

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

Центр перепідготовки та післядипломної освіти
(повна назва факультету)
Будівельної механіки
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістра

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проектування центру водних видів спорту в Хмельницьку
з дослідженням роботи трикутної арки

Виконав: студент 2 курсу, групи МБд-2
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

	(шифр і назва спеціальності)	
Студент		<u>Сидоренко Е.Ю.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник		<u>Ковальчук Я.О.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль		<u>Мещерякова О.М.</u> (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри		<u>Ясній В.П.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент		<u>Бобик М.П.</u> (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2022

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

Факультет центр перепідготовки та післядипломної освіти
(повна назва факультету)

Кафедра Будівельної механіки
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ясній В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Сидоренко Ельвірі Юріївній
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проектування центру водних видів спорту в Хмельницьку
з дослідженням роботи трикутної арки

Керівник роботи Ковальчук Ярослав Олексійович , к.т.н. доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 14 » листопада 2022 року № 4/7-907

2. Термін подання студентом завершеної роботи до 15.12.2022 року

3. Вихідні дані до роботи Геолокація об'єкту

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)
8-12 листів формату А1

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Опис та обґрунтування зовнішнього та внутрішнього виду об'єкта капітального будівництва, його планувальної та функціональної організації..	7
1.2 Обґрунтування прийнятих об'ємно-просторових і архітектурно-художніх рішень, зокрема в сфері дотримання граничних параметрів будівництва об'єкта	8
1.3 Опис та обґрунтування використаних композиційних прийомів при оформленні фасадів та інтер'єрів об'єкта капітального будівництва	9
1.4 Опис рішень з оздоблення приміщень основного, допоміжного, обслуговуючого і технічного призначення.....	9
1.5 Опис архітектурних рішень, що забезпечують природне освітлення приміщень з постійним перебуванням людей	10
1.6 Опис архітектурно-будівельних заходів, що забезпечують захист приміщень від шуму, вібрації та іншого впливу	10
1.7 Опис рішень з світлообгородження об'єкта, що забезпечують безпеку польоту повітряних суден	11
1.8 Опис рішень по декоративно-художньому і кольоровому оздобленню інтер'єрів.....	11
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ.....	13
2.1 Конструктивні характеристики об'єкта проектування	13
2.2 Кліматичні умови району будівництва.....	13
2.3 Розрахунок каркасу будівлі в програмному комплексі SCAD.....	14
2.3.1 Створення розрахункової схеми і призначення жорсткісних характеристик елементів каркаса	14
2.4 Збір навантажень і створення завантажень	18
2.4.1 Постійні навантаження.....	18
2.4.2 Короткочасні навантаження. Снігове навантаження	21
2.4.3 Вітрове навантаження	27

	4
2.4.4 Особливі впливи.....	31
2.4.5 Аналіз результатів розрахунку	31
2.5 Розрахунок і конструювання піварок	43
2.5.1 Перевірка перерізів елементів арки	43
2.5.2 Перевірка безфасоночних вузлів	49
РОЗДІЛ 3. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	61
3.1 Варіантне виконання решітки арок купольного покриття	61
3.1.1 Опис варіантів	61
3.1.2 Варіант 1	62
3.1.3 Варіант 2	64
3.2 Порівняння варіантів	65
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	68
4.1 Охорона праці.....	68
4.1.1 Законодавчі акти України	68
4.1.2 Розрахунок опалення для комфортних умов проживання в одній квартирі	70
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	72
4.2.1 Законодавча база України	72
4.2.2 Стійкість споруди від ударної хвилі	72
ВИСНОВОК.....	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	77

ВСТУП

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було розроблено проект центру водних видів спорту в Хмельницьку.

Передбачено виконання несучого каркасу проектованої будівлі з металевих конструкцій. Металевий каркас пришвидшує будівництво, краще забезпечується висока якість заводського виготовлення конструкцій, універсальна сезонність будівництва, вільний вибір планування, велика сейсмостійкість і стійкість до вібрацій.

Актуальність теми. Великі спортивні комплекси відіграють значиму роль як в розвитку економіки так і в соціальному аспекті.

Зведення великих будівель зумовлює притік капіталу та мобілізацію робочої сили, що позитивно відображається на економічному розвитку регіону.

В соціальному аспекті створюються умови для покращення якості життя, оскільки є можливість вести здоровий спосіб життя. Також піднімається престиж країни на міжнародній арені, через те, що створена інфраструктура як для проведення різного рівня змагань, так і для виховання професійних спортсменів.

Мета роботи: Розробка проекту центру водних видів спорту в Хмельницькому з дослідженням роботи трикутної арки.

Об'єкт досліджень – каркасно-просторові металеві конструкції громадських будівель.

Предмет дослідження – фермова решітка просторових конструкцій громадських будівель в об'ємній постановці.

Доцільність проведення досліджень зумовлена тим, що отримані результати дадуть можливість підвищити економічність та довговічність громадських будівель при їх експлуатації.

Завдання роботи:

- розробити основні конструктивні та архітектурні рішення центру водних видів спорту;
- виконати розрахунок основних несучих конструкцій будівлі центру водних видів спорту;

- виконати статичний розрахунок металевго каркасу громадської будівлі в об'ємній постановці;
- визначити прогини та розподіл внутрішніх зусиль в трикутній арці з різною конфігурацією решітки
- розробити заходи по охороні праці та цивільному захисту населення.

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

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

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що отримала подальший розвиток методика моделювання металевго каркасу громадських будівель в об'ємній постановці.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані в роботі результати досліджень можуть бути використані для зведення нових та реконструкції громадських висотних будівель в об'ємній постановці.

Апробація результатів магістерської роботи виконана роботи виконана на міжнародній науково-технічній конференції присвяченій 70 - річчю від дня народження член-кореспондента НАН України, проф. Яснія Петра Володимировича «Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій» (Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 10-11 листопада 2022 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: металевий каркас, громадська будівля, скінченні елементи.

РОЗДІЛ 1

АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ РОЗДІЛ

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

Будівля, що проектується, призначена для круглорічного використання в якості майданчика для навчально-тренувальних занять спортсменів і населення, а також для проведення світових змагань не тільки за класичними дисциплінами одного спорту, але і по хай-дайвінгу.

Палац водних видів спорту включає в себе 5 ванн: 2 з яких призначені для тренувань професійних спортсменів і проведення змагань.

Для забезпечення оптимальної роботи спортивної будівлі планувальні рішення спроектовані з врахуванням його функціональної організації з розділенням потоку спостерігачів, спортсменів, відвідувачів, адміністративного, тренерського і інженерно-технічного персоналу.

Блок, призначений для професійних спортсменів, розташовано на першому поверсі в лівій частині будівлі і має окремий вхід для попередження зустрічі спортсменів і глядачів під час проведення демонстраційних змагань. Вхідна група блоку складається з вестибюля, фойє, гардеробної і білетних кас. Блок оснащений двома групами роздягальнь, які з'єднуються з залами сухого плавання і душовими, які в свою чергу через прохідні, обладнані ніжними ваннами з'єднані з залами ванни для стрибків в воду і хай-дайвінгу, і ванни 50-метрового басейну. Стрибкова ванна також призначена для проведення змагань по синхронному плаванню, а 50-ти метрова - для проведення змагань по водному поло. У безпосередній близькості до ванн розташовані душові установки, а також гідромасажні ванни для зняття напруження в м'язах. У блоці розміщений медичний пункт, який знаходиться в зручному взаємозв'язку з ваннами, а також приміщення для взяття аналізу з допінг-контролю.

Вхід глядачів в центральній частині будівлі і суміщений з вхідною групою відвідувачів. Вхідна група блоку включає в себе вестибюль, фойє, білетні каси, реєстратуру і довідкове бюро. У блок входять 3 ванни габаритними розмірами в

плані 25x11, 10x8 і 10x6, призначені відповідно для спортивно-оздоровчого плавання дорослих, для навчання плавання і занять дітей у віці від 7-14 років. Приміщення роздягальні запроектовані окремо для кожної з ванн і поєднуються з ними через душові, виключаючи можливість проходу відвідувачів. Зали басейнів, роздягальні і душові запроектовані і обладнані з урахуванням доступності для маломобільних груп населення. З кожною з ванн поєднується кабінет медичної сестри і тренерська або кімната керівного тренера. У блоці розташовані зал ОФП, сауни і масажний кабінет.

Вхід для організаторів копіювання, судійського складу і працівників прес-центру суміщений з входом для адміністрації і інженерно-технічного персоналу і розташований в правій частині будівлі. У блоці розміщений прес-центр, кабінети і приймальна адміністрація і керівників інженерних служб, приміщення для робітників, що займаються обслуговуванням ванн.

З урахуванням всіх вимог, що пред'являються до кожної з функціональних груп зокрема, спроектований палац водних видів спорту відповідає вимогам складних взаємозв'язків організаційних потоків.

