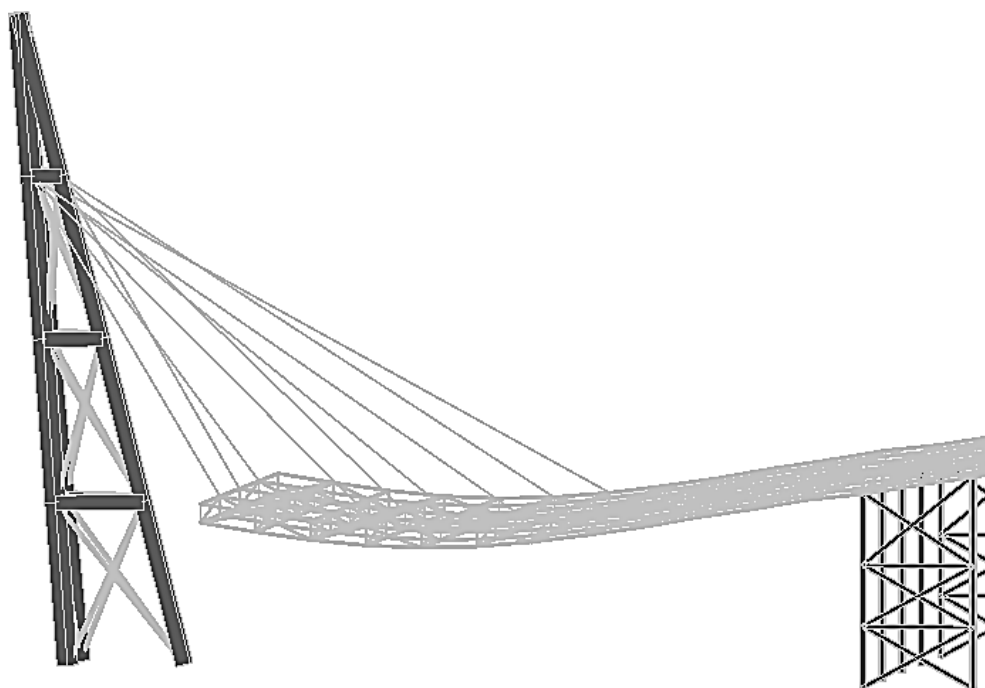


Рисунок 3.2 - Конструкція пілона із залізобетонних колон

3.3 Порівняння варіантів. Остаточний вибір варіанту конструкції

Порівняння варіантів зробимо на основі обчислених техніко-економічних показників. Для цього необхідно визначити обсяги матеріалу на несучі конструкції і трудовитрати на їх зведення.

3.3.1 Визначення витрат бетону, арматури та металу на несучі конструкції

У першому варіанті необхідно визначити маси відправних елементів.

Визначимо розрахункові параметри в табличній формі. Розрахунок представлено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Розрахункові обсяги металевих колон

Профіль	Маса 1 п. м., кг	Довжина елемента, м	Маса елемента, т	Кількість	Загальна маса, т
O273x14	89,42	35,2	3,15	2	6,3
		36,12	3,23	1	3,23

У другому варіанті необхідно визначити об'єм бетону в колонах, масу арматури і площу поверхні колон.

Визначимо розрахункові параметри в табличній формі. Розрахунок представлено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Розрахункові обсяги залізобетонних колон

Перетин колони, мм	Кількість, шт.	Загальна довжина, м	Загальний обсяг, м ³	Загальна маса арматури, т		Загальна площа поверхні, м ²
				d=20 мм	d=6 мм	
600x600	2	35,2	12,672	2,1	0,235	168,96
	1	36,12	13,003			86,69

3.3.2 Техніко-економічне порівняння

Як техніко-економічний аналіз будемо порівнювати трудомісткість монтажу залізобетонних і металевих колон. Техніко-економічне порівняння проводимо в табличній формі, розрахунки наведено в таблиці 3.3 для залізобетонних колон, у таблиці 3.4 для металевих колон відповідно.

