

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

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект залу для занять з водних видів спорту із дослідженням
дерев'яної арки покриття

Виконав: студент 6 курсу, групи МБмд-61
спеціальності

192. Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

Студент

(підпис)

Мардинавка В. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Чорномаз Н. Ю.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Мещерякова О. М.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Ясній В. П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Чубик В.Ф.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Ясній В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 2024 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)
студенту Мардинавці Володимиру Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект багатоповерхового мультифункціонального центру з дослідженням роботи каркасу

Керівник роботи Чорномаз Наталія Юріївна, к.т.н. доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 12 » 11 2024 року № 4/7-1093

2. Термін подання студентом завершеної роботи

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

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

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

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Мардинавка В. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Чорномаз Н. Ю.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ	8
1.1 Опис зовнішнього вигляду об'єкта капітального будівництва, опис та обґрунтування просторової, планувальної та функціональної організації об'єкта капітального будівництва	8
1.2 Обґрунтування прийнятих об'ємно-просторових та архітектурно-художніх рішень, зокрема в частині дотримання граничних параметрів дозволеного будівництва, реконструкції об'єкта капітального будівництва	8
1.3 Перелік заходів щодо забезпечення дотримання встановлених вимог енергетичної ефективності до архітектурних рішень, що впливають на енергетичну ефективність будівель, споруд (за винятком будівель, споруд, на які вимоги енергетичної ефективності не поширюються) ..	11
1.4 Опис та обґрунтування прийнятих архітектурних рішень, спрямованих на підвищення енергетичної ефективності об'єкта капітального будівництва ..	12
1.5 Опис та обґрунтування використаних композиційних прийомів під час оформлення фасадів та інтер'єрів об'єкта капітального будівництва	12
1.6 Опис архітектурних рішень, що забезпечують природне освітлення приміщень з постійним перебуванням людей	12
1.7 Опис архітектурно-будівельних заходів, що забезпечують захист приміщень від шуму, вібрації та іншого впливу	13
1.8 Обґрунтування номенклатури, компонування та площ приміщень основного, допоміжного, обслуговуючого призначення та технічного призначення - для об'єктів не виробничого призначення	13
РОЗДІЛ 2 КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ	14
2.1 Відомості про топографічні, інженерно-геологічні, гідрогеологічні, метеорологічні та кліматичні умови земельної ділянки, наданої для розміщення об'єкта капітального будівництва	14
2.2 Опис та обґрунтування конструктивних рішень будівель і споруд, включно з їхніми просторовими схемами, прийнятими під час виконання	

розрахунків будівельних конструкцій	15
2.2.1 Збір навантажень.....	15
2.2.2 Статичний розрахунок.....	35
2.3 Розрахунок дерев'яної ґратчастої арки покриття.....	37
2.3.1 Вузол кріплення АР4 до АР5	37
2.3.2 Розрахунок опорного вузла арки.....	42
РОЗДІЛ 3 НАУКОВО -ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	47
3.1 Перший етап	47
3.2 Другий етап.....	50
3.3 Висновки до розділу	54
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	55
4.1 Охорона праці.....	55
4.1.1 Перелік заходів і проектних рішень щодо визначення технічних засобів і методів роботи, які забезпечують виконання нормативних вимог охорони праці.....	56
4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях	62
4.2.1 Оцінка масштабу, розмірів втрат та інших наслідків можливої НС на будівельному об'єкті.....	62
ВИСНОВКИ	66
БІБЛІОГРАФІЯ	67

ВСТУП

Проектована будівля призначена для фізкультурно-оздоровчого плавання, навчально-тренувальних занять, а найголовніше - для проведення змагань із плавання, синхронного плавання, стрибків у воду та інших водних видів спорту.

Вибір дерева як основного матеріалу покриття обумовлений тим, що наразі в Україні набирає популярності будівництво великопрогонових будівель і споруд із застосуванням конструкцій з клеєної деревини. Дерев'яні конструкції є екологічними, економічними та мають естетичний вигляд (у більшості випадків не потребують додаткового оздоблення). Сучасні технології виробництва клеєних конструкцій значною мірою вивчені, є багатий досвід, накопичений вітчизняними підприємствами, але, на жаль, потужностей із випуску таких конструкцій недостатньо.

Таким чином проектована споруда дасть змогу в м. Харків не тільки розвинути спортивні школи плавання, для яких наразі об'єктів для занять недостатньо або вони зовсім відсутні, а й зробити крок у розвитку дерев'яних конструкцій.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи. Сучасні тенденції в галузі будівництва спортивних споруд значною мірою орієнтовані на використання екологічних, економічно ефективних і довговічних конструкцій. Водні види спорту, такі як плавання, водне поло, дайвінг чи аквааеробіка, потребують спеціалізованих приміщень із дотриманням високих стандартів комфорту, безпеки та енергоефективності.

Одним із важливих завдань сучасного будівництва є створення архітектурних форм, які забезпечують естетичну привабливість, функціональність і мінімальний екологічний вплив. У цьому контексті дерев'яні арочні конструкції є перспективним рішенням, адже вони поєднують міцність, довговічність та естетику з екологічністю і можливістю використання відновлюваних матеріалів.

Дослідження дерев'яних арок як конструктивного елемента покриття залу для занять водними видами спорту є актуальним через:

1. Екологічність матеріалів. Деревина є природним та відновлюваним матеріалом, що відповідає сучасним вимогам сталого розвитку.
2. Енергоефективність споруд. Дерев'яні конструкції мають хороші теплоізоляційні властивості, що сприяє зменшенню енергоспоживання.
3. Інноваційність конструктивних рішень. Використання дерев'яних арок дозволяє створювати складні архітектурні форми, що забезпечують унікальний дизайн будівель.
4. Популяризацію здорового способу життя. Будівництво таких об'єктів сприяє розвитку інфраструктури для занять спортом та залученню населення до активного дозвілля.
5. Технічну ефективність. Завдяки сучасним технологіям обробки деревини можливе збільшення її несучих властивостей, що дозволяє використовувати аркові конструкції для значних прольотів без додаткових опор.

Таким чином, дослідження та впровадження дерев'яних арок у проектуванні спортивних споруд, зокрема для занять водними видами спорту, відповідають актуальним запитам суспільства, екологічним викликам та інженерним інноваціям.

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

Метою кваліфікаційної роботи є розробка проєкту залу для занять з водних видів спорту із дослідженням дерев'яної арки покриття.

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

- розробити основні архітектурно-будівельні та конструктивні рішення залу для занять з водних видів спорту;
- розрахувати основні параметри несучих конструкцій відповідно до діючих навантажень;
- дослідити конструкцію дерев'яної арки покриття ;
- розробити основні рекомендації з охорони праці та цивільного захисту населення.

Об'єктом дослідження є дерев'яна арка покриття.

Предметом дослідження є вплив конструктивних параметрів дерев'яної арки покриття на напружено-деформівний стан.

Методи дослідження. У роботі використано моделювання несучих конструкцій громадської будівлі методом скінчених елементів в ПК ЛІРА-САПР.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у визначенні зусиль які виникають в елементах арки покриття.

Практичне значення отриманих результатів – це можливість виготовлення надійних та оптимальних аровних конструкцій покриття для приміщень громадського призначення.

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

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

Ключові слова: дерев'яні конструкції, скінчено-елементна модель, арка.

РОЗДІЛ 1

АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ

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

Об'єкт капітального будівництва - будівля палацу водних видів спорту в м. Харків.

Будівля призначена для проведення міжнародних змагань із плавання, стрибків у воду, водного поло та синхронного плавання, а також для надання послуг населенню - занять спортом, оздоровчих процедур.

Будівля заввишки 31,460 м, складної форми в плані, розмірами 162 м в осях 1-29 і 134,8 м в осях А-ДД, поділена на 5 блоків: А, Б, В, Г, Д.

Блок А - приміщення з чашами басейнів, склад чаш басейнів наведено в таблиці 1.1.

Блоки Б і В - блоки для спортсменів. Містять роздягальні, душові, спортивні зони (зали для підготовчих занять, тренажерні зали), зони обслуговування (каси, приміщення видачі інвентарю, допоміжні приміщення), зони очікування (холи), приміщення для зберігання реагентів, тренерські тощо. Блоки Г і Д - блоки для відвідувачів та адміністративних працівників. Містять зони очікування, допоміжні приміщення, кабінети, буфети тощо. Кожен блок має самостійні входи.

Рівень відповідальності будівлі – ССЗ [9]. Ступінь вогнестійкості будівлі - І [11].

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

Параметри та пропускна здатність ванн спортивних басейнів, прийняті згідно з [2], наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Параметри та пропускна здатність ванн спортивних басейнів

Призначення ванни	Розміри ванни, м		Пропускна здатність ванни за зміну, осіб
	довжина	ширина	
Плавання	50	21	96
Плавання/синхронне плавання	25	21	64
Плавання	25	11	34
Оздоровче плавання/МГН	6	16	18
Стрибки у воду	25	21	30
		Разом	242

У таблиці 1.2 наведено розрахунок площ основних приміщень.

Співвідношення місць у чоловічих і жіночих роздягальнях приймається 1:1.

Кількість тих, хто займається, приймаємо згідно з таблицею - 242 особи, кількість глядачів - 3500 осіб, кількість тренерів - 20, кількість чергових інструкторів - 2.

Таблиця 1.2 - Розрахунок площ основних приміщень

Приміщення	Од. вимірювання	Норма на од.	Разом
Приміщення роздягалень (чаша для плавання 50x21 м) Розрахунок зроблено для однієї роздягальні на 48 осіб, усього 2 - чоловіча та жіноча			
Роздягальні	На одну людину, м ²	2,1	100,8
Душові	1 сітка на 3 осіб		16
Передпокій при душовій	на одну душову сітку, м ²	0,3-0,5	4,8-8
Площа для сушарок для волосся	сушарок на 10 місць (на одну сушарку, м ²)	1 (1,3)	5 (6,5)
Унітазів	Ж: 1 на 30 осіб.		2
Приміщення роздягалень (чаша для плавання 25x21 м) Розрахунок зроблено для однієї роздягальні на 32 особи, всього 2 - чоловіча і жіноча			
Роздягальні	На одну людину, м ²	2,1	67,2
Душові	1 сітка на 3 осіб		11
Передпокій при душовій	на одну душову сітку, м ²	0,3-0,5	3,3-5,5
Площа для сушарок для волосся	сушарок на 10 місць (на одну сушарку, м ²)	1 (1,3)	4 (5,2)
Унітазів	Ж: 1 на 30 осіб.		2
Приміщення роздягалень (ванна для стрибків у воду) Розрахунок зроблено для однієї роздягальні на 15 осіб, усього 2 - чоловіча та жіноча			
Роздягальні	На одну людину, м ²	2,1	31,5

Продовження таблиці 1.2

Душові	1 сітка на 3 осіб		5
Передпокій при душовій	на одну душову сітку, м ²	0,3-0,5	1,5-2,5
Площа для сушарок для волосся	сушарок на 10 місць (на одну сушарку, м ²)	1 (1,3)	2 (2,6)
Унітазів	Ж: 1 на 30 осіб.		1
Приміщення роздягалень (чаша для плавання 25х11 м) Розрахунок зроблено для однієї роздягальні на 17 осіб, усього 2 - чоловіча та жіноча			
Роздягальні	На одну людину, м ²	2,1	35,7
Душові	1 сітка на 3 осіб		6
Передпокій при душовій	на одну душову сітку, м ²	0,3-0,5	1,8-3
Площа для сушарок для волосся	сушарок на 10 місць (на одну сушарку, м ²)	1 (1,3)	2 (2,6)
Унітазів	Ж: 1 на 30 осіб.		1
Приміщення роздягалень (чаша для МГН) Розрахунок зроблено для однієї роздягальні на 9 осіб, усього 2 - чоловіча та жіноча			
Роздягальні	На одну людину, м ²	2,1	18,9
Душові	1 сітка на 3 осіб		3
Площа для сушарок для волосся	сушарок на 10 місць (на одну сушарку, м ²)	1 (1,3)	1 (1,3)
Унітазів	Ж: 1 на 30 осіб.		1
Вихідна зона			
Гардеробна верхнього одягу (тих, хто займається)	На одну людину, м ²	0,1 (не менше 10)	14,8
Гардеробна верхнього одягу (відвідувачів)	На одну людину, м ²	0,15	525
Вестибюль (для відвідувачів)	На одну людину, м ²	0,2-0,3	700-1050
Контрольна зона			
Каса	-	не менше 4 2м	4
Реєстратура	-	не менше 6 2м	6
Зона приміщень персоналу			
Кімната першої медичної допомоги (чергової медсестри)	-	-	12 м ²
Тренерська (приміщення інструктора)	На одного викладача (чергового інструктора), м ²	2,5 м ² (8 м)2	25 м ² 8 м ²
Душова при тренерській	1 сітка на 3 осіб	-	М: 2; Ж: 2
Вбиральня при тренерській	Ж: 1 на 30 осіб. М: 1 (1) на 45 осіб	-	1 (1)
Зона додаткових приміщень			
Сауна	-	-	-

Продовження таблиці 1.2

Буфет	-	-	-
Зала підготовчих занять (загальна площа)	На одну людину, м ²	11,5 м ²	1702
Інвентарна	-	-	12 м ²
Масажний кабінет	-	-	-
Зона допоміжних приміщень			
Хімічна лабораторія	-	-	8-10 м ²
Приміщення для зберігання реагентів	-	-	6 м ²

У місцях виходу з душової на обхідні доріжки прийнято прохідні ножні душі довжиною 1,8 м, глибиною 0,1-0,15 м.

Для маломобільних громадян у роздягальнях передбачені блоки МГН. Також біля чаші басейну для МГН передбачена окрема роздягальня.

Склад хлору розміщувати біля зовнішньої стіни будівлі з відокремленням від інших приміщень огорожувальними конструкціями з вогнетривких матеріалів з межею вогнестійкості не менше 0,75 год. Приміщення хлораторної (хімічна лабораторія) і склад хлору мають окремий вихід на вулицю.

1.3 Перелік заходів щодо забезпечення дотримання встановлених вимог енергетичної ефективності до архітектурних рішень, що впливають на енергетичну ефективність будівель, будівель і споруд (за винятком будівель, будівель, споруд, на які вимоги енергетичної ефективності не поширюються)

У проєкті передбачено такі заходи:

- приміщення будівлі відокремлені від зовнішнього повітря конструкціями, опір теплопередачі яких не нижчий за нормований;
- влаштування повітряно-теплових завіс у тамбурах;
- застосування сучасних систем вентиляції та кондиціонування.

1.4 Опис та обґрунтування прийнятих архітектурних рішень, спрямованих на підвищення енергетичної ефективності об'єкта капітального будівництва

У частині вимог енергетичної ефективності у складі архітектурних рішень прийнято всі необхідні рішення потрібні, для визначення необхідних опорів теплопередачі та інших елементних вимог, визначення оптимальної товщини утеплювачів із кінцевою метою досягнення необхідної теплозахисної характеристики будівлі.

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

Архітектурно-художні рішення прийняті виходячи з умов застосування індустриальних будівельних технологій.

Фасад являє собою вентилявану фасадну систему для кріплення лінеарних стінових рифлених панелей під дерево.

Для забезпечення природного освітлення в деяких ділянках стін влаштовують вітражі з алюмінієвого профілю з двокамерним склопакетом.

Огорожа покрівлі виконана у вигляді металевих перил з нержавіючої сталі, пофарбованої в чорний колір.

Дашки виконані зі скла на металевому каркасі.

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

Природне освітлення виконано відповідно [10]. Гігієнічні нормативи та вимоги до забезпечення безпеки і (або) нешкідливості для людини факторів середовища існування.

Планування приміщень виконано з урахуванням норм природного

освітлення. У всіх приміщеннях, призначених для тривалого перебування людей, передбачено природне освітлення через вітражні системи.

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

Для захисту приміщень від шуму і вібрації проектом передбачаються такі заходи:

- застосування у вікнах двокамерних склопакетів;
- застосування підлог зі звукоізоляційним покриттям;
- застосування вікон і дверей з ущільненням у притворах;
- встановлення інженерного обладнання на віброоснові, встановлення шумоглушників на вентобладнання.

1.8 Обґрунтування номенклатури, компонування та площ приміщень основного, допоміжного, обслуговуючого призначення та технічного призначення - для об'єктів невиробничого призначення

Блок А - приміщення з чашами басейнів.

Блоки Б і В - блоки для спортсменів. Містять роздягальні, душові, спортивні зони (зали для підготовчих занять, тренажерні зали), зони обслуговування (каси, приміщення видачі інвентарю, допоміжні приміщення), зони очікування (холи), приміщення для зберігання реагентів, тренерські тощо.

Блоки Г і Д - блоки для відвідувачів та адміністративних працівників. Містять зони очікування, допоміжні приміщення, кабінети, буфети тощо.

РОЗДІЛ 2

КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ

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

Об'єкт будівництва - палац водних видів спорту в м. Харків. Характеристики району будівництва наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Характеристика району будівництва

Параметр	Значення
Середньорічна температура повітря	1,3 °С
Абсолютна максимальна температура	28 °С
Середня максимальна температура найбільш теплого місяця	25,1 °С
Абсолютна мінімальна температура повітря	мінус 23 °С
Температура найбільш холодної доби забезпеченістю 0,98	мінус 21 °С
Температура найбільш холодної п'ятиденки забезпеченістю 0,98	мінус 29 °С
Тривалість періоду із середньодобовою температурою нижче 0 °С	169 діб.
середня температура зовнішнього повітря в цей період	мінус 10,7 °С
Тривалість періоду із середньодобовою температурою нижче +8 °С	134 доби.
середня температура зовнішнього повітря в цей період	мінус 6,6 °С
Тривалість періоду із середньою добовою температурою повітря ≤10 °С	151 доба.
середня температура зовнішнього повітря в цей період	мінус 5,5°С
Кількість опадів за листопад - березень	112 мм
Добовий максимум опадів	97мм
Переважаючий напрямок вітрів за грудень-лютий	ПнЗ
Переважаючий напрямок вітрів за червень-серпень	ПнЗ
Район за впливом клімату на технічні вироби та матеріали	ІІ
Кліматичний район для будівництва	І В
Сейсмічність майданчика будівництва	6 балів
Сніговий район	V
Нормативне снігове навантаження на 1м ² поверхні землі	1,5 кПа
Вітровий район	ІІ
Нормативне значення вітрового тиску	0,45 кПа

2.2 Опис та обґрунтування конструктивних рішень будівель і споруд, включно з їхніми просторовими схемами, прийнятими під час виконання розрахунків будівельних конструкцій

2.2.1 Збір навантажень

Розрахунок проводиться в ПК SCAD++. Розрахункову схему представлено на рисунку 2.1.