1.2 Обґрунтування прийнятих об'ємно-просторових і архітектурно-художніх рішень, зокрема в сфері дотримання граничних параметрів будівництва об'єкта

Згідно норм[2-6] великопролітні покриття будівельних об'єктів з польотом більше 100 м відносяться до споруджень класу КС-3, відповідно рівень відповідальності будівлі - підвищений.

Ступінь вогнестійкості будівлі – І. Клас конструктивної пожежної небезпеки – С0. Клас функціональної пожежної небезпеки для спортивних споруд з вимогами - Ф2.1 [2].

Палац водних видів спорту являє собою квадратний в плані пірамідальний купол розмірами з врахуванням виступаючих за основний об'єм будівлі пілонів – 126,12x126,12 м, відмітка верху огорожувальних конструкцій – +48,880 м.

В будівлі запроектовано 4 поверхи, висота від рівня підлоги до стелі по

поверхах відрізняється, зокрема: висота технічного поверху, призначеного для огляду і обслуговування ванн, – 5,9 м, висота оглядових галерей для спостереження за плавцями і фотозйомками в демонстраційних ваннах – 2,2 м, висота першого поверху - 5,2 м, другого - 4 м.

У будівлі запроектовано ліфти будівлі: 1 службовий і 4 громадські – OTIS MO-Z1382W-1200 C3 вантажопідйомністю $Q = 1000$ кг і швидкістю $V = 1,0$ м/с, 2 малих навантажувальних - ЩЛЗ ПГ-0125М вантажопідйомністю $Q = 100$ кг, $V = 0,3$ м/с ц і 8.

Огородження глядацьких трибун, драбин, пандусів виконується огороженнями висотою 0,9 м з кроком вертикальних елементів огороження - 0,5 м.

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

Зали ванн повинні мати пряме природне освітлення. Для забезпечення великої світлопропускної здатності огорожувальних конструкцій будівлі було вибрано суцільне скління фасадів пірамідального купола будівлі тонованими склопакетами.

Світлопрозорі конструкції є важливим фактором у вирішенні питань об'ємно-планувальних рішень будівель і формуванні мікроклімату приміщення.

Використання світлопрозорних конструкцій покриття дозволило збільшити світлопропуск і надати архітектурну виразність образу будівлі в цілому.

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

Внутрішня обробка приміщень запроектована в відповідності з їх функціональним призначенням. Для оздоблення використовуються сучасні високоякісні матеріали, що мають високі декоративні і експлуатаційні характеристики і відповідальні санпідеміологічним вимогам і вимогам пожежної безпеки.

Внутрішня обробка витримана в жорсткому стилі з використанням однотонних квітів в оздобленні стін і перегородок. Стіни приміщень передбачені гладкими, їх оздоблення виконуються матеріалами, що дозволяють в подальшому здійснювати вологе прибирання і дезінфекцію. Підлоги в місцях постійного перебування людей виконуються з витривалих матеріалів.

У приміщенні з мокрими і вологими режимами стіни і перегородки на всю висоту приміщення облицьовуються керамічними плитками, підлоги виконуються з матеріалів, стійких до впливу вологи.

Матеріал покриття стін ванн і обхідних доріжок стійкий до застосовуваних для очистки води і ванн хімічним реагентів, легко очищається і дезінфікується. Обхідні доріжки залів ванн облицьовуються керамічною плиткою з шероховатою поверхнею. Оздоблення стін і дна ванн виконано з мозаїчного скляного покриття світлих тонів, поверх якого нанесено розмітку шириною 0,2 м темно-контрастного кольору по центру кожної з доріжок.

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

Згідно вимогам об'ємно-планувальні рішення будівлі передбачають огороджувальну оболонку.

Природне освітлення приміщень з постійним перебуванням людей забезпечується за допомогою використання вітражного скління в якості огорожень. В якості внутрішньої частини склопакета вітражної системи виконано тепловідбиваюче скло, зовнішня частина якого обладнана жалюзі з електроприводом, що регулюється з допомогою дистанційного керування.

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

Зниження шуму і вібрацій на шляху розповсюдження досягається комплексом будівельно-акустичних заходів, таких як: влаштування вібро- і звукоізоляції обладнання, застосування малошумного обладнання.

З метою забезпечення необхідної звукоізоляції обгороджувальних

конструкції застосовані вітражні системи зі склопакетів з повітряною прослойкою, що гарантує її звукоізоляційні якості.

Для захисту приміщень постійного перебування людей від шуму і вібрацій при роботі ліфтового обладнання передбачено застосування сертифікованих ліфтів.

Вентиляційне обладнання та ІТП розташовуються в технічних приміщеннях, розташованих окремо від приміщень з постійним перебуванням людей.

В якості входних дверей в кабінети, глядацький зал, кімнати відпочинку, зали ванн басейнів використовуються полотна з звукоізоляційним шаром всередині і ущільнюючими прокладками в щілинах.

1.7 Опис рішень з світлообгородження об'єкта, що забезпечують безпеку польоту повітряних суден

Загородні вогні розташовуються на даху будівлі на висоті 1,5 м від рівня конька даху по її периметру. В якості загороджувачих вогнів світлового огороження, що задовольняють вимоги правил маскування і світлоогороження, прийняті світильники з фотоелементом типу 2СДЗО.

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

При проектуванні оздоблення враховано різноманітність властивостей, що впливають на якість художнього сприймання навколишнього середовища і кольорової гамми людиною: функціональну особливість приміщення, освітленість, якість будівельних матеріалів.

Основна увага приділена створенню оптимального кольорового клімату в приміщенні, орієнтованого на гармонію кольорів з високою випромінювальною здатністю і великою ступеню відображення теплової радіації .

В якості складових просторової композиції для посилення художньої виразності інтер'єрів використовуються декоративні елементи. Декоративно-художні деталі розташовані в місцях масового скупчення людей - вестибюлях,

фойє, вздовж часто використовуваних шляхів переміщення - коридорах.

Оздоблювальні роботи повинні виконуватися згідно вимог «Ізоляційні та оздоблювальні покриття». Оздоблювальні роботи повинні виконуватися в суворій відповідності з вимогами проекту. Заміна передбачених проектом оздоблювальних матеріалів і виробів допускається тільки за згодою з проектною організацією і замовником при наявності результатів досліджень нових матеріалів.

Матеріали і вироби, що застосовуються при оздоблювальних роботах, повинні відповідати вимогам діючих стандартів [5] або технічних умов, мати сертифікати відповідності, гігієнічні сертифікати або висновки, а також сертифікати пожежної безпеки. До всіх матеріалів і виробів повинні додаватися технічні рекомендації з їх застосування.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Конструктивні характеристики об'єкта проектування

Будівля квадратна в плані розмірами в крайніх осях 107,05x107,05 м, за формою чотиригранна піраміда. Являє собою ребристий пірамідальний купол з прямолінійними ребрами у вигляді шпренгельних арок скрізного січення з висотою підйому стріли 40 м.

Проліт радіальних (кутових) арок – 141 м, меридіональних – 98 м, між ними влаштовуються додаткові арки прольотами 120 м і 105 м під кутами до 11,5 градусів і 26,5 градусів від радіальних арок відповідно. Решітка арок шпренгельна. Елементи арок виконуються з труб квадратного перерізу, вузли спрощення - жорсткі, всі елементи з'єднуються один з одним з допомогою зварних з'єднань.

Просторова жорсткість і стійкість будівлі забезпечується спільною роботою арок, з'єднаних між собою прогонами, які через значну величину прольотів буду виконуватися наскрізними, а також системою гнучких зв'язків з круглої сталі по верхніх і нижніх поясах.

Схема розташування елементів покриття по верхніх поясах арок і схеми розташування зв'язків по нижніх поясах арок представлена на рисунках 2.1 і 2.2 відповідно.

2.2 Кліматичні умови району будівництва

Розрахунок несучих конструкцій виконаний для м. Хмельницьк, який розташований в районі з наступними природно-кліматичними умовами:

- кліматичний район - I;
- кліматичний підрайон - ІВ;
- зона вологості – 3 (суха);
- середня температура повітря найбільш холодної п'ятиденки – мінус 20°C;
- розрахункове снігове навантаження - 1,5 кПа (ІІІ сніговий

район);

- нормативне вітрове навантаження - 0,38 кПа (III вітровий район);
- переважний напрямок вітру грудень-лютий – західний.

2.3 Розрахунок каркасу будівлі в програмному комплексі SCAD

2.3.1 Створення розрахункової схеми і призначення жорсткісних характеристик елементів каркаса

Просторова розрахункова схема будівлі була створена в ПК SCAD за допомогою імпорту підкладки формату dxf з AutoCAD і перетворення її об'єктів в набір кінцевих елементів схеми. Після імпорту необхідно призначити жорсткі характеристики всім елементам схеми. Жорсткості елементів каркасу і схеми розташування елементів покриття і зв'язків показані на рисунку 2.1-2.2.