Таблиця 3.3 - Розрахунок трудовитрат на зведення залізобетонних колон

Найменування технологічного процесу та його операцій	Обсяг робіт	Од. вим.	Норма часу, люд.-год.	Витрати часу, люд.-год.
Влаштування опалубки щитової	255,65	м ²	0,40	102,26
Розбирання опалубки (щитової)	255,65	м ²	0,15	38,35
Установлення і в'язка арматури діаметром до 6 мм окремими стрижнями в колони	0,235	т	26,5	6,23
Встановлення та в'язання арматури діаметром до 26 мм окремими стрижнями в колони	2,1	т	8,7	18,27
Укладання бетонної суміші в колони 600х600 мм	38,35	м ³	1,10	42,19

Таблиця 3.4 - Розрахунок трудовитрат на зведення металевих колон

Найменування технологічного процесу та його операцій	Обсяг робіт	Од. вим.	Норма часу, люд.-год.	Витрати часу, люд.-год.
Монтаж колон довжиною елемента 35,2 м	2	шт	3,5	7,00
Додавати на 1 т	6,3	т	2,36	14,87
Монтаж колон довжиною елемента 36,12 м	1	шт	3,5	3,50
Додавати на 1 т	3,23	т	2,42	7,82

Висновок: за результатами техніко-економічного аналізу трудомісткість зведення металевих колон практично в 6 разів менша, ніж влаштування залізобетонних колон. Таке зниження трудомісткості дає змогу значно знизити термін зведення об'єкта і зменшити кількість робіт на будівельному майданчику, що відповідає сучасним тенденціям технологічності.

Таким чином, перший варіант конструктивного рішення пілона зі сталевих труб є найбільш прийнятним. Приймаємо його для подальшого проектування.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

4.1.1 Організація безпечних умов праці на будівельному майданчику

Забезпечення безпечних умов праці на будівельному майданчику є одним із ключових завдань під час реалізації проєкту. Для цього необхідно дотримуватися низки заходів, що відповідають нормам законодавства України.

Основні законодавчі та нормативні акти:

- Кодекс законів про працю України (КЗпП) – регламентує основні положення щодо організації праці та охорони праці.
- Закон України "Про охорону праці" – встановлює правові основи реалізації права працівників на безпечні та здорові умови праці.
- ДСТУ EN ISO 45001:2019 – Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці.
- ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислова безпека у будівництві" – основний документ, що регламентує вимоги до охорони праці на будівельних майданчиках.
- Правила безпеки праці у будівництві (НПАОП 45.2-7.02-12).

Відповідно до ДБН А.3.2-2-2009 [22] під час зведення будівельних об'єктів повинні бути вжиті заходи для запобігання впливу на працівників та населення, яке перебуває на прилеглий до будівельного об'єкта території, небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Організація виконання будівельно-монтажних робіт повинні відповідати вимогам:

- законодавства України про охорону праці;
- природоохоронного законодавства;
- нормативно-правових актів, що містять вимоги з охорони праці;
- державних стандартів системи стандартів безпеки праці (ССБП);
- державних будівельних норм (ДБН);

- правил безпечного зведення та безпечної експлуатації будинків і споруд;
- галузевих правил і типових інструкцій з охорони праці, що затверджені у визначеному порядку;
- гігієнічних нормативів, санітарних правил і норм, затверджених Міністерством охорони здоров'я України.

Будівельні майданчики, робочі ділянки, робочі місця повинні бути забезпечені необхідними засобами колективного та індивідуального захисту, первинними засобами пожежогасіння, а також засобами зв'язку та сигналізації. Згідно зі ст. 8 Закону «Про охорону праці» на роботах із шкідливими і небезпечними умовами праці, а також роботах, пов'язаних із забрудненням, несприятливими метеорологічними умовами, працівникам видаються безплатно (за кошти роботодавця) спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту відповідно до НПАОП 0.00-4.01, НПАОП 45.2-3.01.

Відповідальність за дотримання вимог безпеки під час експлуатації машин, електро- та пневмоінструменту, а також технологічного оснащення покладається:

- за технічний стан машин, інструменту, технологічного оснащення включно із засобами захисту – на організацію (особу), на балансі (у власності) якої вони знаходяться, а у разі їх передачі у тимчасове користування (оренду) – на організацію (особу), визначену договором;
- за безпечне виконання робіт – на організації, які виконують роботи.

Перед початком виконання робіт у місцях, де діють або можуть виникати небезпечні виробничі фактори, не пов'язані з характером виконуваної роботи, відповідальний виконавець робіт повинен видати наряд-допуск на виконання робіт підвищеної небезпеки. Наряд-допуск видається на строк, необхідний для виконання запланованого обсягу робіт. У разі виникнення в процесі виконання робіт небезпечних або шкідливих виробничих факторів, не передбачених нарядом-допуском, роботи необхідно припинити, наряд-допуск анулювати і поновити роботи тільки після видачі нового наряду-допуску. У разі залучення до трудового процесу жінок необхідно дотримуватись граничних норм підймання і

переміщення важких речей жінками (наказ МОЗ України від 10.12.1993 № 241) і Переліку важких робіт із шкідливими і небезпечними умовами праці, на яких забороняється застосування праці жінок (наказ МОЗ України від 29.12.1993 № 256).