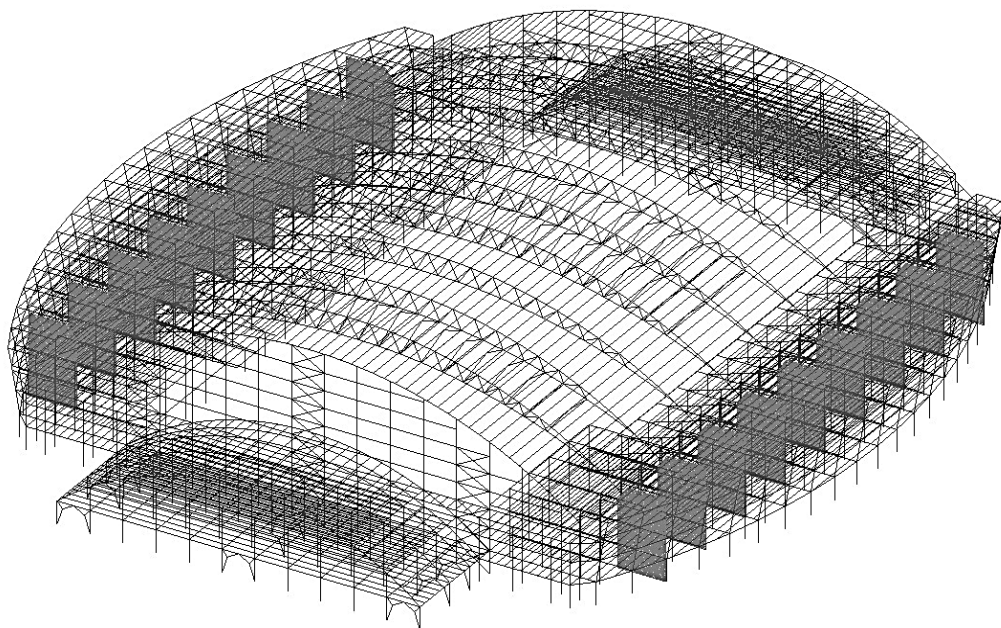


Рисунок 2.1 - Розрахункова схема будівлі, задана в ПК SCAD

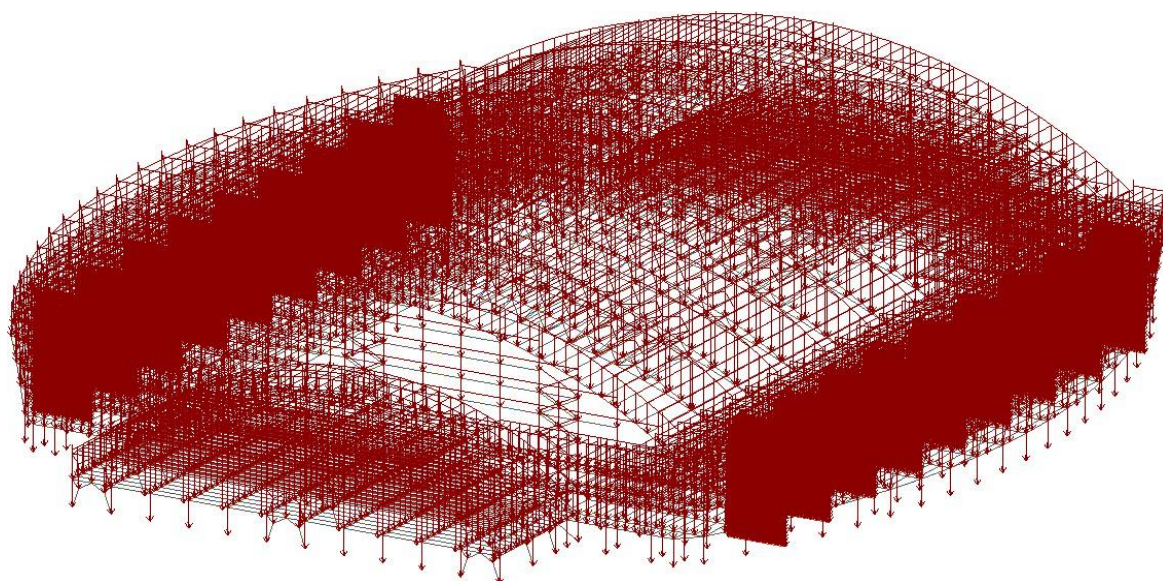


Рисунок 2.2 - Навантаження від власної ваги конструкцій

2) Навантаження від конструкцій перекриття та підлог представлено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Навантаження від конструкцій перекриття та підлог

Вид навантаження	Нормативне навантаження, кН/м ²	Коефіцієнт надійності	Розрахункове навантаження, кН/м ²
1) Сталевий профільований настил Н60-845-0,8	0,084	1,05	0,088
2) 3/6 плита перекриття	2,9	1,1	3,19
3) Шар звукоізоляційний	0,02	1,3	0,026
4) Стяжка з ЦПР М150	0,6	1,3	0,78
5) Плитка керамічна	0,16	1,3	0,208
Разом	3,76		4,29

Постійні навантаження.

1) Власна вага.

Навантаження від власної ваги будівлі збирається автоматично згідно із заданими жорсткостями (рисунок 2.2).

Розрахункові значення навантаження P , кН/м, на другорядні балки від ваги плити перекриття і підлог визначаються за формулою

$$P = q \cdot a, \quad (2.1)$$

де q - повне розрахункове навантаження,

a - крок конструкцій.

$$P = 4,29 \cdot 1,5 = 6,44 \text{ кН/м.}$$

На крайні другорядні балки діє навантаження в 2 рази менше -3,22 кН/м.

Навантаження на прогони від ваги покрівлі наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Навантаження від ваги покриття

Вид навантаження	Нормативне значення кН/м ²	Коефіцієнт надійності за навантаженням γ_f	Розрахункове значення, Н/м ²
Вага покриття:			
1) Сталевий профільований настил	0,084	1,05	0,088
2) Теплоізоляція - 150 мм	0,195	1,2	0,234
3) Пароізоляція 80 г/м ²	0,001	1,2	0,0012
4) ПВХ мембрана	0,006	1,2	0,007
		Разом	0,33

Розрахункові значення навантаження P , кН/м, на прогони покриття визначаються за формулою (2.1)

$$P = 0,33 \cdot 2 = 0,66 \text{ кН/м.}$$

На крайні прогони діє навантаження в 2 рази менше - 0,33 кН/м.

Розрахункові значення навантаження P , кН/м, на другорядні балки покриття визначаються за формулою (2.1)

$$P = 0,33 \cdot 1,5 = 0,5 \text{ кН/м.}$$

На крайні прогони діє навантаження в 2 рази менше - 0,25 кН/м.

Навантаження на колони каркаса P , кН/м, від вітражного скління визначається за формулою (2.2):

$$P = q_n \cdot \gamma_f \cdot a \quad (2.2)$$

де q_n - нормативне навантаження,

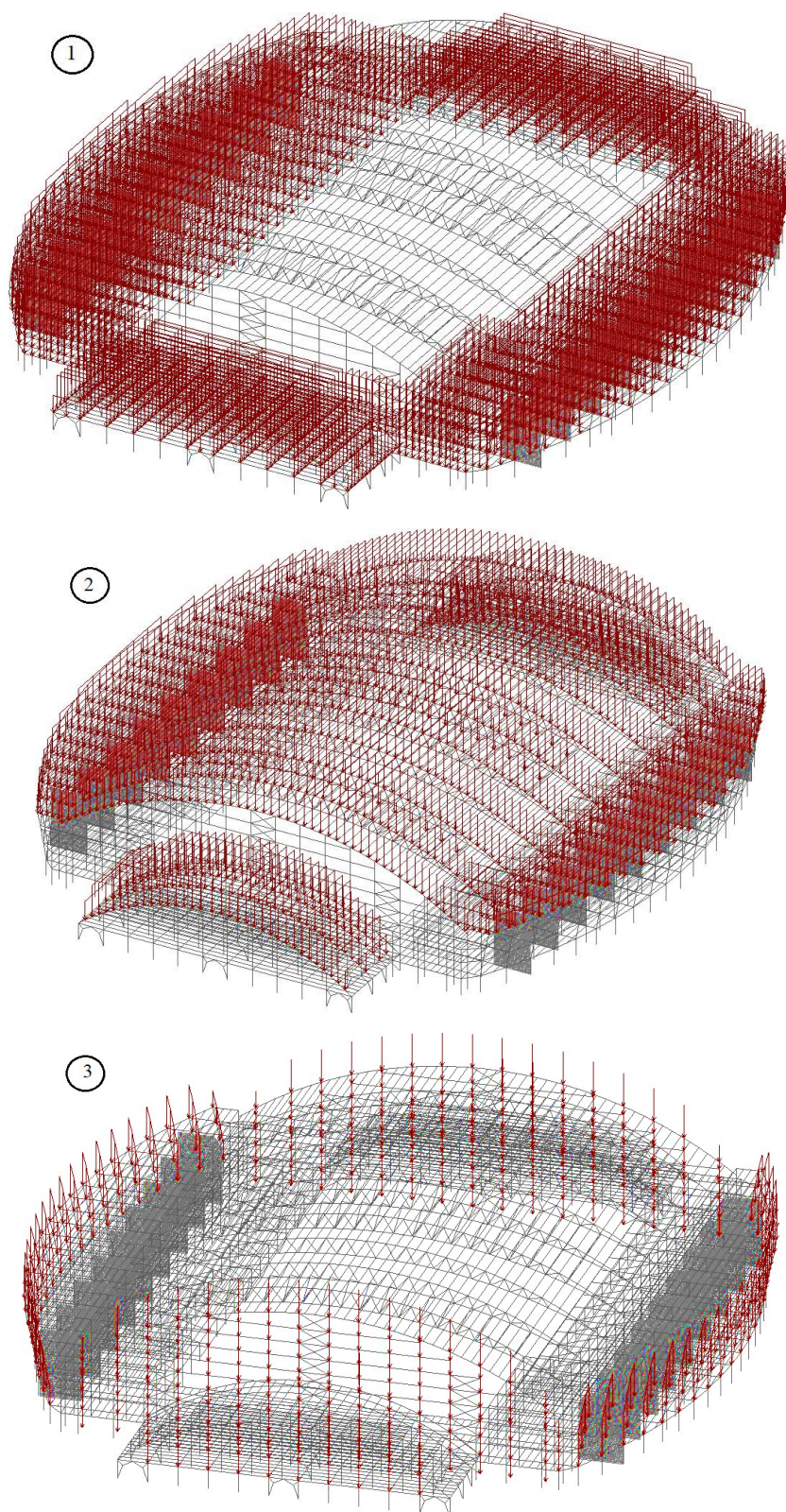
a - крок конструкцій,

γ_f - коефіцієнт надійності за навантаженням.

$$P = 0,45 \cdot 1,25 \cdot 6 = 3,38 \text{ кН/м.}$$

На крайні колони діє навантаження в 2 рази менше - 1,69 кН/м.

Схеми завантаження постійними навантаженнями показано на рисунку 2.3.



1 - навантаження від конструкцій перекриттів і підлог; 2 - навантаження від ваги покрівлі; 3 - навантаження від вітражного скління.

Рисунок 2.3 - Схеми завантаження постійними навантаженнями

Короткочасні навантаження.

Навантаження від ваги трибун згідно з [10] становить 4 кН/м^2 . Розрахункове навантаження згідно з формулою (2.2)

$$P = 4 \cdot 1,2 \cdot 6 = 28,8 \text{ кН/м.}$$

Схему прикладання навантажень від ваги трибун представлено на рисунку 2.4.

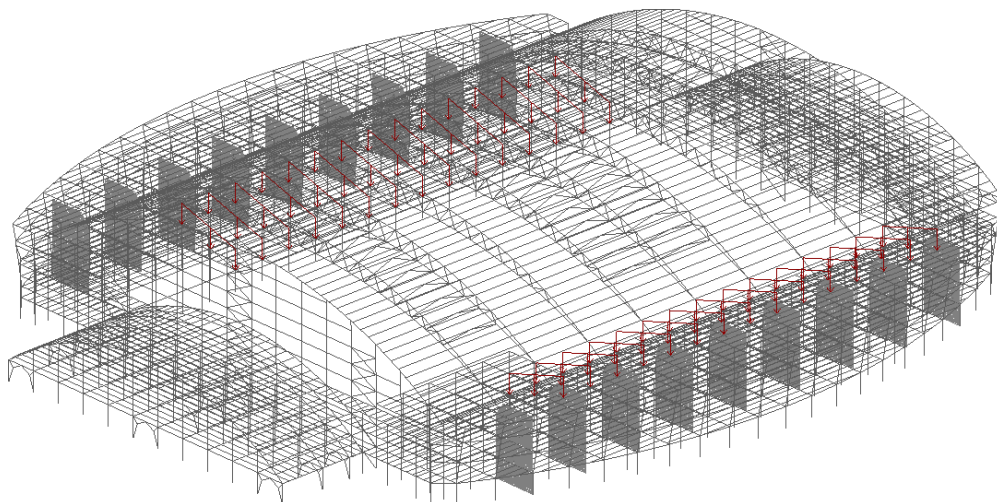


Рисунок 2.4 - Схема прикладання навантажень від ваги трибун

Навантаження на перекриття в зоні адміністративних кабінетів, технічних поверхів приймаємо згідно з [10] 2 кН/м^2 .

Розрахункове навантаження згідно з формулою (2.2)

$$P = 2 \cdot 1,2 \cdot 1,5 = 3,6 \text{ кН/м.}$$

Схеми прикладання навантажень у зоні адміністративних кабінетів, технічних поверхів подано на рисунках 2.5 і 2.6.

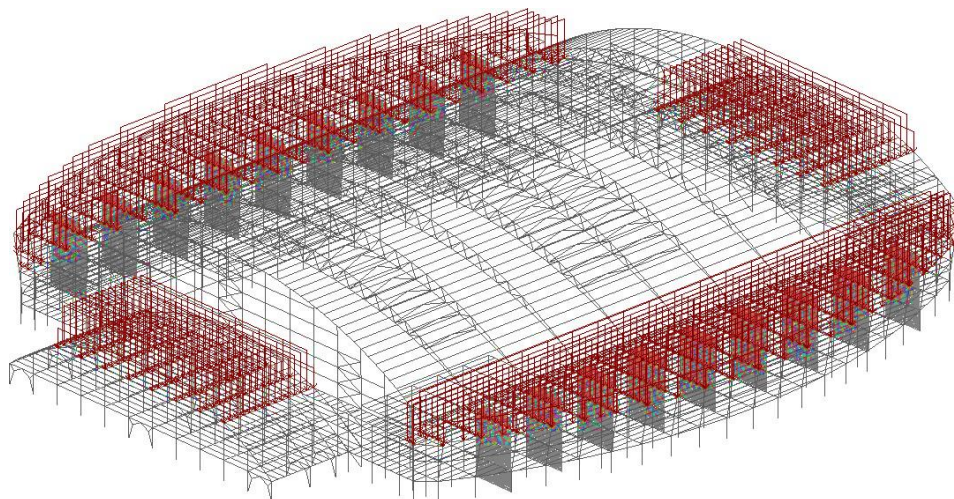


Рисунок 2.5 - Схема прикладання навантажень у зоні адміністративних кабінетів

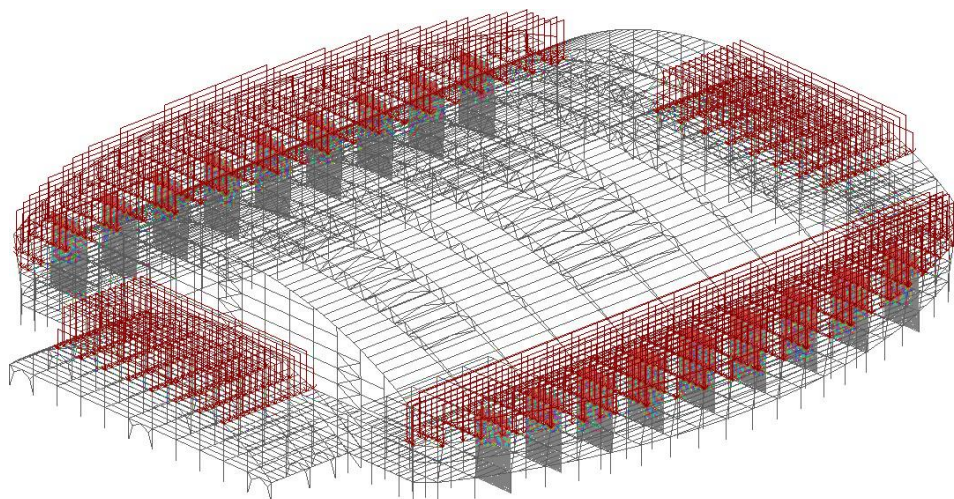


Рисунок 2.6 - Схеми прикладання навантажень у зоні технічних поверхів

Навантаження на перекриття в зоні очікування приймаємо згідно з [10] 4 кН/м².

Розрахункове навантаження згідно з формулою (2.2)

$$P = 4 \cdot 1,2 \cdot 1,5 = 7,2 \text{ кН/м.}$$

Для крайніх конструкцій навантаження зменшено у 2 рази.

Схему прикладання навантажень у зонах очікування представлено на рисунку 2.7.

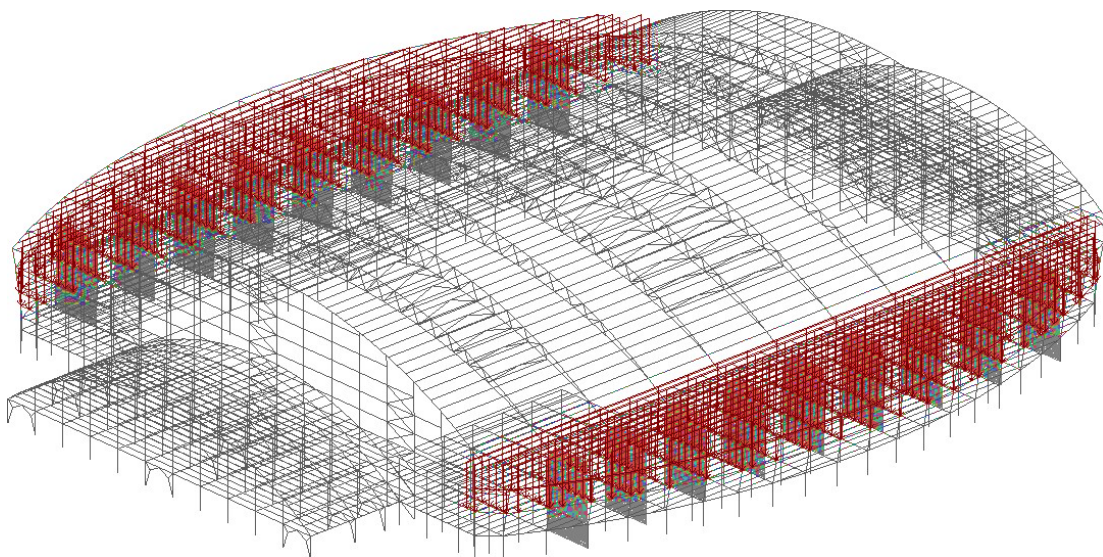


Рисунок 2.7 - Схема прикладання навантажень у зоні очікування

Снігове навантаження на аркове покриття (блок А).

