

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

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістра

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект спортивного центру в Кривому Розі з
дослідженням роботи купольної оболонки

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

(шифр і назва спеціальності)

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

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

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

Кафедра Будівельної механіки
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ясній В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Гвоздюку Володимирі Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект спортивного центру в Кривому Розі з дослідженням роботи купольної оболонки

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

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

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

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

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

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

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 АРХІТЕКТУРНІ РІШЕННЯ	7
1.1 Опис та обґрунтування зовнішнього та внутрішнього вигляду об'єкту капітального будівництва, його просторової, планувальної та функціональної організації.....	7
1.2 Опис та обґрунтування використаних композиційних прийомів при опрацюванні фасадів та інтер'єрів об'єкту капітального будівництва	9
1.3 Опис рішень з оздоблення приміщень основного, допоміжного, обслуговуючого і технічного призначення	10
1.4 Опис архітектурних рішень, що забезпечують освітлене освітлення приміщень з постійним перебуванням людей.....	11
1.5 Опис архітектурно-будівельних заходів, що забезпечують захист приміщень від шуму, вібрації та іншого впливу	11
1.6 Опис рішень по декоративно-художньому і кольоровому оздобленню інтер'єрів.....	12
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ	13
2.1 Компонування конструктивної схеми покриття.....	13
2.2 Збір навантажень.....	15
2.2.1 Постійні навантаження.....	15
2.2.2 Тимчасові навантаження	17
2.3 Розрахунок покриття в програмному комплексі SCAD	30
2.3.1 Результати статичного розрахунку покриття.....	30
2.3.2 Конструювання меридіональних ребр	32
2.3.3 Підбір перерізів верхнього поясу МР	34
2.3.4 Підбір перерізів розкосів.....	42
2.3.5 Підбір перерізу нижнього поясу МР.....	45
РОЗДІЛ 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ.....	50
3.1 Варіантне проектування.....	50

3.1.1. Вибір покриття блоку з басейнами в складі центру плавання і спорту	50
.....	50
3.1.2 Варіант 1	51
3.1.3 Варіант 2	53
3.1.4 Варіант 3	55
3.3 Обґрунтування вибору варіанту перекриття	58
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	59
.....	59
4.1 Охорона праці	59
4.1.1 Законодавчі акти України	59
4.1.2 Розрахунок опалення для комфортних умов перебування в приміщенні	61
.....	61
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	63
4.2.1 Законодавча база України	63
4.2.2 Стійкість громадської споруди від ударної хвилі	63
ВИСНОВКИ	68
БІБЛІОГРАФІЯ	69

ВСТУП

Для розвитку міст важливим є наявність інфраструктури, що дозволяє задовольнити потреби мешканців. При забудові нових житлових комплексів потрібно передбачати і наявність об'єктів соціального призначення.

Спортивний центр є місцем, де можна займатися багатьма видами спорту, в тому числі плаванням. Оскільки будівля центру має незвичайне конструктивне рішення і сучасний дизайн, вона підкреслює загальну картину забудови міста і конкретного мікрорайону.

Актуальність теми.

Будівництво спортивного центру має численні переваги для спільноти та міста в цілому, зокрема:

- покращення здоров'я та фізичної активності;
- розвиток спортивної культури;
- соціальна інтеграція;
- підтримка молоді та розвиток талантів;
- економічний розвиток;
- покращення інфраструктури та архітектурного образу міста;
- туризм та рекреація.

Загально визнані переваги спортивних центрів роблять їх важливим елементом для сприяння фізичному, соціальному та економічному розвитку спільнот.

Мета роботи: Розробка проекту спортивного центру з дослідженням роботи купольної оболонки.

Об'єкт досліджень – просторовий купольний каркас громадської будівлі.

Предмет дослідження – внутрішні зусилля в просторовому купольному каркасі громадської будівлі від дії експлуатаційних навантажень.

Доцільність проведення спричинена тим, що отримані висновки дозволять підвищити ефективність та тривалість використання структурних елементів в громадських будівель.

Завдання роботи:

- розробити основні конструктивні та архітектурні рішення будівлі спортивного комплексу;
- виконати розрахунок основних несучих конструкцій будівлі комплексу;
- виконати статичний розрахунок декількох варіантів просторового купольного каркасу будівлі спортивного комплексу та на підставі аналізу внутрішніх зусиль визначити оптимальну конструкцію;
- розробити заходи по охороні праці та цивільному захисту населення.

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

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

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що отримала подальший розвиток методика моделювання роботи просторового купольного каркасу громадських будівель.

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

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

Публікація результатів магістерської роботи здійснена у збірнику тез вищезазначеної конференції.

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

Ключові слова: ПРОСТОРОВИЙ КУПОЛЬНИЙ КАРКАС, ГРОМАДСЬКА БУДІВЛЯ, СКІНЧЕННІ ЕЛЕМЕНТИ.

РОЗДІЛ 1

АРХІТЕКТУРНІ РІШЕННЯ

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

Об'єкт проектування представляє собою великопролітний центр плавання і спорту в Кривому Розі, що складається з двох блоків. Перший блок, де розташований плавальний басейн, запроектований одноповерховим з технологічним підвалом, круглим в плані. У технічному підвалі знаходяться вентиляційні камери, ІТП, електрощитова, хлорна, бойлерна, приміщення для фільтрації і коагуляції, очистка. Другий блок центру - будова перемінної поверховості, одно- і двоповерхова. Висота наземних поверхів цієї частини - 3 м. Висота поверхів залів для підготовчих занять і універсального спортивного залу - 8,37 м. – 41,23 м, другого – 9,5 м.

Перший блок включає в себе 7 басейнів: ванна 50x25 м призначена для спортивного плавання дорослих, включаючи людей з інвалідністю всіх категорій. Вона розрахована на 10 доріжок шириною 2,5 м з заглибленими ділянками до 5 м, одноразово чаша басейну може вмістити 120 чол. маломобільних груп населення (МГН). Дві ванни 25x16 м призначені для спортивного і оздоровчого плавання дорослих, включаючи людей з інвалідністю всіх категорій. Розраховані на 8 дорожніх доріг шириною 2 м, допустима здатність кожної ванни 64 людини (30 МГН). Спеціалізована ванна для стрибків у воді 25x20 м, максимальна глибина 6 м. Установлені вишки висотою 10, 7,5, 5, 3 і 1 м, а також трампліни два - 1 м, максимальна одночасна пропускна здатність становить 30 чоловік.

В окремому приміщенні запроектована ванна для навчання дітей від 7 до 14 років, що не вміють плавати, включаючи дітей всіх категорій пропускною здатністю 20 людей (10 МГН).

Обхідна доріжка функціонально поділена на дві зони: спортивного і

оздоровчого плавання і розважальну. Перша зона виділена піднесенням над рівнем чистої підлоги на 0,6 м, доступ здійснюється за допомогою чотирьох сходів з пандусом. По периметру зони встановлено огороження висотою 0,9 м.

У розважальній зоні передбачено місця для шезлонгів і ванни вільного плавання для дорослих з перемінною глибиною і водними атракціонами пропускною здатністю 80 осіб; для дітей з водними атракціонами з площею дзеркало води 70 м², пропускною здатністю 20 людей.

Усього максимальна пропускна здатність басейнів становить - 400 чоловік (100 МГН).

У другому блоку комплексу розташовані роздягальні жіночі, чоловічі на першому і другому поверхах, «сімейного типу» для людей з інвалідністю з пошкодженням опорно-рухового апарату з супровідними особами на першому поверсі, з санвузлами і душовими.

Також є спортивні зали для підготовчих занять і універсальний спортивний зал 36x18 м для бадмінтону, баскетболу, волейболу, міні-футболу, пропускною здатністю 30 людей, масажний і медичний кабінети, навчальні класи, їдальня.

Крім того, передбачені приміщення для адміністративного апарату, інженерних послуг, тренерського персоналу, інвентарні, кімнати відпочинку.

Розташування приміщень забезпечує переміщення відвідувачів у наступній послідовності: вестибюль з гардеробом верхнього одягу, роздягальні.

Парадний вхід до центру розташований з одного боку і має двоє розпашних дверей.

У проєктованій будівлі є 2 евакуаційні сходові клітини типу - Н2 з окремим виходом на вулиці. Також запроектовані наступні евакуаційні виходи - два безпосередньо на вулиці з універсального спортивного залу і залу для підготовчих занять, шість з першого блоку, а також п'ять з приміщень технічного підвалу через вікно і приямок. Передбачено 4 виходу на покрівлю, три з приміщення сходової клітини через протипожежний люк 2 типу розміром 0,6x0,8 м, один за допомогою пожежних сходів.

Вхідні групи і евакуаційні шляхи для маломобільних груп населення розроблені згідно з [20].

1.2 Опис та обґрунтування використаних композиційних прийомів при опрацюванні фасадів та інтер'єрів об'єкту капітального будівництва

Для зовнішнього оздоблення будівлі передбачено застосування сучасних ефективних оздоблювальних матеріалів і виробів – утеплення, навісний фасад, сучасні віконні блоки, вітражі і двері.

Композійним ядром даного об'єкта є клеєдерев'яний купол над першим блоком діаметром 110000 мм, висотою 40 м, також ця частина відокремлюється максимальним заскленням площ - вітражами.

Архітектура фасадів проектованого будинку центру плавання і спорту обумовлена ухваленим і обґрунтованим планувальним рішенням. Планувальне рішення виконано з дотриманням вимог санітарно-гігієнічних, протипожежних і вимог до приміщень у співвідношенні з технологією функціональних процесів, площам приміщень в будівлі, їх взаємної структури будівлі.

Зовнішнє оздоблення будівлі центру плавання і спорту:

- клеєдерев'яні меридіональні ребра купола на висоті скляного фасаду (до відм. +2,905) обшиті тепло- і вологоізоляційним матеріалом, з навісним фасадом;
- скляний фасад представляє собою модульний алюмінієвий профіль з двокамерним склопакетом з дзеркальним покриттям плівкою;
- купол покритий світлопрозорим покриттям, представленими легкими надувними подушками з синтетичної мембрани ETFE Texlon в габариті між крайніми кільцевими елементами;
- зовнішні стіни другого блоку облицьовані навісним дерев'яним фасадом;
- покрівля другого блоку - пласка з рулонних матеріалів;

- цоколь облицьований природним камінням;
- вікна - пластикові;
- двері евакуаційних виходів виконані протипожежними за індивідуальним виготовленням;
- двері внутрішні – дерев'яні;
- двері вхідні групи - алюмінієві засклені по індивідуальному виготовленню.

1.3 Опис рішень з оздоблення приміщень основного, допоміжного, обслуговуючого і технічного призначення

Внутрішня обробка приміщень виконана у відповідності з їх функціональним призначенням.

Для внутрішнього оздоблення адміністративних приміщень і приміщень допоміжного призначення застосовується фарба стін в однотонних кольорах: RAL 3012, RAL 5024, RAL 6019. У роздягальнях, санвузлах, душових, інвентарних, класових, приміщенні з басейном для навчання плавання дітей застосовується оздоблення стін і підлог керамічною плиткою.

Облицьовування чаші басейнів і обвідних доріжок виконано з протиковзної плитки.

Підлоги в адміністративних приміщеннях виконані з керамічної плитки. Тамбур, сходові клітки, сходово-ліфтовий вузол, вестибюлі покриті фарбою RAL 1014 , підлоги оздоблені керамогранітною плитою.

Частини залізобетонних опор клеєдерев'яних піварок в приміщенні басейну облицьовані скляною мозаїкою. У приміщеннях технічного підвалу - штукатурка.

ІТП, водомірний вузол, насосна, хлораторна, приміщення для підготування басейнів, приміщення для зберігання прибиральних приладів (сигнальний білий). Підлоги в приміщенні для зберігання прибиральних приладів виконані з керамічної плитки.

У місцях з'єднання деревини з металом захист передбачається оздоблювальною епоксидною шпаклівкою. Поверхня клеєнодерев'яних несучих конструкцій покрита вогнезахисним шаром з антисептичним ефектом в 2 шари.

В адміністративних приміщеннях, кімнатах відпочинку, масажних, навчальних класів, вестибюлі, розподільчих, санвузлах, коридорах встановлені підвісні стелі типу «Armstrong».

У приміщенні підвального поверху першого блоку і сходових клітин другого фарбування стель виконано кольором RAL 9003.

1.4 Опис архітектурних рішень, що забезпечують освітлене освітлення приміщень з постійним перебуванням людей

Для першого блоку з плавальними байками підтримується суміщене освітлення з природним і штучним освітленням. Природне освітлення здійснюється за допомогою світлопрозорого покриття.

У залах підготовчих занять, в універсальному залі, службових приміщень для адміністративного та інженерно-технічного персоналу, приміщень навчальних класів, кабінету лікаря передбачається суміщене освітлення з природним і штучним освітленням.

Кімната чергової медсестри і чергового інструктора освітлюється другим світлом.

У допоміжних і підсобних приміщення, інвентарних, тренерських і кімнат відпочинку, роздягальнях, душових, санвузлах передбачається штучне освітлення.

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

Для забезпечення шумоізоляції з вулиці застосовані двокамерні склопакети.

Міжповерхові перекриття, внутрішні стіни і перегородки запроектовані з

нормативною звукоізоляцією.

Інженерне обладнання, що виробляє шум розміщено в ІТП в технічному підвалі.

1.6 Опис рішень по декоративно-художньому і кольоровому оздобленню інтер'єрів

При проектуванні внутрішнього вигляду приміщень враховано широкий формат властивостей, що впливають на якість сприйняття образу людиною: функціональну особливість приміщення, освітленість, якість будівельного матеріалу та ін. Так як будівля є спортивно-оздоровчою, то колірне рішення переважно віддано оформленню голубому або зеленому кольорам.

У внутрішній частині приміщень використовують матеріали, що відповідають санітарно-гігієнічним, естетичним і протипожежним вимогам.

Для обробки застосовуються:

- стіни – декоративна штукатурка, водоемульсійна полівінілацетатна фарба, керамічна плитка;
- підлоги - керамічна плитка;
- стелі – підвісна система «Armstrong».

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Компонування конструктивної схеми покриття

Несуча конструкція покриття - ребристо-кільцевої купол. Каркас складається з 24 основних меридіональних ребр (МР) серпоподібної форми, шарнірно опертих на залізобетонні опори і жорстко - на верхнє сталеве кільце. На ці ребра з кроком 6,45 м спираються дванадцять криволінійних кільцевих елемента, з яких верхні і нижні - на відмітці +23,162 м. є опорами для 48 ПМР суцільного перерізу, решту є розпірками між проміжними і основними ребрами для їх стійкості від дії подовжніх сил і можливого крутіння. Простора жорсткість каркасу забезпечується особливими сталевими зв'язками в шести секторах купола.

Приймаємо розрахункову схему - ребристу, при якій кільцеві ребра забезпечують лише стабільність МР з поверхні.

Зважаючи на те, що в ПК SCAD Office немає можливості задати елементи криволінійного обрису, задаємо основні МР як подібні форми з 12 прямолінійних елементів у верхньому поясі та 11 – у нижньому. Вторинні ПМП задаємо з 12 елементів.

Координати точок осі ребра купола y , м, для знаходження моментів M , кН·м, обчислюються за формулою

$$y = \sqrt{r^2 - (l/2 - x)^2} - (r - f), \text{ м}, \quad (2.1)$$

де x - відстань від крайньої лівої точки поясу (1) і (14) до шуканої координати, м;

r – радіус поясу МР, м;

l – проліт куполу, м;

f – стріла підйому, м. н.

Приймаємо: $r_{ВП} = 54,12$ м;

$$r_{\text{НП}} = 63,06 \text{ м}; l = 110 \text{ м};$$

$$f = 40,3 \text{ м}.$$

Підставляємо значення у формулі (2.1). Результати обчислення координат точок осей верхнього і нижнього поясів ферми зводимо в таблиці 2.1 і 2.2 відповідно.

Таблиця 2.1 – Координати осі ферми верхнього поясу ферми

Координати	Значення координат точок осі нижнього поясу ферми, м											
Вузол	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
x	0	2,15	4,38	7,16	10,51	14,45	19,02	24,27	30,28	37,26	45,62	52,01
y	0	4,74	8,89	13,22	17,57	21,83	25,91	29,72	33,16	36,15	38,55	39,58

Таблиця 2.2 - Координати осі ферми нижнього поясу ферми

Координати	Значення координат точок осей верхнього поясу ферми, м									
Вузол	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x	0	1,83	3,30	5,53	8,31	11,66	15,60	20,17	25,42	31,43
y	0	5,37	8,89	13,22	17,57	21,83	25,91	29,72	33,16	36,15
α	71°13'	67°19'	62°45'	57°25'	51°49'	45°58'	39°49'	33°19'	26°27'	18°58'
Вузол	11	12	13							
x	38,41	46,54	53,16							
y	38,55	40,09	40,30							
α	10°41'	1°49'	0							

На рисунку 2.1 позначені деякі геометричні параметри ребр купола.

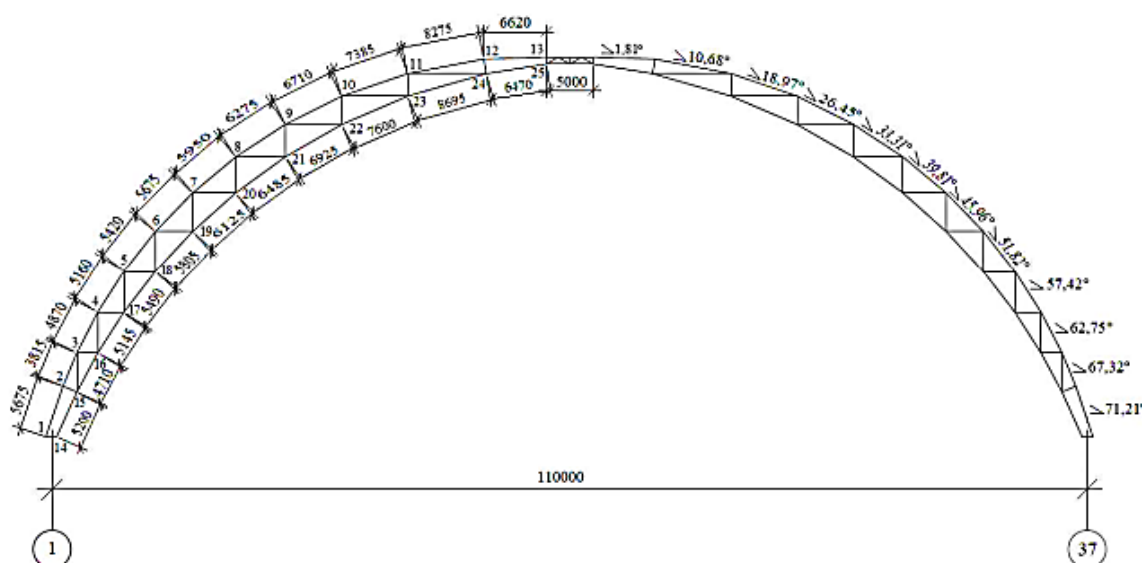


Рисунок 2.1 – Геометричні параметри ребр

На рисунку 2.2 надано розрахункову схему в ПК SCAD Office.