У разі залучення до трудового процесу підлітків необхідно дотримуватись граничних норм підймання і переміщення важких речей неповнолітніми (наказ МОЗ України від 22.03.1996 № 59) і вимог Переліку важких робіт із шкідливими і небезпечними умовами праці, на яких забороняється застосування праці неповнолітніх (наказ МОЗ України від 31.03.1994 №46). Допуск на будівельний майданчик сторонніх осіб або працівників, що не зайняті на роботах на даній території, а також осіб, що перебувають у стані алкогольного, токсичного або наркотичного сп'яніння – забороняється. Особи, що перебувають на території будівельного майданчика, у виробничих приміщеннях, на робочих місцях і ділянках робіт, зобов'язані виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку даної організації.

4.1.2 Перелік заходів і проєктних рішень щодо визначення технічних засобів і методів роботи, які забезпечують виконання нормативних вимог охорони праці

Основними небезпечними виробничими факторами під час виконання робіт є:

- робота будівельних машин і механізмів, їхня спільна робота;
- робота на висоті;
- робота з електроінструментом і поблизу електричних мереж;
- роботи з транспортування та складування будівельних вантажів;
- небезпека виникнення пожежі;
- шкідливі санітарно-гігієнічні чинники (недостатня освітленість, хімічно активні або отруйні речовини).

Наказами по організації мають бути призначені особи, відповідальні за

забезпечення охорони праці в межах доручених їм діляниць робіт, а також особа, відповідальна за безпечне виконання робіт краном.

В організації та на будівельному майданчику має бути організовано проведення перевірок, контролю та оцінки стану охорони та умов безпеки праці на різних рівнях.

Територія будівельного майданчика огорожується постійною огорожею, а ділянки виконання робіт - тимчасовими огорожами.

Під час виконання робіт на будівельному майданчику виключається присутність сторонніх осіб. Будівельний майданчик обладнується необхідними знаками безпеки та наочною агітацією.

На огорожах у темний час доби мають бути виставлені світлові сигнали.

До початку робіт виконроб повинен ознайомити всіх робітників з найнебезпечнішими моментами робіт і зобов'язаний вжити всіх запобіжних заходів для запобігання нещасним випадкам.

Під час робіт на висоті забороняється виконання робіт за вітру силою 6 балів (швидкість 12 м/сек) і більше, а також під час дощу і грози.

Під час роботи крана необхідно дотримуватися вимог, що стосуються вимог до експлуатації кранів і безпеки виконання вантажно-розвантажувальних робіт. Щоб уникнути доступу сторонніх осіб, небезпечні зони роботи крана повинні бути огорожені сигнальною огорожею.

Будівельний майданчик має бути обладнаний комплексом первинних засобів пожежогасіння - пісок, лопати, багри, вогнегасники. Під час робіт наявна система трубопроводів пожежогасіння повинна бути в справному стані.

З метою дотримання протипожежної безпеки посадові особи (майстер, виконроб) зобов'язані:

- провести інструктаж усіх осіб, які беруть участь у будівництві, з реєстрацією в спеціальному журналі;
- знати і точно виконувати протипожежні заходи, передбачені проєктом;
- знати і точно виконувати правила пожежної безпеки, здійснювати контроль за дотриманням їх усіма працюючими на будівництві;

- забезпечити наявність, справне утримання та готовність до застосування засобів пожежогасіння;
- забезпечити відключення після закінчення робочої зміни всієї системи електропостачання будівельного майданчика, крім чергового освітлення, освітлення місць проходів, проїздів території будівельного майданчика;
- регулярно, не рідше одного разу на зміну, перевіряти протипожежний стан;
- обов'язково знати пожежну небезпеку застосовуваних у будівництві матеріалів і конструкцій;
- встановити перелік професій, працівники яких повинні проходити навчання за програмою пожежно-технічного мінімуму;
- установити наказом або розпорядженням посадових осіб, які відповідають за протипожежне виконання будівельно-монтажних робіт, з організацією добровільних пожежних дружин.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Законодавча база України

