

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 водного розважального комплексу в Стрию з  
моделюванням роботи купольної системи

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

(шифр і назва спеціальності)

	<u>Каспрук Х.-Л. Р.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Ясній В.П.</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)

студентці Каспрук Христині-Лесі Романівні  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект водного розважального комплексу в Стрию з моделюванням роботи купольної системи

Керівник роботи Ясній Володимир Петрович, д.т.н. доц.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом завершеної роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

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

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

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

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Каспрук Х.-Л. Р.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Ясній В.П.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	5
РОЗДІЛ 1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ .....	8
1.1 Варіантне проектування .....	8
1.1.1 Купол із серпоподібних ребер .....	8
1.1.2 Купол із ребристих ребер .....	9
1.1.3 Варіантний аналіз проектованої будівлі .....	11
1.2 Опис та обґрунтування зовнішнього та внутрішнього вигляду об'єкта капітального будівництва, його просторової, планувальною та функціональної організації .....	15
1.3 Опис та обґрунтування використаних композиційних прийомів при оформленні фасадів та інтер'єрів об'єкту капітального будівництва .....	17
1.4 Опис архітектурних рішень, що забезпечують природне освітлення приміщень із постійним перебуванням людей .....	17
1.5 Опис архітектурно-будівельних заходів, що забезпечують захист приміщень від шуму, вібрації та іншого впливу .....	17
1.6 Опис рішень з декоративно-художнього та кольорового оздоблення інтер'єрів для об'єктів невиробничого призначення .....	18
РОЗДІЛ 2 КОНСТРУКТИВНІ І ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ....	19
2.1 Відомості про топографічні, інженерно-геологічні, гідрогеологічні, метеорологічні та кліматичні умови земельної ділянки, наданої для розміщення об'єкта капітального будівництва .....	19
2.2 Опис та обґрунтування конструктивних рішень будівель та споруд, включаючи їх просторові схеми, прийняті під час виконання розрахунків будівельних конструкцій .....	19
2.3 Збір навантажень .....	21
2.3.1 Постійні навантаження .....	21
2.3.2 Короткочасні навантаження на купол .....	22
2.4 Призначення жорсткостей перерізів і параметрів основи .....	25
2.5 Проектування дерев'яної бані .....	25

2.6 Розрахунок вузлів дерев'яного купола.....	26
2.6.1 Опорний вузол меридіонального ребра .....	26
2.6.2 Жорсткий стик нижнього пояси меридіонального ребра .....	29
2.6.3 Розрахунок верхнього опорного кільця .....	30
2.6.3 Розрахунок залізобетонного каркаса під купол.....	32
2.6.4 Розрахунок верхнього опорного кільця .....	33
2.6.5 Розрахунок армування нижнього кільця.....	34
2.6.6 Розрахунок армування колони .....	36
2.7 Розрахунок перерізу нижнього поясу .....	37
2.8 Розрахунок перерізу верхнього поясу.....	39
2.9 Розрахунок перерізу опорної частини меридіонального ребра.....	42
2.10 Розрахунок перерізу розкосів .....	44
2.11 Розрахунок перерізу кільцевих прогонів.....	46
РОЗДІЛ 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ.....	48
3.1 Розрахункова схема будівлі (Сектор А).....	48
3.2 Аналіз отриманих результатів .....	49
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	52
4.1 Охорона праці.....	52
4.1.1 Техніка безпеки при виконанні монтажних робіт.....	52
4.1.2 Вимоги безпеки перед початком роботи.....	53
4.1.3 Вимоги безпеки при виконанні роботи .....	54
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях .....	54
4.2.1 Забезпечення пожежної безпеки.....	54
4.2.2 Забезпечення електробезпеки .....	55
4.2.3 Протипожежні заходи .....	56
ВИСНОВКИ .....	58
БІБЛІОГРАФІЯ .....	59

## ВСТУП

У сучасному світі, де вимагається поєднання функціональності та розваг у громадському просторі, будівництво водного розважального комплексу стає актуальним і важливим завданням для розвитку міст та підвищення якості життя їх мешканців.

Стрий, зі своєю багатою історією та природними багатствами, володіє потенціалом для створення сучасного, інноваційного об'єкта, який відповідатиме вимогам сучасних стандартів розваг та відпочинку. Зацікавленість у забезпеченні населення не лише якісним житлом, але й високоякісними розважальними можливостями, відкриває шлях до дослідження та впровадження новаторських концепцій в будівництві водних розважальних комплексів.

**Актуальність теми.** Будівництво водного розважального комплексу в Стрию володіє рядом значущих переваг, які можуть збільшити привабливість та комфорт для мешканців та відвідувачів міста.

Водні розважальні комплекси стають важливим елементом для відпочинку та розваг мешканців і гостей міста. Вони сприяють активному та здоровому способу життя, а також мають позитивний вплив на фізичне і психічне здоров'я.

Також розважальний комплекс привертає туристів з інших регіонів, збільшуючи туристичний потік і сприяючи розвитку інфраструктури для подорожуючих.

Під час будівництва та подальшої експлуатації водного комплексу, буде створено нові робочі місця, що позитивно впливає на зайнятість у місцевому регіоні.

Архітектурні рішення, що прийняті, спричиняють покращення зовнішнього вигляду міста, а також сприятимуть оновленню та розвитку доріг, парків, та інших об'єктів інфраструктури.

Також розважальні комплекси є джерелом додаткових доходів для міста через оплату вхідних квитків, оренду приміщень та інші послуги.

**Мета роботи:** Розробка проекту водного розважального комплексу з

моделюванням роботи купольної системи.

**Об'єкт досліджень** – дерев'яний купол громадських будівель.

**Предмет дослідження** – величини вертикальних та горизонтальних переміщень дерев'яного куполу громадської будівлі.

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

**Завдання роботи:**

- розробити основні конструктивні та архітектурні рішення водного розважального комплексу;
- виконати розрахунок основних несучих конструкцій куполу водного розважального комплексу;
- виконати статичний розрахунок куполу водного розважального комплексу та визначити величини горизонтальних та вертикальних переміщень куполу;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

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

**Галузю застосування** результатів роботи є проектування нових об'єктів, реконструкція та подальша експлуатація існуючих громадських будівель.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає в тому, що отримала подальший розвиток методика моделювання каркасів 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:** ДЕРЕВ'ЯНИЙ КУПОЛ, ГРОМАДСЬКА БУДІВЛЯ, СКІНЧЕННІ ЕЛЕМЕНТИ.



## РОЗДІЛ 1

### АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ

#### 1.1 Варіантне проектування

##### 1.1.1 Купол із серпоподібних ребер

Каркас купола включає 20 з кроком 14,5 основних меридіональних ребер (МР), шарнірно оперти на залізобетонні опори і жорстко - на верхнє сталевий кільце. на ці ребра з кроком 6 м спираються дев'ять криволінійних кільцевих елементів, з яких два – верхній та нижній – на позначці 22,253 м є опорами для 60 проміжних меридіональних ребер (ПМР). Нижнє кільце виконано у вигляді горизонтальної ферми, що сприймає реакції опор від ПМР і навантаження від кільцевого технологічного майданчика. ребра довжиною близько 60 м виконані у вигляді серповидних збірних ферм і є унікальними в частині прийнятих конструктивних рішень, виготовлення, складання та монтажу. Просторова жорсткість каркасу забезпечується перехресними сталевими зв'язками в п'ять секторів купола.

Інша особливість купола полягає у конструкції покриття, яке представлене легкими надувними подушками у габаритах сектора між сусідніми меридіональними ребрами та крайніми кільцевими елементами. Покриття на основі прозорої синтетичної мембрани Texlon виготовляється та монтується німецькою фірмою Foiltex.

Відмінною особливістю каркаса купола є жорстке приєднання дерев'яних меридіональних ребер до верхнього сталевого кільця зварюванням, що покращує характер розподілу зусиль в елементах купола.

Меридіональні ребра складаються із чотирьох відправних блоків повної заводської готовності, що з'єднуються на монтажі жорсткими стиками на зварюванні. Крайні блоки складаються з обох поясів, розкосів і середніх опорні вставки. Ширина всіх МР прийнята 420 мм (2 x 140 x 800 із зазором 140 мм). У зазорі розміщені елементи решітки перетином 3 x 140 x 400 мм. Всі блоки по торцях забезпечені випусками V-подібних анкерів та закладними деталями.

Проблеми допусків в МР за довжиною вирішені з допомогою зазорів (близько 40 мм) між торцями поясів, що заповнюються полімербетоном після зварювання V-подібних анкерів і сталевих смуг, чим досягається щільний контакт по майданчиках стиснення, захист і адгезія до торців, сприйняття сил, що перерізають .

Горизонтальні елементи решітки МР з'єднані з поясами на циліндричних нагелях та шпильках, а вертикальні - із зусиллям розтягування до 40 кН - шляхом зварювання випусків вклеєних стрижнів та закладних деталей на розкосах.

Складання та монтаж МР виконувались відповідно до проекту виконання робіт. Спочатку на жорсткому горизонтальному стенді проводилося попереднє складання блоків МР у проектних габаритах, переважно середньої частини. Доведення середньої гратчастої частини здійснювалася окремо. Остаточна складання і доведення МР були зроблені в вертикальному сталевий стенд. Монтаж МР здійснювався з допомогою центральної вежі, зверху якої домкратах встановлювалося сталеve кільце. Монтаж огорожувальних подушок виконувався після демонтажу центральної вежі.



Рисунок 1.1 - Аквапарк розважального центру

### 1.1.2 Купол із ребристих ребер

Виготовлення великопрогонових клесних дерев'яних конструкцій проводилося на заводі, потім доставлялося негабаритним спецтранспортом.

Каркас покриття аквапарку є ребристим куполом. Проліт бані в осях дорівнює 80 метрів. Основними несучими конструкціями каркаса є 20 меридіональних ребер, що мають крок 18, і верхнє металеве стиснуте кільце. Між меридіональними ребрами розташовуються 20 другорядних ребер зі зміщенням 9. Меридіональні та другорядні ребра мають однакові контури по верхній грані верхнього поясу. Другорядні ребра зверху спираються на кільцеві дерев'яні ферми, що передають навантаження на основні меридіональні ребра купола. Просторову жорсткість каркаса забезпечують 4 зв'язкові блоки, утворених розпірками і сталевими хрестовими тяжами між меридіональними ребрами. Кожне ребро є фермою, що складається з декількох окремих складальних марок для забезпечення транспортних габаритів. Верхній і нижній пояс ребра складаються з двох елементів по ширині із зазором між ними. Розрахунковий переріз нижнього поясу 280x1000мм та верхнього 280x500мм. Проміжок між елементами 144 мм, що зумовлено вузлами кріплення розкосів. Силовий каркас із клеєної деревини для влаштування покрівлі утворений кільцевими гнотоклеєними прогонами перетином 140x300 ÷ 220x500мм, та гнотоклеєними ребрами перетином 100x330мм з кроком 1080 мм (під утеплювач). Загальна кількість клеєних дерев'яних конструкцій становила 1730 м<sup>3</sup>.



Рисунок 1.2 – Каркас аквапарк із ребристого куполу

### 1.1 3 Варіантний аналіз проектованої будівлі

Основний центральний об'єм будівлі є куполом з дерев'яних конструкцій прольотом 100 м і стрілою підйому 30 м, що монтується на залізобетонну опору заввишки 13,5 м.

Проведемо аналіз трьох варіантів конструктивної схеми дерев'яного бані:

Ребристо-кільцева конструктивна система з меридіональними ребрами суцільного перерізу.

Ребрита конструктивна система з меридіональними ребрами сітки.

Ребрита конструктивна система з проміжним опорним кільцем у вигляді дерев'яної поперечної ферми.

У трьох випадках ребра бані зверху спираються на сталеве кільце, а знизу шарнірно кріпляться на залізобетонне опорне кільце. Крок ребер становить  $9^\circ$ , що на підставі ребер відповідає 7,85 м. Для забезпечення просторової жорсткості у всіх 3 варіантах влаштовуються блоки зв'язки через один крок. Нижче наведено опис прийнятих конструктивних рішень для трьох варіантів купола.

Варіант 1 – ребристо-кільцевий купол з меридіональними ребрами суцільного перерізу

У ребристо-кільцевих куполах кільцеві прогони зв'язуються з ребрами одну жорстку просторову систему. У цьому випадку кільцеві прогони працюють не тільки на вигин, але сприймають кільцеві зусилля, що розтягують і стискають. Перерізи бані, що знаходяться в площинах кільцевих прогонів, не мають вільних горизонтальних переміщень, оскільки вони пов'язані між собою твердими кільцями. При ребристо-кільцевій конструкції купола вага ребер зменшується за рахунок включення в роботу кільцевих прогонів.

Схему розташування основних несучих конструкцій ребристо-кільцевого купола наведено на рисунку 1.3.

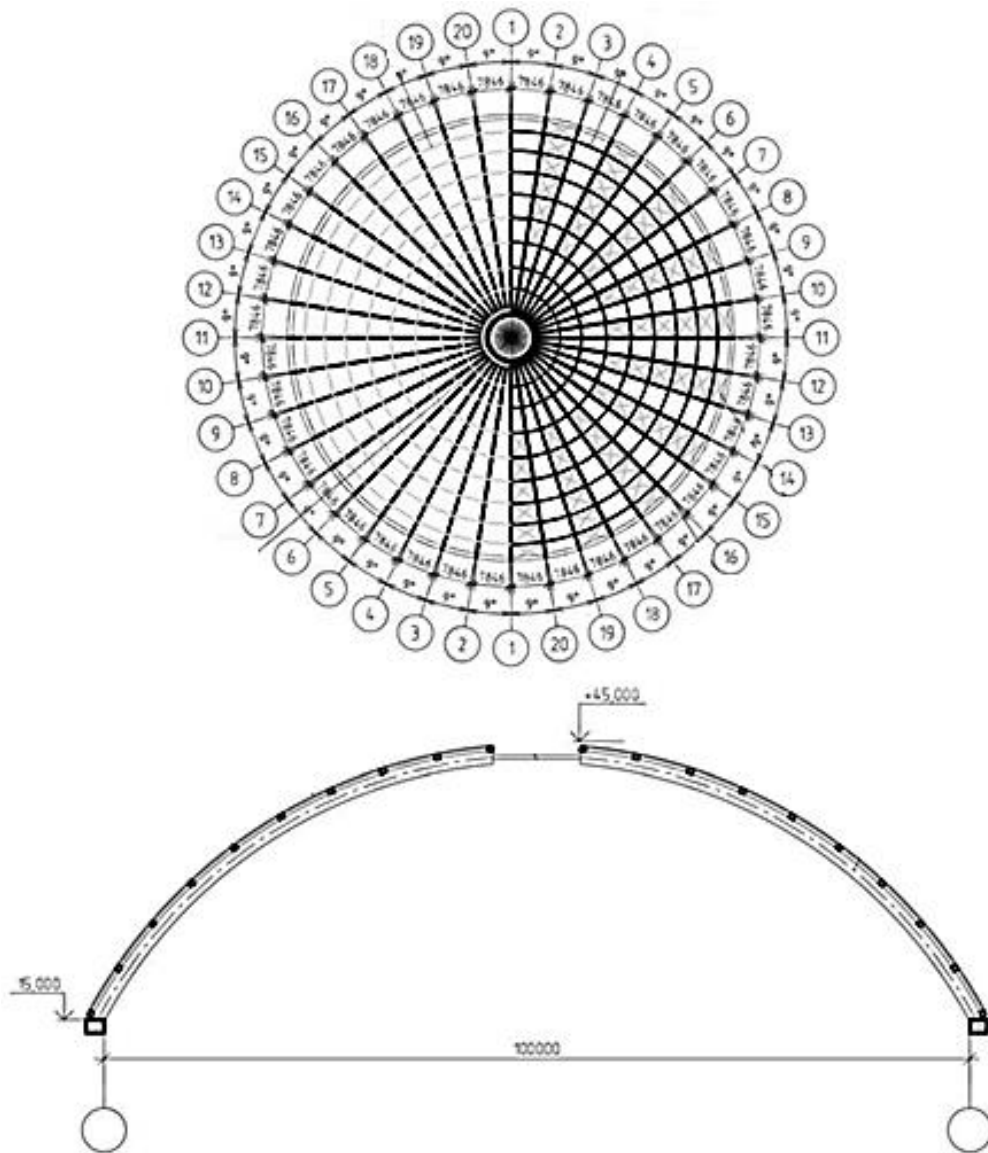


Рисунок 1.3 - Схема розташування несучих конструкцій ребристо-кільцевого куполи (варіант 1)

Варіант 2 – ребристий купол меридіональним ребрами ґратчастого перерізу.

Конструкція ребристого бані складається з ребер, розташованих у радіальному напрямку і пов'язаних між собою прогонами. Верхні пояси ребер утворюють поверхню бані. Ребра бані проектуємо наскрізними (у вигляді легких ферм).

Схема розташування основних несучих конструкцій ребристого купола варіанта наведено рисунку 1.4.