2.2 Збір навантажень

Просторову схему покриття розраховуємо на постійні навантаження - від ваги несучих і огорожувальних конструкцій будівлі і тимчасових навантажень.

2.2.1 Постійні навантаження

Власна вага всіх конструкцій покриття врахована в ПК SCAD Office з коефіцієнтом 1.1 (рисунок 2.3).

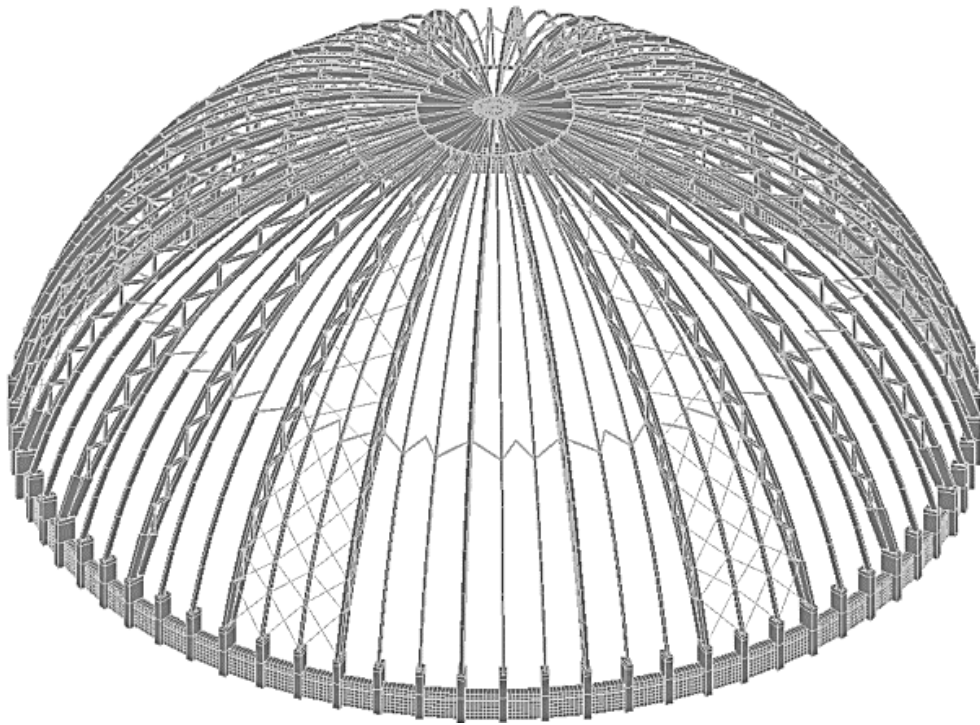


Рисунок 2.2 – Розрахункова система купола

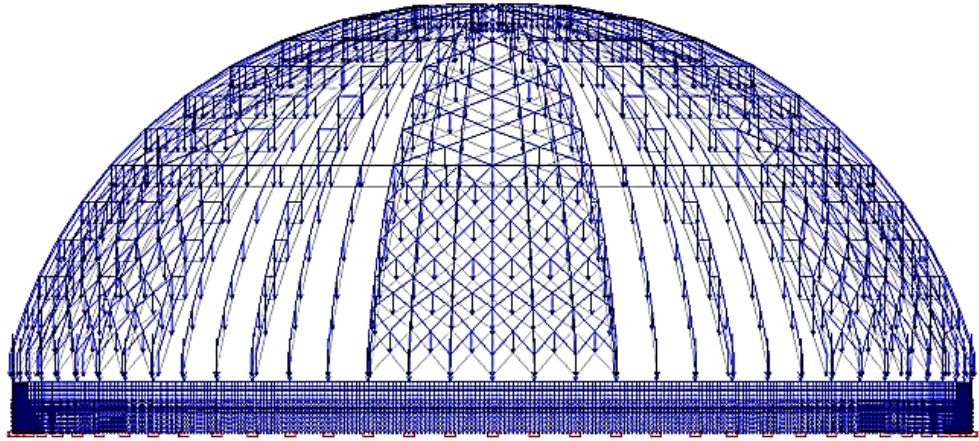


Рисунок 2.3 - Навантаження від власної ваги конструкцій

Було прийнято рішення про застосування огорожувальних конструкцій у вигляді повітряних подушок з плівки етиленентрафопетілена (ЕТФЕ). На купольну конструкцію були задані пластини з параметрами плівки ЕТФЕ, щоб врахувати їхню вагу (рисунок 2.4).

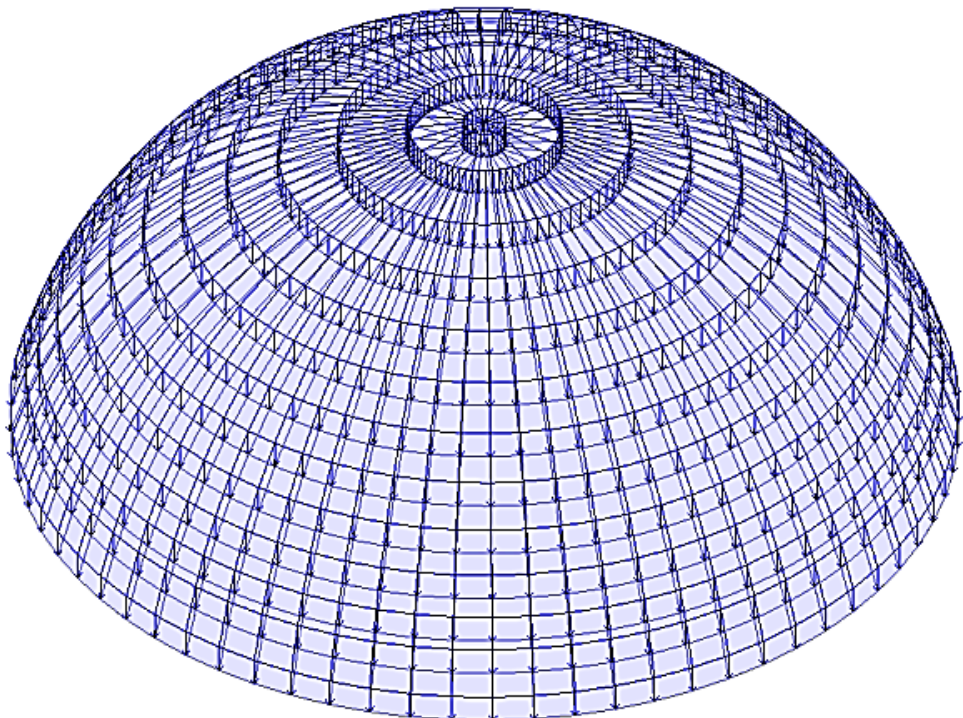


Рисунок 2.4 - Навантаження від ваги огорожувальних конструкцій

2.2.2 Тимчасові навантаження

Снігові навантаження

Для будівель з купольними і близькими до них за формою покриттями снігові навантаження визначається у відповідності з [10].

Для куполів зі співвідношенням $f / d > 0,05$ ($40,3/110 = 0,37 > 0,05$) слід враховувати варіанти 1, 2, 3 при ухилах $\alpha < 60^\circ$.

На рисунку 2.5 представлені варіанти прикладання снігового навантаження на купол.

Перший варіант снігового навантаження.

Розрахункове снігова навантаження за першим варіантом, що діє на 1 м^2 , S , кПа, визначається за формулою

$$S = S_0 \cdot \gamma_f, \text{ кПа}, \quad (2.2)$$

де S_0 - нормативне снігове навантаження для першого варіанту, кПа;

γ_f - коефіцієнт надійності за навантаженням.

S_g - нормативне значення ваги снігового покриву в якості зі сніговим районом, кПа;

μ_1 - коефіцієнт форми, що враховує перехід від ваги снігового покриву на землі до снігового навантаження на покриття при першому варіанті.

Приймаємо:

$$c_e = 1;$$

$$c_t = 1; \text{ для третього снігового району } S_g = 1,5 \text{ кПа } \gamma_f = 1,4;$$

$$\text{при } \alpha \leq 30^\circ, \mu_1 = 1, \text{ при } \alpha \geq 60^\circ, \mu_1 = 0 \quad (2.3)$$

Підставляємо значення у формули (2.3) і (2.2).

Отримані за допомогою інтерполяції значення коефіцієнта μ_1 і

розрахункової снігової навантаження за першим варіантом приведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахункова снігова навантаження (перший варіант)

Параметр	Значення									
Вузол	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
α	57°25'	51°49'	45°58'	39°49'	33°19'	26°27'	18°58'	10°41'	1°49'	0
μ_1	0,086	0,273	0,468	0,673	0,890	1	1	1	1	1
$S^$, кПа	0,18	0,57	0,98	1,41	1,87	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1

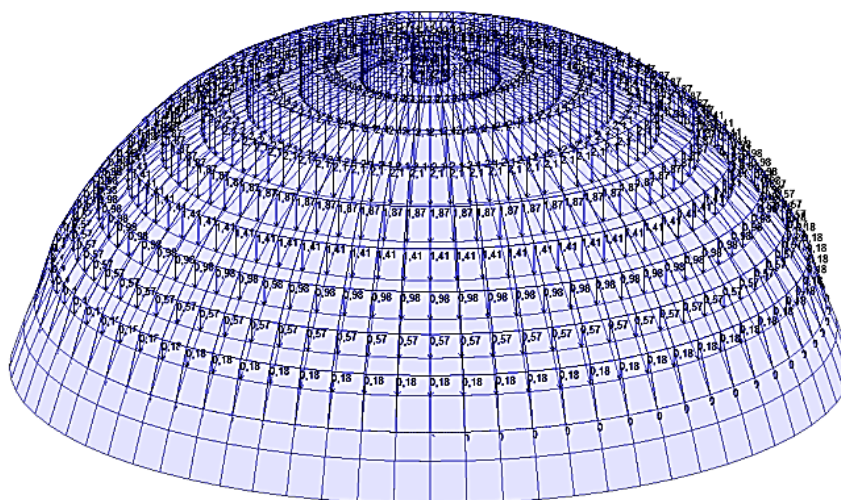


Рисунок 2.5 - Снігове навантаження за першим варіантом, кПа

Другий варіант снігового навантаження.

Розрахункове снігове навантаження за другим варіантом, що діє на 1 м^2 , $S^$, кПа, визначається за формулою

$$S^ = S_0^ \cdot \gamma_f, \text{ кПа}, \quad (2.4)$$

де $S_0^$ - нормативне снігове навантаження за другим варіантом, кПа;
 γ_f - те ж, що у формулі (2.2).

Нормативне снігове навантаження, що діє на 1 м^2 , $S_0^$, кПа, визначається за формулою

$$S_0'' = c_e \cdot c_t \cdot \mu_2 \cdot S_g, \text{ кПа}, \quad (2.5)$$

де c_e - те ж, що у формулі (2.3); c_t - те ж, що у формулі (2.3); S_g - те ж, що у формулі (2.3);

μ_2 - коефіцієнт, що визначається згідно [10] при $z \leq r_1$ за формулою

$$\mu_2 = C_{r1} \cdot (z/r_1)^2 \cdot \sin\beta \quad (2.6)$$

де r_1 - радіус при $\alpha = 30^\circ$, м;

z - координата шуканої точки від осі симетрії, м;

β - кутова координата шуканої точки від осі симетрії, град;

C_{r1} - коефіцієнт, який визначається згідно [10] за формулою

$$C_{r1} = 2,55 - \exp(0,8 - 14 \cdot f / d) \quad (2.7)$$

де f - те ж, що у формулі (2.1);

d - проліт купола, м.

Приймаємо: $f = 40,3$ м; $d = 110$ м.

Підставляємо значення у формулі (2.7), одержуємо $C_{r1} = 2,55 - \exp(0,8 - 14 \cdot 40,3 / 110) = 2,54$.

Згідно [10] при $z > r_1$ коефіцієнт μ_3 при $\alpha = 45^\circ$ визначається за формулою

$$\mu_3 = 1,5 \cdot \sin\beta, \quad (2.8)$$

де β - те ж, що у формулі (2.6).

Приймаємо: $C_{r1} = 2,54$;

$r_1 = 30,7$ м;

$\beta =$ від 5 до 180 градусів з кроком 5.

Підставляємо значення у формули (2.7) і (2.8).

Отримані за допомогою інтерполяції значення коефіцієнта μ_2, μ_3 і

розрахункового снігового навантаження по другому варіанті приведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахункове снігове навантаження (другий варіант)

Кут	с _е	с _г	S _г , кПа	α												
				57°25'		51°49'		45°58'		39°49'		33°19'		26°27'		
				μ ₃	S''	μ ₃	S''	μ ₃	S''	μ ₂	S''	μ ₂	S''	μ ₂	S''	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5				0,02	0,05	0,07	0,15	0,12	0,26	0,16	0,34	0,20	0,42	0,21	0,45	
10				0,04	0,09	0,14	0,30	0,24	0,51	0,32	0,68	0,40	0,84	0,43	0,90	
15				0,07	0,14	0,21	0,44	0,36	0,76	0,48	1,01	0,60	1,25	0,64	1,34	
20				0,09	0,19	0,28	0,59	0,48	1,01	0,64	1,34	0,79	1,66	0,84	1,77	
25				0,11	0,23	0,35	0,73	0,59	1,25	0,79	1,65	0,98	2,05	1,04	2,19	
30				0,13	0,27	0,41	0,86	0,70	1,47	0,93	1,95	1,15	2,42	1,23	2,59	
35				0,15	0,31	0,47	0,99	0,81	1,69	1,07	2,24	1,32	2,78	1,41	2,97	
40				0,17	0,35	0,53	1,10	0,90	1,90	1,19	2,51	1,48	3,12	1,58	3,33	
45				0,18	0,38	0,58	1,21	0,99	2,08	1,31	2,76	1,63	3,43	1,74	3,66	
50				0,20	0,42	0,63	1,32	1,08	2,26	1,42	2,99	1,77	3,71	1,89	3,96	
55				0,21	0,44	0,67	1,41	1,15	2,42	1,52	3,20	1,89	3,97	2,02	4,24	
60				0,22	0,47	0,71	1,49	1,22	2,55	1,61	3,38	2,00	4,20	2,13	4,48	
65				0,23	0,49	0,74	1,56	1,27	2,67	1,68	3,54	2,09	4,39	2,23	4,69	
70				0,24	0,51	0,77	1,61	1,32	2,77	1,75	3,67	2,17	4,55	2,31	4,86	
75				0,25	0,52	0,79	1,66	1,36	2,85	1,80	3,77	2,23	4,68	2,38	5,00	
80	1	1	2,1	0,25	0,53	0,81	1,69	1,38	2,9	1,83	3,84	2,27	4,77	2,43	5,09	
85				0,26	0,54	0,81	1,71	1,40	2,94	1,85	3,89	2,30	4,83	2,45	5,15	
90				0,26	0,54	0,82	1,72	1,40	2,95	1,86	3,90	2,31	4,85	2,46	5,17	
95				0,26	0,54	0,81	1,71	1,40	2,94	1,85	3,89	2,30	4,83	2,45	5,15	
100				0,25	0,53	0,81	1,69	1,38	2,9	1,83	3,84	2,27	4,77	2,43	5,09	
105				0,25	0,52	0,79	1,66	1,36	2,85	1,80	3,77	2,23	4,68	2,38	5,00	
110				0,24	0,51	0,77	1,61	1,32	2,77	1,75	3,67	2,17	4,55	2,31	4,86	
115				0,23	0,49	0,74	1,56	1,27	2,67	1,68	3,54	2,09	4,39	2,23	4,69	
120				0,22	0,47	0,71	1,49	1,22	2,55	1,61	3,38	2,00	4,20	2,13	4,48	
125				0,21	0,44	0,67	1,41	1,15	2,42	1,52	3,20	1,89	3,97	2,02	4,24	
130				0,20	0,42	0,63	1,32	1,08	2,26	1,42	2,99	1,77	3,71	1,89	3,96	
135				0,18	0,38	0,58	1,21	0,99	2,08	1,31	2,76	1,63	3,43	1,74	3,66	
140				0,17	0,35	0,53	1,10	0,90	1,90	1,19	2,51	1,48	3,12	1,58	3,33	
145				0,15	0,31	0,47	0,99	0,81	1,69	1,07	2,24	1,32	2,78	1,41	2,97	
150				0,13	0,27	0,41	0,86	0,70	1,47	0,93	1,95	1,15	2,42	1,23	2,59	
155				0,11	0,23	0,35	0,73	0,59	1,25	0,79	1,65	0,98	2,05	1,04	2,19	
160				0,09	0,19	0,28	0,59	0,48	1,01	0,64	1,34	0,79	1,66	0,84	1,77	
165				0,07	0,14	0,21	0,44	0,36	0,76	0,48	1,01	0,60	1,25	0,64	1,34	
170				0,04	0,09	0,14	0,3	0,24	0,51	0,32	0,68	0,40	0,84	0,43	0,90	
175				0,02	0,05	0,07	0,15	0,12	0,26	0,16	0,34	0,20	0,42	0,21	0,45	
180				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	с _е	с _г	S _г , кПа	18°58'		10°41'		1°49'		0°						
				μ ₂	S''	μ ₂	S''	μ ₂	S''	μ ₂	S''					
0				0	0	0	0	0	0	0	0					
5				0,14	0,29	0,07	0,15	0,02	0,04	-	-					
10				0,27	0,58	0,14	0,29	0,04	0,08	-	-					
15				0,41	0,86	0,21	0,44	0,06	0,12	0	0,01					

Закінчення таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
20	1	1	2,1	0,54	1,14	0,27	0,58	0,08	0,16	-	-							
25				0,67	1,40	0,34	0,71	0,09	0,20	-	-							
30				0,79	1,66	0,40	0,84	0,11	0,24	0,01	0,02							
35				0,91	1,91	0,46	0,97	0,13	0,27	-	-							
40				1,02	2,13	0,51	1,08	0,14	0,30	-	-							
45				1,12	2,35	0,57	1,19	0,16	0,33	0,01	0,02							
80				1,56	3,27	0,79	1,66	0,22	0,46	-	-							
85				1,58	3,31	0,80	1,68	0,22	0,47	-	-							
90				1,58	3,32	0,80	1,68	0,22	0,47	0,02	0,04							
95				1,58	3,31	0,80	1,68	0,22	0,47	-	-							
100				1,56	3,27	0,79	1,66	0,22	0,46	-	-							
105				1,53	3,21	0,77	1,63	0,22	0,45	0,02	0,03							
110				1,49	3,12	0,75	1,58	0,21	0,44	-	-							
115				1,43	3,01	0,73	1,52	0,20	0,43	-	-							
120				1,37	2,88	0,69	1,46	0,19	0,41	0,01	0,03							
125				1,30	2,72	0,66	1,38	0,18	0,39	-	-							
130				1,21	2,54	0,61	1,29	0,17	0,36	-	-							
135				1,12	2,35	0,57	1,19	0,16	0,33	0,01	0,02							
140				1,02	2,13	0,51	1,08	0,14	0,30	-	-							
145				0,91	1,91	0,46	0,97	0,13	0,27	-	-							
150	0,79	1,66	0,40	0,84	0,11	0,24	0,01	0,02										
155	0,67	1,40	0,34	0,71	0,09	0,20	-	-										
160	0,54	1,14	0,27	0,58	0,08	0,16	-	-										
165	0,41	0,86	0,21	0,44	0,06	0,12	0	0,01										
170	0,27	0,58	0,14	0,29	0,04	0,08	-	-										
175	0,14	0,29	0,07	0,15	0,02	0,04	-	-										
180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0							

При другому варіанті, снігове навантаження прикладається на половину куполу (Рис.2.6).