Основу нормативно-правової бази в сфері цивільної оборони, захисту населення і території від наслідків надзвичайних ситуацій складають: Кодекс цивільного захисту України, закони «Про війська цивільної оборони», «Про аварійно-рятувальні служби»; укази Президента України «Про Концепції захисту населення і територій у випадку загрози і виникнення НС» і Положення «Про міністерство України з питань НС і в справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи», постанови Кабінету Міністрів України про затвердження «Положення про цивільну оборону України», «Про єдину державну систему попередження і реагування на НС техногенного і природного характерів», «Положення про керування з питань НС і цивільного захисту населення обласних і міських державних адміністрацій» та інші нормативні акти.

4.2.2 Оцінка масштабу, розмірів втрат та інших наслідків можливої НС на будівельному об'єкті

Оцінка обстановки – порядок визначення ступеню ураженості об'єкта чи території, можливих об'ємів завданих збитків та вплив вторинних факторів на проведення рятувальних та інших невідкладних робіт (РіНР) в осередку ураження від надзвичайних ситуацій (НС).

Вони залежать від конкретних умов виникнення або загрози виникнення надзвичайних ситуацій мирного чи воєнного часу [27].

По часу оцінка обстановки може бути - завчасна, планова, термінова.

В мирний час відповідно до Закону України «Про страховий фонд документації» на всій території України проведений моніторинг наявності потенційно небезпечних об'єктів чи явищ, що можуть призвести до виникнення надзвичайних ситуацій. Оцінку обстановки можна попередньо проводити по карті місцевості району, де існує загроза або виникла надзвичайна ситуація.

На підставі цих досліджень розроблені плани дій під час загрози або виникнення НС. В яких ґрунтовно описані можливі наслідки тої чи іншої надзвичайної ситуації та шляхи її подолання - зменшення жертв, пошкоджень, руйнувань та інше.

Оцінка обстановки визначає:

- характер і об'єм руйнувань і пошкоджень, нанесені збитки і втрати;
- види аварійно-рятувальних робіт та можливий їх об'єм;
- радіаційну, хімічну, інженерну, пожежну та інші обстановки та їх вплив на виконання завдань;
- найбільш доцільні напрямки висування в введення сил ЦО в вогнище чи на територію ураження;
- місце розташування, стан і забезпеченість сил ЦО та їх можливості по виконанню завдань;
- вплив вторинних факторів ураження, погоди, пори року і доби, характер місцевості.

За результатами аналізу оцінки обстановки приймається рішення про ведення РіНР в осередках ураження чи на територія, яка потерпіла від НС.

Рішення на виконання завдань по локалізації та ліквідації наслідків НС включає:

- на що направлення основні зусилля сил та засобів;
- порядок ведення рятувальних та інших невідкладних робіт в осередку ураження чи події;
- організація зв'язку та управління підчас ведення РіНР;
- порядок взаємодії сил і засобів залучених на проведення робіт;
- час проведення РіНР.

Форми і методи оцінки обстановки при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій залежать в першу чергу від виду надзвичайної ситуації.

На місце загрози або виникнення НС терміново виїжджає мобільно-оперативна група у складі: спеціалістів з різних галузей.

Метою роботи цієї групи на місці НС є:

- обстеження місця виникнення НС, характеру, об'ємів та пошкоджень НС;
- надання при необхідності першої медичної допомоги потерпілим;
- визначення попередніх обсягів втрат (площі території, яка постраждала);
- готує пропозиції щодо першочергових заходів та обсягів робіт по локалізації та ліквідації (мінімізації) наслідків НС.
- координує дії служб на місці НС.

Під обстановкою розуміють сукупність наслідків НС, що впливають на нормальну життєдіяльність, виробництво продукції та дії сил при локалізації та ліквідації наслідків НС.

Аналіз пожежної небезпеки і захисту технологічних процесів виробництв здійснюється поетапно. Він містить у собі вивчення технологій виробництв, оцінку пожежонебезпечних властивостей речовин, виявлення можливих причин виникнення і запобіганню пожеж.

Під пожежною обстановкою розуміють сукупність наслідків впливу вражаючих факторів НС, у результаті яких виникають пожежі, які впливають на життєдіяльність людей.