Нормативне значення снігового навантаження S_0 , кН/м^2 , на горизонтальну проекцію покриття, визначається за формулою

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

де c_e - коефіцієнт, що враховує знесення снігу з покриттів будівель під дією вітру або інших чинників, який приймають відповідно до 10.5-10.9 [10];

c_t - термічний коефіцієнт, що приймається відповідно до 10.10 [10];

S_g - нормативне значення ваги снігового покриву на 1м^2 горизонтальної поверхні землі, що приймається відповідно до 10.2 [10];

μ - коефіцієнт переходу від ваги снігового покриву землі до снігового навантаження на покриття, що приймається відповідно до 10.4 [10], для будівель зі склепінчастими і близькими до них за обрисом покриттями (рисунок 3.8) розраховується за формулами

$$\mu_1 = \cos(1,5\alpha), \quad (2.4)$$

$$\mu_2 = 2 \sin(3\alpha). \quad (2.5)$$

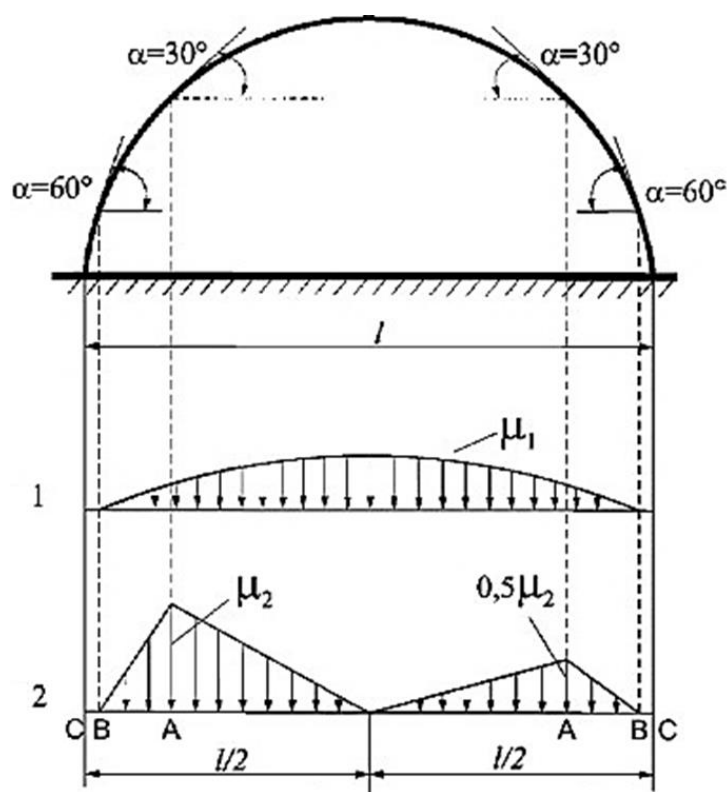


Рисунок 2.8 - Схема розподілу коефіцієнта μ [10]

Приймаємо: $c_e = 1$, $c_t = 1$, $S_g = 1,35$ кПа.

Розрахунки для різних точок арки зведемо в таблицю 2.4 для першого варіанта і в таблицю 3.5 для другого варіанта.

У таблицях 2.4 і 2.5 a - крок точок, b - крок арок.

На рисунку 2.9 представлено схему розташування точок прикладання снігового навантаження.

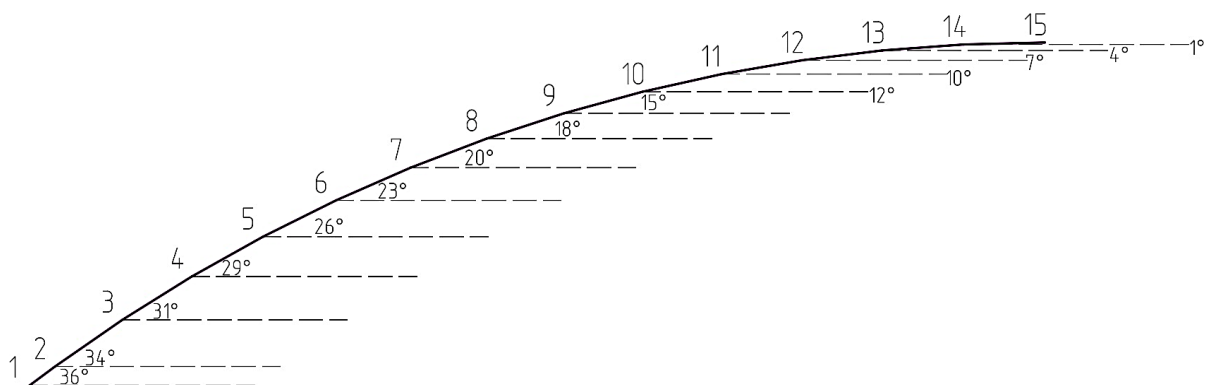


Рисунок 2.9 - Схема розташування точок прикладання снігового навантаження

Таблиця 2.4 - Нормативне снігове навантаження (1 варіант)

№ точки	Ухил, град	μ_1	S_0 , кН/м ²	a , м	b , м	P, кН
1	36	0,588	0,794	0,78	12	7,43
2	34	0,629	0,849	2,78	12	28,32
3	31	0,688	0,929	4	12	44,59
4	29	0,725	0,979	4	12	46,99
5	26	0,777	1,049	4	12	50,35
6	23	0,824	1,112	4	12	53,38
7	20	0,866	1,169	4	12	56,11
8	18	0,891	1,203	4	12	57,74
9	15	0,924	1,247	4	12	59,86
10	12	0,951	1,284	4	12	61,63
11	10	0,966	1,304	4	12	62,59
12	7	0,983	1,327	4	12	63,7
13	4	0,995	1,343	4	12	64,46
14	1	1	1,35	4	12	64,8
15	0	1	1,35	4	12	64,8

Таблиця 2.5 - Нормативне снігове навантаження (2 варіант)

№ точки	Ухил, град	μ_2	S_0 , кН/м ²	a , м	b , м	P, кН	$0, 5\mu_2$	S_0 , кН/м ²	a , м	b , м	P, кН
		Зліва					Справа				
1	36	1,902	2,568	0,78	12	24,04	0,951	1,284	0,78	12	12,02
2	34	1,956	2,641	2,78	12	88,1	0,978	1,32	2,78	12	44,04
3	31	1,998	2,697	4	12	129,46	0,999	1,349	4	12	64,75
4	29	1,998	2,697	4	12	129,46	0,999	1,349	4	12	64,75
5	26	1,956	2,641	4	12	126,77	0,978	1,32	4	12	63,36
6	23	1,868	2,522	4	12	121,06	0,934	1,261	4	12	60,53
7	20	1,732	2,338	4	12	112,22	0,866	1,169	4	12	56,11
8	18	1,618	2,184	4	12	104,83	0,809	1,092	4	12	52,42
9	15	1,414	1,909	4	12	91,63	0,707	0,954	4	12	45,79
10	12	1,176	1,588	4	12	76,22	0,588	0,794	4	12	38,11
11	10	1	1,35	4	12	64,8	0,5	0,675	4	12	32,4
12	7	0,716	0,967	4	12	46,42	0,358	0,483	4	12	23,18
13	4	0,416	0,562	4	12	26,98	0,208	0,281	4	12	13,49
14	1	0,104	0,14	4	12	6,72	0,052	0,07	4	12	3,36
15	0	0	0	4	12	0	0	0	4	12	0

Схеми прикладання снігових навантажень для двох варіантів представлено на рисунках 2.10 і 2.11.

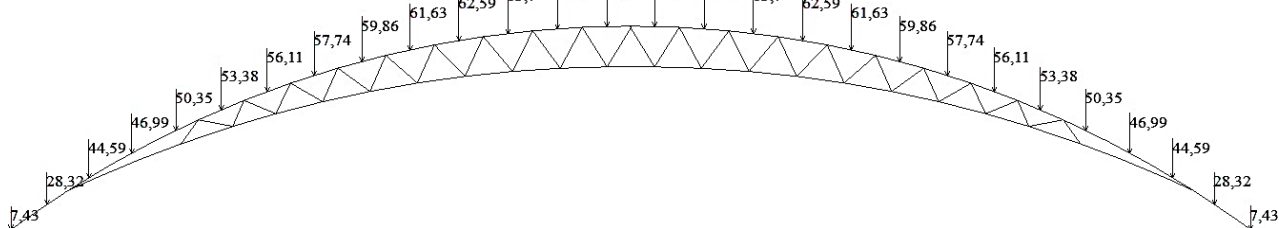


Рисунок 2.10 - Схема прикладання снігового навантаження (варіант 1)

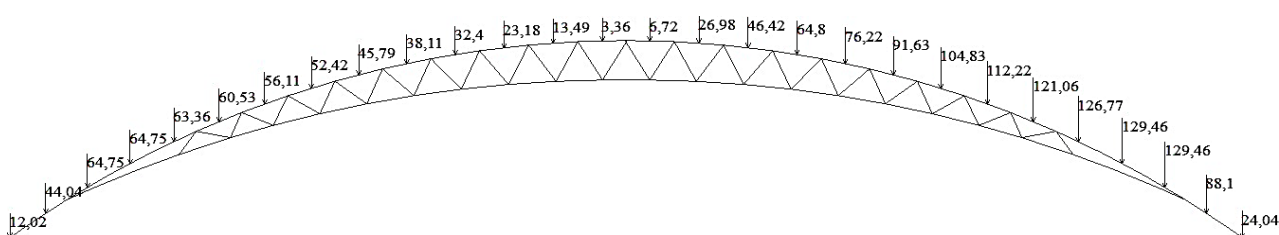


Рисунок 2.11 - Схема прикладання снігового навантаження (варіант 2)

5) Снігове навантаження на аркове покриття (блок Г і Д).

Схему розташування арок для блоків Г і Д наведено на рисунку 2.12. Оскільки арки не мають регулярного кроку, розраховуємо снігове навантаження на кожну арку окремо. Снігове навантаження на арку №1 і №2 задається частково у зв'язку з тим, що арки перекриває плоска покрівля.

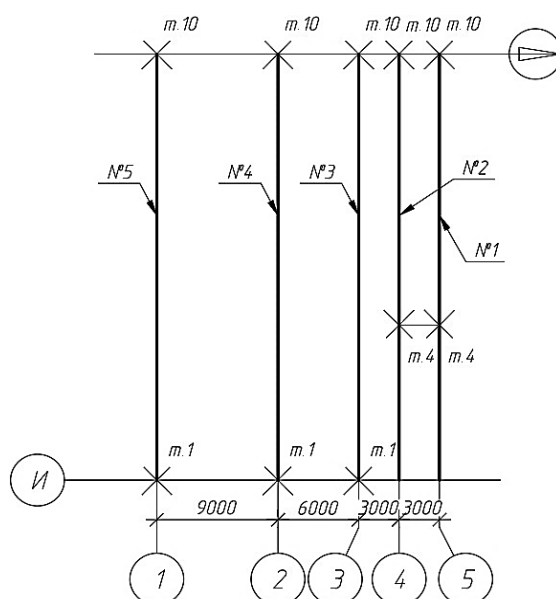


Рисунок 2.12 - Схема розташування аркових конструкцій блоку Г і Д

Розрахунки для різних точок арки зведемо в таблицю 2.6, 2.8, 2.10 для першого варіанта і в таблицю 2.7, 2.9, 2.11 для другого варіанта.

У таблицях 2.6 і 2.7 a - крок точок, b - крок арок.

Схема розташування точок снігового навантаження - рисунок 2.13.

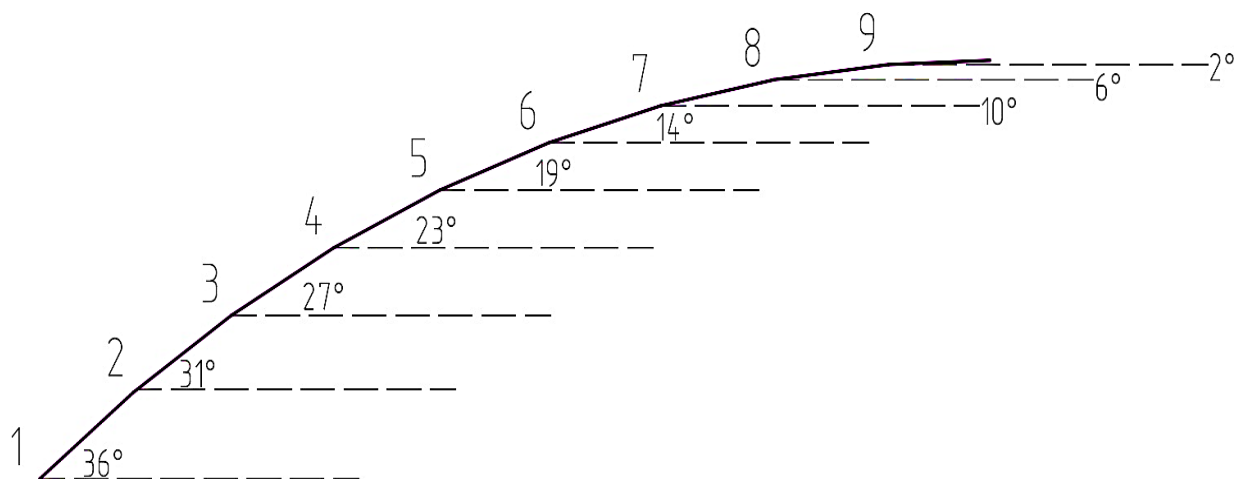


Рисунок 2.13 - Схема розташування точок прикладання снігового навантаження

Таблиця 2.6 - Нормативне снігове навантаження (1 варіант) на арку №2

№ точки	Ухил, град	μ_1	S_0 , кН/м ²	a , м	b , м	P , кН
4	23	0,824	1,112	2	3	6,67
5	19	0,879	1,187	4	3	14,24
6	14	0,934	1,261	4	3	15,13
7	10	0,966	1,304	4	3	15,65
8	6	0,988	1,334	4	3	16,01
9	2	0,999	1,349	4	3	16,19
10	0	1	1,35	3	3	12,15

Таблиця 2.7 - Нормативне снігове навантаження (2 варіант) на арку №2

№ точки	Ухил, град	μ_2	S_0 , кН/м ²	a , м	b , м	P , кН	$0,5 \mu_2$	S_0 , кН/м ²	a , м	b , м	P , кН
		Зліва					Справа				
4	23	1,868	2,522	2	3	15,13	0,934	1,261	2	3	7,57
5	19	1,678	2,265	4	3	27,18	0,839	1,133	4	3	13,60
6	14	1,338	1,806	4	3	21,67	0,669	0,903	4	3	10,84
7	10	1	1,35	4	3	16,20	0,5	0,675	4	3	8,10
8	6	0,618	0,834	4	3	10,01	0,309	0,417	4	3	5,00
9	2	0,21	0,284	4	3	3,41	0,105	0,142	4	3	1,70
10	0	0	0	3	3	0,00	0	0	3	3	0,00

Нормативне навантаження на арку №1 приймається вдвічі меншим, ніж на арку № 2.

Таблиця 2.8 - Нормативне снігове навантаження (1 варіант) на арку №3, 5

№ точки	Ухил, град	μ_1	S_0 , кН/м ²	a , м	b , м	P, кН
1	36	0,588	0,794	2	4,5	7,15
2	31	0,688	0,929	4	4,5	16,72
3	27	0,76	1,026	4	4,5	18,47
4	23	0,824	1,112	4	4,5	20,02
5	19	0,879	1,187	4	4,5	21,37
6	14	0,934	1,261	4	4,5	22,7
7	10	0,966	1,304	4	4,5	23,47
8	6	0,988	1,334	4	4,5	24,01
9	2	0,999	1,349	4	4,5	24,28
10	0	1	1,35	3	4,5	18,23

Таблиця 2.9 - Нормативне снігове навантаження (2 варіант) на арку №3, 5

№ точки	Ухил, град	μ_2	S_0 , кН/м ²	a , м	b , м	P, кН	$0, 5\mu_2$	S_0 , кН/м ²	a , м	b , м	P, кН
		Зліва					Справа				
1	36	1,902	2,568	2	4,5	23,11	0,951	1,284	2	4,5	11,56
2	31	1,998	2,697	4	4,5	48,55	0,999	1,349	4	4,5	24,28
3	27	1,976	2,668	4	4,5	48,02	0,988	1,334	4	4,5	24,01
4	23	1,868	2,522	4	4,5	45,40	0,934	1,261	4	4,5	22,7
5	19	1,678	2,265	4	4,5	40,77	0,839	1,133	4	4,5	20,39
6	14	1,338	1,806	4	4,5	32,51	0,669	0,903	4	4,5	16,25
7	10	1	1,35	4	4,5	24,30	0,5	0,675	4	4,5	12,15
8	6	0,618	0,834	4	4,5	15,01	0,309	0,417	4	4,5	7,51
9	2	0,21	0,284	4	4,5	5,11	0,105	0,142	4	4,5	2,56
10	0	0	0	3	4,5	0,00	0	0	3	4,5	0

Таблиця 2.10 - Нормативне снігове навантаження (1 варіант) на арку №4

№ точки	Ухил, град	μ_1	S_0 , кН/м ²	a , м	b , м	P, кН
1	36	0,588	0,794	2	7,5	11,91
2	31	0,688	0,929	4	7,5	27,87
3	27	0,76	1,026	4	7,5	30,78
4	23	0,824	1,112	4	7,5	33,36
5	19	0,879	1,187	4	7,5	35,61
6	14	0,934	1,261	4	7,5	37,83
7	10	0,966	1,304	4	7,5	39,12
8	6	0,988	1,334	4	7,5	40,02
9	2	0,999	1,349	4	7,5	40,47
10	0	1	1,35	3	7,5	30,375

Таблиця 2.11 - Нормативне снігове навантаження (2 варіант) на арку №4

№ точки	Ухил, град	μ_2	S_0 , кН/м ²	a , м	b , м	P , кН	$0, 5\mu_2$	S_0 , кН/м ²	a , м	b , м	P , кН
		Зліва					Справа				
1	36	1,902	2,568	2	7,5	38,52	0,951	1,284	2	7,5	19,26
2	31	1,998	2,697	4	7,5	80,91	0,999	1,349	4	7,5	40,47
3	27	1,976	2,668	4	7,5	80,04	0,988	1,334	4	7,5	40,02
4	23	1,868	2,522	4	7,5	75,66	0,934	1,261	4	7,5	37,83
5	19	1,678	2,265	4	7,5	67,95	0,839	1,133	4	7,5	33,99
6	14	1,338	1,806	4	7,5	54,18	0,669	0,903	4	7,5	27,09
7	10	1	1,35	4	7,5	40,50	0,5	0,675	4	7,5	20,25
8	6	0,618	0,834	4	7,5	25,02	0,309	0,417	4	7,5	12,51
9	2	0,21	0,284	4	7,5	8,52	0,105	0,142	4	7,5	4,26
10	0	0	0	3	7,5	0,00	0	0	3	7,5	0

Схеми прикладання снігових навантажень на аркове покриття блоків Г і Д у двох варіантах представлено на рисунках 2.14, 2.15.