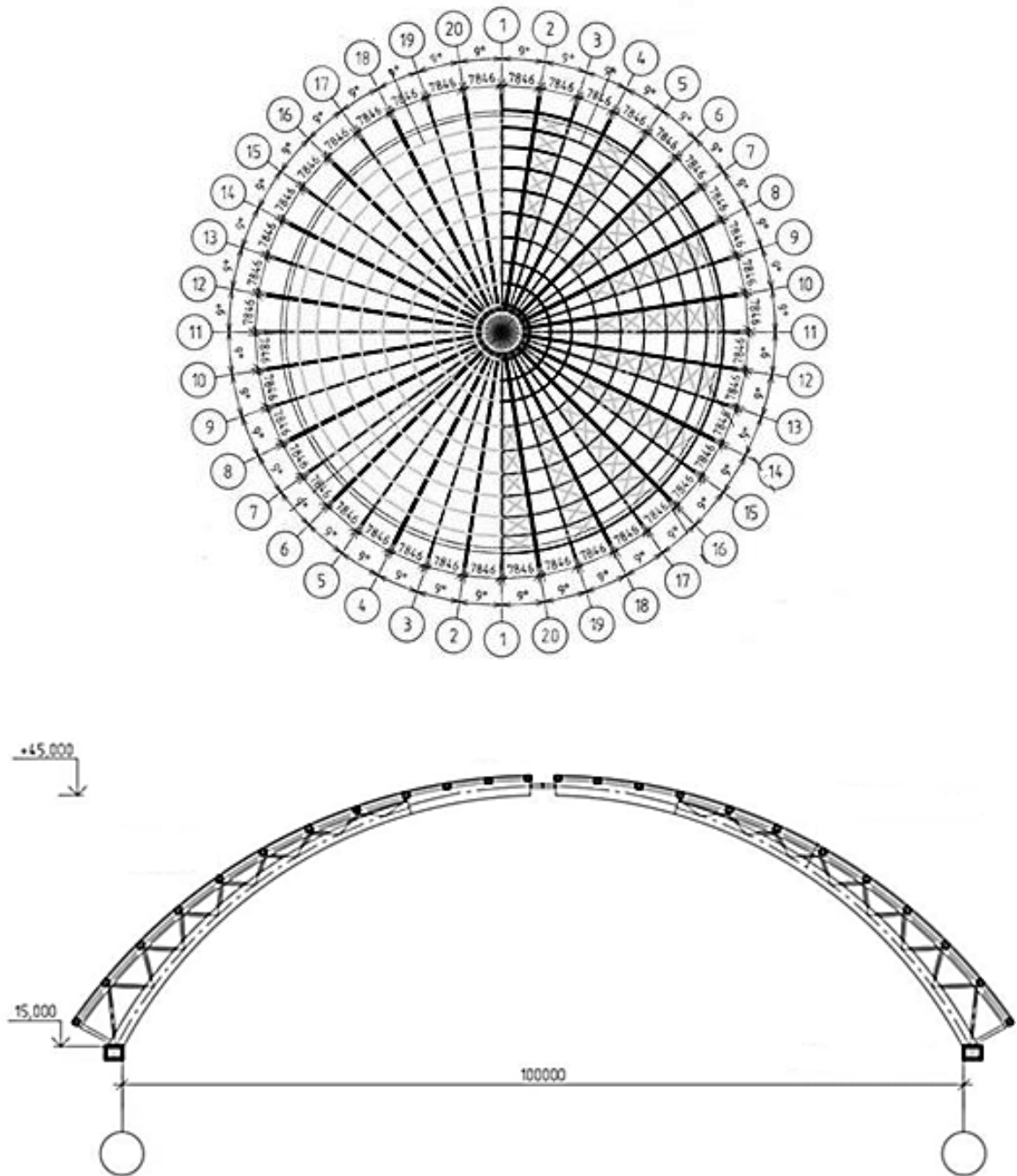


Рисунок 1.4 - Схема розташування несучих конструкцій ребристо куполи з гратчастими ребрами (варіант 2)

Варіант 3 – ребристий купол меридіональними ребрами гратчастого перерізу та проміжною поперечною дерев'яною фермою.

Варіант 3 аналогічний варіанту 2 але має проміжну поперечну кругову дерев'яну ферму. Між основними меридіональними ребрами, розташованими з кроком  $18^\circ$ , розташовуються 20 другорядних ребер зі зміщенням  $9^\circ$ . Другорядні

ребра зверху спираються на кільцеві дерев'яні ферми, що передають навантаження на основні меридіональні ребра купола. Для стійкості поперечної ферми влаштовуються підкоси.

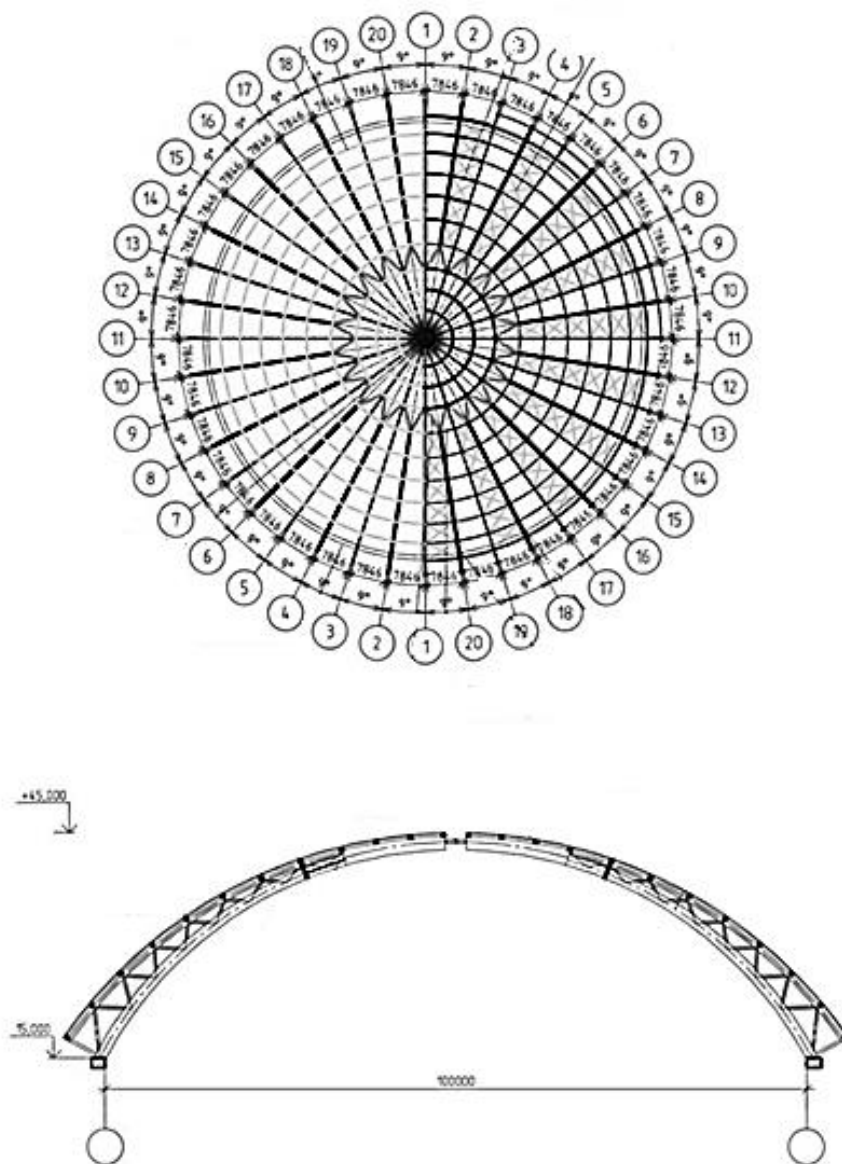


Рисунок 1.5 - Схема розташування несучих конструкцій ребристо куполи з гратчастими ребрами та проміжною фермою (варіант 3)

Для порівняльних розрахунків використовувався програмний комплекс ЛРА10. Для порівняння виберемо комбінацію завантаження із постійних навантажень (власна вага дерев'яних конструкцій + вага покриття) та короточасних (рівномірне снігове навантаження + вітер з коефіцієнтом 0,9). Збір навантажень виконаний в відповідно з [3] і докладно наведено в розділі 2.

Результат порівняння варіантів схем представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Техніко-економічне порівняння варіантів

	Максимальні зусилля в елементах							Максимальні переміщення		Витрата деревини, т
	N нижній пояс, кН	N верхній пояс, кН	N розкоси, кН	N попереч ферма, кН	N прогоны, кН	N нижнє кільце, кН	N верхнє кільце, кН	Вертикал ьні, мм	Горизо нтальні, мм	
варіант 1	- 1040				- 2564	0	- 115,55	12,5	2,77	1400,3
варіант 2	- 470,64	- 674,13	- 159,09	-	0	1140,6	- 158,21	12,5	2,39	603,2
варіант 3	1283,9	- 1602,9	- 308,82	2752,7	0	371,2	- 220,7	1,62	0,55	1031,2

На основі порівняння можна, можливо зробити наступні висновки:

Найбільшу матеріаломісткість має варіант 1, найменшою 2 варіант;

Найбільші переміщення виникають у першому варіанті бані, найменші у варіанті 3.

З перелічених вище пунктів робимо висновок, що кращий 2 варіант – ребристий купол з гратчастими ребрами, оскільки він найменш матеріаломісткий, має найменшу вартість матеріалів. Цей варіант приймаємо для подальшого проектування.

## **1.2 Опис та обґрунтування зовнішнього та внутрішнього вигляду об'єкта капітального будівництва, його просторової, планувальною та функціональної організації**

Об'єктом капітального будівництва кваліфікаційної роботи є будівля водного розважального комплексу в м. Стрий з куполом з дерев'яних конструкцій прольотом 100 м та стрілою підйому 30 м.

Будівля має два основних об'єми:



Основний центральний об'єм (сектор А) – основний об'єм будівлі з басейнами та водними гірками. Сектор А круглий у плані, прольотом 100 м, покриття якого є ребристим куполом з клеєних дерев'яних конструкцій. Дерев'яний купол знизу спирається на залізобетонне кільце діаметром 100 м, а зверху на кільце сталеве діаметром 7,5 м. Залізобетонне кільце спирається на залізобетонні колони і далі - на фундамент. У секторі А розташовано підземний технічний поверх. У центральній частині сектора А розташовується залізобетонний монолітний каркас під водні гірки.

Бічний об'єм будівлі (сектор Б) є двоповерховим каркасним будинком з монолітного залізобетону, що примикають до основного обсягу купола. У секторі Б розташовані приміщення вхідної групи, роздягальні, фітнес-студія, зони СПА та відпочинку, адміністративні офісні приміщення, технічні та допоміжні приміщення.

За позначку 0,000 прийнято відмітку чистої підлоги першого поверху. Максимальна відносна позначка будівлі – 45,950 м.

Рівень відповідальності будівлі – СС3 [4, п. 10.1]. Ступінь вогнестійкості будівлі – І [5, табл. 21].

Архітектура будівлі відповідає вимогам для громадських будівель. Просторова, планувальна та функціональна організація обумовлена функціональним призначенням будівлі – фізкультурно-оздоровчі комплекси .

Вертикальне переміщення в будівлі здійснюється по сходових клітинах типу Н2 і Л2 [6, ст. 40] та трьом ліфтам вантажопідйомністю 1000 кг.

Таблиця 1.1 - Розрахунок площ основних приміщень

Приміщення	Вимірювач	Норма на од.	Разом
Вестибюль	на одного відвідувача, м <sup>2</sup>	0,25	375
Гардероб	на одного відвідувача, м <sup>2</sup>	0,15	225
Роздягальня жіноча	на одного відвідувача, м <sup>2</sup>	2,1	1575
Роздягальня чоловіча	на одного відвідувача, м <sup>2</sup>	2,1	1575
Унітазів Ж (відвідувачі)	1 на 30 місць перевдягання		25
Унітазів М (відвідувачі)	1 на 45 місць перевдягання		17
Душові	1 на 3 чол.		250
Сектору А	100 м <sup>2</sup> площі поверху	0,4	30
Сектору Б	100 м <sup>2</sup> площі поверху	0,8	19

Продовження таблиці 1.1

Приміщення кафетерію (на 100 місць)			
Приміщення прийому і зберігання продуктів	на 50 місць + м <sup>2</sup> на остан.	22	35
		0,26	
Приміщення безпосередньо виробничі	на 50 місць + м <sup>2</sup> на остан.	58	72
		0,28	
Службово-побутові за приміщення	на 50 місць + м <sup>2</sup> на остан.	50	64
		0,28	
Група приміщень для відвідувачів	на 50 місць + м <sup>2</sup> на остан.	96	121
		0,5	
Офісні приміщення для співробітників			
Кабінет	на 1 співр.	6–9 м <sup>2</sup>	

### **1.3 Опис та обґрунтування використаних композиційних прийомів при оформленні фасадів та інтер'єрів об'єкту капітального будівництва**

Фасад є навісною фасадною системою для кріплення облицювальних листових панелей. Матеріал облицювальних плит – панелі HPL, композитні касети. Матеріал системи - алюмінієвий сплав.

Для забезпечення природного освітлення у деяких ділянках стін влаштовуються вітражі. Заповнення – склопакет завтовшки до 42 мм.

### **1.4 Опис архітектурних рішень, що забезпечують природне освітлення приміщень із постійним перебуванням людей**

Планування приміщень виконано з урахуванням норм природного висвітлення. Без природного освітлення спроектовано приміщення у підземному поверсі будівлі. У всіх приміщеннях, призначених для тривалого перебування людей, передбачено природне освітлення через вітражні системи.

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

Для захисту приміщень від шуму і вібрації проектом передбачаються

наступні заходи:

- застосування в вікнах двокамерних склопакетів;
- звукоізоляція стін та перегородок
- застосування підлог зі звукоізоляційним покриттям;
- застосування вікон і дверей з ущільненням в притворах;
- встановлення інженерного обладнання на віброоснові, встановлення шумоглушників на вентиляційному обладнанні.

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

Внутрішнє оздоблення приміщень виконане відповідно до їх функціонального призначення, екологічних, протипожежних та гігієнічних нормативів.

## РОЗДІЛ 2

### КОНСТРУКТИВНІ І ОБ'ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ

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

Вид будівництва - нове будівництво.

Об'єкт будівництва – водний розважальний комплекс з куполом з дерев'яних конструкцій у м. Стрий.

Характеристики району будівництва наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Характеристика району будівництва

Параметр	Значення	Од. вим.
Температура повітря найбільш холодною п'ятиденки забезпеченістю 0,98	- 39	°С
Тривалість періоду зі середньодобовою температурою повітря < 8 °С	234	добу .
Середня температура періоду зі середньої добової температури повітря нижче або дорівнює 8 °С	- 6,6	°С
Максимальна з середніх швидкостей вітру по румбам за січень	4,1	м/с
Переважає напрямки вітру за грудень – лютий	ПЗ	
Сніговий район	Ш	
Нормативне значення ваги снігової покриву $S_g$	1,5	кН/м <sup>2</sup>
Вітровий район	Ш	
Нормативне значення вітрового тиску $w_0$	0,38	кПа
Кліматичний район для будівництва		
Сейсмічність майданчики будівництва, балах, за ступеня сейсмічної небезпеки:	7	
Тип місцевості	У	

#### 2.2 Опис та обґрунтування конструктивних рішень будівель та споруд, включаючи їх просторові схеми, прийняті під час виконання розрахунків будівельних конструкцій

Будівля в плані має два основних об'єми.

Сектор А. Сектор круглі в плані. Покриття виконане у вигляді ребристого

бані з клеєних дерев'яних конструкцій. Дерев'яний купол знизу спирається на залізобетонне кільце діаметром 100 м (на відм. +13,500), а зверху на сталеве кільце діаметром 7,5 м (на відм. +43,460). Залізобетонне кільце спирається на колони і далі – на фундамент.

Конструкція ребристого бані складається з меридіональних ребер, розташованих і пов'язаних між собою прогонами. Крок ребер становить  $9^\circ$ , що на підставі ребер відповідає 7,85 м. Ребра купола проектуємо наскрізними (у вигляді легких ферм).

Зверху прогонів укладаються ребра, повторюючи обриси верхнього пояса для покрівлі. Знизу ребер кріпиться профнастил, на який укладається пароізоляція та теплоізоляція. По ребрах влаштовується суцільний настил із ОСБ-4 товщиною 22 мм та фальцева покрівля.

Для забезпечення просторової жорсткості влаштовуються блоки зв'язки у вигляді хрестових зв'язків через один крок.

Схема розташування основних несучих конструкцій дерев'яного бані представлена на рисунку 2.1.

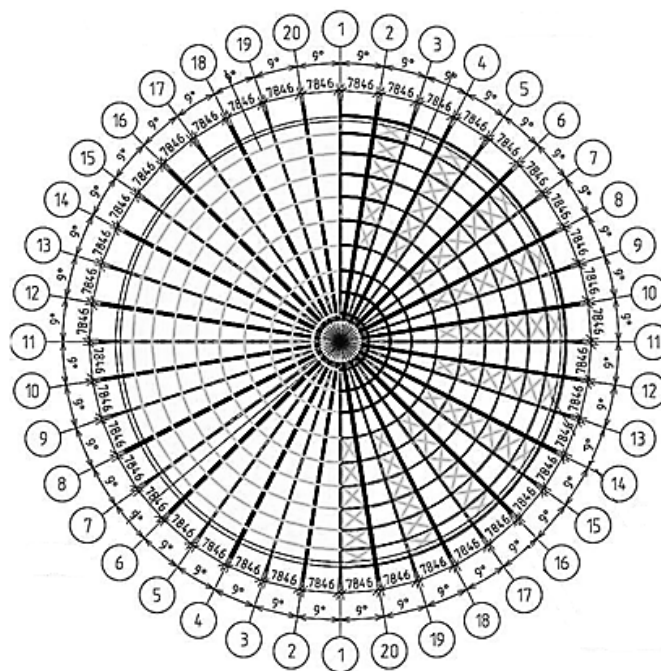


Рисунок 2.1 - Схема розташування несучих конструкцій ребристого куполу,  
аркуш 1

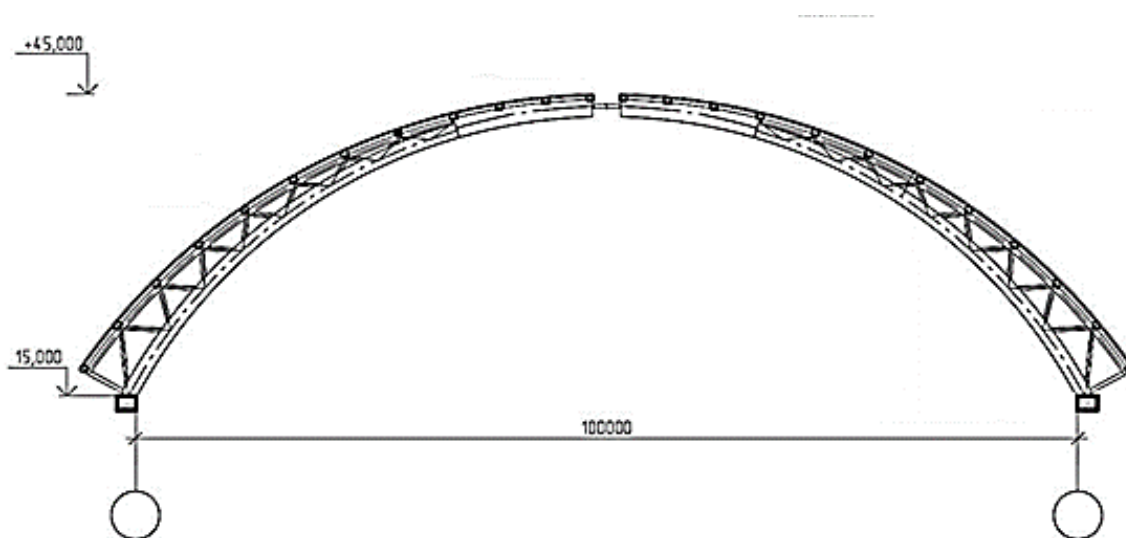


Рисунок 2.1 - Схема розташування несучих конструкцій ребристого куполу,  
аркуш 2

### Сектор Б

Є двоповерховим сектором каркасної конструктивної схеми з монолітного залізобетону, що примикають до основного обсягу купола. У цій кваліфікаційній роботі конструкції сектора Б не розглядаються.