Для оцінки пожежної обстановки необхідно провести такі заходи:

- визначити вид, масштаб і характер пожежі;
- провести аналіз впливу пожежі на стійкість окремих елементів і об'єкту в цілому, а також на життєдіяльність населення;
- вибрати найбільш доцільні дії пожежних підрозділів та формувань ЦО з локалізації і гасіння пожежі, евакуації при необхідності людей і матеріальних цінностей із зони пожежі.

Основна причина виникнення пожеж – необережне поводження з вогнем, порушення правил пожежної безпеки. Крім того, вони можуть виникнути в наслідок природних явищ (грозові розряди, землетруси, виверження вулканів, самозаймання торфу, підпал, вибух).

Межа вогнестійкості, вимірювана в годинах, визначається здатністю

несучих конструкцій протистояти вогню без обвалювань, прогинів, тріщин, і отворів, через які проникають продукти горіння.

Вона становить для будинків:

- I ступеня вогнестійкості – понад 2 годин;
- II ступеня до 2 годин;
- III ступеня - 1,5 години;
- IV ступеня - 1 година.

За категоріями вибухонебезпечності будинки поділяють на п'ять категорій:

Категорії А і Б – вибухопожежонебезпечні, В, Г, Д – пожежонебезпечні.

Пожежа характеризується видом, масштабом або щільністю, розвитком і швидкістю поширення, тепловою радіацією, тривалістю горіння, температурою горіння, зоною задимлення.

Види пожеж: окремі, масові, суцільні, вогневий шторм, лісові, степові, торф'яні, тління, горіння в завалах.

Розвиток і швидкість поширення пожеж визначається ступенем вогнестійкості будинку, відстанню між ними, щільністю забудови, метеоумовами і порою року.

Розвиток пожеж незалежно від їх розмірів і місця виникнення відбувається за однією загальною закономірністю і поділяється на три фази:

- I фаза – поширення полум'я від початкового горіння до охоплення великої частини горючих матеріалів. Ця фаза характеризується спочатку порівняно невеликою температурою і швидкістю поширення вогню, тому пожежа може бути ліквідована у перші 15-20 хвилин за короткий час обмеженими засобами. Тривалість фази до 2 годин в залежності від вогнестійкості будинків.;

- II фаза – стале горіння до моменту обвалення конструкцій, тривалість від 1 до 4 годин;

- III фаза – вигорання матеріалів завалених конструкцій при невеликих швидкостях горіння і теплової радіації, тривалість від 2 до 5 годин.

Залежно від масштабів пожеж застосовують то чи іншу тактику ведення боротьби з ним, та залучають відповідні сили і засоби. Це може бути окрема тема

для вивчення.

Отже, оцінка обстановки при виникненні надзвичайних ситуацій потребує значних об'ємів знань умінь і навичок, досвіду проведення рятувальних та інших невідкладних робіт в осередках ураження.

ВИСНОВКИ

Архітектурно-будівельний розділ. У цьому розділі визначено просторові, планувальні та функціональні рішення для авіаційного навчального центру, враховуючи сучасні вимоги до архітектурно-художніх, інженерних і конструктивних характеристик будівлі. Рішення забезпечують відповідність нормам пожежної безпеки, санітарно-гігієнічним стандартам і комфортним умовам експлуатації.

Розрахунково-конструктивний розділ. Здійснено конструктивний аналіз основних елементів будівлі із застосуванням сучасних програмних комплексів. Визначено оптимальні параметри несучих конструкцій, які забезпечують стійкість, довговічність та мінімальну матеріалоемність. Проаналізовано вплив кліматичних умов, навантажень і деформацій.

Науково-дослідний розділ. Проведено порівняння варіантів конструктивних рішень, враховуючи витрати бетону, арматури та металу. Виконано техніко-економічне обґрунтування, що дозволило вибрати найбільш ефективний варіант. Отримані результати підтвердили доцільність вибраного підходу.

Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях. Розглянуто заходи з охорони праці та забезпечення безпеки працівників і відвідувачів. Описано організацію безпечних умов роботи на будівельному майданчику та під час експлуатації об'єкта. Додатково опрацьовано рекомендації щодо запобігання надзвичайним ситуаціям і мінімізації їх наслідків.

Кваліфікаційна робота виконана відповідно до актуальних вимог проектування та будівництва авіаційних навчальних центрів. Результати дозволили розробити сучасний, технічно обґрунтований і економічно ефективний проект, що забезпечує надійність, довговічність і безпечність експлуатації будівлі. Запропоновані рішення можуть бути використані для реалізації аналогічних об'єктів у майбутньому.