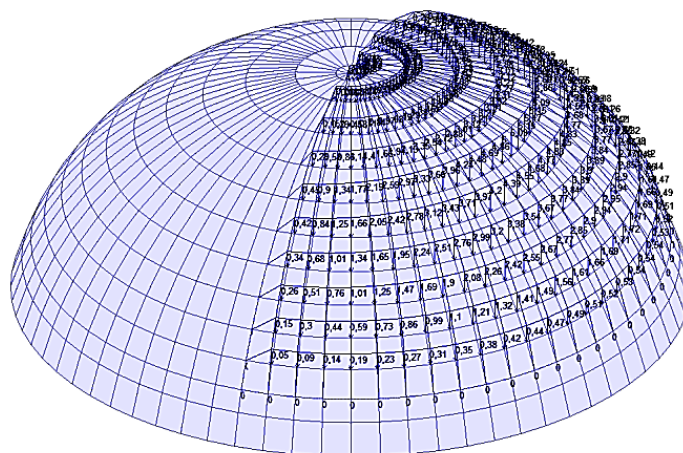


Рисунок 2.6 – Снігове навантаження по другому варіанті, кПа

Третій варіант снігового навантаження.

Розрахункове снігове навантаження по третьому варіанту, що діє на 1 м^2 , S'' , кПа, визначається за формулою

$$S'' = S_0'' \cdot \gamma_f, \text{ кПа}, \quad (2.9)$$

де S_0'' - нормативне снігове навантаження по третьому варіанту, кПа; γ_f - те ж, що у формулі (2.2).

Нормативне снігове навантаження, що діє на 1 м^2 , S_0'' , кПа, визначається за формулою

$$S_0'' = c_e \cdot c_t \cdot \mu_2 \cdot S_g, \text{ кПа}, \quad (2.10)$$

де c_e - те ж, що у формулі (2.3); c_t - те ж, що у формулі (2.3); S_g - те ж, що у формулі (2.3);

μ_2 - коефіцієнт, що визначається згідно [10] при $z \leq r_1$ за формулою

$$\mu_2 = \sqrt[3]{\frac{2f}{d} \cdot \sin(3\alpha) \cdot \sin\beta}, \quad (2.11)$$

де f - те ж, що у формулі (2.1);

d - те ж, що у формулі (2.7);

β - те ж, що у формулі (2.6);

α - ухил покриття, град.

Приймаємо:

$f = 40,3 \text{ м};$

$d = 110 \text{ м};$

$\beta = \text{від } 5 \text{ до } 180 \text{ градусів з кроком } 5;$

$\alpha = 39^\circ 49';$

$\alpha = 33^\circ 19';$

$$\alpha = 26^{\circ}27';$$

$$\alpha = 18^{\circ}58';$$

$$\alpha = 10^{\circ}41';$$

$$\alpha = 1^{\circ}49';$$

$$\alpha = 0^{\circ}.$$

Підставляємо значення у формули (2.10) і (2.11)

Отримані за допомогою інтерполяції значення коефіцієнта μ_2 , μ_3 і розрахункового снігового навантаження за третім варіантом приведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахункове снігове навантаження (третій варіант)

Кут	С _с	С _т	S _г , кПа	α												
				57°25'		51°49'		45°58'		39°49'		33°19'		26°27'		
				μ_3	S''	μ_3	S''	μ_3	S''	μ_2	S''	μ_2	S''	μ_2	S''	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
0	1	1	2,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5				0,02	0,05	0,07	0,15	0,12	0,26	0,11	0,24	0,09	0,19	0,08	0,16	
10				0,04	0,09	0,14	0,30	0,24	0,51	0,22	0,47	0,18	0,38	0,16	0,33	
15				0,07	0,14	0,21	0,44	0,36	0,76	0,33	0,70	0,27	0,56	0,23	0,49	
20				0,09	0,19	0,28	0,59	0,48	1,01	0,44	0,93	0,35	0,74	0,31	0,64	
25				0,11	0,23	0,35	0,73	0,59	1,25	0,55	1,15	0,44	0,92	0,38	0,80	
30				0,13	0,27	0,41	0,86	0,70	1,47	0,65	1,36	0,52	1,09	0,45	0,94	
35				0,15	0,31	0,47	0,99	0,81	1,69	0,74	1,56	0,59	1,24	0,51	1,08	
40				0,17	0,35	0,53	1,10	0,90	1,90	0,83	1,75	0,66	1,4	0,58	1,21	
45				0,18	0,38	0,58	1,21	0,99	2,08	0,91	1,92	0,73	1,53	0,63	1,33	
50				0,20	0,42	0,63	1,32	1,08	2,26	0,99	2,08	0,79	1,66	0,69	1,44	
55				0,21	0,44	0,67	1,41	1,15	2,42	1,06	2,22	0,85	1,78	0,73	1,54	
60				0,22	0,47	0,71	1,49	1,22	2,55	1,12	2,35	0,90	1,88	0,78	1,63	
65				0,23	0,49	0,74	1,56	1,27	2,67	1,17	2,46	0,94	1,97	0,81	1,71	
70				0,24	0,51	0,77	1,61	1,32	2,77	1,21	2,55	0,97	2,04	0,84	1,77	
75				0,25	0,52	0,79	1,66	1,36	2,85	1,25	2,62	1,00	2,1	0,87	1,82	
80				0,25	0,53	0,81	1,69	1,38	2,9	1,27	2,67	1,02	2,14	0,88	1,85	
85				0,26	0,54	0,81	1,71	1,40	2,94	1,29	2,70	1,03	2,16	0,89	1,88	
90				0,26	0,54	0,82	1,72	1,40	2,95	1,29	2,72	1,03	2,17	0,90	1,88	
95				0,26	0,54	0,81	1,71	1,40	2,94	1,29	2,70	1,03	2,16	0,89	1,88	
100	1	1	2,1	0,25	0,53	0,81	1,69	1,38	2,9	1,27	2,67	1,02	2,14	0,88	1,85	
105				0,25	0,52	0,79	1,66	1,36	2,85	1,25	2,62	1,00	2,1	0,87	1,82	
110				0,24	0,51	0,77	1,61	1,32	2,77	1,21	2,55	0,97	2,04	0,84	1,77	
115				0,23	0,49	0,74	1,56	1,27	2,67	1,17	2,46	0,94	1,97	0,81	1,71	
120				0,22	0,47	0,71	1,49	1,22	2,55	1,12	2,35	0,90	1,88	0,78	1,63	
125				0,21	0,44	0,67	1,41	1,15	2,42	1,06	2,22	0,85	1,78	0,73	1,54	
130				0,20	0,42	0,63	1,32	1,08	2,26	0,99	2,08	0,79	1,66	0,69	1,44	
135				0,18	0,38	0,58	1,21	0,99	2,08	0,91	1,92	0,73	1,53	0,63	1,33	

Продовження таблиці 2.5

с	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
140				0,17	0,35	0,53	1,10	0,90	1,90	0,83	1,75	0,66	1,4	0,58	1,21
145				0,15	0,31	0,47	0,99	0,81	1,69	0,74	1,56	0,59	1,24	0,51	1,08
150				0,13	0,27	0,41	0,86	0,70	1,47	0,65	1,36	0,52	1,09	0,45	0,94
155				0,11	0,23	0,35	0,73	0,59	1,25	0,55	1,15	0,44	0,92	0,38	0,80
160				0,09	0,19	0,28	0,59	0,48	1,01	0,44	0,93	0,35	0,74	0,31	0,64
165				0,07	0,14	0,21	0,44	0,36	0,76	0,33	0,70	0,27	0,56	0,23	0,49
170				0,04	0,09	0,14	0,3	0,24	0,51	0,22	0,47	0,18	0,38	0,16	0,33
175				0,02	0,05	0,07	0,15	0,12	0,26	0,11	0,24	0,09	0,19	0,08	0,16
180				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	c_e	c_t	$S_g,$ кПа	18°58'		10°41'		1°49'			0°				
				μ_2	S''	μ_2	S''	μ_2	S''	μ_2	S''				
0				0	0	0	0	0	0	0	0				
5				0,07	0,16	0,06	0,13	0,04	0,08	-	-				
10				0,15	0,31	0,13	0,27	0,07	0,15	-	-				
15				0,22	0,46	0,19	0,40	0,11	0,22	0	0,01				
20				0,29	0,61	0,25	0,52	0,14	0,30	-	-				
25				0,36	0,75	0,31	0,65	0,17	0,36	-	-				
30				0,42	0,89	0,36	0,77	0,21	0,43	0,01	0,02				
35				0,49	1,02	0,42	0,88	0,24	0,49	-	-				
40				0,55	1,15	0,47	0,99	0,26	0,55	-	-				
45				0,60	1,26	0,52	1,08	0,29	0,61	0,01	0,02				
50				0,65	1,37	0,56	1,17	0,31	0,66	-	-				
55	1	1	2,1	0,70	1,46	0,60	1,26	0,34	0,71	-	-				
60				0,74	1,55	0,63	1,33	0,36	0,75	0,01	0,03				
65				0,77	1,62	0,66	1,39	0,37	0,78	-	-				
70				0,80	1,68	0,69	1,44	0,39	0,81	-	-				
75				0,82	1,72	0,70	1,48	0,40	0,83	0,02	0,03				
80				0,84	1,76	0,72	1,51	0,40	0,85	-	-				
85				0,85	1,78	0,73	1,53	0,41	0,86	-	-				
90				0,85	1,78	0,73	1,53	0,41	0,86	0,02	0,04				
95				0,85	1,78	0,73	1,53	0,41	0,86	-	-				
100				0,84	1,76	0,72	1,51	0,40	0,85	-	-				
105				0,82	1,72	0,70	1,48	0,40	0,83	0,02	0,03				
110				0,80	1,68	0,69	1,44	0,39	0,81	-	-				
115				0,77	1,62	0,66	1,39	0,37	0,78	-	-				
120				0,74	1,55	0,63	1,33	0,36	0,75	0,01	0,03				
125				0,70	1,46	0,60	1,26	0,34	0,71	-	-				
130				0,65	1,37	0,56	1,17	0,31	0,66	-	-				
135				0,60	1,26	0,52	1,08	0,29	0,61	0,01	0,02				
140				0,55	1,15	0,47	0,99	0,26	0,55	-	-				
145				0,49	1,02	0,42	0,88	0,24	0,49	-	-				
150	1	1	2,1	0,42	0,89	0,36	0,77	0,21	0,43	0,01	0,02				
155				0,36	0,75	0,31	0,65	0,17	0,36	-	-				

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
160	1	1	2,1	0,29	0,61	0,25	0,52	0,14	0,30	-	-				
165				0,22	0,46	0,19	0,40	0,11	0,22	0	0,01				
170				0,15	0,31	0,13	0,27	0,07	0,15	-	-				
175				0,07	0,16	0,06	0,13	0,04	0,08	-	-				
180				0	0	0	0	0	0	0	0				

Нормативне значення вітрового навантаження w , кПа, визначають за формулою:

$$w = w_m + w_p, \text{ кПа}, \quad (2.12)$$

w_m - нормативне значення середньої складової вітрового навантаження, кПа;
 w_p - нормативне значення пульсаційної складової вітрового навантаження, кПа.

Нормативне значення середньої складової вітрового навантаження w_m , кПа, в залежності від еквівалентної висоти над поверхнею землі

$$w_m = w_0 B \cdot k(z_e) \cdot c_e, \text{ кПа}, \quad (2.13)$$

де w_0 - нормативне значення вітрового тиску по [10], кПа;

$k(z_e)$ - коефіцієнт, що враховує зміну вітрового тиску для виходу z_e по [10];

z_e - еквівалентна висота над поверхнею землі по [10] м;

c_e - аеродинамічний коефіцієнт.

Нормами передбачають врахування прикладання вітрової навантаження з усіх боків (ортогонально) будівлі з розбиттям всієї зовнішньої площі на зони з різним c_e .

На рисунку 2.9 представлено зонування площі поверхні покрівлі арки і значення коефіцієнта c_e згідно з [10].

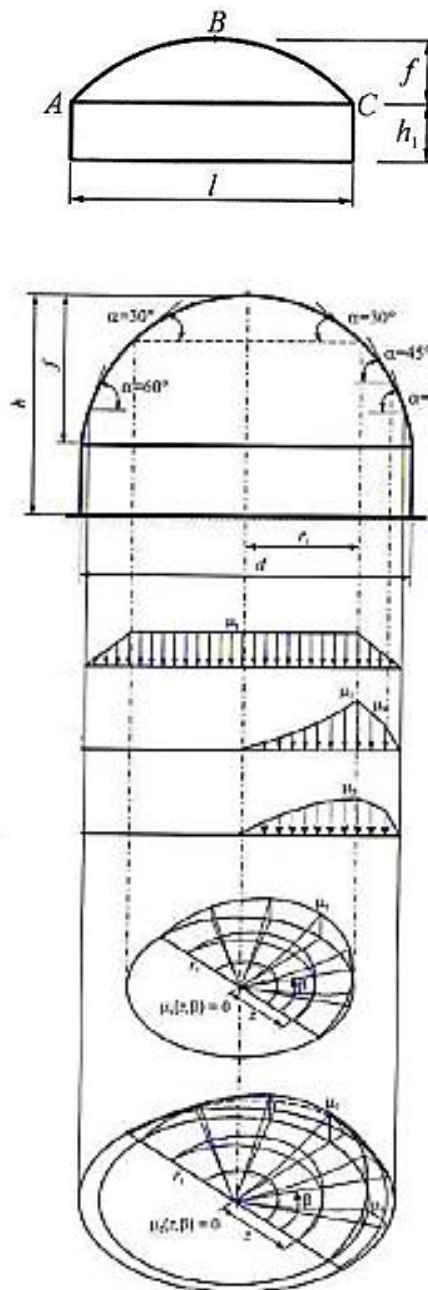


Рисунок 2.7 – Зонування площі поверхні куполу

При співвідношеннях $h_1/l = 0,3/110 = 0,003 \approx 0$ і $f/l = 40,3/110 = 0,37$ одержуємо наступні ключові значення аеродинамічного коефіцієнту c_e ; в точці А - $c_e(A) = 0,6$; в точці С - $c_e(C) = 0$; у перерізі ВВ – $c_e(B) = -0,93$.

У проміжних перерізах коефіцієнти визначені шляхом лінійної інтерполяції.

Нормативне значення вітрового тиску, w_0 , по [10] для вітрового району III дорівнює 0,38 кПа.

Продовження таблиці 2.6

	k(ze)	γ_f	w0, кПа	39°49'		33°19'		26°27'		18°58'		10°41'		1°49'	
				ce	wm	ce	wm	ce	wm	ce	wm	ce	wm	ce	wm
0	0,988	1,4	0,38	0,15	0,08	0,05	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-
5				0,15	0,08	0,05	0,03	-0,10	-0,05	-0,25	-0,13	-0,45	-0,24	-0,70	-0,37
10				0,15	0,08	0,05	0,03	-0,10	-0,05	-0,25	-0,13	-0,45	-0,24	-0,70	-0,37
15				0,15	0,08	0	0	-0,15	-0,08	-0,30	-0,16	-0,45	-0,24	-0,70	-0,37
20				0,10	0,05	0	0	-0,15	-0,08	-0,30	-0,16	-0,50	-0,26	-0,70	-0,37
25				0,05	0,03	-0,05	-0,03	-0,20	-0,11	-0,30	-0,16	-0,50	-0,26	-0,70	-0,37
30				0	0	-0,10	-0,05	-0,20	-0,11	-0,35	-0,18	-0,50	-0,26	-0,70	-0,37
35				-0,05	-0,03	-0,15	-0,08	-0,25	-0,13	-0,40	-0,21	-0,55	-0,29	-0,70	-0,37
40				-0,10	-0,05	-0,20	-0,11	-0,30	-0,16	-0,40	-0,21	-0,55	-0,29	-0,75	-0,39
45				-0,15	-0,08	-0,25	-0,13	-0,35	-0,18	-0,45	-0,24	-0,60	-0,32	-0,75	-0,39
50				-0,20	-0,11	-0,30	-0,16	-0,40	-0,21	-0,50	-0,26	-0,65	-0,34	-0,75	-0,39
55				-0,30	-0,16	-0,35	-0,18	-0,45	-0,24	-0,55	-0,29	-0,65	-0,34	-0,80	-0,42
60				-0,40	-0,21	-0,45	-0,24	-0,50	-0,26	-0,60	-0,32	-0,70	-0,37	-0,80	-0,42
65				-0,45	-0,24	-0,50	-0,26	-0,60	-0,32	-0,65	-0,34	-0,75	-0,39	-0,80	-0,42
70				-0,55	-0,29	-0,60	-0,32	-0,65	-0,34	-0,70	-0,37	-0,75	-0,39	-0,85	-0,45
75				-0,65	-0,34	-0,70	-0,37	-0,70	-0,37	-0,75	-0,39	-0,80	-0,42	-0,85	-0,45
80				-0,75	-0,39	-0,75	-0,39	-0,80	-0,42	-0,80	-0,42	-0,85	-0,45	-0,90	-0,47
85				-0,85	-0,45	-0,85	-0,45	-0,85	-0,45	-0,85	-0,45	-0,90	-0,47	-0,91	-0,48
90	-0,93	-0,49	-0,93	-0,49	-0,93	-0,49	-0,93	-0,49	-0,93	-0,49	-0,93	-0,49			