Сектор Б відокремлений від сектора А деформаційно-усадковим швом. Крім цього, деформаційно-усадочні шви влаштовуються навколо басейнів. Сектор Б розділений температурними швами, щоб довжина відсіку температур не перевищувала 55 м відповідно.

## 2.3 Збір навантажень

Збір навантажень робимо на дерев'яний купол і на ЗБ опору під ним. Збір навантажень виконуємо відповідно до [3] та [13]. Розрахунок провадиться в ПК ЛІРА.

### 2.3.1 Постійні навантаження

Збір постійних навантажень на купол зводимо в таблицю 2.2

Таблиця 2.2 – Навантаження сектора А

№	Вид навантаження	Нормативне значення	Коефіцієнт надійності по навантаженню $\gamma_f$	Розрахункове значення
1. Навантаження на конструкції куполи				
	Власна вага:			
	Основні несучі дерев'яні конструкції, кН/м <sup>3</sup>	5	1,1	
	Вага покриття:	0.586	1.11	0.648
	ОСБ 4 завтовшки 22мм	0.140	1.1	0.154
	Профлист завтовшки 0.5 мм	0.049	1.05	0.0511
	Утеплювач завтовшки 200 мм	0.086	1.2	0.103
	Фальцева покрівля завтовшки 0.5 мм	0.047	1.05	0.0495

### 2.3.2 Короткочасні навантаження на купол

Вітрові та снігові навантаження збираємо на пластини покриття.

Вітрову навантаження визначаємо, як суму середньої і пульсаційної складових.

$$W = W_m + W_p$$

При розрахунку враховуємо вплив середньої складової. Пульсаційну складову розрахуємо у SCAD.

$$W_m = W_0 \cdot k(z_e) \cdot c,$$

де  $W_0 = 0,38$  кПа – нормативне значення вітрового тиску для м. Стрий;

$k_{10} = 0,65 \cdot (z_e)^{0.4}$  – коефіцієнт, враховує зміна вітрового тиску для висоти  $z_e$ ,

$c$  – аеродинамічний коефіцієнт.

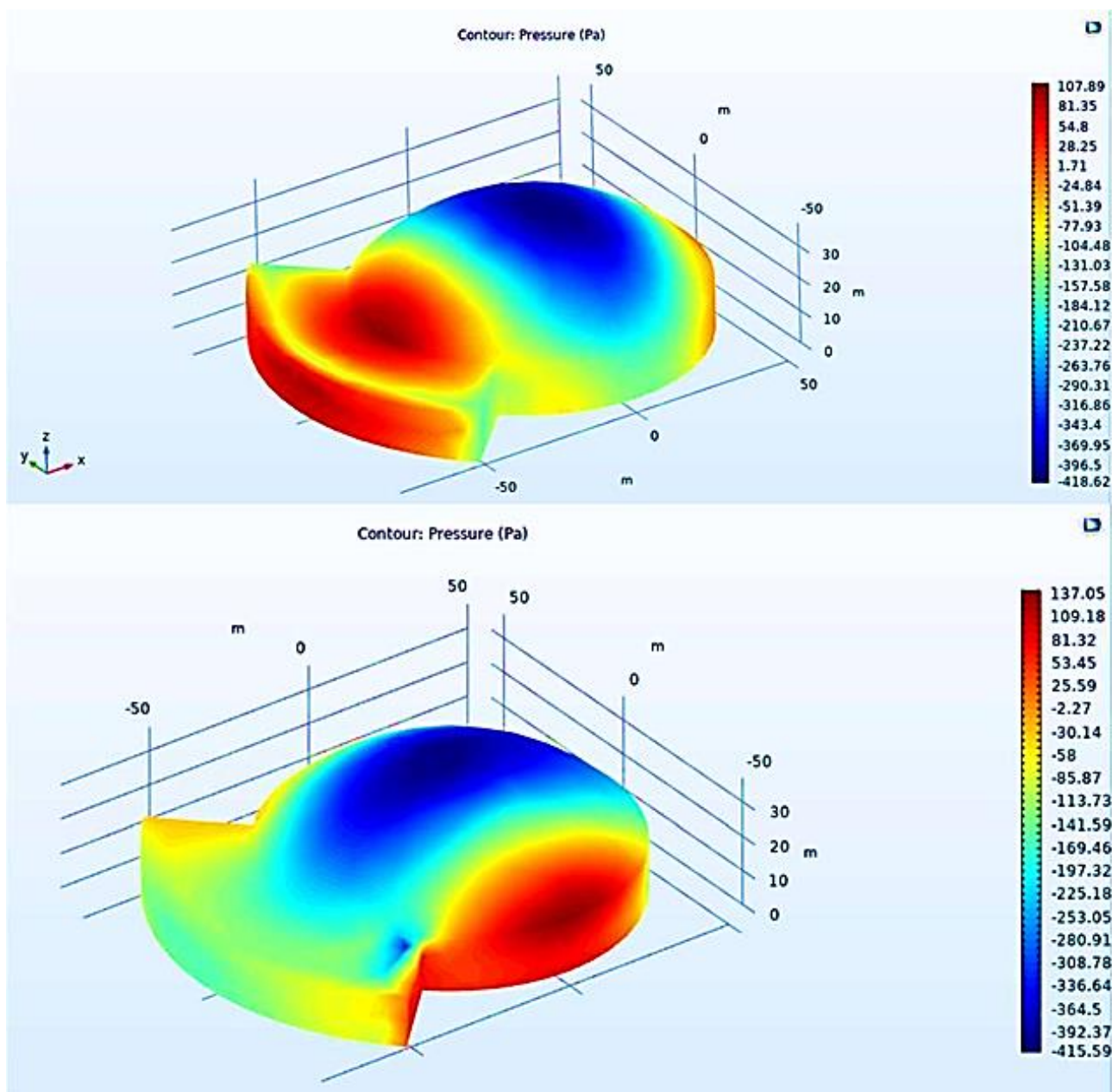
Таблиця 2.3 – Значення вітрових навантажень на купол

Переріз	$Z_e$	$k(Z_e)$	$c_e$	$W_m$ , кПа	$W_m$ розрах, кПа
А	15	0.764	0.2	0.054	0.075
В	45	1.186	- 0.8	- 0.332	- 0.465
С	15	0.764	0	0.000	0.000

Проведемо аналіз вітрового навантаження.

Швидкість вітру змінюється з висотою по формулі  $24 \cdot 0,65 \cdot (z/10)^{0.4}$  м/с.

На рисунку 2.2 показано картину розподілу вітрового тиску будівлі при двох напрямках вітру – із боку сектора Б і спереду на будинок.



а) при вітрі зліва; б) при вітрі спереді.

Рисунок 2.2 - Розподіл вітрового тиску по будівлі

Нормативне значення сніговий навантаження визначається по формулі:

$$S_0 = c_e \cdot c_t \cdot \mu \cdot S_g,$$

де  $S_g = 1,5$  кПа – нормативне значення ваги снігового покриву на  $1 \text{ м}^2$  горизонтальної поверхні землі для м. Стрий.



$c_e = 0,85 + 0,00375 \cdot ( 100 - 60 ) = 0,95$  – коефіцієнт, що враховує знесення снігу з покриття будівлі під дією вітру або інших факторів (при діаметрі основи купола  $d \leq 60$  м);

$$c_t = 1;$$

У ПК Ліра реалізуємо можливість завдання навантаження за функцією, на групу пластин. На рисунку 2.3 показані схеми розподілу снігового навантаження у трьох варіантах.

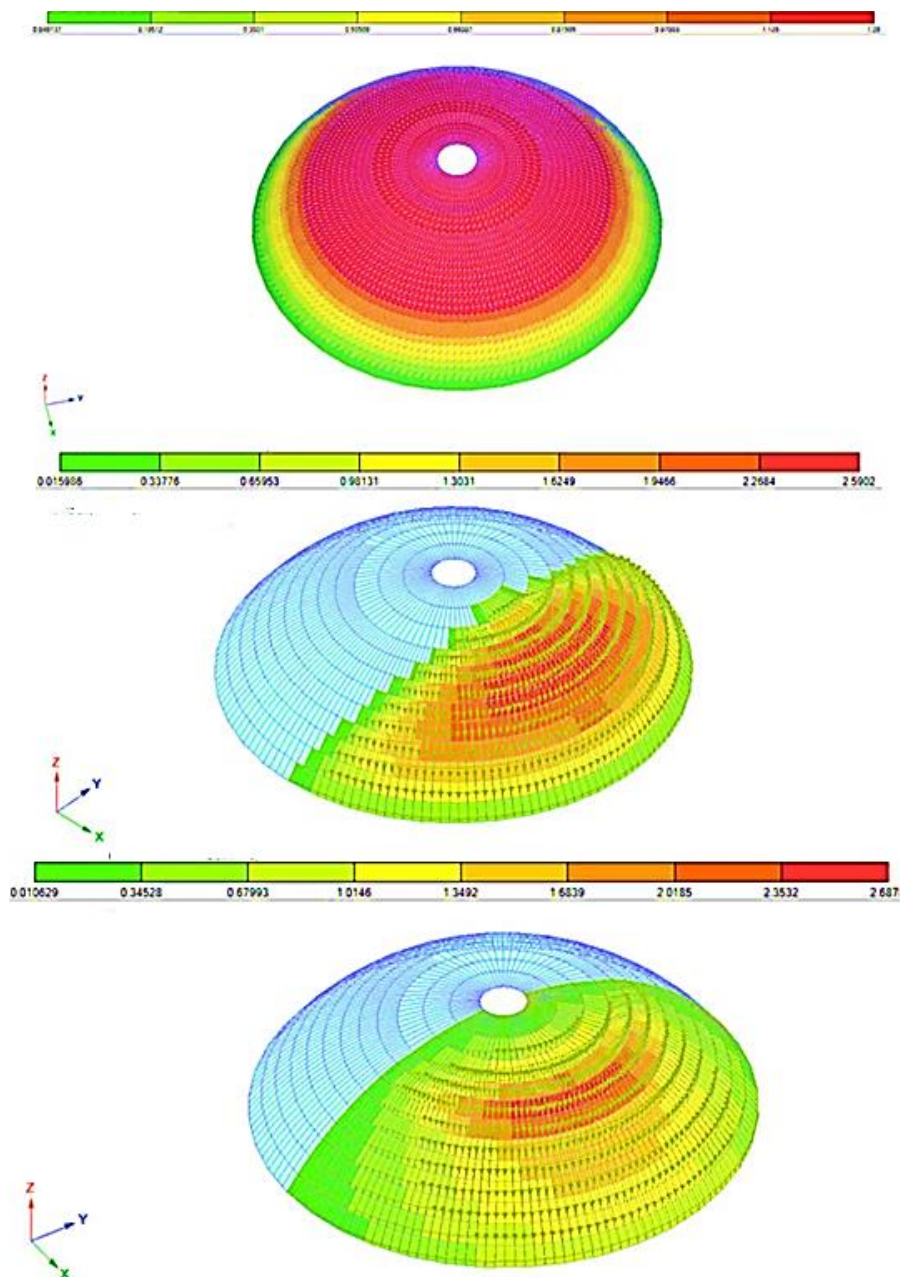


Рисунок 2.3 – Схема снігових навантажень у ПК ЛІРА

## 2.4 Призначення жорсткостей перерізів і параметрів основи

Матеріал конструкцій:

Меридіональні ребра - клеєна деревина класу міцності С30.

Кільцеві прогони і ребра покриття – клеєна деревина класу міцності С30

Залізобетонні опори та фундаменти – бетон класу С30/35. Верхнє опорне кільце і металеві зв'язку - сталь С345.

Основні меридіональні гратчасті ребра (прямокутні):

Верхній пояс: 300х800 мм;

Нижній пояс: 300х1200 мм;

Розкоси: 200х250 мм;

Опорний розкіс: 300х350 мм;

Суцільне опорне переріз: ширина 300 мм, висота від 2000 до 1500 мм.

Кільцеві прогони: 200х550 мм.

Ребра покриття: 150х350 мм.

Горизонтальні зв'язку по нижньому поясу: 200х500 мм.

Хрестові зв'язку: кругла сталь Ø28 мм.

Верхнє опорне кільце: швелер №33.

Опорне ЗБ кільце: 800х900 мм;

Проміжне нижнє ЗБ кільце: 450х900 мм;

ЗБ колони: 400х900 мм;

Ростверки: 1500х1500х600 мм.

Фундаментні балки: 600х600 мм.

Палі С30.100 перетином 300х300 довжиною 10 м.

## 2.5 Проектування дерев'яної бані

За функціональним призначенням конструкція - несучі конструкції з прольотами понад 100 м.

Клас умов експлуатації - нормальний режим опалювальних приміщень,

експлуатаційна вологість деревини не перевищує 12%,  $m_B = 0,9$ .

Довговічність: 100 років і більше (унікальні будівлі і споруди).

Коефіцієнт надійності щодо відповідальності при конструюванні приймаємо 1,1. Перевірку підібраних перерізів робимо в ПК Ліра.

Коефіцієнт умов роботи  $m=1$ ; коефіцієнт, що враховує зниження розрахункового опору за рахунок кінцевих або радіальних деформацій  $m_{ГН} = 1$ ; Коефіцієнт, що враховує товщину шару  $m_{сл} = 1$  при товщині 25 мм; понижувальний коефіцієнт  $m_6 = 0,8-0,96$  (при  $h > 50$  см залежно від висоти перерізу),  $m_{дл} = 0,8$ ,  $m_{сс} = 0,8$  (вигин, стиснення, зминання) / 0,7 (розтягування і сколювання вздовж волокон) за таблицями 9 -13 [23].

Ступінь агресивного впливу біологічно активних середовищ на деревину – слабоагресивний (рівноважна вологість деревини не вище 18%, періодично вище 20%), можливе ураження деревини дереворуйнівними грибами та комахами .

Спосіб обробки і норма витрати по таблицям [34]:

- просочування водорозчинними розчинами (акрилова, акрилово -алкідна основа) 120-150 г/м<sup>2</sup>;
- просочування органорозчинними розчинами (алкідна основа) 120-150 г/м<sup>2</sup>;

Лакофарбові матеріали органорозчинні (перхлорвінілова, уретано - алкідна, епоксидна основа) 120-150 г/м<sup>2</sup>.

Кріпильні металеві елементи (метизи) - цвяхи, саморізи, болти, шпильки тощо повинні мати цинкове покриття.

## **2.6 Розрахунок вузлів дерев'яного купола**

### **2.6.1 Опорний вузол меридіонального ребра**

Опорний вузол виконується як класичного валкового (балансирного) шарніра.

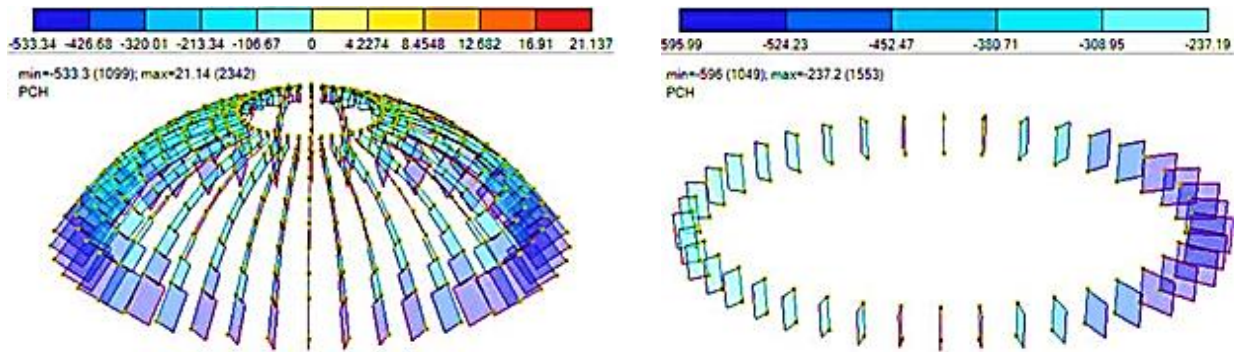


Рисунок 2.4 - Максимальні зусилля стиснення N в нижньому поясі і в опорному розкосі

Розрахункове поздовжнє зусилля, що сприймається вузлом від нижнього поясу та опорного розкосу

$$N = 533,34 + 595,99 \cdot \cos(30) = 1049,5 \text{ кН.}$$

Необхідну площу торцевого упору арки обчислюємо з умови зминання деревини, приймаючи розрахунковий опір деревини зминання вздовж волокон  $R_{зм} = 21 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 13,44 \text{ МПа.}$

Сталеві елементи приймаю з сталі С345 по [24].

$$F_{зм} = N / R_{зм} = 1049,5 \cdot 10^3 / 13,44 = 78\,086,5 \text{ мм}^2.$$

Звідки при  $b = 450 \text{ мм}$ ,  $l = F_{зм} / b = 78\,086,5 / 450 = 173,5 \text{ мм.}$

Приймаю розміри пластини черевика 450x500 мм.

Необхідний радіус валика підбираємо з умови зминання в шарнірі [26]:

$$r = \frac{N}{1,25 \cdot l \cdot R_{lp} \cdot \gamma_c} = \frac{1049,5 \cdot 10^3}{1,25 \cdot 350 \cdot 176 \cdot 1} = 13,63 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр шарніру 40 мм.

Напруга торця арки передається на шарнір через зварний профіль із пластин, що має два бічні та одне середнє ребро.

Напруження складають :

$$\sigma_{зм} = 1049,5 \cdot 10^3 / (450 \cdot 500) = 4,2 \text{ МПа.}$$

Визначимо товщину ребер з умови зминання ребер:

$$F_{зм} = (2 \cdot 180 + 3 \cdot 40) \cdot t = 360t \text{ мм}^2.$$

$$\sigma_{зм} = 1049,5 \cdot 10^3 / 360t = R_p = 343 \text{ МПа, звідки}$$

$$t = \frac{1049,5 \cdot 10^3}{480 \cdot 343} = 5,53 \text{ мм.}$$

Приймаємо товщину ребер 10 мм.

Визначимо необхідну товщину плити башмака розрахунком на вигин. Плита працює як оперта на 3 сторони між ребрами та як консольна по краях. Розрахунок проводимо за п. 8.6 [24].

Згинальний момент при опиранні на три сторони:

$$M_1 = \alpha_3 \cdot q \cdot (d_1)^2 = 0,112 \cdot 4,2 \cdot 180^2 = 152,33 \text{ кН} \cdot \text{м/м};$$

Згинальний момент консольної частини:

$$M_2 = 0,5 \cdot q \cdot z^2 = 0,5 \cdot 3,64 \cdot 50^2 = 52,47 \text{ кН} \cdot \text{м/м},$$

де  $q = \sigma_{3m}$  – напруга, діє на плиту;

$\alpha_3$  – коефіцієнт, залежить від розмірів сторін ділянки плити.