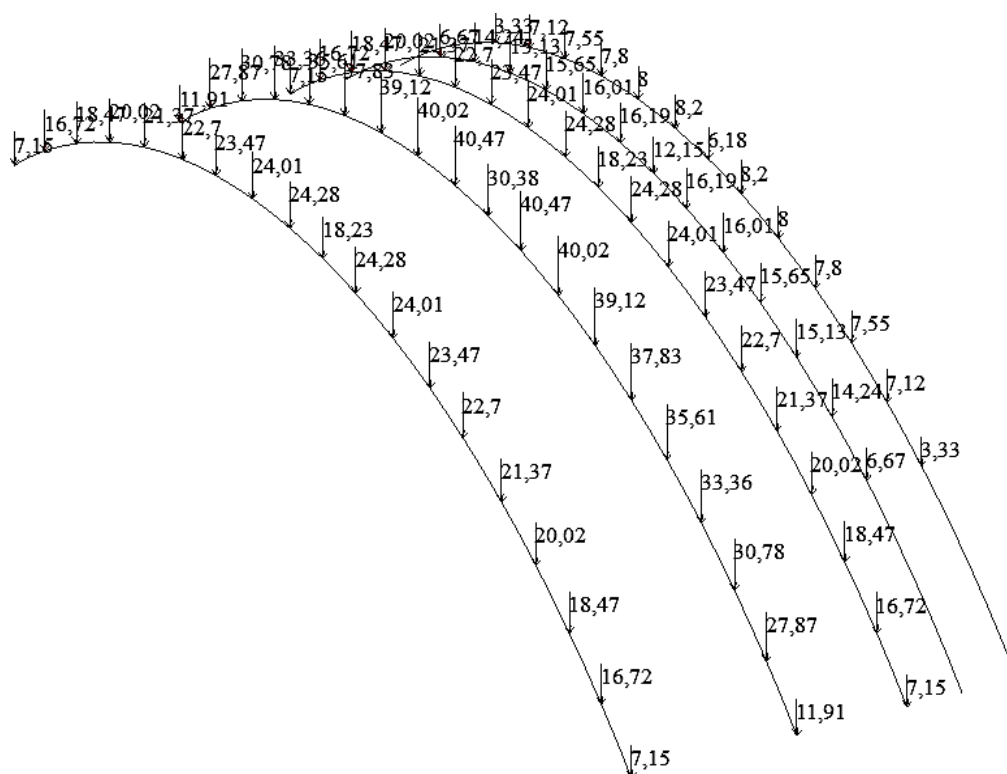


Рисунок 2.14 - Схема прикладання снігових навантажень на аркове покриття блоків Г і Д (варіант 1)

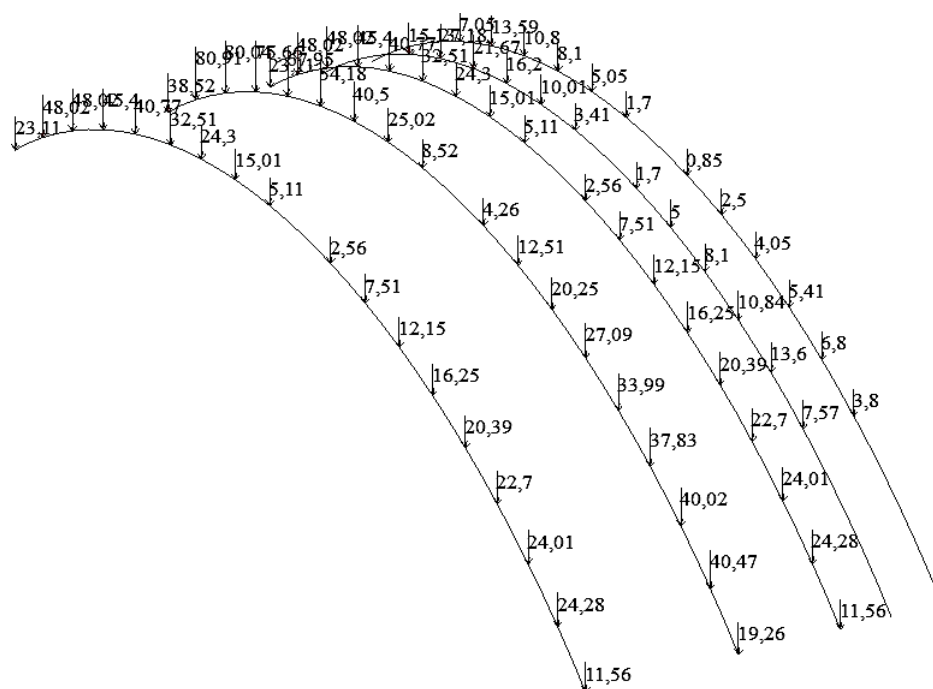


Рисунок 2.15 - Схема прикладання снігових навантажень на аркове покриття блоків Г і Д (варіант 2)

б) Снігове навантаження (блок Б і В)

Нормативне значення снігового навантаження на будівлю з односхилим покриттям визначаємо за формулою (2.3)

$$S_0 = 1,04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,35 = 1,4 \text{ кН/м}^2,$$

де c_e визначається за формулою

$$c_e = (1,4 - 0,4 \cdot \sqrt{k}) \cdot (0,8 + 0,002 \cdot l_c), \quad (2.6)$$

де k - коефіцієнт висоти, приймається згідно з [10];

l_c - характерний розмір покриття, визначається за формулою

$$l_c = 2 \cdot b - \frac{b^2}{l}, \quad (2.7)$$

де b - найменший розмір покриття в плані, м;

l - найбільший розмір покриття в плані, м.

$$l_c = 2 \cdot 38 - \frac{38^2}{127,5} = 64,67 \text{ м},$$

$$c_e = (1,4 - 0,4 \cdot \sqrt{0,475}) \cdot (0,8 + 0,002 \cdot 64,67) = 1,04.$$

Для крайніх балок навантаження зменшено у 2 рази.

7) Снігове навантаження (частково для переходів із блоків Г і Д у блоки Б і В). Розраховується аналогічно пункту 6 за формулами (2.3), (2.6), (2.7)

$$S_0 = 0,928 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,35 = 1,25 \text{ кН/м}^2$$

$$l_c = 2 \cdot 3,5 - \frac{3,5^2}{20} = 6,38 \text{ м},$$

$$c_e = (1,4 - 0,4 \cdot \sqrt{0,415}) \cdot (0,8 + 0,002 \cdot 6,38) = 0,928.$$

Схему прикладання снігового навантаження представлено на рисунку 2.16.

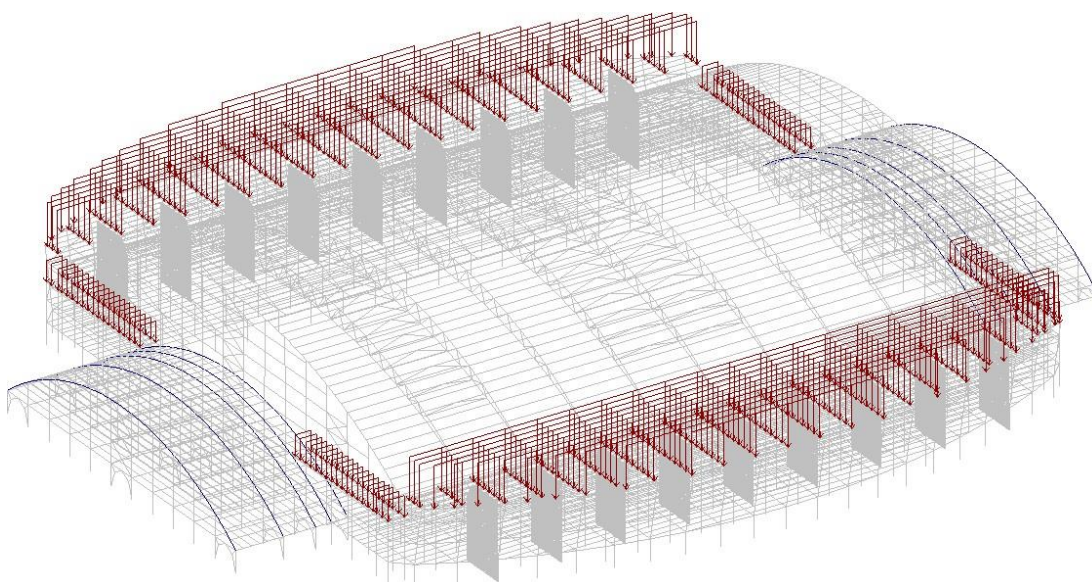


Рисунок 2.16 - Схема прикладання снігового навантаження на покриття блоків Б, В і на покриття переходів

8) Вітрове навантаження на дерев'яне аркове покриття

Нормативне значення середньої складової основного вітрового навантаження на аркове покриття підраховується за формулою

$$W_m = w_0 \cdot k(z_e) \cdot c, \quad (2.8)$$

де w_0 - нормативне значення вітрового тиску, кН/м^2 ;

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

c - аеродинамічний коефіцієнт, який для прямокутних у плані будівлі зі склепінчастими та близькими до них за обрисом покриттями розподіляється за рисунком 2.17.

Приймаємо: $w_0 = 0,38 \text{ кН/м}^2$ - для III вітрового району, $k_{(31)} = 0,688$ за еквівалентної висоти $z_e = h = 31 \text{ м}$ ($h < d$) для типу місцевості В.

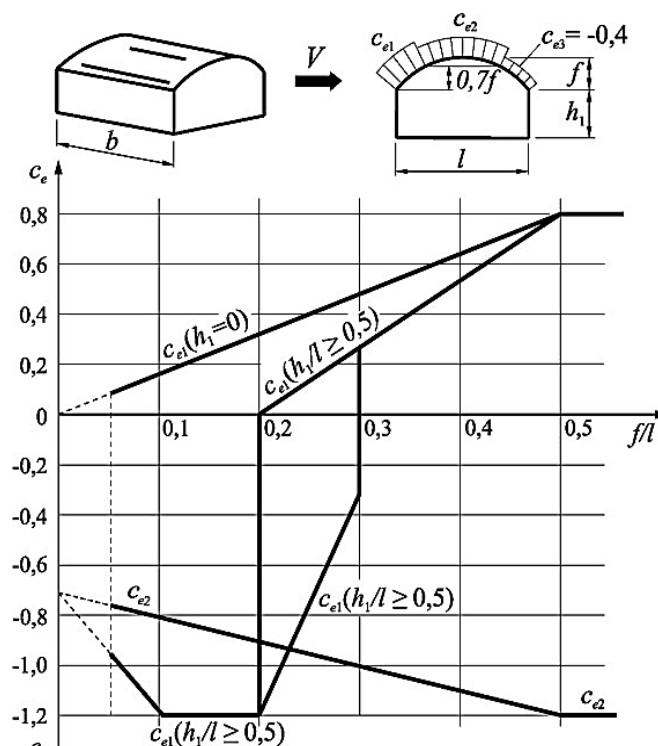


Рисунок 2.17 - Розподіл аеродинамічного коефіцієнта

Підставляємо отримані значення у формулу (2.8)

$$W_{m1} = 0,38 \cdot 0,688 \cdot (-0,24) = -0,063 \text{ кН/м}^2,$$

$$W_{m2} = 0,38 \cdot 0,688 \cdot (-0,9) = -0,24 \text{ кН/м}^2,$$

$$W_{m3} = 0,38 \cdot 0,688 \cdot (-0,4) = -0,1 \text{ кН/м}^2.$$

Значення нормативного вітрового навантаження на арку:

$$W_{m1} = -0,063 \cdot 12 = -0,76 \text{ кН/м},$$

$$W_{m2} = -0,24 \cdot 12 = -2,88 \text{ кН/м},$$

$$W_{m3} = -0,1 \cdot 12 = -1,2 \text{ кН/м}.$$

де 12 м - крок арок.

9. Вітрове навантаження на металеві арочні конструкції блока Г і Д за формулою (2.8)

$$W_{m1} = 0,38 \cdot 0,48 \cdot (0,05) = 0,009 \text{ кН/м}^2,$$

$$W_{m2} = 0,38 \cdot 0,48 \cdot (-0,87) = -0,16 \text{ кН/м}^2,$$

$$W_{m3} = 0,38 \cdot 0,48 \cdot (-0,4) = -0,07 \text{ кН/м}^2.$$

Значення нормативного вітрового навантаження на арку №4:

$$W_{m1} = 0,009 \cdot 7,5 = 0,07 \text{ кН/м},$$

$$W_{m2} = -0,16 \cdot 7,5 = -1,2 \text{ кН/м},$$

$$W_{m3} = -0,07 \cdot 7,5 = -0,53 \text{ кН/м}.$$

де 7,5 м - крок арок. Схема розташування арок зображена на рисунку 2.13.

Значення нормативного вітрового навантаження на арку №2:

$$W_{m1} = 0,009 \cdot 3 = 0,027 \text{ кН/м},$$

$$W_{m2} = -0,16 \cdot 3 = -0,48 \text{ кН/м},$$

$$W_{m3} = -0,07 \cdot 3 = -0,21 \text{ кН/м}.$$

де 3 м - крок арок. Схема розташування арок зображена на рисунку 2.13.

Нормативне значення вітрового навантаження на арку №1 менше вдвічі. Значення нормативного вітрового навантаження на арку №3, 5:

$$W_{m1} = 0,009 \cdot 4,5 = 0,04 \text{ кН/м},$$

$$W_{m2} = -0,16 \cdot 4,5 = -0,72 \text{ кН/м},$$

$$W_{m3} = -0,07 \cdot 4,5 = -0,32 \text{ кН/м}.$$

де 4,5 м - крок арок. Схему розташування арок зображено на рисунку 2.13.

Схему прикладання вітрового навантаження представлено на рисунку 2.18.

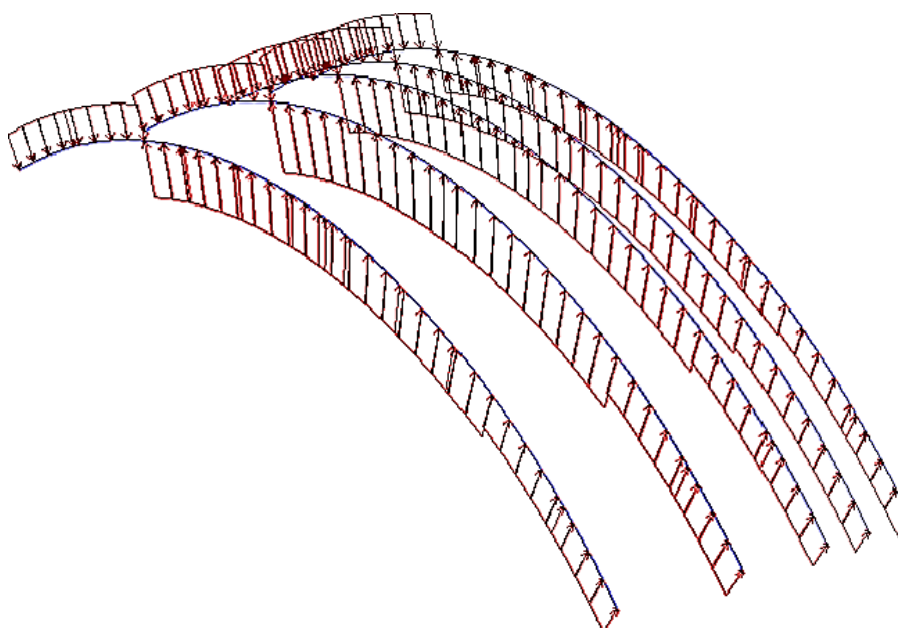


Рисунок 2.18 - Схема прикладання вітрового навантаження на аркове покриття блоків Б і В

Вітрове навантаження на колони блоків Г і Д.

Розрахунок вітрового навантаження ведемо за формулою (2.8), результати подано в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 - Розрахунок вітрового навантаження на колони блоків Г і Д

z_e	$k(z)_e$	w_m , кПа (на площу 1 м^2)		q_w , кН/м, на колони (при кроці 6 м)	
		$c=0,8$	$c=-0,5$	$c=0,8$	$c=-0,5$
0	0,4	0,12	0,08	0,73	0,46
3,9	0,4	0,12	0,08	0,73	0,46
7,9	0,4	0,12	0,08	0,73	0,46
10,9	0,413	0,13	0,08	0,75	0,47
13,03	0,445	0,14	0,08	0,81	0,51
14,51	0,468	0,14	0,09	0,85	0,53
15,07	0,476	0,14	0,09	0,87	0,54

Розрахунок вітрового навантаження ведемо за формулою (2.8), результати подано в таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 - Розрахунок вітрового навантаження на колони блоку А

z_e	$k(z)_e$	w_m , кПа (на площу 1 м ²)		q_w , кН/м, на колони (при кроці 6 м)	
		c=0,8	c=-0,5	c=0,8	c=-0,5
0	0,4	0,12	0,08	0,73	0,46
3,9	0,4	0,12	0,08	0,73	0,46
7,8	0,4	0,12	0,08	0,73	0,46
10,9	0,413	0,13	0,08	0,75	0,47
13,9	0,459	0,14	0,09	0,84	0,52
16,9	0,504	0,15	0,10	0,92	0,57
19,9	0,549	0,17	0,10	1,00	0,63
22,9	0,586	0,18	0,11	1,07	0,67
12,355	0,435	0,13	0,08	0,79	0,50
16,5	0,498	0,15	0,09	0,91	0,57
16,4	0,496	0,15	0,09	0,90	0,57
18,7	0,531	0,16	0,10	0,97	0,61
23,4	0,593	0,18	0,11	1,08	0,68
25,3	0,616	0,19	0,12	1,12	0,70
25,69	0,621	0,19	0,12	1,13	0,71
26,1	0,626	0,19	0,12	1,14	0,71

Вітрове навантаження на колони блоків Б і В.

Розрахунок вітрового навантаження ведемо за формулою (2.8), результати подано в таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 - Розрахунок вітрового навантаження на колони блоків Б і В.

z_e	$k(z)_e$	w_m , кПа (на площу 1 м ²)		q_w , кН/м, на колони (за кроку 6 м)	
		c=0,8	c=-0,5	c=0,8	c=-0,5
0	0,4	0,12	0,02	0,73	0,14
3,9	0,4	0,12	0,02	0,73	0,14
7,8	0,4	0,12	0,02	0,73	0,14
11,7	0,426	0,13	0,02	0,78	0,15
14,6	0,469	0,14	0,03	0,86	0,16

Схеми прикладання вітрових навантажень, розрахованих у пунктах 10, 11, 12, представлено на рисунках 2.19-2.21.