Також було створено розрахункову схему з фіктивними елементами – плитами, призначеними для передачі рівномірно розподілених по площі навантажень на несучі елементи будівлі, а потім було зроблено перенос навантажень в основну розрахункову схему з допомогою функції «навантаження від фрагмента схеми» в ПК SCAD. Розрахункова схема з фіктивними плитами, на яку здійснювався збір навантажень, представлена на рисунку 2.3 допоміжна схема зображена на рисунку 2.4.

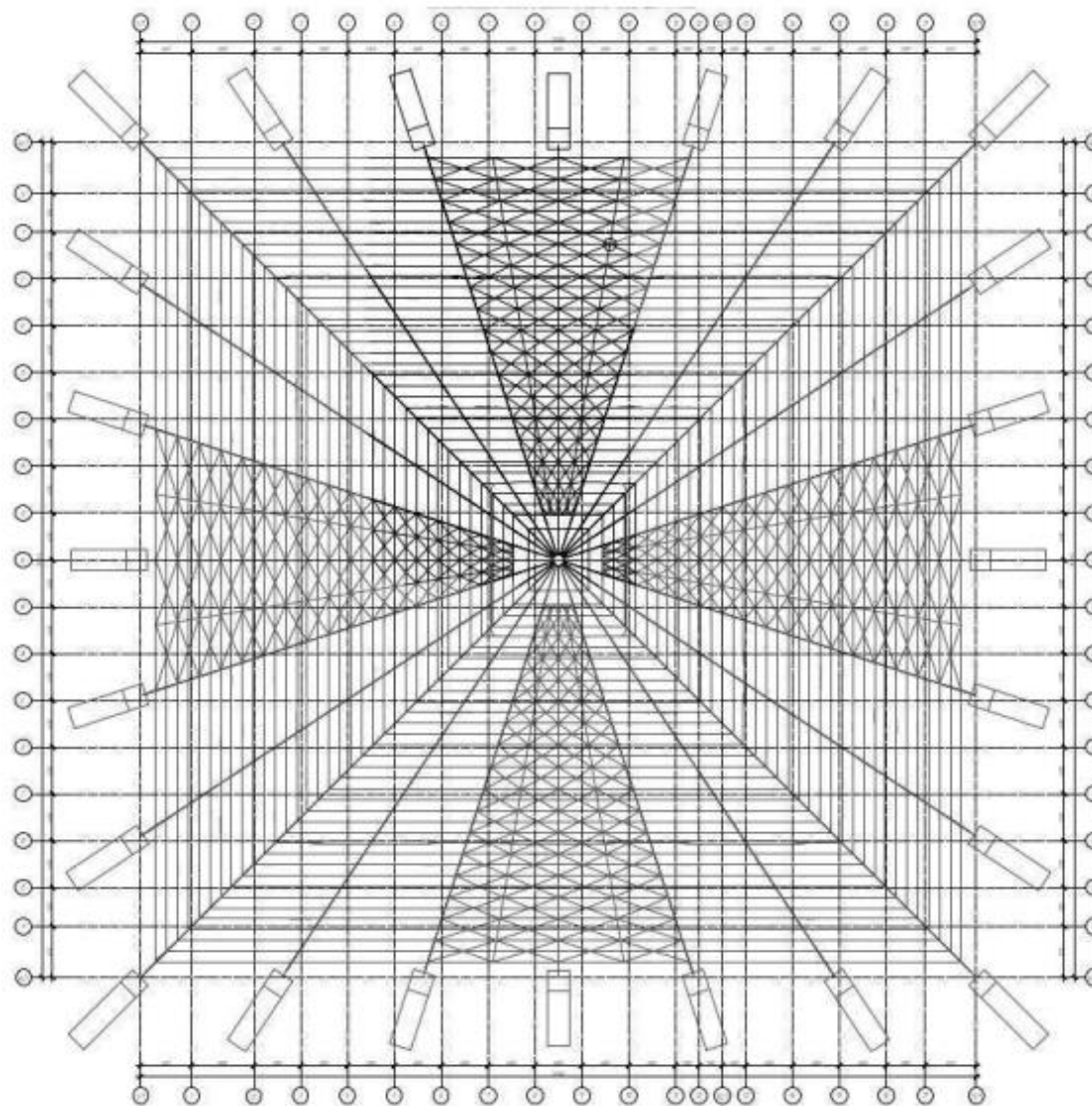


Рисунок 2.1 – Схема розташування елементів покриття і зв'язків по верхніх поясах арок