Необхідна товщина плити:

$$t = \sqrt{6M_{\max} / R_y \cdot \gamma_c} = \sqrt{6 \cdot 152,33 \cdot 1000 / 240 \cdot 1} = 19,52 \text{ мм.}$$

Приймаємо плиту завтовшки 20 мм.

Розрахуємо число нагелів для кріплення сталевого черевика. Нагелі сприймають перерізує зусилля  $Q = 5,83 + 595,99 \cdot \sin(30) = 303,8 \text{ кН}$ .

Напруження в середніх елементах:  $T = 0,75cdn = 0,75 \cdot 15 \cdot 2 \cdot 4 = 90 \text{ кН}$

Зминання в крайніх елементах:  $T = 1,2adn = 1,2 \cdot 15 \cdot 2 \cdot 4 = 144 \text{ кН}$

Вигин нагеля з арматури А240:  $T = m a x (2,2d^2 + 0,25a^2; 3,1d^2) n = 2,2 \cdot 2^2 = 57,7 \text{ кН}$ .

Необхідне кількість нагелів:  $n = N / T_{\min} = 303,8 / 57,7 = 5,26$ . Приймаємо 6 нагелів діаметром 20 мм.

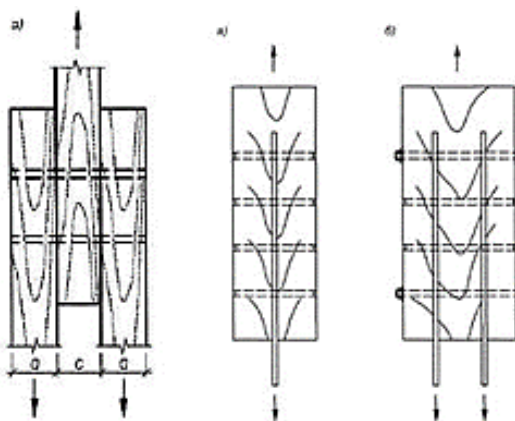


Рисунок 2.5 – Схема нагельного з'єднання [23]

## 2.6.2 Жорсткий стик нижнього пояси меридіонального ребра

Жорсткий стик поясів проектуємо на вклеєних стрижнях з металевими накладками [25], [26].

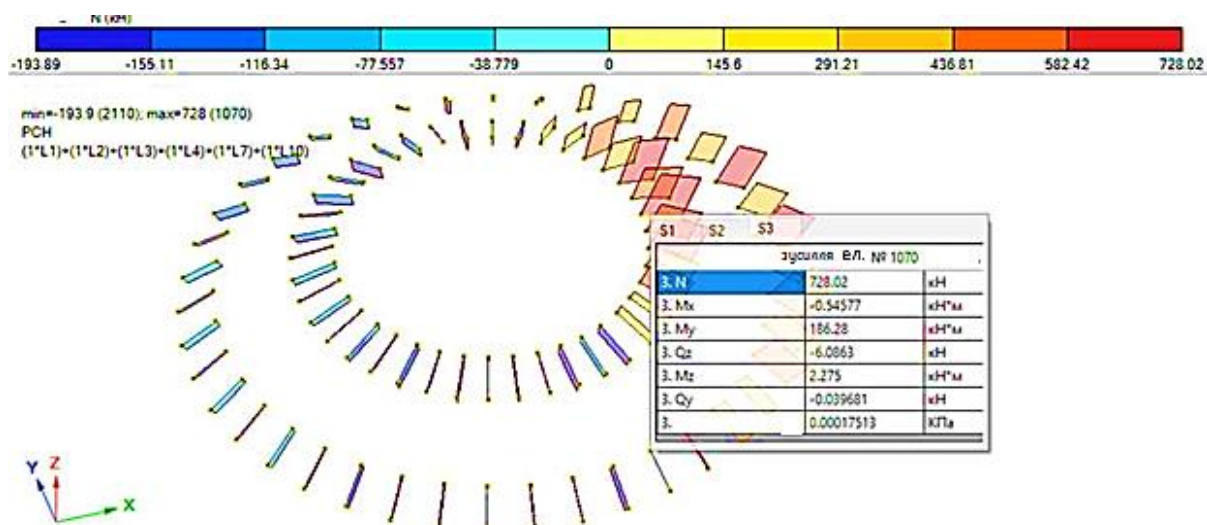


Рисунок 2.6 – Розрахункові зусилля в нижньому поясі у місцях стику

Стик працює на розтяг з вигином. Як розрахункові приймаємо такі значення зусиль:  $N=728,02$  кН,  $M=186,28$  кН·м.

Як стрижнів, що вклеюються, застосовуємо арматуру А400 діаметром 22 мм. Для вклеювання застосовується клей на базі епоксидних смол ЕД-20. Як наповнювач застосовуємо кварц мелений.

Розрахункові значення несучої здатності  $T_{вс\alpha}$ , МН, стрижня, що вклеюється

під кутом до волокон, на висмикування або продавлювання в стиках КДК [23]:

$$T_{вс\alpha} = R_{вс\alpha} \cdot d_1 \cdot \pi \cdot l_p \cdot k_{\sigma} \cdot k_c \cdot k_d \cdot m_{дл} \cdot Pm_i \leq F_{\alpha} R_{\alpha},$$

де  $R_{вс\alpha} = 6$  МПа – розрахунковий опір деревини висмикування або продавлювання стрижня, вклеєного під кутом до волокон;

$$d_1 = 0,027 \text{ м} - \text{діаметр отвори (на 5 мм більше діаметра стрижня);}$$

$$l_p = l - l_0 \leq 30d \text{ (0,66 м)} - \text{Розрахункова довжина стрижня, м;}$$

$l_0 = 3d = 0,066$  м - глибина можливого зниження міцності клейового прошарку при зварюванні;

$$l_p = l - l_0 = 0,65 - 3 \cdot 0,022 = 0,584 \text{ м};$$

$k_{\sigma} = 1 - b_{\sigma} \cdot \sigma$  - коефіцієнт, що залежить від знаку нормальних напруг уздовж волокон в зоні установки стрижнів;

$$b_{\sigma} = 0,001;$$

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W} = \frac{748,97}{0,54 \cdot 1000} + \frac{186,3}{0,108 \cdot 1000} = 3,11 \text{ МПа;}$$

$$k_{\sigma} = 1 - 0,001 \cdot 3,11 = 0,997.$$

$k_c = a_c - b_c \frac{l_p}{d} = 1,2 - 0,02 \frac{0,54}{0,02} = 0,6$  - коефіцієнт, враховує нерівномірність розподілу напруг зсуву ( $a_c = 1,2$ ,  $b_c = 0,02$ );

$k_d = a_d - b_d d = 1,12 - 0,1 \cdot 0,02 = 1,12$  - коефіцієнт, що враховує залежність розрахункового опору від діаметра стрижня ( $a_d = 1,12$ ,  $b_d = 0,1$ );

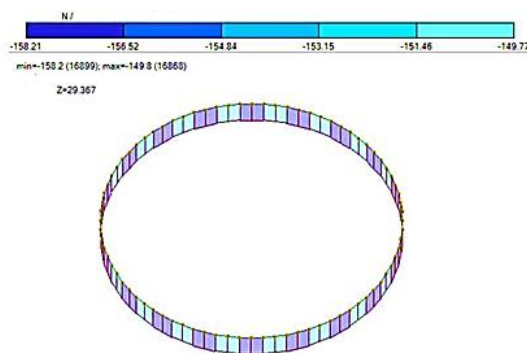
$$F_{\alpha} R_{\alpha} = 0,00152 \cdot 355 \cdot 1000 = 539,6 \text{ кН.}$$

Розрахунковий значення несучою здібності 1 стрижня:

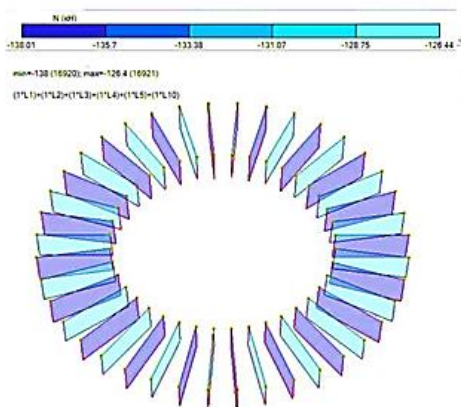
$$T_{вс\alpha} = 6 \cdot 0,027 \cdot 3,14 \cdot 0,584 \cdot 0,997 \cdot 0,6 \cdot 0,12 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 141,8 \text{ кН} < F_{\alpha} R_{\alpha} = 539,6 \text{ кН.}$$

### 2.6.3 Розрахунок верхнього опорного кільця

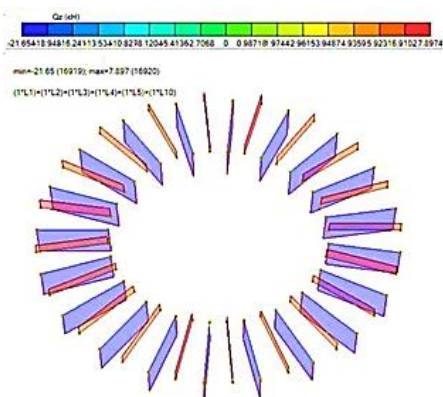
Верхнє опорне кільце представляє зварний сорокогранник зі швелера. Кільце працює на стиск.



а)



б)



в)

а) РСЗ в верхньому опорному кільці -  $N_{\min}$ ; б) Зусилля N та в) Q в опорних перерізах меридіонального

Рисунок 2.7 - Розрахунок верхнього опорного кільця

Приймаємо розрахунковий зусилля стиснення в кільце  $N = 158,21$  кН.

Як розрахунковий переріз приймаємо швелер 33 зі сталі С345.

Перевірка міцності:



$$\sigma = \frac{N_k}{A_k} = \frac{158,21 \cdot 10}{46,15} = 34,28 \text{ МПа} < R_y \cdot \gamma_s = 340 \text{ МПа};$$

Перевірка стійкості в площині знаходимо по формулі 17.3 [27]:

$$N_k = 158,21 \leq N_{cr} = \frac{4,5 \cdot E J_x}{r^2} = \frac{4,5 \cdot 20600 \cdot 497,02}{10 \cdot 375^2} = 327,63 \text{ кН} > 158,21 \text{ кН}.$$

Перевірка стійкості з площині знаходимо по формулі 17.334 [27]:

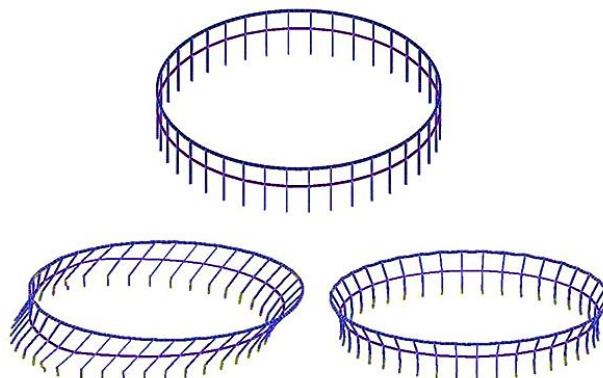
$$N_k = \frac{E J_y}{R^2} \cdot \frac{9}{4 + E J_y / G I_d} = \frac{20600 \cdot 497,02 \cdot 10}{375^2 \cdot 10} \cdot \frac{9}{4 + 20600 \cdot 497,02 / 79000 \cdot 8518,82} = 1638,29 \text{ кН},$$

де  $E J_x$  – жорсткість кільця у його площині;

$E J_y$  – жорсткість кільця з його площині;  $G I_d$  – жорсткість кільця під час кручення.

### 2.6.3 Розрахунок залізобетонного каркаса під купол

Як опору під дерев'яний купол призначаємо залізобетонне кільце, що працює на розтяг. Зусилля з кільця передаються вертикальні опори (колони). У середньому перерізі колон встановлюємо нижнє проміжне кільце. Перетин верхнього кільця призначаємо прямокутним 800x900 мм, нижнього кільця 450x900, переріз колони прямокутний 900x400 мм. Клас бетону конструкцій С30/35 [30]. Клас арматури поздовжніх стрижнів призначаємо А500 [29]. Поперечна арматура класу А240 [29]. Армуння виконуємо у відповідності до вимог [28] із застосуванням ПК ЛІРА.



а) розрахункова схема; б) деформовані схеми деформування

Рисунок 2.8 - ЗБ опора в ПК Ліра

## 2.6.4 Розрахунок верхнього опорного кільця

Верхнє опорне кільце працює на розтяг, сприймаючи розпір від купола. На рисунку 2.9 наведено епюри максимальних внутрішніх зусиль.

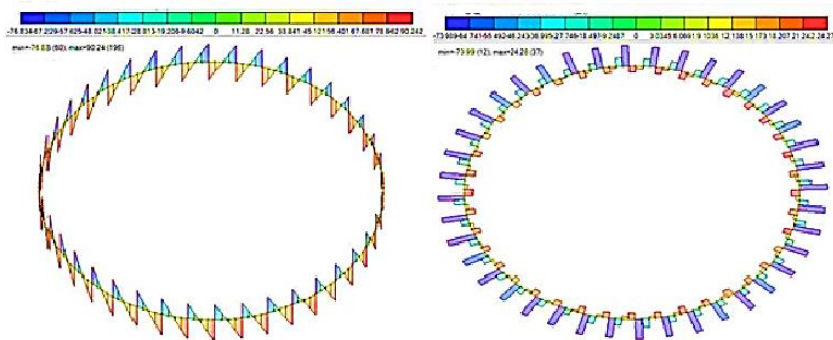


Рисунок 2.9 - РСЗ верхнього опорного кільця

На рисунку 2.10 наведено результати підбору арматури верхнього опорного кільця.

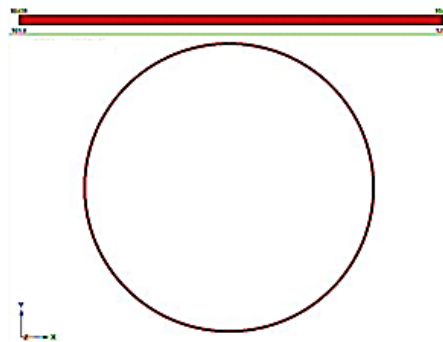
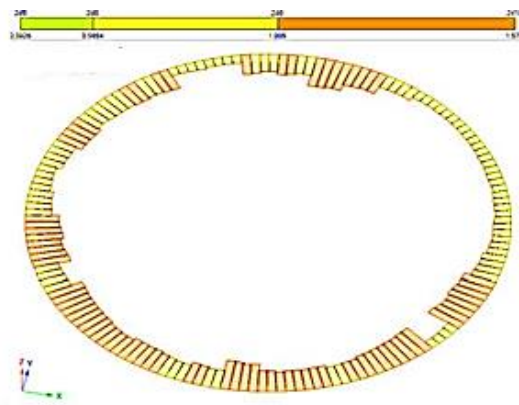


Рисунок 2.10 - Підбір армування верхнього кільця в ПК ЛІРА

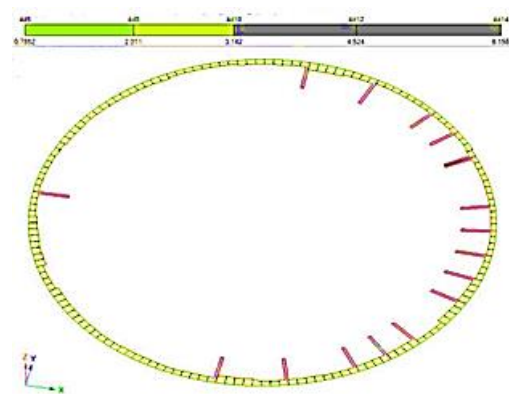
За результатами армування призначаємо поздовжню арматуру А 500 10Ø40.

Поперечне армування згідно результатам розрахунку (рисунку 2.11):

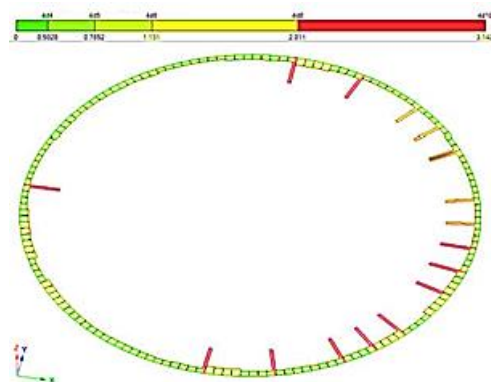
- по осі Z потрібно постановка 2 Ø10 з кроком 250 мм;
- по осі Y потрібна постановка 4Ø10 з кроком 250 мм у прольотах, а в надколонних зонах необхідно зменшити крок до 100 мм.



а)



б)



а) по осі Z; б) по осі Y при кроці 250 та 100 мм.

Рисунок 2.11 - Результати поперечного армування

### 2.6.5 Розрахунок армування нижнього кільця

На рисунку 2.12 наведено епюри максимальних внутрішніх зусиль.