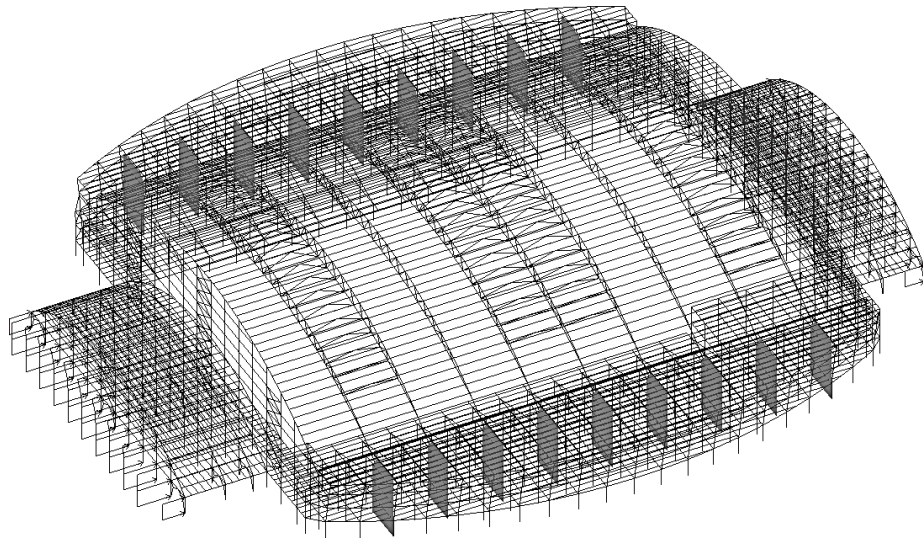


Рисунок 2.19 - Схема прикладання вітрового навантаження на колони блоків Г і Д

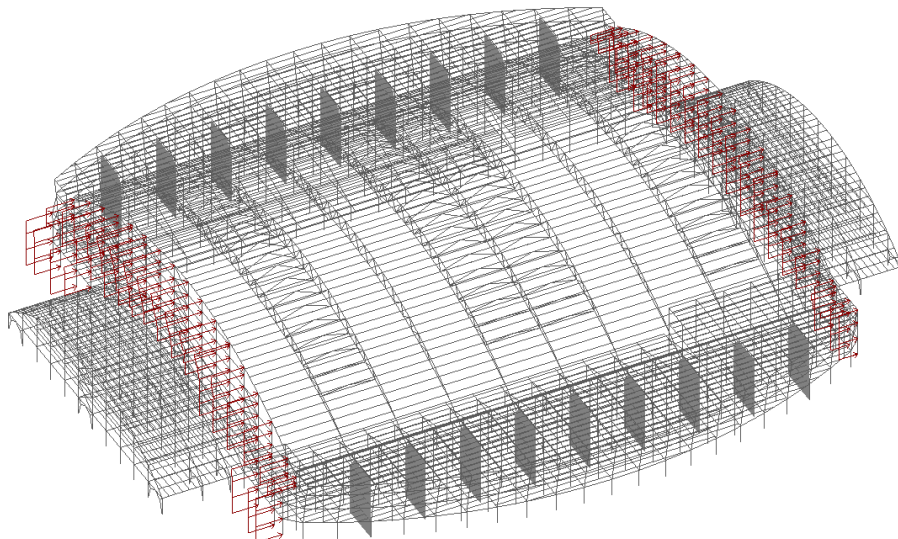


Рисунок 2.20 - Схема прикладання вітрового навантаження на колони блока А

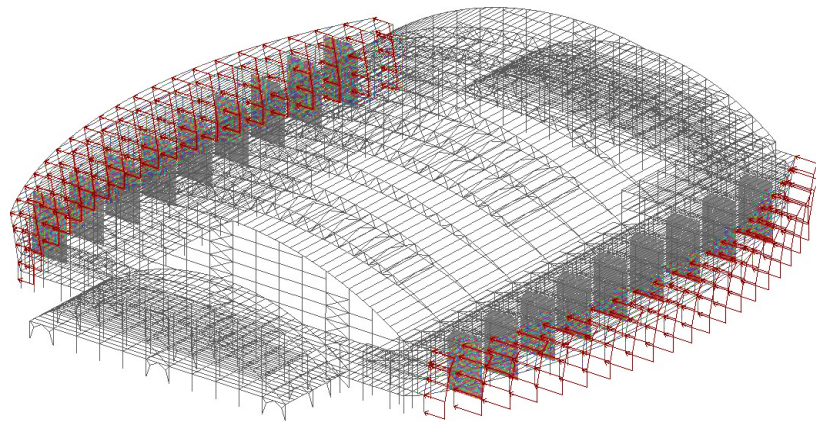


Рисунок 2.21 - Схема прикладання вітрового навантаження на колони блоків Б і В

2.2.2 Статичний розрахунок

За допомогою програмного комплексу SCAD++ розрахункові поєднання зусиль. Конструкцію було пораховано за першою і другою групою граничних станів.

Використовуючи можливості ПК SCAD ++ підбираємо перерізи сталевих елементів конструкції.

Було підібрано такі перетини:

- прогони - труба $\square 250 \times 6$;
- горизонтальні зв'язки – труба $\square 200 \times 5$;
- торцеві колони блоку А - двотавр 40Ш1;
- колони балкової клітки блоків Б, В, Г, Д – двотавр 30К2;
- колони в блоках Б, В при приміщеннях із другим світлом – двотавр 35К2;
- головні балки перекриття - двотавр 35Б2;
- другорядні балки перекриття - двотавр 23 Б1;
- хрестові та порталні зв'язки - труба $\square 120 \times 6$.

Детально розташування і перерізи елементів вказані в графічній частині.

За допомогою програми "Декор" від ПК SCAD++ підберемо перерізи дерев'яних елементів. У розділі 1 "Варіантне проектування" на рисунках 1.5-1.8 наведено підбір перерізів ґратчастої арки.

На рисунках 2.24-2.25 наведено підбір прогонів і вертикальних зв'язків покриття.

Під час підбору перерізів було враховано такі коефіцієнти згідно з [4]:

$m_B = 0,9$ - 1 клас умов експлуатації (нормальний режим, експлуатаційна вологість деревини не перевищує 12%);

$m_T = 1$ - для конструкцій, що експлуатуються за сталої температури повітря нижче плюс 35°C ;

$m_{dT} = 0,8$ - у разі спільної дії постійного і короткочасного вітрового навантаження або постійного і тимчасового та короткочасних снігового і вітрового

навантаження;

$m_{cc} = 1$ - за терміну експлуатації 100 років і більше;

$m_{\delta} = 0,85 - 0,8$ - для перерізів висотою від 100 см до 120 см;

$m_{скл} = 1,0$ - за товщини шару 33 мм.

У результаті було підібрано такі перерізи елементів із клеєної деревини:

- верхній пояс - 400x1155 мм;
- нижній пояс - 400x1133 мм;
- прогони - 250x500 мм;
- вертикальні зв'язки - 250x300 мм.

Максимальні переміщення і максимальний критичний фактор, отримані в програмі SCAD++ для всієї будівлі, наведено на рисунку 2.26.

		Z_{min}	
		ММ	ММ
☒		-119,295	-111,839
☒		-111,839	-104,383
☒		-104,383	-96,927
☒		-96,927	-89,471
☒		-89,471	-82,016
☒		-82,016	-74,56
☒		-74,56	-67,104
☒		-67,104	-59,648
☒		-59,648	-52,192
☒		-52,192	-44,736
☒		-44,736	-37,28
☒		-37,28	-29,824
☒		-29,824	-22,368
☒		-22,368	-14,912
☒		-14,912	-7,456
☒		-7,456	0

Рисунок 2.26 - Максимальні переміщення по осі Z і максимальний критичний фактор у програмі SCAD++

Максимальна величина вертикальних переміщень елементів становить 119,3 мм, що задовольняє вимогам [10], тобто менше $l/300 = 0,34 \text{ м} = 340 \text{ мм}$.

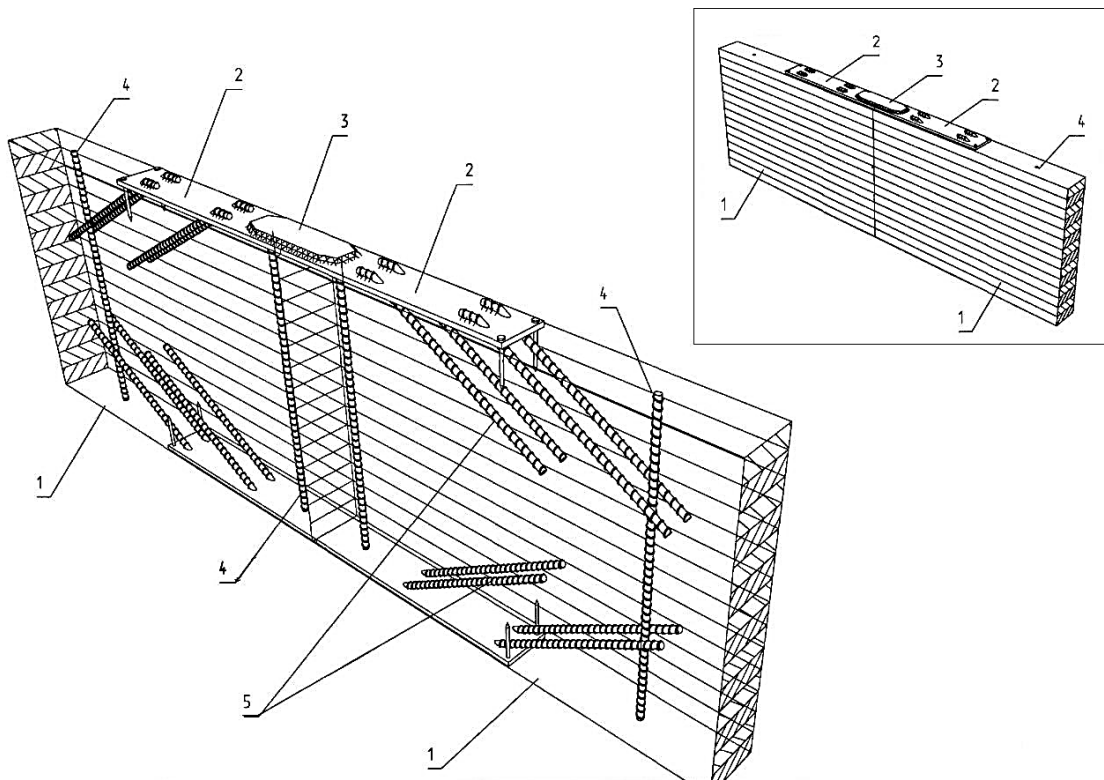
Максимальний критичний фактор дорівнює 0,941, що менше 1.

2.3 Розрахунок дерев'яної ґратчастої арки покриття

2.3.1 Вузол кріплення АР4 до АР5

Жорсткий стик поясів проектуємо згідно з [10] на вклеєних стрижнях із металевими накладками.

Вузол жорсткого стику, має такий вигляд (рисунок 2.27).



1 - основні елементи, що стикуються; 2 - накладки зі смугової сталі; 3 - монтажні накладки на зварюванні; 4 - арматурні стрижні, вклеєні впоперек волокон; 5 - вклеєні похилі арматурні стрижні під кутом 30-45 градусів.

Рисунок 2.27 - Вузол жорсткого стику поясів арки

Вихідні дані для розрахунку стику верхнього поясу в місці кріплення відправочного елемента АР4 до АР5.

Зусилля у верхньому поясі: $N_{max} = -2470,57$ кН; $M_{відп} = 58,79$ кН · м. Зусилля в нижньому поясі: $N_{max} = -510,01$ кН; $M_{відп} = 54,074$ кН · м. Розмір перерізу верхнього поясу арки 400x1155 мм.

Розмір перерізу нижнього поясу арки 400x1122 мм.

Згідно з п. 9.4 [30], у стиснутих стиках необхідно використовувати з'єднання на V-подібних анкерах, що являють собою комбінацію мінімум із двох стрижнів, вклеєних похило по відношенню до напрямку волокон деревини, та утворюють між собою внутрішній кут.

Розрахункова несуча здатність, T , МН, вклеєного під кутом до волокон стрижня, що вклеюється під кутом до волокон, на висмикування або продавлювання в стиках КДК згідно з [30] визначається за формулою

$$T = R^A \cdot \pi \cdot d_1 \cdot l_p \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_\sigma \cdot m_d \cdot m_{дл} \cdot \Pi m_i \leq F_a R_a, \quad (2.9)$$

де R^A - розрахунковий опір деревини висмикуванню або продавлюванню вклеєного стрижня, МПа, що приймається рівним 6,8 МПа;

d_1 - діаметр отвору, м;

l_p - розрахункова довжина стрижня, м, визначається за формулою

$$l_p = l - l_0 \leq 30d, \quad (2.10)$$

де l - довжина частини, що закладається, м;

$l_0 = 3d$ - глибина можливого зниження міцності клейового прошарку під час зварювання;

d - діаметр вклеюваного стрижня, м;

k_c - коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу напружень зсуву залежно від довжини частини стрижня, що закладається, який слід визначати за формулою

$$k_c = 1,2 - 0,02 \frac{l_p}{d}, \quad (2.11)$$

де k_σ - коефіцієнт, що залежить від знаку нормальних напружень уздовж волокон у зоні встановлення стрижнів;

k_d - коефіцієнт, що враховує залежність розрахункового опору від діаметра стрижня, який слід визначати за формулою:

$$k_d = 1,12 - 0,1d, \quad (2.12)$$

де F_a - площа перерізу стрижня, м^2 ;

R_a - розрахунковий опір арматурної сталі, МПа.

Розрахункова несуча здатність V-подібного анкера визначається, виходячи з розрахункової несучої здатності вклеєних стрижнів анкера, визначеної за формулою (2.9). Зусилля в кожній гілці визначають шляхом розкладання зусиль від зовнішнього навантаження за напрямками гілок на зусилля розтягування N_p , кН, і стиснення N_c , кН.

Максимальне зусилля, що припадає на один анкер N_a , кН, обчислюється за формулою

$$N_a = N_{зд} / (n \cdot k_{с.р.}), \quad (2.13)$$

де $N_{зд}$ - зусилля зсуву в деталі стику, кН;

n - кількість V-подібних анкерів;

$k_{с.р.}$ - коефіцієнт спільної роботи анкерів.

Зусилля в стикових деталях $N_{зд}$, кН, від поздовжньої сили N і згинального моменту M розраховуються за формулою:

$$N_{зд} = N/2 + M/h_0, \quad (2.14)$$

де h_0 - відстань від центру пластини до центру точки докладання зусилля N , м.

Підставляємо значення зусиль у формулу (2.14), отримуємо значення верхнього і нижнього зсувних зусиль для відповідних поясів:

$$N_{в\text{сд}} = 2470,57/2 + 58,79/0,580 = 1336,65 \text{ кН};$$

$$N_{н\text{сд}} = 510,01/2 + 54,074/0,560 = 351,56 \text{ кН}.$$

Попередньо приймаємо по 3 *V*-подібних анкери на кожній грані ребра в місці з'єднання. Оскільки стрижні розташовані у 2 ряди, у верхній і нижній частинах розташовано по 12 стрижнів.

$$\text{Приймаємо: } N_{в} = 1336,65 \text{ кН}; N_{н} = 351,56 \text{ кН}; n = 12; k = 0,75.$$

Підставляємо значення у формулу (2.13), отримуємо

$$N_{вa} = 1336,65/(12 \cdot 0,75) = 148,52 \text{ кН};$$

$$N_{на} = 351,568/(12 \cdot 0,75) = 39,063 \text{ кН}.$$

Зусилля розтягування N_p , кН, і стиснення N_c , кН, обчислюються за формулами

$$N_p = Na/(\cos\alpha + \sin\alpha/\operatorname{tg}\beta), \quad (2.15)$$

$$N_c = Na/(\cos\alpha + \sin\alpha/\operatorname{tg}\beta), \quad (2.16)$$

де α, β - кути нахилу стрижнів;

N_a - те саме, що у формулі (2.13).

$$\text{Приймаємо: } \alpha = \beta = 45^\circ; N_{в} = 148,52 \text{ кН}; N_{н} = 39,063 \text{ кН}.$$

Підставляємо значення у формули (2.15) і 2.16), отримуємо верхні і нижні зусилля розтягування і стиснення

$$N^в = 148,52 / (\cos 45^\circ + \sin 45^\circ / \operatorname{tg} 45^\circ) = 105,02 \text{ кН};$$

$$N^н = 39,063 / (\cos 45^\circ + \sin 45^\circ / \operatorname{tg} 45^\circ) = 27,62 \text{ кН}.$$

Виконаємо перевірку несучої здатності з'єднання.

Перевірка верхніх стрижнів анкерів на дію зусиль розтягування і стиснення.

$$\text{Приймаємо: } l = 540 \text{ мм}; d = 18 \text{ мм}.$$

Підставляємо значення у формулу (2.10), отримуємо

$$l_p = 0,54 - 3 \cdot 0,018 = 0,486 < 30 \cdot 0,018 = 0,54$$

$$\text{Приймаємо: } l_p = 0,486 \text{ мм}.$$

Підставляємо значення у формули (2.11) і (2.12), отримуємо

$$k_c = 1,2 - 0,02 \cdot \frac{0,378}{0,014} = 0,66,$$

$$k_d = 1,12 - 0,1 \cdot 0,018 = 1,12.$$

Приймаємо: $R_A = 6,8$ МПа згідно з [4]; $d_1 = 0,023$ мм;

$$k_c = 0,66; k_d = 1,12; l_p = 0,486 \text{ м}; m_{\text{дв}} P m_i = 0,449; F_a = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

$R_a = 375$ МПа для сталі А400.

Підставляємо значення у формулу (2.9), отримуємо

$$T_p = 6,8 \cdot 3,14 \cdot 0,023 \cdot 0,486 \cdot 0,66 \cdot 1,12 \cdot 1 \cdot 0,449 = 0,079 \text{ МН} < \\ < 2,5 \cdot 10^{-4} \cdot 375 = 0,094 \text{ МН}.$$

До перевірки приймаємо $T_p = 0,079 \text{ МН} = 79,0 \text{ кН}$.

$$N^B = 105,02 \text{ кН} > 79,0 \text{ кН}$$

Умова не виконується. Збільшимо кількість стрижнів до 16 шт. Тоді максимальне зусилля, що припадає на один анкер N_a , кН, дорівнює

$$N^B_a = 1336,65 / (16 \cdot 0,75) = 111,38 \text{ кН};$$

Зусилля розтягування і стиснення дорівнюють

$$N^B = 111,38 / (\cos 45^\circ + \sin 45^\circ / \tan 45^\circ) = 60,27 \text{ кН}$$

$$N^B = 78,76 \text{ кН} < 79,0 \text{ кН}$$

Умова виконується. Остаточного приймаємо 16Ø18А400.

Перевірка нижніх стрижнів анкерів на дію зусиль розтягування і стиснення.

Приймаємо: $l = 420$ мм; $d = 14$ мм.