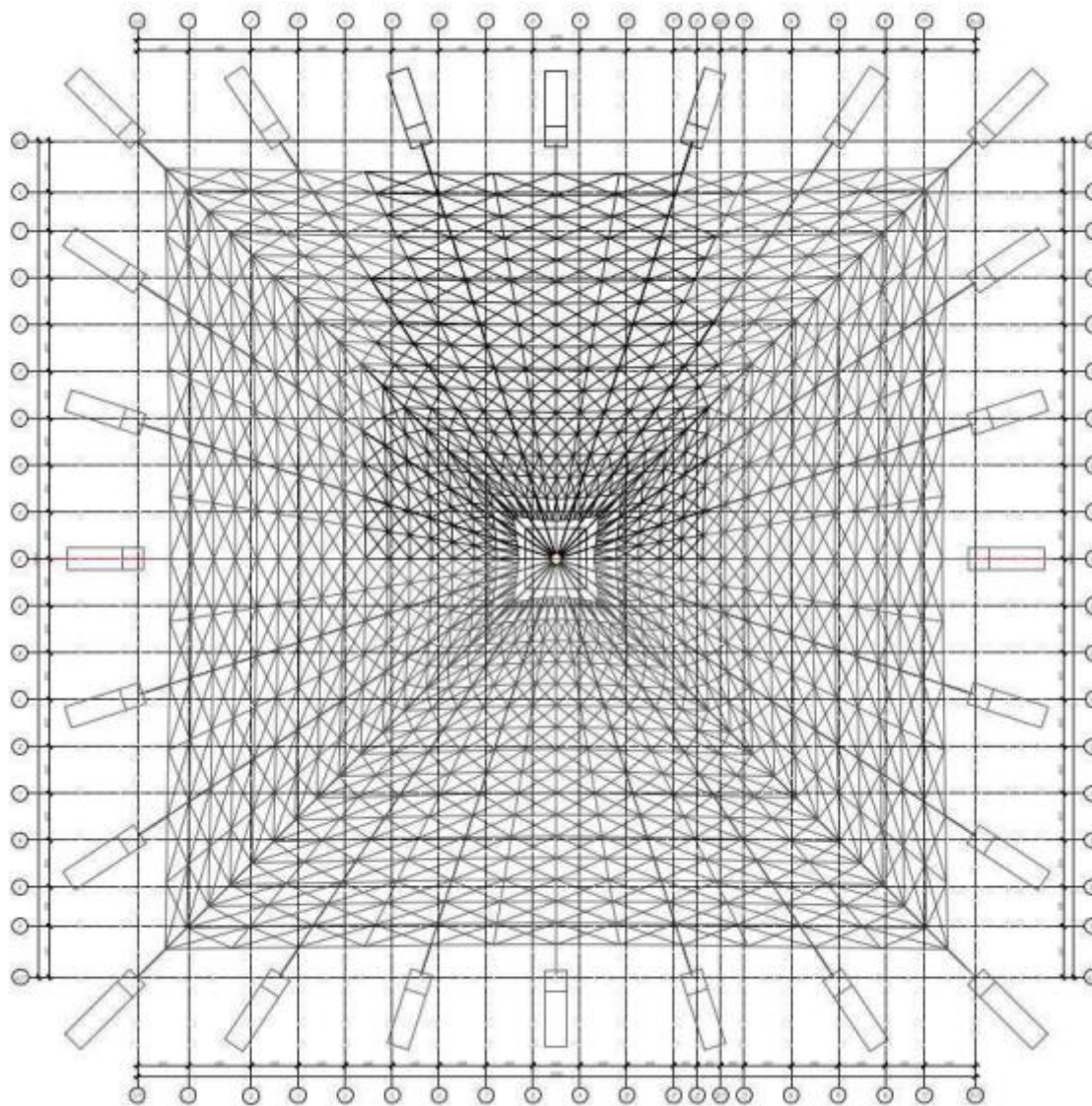


Рисунок 2.2 – Схема розташування зв'язків по нижніх поясах арок

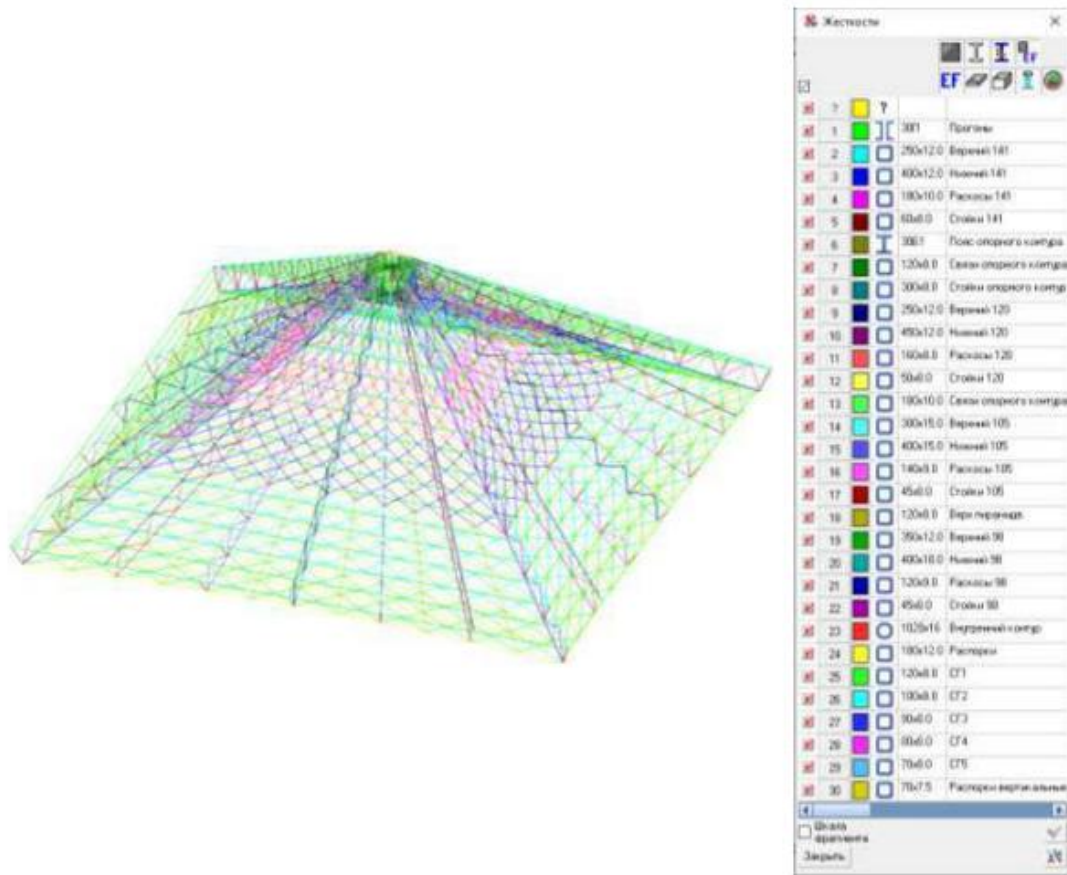


Рисунок 2.3 -Розрахункова схема будівлі в ПК SCAD і жорсткі характеристики конструктивних елементів

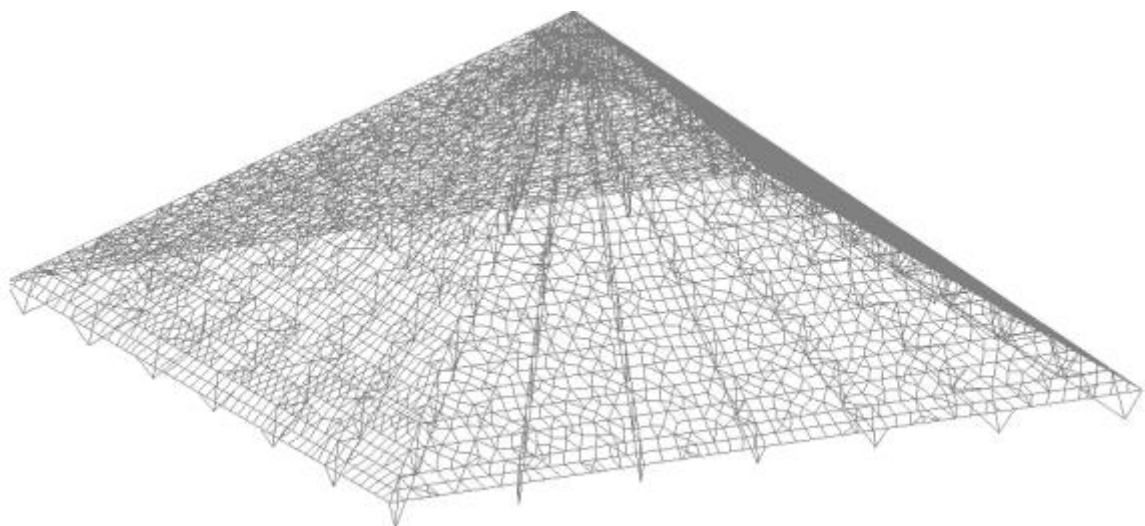


Рисунок 2.4 – Допоміжна розрахункова схема будівлі в ПК SCAD з фіктивними елементами, призначеними для передачі рівномірно розподілу по площі навантажень

2.4 Збір навантажень і створення завантажень

2.4.1 Постійні навантаження

Постійними навантаженнями, що діють на несучі конструкції будівлі, є власна вага конструкцій і вага вітражного скління.

Власна вага була задана автоматично в програмному комплексі з допомогою функції «Власна вага». Розрахунок світлопрозорих огорожувальних конструкцій на міцність виконується відповідно до рекомендацій [4]. Розрахунок здійснюється на дію снігового, вітрового навантажень і власної ваги конструкції.

Розрахункові значення навантажень визначають шляхом множення їх нормативних значень, визначених згідно [5], на коефіцієнти надійності. $\gamma_{\phi}^{CH} = 1$, для вітре $\gamma_{\phi}^B = 1,4$, для власної ваги світлопропускних елементів заповнення $\gamma_{\phi}^{CB} = 1,1$.

При розрахунку на одночасну дію снігових і вітрових навантажень розрахункове навантаження множиться на коефіцієнт сполучення ψ , прийнятий рівним 0,9.

Розглянемо найбільш навантажену частину скління, для якої значення снігового навантаження визначається по формулі

$$q_{CH} = S_g \cdot \mu \cdot \mu_0 \cdot \gamma_f^{CH},$$

де S_g - нормативне значення ваги снігової покрівлі на 1 м² горизонтальної поверхні землі, що приймається в відповідності з табл. 14 [5], кПа;

μ - коефіцієнт форми, що враховує перехід від ваги снігової покрівлі землі до снігового навантаження на покриття, що приймається за табл. Б.1 [5];

μ_0 - коефіцієнт, що враховує зниження снігового навантаження для зенітних ліхтарів, розміщених в районах $cv \geq 4$ м / с, прийнятий рівним 0.85

Коефіцієнт форми визначається по формулі для крайньої панелі скління, що спирається на арку польотом 140 м, як для найбільшого навантаження. Приймаємо $\mu = 1,723$, $S_g = 1,5$ кПа.

$$q_{CH} = 1,5 \cdot 1,723 \cdot 0,85 \cdot 1,6 = 3,51 \text{ кН/м}^2.$$

Величина розрахункового навантаження від вітрового тиску визначається за формулою:

$$q_B = w_0 \cdot k \cdot c \cdot \gamma_f^B,$$

де w_0 - нормативне значення вітрового тиску, що приймається в співвідношенні з табл. 11.1 [5], кПа;

$k(z_e)$ - коефіцієнт, що враховує зміну вітрового тиску для висоти z_e (див. 11.1.5 і 11.1.6 [5]);

c - аеродинамічний коефіцієнт, визначуваний по додатку В.2 [5]

Для розрахунку приймаємо ділянку F (рис. 2.10), розташовану на висоті 6,132 м, на яку діє позитивний вітровий тиск, тоді $k(z_e) = 0,534$, $c = 0,616$, нормативне значення вітрового тиску приймаємо рівним для м. Хмельницьк , $w_0 = 0,38$ кН/м².

$$q_B = 0,38 \cdot 0,534 \cdot 0,616 \cdot 1,4 = 0,175 \text{ кН / м}^2,$$

Величина розрахункового навантаження від власної ваги визначається за формулою

$$q_{с.в.} = q_0^{CB} \cdot \cos \alpha \cdot \gamma_f^{CB}$$

де q_0^{CB} – власна вага конструкції, кг /м²;

α - кут нахилу скління, град.