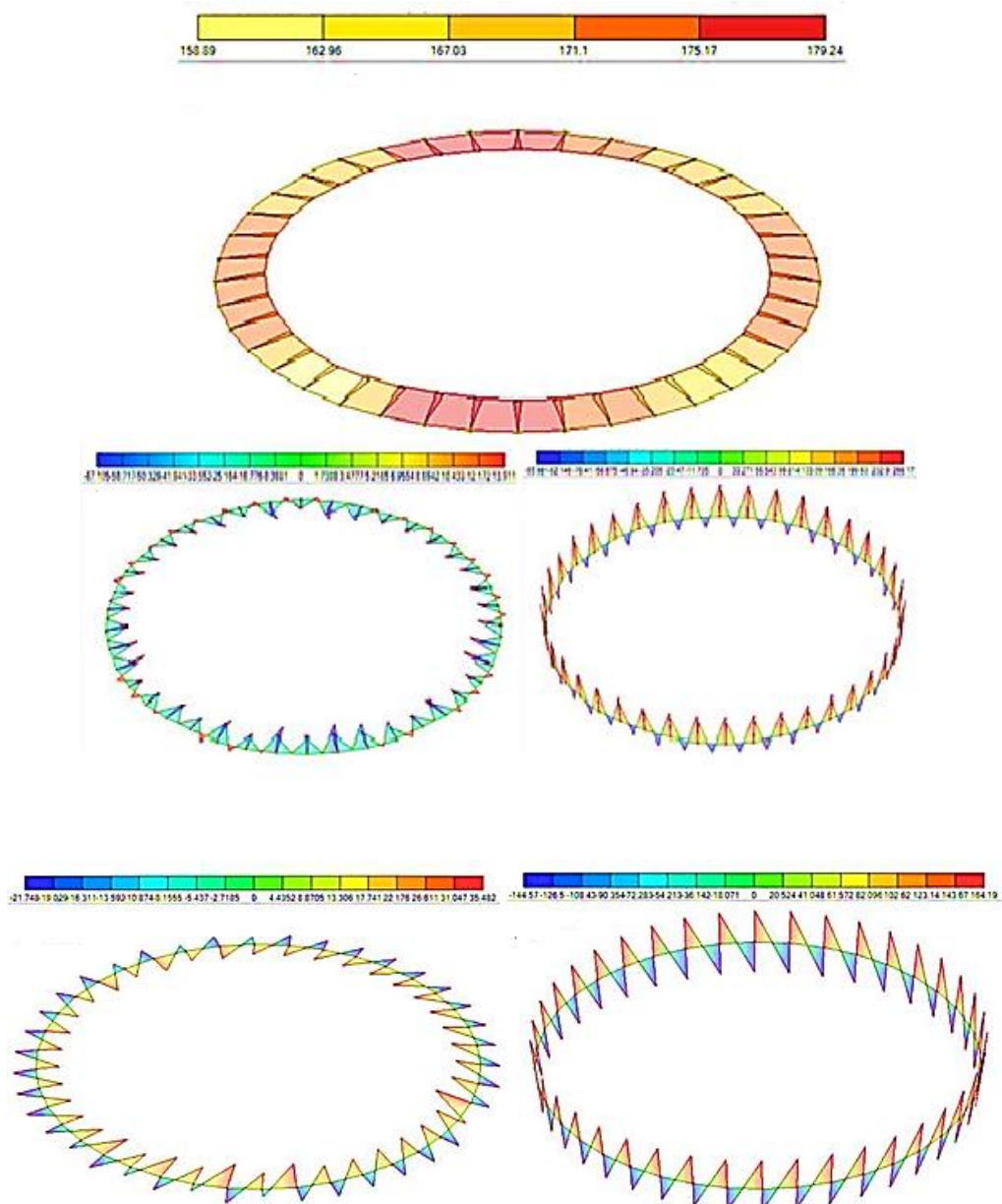


Рисунок 2.12 - РСЗ нижнього опорного кільця

За результатами армування призначаємо поздовжню арматуру А500 10Ø40. Поперечне армування згідно результатам розрахунку (рисунок 2.12):

- по осі Z потрібно постановка 2 Ø8 з кроком 250 мм;
- по осі Y потрібна постановка 4 Ø8 з кроком 250 мм у прольотах, а надколонних зонах необхідно зменшити крок до 100 мм.

## 2.6.6 Розрахунок армування колони

На рисунку 2.13 наведено РСЗ в колонах.

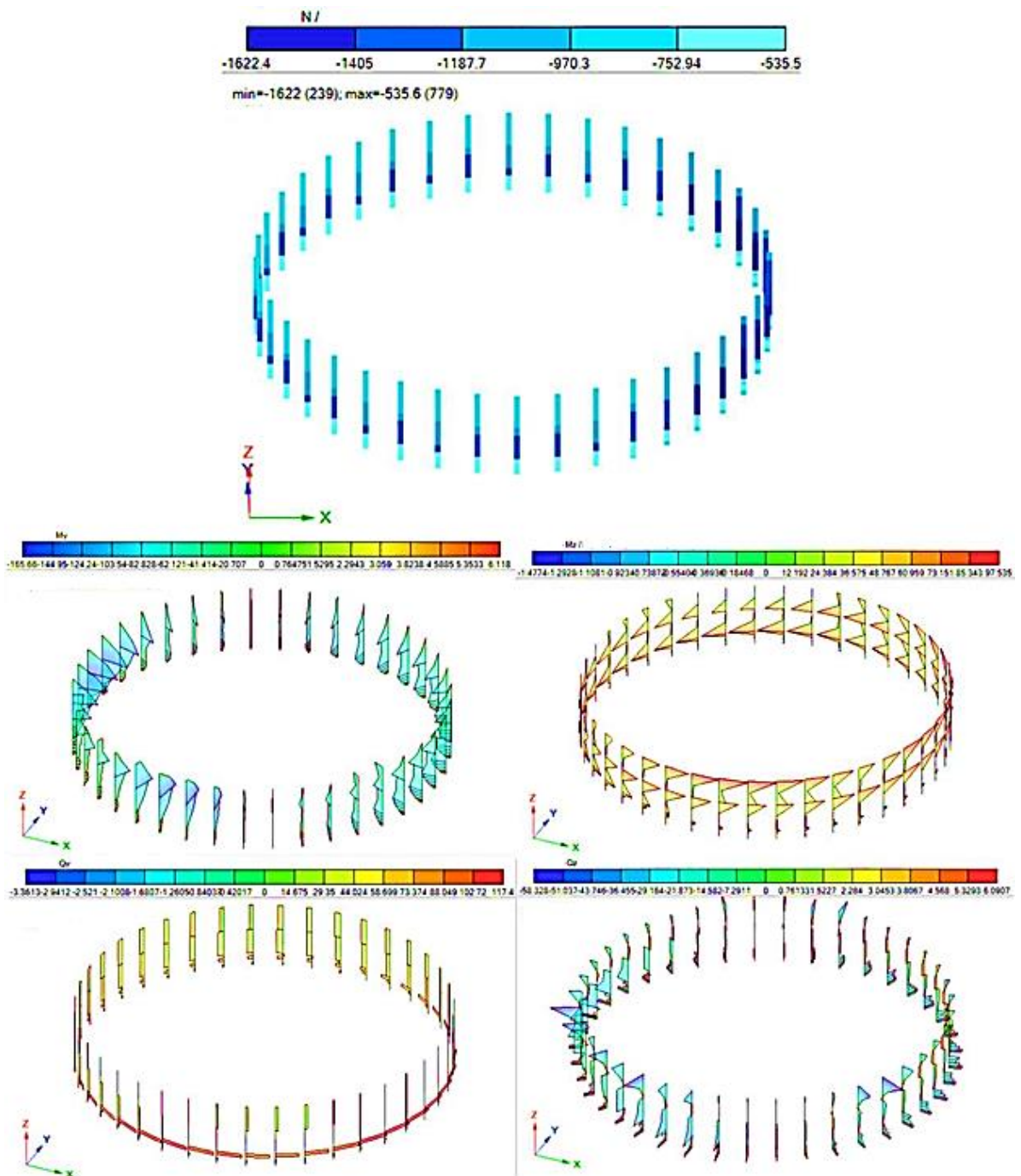


Рисунок 2.13 - РСЗ ЗБ колон

За результатами армування призначаємо поздовжню арматуру А500 6Ø16.

Поперечне армування згідно результатам розрахунку (рисунок 2.13):

- по осі Z потрібно постановка  $2 \times \text{Ø}6$  з кроком 250 мм;
- по осі Y потрібно постановка  $2 \times \text{Ø}8$  з кроком 250 мм.

Підбір та перевірка перерізів дерев'яних конструкцій проводиться із застосуванням ПК ЛІРА. Програмний комплекс виконує такі перевірки ДК:

- перевірка міцності за нормальними напруженнями при роботі на стиск з вигином;
- перевірка міцності за нормальними напруженнями при роботі на розтяг з вигином;
- сколювання по тангенціальних напруженнях при згині;
- сколювання по тангенціальним напруженням при крученні;
- перевірка стійкості під час роботи на стиск із вигином;
- перевірка гнучкості елементів.

## 2.7 Розрахунок перерізу нижнього поясу

На рисунках 2.14-2.15 наведено епюри РСЗ у нижньому поясі меридіонального ребра.

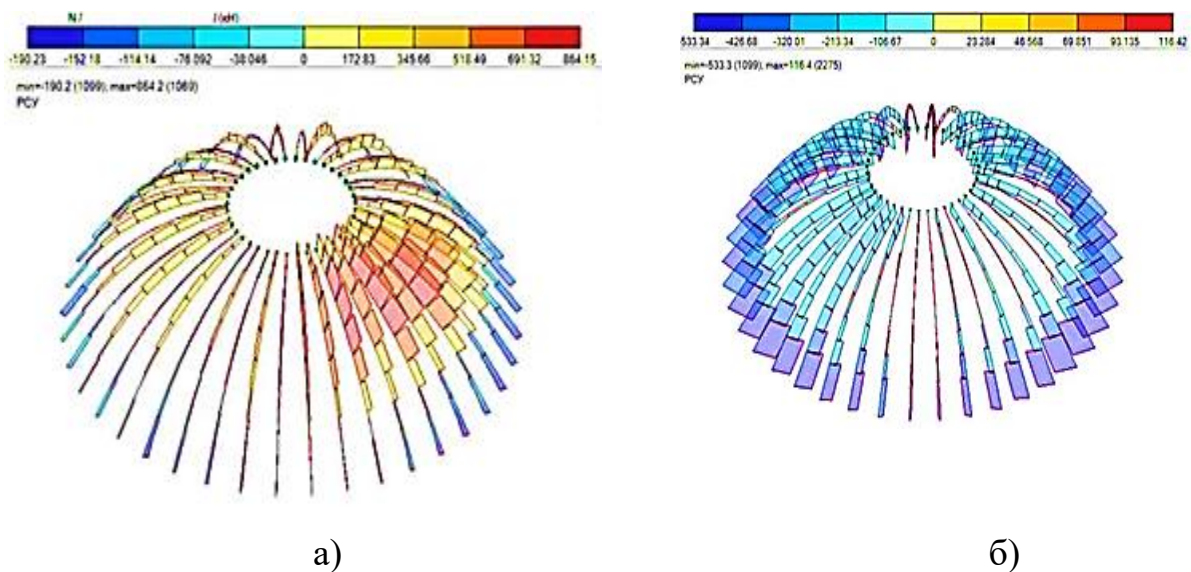
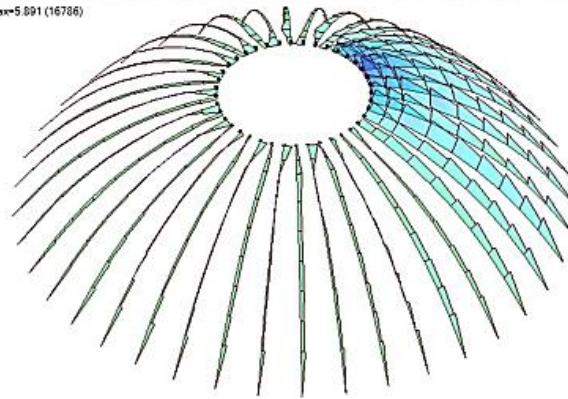
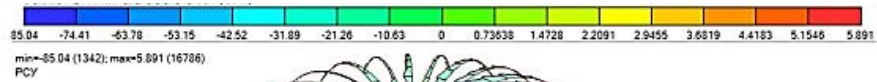
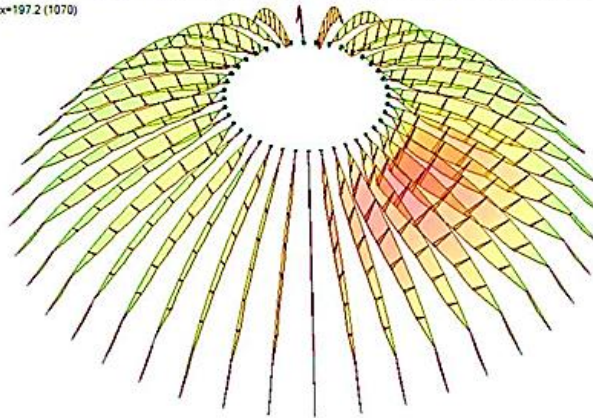
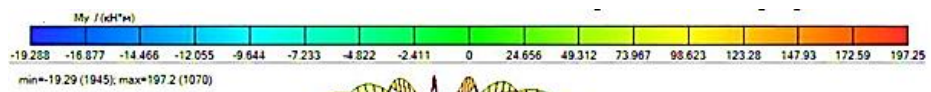


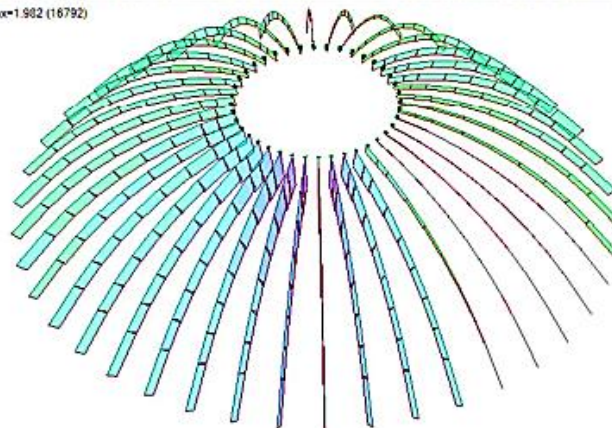
Рисунок 2.14 –  $N_{\min}$ (а),  $N_{\max}$  (б) у нижньому поясі меридіонального ребра



a)



б)



в)

Рисунок 2.15 –  $M_z$ (а),  $M_y$ (б),  $M_x$ (в) у нижньому поясі меридіонального ребра (РСЗ)

Призначимо такі параметри конструювання нижнього поясу: Розрахункове

переріз 1200x300 мм, деревина клеєна класу міцності К32.

Коефіцієнт розрахункової довжини у площині ребра приймаємо  $\mu_{0x} = 1$ , із площини  $\mu_{0y} = 2$  (розкріплення із площини горизонтальними зв'язками виробляємо через 1 вузол).

Проводимо перевірку перерізу в ПК ЛІРА. На рисунку 2.16 показано відсоток використання ДК.

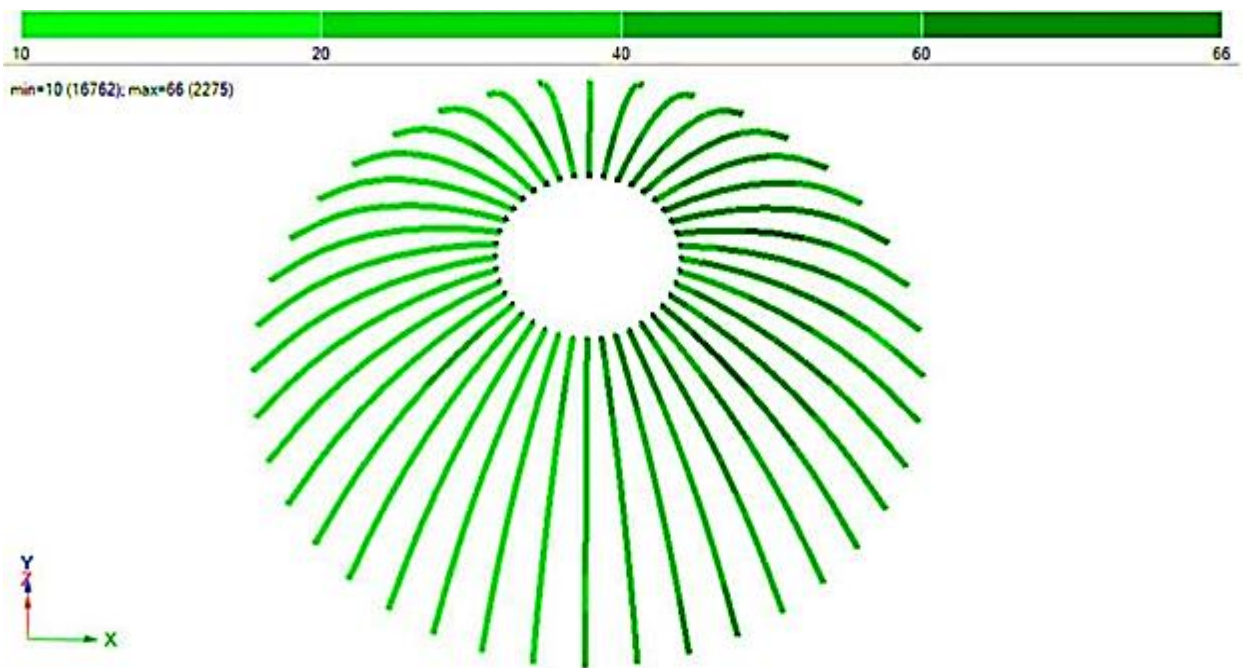


Рисунок 2.16 - Відсоток використання ПК по результатам розрахунку в ПК Ліра

## 2.8 Розрахунок перерізу верхнього поясу

На малюнках 2.17-2.18 наведено епюри РСЗ у нижньому поясі меридіонального ребра.