Підставляємо значення у формулу (2.10), отримуємо

$$l_p = 0,42 - 3 \cdot 0,014 = 0,378 < 30 \cdot 0,014 = 0,42$$

Приймаємо: $l_p = 0,378$ мм.

Підставляємо значення у формули (2.11) і (2.12), отримуємо

$$k_c = 1,2 - 0,02 \cdot \frac{0,378}{0,014} = 0,66,$$

$$k_d = 1,12 - 0,1 \cdot 0,014 = 1,12.$$

Приймаємо: $R^A = 6,8$ МПа згідно з [27]; $d_1 = 0,019$ мм;

$$k_c = 0,66; k_d = 1,12; l_p = 0,378 \text{ м}; m_{\text{дв}} P m_i = 0,449; F_a = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

$R_a = 375$ МПа для сталі А400.

Підставляємо значення у формулу (2.9), отримуємо

$$T_p = 6,8 \cdot 3,14 \cdot 0,019 \cdot 0,378 \cdot 0,66 \cdot 1,12 \cdot 1 \cdot 0,449 = 0,05 \text{ МНк} \ll 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 375 = 0,056 \text{ МН.}$$

До перевірки приймаємо $T_p = 0,05 \text{ МН} = 50,0 \text{ кН}$.

$$N^B = 27,62 \text{ кН} < 50,0 \text{ кН}$$

Умова виконується.

Остаточного приймаємо у вузлі сполучення сегментів арок 16 Ø18 А400 і 12 Ø14 А400 V-подібних анкерів, вклеєних під кутом 45° і 135°.

2.3.2 Розрахунок опорного вузла арки

Балансирні шарніри передають тиск на нижню частину шарніра в разі щільного торкання. Напруги в цапфі розподіляються нерівномірно: від максимального значення за вертикальною віссю до нуля на межі балансира.

Найбільше напруження в цапфі з припущення, що напруження на циліндричній поверхні розподіляються за законом косинуса, можна знайти за формулою

$$N = \int_0^{\pi/4} \cos \varphi^2 \cdot r d\varphi \quad (2.17)$$

Звідки отримаємо формулу

$$\sigma_{max} = \frac{1,6N}{dl} \leq R_{lp} \quad (2.18)$$

де R_{lp} - розрахунковий опір на місцеве зім'яття в циліндричних шарнірах у разі щільного торкання, Н/мм².

l, d - довжина і діаметр циліндричного шарніра відповідно, мм.

Необхідний радіус валика підбираємо з умови зминання в шарнірі за формулою

$$r = \frac{N}{1,25 \cdot l \cdot R_{lp} \cdot \gamma_c}. \quad (2.19)$$

Підставляючи значення у формулу (2.19) отримуємо

$$r = \frac{3467,55}{1,25 \cdot 450 \cdot 176 \cdot 1} = 35 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр шарніра 70 мм.

Підставляємо значення у формулу (2.18), отримуємо

$$\sigma_{max} = \frac{1,6 \cdot 3467,55}{70 \cdot 450} = 176,13 \text{ Н/мм}^2 > R_{lp} = 171 \text{ Н/мм}^2$$

Умова не виконується.

Приймаємо діаметр шарніра 100 мм. Підставляємо значення у формулу (2.18), отримуємо

$$\sigma_{max} = \frac{1,6 \cdot 3467,55}{100 \cdot 450} = 123,3 \text{ Н/мм}^2 \leq R_{lp} = 171 \text{ Н/мм}^2.$$

Пластину, на яку спирається арка, розраховуємо на вигин, як багатопролітну шарнірно-оперту балку з відстанню між опорами, що дорівнює кроку ребер, $b = 210$ мм. Розподілене навантаження, що діє на пластину, знаходимо за формулою

$$q = \frac{N}{l}, \quad (2.20)$$

де l - довжина пластини, м.

Підставляємо значення у формулу (2.20), отримуємо

$$q = \frac{3467,55}{0,91} = 3810,49 \text{ кН/м.}$$

Згинальний момент M , кН · м, що діє в середині прольоту, визначається за формулою

$$M = \frac{q \cdot b^2}{8}, \quad (2.21)$$

Підставляємо значення у формулу (2.21), отримуємо

$$M = \frac{3810,49 \cdot 0,21^2}{8} = 21 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Необхідну товщину пластини δ_n , мм, з умови її роботи на вигин визначають за формулою

$$\delta_n = \sqrt{\frac{6 \cdot M}{b \cdot R_y}}, \quad (2.22)$$

Підставляємо значення у формулу (2.18), отримуємо

$$q = \frac{3467,55}{0,91} = 3810,49 \text{ кН/м}.$$

Приймаємо товщину пластини, на яку спирається арка, рівною 40 мм.

Товщину опорних ребер δ_n , мм, розраховують виходячи з їхньої роботи на зминання за формулою

$$\delta_n = \sqrt{\frac{6 \cdot M}{b \cdot R_y}}, \quad (2.23)$$

Підставляємо значення у формулу (2.23), отримуємо

$$\delta_n = \sqrt{\frac{6 \cdot 21 \cdot 10^6}{210 \cdot 310}} = 38,5 \text{ мм}.$$

Приймаємо товщину опорних ребер рівною 30 мм.

Визначимо товщину опорної плити. Напругу в плиті визначаємо за формулою

$$\delta_p = \frac{N}{R_p \cdot n \cdot l_p}, \quad (2.24)$$

Підставляємо значення у формулу (2.20), отримуємо

$$\delta_p = \frac{3467,55}{438 \cdot 6 \cdot 410} = 3,2 \text{ мм.}$$

Найбільший момент M_3 , кН · см, що виникає на ділянці плити, опертої з трьох боків, розраховується за формулою

$$M_3 = \frac{\sigma_{max} \cdot c^2}{2}, \quad (2.25)$$

Підставляємо значення у формулу (2.25), отримуємо

$$M_3 = \frac{3,26 \cdot 90^2}{2} = 146,6 \text{ кН} \cdot \text{см.}$$

Товщина плити $t_{пл}$, мм, розраховується за формулою

$$t_{пл} = \sqrt{\frac{6 \cdot M_3}{\gamma_c \cdot R_y}}, \quad (2.26)$$

Підставляємо значення у формулу (2.26), отримуємо

$$t_{пл} = \sqrt{\frac{6 \cdot 146,6}{1,2 \cdot 310}} = 1,5 \text{ мм.}$$

Приймаємо товщину плити із запасом рівною 50 мм зі сталі товстолистової.

У разі шарнірного сполучення елементів каркаса з фундаментом анкерні болти виконують тільки постановочну функцію, оскільки бетон рівномірно стиснутий під поздовжнім навантаженням від арки. Розміри болтів призначаємо конструктивно, приймаємо 4 анкерних болти діаметром 48 мм, довжину закладення приймаємо рівною 15 діаметрам болта - 720 мм.

Конструктивно приймаємо 10 сталевих нагелів діаметром 30 мм. Опорний вузол представлений на рисунку 2.28.

РОЗДІЛ 3

НАУКОВО -ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Науково-дослідна частина передбачає опрацювання шести варіантів дерев'яної клеєної арки покриття.

Для всіх варіантів було прийнято двошарнірну арку прольотом $l = 100$ м і стрілою підйому $f = 16,5$ м. Розглядаються два етапи.

I Етап:

- варіант 1.1 - дерев'яна клеєна арка суцільного перерізу з радіусом кривизни $R=93,455$ м і стрілою підйому $f=14,5$ м;
- варіант 1.2 - дерев'яна клеєна арка суцільного перерізу з радіусом кривизни $R=84,01$ м і стрілою підйому $f=16,5$ м;
- варіант 1.3 - дерев'яна клеєна арка суцільного перерізу з радіусом кривизни $R=76,82$ м і стрілою підйому $f=18,5$ м.

II Етап:

- варіант 2.1 - дерев'яна клеєна арка суцільного перерізу;
- варіант 2.2 - решітчаста арка з поясами і решіткою з клеєної деревини;
- варіант 2.3 - гратчаста арка з поясами з клеєної деревини та металевою решіткою, декорованою деревиною.

3.1 Перший етап

Як варіанти 1.2, 1.2, 1.3 розглянемо дерев'яні клеєні арки суцільного перерізу. Геометричні схеми арок представлено на рисунках 3.1-3.3 Для початкової оцінки варіантів було прийнято перетин арки - 400x1000 мм.

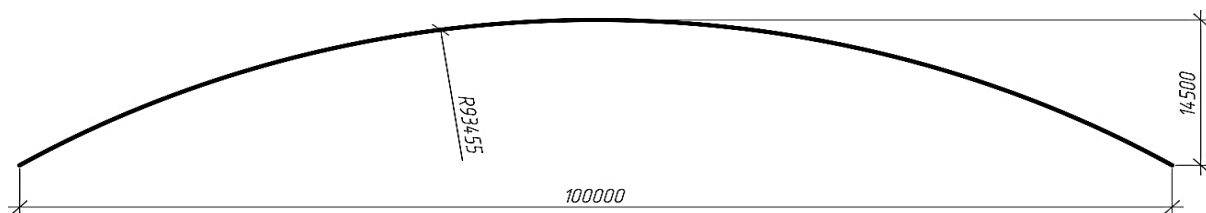


Рисунок 3.1 - Геометрична схема арки (варіант 1.1)

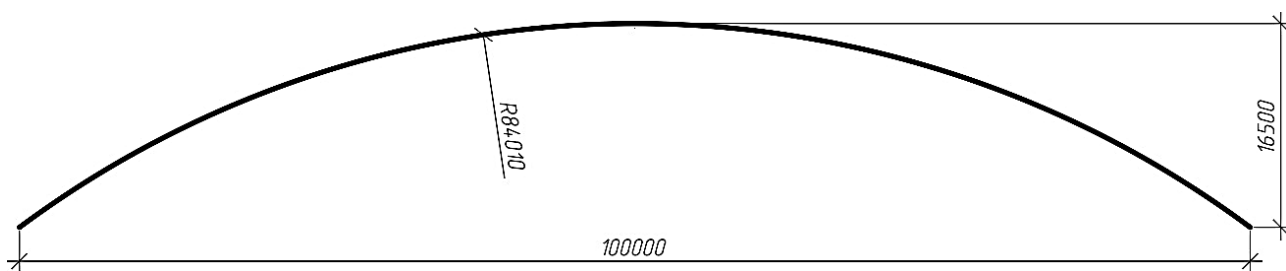


Рисунок 3.2 - Геометрична схема арки (варіант 1.2)

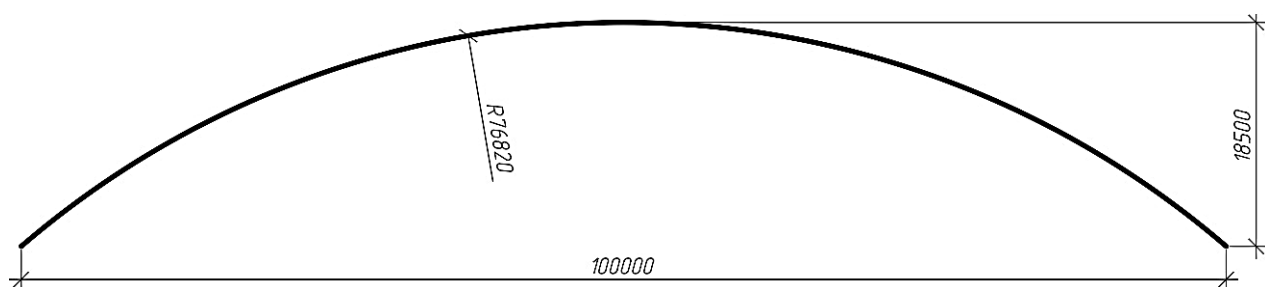


Рисунок 3.3 - Геометрична схема арки (варіант 1.3)

Арки розраховують на дію постійних навантажень: власну вагу, вагу покриття і короткочасного: снігове навантаження. Для розрахунків використовується ПК SCAD ++. Збір навантажень, виконаний згідно з нормами [10], наведено в розділі 2. Результати розрахунків наведено на рис 3.4.-3.9.

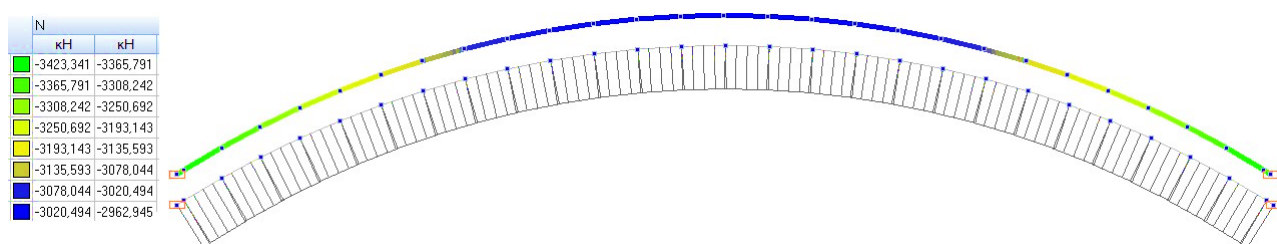


Рисунок 3.4 - Епюра поздовжніх зусиль N (кН). Варіант 1.1

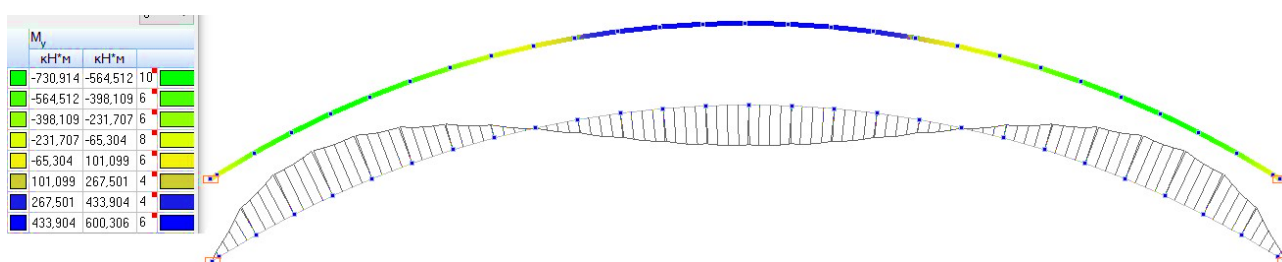


Рисунок 3.5 - Епюра згинальних моментів M (кН*м). Варіант 1.1

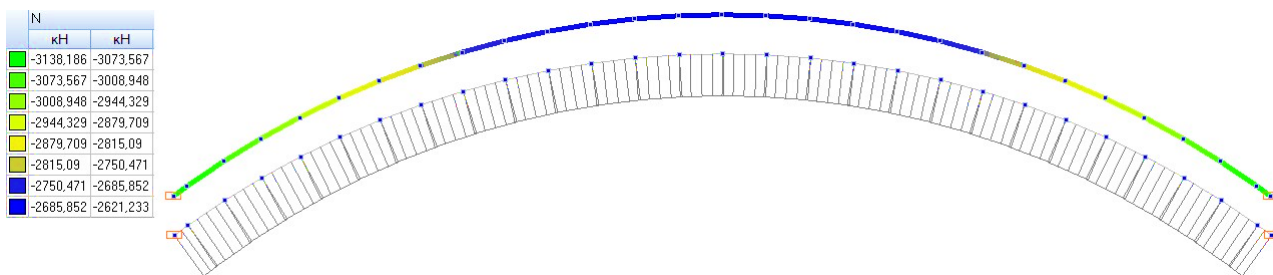


Рисунок 3.6 - Епюра поздовжніх зусиль N (кН). Варіант 1.2

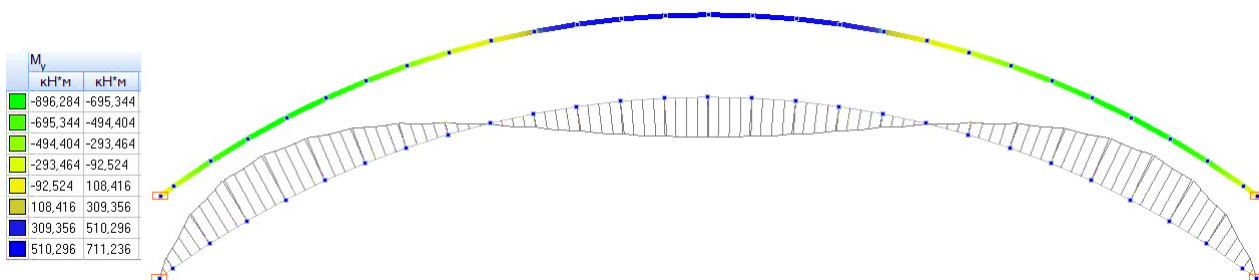


Рисунок 3.7 - Епюра згинальних моментів M (кН*м). Варіант 1.2

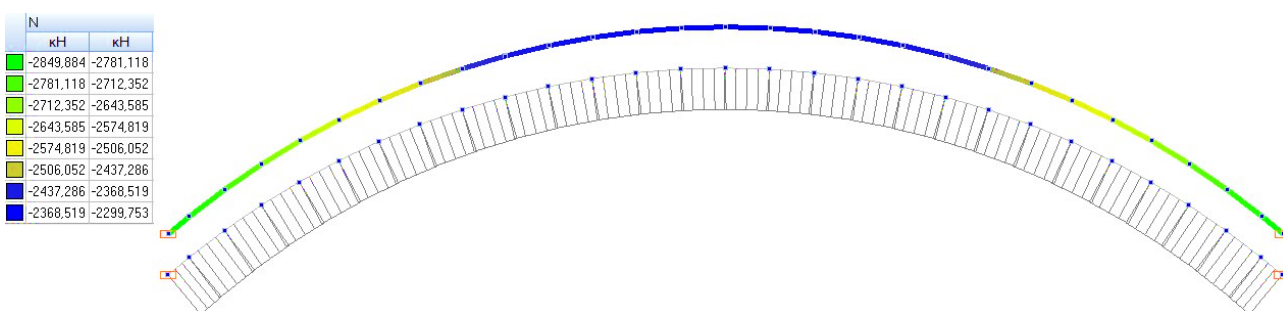


Рисунок 3.8 - Епюра поздовжніх зусиль N (кН). Варіант 1.3

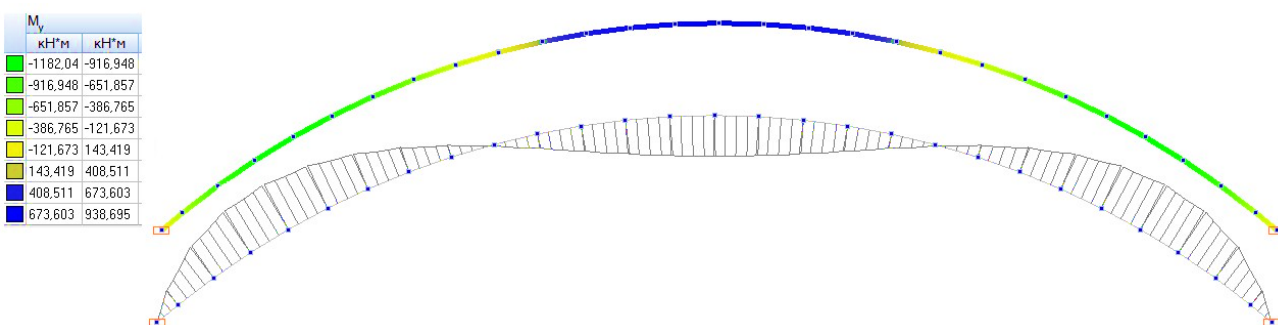


Рисунок 3.9 - Епюра згинальних моментів M (кН*м). Варіант 1.3

Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок: що менший радіус кривизни арки, то більші зусилля згинальних моментів, а значення поздовжніх зусиль менші.