Кут нахилу скління приймаємо рівним $\alpha = 38,7^\circ$, власна вага конструкцій $q_0^{CB} = 0,25$ кг/м² тоді розрахункове навантаження від власної ваги

$$q_{с.в.} = 0,25 \cdot \cos 38^\circ \cdot 1,1 = 0,22 \text{ кН / м}^2.$$

Товщину скла, що опирається по чотирьох сторонах, слід визначати за формулою

$$\delta = \sqrt{0,32 \cdot q_p \cdot a \cdot b / R_u \cdot m \cdot (\beta \lambda^2 + 1)^2},$$

де R_u – розрахунковий опір скла на розтяг при вигині, що сприймається рівним 15 МПа;

q_p - сумарне розрахункове навантаження, що діє на скло, МПа;

a - довжина більшої сторони скла, м;

b - довжина меншої сторони скла, м;

β - коефіцієнт, що визначається за формулою:

$$\lambda = \frac{a}{b};$$

β - коефіцієнт, що приймається в залежності від величини коефіцієнта λ , рівним 0,2 при $\beta \leq 1,5$; 0,1 при $1,5 < \beta \leq 2$; 0,08 при $\beta > 2$;

$$m = 1 + \frac{0,25 \cdot q_B}{q_B + q_{CH} + q_{CB}},$$

m - коефіцієнт, що залежить від сполучення або виду навантаження на скло, що визначається за формулою

$$m = 1 + \frac{0,25 \cdot 0,175}{0,175 + 3,51 + 0,22} = 1,01.$$

де q_B - розрахункове навантаження від вітрової дії, $\text{кН}/\text{м}^2$;

q_{CB} - розрахункове навантаження від власної ваги покриття, $\text{кН}/\text{м}^2$;

q_{CH} - розрахункове навантаження від ваги снігового покриву, $\text{кН} / \text{м}^2$.

$$m = 1 + \frac{0,25 \cdot 0,175}{0,175 + 3,51 + 0,22} = 1,01.$$

Довжину більшої сторони скла приймаємо рівною $a = 2,120$ м, довжину меншої – $b = 1,773$ м. Коефіцієнт $\lambda = a / b = 2,12 / 1,773 = 1,19$, відповідно, коефіцієнт $\beta = 0,2$. Тоді товщина скла рівна

$$\delta = \sqrt{0,32 \cdot ((0,175 + 3,51) \cdot 0,9 + 0,22) \cdot 2,12 \cdot 1,773 / (15 \cdot 10^6 \cdot 1,01 \cdot (0,2 \cdot 1,19^2 + 1))} = 14,9 \text{ мм} \approx 15 \text{ мм}.$$

Приймаємо товщину зовнішнього скла в склопакеті рівною 15 мм. Тоді нормативне рівномірно-розподілене навантаження від ваги вітражного скління становить

$$q_c = \frac{\rho_c \cdot t \cdot g}{1000} = \frac{2500 \cdot 0,015 \cdot 9,807}{1000} = 0,367 \text{ кН} / \text{м}^2.$$

Навантаження від ваги вітражного скління для варіанта з трикутною решіткою несучих арочних конструкцій визначаємо аналогічно розрахунку, представленому в п. 2.1. З тою лише відмінністю, що довжину більшої сторони скла приймаємо рівною $a = 3,545$ м, довжину меншої – $b = 2,120$ м. Тоді коефіцієнт $\lambda = a / b = 3,545 / 2,120 = 1,67$, відповідно, коефіцієнт $\beta = 0,1$. Тоді товщина скла рівна

$$\delta = \sqrt{0,32 \cdot ((0,175 + 3,51) \cdot 0,9 + 0,22) \cdot 3,545 \cdot 2,12 / (15 \cdot 10^6 \cdot 1,01 \cdot (0,1 \cdot 1,67^2 + 1))} = 21,2 \text{ мм} \approx 22 \text{ мм}.$$

Приймаємо товщину зовнішнього скла в склопакеті рівною 22 мм. Тоді

нормативне рівномірно-розподілене навантаження від ваги вітражного скління становить

$$q_c = \frac{\rho_c \cdot t \cdot g}{1000} = \frac{2500 \cdot 0,022 \cdot 9,807}{1000} = 0,539 \text{ кН / м}^2.$$

Завантаження каркасу власною вагою та вагою вітражного скління представлені на рисинках 2.5 та 2.6 відповідно.

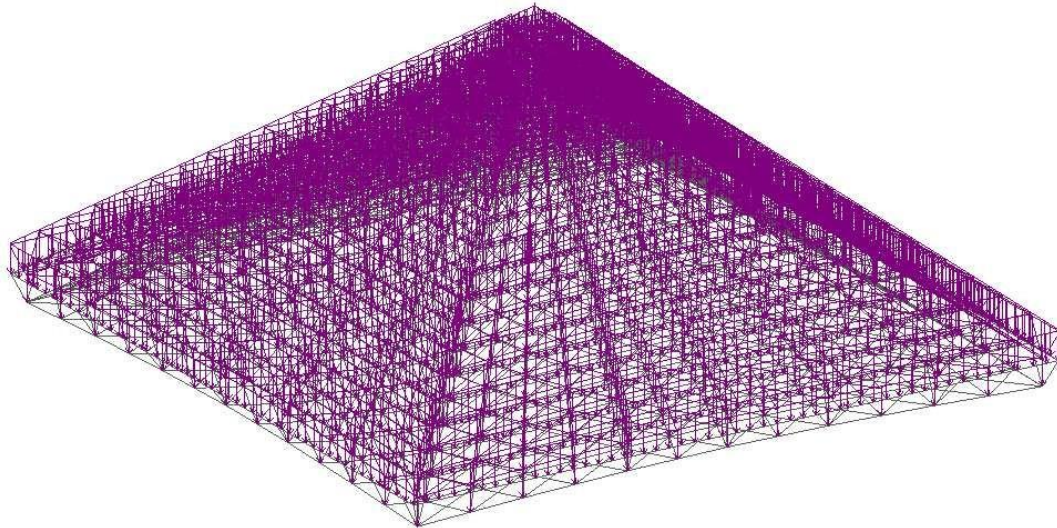


Рисунок 2.5 – Навантаження від власної ваги несучих конструкцій в основній розрахунковій схемі в ПК SCAD

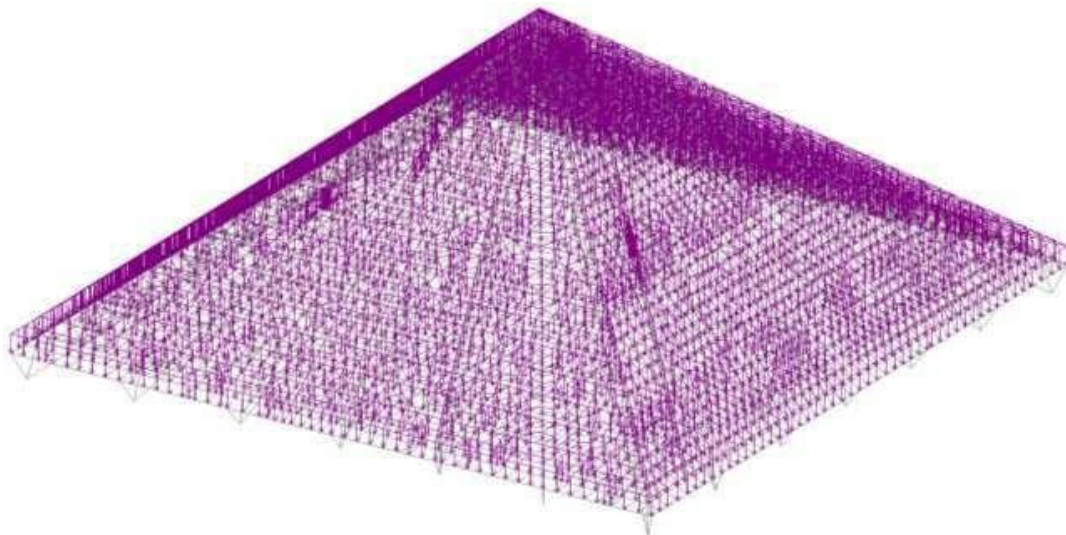


Рисунок 2.6 – Навантаження від ваги вітражного скління у допоміжній розрахунковій схемі в ПК SCAD

2.4.2 Короткочасні навантаження. Снігове навантаження

Нормативне значення снігового навантаження на горизонтальну проекцію

покриття згідно [2, п. 10.1] слід визначати за формулою

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

де S_g - нормативне значення ваги снігової покрівлі на 1 м^2 горизонтальної поверхні землі, що приймається в відповідності з табл. 10.1 [11], кПа;

μ - коефіцієнт форми, що враховує перехід від ваги снігової покрівлі землі до снігового навантаження на покриття, що приймається за табл. Б.1 [2];

c_t - термічний коефіцієнт, що приймається в відповідності з п.10.10 [2];

c_e - коефіцієнт, що враховує знос снігу з покриттів будівель під дією вітру або інших факторів, що приймається в відповідності з п.10.6 [2].

Коефіцієнт форми, що враховує перехід від ваги снігової покрівлі землі до снігового навантаження на покриття, що приймається за таблицею Б.1 для нахилу покриття $38,7^\circ$, з допомогою лінійної інтерполяції $\mu = 0,71$, адже величина нахилу попадає в проміжне значення.

Коефіцієнт, що враховує знос снігу з покриттів будинків, згідно п.10.6 [2], для покриттів, проєктованих на місцевості типу В, приймаємо рівним $c_e = 1$.