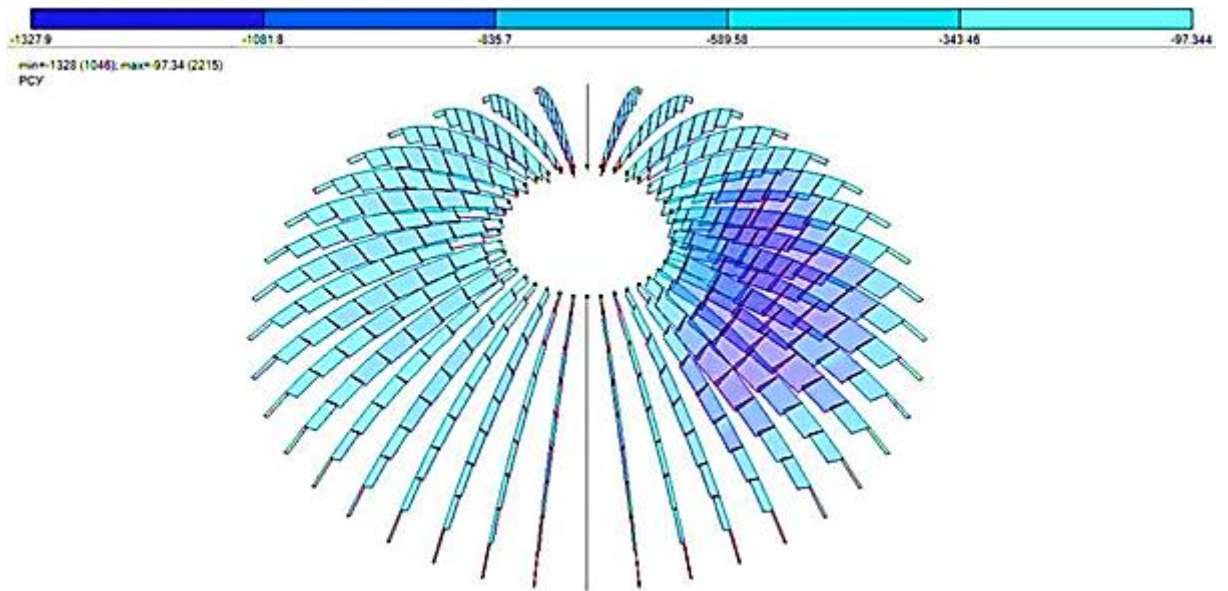
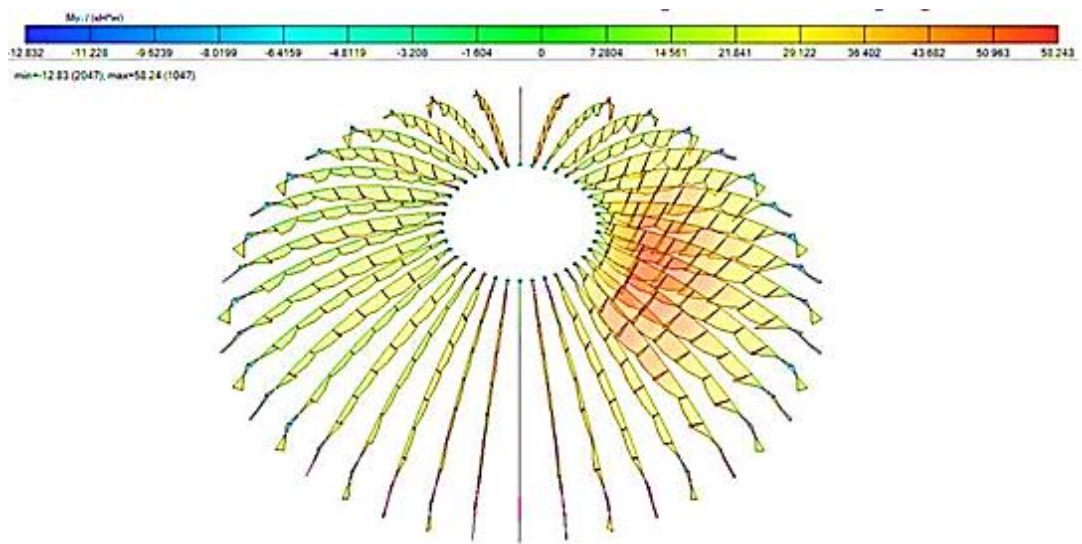
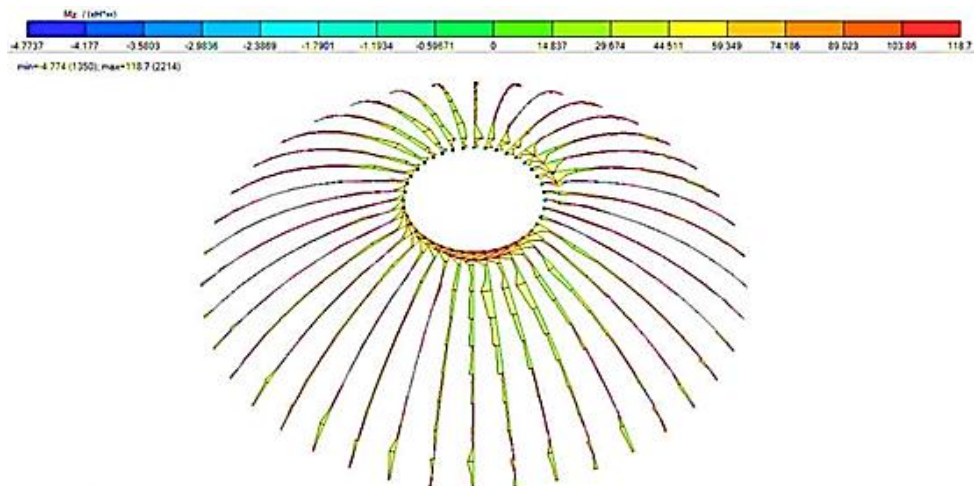


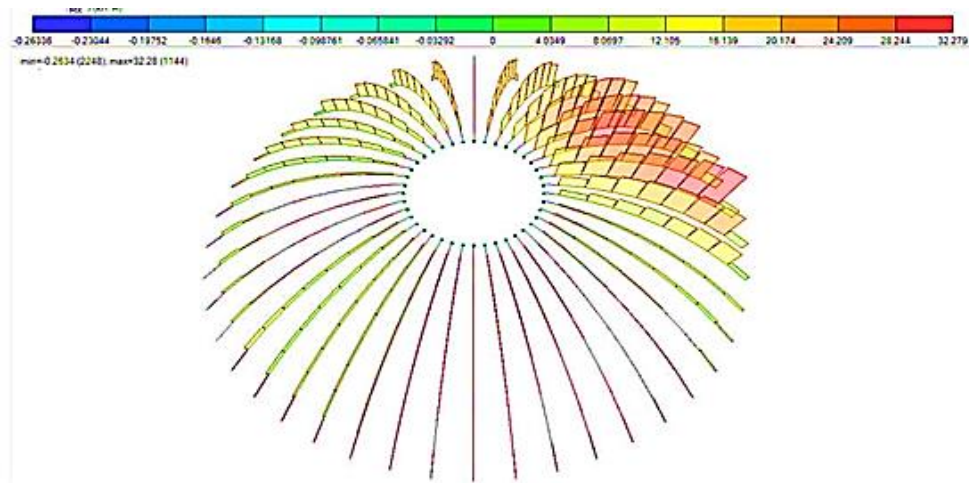
Рисунок 2.17 –  $N_{min}$  у нижньому поясі меридіонального ребра



а)



б)



в)

Рисунок 2.18 -  $M_y$ (а),  $M_z$  (б),  $M_k$  (в) у нижньому поясі меридіонального ребра (РСЗ)

Призначимо такі параметри конструювання нижнього поясу: Розрахункове переріз 800x300 мм, деревина клеєна класу міцності К32;

Коефіцієнт розрахункової довжини у площині ребра приймаємо  $\mu_{0x} = 1$ , із площини  $\mu_{0y} = 1$  (розкріплення з площини кільцевими прогонами у кожному вузлі).

Проводимо перевірку перерізу в ПК ЛІРА. На рисунку 2.19 показано відсоток використання ДК.

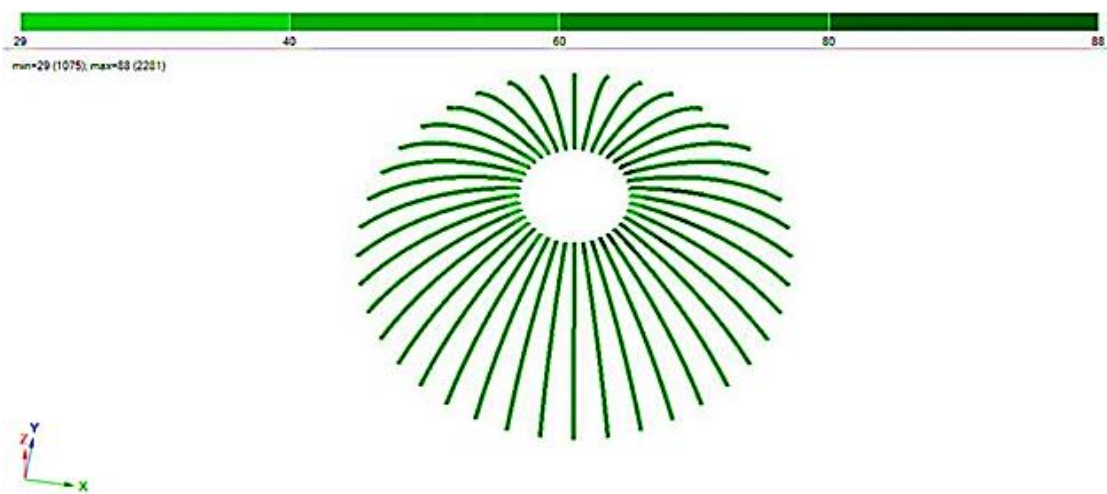


Рисунок 2.19 - Відсоток використання ПК по результатам розрахунку в ПК Ліра

## 2.9 Розрахунок перерізу опорної частини меридіонального ребра

На малюнках 2.20-2.21 наведено епюри РСЗ у нижньому поясі меридіонального ребра.

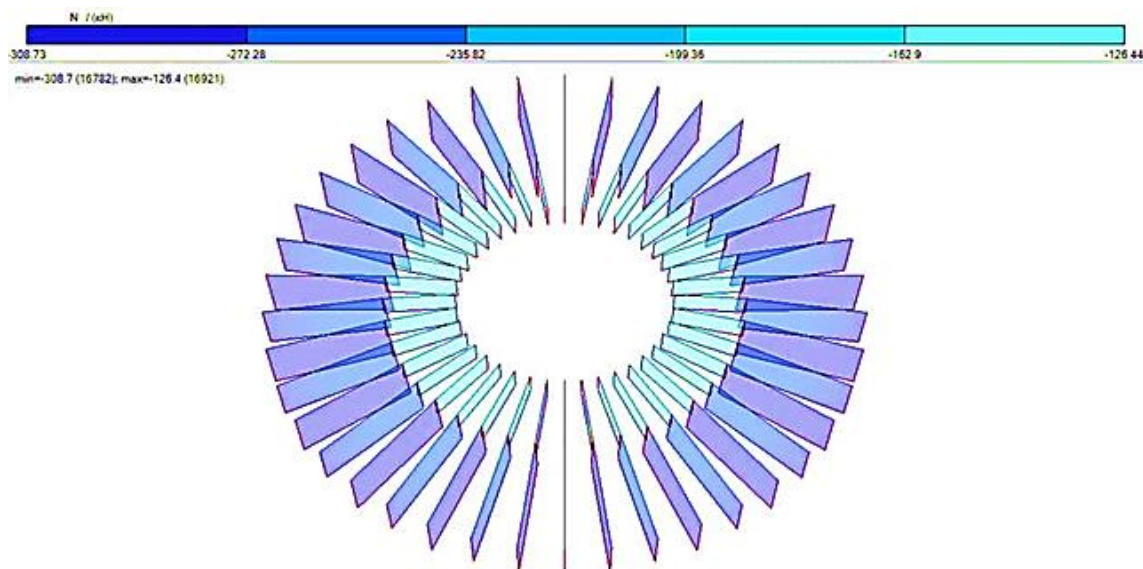
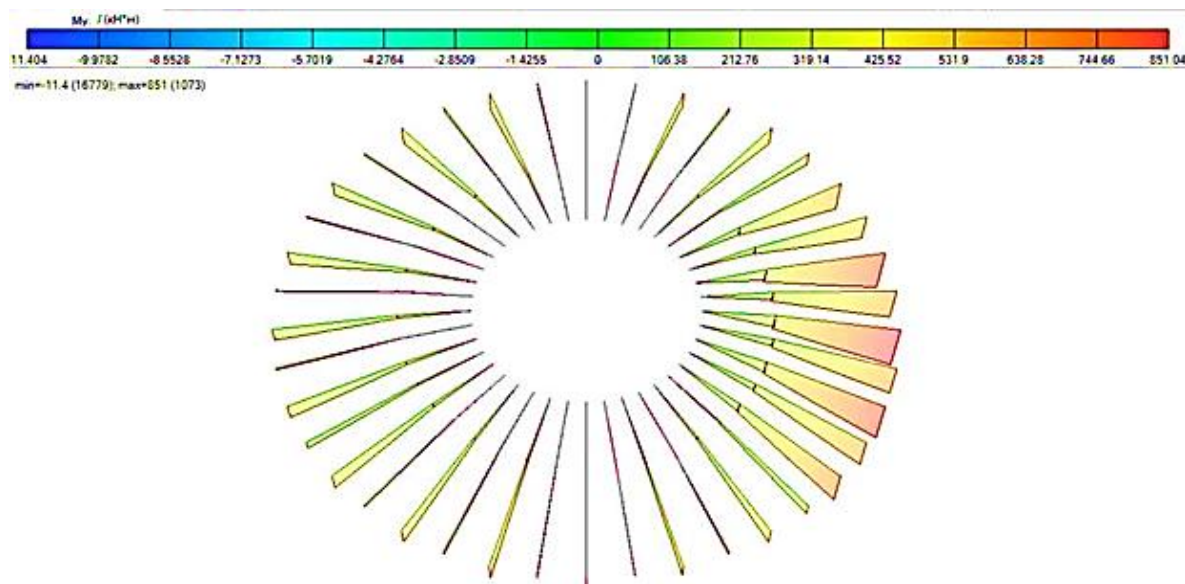


Рисунок 2.20 –  $N_{\min}$  в опорному перерізі меридіонального ребра



а)

Рисунок 2.21 –  $M_y$  (а),  $M_z$  (б),  $M_k$  (в) у нижньому поясі меридіонального ребра (РСЗ), аркуш 1

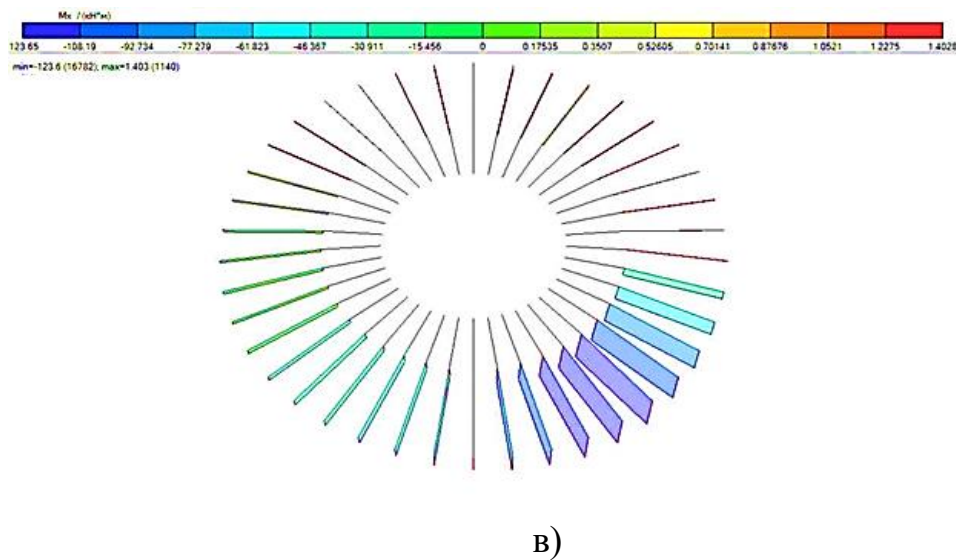
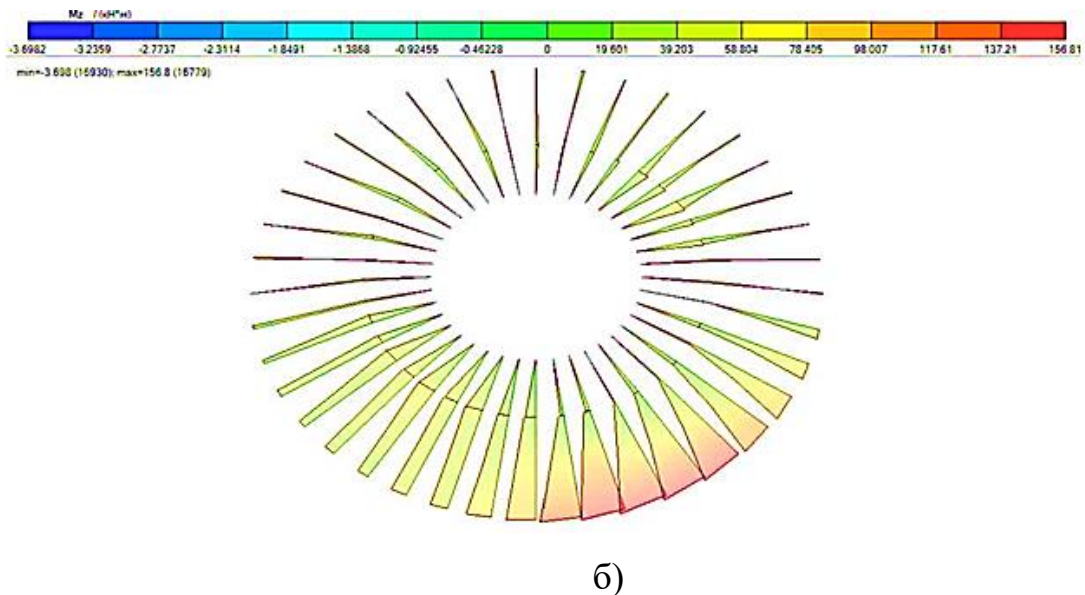


Рисунок 2.21 –  $M_y$  (а),  $M_z$  (б),  $M_k$  (в) у нижньому поясі меридіонального ребра (РС3), аркуш 2

Призначимо наступні параметри конструювання опорного перерізу:

Перетин змінної висоти 2000-1500x300 мм (розбиваємо на дві ділянки - перетин заввишки 1900 мм та 1500 мм), деревина клеєна класу міцності К32;

Розрахункову довжину в площині приймаємо рівною довжині опорний зони – 13,85 м, із площини – відстані між кільцевими прогонами – 6,9 м.

Виконуємо перевірку перерізу у ПК ЛІР. На рисунку 2.22 показаний відсоток використання ДК.