Для подальшого розгляду було обрано найоптимальніший варіант 1.2 арки з радіусом кривизни $R=84,01$ м і стрілою підйому $f=16,5$ м.

3.2 Другий етап

Як варіант 2.1 прийнято арку з класної деревини суцільного перерізу. Геометричну схему арки представлено на рисунку 3.10.

Геометрична схема арок для варіантів 2.2 і 2.3 ідентична, представлена на рисунку 3.4.

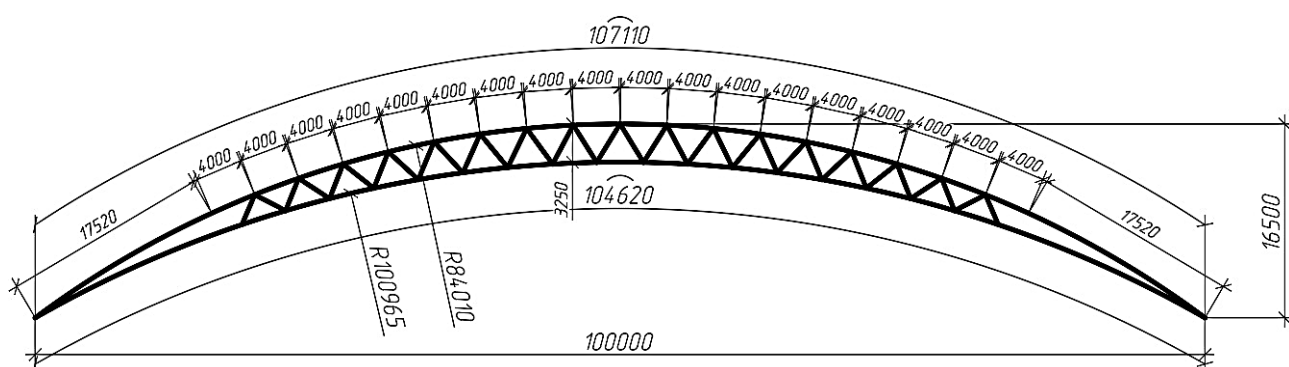


Рисунок 3.10 - Геометрична схема арки (варіант 2.2 і 2.3)

Арки розраховують на дію постійних навантажень: власну вагу, вагу покриття і короточасного: снігове навантаження. Для розрахунків використовується ПК SCAD ++. Збір навантажень, виконаний згідно з нормами [10], наведено в розділі 3.

За допомогою програми SCAD ++ Декор було підібрано перерізи арок. Результати підбору наведено на рисунках 3.11. Докладні відомості про коефіцієнти умов роботи наведено в розділі 3.

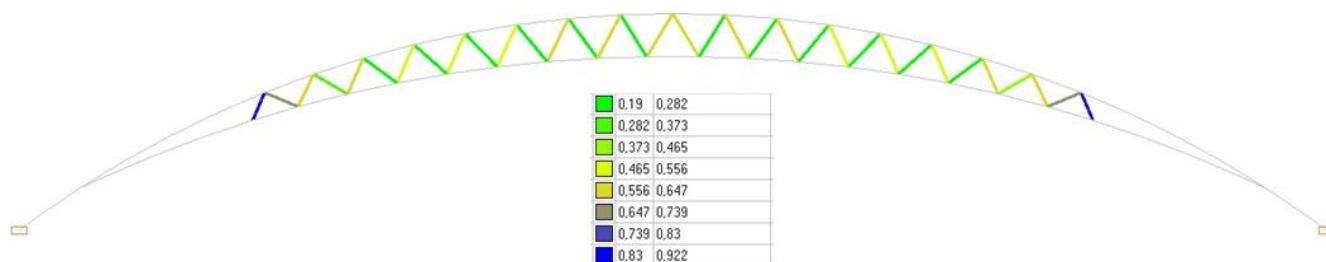


Рисунок 3.11 - Підбір перерізу розкосів арки (варіант 2.3)

Результати розрахунків наведено на рисунках 3.12-3.20.

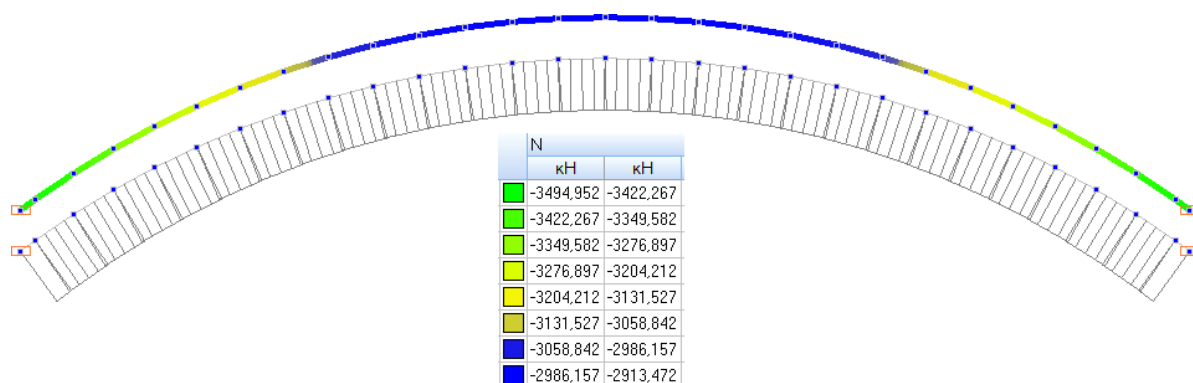


Рисунок 3.12- Епюра поздовжніх зусиль N (кН). Варіант 2.1

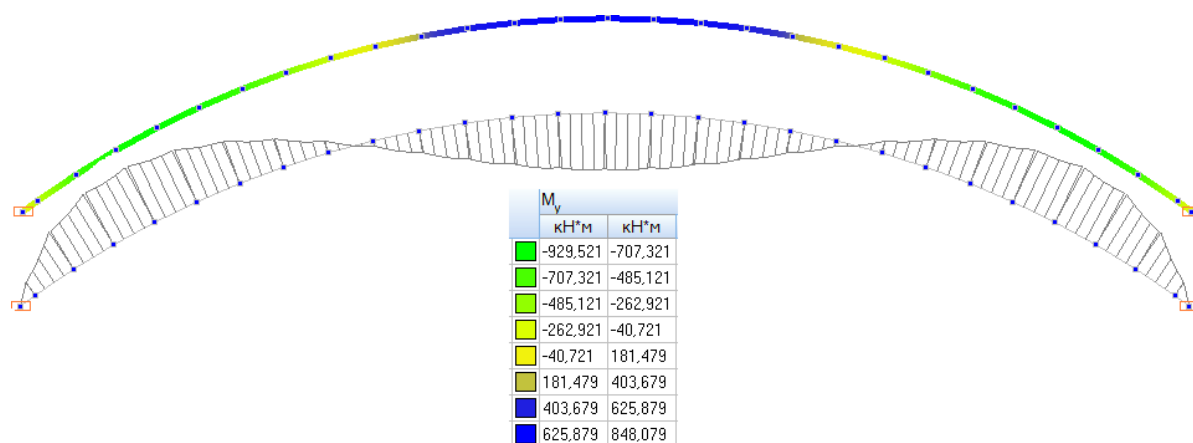


Рисунок 3.13 - Епюра згинальних моментів M (кН*м). Варіант 2.1

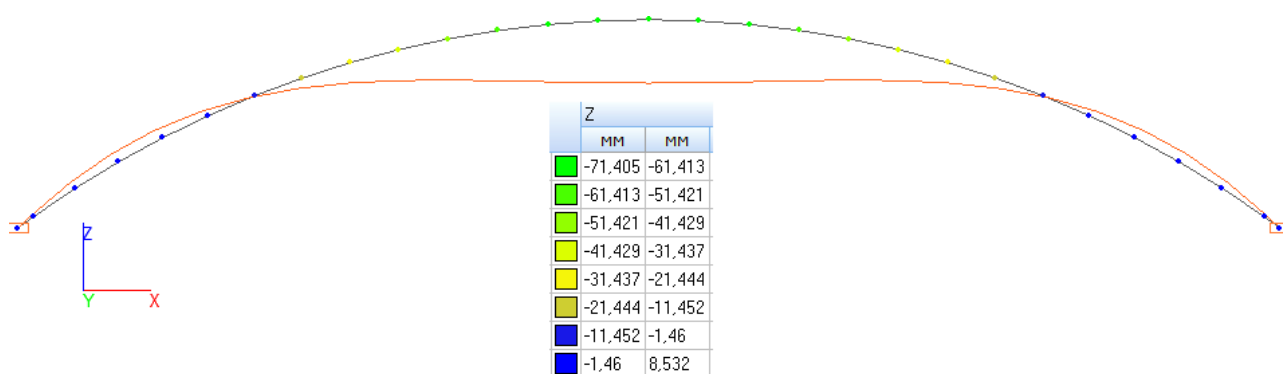


Рисунок 3.14 - Переміщення по осі Z (мм). Варіант 2.1

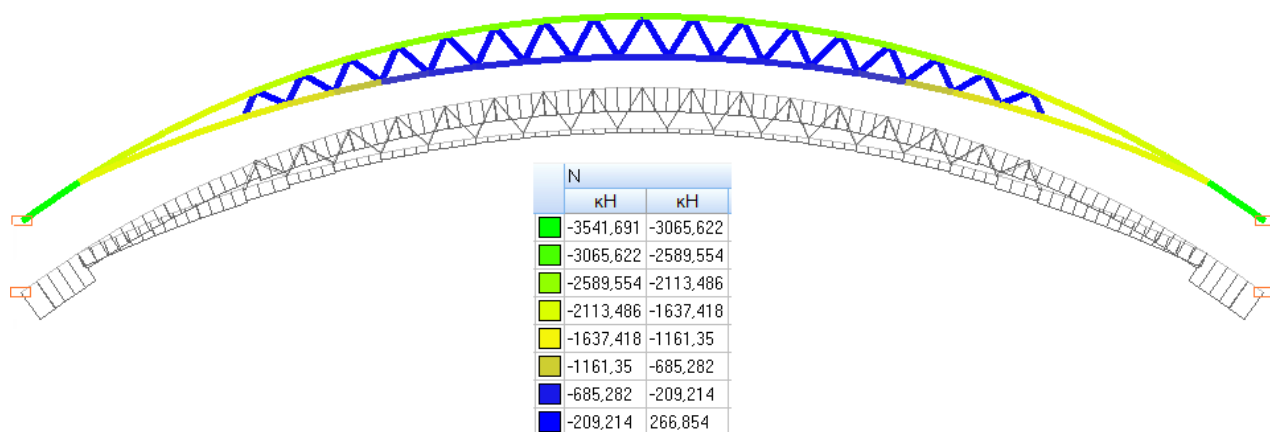


Рисунок 3.15 - Епюра поздовжніх зусиль N (кН). Варіант 2.2

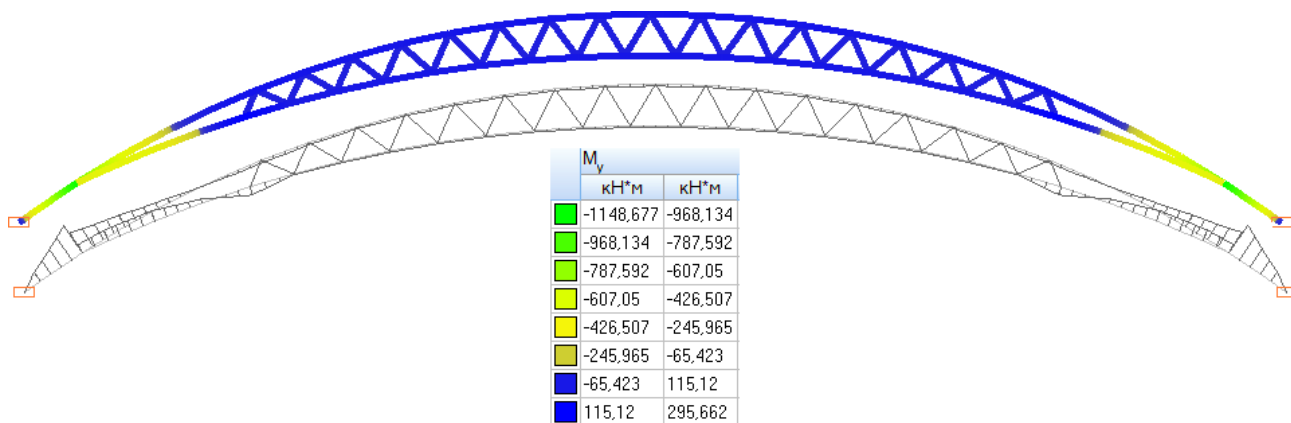


Рисунок 3.16 - Епюра згинальних моментів M (кН*м). Варіант 2.2

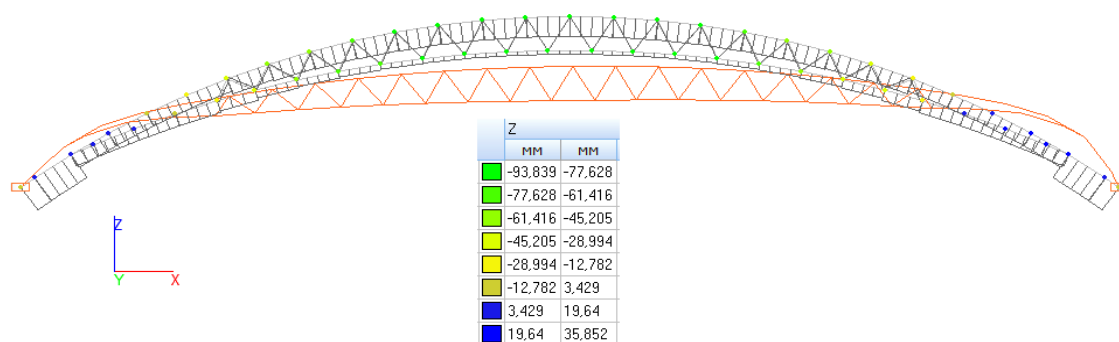


Рисунок 3.17 - Переміщення по осі Z (мм). Варіант 2.2

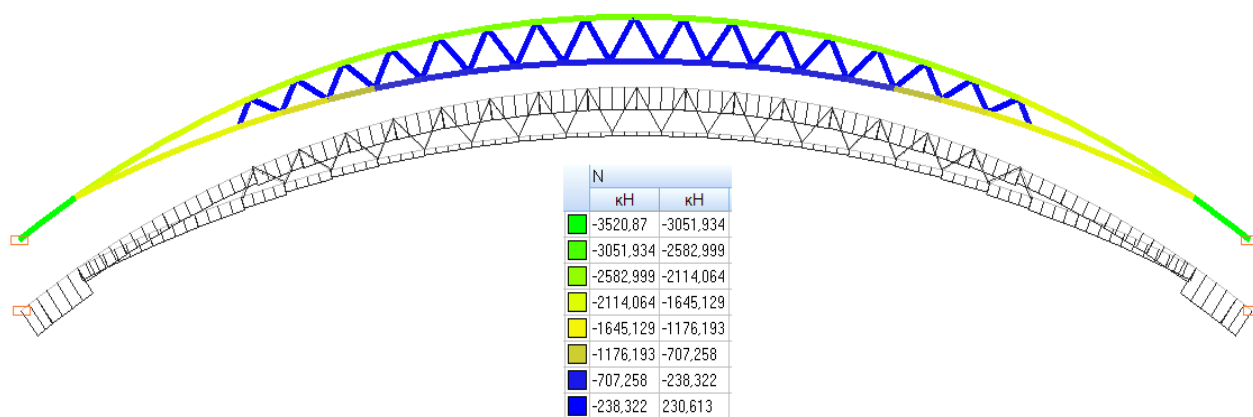


Рисунок 3.18 - Епюра поздовжніх зусиль N (кН). Варіант 2.3

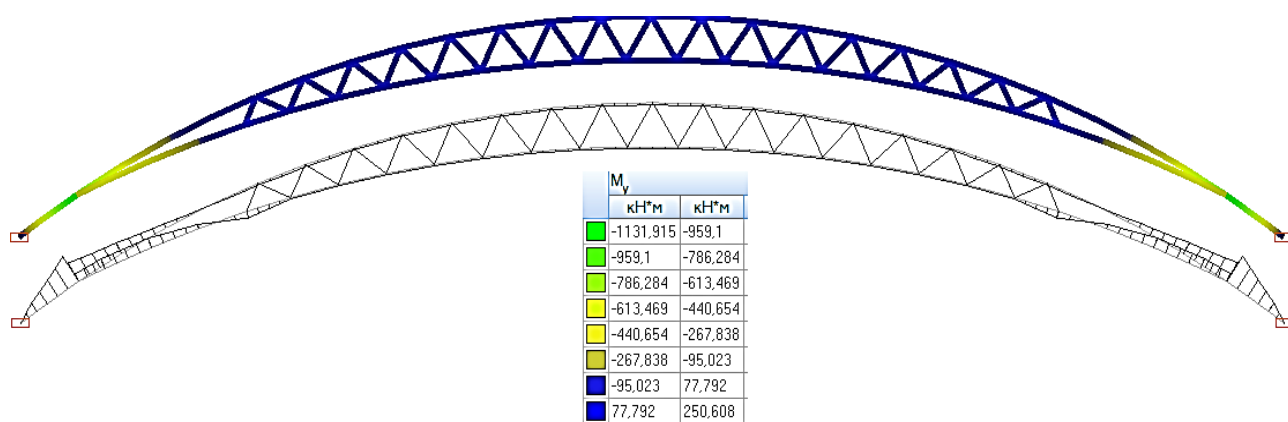


Рисунок 3.19 - Епюра згинальних моментів M (кН*м). Варіант 2.3

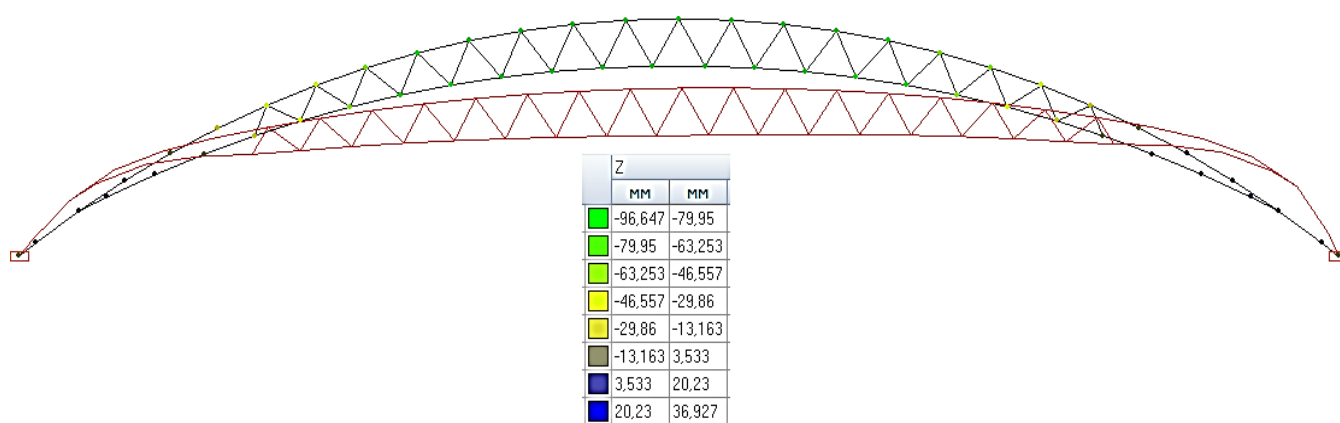


Рисунок 3.20 - Переміщення по осі Z (мм). Варіант 2.3

Для наочності зведемо всі отримані дані в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 - Порівняння варіантів 2.1, 2.2 і 2.3 арок

		Варіант 2.1 (суцільна арка)	Варіант 2.2 (з дерев'яною решіткою)	Варіант 2.3 (з металевою решіткою)
Переміщення по вертикалі), мм по осі Z		-71,4	-93,8	-96,6
Зусилля	$M_{\min} / M_{\max}$ (кН · м)	-929,52/848,08	-1148,7/295,66	-1131,9/250,6
	$N_{\min} / N_{\max}$ (кН)	-3494,95/- 2913,5	-3541,7/266,85	-3520,87/230,6
Перетини	нижній пояс	500x1980	1122x400	1122x400
	верхній пояс		1155x400	1155x400
	розкоси		198x260	100x100x5
Маса металу, т		-	-	1,09
Маса металу з урахуванням відходів (5%), т		-	-	1,14
Обсяг деревини , м ³		106,04	100,3	98,71
Об'єм деревини з врахуванням 15% відходів, м ³		121,95	115,35	113,51
Маса арки, т		53,02	50,15	50,45

3.3 Висновки до розділу

Найменші переміщення за віссю Z були отримані у варіанті 2.1 арки, найбільші - у варіанті 2.3.