Приймаємо $S_g = 1,5 \text{ кПа}$, $\mu = 0,71$, $c_t = 1$, $c_e = 1$, підставляємо значення у формулу (2.1)

$$S_0 = S_g \cdot \mu \cdot c_t \cdot c_e = 1,5 \cdot 0,71 \cdot 1 \cdot 1 = 1,065 \text{ кН/м}^2.$$

Рівномірне навантаження від ваги снігового покриву на фіктивні елементи у допоміжній розрахунковій схемі зображено на рисунку 2.7.

Згідно [6] слід розглядати варіант з одностороннього снігового навантаження на половину поверхні купольного покриття. Коефіцієнти форми визначаються аналогічно коефіцієнтам для конічних покриттів в залежності від кута нахилу арок до горизонту, за формулами (2.2), (2.3). Схема для визначення коефіцієнта форми зображена на рисунку 2.7.

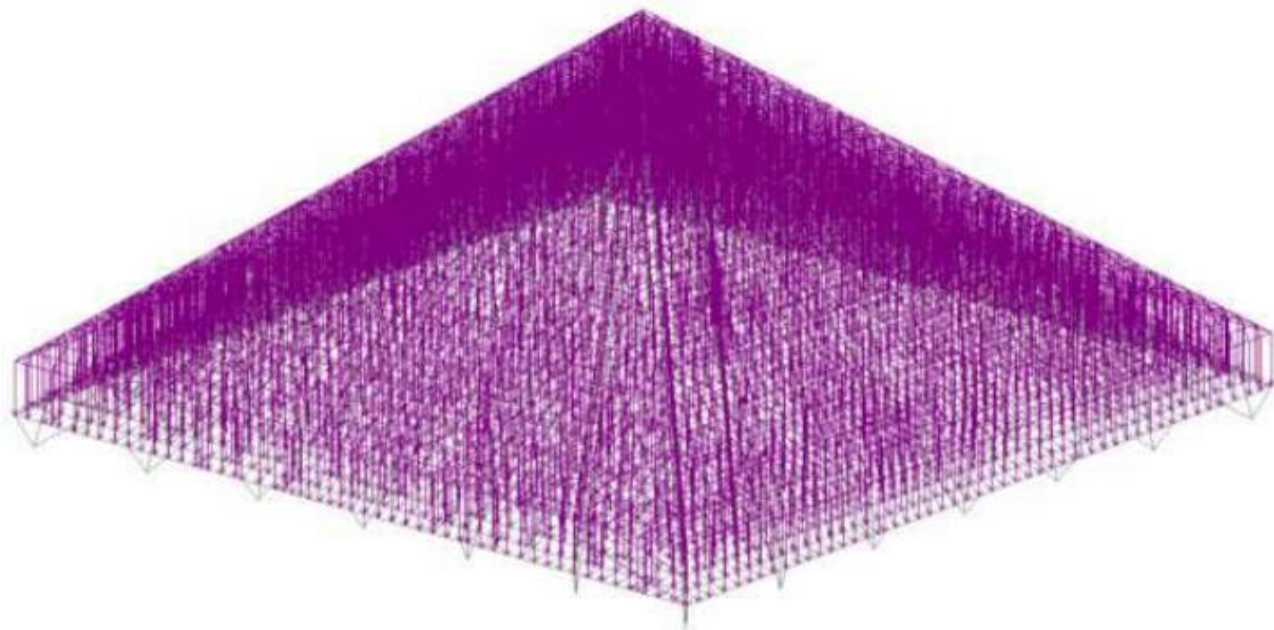


Рисунок 2.7 – Рівномірно розподілене навантаження від ваги снігової покрівлі на фіктивні елементи у допоміжній розрахунковій схемі ПК SCAD

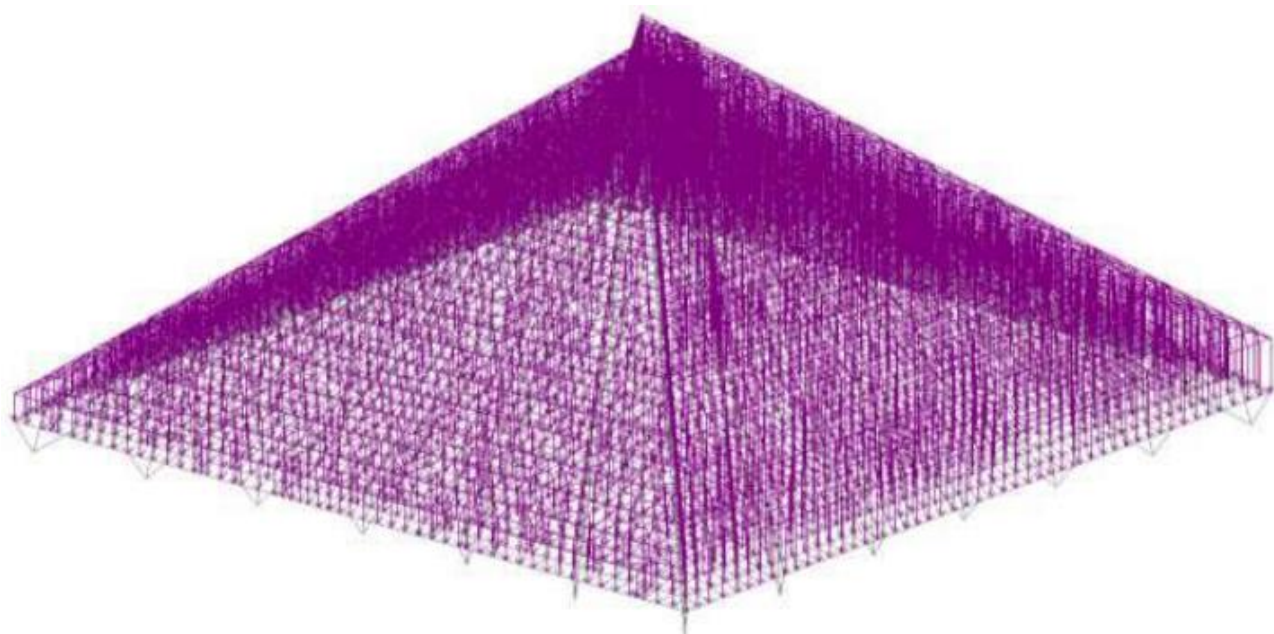


Рисунок 2.8 – Нерівномірне завантаження покриття будівлі снігового навантаження у допоміжній розрахунковій схемі в ПК SCAD

Також було розглянуто варіант нерівномірного завантаження покриття снігового навантаження (рис. 2.9) з коефіцієнтами форми $\mu_1 = 0,75$ та $\mu_2 = 1,25$, при яких нормативне значення рівномірно розподіленого снігового навантаження згідно з формулою (2.1) становило

$$S_{0,1} = S_g \cdot \mu \cdot c_t \cdot c_e = 1,5 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 = 1,125 \text{ кН/м}^2.$$

$$S_{0,2} = S_g \cdot \mu \cdot c_t \cdot c_e = 1,5 \cdot 0,71 \cdot 1 \cdot 1 = 1,875 \text{ кН/м}^2.$$

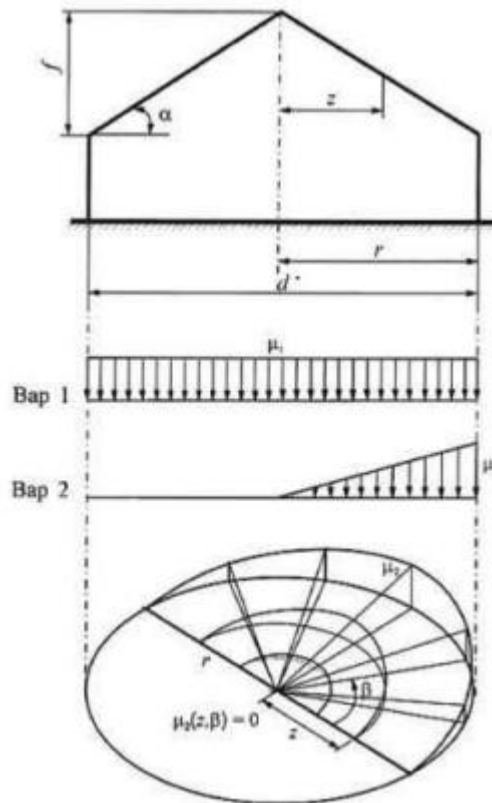


Рисунок 2.9 – Схема для визначення снігового навантаження на половину покриття [5]

Для куполів з нахилом покриття $7^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ для варіанта 2 слід приймати $\mu_2 = C_{r2} \cdot (z/r) \cdot \sin \beta$,

Де

$$C_{r2} = 2,15 \cdot \sqrt[3]{\frac{\alpha \pi}{180^\circ}}.$$

При $30^\circ < \alpha < 60^\circ$ для варіанта 2 слід приймати

$$\mu_2 = C_{r2} \cdot (z/r) \cdot \sin \beta,$$

де

$$C_{r2} = 1,7 \cdot (30^\circ / \alpha).$$

Нормативні значення навантажень для арок представлені в таблиці 2.1.