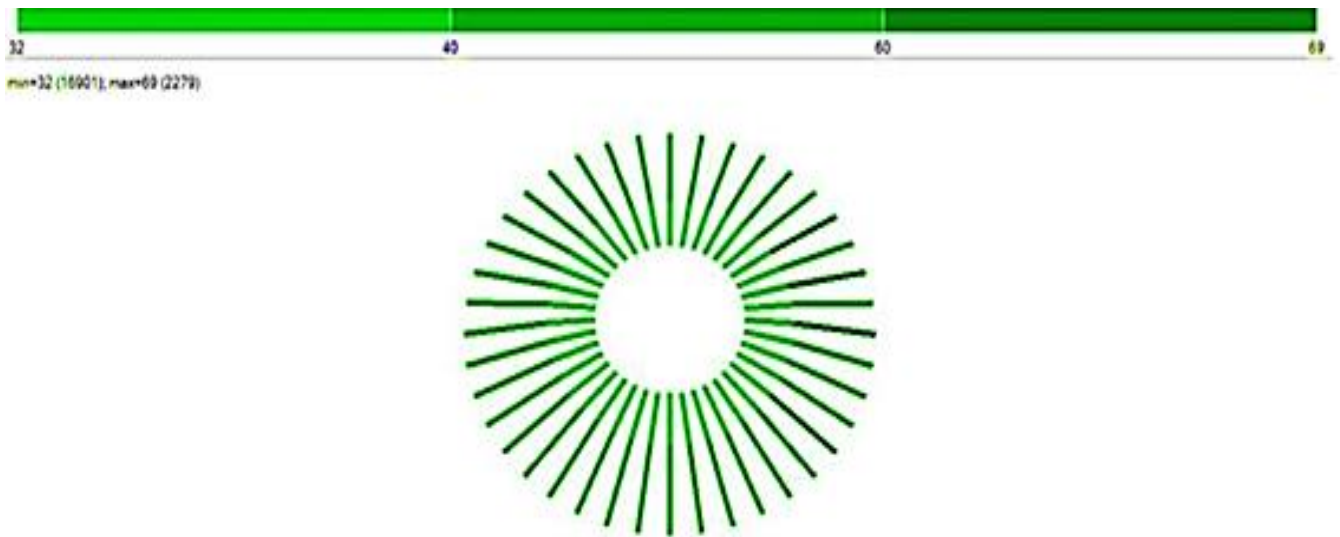
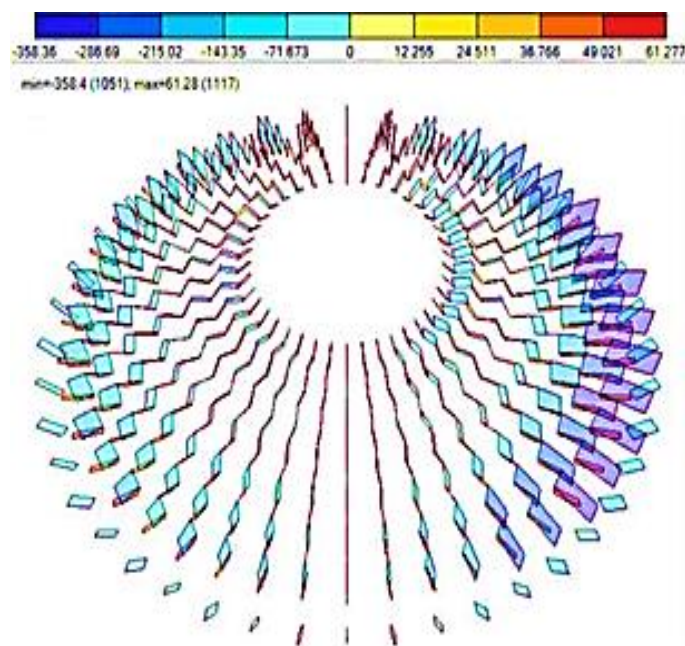


Рисунок 2.22 - Відсоток використання ПК по результатам розрахунку в ПК Ліра

## 2.10 Розрахунок перерізу розкосів

На рисунку 2.23 наведено епюри РСЗ в розкосах меридіонального ребра. На рисунку 2.24 – те саме в опорних розкосах.



а)

Рисунок 2.23 -  $N_{\min}$  (а),  $N_{\max}$  (б) в розкосах меридіонального ребра, аркуш 1

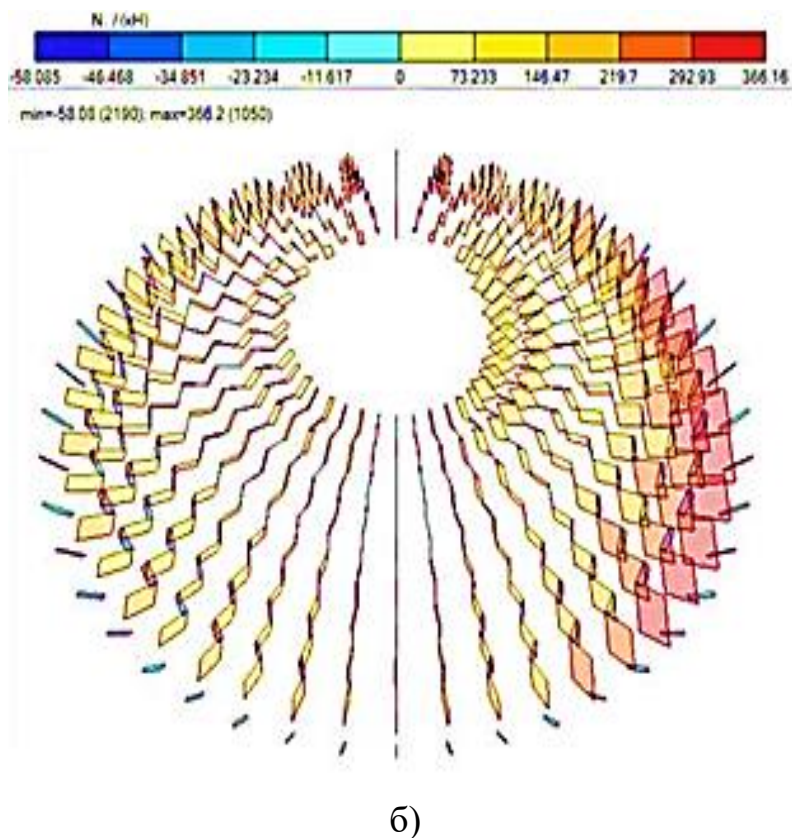


Рисунок 2.23 -  $N_{\min}$  (а),  $N_{\max}$  (б) в розкосах меридіонального ребра, аркуш 2

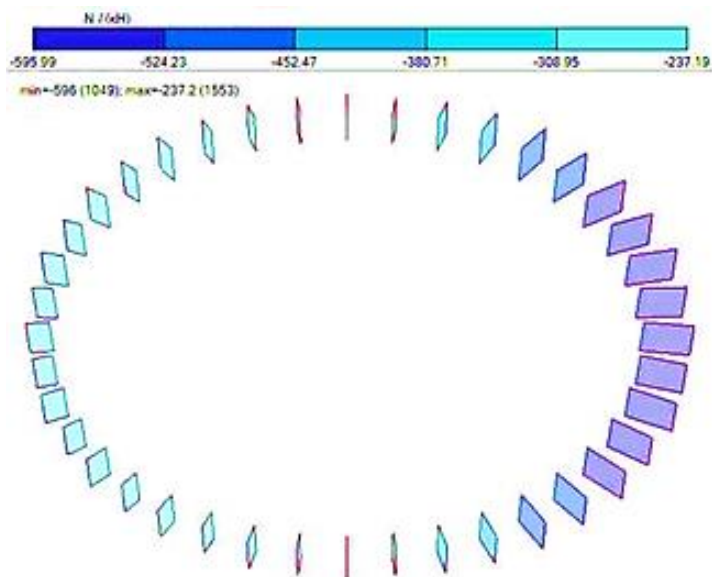


Рисунок 2.24 -  $N_{\min}$  в опорних розкосах меридіонального ребра

Призначимо наступні параметри конструювання розкосів:

Розрахунковий переріз рядових розкосів 250x200 мм, опорного розкосу 300x350 мм деревина клеєна класу міцності К32;

Коефіцієнт розрахункової довжини в площині приймаємо  $\mu_{0x} = 1$  із площини  $\mu_{0y} = 1$ .

Виробляємо перевірку перерізу у ПК ЛІРА 10.12. На рисунку 2.25 показаний відсоток використання ДК.

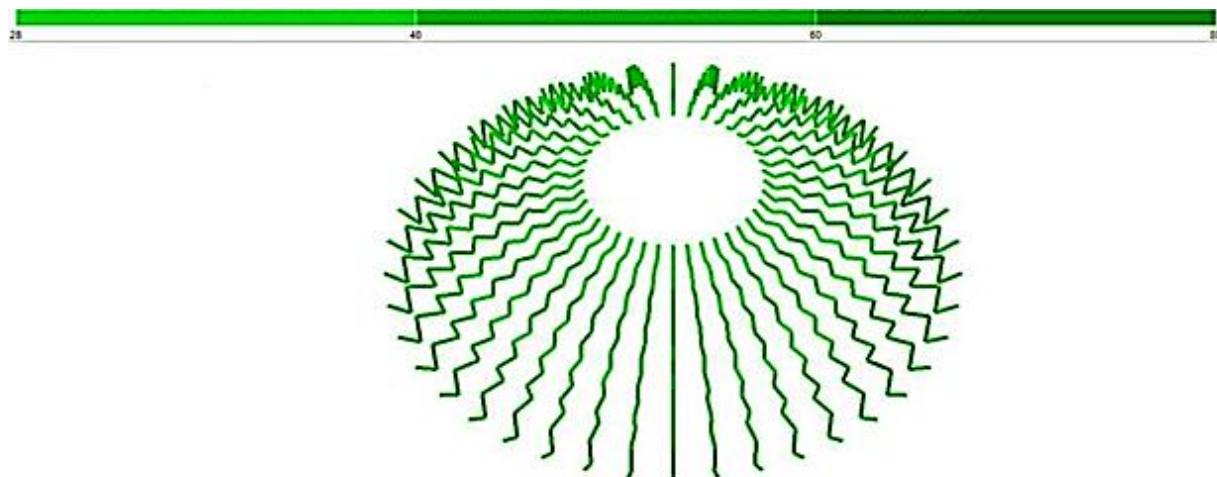


Рисунок 2.25 - Відсоток використання ПК по результатам розрахунку в ПК Ліра

### 2.11 Розрахунок перерізу кільцевих прогонів

На рисунку 2.26 наведено епюри РСЗ в кільцевих прогонах. Кільцеві прогони моделюються типом кінцевого елемента «балка», тоді прогони не входять у просторову роботу ребристого купола і поздовжні зусилля у яких дорівнюють нулю.

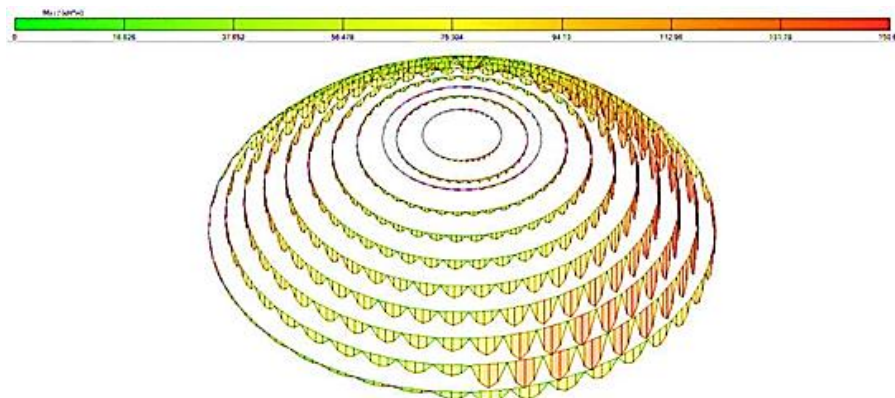


Рисунок 2.26 -  $M_u$  в кільцевих прогонах

Призначимо наступні параметри конструювання розкосів:

Розрахунковий переріз кільцевих прогонів 250x500 мм, деревина класу міцності К24. Коефіцієнт розрахункової довжини в площині приймаємо  $\mu_{0x} = 1$  із площини  $\mu_{0y} = 1$ .

Виконуємо перевірку перерізу у ПК ЛІР. На рисунку 2.27 показаний відсоток використання ДК

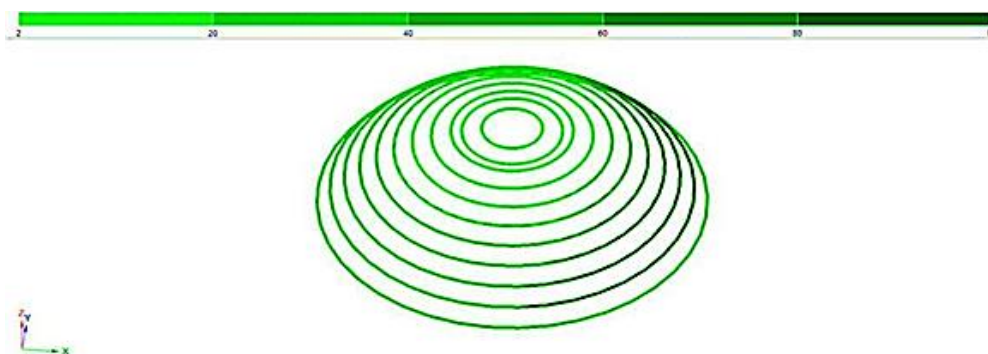


Рисунок 2.27 - Відсоток використання ДК по результатам розрахунку в ПК Ліра



## РОЗДІЛ 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ

### 3.1 Розрахункова схема будівлі (Сектор А)

На рисунку 3.1 показаний загальний вигляд розрахункової схеми будівлі. на рисунку 3.2 показані фрагменти схеми - основні меридіональні ребра.

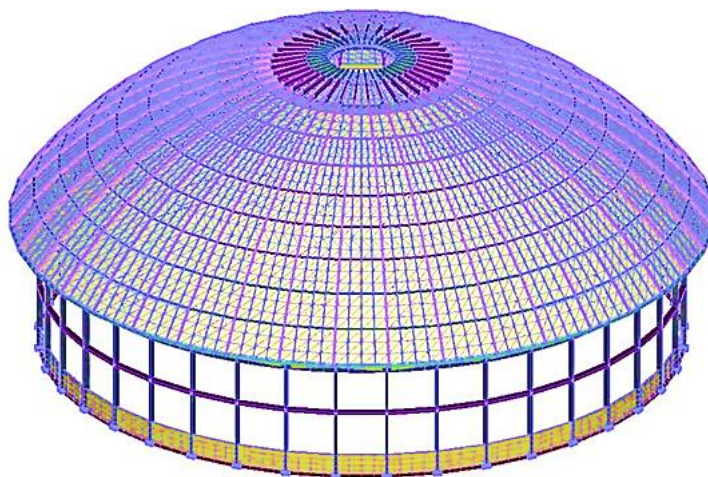


Рисунок 3.1 - Загальний вигляд розрахункової схеми будівлі

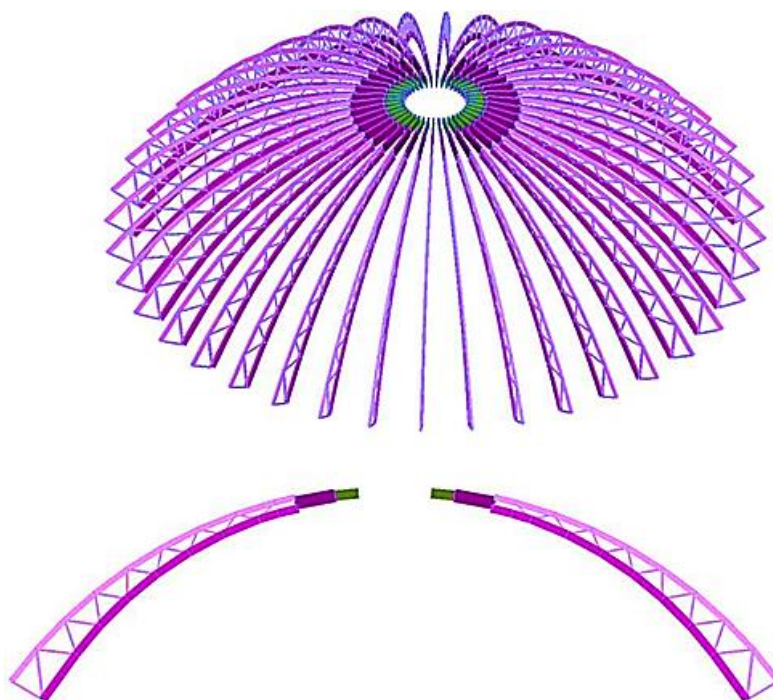
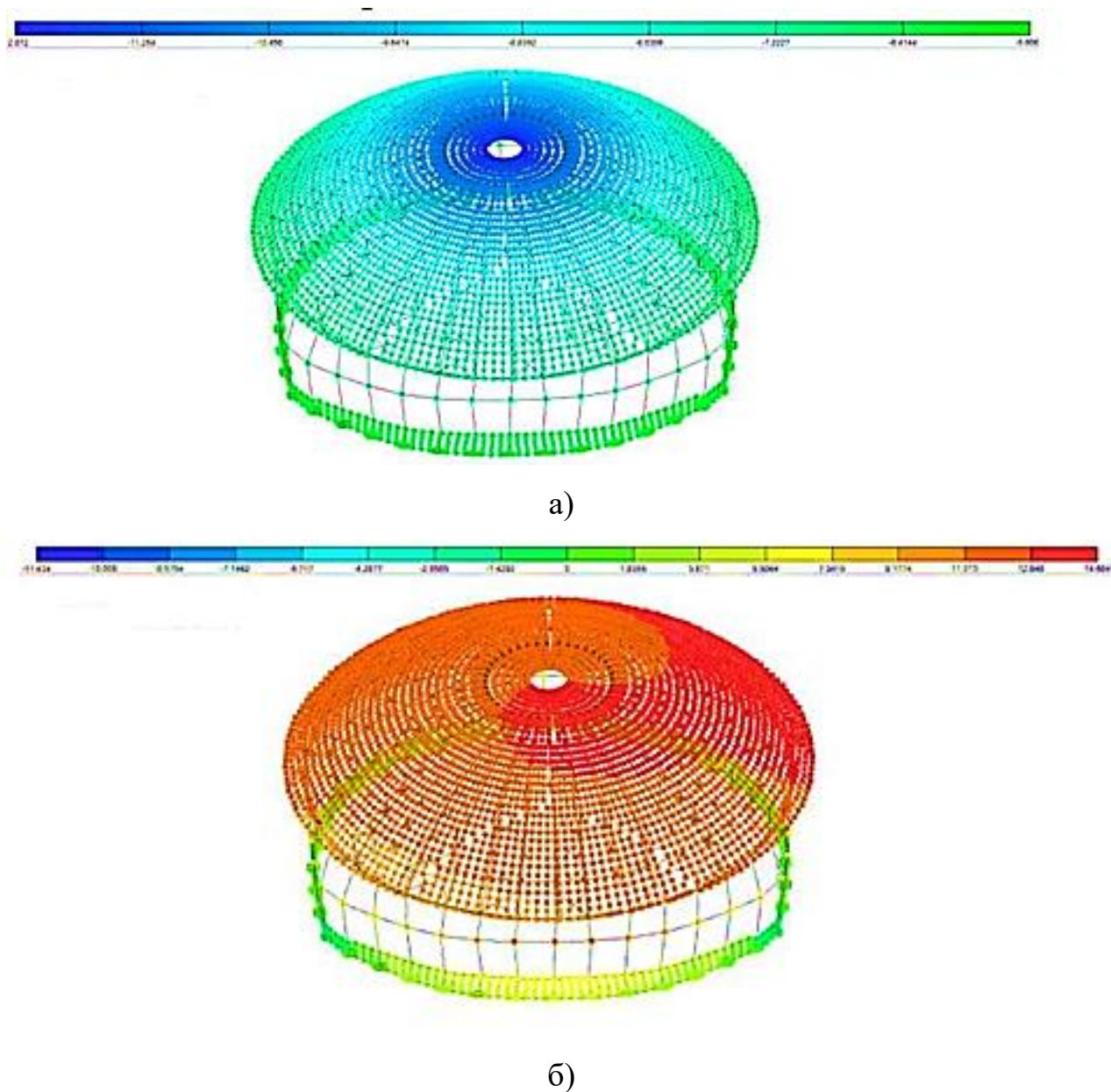