Найменші зусилля були отримані у варіанті 2.1 арки, найбільші - у варіанті 2.2 арки. У варіантах 2.2 і 2.3 простежується рівномірний розподіл зусиль у зоні решітки арки, а найбільші зусилля виникають у частинах арки із суцільним перерізом. Різниця між значеннями зусиль у варіантах 2.2 і 2.3 невелика.

Найбільшу масу має варіант 2.1 арки, найменшу - 2.3, різниця між варіантами 2.2 і 2.3 невелика.

Вирішальним фактором у виборі арки стала вартість.

Для подальшого розгляду було обрано варіант 2.3 арки - ґратчаста арка з поясами з клеєної деревини та металевими ґратами, декорованими деревиною.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

Під час виконання робіт дотримуватися вимог[20-27]

Перед початком робіт необхідно забезпечити робітників усіма необхідними засобами індивідуального захисту (спец. одяг, спец. взуття, каски). Робітникам мають бути створені необхідні умови праці, харчування та відпочинку.

Порядок виконання монтажу конструкцій, визначений проектом виконання робіт, має бути таким, щоб попередня операція повністю виключала можливість небезпеки під час виконання наступних.

Монтаж конструкцій повинні проводити монтажники, які пройшли спеціальне навчання та ознайомлені зі специфікою монтажу дерев'яних конструкцій.

Роботи з монтажу дерев'яних конструкцій дозволяється проводити тільки справним інструментом, при дотриманні умов його експлуатації.

Монтажникам, які виконують роботи на висоті, виконувати роботи при страховці монтажними поясами, прикріпленими до місць, зазначених виконавцем робіт. Монтажний пояс повинен бути випробуваний і мати бирку. Перед допуском до роботи з монтажу дерев'яних керівники організацій зобов'язані забезпечити навчання і проведення інструктажу з техніки безпеки на робочому місці. Відповідальність за правильну організацію безпечного ведення робіт на об'єкті покладається на виконавця робіт і майстра.

На будівельному майданчику мають бути позначені знаками безпеки та огорожені небезпечні зони, що виникають під час роботи вантажопідіймальних кранів.

Будівельний майданчик повинен мати огороження, робочі ділянки (місця) повинні бути позначені знаками безпеки і написами встановленої форми відповідно до вимог [21]. Робітники мають бути забезпечені запобіжними поясами і канатами страхувальними за [23].

Будівельний майданчик, ділянки робіт, робочі місця, проїзди і підходи до них у темну пору доби мають бути освітлені відповідно до вимог [23].

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

Під час будівництва слід суворо дотримуватися вимог [21].

Основними небезпечними виробничими факторами під час виконання робіт є:

- робота будівельних машин і механізмів, їхня спільна робота;
- робота з електроінструментом;
- роботи з транспортування та складування будівельних вантажів;
- небезпека виникнення пожежі;
- шкідливі санітарно-гігієнічні фактори (недостатня освітленість, хімічно активні або отруйні речовини). До початку виконання монтажних робіт необхідно підготувати таку документацію та накази:

- наказ про призначення відповідальних осіб за виконання робіт з безпечного переміщення вантажів кранами;

- наказ про призначення відповідального за справний стан тари і знімних вантажозахоплювальних пристроїв;

- паспорти на вантажозахватні пристосування;

- протокол на замір опору розтікання електричного струму;

- акт напруги при повному завантаженні електроспоживачів на об'єкті.

У складі ПВР генеральний підрядник за участю замовника і субпідрядних організацій розробляє і затверджує заходи з техніки безпеки і виробничої санітарії, виконання яких обов'язкове для всіх учасників будівництва, і здійснює контроль за станом умов праці на об'єкті. При цьому мають бути вирішені основні питання з охорони праці та техніки безпеки:

- до початку будівництва (у підготовчий період) мають бути споруджені

тимчасові дороги, що забезпечують вільний доступ транспортних засобів до всіх об'єктів, які будуються;

- на території будівництва мають бути встановлені покажчики проїздів і проходів. Проходи, проїзди, вантажно-розвантажувальні майданчики необхідно очищати від сміття, будівельних відходів і не захарашувати;

- огороження або позначення знаками безпеки та попереджувальними написами небезпечних зон на території будівельного майданчика. Забороняється присутність людей і пересування транспортних засобів у зонах можливого обвалення і падіння вантажів;

- електробезпека виконання робіт. Роботи поблизу діючих ПЛ виконуються за наявності наряду-допуску, до якого мають бути включені також машиністи і стропальники;

- під час вантажно-розвантажувальних робіт. У місцях виконання робіт і в зоні роботи вантажопідіймальних машин забороняється перебування осіб, які не мають безпосереднього відношення до цих робіт;

- під час виконання земляних робіт. Навантаження ґрунту в транспортні засоби проводиться з боку його заднього і бокового борту. Під час одночасної роботи двох або більше машин, що виконують різні види земляних робіт, у разі їхнього руху одна за одною необхідно дотримуватися дистанції (не менше ніж 5 м), у разі виявлення на місці виконання робіт наявності комунікацій, не позначених у документах, роботу слід припинити до отримання офіційного дозволу відповідних організацій;

- перед початком виконання будівельно-монтажних робіт роботодавцю необхідно ознайомити працівників з проектом виконання робіт і провести інструктаж про прийняті методи робіт. Необхідно суворе дотримання технологічної послідовності монтажу конструкцій. Застосування справних вантажозахватних пристосувань і технологічного оснащення. Забезпечення стійкості та працездатності вантажопідіймальних кранів повинно проводитися відповідно до ПВР. Особа, відповідальна за безпечне виконання робіт краном, кранівники і стропальники повинні бути ознайомлені з ПВР під розпис до початку

виконання робіт;

- під час роботи автотранспорту. До роботи будівельні машини і механізми допускаються в технічно справному стані та експлуатуються в суворій відповідності з технічними інструкціями. Рухомі частини машин і механізмів у місцях можливого доступу людей огорожуються. Забороняється залишати без нагляду працюючі машини і механізми;

- перебування людей у зоні переміщення конструкцій і матеріалів краном не допускається. Під час переміщення конструкцій необхідно утримувати їх від розгойдування і обертання відтяжками. Залишати підняті конструкції на вазі забороняється. Розстроповку конструкцій можна проводити після встановлення і надійного закріплення;

- вивісити в місцях виконання робіт графічне зображення способів стропування вантажів, у кабіні кранівників вивісити перелік елементів, що переміщуються, із зазначенням їхньої маси; проінструктувати такелажників і машиністів автокранів щодо послідовності подачі елементів і порядку подачі сигналів;

- під час виконання зварювальних робіт необхідно дотримуватися вимог: забезпечити зварювальників діелектричними килимками; зварювальне устаткування встановити під навісом. Користуватися прожареними і просушеними електродами, зберігати які в закритих ящиках. Електрозварювальні роботи забороняється проводити під час грози та дощу;

- автомобільні дороги будмайданчика повинні відповідати [24] та обладнані відповідними дорожніми знаками, що регламентують порядок руху транспортних засобів;

- у зоні ведення робіт мають бути встановлені застережливі та заборонні знаки. На межах небезпечних зон виставити сигнальників, а також установити знаки і написи, добре видимі в денний і нічний час, що попереджають про небезпеку або забороняють рух;

- на майданчику мають бути створені раціональні режими праці та відпочинку будівельників з організацією регламентованих перерв;

- побутові приміщення для обслуговування працюючих мають бути обладнані з дотриманням вимог пожежної безпеки, забезпечені автоматичною пожежною сигналізацією. За побутовими і виробничими приміщеннями призначити відповідальних за пожежну безпеку;

- особи, які працюють і перебувають на будівельному майданчику, повинні носити захисні каски встановлених зразків, мають бути забезпечені спецодягом, спецвзуттям і запобіжними пристосуваннями.

З метою безпеки виконання робіт необхідно будмайданчик позначити як небезпечну зону і закрити на нього доступ стороннім особам, а також працівників у нетверезому стані забороняється. Біля в'їзду на будмайданчик встановити схему внутрішньобудівельних доріг і проїздів із зазначенням місць складування матеріалів, місць розвороту транспортних засобів тощо. У санітарно-побутових приміщеннях, представлених підрядником, має бути аптечка з медикаментами, ноші, фіксувальні шини та інші засоби надання постраждалим першої медичної допомоги.

До початку основних будівельних робіт на будівельному майданчику має бути забезпечено протипожежне водопостачання.

Забезпечення пожежної безпеки на будівельному майданчику здійснюється відповідно до вимог Постанови Уряду та зводяться до таких основних положень:

- у процесі будівництва необхідно виконувати вимоги органів державного пожежного нагляду;

- для розміщення первинних засобів пожежогасіння (ящики з піском, вогнегасники, бочки з водою, ломи, лопати, багри, відра тощо) на будмайданчику мають бути встановлені пожежні щити ЩП;

- розмістити порошкові вогнегасники з масою вогнегасної речовини - 9 кг у побутових приміщеннях для робітників із розрахунку 1 шт. на 200 м ;²

- проведення вогневих робіт;

- будівельний майданчик забезпечити зв'язком - мобільний телефон;

- біля в'їздів на будівельний майданчик вивісити плани пожежного захисту (ППО) з нанесеними споруджуваними та допоміжними будинками і спорудами,

в'їздами і під'їздами, із зазначенням місцезнаходження вододжерел, засобів пожежогасіння та зв'язку. У всіх пожежонебезпечних приміщеннях мають бути вивішені інструкції, телефон пожежної охорони, попереджувальні написи і плакати про заходи пожежної безпеки, що враховують особливості цих приміщень, засобів заходів гасіння та евакуації людей;

- палити на території будівельного майданчика дозволяється тільки в спеціально відведених місцях з написом: "Місце для паління";

- передбачити пожежний проїзд і додаткові в'їзди на територію майданчика, що забезпечує пожежогасіння наявних будівель, які примикають до будмайданчика;

- забезпечити вільний під'їзд пожежних машин до об'єктів будівництва;

- горючі будівельні матеріали, балони з газом привозити на будівельний майданчик з розрахунку потреби на зміну, регулярно вивозити будівельне сміття. Не допускається спалювання на будівельному майданчику будівельних відходів;

- усі електроустановки монтувати й експлуатувати відповідно до вимог ПУЕ, ПТЕ, ПТБ та ін. нормативних документів;

- для опалення тимчасових будівель використовувати електронагрівачі тільки заводського виготовлення;

- побутові приміщення обладнати з дотриманням вимог пожежної безпеки, забезпечити автоматичною пожежною сигналізацією. За побутовими і виробничими приміщеннями призначити відповідальних за пожежну безпеку. У всіх пожежонебезпечних приміщеннях мають бути вивішені інструкції, попереджувальні написи і плакати про заходи пожежної безпеки, що враховують особливості цих приміщень, засобів заходів гасіння та евакуації людей;

- деревину, що застосовується при виготовленні опалубки і риштування, просочити вогнезахисним складом. Використовуваний вогнезахисний склад повинен мати сертифікат якості. З метою дотримання протипожежної безпеки посадові особи (майстер, виконроб) зобов'язані:

- провести інструктаж усіх осіб, які беруть участь у будівництві, з реєстрацією в спеціальному журналі;

- знати і точно виконувати протипожежні заходи, передбачені проектом, правила пожежної безпеки, здійснювати контроль за дотриманням їх усіма працюючими на будівництві;
- забезпечити наявність, справне утримання та готовність до застосування засобів пожежогасіння;
- забезпечити відключення після закінчення робочої зміни всієї системи електропостачання будівельного майданчика, крім чергового освітлення, освітлення місць проходів, проїздів території будівельного майданчика;
- регулярно не рідше одного разу на зміну перевірити протипожежний стан;
- обов'язково знати пожежну небезпеку застосовуваних у будівництві матеріалів і конструкцій;
- встановити перелік професій, працівники яких повинні проходити навчання за програмою пожежно-технічного мінімуму;
- установити наказом або розпорядженням посадових осіб, які відповідають за протипожежне виконання будівельно-монтажних робіт. Контроль виконання вимог з безпеки праці здійснюється інженерно-технічними працівниками та службами техніки безпеки будівельних організацій.

4.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

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

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

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

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

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

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

Оцінка обстановки визначає:

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

- вплив вторинних факторів ураження, погоди, пори року і доби, характер місцевості.

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

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

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

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

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

Метою роботи цієї групи на місці НС є:

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

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

Аналіз пожежної небезпеки і захисту технологічних процесів виробництв здійснюється поетапно. Він містить у собі вивчення технологій виробництв, оцінку

пожежонебезпечних властивостей речовин, виявлення можливих причин виникнення і запобіганню пожеж.

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

Для оцінки пожежної обстановки необхідно провести такі заходи:

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

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

Межа вогнестійкості, вимірювана в годинах, визначається здатністю несучих конструкцій протистояти вогню без обвалювань, прогинів, тріщин, і отворів, через які проникають продукти горіння.

Вона становить для будинків:

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

За категоріями вибухонебезпечності будинки поділяють на п'ять категорій:

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

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

Види пожеж: окремі, масові, суцільні, вогневий шторм, лісові, степові,

торф'яні, тління, горіння в завалах.

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

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

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

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

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

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

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

ВИСНОВКИ

У розділі 1 здійснено аналіз об'ємно-просторових і архітектурно-художніх рішень будівлі залу для водних видів спорту. Обґрунтовано вибір матеріалів і конструкцій для покриття, що забезпечують енергоефективність, природне освітлення та шумоізоляцію. Розроблено планувальні рішення, які відповідають сучасним стандартам функціональності та комфорту для спортсменів і глядачів.

В розділі 2 детально розглянуто конструктивні особливості споруди, виконано розрахунки навантажень на основні несучі елементи будівлі, зокрема дерев'яні аркові конструкції. Обґрунтовано вибір конструктивних матеріалів з урахуванням умов експлуатації та кліматичних особливостей. Використано сучасні програмні комплекси для моделювання та оптимізації конструкцій.

В науково-дослідній частині проведено дослідження напружено-деформованого стану дерев'яних арок покриття з використанням методу скінченних елементів. Отримано практичні рекомендації щодо підвищення міцності та надійності конструкцій. Результати досліджень підтверджують ефективність застосування дерев'яних аркових конструкцій у великопрогонових спорудах.

В розділі 4 розроблено заходи з охорони праці та техніки безпеки на етапах будівництва та експлуатації будівлі. Враховано особливості безпечного використання дерев'яних конструкцій у спортивних спорудах, а також заходи з охорони навколишнього середовища.

Кваліфікаційна робота спрямована на розробку сучасного залу для водних видів спорту з використанням дерев'яних аркових конструкцій покриття. Результати дослідження підтверджують ефективність застосування інноваційних дерев'яних конструкцій у будівництві великопрогонових споруд. Запропоновані рішення забезпечують високу енергоефективність, довговічність і екологічність споруди. Отримані дані можуть бути використані для проєктування подібних об'єктів як в Україні, так і за її межами.

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

України, 2003.

12. ДБН В.2.1-10-2018 "Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення" [Чинний від 02.08.2018]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2018. 36 с.

13. К. М. Мельникова, В. І. Щавурський, М. І. Гудь. Конструктивне влаштування перекриття громадських будівель // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 6-7 грудня 2023 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2023. — С. 102. — (Сучасні технології в будівництві, машино- та приладобудуванні).

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

15. Чорномаз, Наталія Юріївна. "Конспект лекцій з курсу «Конструкції з дерева та пластмас» для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної і заочної форми навчання." (2024).

16. Hud, Mykhailo, Nataliya Chornomaz, and Svitlana Danylchenko. "Modelling of the stress-strain state of a wooden frame under dynamic loads with local stiffening elements." *Procedia Structural Integrity* 59 (2024): 687-691.

17. Барабаш М.С. Основи комп'ютерного моделювання: навч. посіб. / М.С. Барабаш, П.М. Кір'язєв, О.І. Лапенко, М.А. Ромашкіна. – К. : НАУ, 2019. – 500 с.

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

19. Про охорону праці: Закон України від 14.10.92 р. № 2695-ХІІ. Вид. офіц. Голос України 1992. 24 лист. № 49, ст.669.

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. Стручок, Володимир Сергійович. "Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання." (2022).
28. Каспрук, Володимир Богданович. «Методичні вказівки для написання розділу з Охорони праці в будівництві спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» - Тернопіль: ТНТУ, 2024. -15 с.