При розрахунку розглядалися завантаження одного з скатів (рисунок

2.10), а також варіант, коли завантажені 2 сусідні скати і найбільше навантаження приходить на арку з меншим із нахилів – радіальний (рисунок 2.11).

Таблиця 2.1 – Нормативні значення снігового навантаження на чверть покриття для кожної з арок

№ прогону	Нормативне значення снігового навантаження, кН/м ²					
	$\beta = 11,5$	$\beta = 27$	$\beta = 45$	$\beta = 63$	$\beta = 78,5$	$\beta = 90$
	$\alpha = 33,7$	$\alpha = 37,3$	$\alpha = 38,7$	$\alpha = 37,3$	$\alpha = 33,7$	$\alpha = 29,5$
19	0,014	0,029	0,042	0,056	0,068	0,078
18	0,035	0,069	0,105	0,137	0,168	0,195
17	0,063	0,129	0,192	0,252	0,306	0,356
16	0,087	0,179	0,267	0,35	0,426	0,495
15	0,111	0,228	0,344	0,449	0,546	0,635
14	0,135	0,279	0,419	0,546	0,665	0,773
13	0,159	0,329	0,494	0,645	0,785	0,912
12	0,185	0,378	0,569	0,743	0,903	1,05
11	0,209	0,429	0,644	0,84	1,023	1,19
10	0,233	0,465	0,72	0,914	1,146	1,332
9	0,258	0,531	0,798	1,043	1,269	1,475
8	0,282	0,581	0,873	1,14	1,388	1,613
7	0,306	0,632	0,948	1,239	1,508	1,752
6	0,332	0,681	1,023	1,337	1,626	1,89
5	0,356	0,731	1,098	1,434	1,746	2,03
4	0,38	0,782	1,173	1,533	1,866	2,168
3	0,404	0,831	1,248	1,631	1,985	2,307
2	0,428	0,881	1,323	1,73	2,105	2,445
1	0,453	0,932	1,398	1,827	2,225	2,585

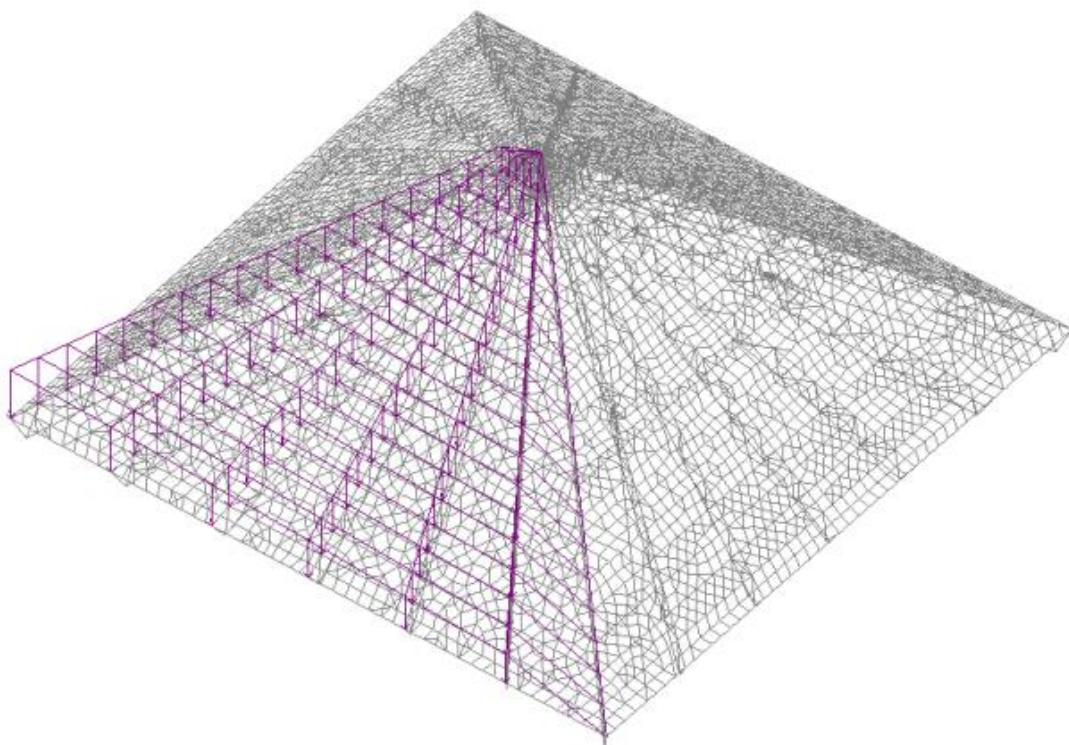


Рисунок 2.10 – Навантаження від ваги снігової покрівлі на один скат покриття в ПК SCAD

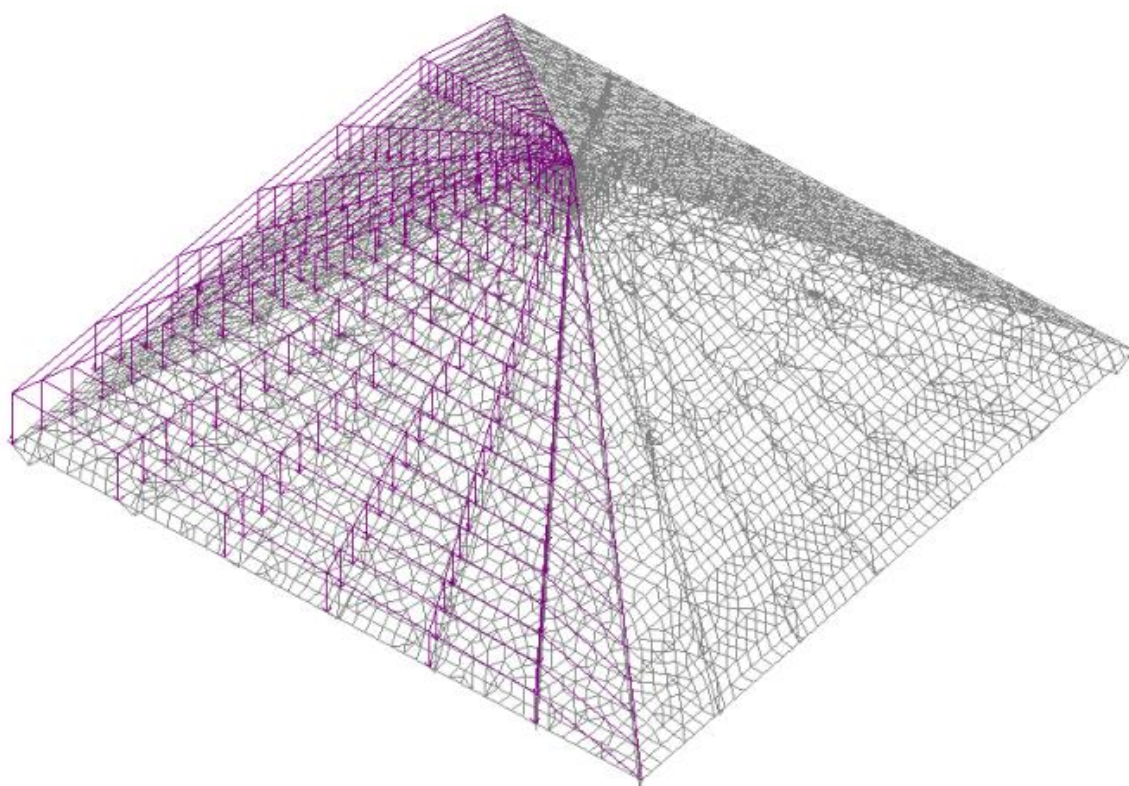


Рисунок 2.11 – Навантаження від ваги снігової покрівлі на два скати покриття в ПК SCAD

2.4.3 Вітрове навантаження

Нормативне значення основного вітрового навантаження W_n згідно [2, п. 11.1.2] слід визначити, як суму середньої W_m і пульсаційної W_p

$$W = W_m + W_p, \quad (2.4)$$

де W_m – середня складова основного вітрового навантаження, кПа;

W_p – пульсаційна складова вітрового навантаження, кПа.

Нормативне значення середньої складової основного вітрового навантаження в залежності від еквівалентної висоти над поверхнею землі слід визначити за формулою.

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

де w_0 – нормативне значення вітрового тиску, що приймається відповідно до табл. 11.1 [2], кПа;

$k(z_e)$ – коефіцієнт, що враховує зміну вітрового тиску для висоти z_e (див. 11.1.5 і 11.1.6 [2]);

c – аеродинамічний коефіцієнт, що визначається по додатку В.2 [2]

Еквівалентна висота про визначається наступним чином

$$h \leq d \rightarrow z_e = h, \quad (2.6)$$

де d – розмір будівлі (без урахування його стилістичної частини) в напрямі, передікулярному розрахунковому напрямку вітру (поперечний розмір);

h – висота будівлі.