Таблиця 2.7 – Розрахункове вітрове навантаження (вітер зліва), четверть В – С

Кут	k(ze)	γ_f	w0, кПа	α											
				71°13'		67°19'		62°45'		57°25'		51°49'		45°58'	
				ce	wm	ce	wm	ce	wm	ce	wm	ce	wm	ce	wm
95	0,988	1,4	0,38	-0,85	-0,45	-0,85	-0,45	-0,85	-0,45	-0,85	-0,45	-0,85	-0,45	-0,85	-0,45
100				-0,75	-0,39	-0,75	-0,39	-0,80	-0,42	-0,80	-0,42	-0,80	-0,42	-0,80	-0,42
105				-0,70	-0,37	-0,70	-0,37	-0,70	-0,37	-0,70	-0,37	-0,75	-0,39	-0,75	-0,39
110				-0,60	-0,32	-0,60	-0,32	-0,65	-0,34	-0,65	-0,34	-0,65	-0,34	-0,70	-0,37
115				-0,55	-0,29	-0,55	-0,29	-0,55	-0,29	-0,60	-0,32	-0,60	-0,32	-0,60	-0,32
120				-0,45	-0,24	-0,50	-0,26	-0,50	-0,26	-0,50	-0,26	-0,55	-0,29	-0,55	-0,29
125				-0,40	-0,21	-0,40	-0,21	-0,45	-0,24	-0,45	-0,24	-0,50	-0,26	-0,50	-0,26
130				-0,35	-0,18	-0,35	-0,18	-0,35	-0,18	-0,40	-0,21	-0,40	-0,21	-0,45	-0,24
135				-0,25	-0,13	-0,30	-0,16	-0,30	-0,16	-0,35	-0,18	-0,35	-0,18	-0,40	-0,21
140				-0,20	-0,11	-0,25	-0,13	-0,25	-0,13	-0,30	-0,16	-0,30	-0,16	-0,35	-0,18
145				-0,15	-0,08	-0,20	-0,11	-0,20	-0,11	-0,25	-0,13	-0,30	-0,16	-0,35	-0,18
150				-0,10	-0,05	-0,15	-0,08	-0,15	-0,08	-0,20	-0,11	-0,25	-0,13	-0,30	-0,16
155				-0,10	-0,05	-0,10	-0,05	-0,15	-0,08	-0,15	-0,08	-0,20	-0,11	-0,25	-0,13
160				-0,05	-0,03	-0,10	-0,05	-0,10	-0,05	-0,15	-0,08	-0,20	-0,11	-0,25	-0,13
165				-0,05	-0,03	-0,05	-0,03	-0,10	-0,05	-0,10	-0,05	-0,15	-0,08	-0,20	-0,11
170				0	0	-0,05	-0,03	-0,05	-0,03	-0,10	-0,05	-0,15	-0,08	-0,20	-0,11
175				0	0	-0,05	-0,03	-0,05	-0,03	-0,10	-0,05	-0,15	-0,08	-0,20	-0,11
180				0	0	-0,05	-0,03	-0,05	-0,03	-0,10	-0,05	-0,15	-0,08	-0,20	-0,11

Продовження таблиці 2.7

	k(ze)	γ_f	w ₀ , кПа	39°49'		33°19'		26°27'		18°58'		10°41'		1°49'			
				ce	wm	ce	wm	ce	wm	ce	wm	ce	wm	ce	wm		
95	0,988	1,4	0,38	-0,85	-0,45	-0,90	-0,47	-0,90	-0,47	-0,90	-0,47	-0,90	-0,47	-0,92	-0,48		
100				-0,80	-0,42	-0,85	-0,45	-0,85	-0,45	-0,85	-0,45	-0,90	-0,47	-0,90	-0,47	-0,90	-0,47
105				-0,75	-0,39	-0,80	-0,42	-0,80	-0,42	-0,80	-0,42	-0,85	-0,45	-0,90	-0,47	-0,90	-0,47
110				-0,70	-0,37	-0,75	-0,39	-0,75	-0,39	-0,80	-0,42	-0,85	-0,45	-0,90	-0,47	-0,90	-0,47
115				-0,65	-0,34	-0,70	-0,37	-0,70	-0,37	-0,75	-0,39	-0,80	-0,42	-0,85	-0,45	-0,85	-0,45
120				-0,60	-0,32	-0,65	-0,34	-0,70	-0,37	-0,75	-0,39	-0,80	-0,42	-0,85	-0,45	-0,85	-0,45
125				-0,55	-0,29	-0,60	-0,32	-0,65	-0,34	-0,70	-0,37	-0,75	-0,39	-0,80	-0,42	-0,85	-0,45
130				-0,50	-0,26	-0,55	-0,29	-0,60	-0,32	-0,65	-0,34	-0,75	-0,39	-0,80	-0,42	-0,85	-0,45
135				-0,45	-0,24	-0,50	-0,26	-0,55	-0,29	-0,65	-0,34	-0,75	-0,39	-0,80	-0,42	-0,80	-0,42
140				-0,40	-0,21	-0,50	-0,26	-0,55	-0,29	-0,60	-0,32	-0,70	-0,37	-0,80	-0,42	-0,80	-0,42
145				-0,40	-0,21	-0,45	-0,24	-0,50	-0,26	-0,60	-0,32	-0,70	-0,37	-0,80	-0,42	-0,80	-0,42
150				-0,35	-0,18	-0,40	-0,21	-0,50	-0,26	-0,60	-0,32	-0,70	-0,37	-0,80	-0,42	-0,80	-0,42
155				-0,30	-0,16	-0,40	-0,21	-0,45	-0,24	-0,55	-0,29	-0,65	-0,34	-0,80	-0,42	-0,80	-0,42
160				-0,30	-0,16	-0,35	-0,18	-0,45	-0,24	-0,55	-0,29	-0,65	-0,34	-0,80	-0,42	-0,80	-0,42
165				-0,30	-0,16	-0,35	-0,18	-0,45	-0,24	-0,55	-0,29	-0,65	-0,34	-0,80	-0,42	-0,80	-0,42
170				-0,25	-0,13	-0,35	-0,18	-0,45	-0,24	-0,55	-0,29	-0,65	-0,34	-0,80	-0,42	-0,80	-0,42
175	-0,25	-0,13	-0,35	-0,18	-0,45	-0,24	-0,55	-0,29	-0,65	-0,34	-0,80	-0,42	-0,80	-0,42			
180	-0,25	-0,13	-0,35	-0,18	-0,45	-0,24	-0,55	-0,29	-0,65	-0,34	-0,80	-0,42	-0,80	-0,42			

Схему дії вітрового навантаження злів подано на рис. 2.8.

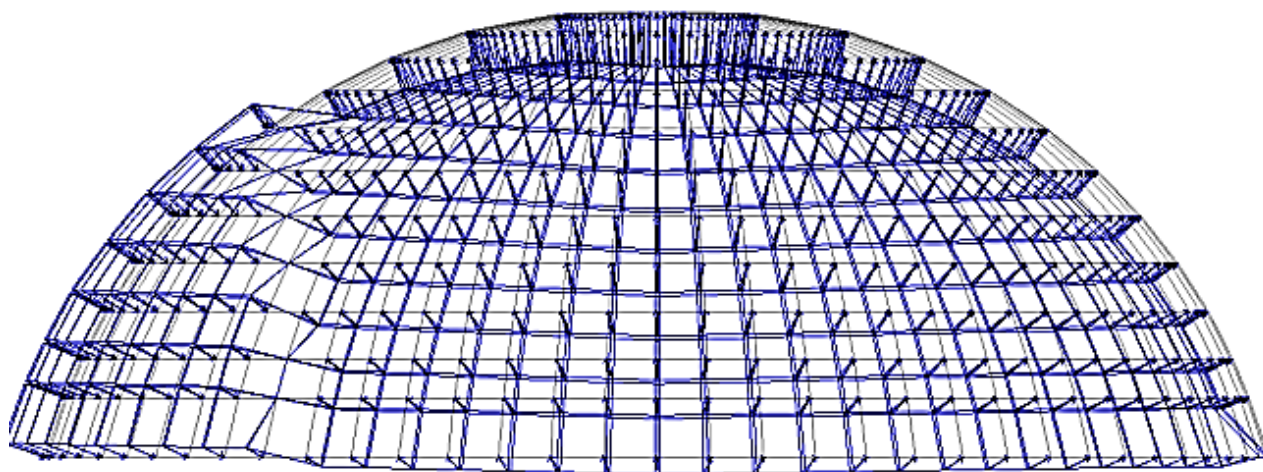


Рисунок 2.8 – Вітрове навантаження (вітер зліва)

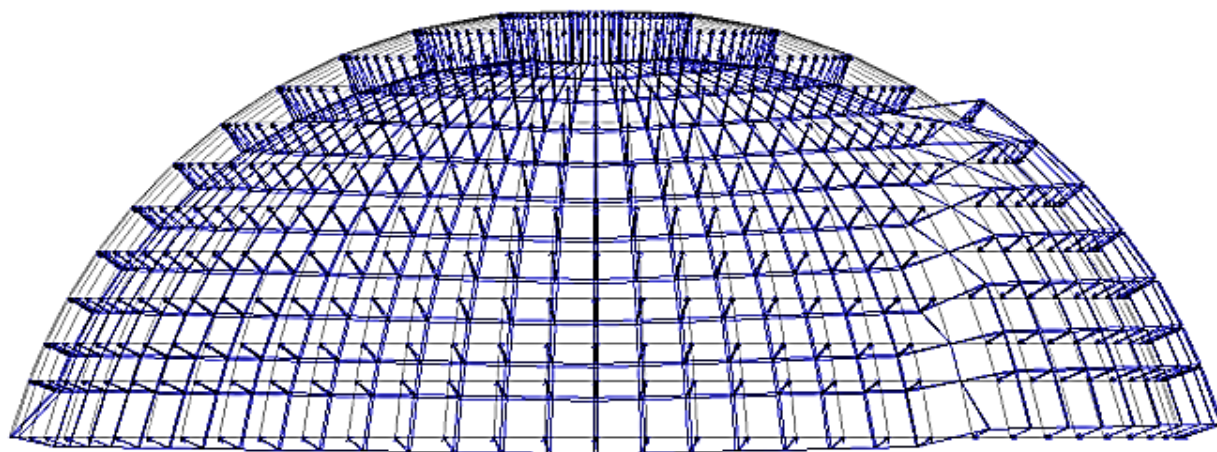


Рисунок 2.9 – Вітрове навантаження (вітер справа)

2.3 Розрахунок покриття в програмному комплексі SCAD

У рамках роботи розраховано конструкції покриття було виконано в ПК SCAD Office. Була задана розрахункова схема будівлі, прикладені визначені раніше навантаження з урахуванням вантажних площ елементів.

2.3.1 Результати статичного розрахунку покриття

Результати розрахунків представлені вибірково. Вся отримана в результаті розрахована інформація зберігається в електронному вигляді.

Таблиця 2.8 - Розрахунок по I групі граничних станів

Найменування елемента	Стрижні	Максимальні значення						Мінімальні значення					
		N, кН		M, кН·м		Q, кН		N, кН		M, кН·м		Q, кН	
		№ елемента	Значення	№ елемента	Значення	№ елемента	Значення	№ елемента	Значення	№ елемента	Значення	№ елемента	Значення
Верхній пояс	1-2	511	12,67	984	1,41	554	2,80	81	-15,7	597	-2,75	38	-2,82
	2-3	552	1288,53	36	379,02	552	86,0	79	-2022,49	552	-242,05	79	-107,05
	3-4	517	760,82	87	10,27	44	8,99	1	-1250,82	560	-49,04	259	-2,75
	4-5	518	212,03	2	11,30	518	7,03	2	-501,67	518	-30,57	2	-8,58
	5-6	261	206,07	562	8,74	605	4,01	519	-300,55	820	-28,16	3	-4,72
	6-7	4	321,81	563	18,38	520	5,56	520	-525,61	4	-32,79	4	-5,24

Продовження таблиці 2.8

Верхній пояс	7-8	5	498,79	564	33,78	521	5,66	521	-879,49	5	-36,97	5	-5,44
	8-9	6	635,90	522	49,88	522	6,65	522	-1125,37	6	-43,53	6	-6,27
	9-10	7	705,96	523	56,66	523	6,75	523	-1218,37	7	-46,98	50	-6,63
	10-11	8	672,20	524	103,20	524	15,73	524	-1067,41	8	-75,08	94	-10,95
	11-12	80	578,79	553	94,02	940	15,94	596	-721,73	553	-82,58	553	-29,54
	12-13	986	0,49	771	5,54	986	10,02	556	-0,70	384	-11,09	943	-10,01
Нижній пояс	14-15	125	8,24	985	1,50	469	3,46	641	-9,73	469	-3,43	125	-3,39
	15-16	9	654,88	9	299,99	525	38,98	568	-1683,02	525	-211,29	52	-67,10
	16-17	-	-	10	2,73	612	6,82	612	-1063,56	569	-45,90	10	-3,42
	17-18	-	-	269	5,15	527	7,48	570	-793,39	613	-26,27	11	-6,85
	18-19	571	167,97	528	16,66	528	6,50	55	-929,25	12	-33,58	12	-5,48
	19-20	572	703,68	529	36,38	529	11,75	56	-1085,62	13	-37,64	13	-6,13
	20-21	573	1112,80	530	49,52	616	6,84	14	-1230,85	14	-44,57	14	-6,36
	21-22	531	1395,78	531	57,21	789	6,71	15	-1319,49	15	-48,91	15	-6,74
	22-23	532	1468,62	532	96,74	532	13,47	16	-1352,81	16	-76,06	102	-10,72
	23-24	533	1254,58	533	96,74	17	14,59	17	-1298,17	533	-77,38	533	-28,45
24-25	557	1,73	901	5,22	41	9,67	41	-1,82	428	-10,48	41	-9,67	
Розкоси	3-15	18	708,86	-	0	-	0	577	-572,01	-	0	-	0
	3-16	578	227,77	-	0	922	1,12	19	-306,45	-	0	922	-1,12
	4-16	20	697,51	-	0	-	0	579	-633,71	-	0	-	0
	4-17	580	300,10	-	0	64	1,40	21	-295,25	-	0	64	-1,40
	5-17	22	381,08	-	0	-	0	581	-518,30	-	0	-	0
	5-18	582	330,08	-	0	66	1,69	23	-251,33	-	0	66	-1,69
	6-18	24	218,73	-	0	-	0	583	-399,26	-	0	-	0
	6-19	584	308,09	-	0	68	1,99	25	-216,2	-	0	68	-1,99
	7-19	26	104,39	-	0	-	0	542	-373,22	-	0	-	0
	7-20	543	403,30	-	0	70	2,30	27	-185,76	-	0	70	-2,30
	8-20	28	33,66	-	0	-	0	544	-217,29	-	0	-	0
	8-21	545	312,44	-	0	72	2,64	29	-148,56	-	0	72	-2,64
	9-21	288	43,83	-	0	-	0	804	-107,34	-	0	-	0
	9-22	805	157,05	-	0	74	3,03	117	-102,98	-	0	74	-3,03
	10-22	591	154,20	-	0	-	0	75	-113,17	-	0	-	0
10-23	807	145,09	-	0	76	3,52	463	-184,92	-	0	76	-3,52	
11-23	550	227,91	-	0	-	0	34	-143,99	-	0	-	0	
11-24	981	96,52	-	0	78	4,21	551	-419,29	-	0	78	-4,21	

Перевірено конструкції покриття для запобігання руйнування при дії силових впливів в процесі будівництва і розрахункового терміну експлуатації.

Розрахунком по II групі граничних станів перевірено:

- придатність конструкцій покриття до нормальної експлуатації в процесі будівництва і розрахункового терміну експлуатації.

Максимальні та мінімальні значення зусиль за цим РСЗ приведені в таблиці 2.9.

Згідно результатам розрахунку, максимальна величина переміщень елементів у середині прольоту меридіонального ребра становить 128 мм згідно [10], менше 177,5 мм, що становлять 1/300 прольоту. Вибірку максимальних і мінімальних переміщень елементів конструкції наведено в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 - Вибірка максимальних і мінімальних переміщень

Напрямок	Максимальні значення			Мінімальні значення		
	Значення, м	№ вузла	Комбінація	Значення, мм	№ вузла	Комбінація
X	26,32	340	1	-97,97	367	5
Y	36,40	264	2	-40,05	340	2
Z	68,53	17	5	-84,59	317	5
Сумарне переміщення	127,79	317	5	-	-	-

2.3.2 Конструювання меридіональних ребр

Вихідні дані.

$$\gamma_n = 1,1.$$

Згідно [28] при вологих умовах експлуатації повинен застосовуватися клей I типу. Приймаємо фенолрозорцінофарммальдегідний клей (ФРФ) з нанесенням в якості клейової суміші.

Товщина клейових прокладок не більше 0,5 мм. Допускається потовщення клейових прокладок до 1 мм, якщо протяжність вузлів з потовщенням не перевищує 200 мм, а відстань між ними не менше десятикратної довжини. Непроклеєні ділянки не допускаються.

Підбір перерізу елементів верхнього поясу.

З таблиці 2.8 виписуємо максимальний позитивний і негативний згинальні моменти і відповідні їм поздовжні сили.

Максимальний позитивний момент і відповідна подовжня сила - $M_{2-3} = 377,29 \text{ кН} \cdot \text{м}$; $N_{2-3} = -2022,49 \text{ кН}$;

Максимальний негативний момент і відповідна подовжня сила - $M_{2-3} = -242,05 \text{ кН} \cdot \text{м}$; $N_{2-3} = -1288,53 \text{ кН}$.

Попереднє визначення розмірів поперечного перерізу верхнього поясу МР визначається в співвідношенні з [10], за формулою:

$$\frac{N}{F_{розр}} + \frac{M_D}{W_{розр}} \leq R_c, \quad (2.14)$$

де N - поздовжня сила, кН;

M_D - згинальний момент від дії поперечних і подовжніх навантажень, що визначається з розрахунку за деформованою схемою, кН·см;

$W_{розр}$ - розрахунковий момент опору поперечного перерізу, см³;

$F_{розр}$ - площа розрахункового перерізу нетто, см²;

R_c - розрахункове співвідношення деревини стиску з урахуванням коефіцієнтів умов роботи по [10] і коефіцієнтів надійності по призначенню.

Приймаємо $h/b = \beta$.

Підставляємо значення у формулі (2.14), одержуємо

$$h^3 - \frac{\beta \cdot h \cdot N}{R_c} - \frac{6 \cdot \beta \cdot M}{\zeta \cdot R_c} = 0.$$

Це рівняння приведемо до вигляду

$$h^3 + 3ph + 2q = 0, \quad (2.15)$$

Де $p = -\beta N / (3R_c)$; $q = -3\beta M / (\zeta \cdot R_c)$; $\beta = 5 \div 6$; $\zeta = 0,5 \div 0,8$.