Рисунок 3.2 - Фрагменти розрахункової схеми будівлі

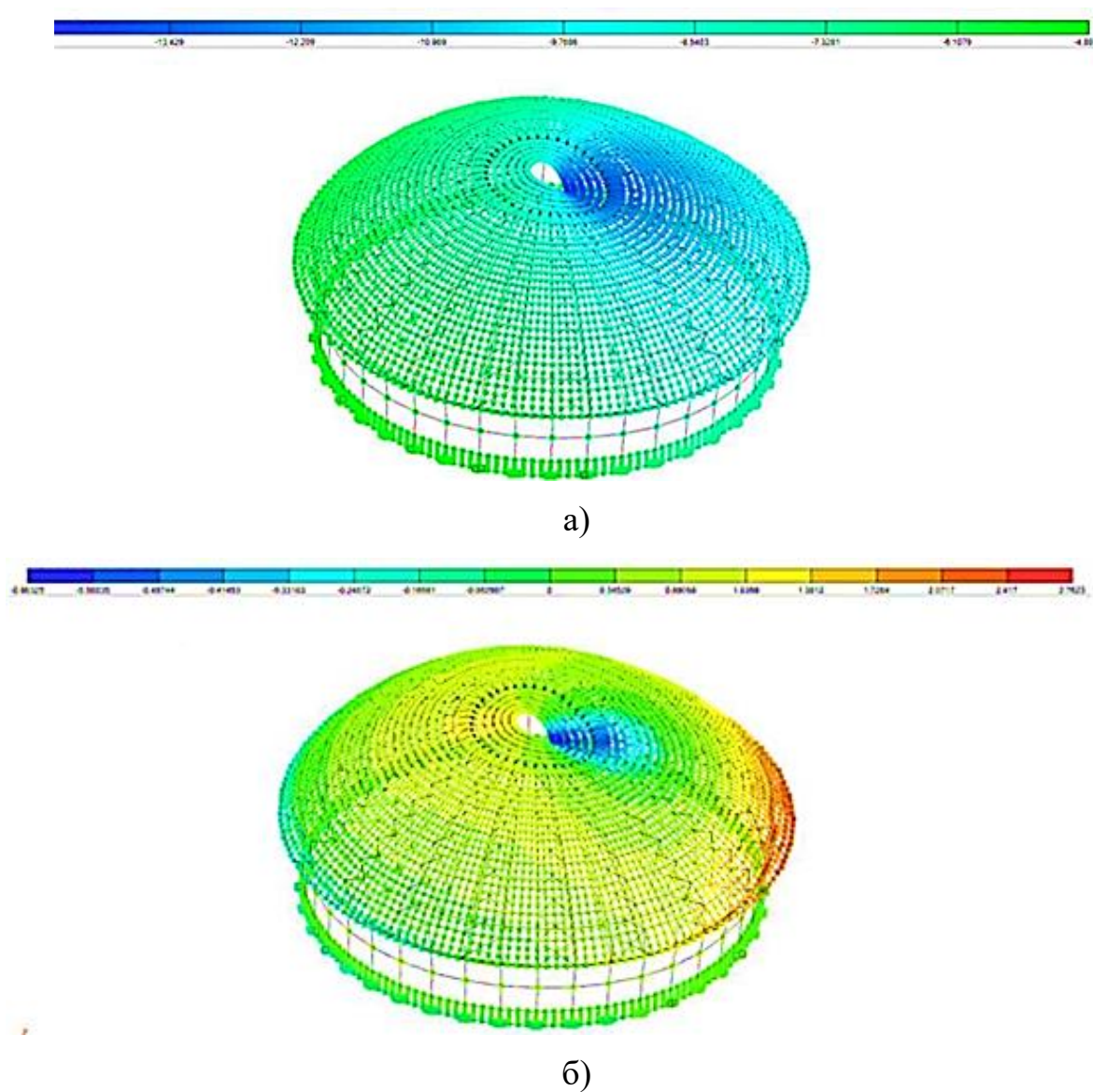
### 3.2 Аналіз отриманих результатів

На малюнках 3.3–3.4 наведено схеми деформації, вертикальні та горизонтальні переміщення



а) вертикальні переміщення; б) горизонтальні переміщення.

Рисунок 3.3 - Переміщення в поєднанні Постійні+Сніг $1+0,9$ \*Вітер спереду



а) вертикальні переміщення; б) горизонтальні переміщення.

Рисунок 3.4 - Переміщення в поєднанні Постійне+СнігЗ

Максимальні вертикальні переміщення становлять -14,65 мм, горизонтальні по осі X - 15,54 мм, по осі Y - 15,92 мм. У Відповідно до [3], максимальний допустимий прогин при прольоті 100 м становить  $300 = 100000/000 = 333$  мм.

Максимальне сумарне прискорення складає  $0,071 \text{ м/с}^2$ , що не перевищує граничної величини  $0,08 \text{ м/с}^2$ .

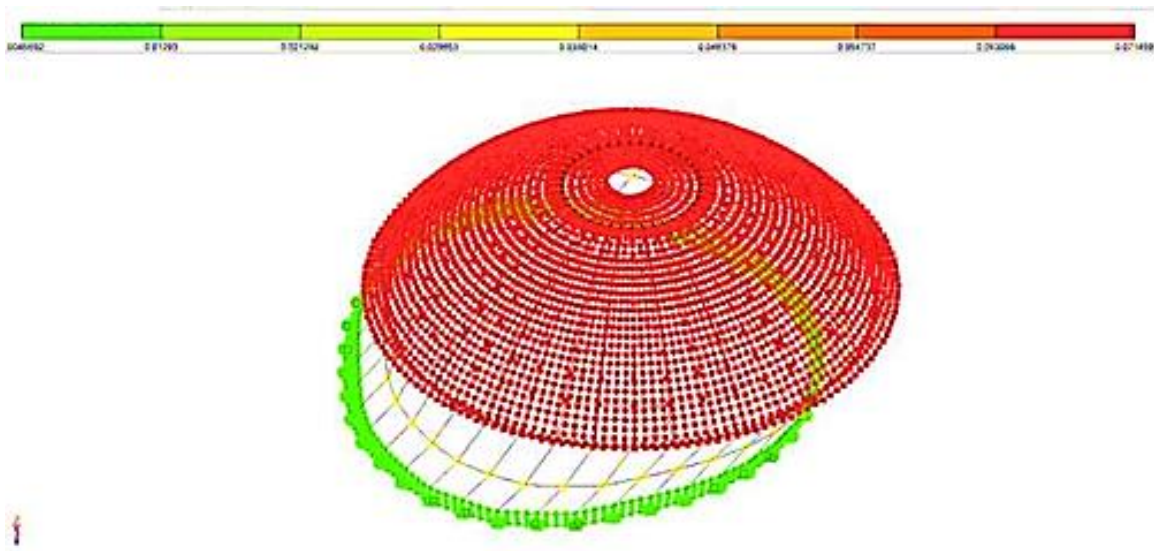


Рисунок 3.13 - Сумарне прискорення при вітровому впливі

Аналіз зусиль в елементах дерев'яного купола наведено у п.2.7-2.-10, у залізобетонних елементах в п 2.6 при розрахунку відповідних елементів.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### 4.1 Охорона праці

При роботі на об'єкті будівництва кількох організацій необхідно передбачити заходи по безпеці праці в відповідно з [24].

Все знову вступники робітники можуть бути допущені до роботи лише після проходження вступного інструктажу та первинного інструктажу на робочому місці з охорони праці незалежно від характеру та ступеня небезпеки виробництва. Усі види інструктажу та навчання з безпеки праці слід проводити та реєструвати відповідно.

Робітники, керівники, спеціалісти та службовці повинні бути забезпечені спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту.

Робочі місця та підходи до них повинні бути освітлені.

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

#### 4.1.1 Техніка безпеки при виконанні монтажних робіт

До самостійним верхолазним роботам допускаються особи не молодше 18 років, які мають професійну підготовку, пройшли вступний інструктаж та на робочому місці з охорони праці, медичний огляд та визнані придатними за станом здоров'я до цих видів робіт, що мають стаж верхолазних робіт не менше 1 року та тарифний розряд не нижче 3-го.

Не допускається виконувати монтажні роботи на висоті на відкритих місцях при швидкості вітру 15 м/с і більше при ожеледиці, грозі або тумані, що виключає видимість у межах фронту робіт.

З організацією робочого місця, розроблених у технологічних картах, ознайомити всіх працюючих, згідно з профілем виконуваних робіт, під розпис.

При виконанні будівельно-монтажних робіт передбачати технологічну послідовність виробничих операцій так, щоб попередня операція не була джерелом виробничої небезпеки під час виконання наступних.

Вантажозахоплювальні пристрої, стропи та інший інвентар повинні бути забезпечені бирками із зазначенням вантажопідйомності. Їх випробовують на подвійне навантаження щонайменше двічі на рік, за результатами огляду видають спеціальні паспорти.

На будівельному майданчику мають бути вивішені попереджувальні плакати та встановлено сигнальне та робоче освітлення. Усі робочі місця повинні бути освітлені у вечірні та нічні години.

Для руху людей на будівельному майданчику ширина проходів повинна бути не менше ніж 1 м, якщо по цих проходах не переносять вантажі, і не менше ніж 2 м, якщо переносять вантажі. У проходах, розташованих на укосах або косогорах з ухилом більше 20°, встановлюють драбини або драбини шириною не менше 0,3 м з односторонніми міцними поручнями заввишки 1 м.

Усі проходи та проїзди необхідно постійно очищати від сміття та будівельних матеріалів, а взимку від снігу та льоду та посипати піском, шлаком чи золою.

Майданчики для складування матеріалів повинні бути ретельно сплановані та вирівняні, а взимку очищені від снігу та льоду. Для видалення поверхневих вод необхідно влаштовувати водовідведення.

Вкладати і розбирати штабелі слід механізованим способом.

#### **4.1.2 Вимоги безпеки перед початком роботи**

Оглянути та надіти спецодяг, спец. взуття, каску, засоби індивідуального захисту, запобіжний пояс.

Перевірити стан робочого місця, наявність засобів підмащування, справність вантажозахоплювальних пристроїв, їх відповідність проекту виконання робіт, наявність та справність інструменту.

Переконатись у наявності знаків безпеки (сигнального огороження), що вказують на небезпечні зони біля будівлі та небезпечні зони поблизу місць переміщення вантажів кранами відповідно до ПВР.

Провести інструктаж із записом у журналі проведення інструктажів.

### **4.1.3 Вимоги безпеки при виконанні роботи**

На ділянці, де ведуться монтажні роботи, не допускається виконання інших робіт та перебування сторонніх осіб.

Стропування КДК слід проводити відповідно до проекту виконання робіт вантажозахоплювальними засобами.

Несучі ребра під час переміщення повинні утримуватися від розгойдування та обертання гнучкими відтяжками.

На монтажному майданчику повинен бути встановлений порядок обміну умовними сигналами між особою, що керує підйомом, та машиністом крана. У присутності стропальника перевіряється справність приладів безпеки крана. Усі сигнали подаються лише однією особою - бригадиром монтажної бригади, ланковим або стропальником. Сигнал "Стоп" подається будь-яким працівником, помітили небезпека. Машиніст крана повинен бути обізнаним, чийм командам він підпорядковується.

## **4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях**

### **4.2.1 Забезпечення пожежної безпеки**

При виконанні монтажних робіт слід дотримуватись вимог [22-23 ].

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

Кожен робітник повинен знати свої обов'язки у разі виникнення пожежі та її гасіння, вміти користуватися засобами пожежогасіння, швидко оповіщати

пожежну команду, користуючись засобами зв'язку.

Протипожежне обладнання повинне утримуватися у справному, працездатному стані. Проходи до протипожежного обладнання повинні бути завжди вільні та позначені відповідними знаками.

Усі електротехнічні установки після закінчення робіт необхідно вимикати, а кабелі та дроти знеструмлювати.

Сушіння одягу та взуття повинно проводитися у спеціально пристосованих для цих цілей приміщеннях, будинках чи спорудах з центральним водяним опаленням або із застосуванням водяних калориферів. Влаштування сушарок у тамбурах та інших приміщеннях, що розташовуються біля виходів з будівель, не допускається.

Не дозволяється накопичувати на будівельних майданчиках горючі речовини (жирні ганчірки, відходи пластмас та ін.), їх слід зберігати в закритих металевих контейнерах у безпечному місці.

Для куріння мають бути відведені спеціальні місця, обладнані скриньками, бочками з водою, ящиками з піском.

Для попередження пожеж необхідно суворо дотримуватись вимог протипожежної безпеки та регулярно проводити інструктаж працюючих.

#### **4.2.2 Забезпечення електробезпеки**

При виконанні робіт на виробничій території повинні дотримуватись вимог [23].

Влаштування та технічне обслуговування тимчасових та постійних електричних мереж на виробничій території слід здійснювати силами електротехнічного персоналу, який має відповідну кваліфікаційну групу з електробезпеки.

Світильники загального освітлення напругою 127 та 220 В повинні встановлюватися на висоті не менше ніж 2,5 м від підлоги. При висоті підвіски менше 2,5 м необхідно застосовувати світильники спеціальної конструкції або



використовувати напругу не вище 42 В. Живлення світильників напругою до 42 В повинно здійснюватися від понижувальних трансформаторів, машинних перетворювачів, акумуляторних батарей. Застосовувати для зазначених цілей автотрансформатори, дроселі та реостати забороняється. Корпуси понижувальних трансформаторів та їх вторинні обмотки повинні бути заземлені .

Застосовувати стаціонарні світильники як ручні забороняється. Слід користуватися ручними світильниками тільки промислового виготовлення .

Штепсельні розетки та вилки, що використовуються в мережах напругою до 42 В, повинні мати конструкцію, відмінну від конструкції розеток та вилок напругою понад 42 В.

### **4.2.3 Протипожежні заходи**

У в'їздів на будівельний майданчик повинні встановлюватися інформаційні щити з планами пожежного захисту з нанесеними будівлями та допоміжними будівлями та спорудами, в'їздами, під'їздами, місцезнаходженням водних джерел, засобів пожежогасіння та зв'язку.

На початок основних будівельних робіт на об'єкті має бути забезпечене протипожежне водопостачання від пожежного гідранту на водопровідній мережі. Для дотримання пожежної безпеки необхідно облаштувати місця для куріння, розмістити ящики з піском, встановити щити з протипожежним інвентарем (вогнегасники, багри, ломы, відра, сокира та лопата) та правил дії під час пожежі. Тимчасові побутові приміщення та склади мають бути оснащені вогнегасниками.

Призначаються посадові особи з-поміж інженерно-технічних працівників, відповідальні за пожежну безпеку будівельного об'єкта. Відповідальність за пожежну безпеку окремих ділянок будівництва, забезпечення первинними засобами пожежогасіння, їх справне утримання, а також за своєчасне виконання протипожежних заходів та дотримання протипожежних вимог чинних норм несуть начальники будівельних ділянок, робітники та інші посадові особи.

Усі працівники повинні допускатися до роботи лише після проходження

протипожежного інструктажу, а за зміни специфіки роботи проходити додаткове навчання щодо запобігання та гасіння можливих пожеж.

Під час проведення інструктажу необхідно ознайомити робітників з правилами пожежної безпеки, вимогами протипожежного режиму, встановленими для будівництва, а також з пожежною небезпекою, що застосовуються матеріалів, звернувши особливу увагу на причини пожеж (необережне поводження з вогнем, порушення правил при електрогазозварювальних роботах, недотримання правил при експлуатації електроустаткування, несправність електромереж тощо); навчити правилам та прийомам застосування первинних засобів пожежогасіння, негайного виклику пожежної охорони або збору добровільної пожежної дружини у разі виникнення пожежі.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи було спроектовано унікальну будівлю водного розважального комплексу з куполом із дерев'яних конструкцій прольотом 100 м у м. Стрий. Місткість складає 1500 осіб одноразово. Запроектовано приміщення вхідної групи, роздягальні, фітнес-студія, зона басейнів та гірок, зони СПА та відпочинку, буфет, адміністративні офісні приміщення, технічні та допоміжні приміщення.

У ході розробки проекту було прийнято основні архітектурні, об'ємно-планувальні та конструктивні рішення з урахуванням механічної, пожежної безпеки, безпеки для людей та навколишнього середовища, а також з урахуванням чинних нормативних документів у галузі будівництва. Спроектовано основні несучі дерев'яні та залізобетонні конструкції будівлі, а також розроблено вузлові рішення.

Виконано скінченно- елементне моделювання купольної системи водного розважального комплексу та обчислено величини горизонтальних та вертикальних переміщень.

Розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

## 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, 2003.
5. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд. К.: Мінрегіонбуд України, 2009.
6. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція будівель та енергоефективність.
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. 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)
12. 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.

13. 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.

14. Гомон, С., Матвіюк, О., Кулаковський, Л., & Черномаз, Н. (2022). ДО ПОБУДОВИ ПОВНИХ ДІАГРАМ ДЕФОРМУВАННЯ ДЕРЕВИНИ ВІЛЬХИ ТА ЯЛИНИ ЗА СТАНДАРТНОЇ ВОЛОГОСТІ. Містобудування та територіальне планування, (79), 87-92.

15. Ясній П.В., Гомон Св. Св. Динаміка зміни критичних деформацій деревини з різним показником вологості. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Рівне: НУВГП, 2021. Вип 40. С. 234 -241

16. Гомон, С. С., Гомон, С. С., Савицький, В. В., & Черномаз, Н. Ю. (2021). МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПОЧАТКОВОГО МОДУЛЯ ПРУЖНОСТІ ТА МОДУЛЯ ДЕФОРМАЦІЙ ДЕРЕВИНИ РІЗНОГО ВІКУ. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди, (40), 121-128.

17. Дзьоба, В., Стасюк, О., Данильченко, С. М., & Черномаз, Н. Ю. (2022). Дослідження роботи комбінованого каркасу із залізобетону та дерева багатоповерхової житлової будівлі при дії вітрового навантаження. Праці конференції Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої 70-річчю від дня народження член-кореспондента НАН України, проф. Яснія Петра Володимировича „Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій“, 49-50.

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

19. 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.

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

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

22. ДСТУ 2293–99 Охорона праці. Терміни та визначення основних

понять.

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