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. ДСТУ Б В.2.6-77:2009 "Захисні споруди цивільного захисту" зі Зміною №1 [Чинний від 10.08.2023]. Вид. офіц. Київ: Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України, 2023. 112 с.
3. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення [Чинний від 01.10.2012]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.
4. ДСП 173-96 Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. Зі змінами [Чинний від 07.03.2019]. Вид. офіц. Київ: Міністерство охорони здоров'я України, 1996. 46 с.
5. ДБН В.2.2-40:2018 Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. Із Зміною № 1 [Чинний від 01.09.2022]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2022. 67 с.
6. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель [Чинний від 01.09.2022]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2022. 23 с.
7. ДБН В.1.2-14:2018 "Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд" із Зміною №1 [Чинний від 02.08.2018]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2022. 35 с.
8. Навантаження і впливи. Норми проектування: ДБН В.1.2–2:2006. – [Чинні від 01.01.2007]. – К.: Мінбуд України, Державне підприємство «Укрархбудінформ», 2006. – 75 с.
9. ДСТУ Б В.2.6-77:2009 Конструкції будинків і споруд. Двері металеві протипожежні. Загальні технічні умови [Чинний від 01.08.2009]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 16 с.
10. ДБН В.1.17-2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва.
11. ДБН В.2.2-9-2018 Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення.
12. ДБН В.2.1-10-2018 "Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні

положення" [Чинний від 02.08.2018]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2018. 36 с.

13. ДСТУ Б В.2.1-2-96. Ґрунти. Класифікація. – К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1995.

14. ДБН А.2.1–1-2008 Інженерні вишукування для будівництва. Основні положення. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2008.

15. ДБН В.2.6-198:2014 "Сталеві конструкції. Норми проектування"

16. Гудь, Михайло Іванович. "Підбір раціональної схеми розміщення в'язей у днищі плаваючого басейну." Праці конференції Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої 70-річчю від дня народження член-кореспондента НАН України, проф. Яснія Петра Володимировича „Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій “ (2022): 93-94.

17. Ясній, В. П.; Будз, В. І. Пристрої та системи захисту будівель та споруд від дії циклічних навантажень: сучасний стан та перспективи. Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій, 2023, 1.36: 105-114.

18. Kovalchuk, Yaroslav, Natalya Shynhera, and Yaroslav Shved. "Formation of input information arrays for computer simulation of welded trusses behavior under thermal force effects." Вісник Тернопільського національного технічного університету 110.2 (2023): 118-124.

19. Shved, Yaroslav. "Strength and deformation analysis of a welded truss under load in fire and emergency temperature conditions." Вісник Тернопільського національного технічного університету 112.4 (2023): 73-81.

20. Швед, Ярослав Леонідович, and Оксана Іванівна Міщук. "Комп'ютерне моделювання поведінки зварних ферм при дії циклічних навантажень." Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій “ 1 (2020): 34-34.

21. ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення" [Чинний від 30.12.2011]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 112 с.

22. Про охорону праці: Закон України від 14.10.92 р. № 2695-XII. Вид. офіц. Голос України 1992. 24 лист. № 49, ст.669.
23. ДСТУ-П OHSAS 18002: 2006 Системи управління безпекою та гігієною праці. Основні принципи виконання вимог (OHSAS 18002:2000, IDT).
24. ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення"
25. ДСТУ 2293–99 Охорона праці. Терміни та визначення основних понять.
26. ДСТУ Б А.3.2-15:2011 Норми освітлення будівельних майданчиків
27. ДСТУ Б В.2.8-43:2011 Огородження інвентарні будівельних майданчиків та ділянок виконання будівельно-монтажних робіт. Технічні умови
28. НПАОП 0.00-6.23–92 Про порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці
29. НПАОП 0.00-4.12–05 Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці.
30. Баран, Денис Ярославович, Михайло Іванович Гудь, and В. Шумейко. "Вплив високих температур на ударну в'язкість сталі 25Х1М1Ф." *Праці конференції Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої 70-річчю від дня народження член-кореспондента НАН України, проф. Яснія Петра Володимировича „Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій“* (2022): 89-90.
31. Каспрук В.Б. Методичні вказівки для написання розділу з Охорони праці в будівництві спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» - Тернопіль: ТНТУ, 2024. -15 с.
32. Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека». Навчальний посібник / В.С. Стручок, – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2022. – 150 с.
33. 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.