Оскільки $q > p$, дискримінант приведенного рівняння $\Delta = q^2 + p^3 > 0$ і воно має одне дійсне і два мінімальні рішення.

Згідно формули Кардано, дійсне рішення визначається по формулі

$$h = U \sqrt{V}, \quad (2.16)$$

де U , см, і V , см, вираховуються за формулами відповідно:

$$U = \sqrt[3]{-q + \sqrt{q^2 + p^3}} \quad (2.17)$$

$$V = \sqrt[3]{-q - \sqrt{q^2 + p^3}}. \quad (2.18)$$

2.3.3 Підбір перерізів верхнього поясу МР

Враховуючи унікальне призначення будівлі, для виготовлення ребр приймаємо пиломатеріал деревину С22 товщиною 3,3 см (до стругання і усушки 4,0 см). Коефіцієнт надійності за призначенням $\gamma_n = 1,1$.

Розрахункове значення опору стиску деревини R_c , МПа, вираховується за формулою

$$R_c = R_c^A \cdot m_a \cdot m_b \cdot m_{cl} \cdot m_{gn} \cdot m_{c.c} / \gamma_n, \text{ МПа}, \quad (2.19)$$

Де R_c^A - розрахункове значення опору деревини вологістю 12%, МПа;

m_a - коефіцієнт умов роботи для різних умов експлуатації;

m_b . коефіцієнт умов роботи згинальних, позацентрово-стиснутих, стисло-згинальних і стиснутих клеєних елементів прямокутного перерізу висотою не більше 50см;

m_{cl} - коефіцієнт умов роботи згинальних, позацентрово-стиснутих, стисло-згинальних і стиснутих клеєних елементів в залежності від товщини шарів;

m_{gn} - коефіцієнт умов роботи гнутих елементів конструкцій;

$m_{c.c}$ - коефіцієнт умов роботи в залежності від терміну роботи;

γ_n - коефіцієнт надійності за призначенням.

Приймаємо: за [10] $R_c^A = 21$ МПа; $m_a = 0,9$; $m_b = 0,8$; $m_{cl} = 1,0$; $m_{gn} = 1,0$; $m_{c.c} = 0,8$; $\gamma_n = 1,1$.

Підставляємо значення у формулі (2.19), одержуємо

$$R_c = 21 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 / 1,1 = 11,0 \text{ МПа.}$$

Приймаємо: $\beta = h/b = 5,5$; $\xi = 0,79$.

Підставляємо значення у формулу p і q , одержуємо

$$p = -5,5 \cdot 2022,49 / (3 \cdot 1,1) = -2997,5 \text{ см}^2;$$

$$q = -3 \cdot 5,5 \cdot 37729 / (0,79 \cdot 1,1) = -639954,8 \text{ см}^3.$$

Приймаємо: $p = -2997,5 \text{ см}^2$; $q = -639954,8 \text{ см}^3$.

Підставляємо значення у формули (2.17) і (2.18), одержуємо:

$$U = \sqrt[3]{-(-6399548) + \sqrt{(-6399548)^2 + (-2997,5)^3}} = 108,0 \text{ см};$$

$$V = \sqrt[3]{-(-6399548) - \sqrt{(-6399548)^2 + (-2997,5)^3}} = 27,8 \text{ см}.$$

Приймаємо: $U = 108,0 \text{ см}$; $V = 27,8 \text{ см}$.

Підставляємо значення у формулі (2.16), одержуємо

$$h = 108 + 27,8 = 135,8 \text{ см} = 1358 \text{ мм};$$

$$b = 1358 / 5,5 = 246,9 \text{ мм} \approx 250 \text{ мм}.$$

Приймаємо складений поперечний переріз верхнього поясу МР $b \times h = 420 \times 1386 \text{ мм}$ ($2 \times 140 \times 1386 \text{ мм}$ із зазором 140 мм) з 42 шарів товщини 3 ним $150 \times 40 \text{ мм}$).

Перевірка підбраного перерізу.

Розрахунки верхнього поясу на міцність виконується в відповідності з вказівками [10].

Момент опору попередньо прийнятого поперечного перерізу арки $W_{\text{розр}}$, см^3 , визначається за формулою

$$W_{\text{розр}} = 2 \cdot \frac{b_1 \cdot h^2}{6}, \text{ см}^3, \quad (2.20)$$

де h – висота перерізу верхнього поясу, см ;

b_1 - Ширина перерізу однієї гілки верхнього поясу, см .

Приймаємо: $b_1 = 14 \text{ см}$; $h = 138,6 \text{ см}$.

Підставляємо значення у формулі (2.20), одержуємо

$$W_{\text{розр}} = 2 \cdot \frac{14 \cdot 138,6^2}{6} = 89646,48 \text{ см}^3.$$

Площа розрахункового перерізу нетто $F_{\text{розр}}$, см^2 , визначається за формулою:

$$F_{\text{розр}} = 2 \cdot b \cdot h, \text{ см}^2, \quad (2.21)$$

де h - те ж, що у формулі (2.20);

b_1 - те ж, що у формулі (2.20).

Приймаємо: $b_1 = 14 \text{ см}$; $h = 138,6 \text{ см}$.

Підставляємо значення у формулі (2.21), одержуємо

$$F_{\text{розр}} = 2 \cdot 14 \cdot 138,6 = 3880,8 \text{ см}^2.$$

Гнучкість арки в площині дії моменту визначається за формулою:

$$\lambda = \frac{l_0}{\sqrt{J_y \cdot F_{\text{розр}}}} \leq \lambda_{\text{пр}}, \quad (2.22)$$

де $F_{\text{розр}}$ - те ж, що у формулі (2.21); J_y - момент інерції перерізу, см^4 ; $\lambda_{\text{пр}}$ - гранична гнучкість;

l_0 - розрахункова довжина елемента, см .

Розрахункова довжина елемента l_0 , см , у відповідності з [10] визначається за формулою

$$l_0 = \lambda \cdot \mu_0, \text{ см}, \quad (2.23)$$

де l - довжина елемента, см ;

μ_0 - коефіцієнт для визначення розрахункової довжини.

Приймаємо: $l = 381,2 \text{ см}$; згідно [10] $\mu_0 = 1$.

Підставляємо значення у формулі (2.23), одержуємо

$$l_0 = 381,2 \cdot 1 = 381,2 \text{ см}.$$

Приймаємо: $l_0 = 381,2$ см; $F_{розр} = 3880,8$ см²; $J_y = 824023,2$ см⁴; $\mu_{np} = 120$.

Підставляємо значення у формулі (2.22), одержуємо

$$\lambda = \frac{381,2}{\sqrt{824023,2 \cdot 3880,8}} = 26,2 < 120.$$

Умови по гнучкості в площині виконується, запас міцності становить 78,2%.

Коефіцієнт, що враховує додатковий згинальний момент від поздовжньої сили при деформації напіварки ξ визначається за формою

$$\xi = 1 - \frac{\lambda^2 \cdot N}{3000 \cdot F_{розр} \cdot R_c}, \quad (2.24)$$

де N - те ж, що у формулі (2.14);

$F_{розр}$ - те ж, що у формулі (2.21); R_c - те ж, що у формулі (2.19);

λ - те ж, що у формулі (2.22).

Приймаємо: $N = 2022,49$ кН; $F_{розр} = 3880,8$ см²; $R_c = 1,1$ кН/см²; $\lambda = 26,2$.

Підставляємо значення у формулі (2.24), одержуємо

$$\xi = 1 - \frac{\lambda^2 \cdot N}{3000 \cdot F_{розр} \cdot R_c},$$

Коефіцієнт знаходиться в допустимих межах від 0 до 1.

Згинальний момент від дії поперечних і поздовжніх навантажень M_D , кН·см, визначається за формулою

$$M_D = \frac{M_{розр}}{\xi}, \text{ кН} \cdot \text{см}, \quad (2.25)$$

де $M_{розр}$ – розрахунковий згинальний момент, кН·см; ξ - те ж, що у формулі (2.24).

Приймаємо: $M_{розр} = M_{2-3} = 37729$ кН · см; $\xi = 0,89$.

Підставляємо значення у формулі (2.25), одержуємо

$$M_D = 37729/0,89 = 42316,4 \text{ кН} \cdot \text{см}.$$

Перевірка міцності прийнятого перерізу

Перевірка міцності прийнятого перерізу ВП виконується за формулою (2.14).

Приймаємо: $N = 2022,49 \text{ кН}$; $F_{\text{розр}} = 3880,8 \text{ см}^2$; $M_D = 42316,4 \text{ кН} \cdot \text{см}$;

$$W_{\text{розр}} = 89646,48 \text{ см}^3, R_c = 1,1 \text{ кН/см}^2.$$

Підставляємо значення у формулі (2.14), одержуємо

$$\frac{2022,49}{3880,8} + \frac{42316,4}{89646,48} = 0,993 \text{ кН/см}^2 < R_c = 1,1 \text{ кН/см}^2.$$

Міцність перерізу забезпечена, запас міцності становить 9,7%.

Розрахунок на стійкість плоскої форми деформування.

Стійкість плоскої форми деформування перевіряється в перерізі з максимальним від'ємним моментом як для стисло-згинальних елементів [21].

$$\frac{N}{\varphi \cdot R_c \cdot F_{\text{розр}}} + \left(\frac{M_D}{\varphi_M \cdot R_u \cdot W_{\text{розр}}} \right)^n \leq 1, \quad (2.26)$$

де φ – коефіцієнт подовжнього вигину для гнучкості частки елемента з розрахунковою довжиною l_p з площини деформування;

φ_M – коефіцієнт для згинальних елементів прямокутного постійного поперечного перерізу;

n – для елементів із закріпленнями розтягнутої зони з площини деформування дорівнює 1;

R_u – розрахунковий опір згину деревини, дорівнює R_c ;

R_c – те ж, що у формулі (2.19);

N – те ж, що у формулі (2.14);

$F_{\text{розр}}$ – те ж, що у формулі (2.21);

M_D – те ж, що у формулі (2.25);

$W_{розр}$ - те ж, що у формулі (2.20).

Приймаємо: $M_{розр} = M_{2-3} = 24205 \text{ кН} \cdot \text{см}$; $\xi = 0,89$.

Підставляємо значення у формулі (2.50), одержуємо

$$M_D = 24205/0,89 = 27196,7 \text{ кН} \cdot \text{см}.$$

Коефіцієнт подовжнього вигину для гнучкості ділянки елемента з розрахунковою довжиною l_p з площини деформування φ визначається за формулою

$$\varphi = \frac{A}{\lambda^2}, \quad (2.27)$$

де A - коефіцієнт, рівний для деревини 3000;

λ - гнучкість елемента на ділянці l_p , визначається за формулою

$$\lambda = \frac{l_p}{0,289 \cdot b}, \quad (2.28)$$

де b - ширина перерізу ребра, см;

l_p - розрахункова довжина, см, визначається згідно [10] за формулою

$$l_p = \mu_0 \cdot S, \text{ см}, \quad (2.29)$$

де S - довжина дуги ребра, см;

μ_0 - Коефіцієнт, що визначається за [21].

Приймаємо: $\mu_0 = 0,5$; $S = 7187 \text{ см}$.

Підставляємо значення у формулі (2.27), одержуємо

$$l_p = 0,5 \cdot 7187 = 3594 \text{ см}.$$

Приймаємо: $b = 42 \text{ см}$; $l_p = 3594 \text{ см}$.

Підставляємо значення у формулі (2.28), одержуємо

$$\lambda = \frac{3594}{0,289 \cdot 42} = 299,5.$$

Приймаємо: $\lambda = 299,5$; $A = 3000$.

Підставляємо значення у формулі (2.27), одержуємо

$$\varphi = 3000/299,5^2 = 0,03.$$

Коефіцієнт для згинальних елементів прямокутного постійного поперечного перерізу, шарнірно закріплених від зміщення з поверхні вигину і закріплених від повороту вздовж поздовжньої осі в опорних перерізах φ_M у відповідності з [10] визначається за формулою

$$\varphi_M = 140 \cdot \frac{b^2}{l_p \cdot h} \cdot k_\varphi, \quad (2.30)$$

де l_p - те ж, що у формулі (2.29);

b - те ж, що у формулі (2.28);

h - те ж, що у формулі (2.20);

k_φ - коефіцієнт, що залежить від форми епюри згинальних моментів на ділянці l_p .

Приймаємо: по [10] $k_\varphi = 1,13$; $b = 42$ см;

$l_p = 3594$ см; $h = 138,6$ см.

Підставляємо значення у формулі (2.30), одержуємо

$$\varphi_M = 140 \cdot \frac{b^2}{l_p \cdot h} \cdot k_\varphi,$$

На розглянутій ділянці ребро купола має розкріплення кільцевими елементами з боку розтягнутої кромки, тому $n = 1$, а до значень φ і φ_M вводяться попружні коефіцієнти k_{IIIN} і k_{IIIM} відповідно.

Коефіцієнт k_{IIIN} в відповідності з [10] при $m \geq 4$ обчислюється за формулою

$$k_{\text{нN}} = 0,75 + 0,06 \cdot \left(\frac{l_p}{h} \right)^2 + 0,6 \cdot \alpha_p \cdot \frac{l_p}{h}, \quad (2.31)$$

де l_p - те ж, що у формулі (2.29);

h - те ж, що у формулі (2.20);

m - число підкріплених (з однаковим кроком) точок розтягнутої кромки на ділянці l_p ;

α_p - центральний кут в радіанах, що визначає ділянку l_p елемента кругового обриса, рад, що вираховується за формулою

$$\alpha_p = \lambda_p / r_{\text{ВП}}, \text{ рад}, \quad (2.32)$$

де $r_{\text{ВП}}$ - радіус поясу МР, см;

l_p - те ж, що у формулі (2.29).

Приймаємо: $r_{\text{ВП}} = 5412$ см; $l_p = 3594$ см.

Підставляємо значення у формулі (2.32), одержуємо

$$\alpha_p = 3594 / 5412 = 0,66 \text{ рад.}$$

Приймаємо: $l_p = 3594$ см; $h = 138,6$ см; $\alpha_p = 0,66$.

Підставляємо значення у формулі (2.31), одержуємо

$$k_{\text{нN}} = 0,75 + 0,06 \cdot \left(\frac{3594}{138,6} \right)^2 + 0,6 \cdot 0,66 \cdot \frac{3594}{138,6} = 51,4.$$

Коефіцієнт $k_{\text{нM}}$ у відповідності з [10] при $m \geq 4$ обчислюється за формулою

$$k_{\text{нM}} = 0,142 \cdot \frac{l_p}{h} + 1,76 \cdot \frac{h}{l_p} + 1,4 \cdot \alpha_p, \quad (2.33)$$

де l_p - те ж, що у формулі (2.29);

h - те ж, що у формулі (2.20);

m - те ж, що у формулі (2.31);

α_p - те ж, що у формулі (2.31).

Приймаємо: $l_p = 3594$ см; $h = 138,6$ см; $\alpha_p = 0,66$.

Підставляємо значення у формулі (2.33), одержуємо

$$k_{sM} = 0,142 \cdot \frac{3594}{138,6} + 1,76 \cdot \frac{138,6}{3594} + 1,4 \cdot 0,66 = 4,67.$$

Приймаємо: $\varphi = 0,03$; $k_{uN} = 51,4$; $\varphi_M = 0,56$; $k_{uM} = 4,67$; $n = 1$;

$N = 1288,53$ кН; $R_u = R_c = 1,1$ кН/см²; $F_{розр} = 3880,8$ см²; $M_D = 27196,7$ кН · см;

$W_{розр} = 89646,48$ см³.

Підставляємо значення у формулу (2.26), одержуємо

$$\frac{1288,53}{0,03 \cdot 51,4 \cdot 1,1 \cdot 3880,8} + \left(\frac{27196,7}{0,56 \cdot 4,67 \cdot 1,1 \cdot 89646,48} \right)^1 = 0,41 \leq 1.$$

Стійкість плоскої форми деформування арки при від'ємному згинальному моменті забезпечена.

2.3.4 Підбір перерізів розкосів

Визначимо переріз елементів розкосів серпоподібних меридіональних ребер. Всі розкоси проектується з однаковими перерізами, тією ж шириною, що і верхній пояс $MР-b = 420$ мм. За розрахункове зусилля приймаємо максимальне значення поздовжньої сили $N = 708,9$ кН в елементі 3-15 та мінімальне значення поздовжньої сили $N = -633,7$ кН в елементі 4-16.

Підберем висоту перерізу розкосу h , см, з умови граничної гнучкості за формулою:

$$h = \frac{l}{0,289 \cdot \lambda_{np}}, \quad (2.34)$$

де l – довжина елемента 4-16, см;

λ_{np} - те ж, що у формулі (2.22).

Приймаємо: $l = 433$ см; згідно [10] $\lambda_{np} = 120$.

Підставляємо значення у формулі (2.34), одержуємо

$$h = \frac{433}{0,289 \cdot 120} = 12,5 \text{ см.}$$

Приймаємо складений поперечний переріз розкосу $b \times h = 420 \times 210$ мм (3x140x210 мм) (дошки без стругання і до усушки перерізом 150x225 мм).

Перевірка міцності прямокутного перерізу.

Перевірка перерізу розтягнутих розкосів виконується згідно з [10] за формулою

$$\frac{N}{F_{нт}} \leq R_p, \quad (2.35)$$

де N - подовжня сила, кН;

$F_{нт}$ - площа немає поперечного складеного перерізу елемента, см²;

R_p - розрахункове опір деревини розтягу вздовж волокон з урахуванням коефіцієнтів умов роботи по [10] і коефіцієнтів надійності на згідно стандарту.

Площа немає поперечного перерізу $F_{нт}$, см², визначається за формулою

$$F_{нт} = b \cdot h, \text{ см}^2, \quad (2.36)$$

де h - те ж, що у формулі (2.20);

b - те ж, що у формулі (2.28).

Приймаємо: $h = 21$ см; $b = 42$ см.

Підставляємо значення у формулі (2.36), одержуємо

$$F_{нт} = 42 \cdot 21 = 882 \text{ см}^2.$$

Розрахункове значення опору розтягу деревини вздовж волокон, R_p , МПа, обчислюється за формулою

$$R_p = R_p^A \cdot m_\varepsilon \cdot m_\delta \cdot m_{ck} \cdot m_{c.c} / \gamma_n, \text{ МПа}, \quad (2.37)$$

Де R_p^A - розрахункове значення опору деревини вологістю 12% , МПа;

m_ε - те ж, що у формулі (2.19);

m_δ - те ж, що у формулі (2.19);

m_{ck} - те ж, що у формулі (2.19);

$m_{c.c}$ - те ж, що у формулі (2.19);

γ_n - те ж, що у формулі (2.19).

Приймаємо: за [21] $R_p^A = 18$ МПа;

$$m_\varepsilon = 0,9;$$

$$m_\delta = 1,0;$$

$$m_{ck} = 1,0;$$

$$m_{c.c} = 0,7;$$

$$\gamma_n = 1,1.$$

Підставляємо значення у формулі (2.37), одержуємо

$$R_p = 18 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 / 1,1 = 10,31 \text{ МПа} = 1,031 \text{ кН/см}^2.$$

Приймаємо: $N = 708,9$ кН; $F_{\text{нм}} = 882$ см²; $R_p = 1,031$ кН/см².

Підставляємо значення у формулі (2.35), одержуємо

$$\frac{708,9}{882} = 0,804 \text{ кН/см}^2 < R_p = 1,031 \text{ кН/см}^2.$$

Міцність перерізу забезпечена, запас міцності становить 22%.

Підбір перерізу елементів нижнього поясу.

З таблиці 2.8 виписуємо максимальний позитивний і негативний згинальні моменти і відповідні їм подовжні сили.

Максимальний позитивний момент і відповідна подовжня сила - $M_{15-16} = 299,99$ кН · м; $N_{15-16} = 592,46$ кН;

Максимальна позитивна подовжня сила і відповідний момент - $M_{22-23} = 96,74$ кН · м; $N_{22-23} = 1468,62$ кН;

Максимальна від'ємна подовжня сила і відповідний момент - $M_{15-16} = -198,85$

кН · м; $N_{15-16} = -1683,02$ кН.

2.3.5 Підбір перерізу нижнього поясу МР

Всі елементи поясу проектується однакового перерізу з дошок товщиною 33 мм, тієї ж ширини, що використовують в елементах верхнього поясу МР- $b=420$.

Попереднє визначення висоти поперечного перерізу нижнього поясу МР виконується аналогічно до підпункту 2.4.2.

Приймаємо:

$$R_c^A = 21 \text{ МПа};$$

$$m_B = 0,9;$$

$$m_\delta = 0,85;$$

$$m_{CK} = 1,0;$$

$$m_{ZH} = 1,0;$$

$$m_{c.c} = 0,8;$$

$$\gamma_n = 1,1.$$

Підставляємо значення у формулі (2.19), одержуємо

$$R_c = 21 \cdot 0,9 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 / 1,1 = 11,68 \text{ МПа}.$$

Приймаємо: $\beta = h/b = 5$; $\xi = 0,79$.

Підставляємо значення у формулу р і q, одержуємо

$$p = -5 \cdot 1683,02 / (3 \cdot 1,168) = -2401,6 \text{ см}^2;$$

$$q = -3 \cdot 5 \cdot 19885 / (0,79 \cdot 1,168) = -323256,2 \text{ см}^3.$$

Приймаємо: $p = -2401,6 \text{ см}^2$; $q = -323256,2 \text{ см}^3$.

Підставляємо значення у формули (2.17) і (2.18), одержуємо

$$U = \sqrt[3]{-(-323256,2) + \sqrt{(-323256,2)^2 + (-2401,6)^3}} = 78,4 \text{ см};$$

$$V = \sqrt[3]{-(-323256,2) - \sqrt{(-323256,2)^2 + (-2401,6)^3}} = 25,1 \text{ см}.$$

Приймаємо: $U = 78,4 \text{ см}$; $V = 25,1 \text{ см}$.

Підставляємо значення у формулі (2.16), одержуємо

$$h = 78,4 + 25,1 = 103,5 \text{ см} = 1035 \text{ мм.}$$

Приймаємо складене поперечне січення нижнього поясу МР $b \times h = 420 \times 1056$ мм ($2 \times 140 \times 1056$ мм із зазором 140 мм) з 32 шарів товщиною 33 мм.

Перевірка підбраного перерізу

Розрахунок нижнього поясу на міцність виконується в відповідності з вказівками [21].

Приймаємо: $b_1 = 14 \text{ см}$; $h = 105,6 \text{ см}$.

Підставляємо значення у формули (2.20) і (2.21), одержуємо

$$W_{\text{розр}} = 2 \cdot \frac{14 \cdot 105,6^2}{6} = 52039,68 \text{ см}^3;$$

$$F_{\text{розр}} = 2 \cdot 14 \cdot 105,6 = 2956 \text{ см}^2.$$

Приймаємо: $l = 471,1 \text{ см}$; $\mu_0 = 1$.

Підставляємо значення у формулі (2.23), одержуємо

$$l_0 = 471,1 \cdot 1 = 471,1 \text{ см.}$$

Приймаємо: $l_0 = 471,1 \text{ см}$; $F_{\text{розр}} = 2956,8 \text{ см}^2$; $J_y = 627827,2 \text{ см}^4$; $\lambda_{\text{пр}} = 120$.

Підставляємо значення у формулі (2.22), одержуємо

$$\lambda = \frac{471,1}{\sqrt{627827,2 \cdot 2956,8}} = 32,3 < 120.$$

Умови по гнучкості в площині виконується, запас міцності становить 73,1%.

Приймаємо: $N = 1683,02 \text{ кН}$; $F_{\text{розр}} = 2956,8 \text{ см}^2$; $R_c = 1,168 \text{ кН/см}^2$; $\lambda = 32,3$.

Підставляємо значення у формулі (2.24), одержуємо

$$\xi = 1 - \frac{32,3^2 \cdot 1683,02}{3000 \cdot 2956,8 \cdot 1,168} = 0,83.$$

Коефіцієнт знаходиться в допустимих межах від 0 до 1.

Приймаємо: $M_{\text{розр}} = M_{15-16} = 19885 \text{ кН} \cdot \text{см}$; $\xi = 0,83$.

Підставляємо значення у формулі (2.25), одержуємо

$$M_d = 19885 / 0,83 = 23942,7 \text{ кН} \cdot \text{см.}$$

Перевірка міцності прийнятого перерізу.

Перевірка міцності прийнятого перерізу нижнього поясу виконується за формулою (2.14).

Приймаємо: $N = 1683,02$ кН; $F_{\text{розр}} = 2956,8$ см²; $M_{\text{д}} = 23942,7$ кН · см;

$W_{\text{розр}} = 52039,68$ см³, $R_c = 1,168$ кН/см².

Підставляємо значення у формулі (2.14), одержуємо

$$\frac{1683,02}{2956,8} + \frac{23942,7}{52039,68} = 1,029 \text{ кН/см}^2 < R_c = 1,168 \text{ кН/см}^2.$$

Міцність перерізу забезпечується, запас міцності становить 11,9%.

Розрахунок на стійкість плоскої форми деформування

Приймаємо: $M_{\text{розр}} = M_{15-16} = 21129$ кН · см; $\xi = 0,83$.

Підставляємо значення у формулі (2.50), одержуємо

$$M_{\text{д}} = 21129 / 0,83 = 25456,6 \text{ кН} \cdot \text{см}.$$

Приймаємо: $\mu_0 = 0,5$; $S = 6870$ см.

Підставляємо значення у формулу (2.27), одержуємо

$$l_p = 0,5 \cdot 6870 = 3435 \text{ см}.$$

Приймаємо: $b = 42$ см; $l_p = 3435$ см.

Підставляємо значення у формулу (2.28), одержуємо

$$\lambda = \frac{3435}{0,289 \cdot 42} = 283.$$

Приймаємо: $\lambda = 283$; $A = 3000$.

Підставляємо значення у формулу (2.27), одержуємо

$$\varphi = 3000 / 283^2 = 0,04.$$

Приймаємо:

$$k_{\phi} = 1,13;$$

$$b = 42 \text{ см};$$

$$l_p = 3435 \text{ см};$$

$$h = 105,6 \text{ см}.$$

Підставляємо значення у формулу (2.30), одержуємо

$$\varphi_M = 140 \cdot \frac{42^2}{3435 \cdot 105,6} \cdot 1,13 = 0,77.$$

На розглянутій ділянці ребро купола має розкріплення кільцевими елементами з боку розтягнутої кромки, тому $n = 1$, а до значень φ і φ_M вводяться поправочні коефіцієнти $k_{\Pi N}$ і $k_{\Pi M}$ відповідно.

Приймаємо:

$$r_{\Pi} = 6303 \text{ см};$$

$$l_p = 3435 \text{ см}.$$

Підставляємо значення у формулі (2.32), одержуємо

$$\alpha_p = 3435 / 6303 = 0,54 \text{ рад}.$$

Приймаємо:

$$l_p = 3435 \text{ см};$$

$$h = 105,6 \text{ см};$$

$$\alpha_p = 0,54.$$

Підставляємо значення у формули (2.31) і (2.33), одержуємо

$$k_{\Pi N} = 0,75 + 0,06 \cdot \left(\frac{3435}{105,6} \right)^2 + 0,6 \cdot 0,54 \cdot \frac{3435}{105,6} = 74,8.$$

$$k_{\Pi M} = 0,142 \cdot \frac{3435}{105,6} + 1,76 \cdot \frac{105,6}{3435} + 1,4 \cdot 0,54 = 5,43.$$

Приймаємо: $\varphi = 0,04$;

$$k_{\Pi N} = 74,8;$$

$$\varphi_M = 0,77;$$

$$k_{\Pi M} = 5,43;$$

$$n = 1;$$

$$N = 1521,32 \text{ кН};$$

$$R_u = R_c = 1,168 \text{ кН/см}^2;$$

$$F_{\text{розр}} = 2956,8 \text{ см}^2;$$

$$M_D = 25456,6 \text{ кН} \cdot \text{см};$$

$$W_{\text{розр}} = 52039,68 \text{ см}^3.$$

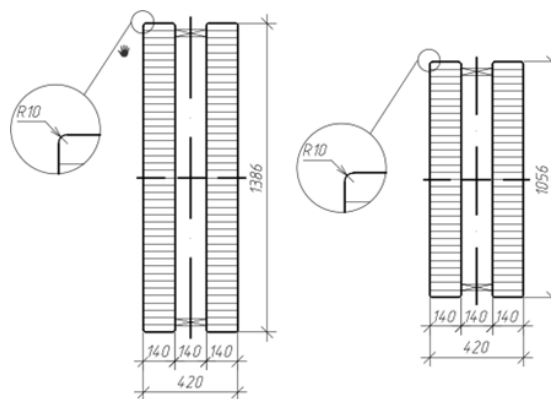
Підставляємо значення у формулі (2.26), одержуємо

$$\frac{1521,32}{0,04 \cdot 74,8 \cdot 1,168 \cdot 2956,8} + \left(\frac{25456,6}{0,77 \cdot 5,43 \cdot 1,168 \cdot 52039,68} \right)^1 = 0,25 \leq 1.$$

Стійкість плоскої форми деформування арки при від'ємному згинальному моменті забезпечена.

Остаточно приймаємо складене поперечне січення верхнього поясу меридіонального ребра купола $b \times h = 420 \times 1386$ мм (2x140x1386 мм) 140 мм) з 42 шарів товщиною 33 мм (дошки без стругання і до усушки перерізом 150x40 мм); нижнього поясу - $b \times h = 420 \times 1056$ мм (2x140x1056 мм із зазором 140 мм) з 32 шарів товщиною 33 мм (дошки без стругання і до 80 мм) 150; розкоси - $b \times h = 420 \times 210$ мм (3x140x210 мм) (дошки без стругання і до усушки перерізом 150x225 мм).

Сумісна робота двох піварок досягається болтовим з'єднанням в місцях встановлення розкосів. Між піварками, що утворюють меридіональне ребро купола в місцях з'єднання використовують дерев'яні прокладки товщиною 30 мм і шириною 140 мм. Остаточна схема поперечного перерізу МР купола представлена на рисунку 2.14.



а - верхній пояс; б - нижній пояс.

Рисунок 2.10 – Складений поперечний переріз меридіонального ребра купола

РОЗДІЛ 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ

3.1 Варіантне проектування

Науково-дослідний розділ передбачає схематичне та ескізне пропрацювання трьох варіантів можливих конструктивно-компонувальних рішень та наступного вибору з них найбільш оптимального.

3.1.1. Вибір покриття блоку з басейнами в складі центру плавання і спорту

Як покриття блоку з басейнами в складі центру плавання і спорту приймаємо клеєдерев'яний купол.

Діаметри дерев'яних ребристо-кільцевих куполів на основі клеєних арок, що застосовуються для покриттів виставкових і спортивних залів, можуть бути прольотом від 80 м і більше.

Купольні конструкції мають ряд переваг у порівнянні з рамними і балочними:

- найменші витрати матеріалу;
- ефективність купола збільшується з ростом прольоту (згинальний момент в 3-5 разів менше, ніж в різних системах і в 5-8 разів менше, ніж в балочній системі);
- енергетична ефективність (будівля сферичної форми в порівнянні з будь-якою іншою формою має найменше відношення площі зовнішніх стін об'єму);
- архітектурна виразність, як екстер'єру, так і інтер'єру.

Для оцінки конструктивних форм несучих конструкцій будівлі розглянемо три конструктивні варіанти каркасу:

- купол зі стрілою підйому $f = 55$ м;
- купол зі стрілою підйому $f = 40$ м;

- купол зі стрілою підйому $f = 30$ м.

3.1.2 Варіант 1

Несуча конструкція покриття - ребристо-кільцевий купол, що представляє собою багатогранник, вписаний у сфері радіусом 55 м.

Каркас складається з 24 меридіональних ребр шарнірно опертих на залізобетонні опори і жорстко - на верхнє сталеве кільце.

На ці ребра з кроком 6,45 м спираються дванадцять криволінійних кільцевих елемента, з яких верхнє і нижнє - на відмітці +30,749 м. є проміжними опорами для 48 проміжних меридіональних ребр (ПМР), інші є розпірками між проміжними і основними ребрами для їх стійкості від дії подовжніх сил і можливого крутіння.

Просторова жорсткість каркасу забезпечується особливими сталевими зв'язками в шести секторах куполу.

Розрахункова система - ребриста.

Геометричні розміри купола, прийняті для початкової оцінки варіантів:

- радіус сфери купола $R = 55$ м;
- проліт купола $l = 110$ м;
- стріла підйому $f = 55$ м;
- висота перетину $h = 1/30d - 1/40d$; меридіональний ребер – $h_{MP} = 1500$ мм;
- проміжних меридіональних ребр - $h_{ПМР} = 800$ мм;
- ширина перерізу меридіональних ребр - в МР = 420 мм; проміжних меридіональних ребр - в ПМР = 240 мм;
- будівельний об'єм - 348455,0 м³.

Конструктивна схема першого варіанта представлена на рисунку 3.1.

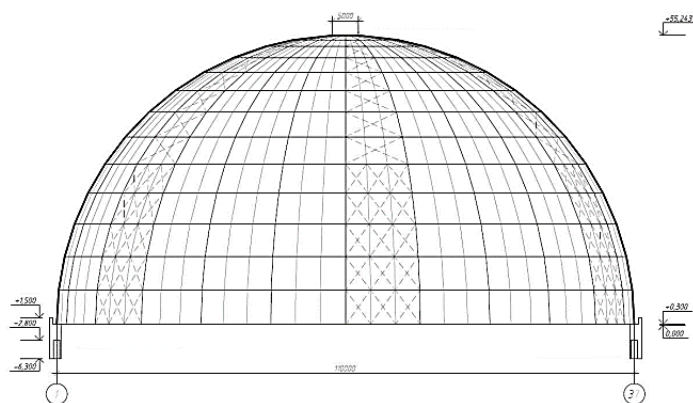


Рисунок 3.1 – Конструктивна схема першого варіанта, розріз

Розрахункова схема в ПК SCAD показана на рисунку 3.2

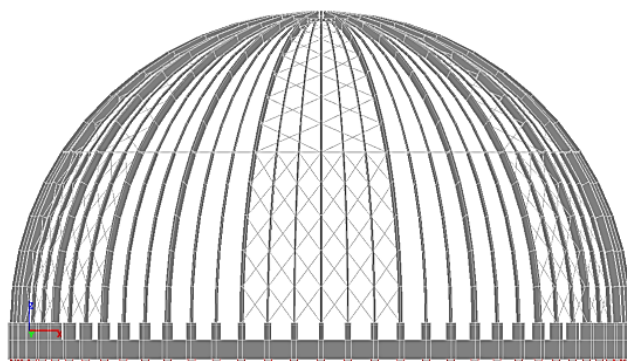


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема купола, перший варіант

Результати розрахунків на задані навантаження наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Результат розрахунку в ПК SCAD першого варіанта

Комбінація	N, кН	M _k , кН·м	M _y , кН·м	Q _z , кН	M _z , кН·м	Q _y , кН
C1+0,9 B	-778,18	-3,71/3,75	3509,36	337,61	-57,2	8,93
	(№431)	(№593/1322)	(№431)	(№1484)	(№1403)	(№1403)
<p>N_{max}= -24,09 кН (№ 544); N_{min}= -788,91 кН (№ 593);</p> <p>M_{k,max}= 3,75 кН · м (№ 1322); M_{k, min}= -3,71 кН · м (№ 570, к); M_{y,max} = 3509,36 кН · м (№ 431); M_{y,min} = -1666,7 кН · м (№ 423); Q_{z,max} = 337,61 кН (№1484); Q_{z,min} = -77,42 кН (№1551);</p> <p>M_{z,max}= 48,88 кН · м (№ 512); M_{z,min}= -57,2 кН · м (№ 1403);</p> <p>Q_{y,max}= 8,93 кН (№1403); Q_{y, min} = -7,55 кН (№512).</p>						

Продовження таблиці 3.1

0,9·C1+B	-741,73 (№431)	-4,11/4,14 №593/1322)	3399,39 (№431)	325,39 (№1484)	-62,34 (№1403)	9,75 (№1403)
N _{max} = -18,65 кН (№ 544); N _{min} = -748,56 кН (№ 429); M _{k,max} = 4,14 кН · м (№ 1322); M _{k, min} = -4,11 кН · м (№ 593); M _{y, max} = 3399,39 кН · м (№ 431); M _{y,min} = -1589,69 кН · м (№ 423); Q _{z,max} = 325,39 кН (№1484); Q _{z,min} = -72,89 кН (№1470); M _{z,max} = 53,22 кН · м (№ 593); M _{z,min} = -62,34 кН · м (№ 1403); Q _{y,max} = 9,75 кН (№1403); Q _{y, min} = -8,22 кН (№512).						
Комбінація	N, кН	M _k , кН·м	M _y , кН·м	Q _z , кН	M _z , кН·м	Q _y , кН
C2+0,9 B	-1193,7 (№188)	-26,57 (№1565)	-2433,7 (№1727)	242,5 (№188)	-150,1 (№431)	31,88 (№431)
N _{max} = 124,51 кН (№170); N _{min} = -1250,56 кН (№ 188); M _{k,max} = 26,24 кН · м (№ 350); M _{k, min} = -26,57 кН · м (№ 1565); M _{y,max} = 3281,64 кН · м (№ 1727); M _{y, min} = -2822,73 кН · м (№ 20); Q _{z,max} = 428,91 кН (№188); Q _{z,min} = -155,35 кН (№ 14); M _{z,max} = 172,47 кН · м (№ 1484); M _{z,min} = -175,84 кН · м (№ 431); Q _{y,max} = 27,85 кН (№ 431); Q _{y,min} = -27,13 кН (№ 1484).						
0,9·C2+B	-1152,15 (№188)	-24,04 (№1565)	3097,39 (№1727)	396,26 (№188)	-152,81 (№431)	24,19 (№431)
N _{max} = 93,44 кН (№170); N _{min} = -1152,15 кН (№ 188); M _{k,max} = 23,73 кН · м (№ 350); M _{k, min} = -24,04 кН · м (№ 1565); M _{y, max} = 3097,39 кН · м (№ 1727); M _{y,min} = -2575,12 кН · м (№ 20); Q _{z,max} = 396,26 кН (№188); Q _{z,min} = -140,47 кН (№14); M _{z,max} = 147,43 кН · м (№ 1484); M _{z,min} = -152,81 кН · м (№ 431); Q _{y,max} = 24,19 кН (№ 431); Q _{y,min} = -23,17 кН (№ 1484).						
Max	-1193,7	-26,6	-2433,7	242,5	-150,1	31,88

3.1.3 Варіант 2

Несуча конструкція покриття - ребристо-кільцевий купол, що представляє собою багатогранник, вписаний у сфері радіусом 57,81 м. шарнірно опорних на залізобетонні опори і жорстко - на верхнє сталеве кільце. На ці ребра з кроком 6,45 м спираються дванадцять криволінійних кільцевих елемента, з яких верхня і нижня - на відмітку +23,162 м. меридіональних ребр, решта є розпорками між проміжними і основними ребрами для їх стійкості від дії подовжніх сил і можливого крутіння. Простора жорсткість каркасу забезпечується особливими сталевими зв'язками в шести секторах купола. Розрахункова система - ребриста.

Геометричні розміри купола, прийняті для початкової оцінки варіантів:

- радіус сфери купола $R = 57,81$ м;
- проліт купола $l = 110$ м;

– стріла підйому $f = 40$ м;
 – висота перетину $h = 1/30d - 1/40d$; меридіональний ребр – $h_{MP} = 1500$ мм;

– проміжних меридіональних ребер - $h_{ПМР} = 800$ мм.

Ширина перерізу меридіональних ребр - в МР = 420 мм; проміжних меридіональних ребр - в ПМР = 240 мм.

Будівельний об'єм - 209439,5 м³.

Конструктивна схема другого варіанта представлена на рисунку 3.3.

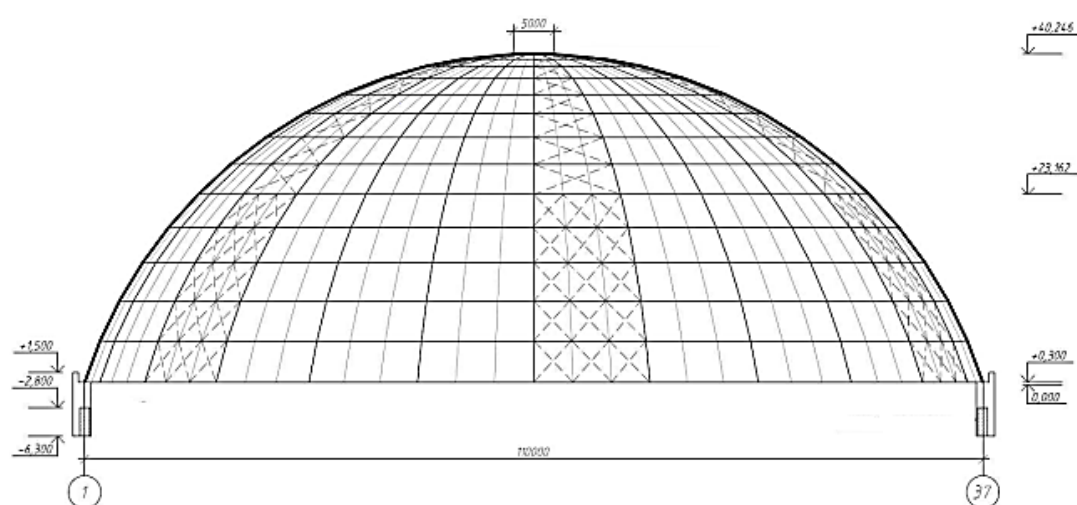


Рисунок 3.3 - Конструктивна схема другого варіанту, розріз

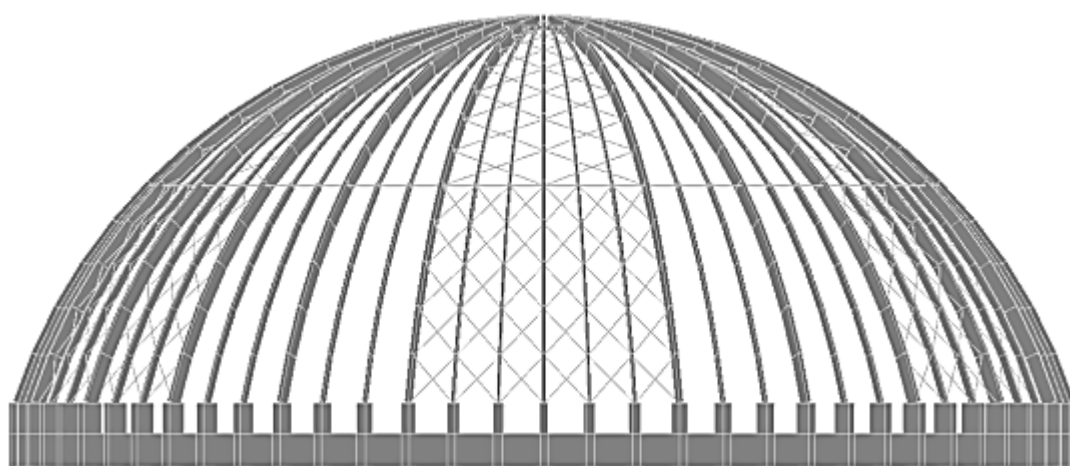


Рисунок 3.4 – Розрахункова система купола, другий варіант

Результати розрахунків на задані навантаження приведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Результат розрахунку в ПК SCAD другого варіанта

Комбінація	N, кН	M _x , кН·м	M _y , кН·м	Q _z , кН	M _z , кН·м	Q _y , кН
C1+0,9 B	-757,58	2,99	1389,6	189,81	-20,64/20,22	3,71
	(№1484)	(№1322)	(№431)	(№1484)	(№1403/674)	(№1403)
<p>N_{max}= 27,69 кН (№1464);N_{min}= -757,58 кН (№ 1484); M_{x,max}= 2,99 кН · м (№ 1322);M_{x, min}= -2,45 кН · м (№ 490); M_{y, max} = 1389,6 кН · м (№ 431); M_{y,min} = -779,56 кН · м (№ 1559); Q_{z, max} = 189,81 кН (№1484); Q_{z,min} = -67,34 кН (№1472); M_{z,max}= 26,14 кН · м (№ 488);M_{z,min}= -32,58 кН · м (№ 1059); Q_{y,max}= 13,13 кН (№ 85); Q_{y, min} = -4,28кН(№411).</p>						
0,9·C1+B	-717,94	3,21	1380,18	182,93	-23,05/22,34	4,13
	(№1484)	(№1322)	(№431)	(№1484)	(№1403/674)	(№1403)
<p>N_{max}= 25,68 кН (№1464);N_{min}= -717,94 кН (№ 1484); M_{x,max}= 3,21 кН · м (№ 1322);M_{x, min}= -2,49 кН · м (№ 490); M_{y, max} = 1380,18 кН · м (№ 431); M_{y,min} = -727,87 кН · м (№ 1559); Q_{z,max} = 182,93 кН (№1484); Q_{z,min} = -64,1 кН (№1472); M_{z,max}= 26,56 кН · м (№ 488);M_{z,min}= -31,45 кН · м (№ 1059); Q_{y,max}= 13 кН (№85); Q_{y,min}= -4,07 кН (№ 488).</p>						
C2+0,9 B	-1827,4	26,68	1871,1	254,4	124,2	41,81
	(№1727)	(№350)	(№1403)	(№1403)	(№431)	(№431)
<p>N_{max}= 358,59 кН (№ 1484);N_{min}= -1271,47 кН (№ 1727); M_{x,max}= 26,68 кН · м (№ 350);M_{x, min}= -25,68 кН · м (№ 1565); M_{y, max} = 2559,9 кН · м (№ 1403); M_{y,min} = -2539,52 кН · м (№ 26); Q_{z,max} = 229,45 кН (№1403); Q_{z,min} = -153,95 кН (№18); M_{z,max}= 243,01 кН · м (№ 1484); M_{z,min}= -254,62 кН · м (№ 431); Q_{y,max}= 45,02 кН (№431); Q_{y,min}= -42,71 кН (№ 1484).</p>						
0,9·C2+B	-1167,69	24,2	2384,86	213,39	-227,75	40,26
	(№1727)	(№350)	(№1403)	(№512)	(№431)	(№431)
<p>N_{max}= 288,52 кН (№ 1484);N_{min}= -1167,69 кН (№ 1727); M_{x,max}= 24,2 кН · м (№ 350);M_{x, min}= -23,15 кН · м (№ 1565); M_{y,max} = 2384,86 кН · м (№ 1403); M_{y,min} = -2270,23 кН · м (№ 26); Q_{z,max} = 213,39 кН (№512); Q_{z,min} = -139,98 кН (№18); M_{z,max}= 216 кН · м (№ 1484);M_{z,min}= -227,75 кН · м (№ 431); Q_{y,max}= 40,26 кН (№431); Q_{y,min}= -37,95 кН (№ 1484).</p>						
Max	-1827,4	26,7	1871,1	254,4	124,2	41,81

3.1.4 Варіант 3

Несуча конструкція покриття - ребристо-кільцевий купол, що представляє собою багатогранник, вписаний у сфері радіусом 65,42 м. шарнірно опорних на залізобетонні опори і жорстко - на верхнє сталеве кільце. На ці ребра з кроком 6,45 м спираються дванадцять криволінійних кільцевих елемента, з яких верхні і нижні - на відмітці +15,798 м. є опорами меридіональних ребр, решта є

розпорками між проміжними і основними ребрами для їх стійкості від дії подовжніх сил і можливого крутіння. Простора жорсткість каркасу забезпечується особливими сталевими зв'язками в шести секторах купола. Розрахункова система - ребриста.

Геометричні розміри купола, прийняті для початкової оцінки варіантів:

- радіус сфери купола $R = 65,42$ м;
- проліт купола $l = 110$ м;
- стріла підйому $f = 30$ м;
- висота перетину $h = 1/30d - 1/40d$; меридіональний ребр – $h_{MP} = 1500$ мм;
- проміжних меридіональних ребр - $h_{ПМР} = 800$ мм;
- ширина перерізу меридіональних ребр - в МР = 420 мм; проміжних меридіональних ребр - в ПМР = 240 мм.

Будівельний об'єм - 127234,5 м³.

Конструктивна схема третього варіанту подана на рисунку 3.5.

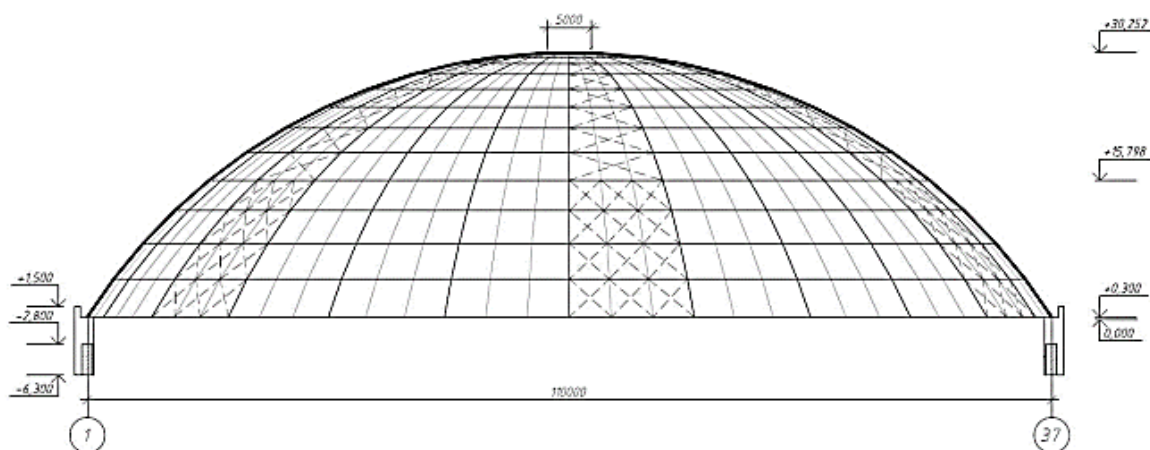


Рисунок 3.5 – Конструктивна система третього варіанту, розріз

Розрахункова схема в ПК SCAD показана на рисунку 3.6

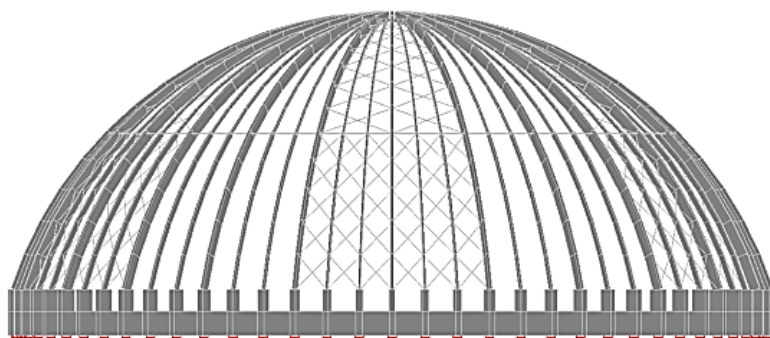


Рисунок 3.6 – Розрахункова схема купола, третій варіант

Результати розрахунків на задані навантаження наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Результат розрахунку в ПК SCAD третього варіанту

Комбінація	N, кН	Mк, кН·м	My, кН·м	Qz, кН	Mz, кН·м	Qy, кН
C1+0,9 B	-683,62	3,92	-1438,34	93,65	20,65	-3,8
	(№324)	(№1299)	(№999)	(№324)	(№699)	(№699)
Nmax= 350,04 кН (№1352); Nmin= -683,62 кН (№ 324); Mк,max= 5,1 кН · м (№ 1281); Mк, min= -5,49 кН · м (№ 766); My,max = 170,13 кН · м (№ 681); My,min = -1438,34 кН · м (№ 999); Qz,max = 93,65 кН (№324); Qz,min = -75,71 кН (№2); Mz,max= 84,84 кН · м (№ 754); Mz,min= -49,02 кН · м (№ 1577); Qy,max= 14,97 кН (№756); Qy,min= -29,69 кН (№ 1654).						
0,9·C1+B	-652,75	3,91	-1375,07	96,74	21,04	-3,86
	(№324)	(№1299)	(№999)	(№324)	(№699)	(№699)
Nmax= 359,06 кН (№ 1352); Nmin= -652,75 кН (№ 324); Mк,max= 4,96 кН · м (№ 1281); Mк, min= -5,27 кН · м (№ 466); My,max = 152,23кН·м (№ 681); My,min = -1375,07 кН · м (№ 999); Qz,max = 96,74 кН (№324); Qz,min = -76,29 кН (№2); Mz,max= 83,19 кН · м (№ 754); Mz,min= -48,99 кН · м (№ 1577); Qy,max= 14,49 кН (№756); Qy,min= -29,41 кН (№ 1654).						
C2+0,9 B	-2748,2	-13,6	-1691,9	-217,3	-191,8	72,1
	(№474)	(№1449)	(№99)	(№99)	(№399)	(№399)
Nmax= 1936,25кН(№452); Nmin = -2748,2 кН (№ 474); Mк,max= 9,48 кН · м (№ 399); Mк, min= -13,64 кН · м (№ 1449); My,max = 2414,2 кН·м (№774); My,min = -2748,2 кН · м (№ 99); Qz,max = 204,94 кН (№474); Qz,min = -217,31 кН (№99); Mz,max= 146,9 кН · м (№ 1599); Mz,min= -191,8 кН · м (№ 399); Qy,max= 72,1 кН (№399, mp); Qy, min = 68,48 кН (№ 1599).						
Комбінація	N, кН	Mк, кН·м	My, кН·м	Qz, кН	Mz, кН·м	Qy, кН
0,9·C2+B	-1909,14	-14	-1540,77	-215,91	-172,4	41,97
	(№474)	(№1449)	(№99)	(№99)	(№399)	(№399)
Nmax= 525,85 кН (452); Nmin= -1909,14 кН (№ 474); Mк,max= 13,11 кН · м (№ 399); Mк, min= -14 кН · м (№ 1449); My,max = 1162,09 кН · м (№ 774); My,min = -1540,77 кН · м (№ 99); Qz,max = 202,51 кН (№474); Qz,min = -215,91 кН (№99); Mz,max= 152,55 кН · м (№ 1599); Mz,min= -172,4 кН · м (№ 399); Qy,max= 41,97 кН (№399); Qy,min= -40,1 кН (№ 1599).						
Max	-2748,2	13,6	1691,9	217,3	-191,8	-72,1

3.3 Обґрунтування вибору варіанту перекриття

Для порівняння була створена скінченно-елементна модель каркасу в середовищі програмного комплексу (ПК) SCAD для кожного з наведених варіантів. Розрахунок конструкцій виконувався на дії постійних навантаження і двох короткочасних – снігові, вітрові та коефіцієнтів у відповідності з [10].

Максимальні зусилля, що виникають в меридіональних ребрах від комбінацій, для розглянутих варіантів приведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Максимальні зусилля в меридіональних ребрах

f, м	N, кН	M _x , кН·м	M _y , кН·м	Q _z , кН	M _z , кН·м	Q _y , кН
55	-1193,7	-26,6	-2433,7	242,5	-150,1	31,88
40	-1827,4	26,7	1871,1	254,4	124,2	41,81
30	-2748,2	13,6	1691,9	217,3	-191,8	-72,1

На основі порівняння та аналізу отриманих даних можна зробити наступні висновки:

- найбільші згинальні моменти в меридіональних ребрах виникають у покритті першого варіанта;
- найбільші подовжні сили в меридіональних ребрах виникають у покритті третього варіанту;
- найменшим будівельним об'ємом володіє третій варіант.

З вище перелічених пунктів слід зробити висновок, що другий варіант конструктивної схеми є найбільш прийнятним, так як значення стріли підйому сприймають найбільш сприятливі значення зусиль, не виникають великі згинальні моменти в залізобетонних опорах ребр на відміну від третього варіанту.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

4.1.1 Законодавчі акти України

Адміністрація (роботодавець) для створення безпечних і нешкідливих умов праці працівників і для власної безпеки зобов'язана керуватися переліком таких основних нормативно-законодавчих актів і документів з охорони праці:

- Закон України «Про охорону праці»;
- Типове положення про службу охорони праці;
- Положення про порядок розслідування нещасних випадків, що сталися під час навчально-виховного процесу в навчальних закладах (Наказ МОН України № 616 від 31.08.2001 року):

- Порядок розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві (Постанова КМУ № 1112 від 25 серпня 2004 року);

- Типове положення про навчання з питань охорони праці;
- Положення про розробку інструкцій з охорони праці;
- Перелік робіт з підвищеною небезпекою;
- Перелік робіт, де необхідний професійний відбір;
- Граничні норми підняття і переміщення важких речей жінками;
- Граничні норми підняття і переміщення важких речей неповнолітніми;

- Положення про медичний огляд працівників окремих категорій;
- Перелік посад посадових осіб, які зобов'язані проходити попередню і періодичну перевірку знань з охорони праці;

- Порядок розробки і затвердження власником нормативних актів про охорону праці, чинних на підприємстві;

- Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту (Наказ Держгірпромнагляду від 24.03.2008 року № 53);
- Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці (Постанова Кабінету Міністрів України N 442 від 01.09.1992 року);
- Типове положення про комісію з питань охорони праці;
- Типове положення «Про кабінет охорони праці».

Адміністрації також необхідно користуватися відповідними галузевими та міжгалузевими нормативно-правовими актами з охорони праці згідно з Державним реєстром міжгалузевих і галузевих нормативних актів з охорони праці. До початку роботи в будівельній організації кожен працівник повинен пройти інструктаж з техніки безпеки. Інструктаж буває вступний, первинний і повторний. Територію будівельного майданчика обгороджують парканом з ворітьми для в'їзду і виїзду транспорту. Висота його повинна бути не менше 2 м, а відстань до будинку, що споруджується, не менше 10 м. Якщо будинок розміщено вздовж вулиці і паркан поставлено ближче, на ньому має бути захисний піддашок завширшки не менше 1 м, закріплений з нахилом у бік будівельного майданчика під кутом 20° до горизонту.

По периметру будинку визначають небезпечну для людей зону, на межі якої встановлюють попереджувальні знаки або написи. При висоті будинку до 20 м ширина цієї зони має бути не менше 7 м, а при висоті 20—70 м — не менше 10 м. На території будівельного майданчика обладнують проїзди для транспорту і проходи для людей. У місцях в'їзду і виїзду автотранспорту вивішують попереджувальні написи ("Бережись автомобіля!" тощо). Вночі такі написи слід добре освітлювати. Для переходу робітників через котловани і траншеї споруджують перехідні містки з поруччям заввишки не менше 1,1 м. Проходи на укосах з нахилом більше 20° обладнують драбинами або східцями з одnobічним поруччям. В усіх небезпечних місцях вивішують попереджувальні знаки і написи, наприклад: «Не стій під вантажем», «Не перевантажуй риштувань» тощо.

Будівельні роботи на висоті до 4 м виконують з помостів або столиків, на висоті більше 4 м — з риштувань, пересувних вишок і колисок.

Робочі місця, розміщені над землею вище 1 м, мають бути обгороджені поруччям заввишки не менше 1 м з проміжними горизонтальними елементами і бортовою дошкою заввишки не менше 15 см або поруччям з металевою сіткою.

До роботи з машинами і механізмами допускають лише осіб, що пройшли спеціальну підготовку і одержали посвідчення на право керування (або обслуговування) цією машиною. Працюючи біля машини чи механізму, слід суворо дотримуватися правил техніки безпеки, а також знати інструкцію щодо експлуатації машини, яка обов'язково має бути на робочому місці, і виконувати її вимоги. Працювати на стаціонарних машинах можна лише після міцного закріплення їх на фундаментах. Пересувні машини (розчинонасоси, компресорні установки, розчинозмішувачі тощо) варто встановлювати на рівних майданчиках (або площадках), після чого закріплювати розтяжками або класти під їхні колеса колодки. Усі рухомі частини машин і механізмів повинні бути закриті кожухами або капотами, а робочий майданчик навколо машини — обгороджений. Перед пуском машини після монтажу або ремонту слід уважно оглянути її і перевірити, щоб на ній не залишилось запасних частин або монтажного інструменту, які під час роботи можуть потрапити в рухомі частини і спричинити аварію. Категорично забороняється залишати працюючу машину без нагляду, а також регулювати або змащувати її під час роботи.

4.1.2 Розрахунок опалення для комфортних умов перебування в приміщенні

Розрахунок опалення проведемо для роздягальні з площею опалюваних приміщень $S_0=53,73 \text{ м}^2$. Розрахунок проведемо за наявності відвідувачів в кількості 4 чол. та для пустої роздягальні. Тепловиділення від людей складає 100Вт/люд. Обране опалення для розрахунку – водяне з можливим підключення до центральної мережі водяного опалення або за індивідуальним проектом.

У цьому випадку необхідно застосовувати спеціальні обрахунки для теплоакумулюючих і неакумулюючих частин:

$$Q = Q_F + Q_W + Q_L,$$

де Q_F – тепловтрати, Вт, через нетеплоакумулюючі частини;

Q_W – тепловтрати, Вт, через теплоакумулюючі частини під час роботи системи опалення;

Q_L – витрати теплоти на нагрівання вентиляційного повітря, Вт.

Витрати через підлогу та стіни складуть:

$$Q_W = F_W / R_Z (t_1 - t_0) = (107,73 / 4,06) (16 - 5) = 2,56 \text{ кВт}$$

Витрати теплоти на нагрівання вентиляційного повітря:

$$Q_L = 0,337 A_n h (t_b - t_3) K 10^{-3} = 0,337 \cdot 57,73 \cdot 3,0 (20 - 22) \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 3,5 \text{ кВт}$$

A_n – площа підлоги приміщення, m^2 ;

h – висота приміщення від підлоги до стелі, м;

t_b – розрахункова температура внутрішнього повітря, $^{\circ}C$;

t_3 – розрахункова температура зовнішнього повітря, $^{\circ}C$;

Витрати теплоти через нетеплоакумулюючі частини будівлі:

$$Q = F_f k_f (t_i - t_a) = 5 \cdot 0,32 (20 - 22) = 3,2 \text{ кВт}$$

де F_f – площа вікон, m^2 ; k_f – коефіцієнт теплопередачі засклених поверхонь, $Вт/(m^2C)$. Сумарне навантаження на систему опалення при повній відсутності жителів складе $Q_0 = 2,56 + 3,5 + 3,2 = 9,3 \text{ кВт}$.

Розрахунок теплового навантаження на систему опалення при заповненні: $Q_1 = 4 \cdot 100 = 0,4 \text{ кВт}$ – загальне тепловиділення від наявних відвідувачів. Сумарне навантаження на систему опалення при мінімальній присутності $Q = 9,3 - 0,4 = 8,9 \text{ кВт}$. Для забезпечення необхідного теплового режиму всередині розрахуємо необхідну кількість радіаторів водяного опалення : $N = 9,3 / 1,056 = 8,8$ шт. приймаємо 9 штук.

Де, $Q_0 = 9,3 \text{ кВт}$, $1,056 \text{ кВт}$ - теплова потужність радіатора опалення типу KORADO RADIK KLASIK Тип 10 .

Отже, відповідно до розрахунків тепловий режим роздягальні забезпечуватиметься радіаторним паленням з необхідною кількістю нагрівальних

установок. В міру наповнення, для економії енергоресурсів необхідно виключати нагрівальні прилади. Водночас потрібно врахувати те, що необхідна кількість теплоти розраховувалась за температури зовнішнього повітря -22°C .

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 Стійкість громадської споруди від ударної хвилі

Нові об'єкти народного господарства повинні будуватися з урахування вимог, виконання яких сприяє підвищенню сталості об'єкта. Основні з них такі:

Будівлі і споруди на об'єкті необхідно розташовувати розосереджено. Відстані між будівлями повинні забезпечувати протипожежні розриви. При наявності таких розривів виключається можливість перенесення вогню з однієї будівлі на іншу, навіть якщо пожежу не гасять.

Ширина протипожежного розриву L_p м визначається за формулою:

$$L_p = H_1 + H_2 + (1.5 \dots 2.0), \text{ де } H_1 \text{ і } H_2 \text{ — висоти сусідніх будівель, м.}$$

Будівлі адміністративно господарського та обслуговуючого призначення

повинні розташовуватися окремо від основних цехів.

2. Найважливіші виробничі будівлі слід будувати заглибленими або пониженої висотності, прямокутної форми у плані. Це зменшує парусність будівель і збільшує опірність їх ударній хвилі ядерного вибуху. Належну стійкість до впливу ударної хвилі мають залізобетонні будівлі з металевими каркасами в бетонній опалубці .

Для підвищення стійкості до світлового випромінення у будівлях та спорудах, що будуються, повинні застосовуватися вогнетривкі конструкції, а також вогнетривка обробка елементів будівлі, які горять. У кам'яних будівлях перекриття повинні бути виготовлені з армованого бетону або виконані з бетонних плит. Великі будівлі повинні розділятися на секції вогнетривкими стінами (брандмауерами).

У ряді випадків при проектуванні та будівництві промислових будівель і споруд має бути передбачена можливість герметизації приміщень від проникнення радіоактивного пилу. Це особливо важливо для підприємств харчової промисловості і продовольчих складів.

3. У складських приміщеннях повинна бути мінімальна кількість вікон і дверей. Складські приміщення для зберігання легкозаймистих речовин (бензин, гас, нафта, мазут) повинні розташовуватися в окремих блоках заглибленого або напівзаглибленого типу біля меж території об'єкта чи поза нею.

4. Деякі унікальні види технологічного обладнання доцільно розміщувати у найміцніших спорудах (підвалах, підземних приміщеннях) або у будівлях з легких вогнетривких конструкцій павільйонного типу, під накриттям чи без нього. Це обумовлюється тим, що у багатьох випадках обладнання може витримати набагато більший тиск ударної хвилі, ніж будівлі, в яких воно знаходиться, а при зруйнуванні будівель в результаті падіння конструкцій встановлене в них обладнання виходитиме з ладу .

5. На підприємствах, що виробляють або використовують сильнодіючі отруйні та вибухонебезпечні речовини, при будівництві і реконструкції необхідно передбачати захист ємностей та комунікацій від зруйнування ударною хвилею чи

конструкціями, що падають, а також заходи, що виключають розливання отруйних речовин і вибухонебезпечних рідин.

6. Душові приміщення необхідно проектувати з урахуванням використання їх для санітарної обробки людей, а місця для миття машин — з урахуванням використання їх для знезараження автотранспорту.

7. Шляхи на території об'єкта повинні бути з твердим покриттям і забезпечувати зручне і найкоротше сполучення між виробничими будівлями, спорудами і складами; в'їздів на територію об'єкта має бути не менше двох з різних напрямків. Внутрізаводські залізничні шляхи повинні забезпечувати найпростішу схему руху, займати мінімальну площу території об'єкта та мати обгінні ділянки. Вводи залізничних ліній в цехи повинні бути, як правило, тупикові.

8. Системи побутової та виробничої каналізації повинні мати не менше двох випусків у міські каналізаційні мережі та пристрої для аварійних скидів у котловани, яри, траншеї тощо.

Дія ударної хвилі на об'єкт характеризується складним комплексом навантажень: надлишковим тиском, тиском відбиття, тиском швидкісного напорю, тиском затікання, навантаження від сейсмовибухових хвиль і т.д. Значення їх залежить в основному від виду і потужності вибуху, відстані до об'єкта, конструкції і розмірів елементів об'єкта, орієнтації щодо епіцентру вибуху, місця розташування будинків і споруджень у загальній забудові об'єкта й окремих елементів виробництва в приміщеннях будинків, рельєфу місцевості і деяких інших факторів. Врахувати їх у сукупності для кожного елемента об'єкта, як правило, неможливо. Тому можливість елементів опиратися дії ударної хвилі характеризують тільки надлишковим тиском у її фронті, вважаючи, що масштаби руйнувань не залежать від потужності і висоти найбільш ймовірних ядерних вибухів.

Для визначення ступеня руйнувань чи ушкоджень:

- вивчають вихідні дані і розраховують параметри ударної хвилі на відповідних відстанях;

- для розрахованих значень надлишкових тисків оцінюють ступінь руйнування розглянутих елементів;
- оцінюють можливість виникнення вторинних вражаючих факторів;
- з огляду на ступінь руйнувань найслабших елементів об'єкта, визначають ступінь руйнування об'єкта в цілому.

Вихідними даними для оцінки фізичної стійкості є: конструктивні особливості елемента, його форма, вага, габарити, характеристики міцності [2].

Оцінка ступеня руйнувань будинків і споруд, сховищ і ПРУ, енергетичного устаткування і мереж, верстатного і технологічного устаткування, вимірювальної апаратури, засобів зв'язку й оповіщення, транспортних та інших засобів може здійснюватися або методом порівняння наявних довідкових даних для розглянутого виду чи аналогічного йому елемента, або методом розрахунку впливу ударних навантажень і сил зсуву на елемент.

Для порівняльної оцінки необхідно мати відповідні таблиці можливих руйнувань елементів об'єкта в залежності від надлишкового тиску у фронті ударної хвилі: будинків, споруд, транспорту, устаткування, енергетичних споруд і мереж. Ці таблиці складаються на основі статистичних даних, отриманих при аналізі руйнувань у Хіросімі й Нагасакі та при проведенні випробувальних ядерних вибухів на полігонах, і можуть поповнюватися результатами розрахунків при конструюванні нових елементів.

Метод розрахунку передбачає визначення динамічних навантажень, створюваних надлишковим тиском у фронті ударної хвилі, і реакції елемента на ці навантаження. Вихідними даними при використанні цього методу є: надлишковий тиск у фронті ударної хвилі і характер його зміни в часі (протягом фази стискання), тривалість фази стискання і швидкість руху фронту ударної хвилі. У більшості випадків дію ударної хвилі оцінюють питомим імпульсом — добутком надлишкового тиску на час його дії. Оскільки ΔP_{ϕ} залежить не тільки від часу, а й від відстані до епіцентру, і від потужності джерела ПУХ, розрахунок імпульсу з використанням інтегрального числення ускладнений. Тому звичайно використовують кусково-лінійну апроксимацію кривої ΔP_{ϕ} як функції часу.

Таким чином, дія ударної хвилі на об'єкт характеризується складним комплексом навантажень: надлишковим тиском, тиском відбиття, тиском швидкісного напору, тиском затікання, навантаження від сейсмовибухових хвиль і т.д. Значення їх залежить в основному від виду і потужності вибуху, відстані до об'єкта, конструкції і розмірів елементів об'єкта, орієнтації щодо епіцентру вибуху, місця розташування будинків і споруджень у загальній забудові об'єкта й окремих елементів виробництва в приміщеннях будинків, рельєфу місцевості і деяких інших факторів. Врахувати їх у сукупності для кожного елемента об'єкта, як правило, неможливо. Однак ряд таких заходів як розосередження нових будівель та споруд, забезпечення протипожежних розривів, наявність в будівлі залізобетонного каркасу та шляхів із твердим покриттям, запроектовані брандмауери істотно підвищують шанси людей вижити під час катастрофи, а також зменшують ризик отримання травм чи пошкоджень, сприяють швидшому доступу рятувальних служб до місця трагедії.

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було розроблено основні проектні рішення будівлі спортивного центру в Кривому Розі.

У кваліфікаційній роботі наведено архітектурно-планувальні та конструктивні рішення.

У розрахунково-конструктивному розділі всі прийняті рішення підтверджені розрахунками з використанням програмного комплексу SCAD. Над першим блоком будівлі з комплектом басейнів спроектований ребристо-кільцевою куполом покриття з клеєної деревини діаметром 110 м.

В науково-дослідному розділі на підставі моделювання роботи купольної оболонки обґрунтовано вибір ребристо-кільцевої купольної оболонки.

Розроблено заходи з охорони праці та підвищення стійкості громадської споруди від ударної хвилі.

БІБЛІОГРАФІЯ

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

Journal of TNTU. - Ternopil: TNTU, 2018. - Vol. 90. - No 2. - P. 92-104. (Index Copernicus, Google Scholar)

13. Maruschak P., Degradation and cyclic crack resistance of continuous casting machine roll material under operating temperatures / P. Maruschak, D. Baran // Iranian Journal of Science and Technology Transaction B: Engineering. - 2011. - Vol. 35. - M2. - P. 159-165.

14. Yasniy, P.V., Mykhailyshyn, M.S., Pyndus, Y.I. et al. Numerical Analysis of Natural Vibrations of Cylindrical Shells Made of Aluminum Alloy. Mater Sci 55, 502–508 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11003-020-00331-2>

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

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

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

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

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

20. Залізобетонні конструкції. Навчальний посібник / Вахненко П.Ф., Павліков А.М., Горик О.В., Вахненко В.П.// К: Вища школа, 1999.

21. Зоценко М.Л.,Коваленко В.І.,Хілобок В.Г. Яковлев А.В.

Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти. -К.:Вища шк.,1992.-408 с.

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

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

24. ДСТУ 2293:2014 Охорона праці. Терміни та визначення основних понять

25. ДСТУ Б А.3.2-15:2011 Норми освітлення будівельних майданчиків

26. ДСТУ Б В.2.8-43:2011 Огородження інвентарні будівельних майданчиків та ділянок виконання будівельно-монтажних робіт. Технічні умови

27. НПАОП 0.00-6.23–92 Про порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці

28. НПАОП 0.00-4.12–05 Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці.

29. Методичні вказівки для написання розділу дипломного проекту з дисципліни «Охорона праці в галузі» / В. Б. Каспрук. - Тернопіль: ТНТУ, 2017. - 14 с

30. «Основи наукових досліджень і теорія експерименту : Навчальний посібник / укл. Ю. Б. Капаціла, П. О. Марущак, В. Б. Савків, О. П. Шовкун. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023. 186 с.».

31. Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека». Навчальний посібник / В.С. Стручок, – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2022. – 150 с.

32. 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.