Нормативне значення вітрового тиску w_0 приймається в залежності від вітрового району по табл. 11.1 [2], згідно з картою «Районування території за тиском вітру» [2] м. Хмельницьк знаходиться в III вітровому районі, відповідно $w_0 = 0,38$ кН/м².

Для висот $z_e < 10$ м коефіцієнт $k(z_e)$ визначається за таблицею 11.2 [2], при $10 \leq z_e \leq 300$ м – по формулі (2.7).

$$k(z_e) = k_{10} \cdot (z_e/10)^{2\alpha}, \quad (2.7)$$

де z_e – еквівалентна висота, рівна висоті будівлі, м;

k_{10} , α – коефіцієнти, прийняті за таблицею 11.3 [2], згідно з типом

місцевості.

Значення аеродинамічного коефіцієнта s , приймаємо по [7], так як у нормах немає значень коефіцієнтів для вальмових покриттів.

На рисунку 2.12 показано поділ на зони вальмового покриття і аеродинамічних коефіцієнти, що відповідають зонам.

Розглядаємо варіант, коли напрямок дії вітру периндикулярно трикутному скату. Так же в [7] указано, что для покриття з кутами нахилу $5^\circ < \alpha < 45^\circ$ варто розглянути 2 варіанти: тільки негативні і тільки позитивні значення аеродинамічних коефіцієнтів на навітренному скаті, адже на ньому відбувається швидка зміна тиску від позитивних до негативних значень.

Враховуючи те, що коефіцієнт $k(z_e)$ безпосередньо залежить від еквівалентної висоти z_e , а аеродинамічний коефіцієнт s буде мати різне значення залежно від ділянок покриття, результати розрахунку нормативних значень середньої складової основного вітрового навантаження W_m представлені в табличній формі (таблиця 2.2).

Навантаження від вітрового впливу, спрямованого вздовж осі X, з від'ємним тиском на навітренні скати зображено на рисунку. Варіант вітрової дії з позитивним тиском на навітренному скаті представлений на рисунках 2.13 - 2.14.

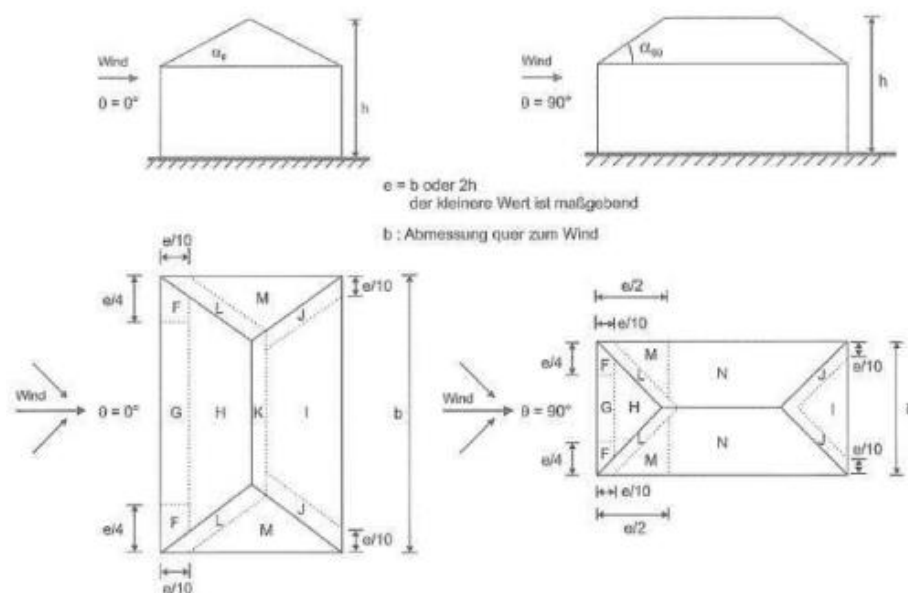


Рисунок 2.12 - Зонування вальмового покриття за аеродинамічним коефіцієнтом і значення аеродинамічних коефіцієнтів відповідно [7]

Таблиця 2.2 - Нормативні значення вітрового навантаження

Варіант вітрового навантаження з від'ємним вітровим тиском на всіх скатах										
Ділянка покриття		F	G	H	I	J	K	L	M	N
h	K(ze)	Аеродинамічний коефіцієнт								
		-0,21	-0,21	-0,084	-0,342	-0, 642	-0,384	-1,342	-0,8	-0,2
3,917	0,5	-0,04	-0,04	0	-0,065	-0,122	0	-0,255	-0,152	-0,038
6,132	0,534	-0,043	-0,043	0	-0,069	-0,13	0	-0,272	-0,162	-0,041
8,348	0,6	-0,048	-0,048	0	-0,078	-0,146	0	-0,306	-0,182	-0,046
10,564	0,664	-0,053	-0,053	0	-0,086	-0,162	0	-0,339	-0,202	-0,05
11,144	0,679	-0,054	-0,054	-0,022	-0,088	-0,16	0	-0,346	-0,206	-0,052
12,779	0,717	0	0	-0,023	-0,093	-0,175	0	-0,366	-0,218	-0,054
14,995	0,764	0	0	-0,024	-0,099	-0,186	0	-0,39	-0,232	-0,058
17,211	0,808	0	0	-0,026	-0,105	-0,197	0	-0,412	-0,24	-0,0661
19,426	0,848	0	0	-0,027	-0,11	-0,207	0	-0,432	-0,258	-0,064
21,642	0,885			-0,028	-0,115	-0,216	0	-0,451	-0,269	-0,067
23,917	0,921	0	0	-0,029	-0,12	-0,225	0	-0,47	-0,28	-0,07
26,191	0,955	0	0	-0,03	-0,124	-0,233	0	-0,487	-0,29	-0,073
28,407	0,987	0	0	-0,032	-0,128	-0,241	0	-0,503	-0,3	-0,075
Варіант вітрового навантаження з від'ємним вітровим тиском на всіх скатах										
Ділянка покриття		F	G	H	I	J	K	L	M	N
h	K(ze)	Аеродинамічний коефіцієнт								
		-0,21	-0,21	-0,084	-0,342	-0, 642	-0,384	-1,342	-0,8	-0,2
30,623	1,017	0	0	-0,032	-0,132	-0,248	0	-0,519	-0,309	-0,077
0,000	1,046			-0,033	-0,136	-0,255		-0,533	-0,318	
32,838	1,046	0	0	-0,033	-0,136	-0,255	0	-0,533	0	-0,079
35,054	1,074	0	0	-0,034	-0,14	-0,262	0	-0,548	0	-0,082
37,270	1,1	0	0	-0,035	-0,143	-0,268	0	-0,561	0	-0,084
37,943	1,108	0	0	-0,035	-0,144	-0,27	0	-0,565	0	-0,084
39,485	1,126	0	0	-0,036	0	-0,275	0	-0,574	0	-0,086
41,556	1,149	0	0	-0,037	0	-0,28	-0,168	-0,586	0	-0,087
42,050	1,155	0	0	-0,037	0	-0,282	-0,169	-0,589	0	
45,170	1,188	0	0	-0,038	0	-0,29	-0,173	-0, 606	0	

Продовження таблиці 2.2

Варіант вітрового навантаження з від'ємним вітровим тиском на всіх скатах										
Ділянка покриття		F	G	H	I	J	K	L	M	N
h	K(z _e)	Аеродинамічний коефіцієнт								
		0,616	0,7	0,516	-0,342	-0,642	-0,384	-1,342	-0,8	-0,2
3,917	0,5	0,117	0,133		-0,065	-0,122	0	-0,255	-0,152	-0,038
0,132	0,534	0,125	0,142		-0,069	-0,13	0	-0,272	-0,162	-0,041
8,348	0,6	0,14	0,16		-0,078	-0,146	0	-0,306	-0,182	-0,046
10,564	0,664	0,155	0,177		-0,086	-0,162	0	-0,339	-0,202	-0,05
11,144	0,679	0,159	0,181	0,133	-0,088	-0,166	0	-0,346	-0,206	-0,052
12,779	0,717			0,141	-0,093	-0,175	0	-0,366	-0,218	-0,054
14,995	0,764			0,15	-0,099	-0,186	0	-0,39	-0,232	-0,058
17,211	0,808			0,158	-0,105	-0,197	0	-0,412	-0,246	-0,061
19,426	0,848			0,166	-0,11	-0,207	0	-0,432	-0,258	-0,064
21,642	0,885			0,174	-0,115	-0,216	0	-0,451	-0,269	-0,067
23,917	0,921			0,181	-0,12	-0,225	0	-0,47	-0,28	-0,07
26,191	0,955			0,187	-0,124	-0,233	0	-0,487	-0,29	-0,073
28,407	0,987			0,194	-0,128	-0,241	0	-0,503	-0,3	-0,075
30,623	1,017			0,199	-0,132	-0,248	0	-0,519	-0,309	-0,077
0,000	1,046			0,205	-0,136	-0,255		-0,533	-0,318	
32,838	1,046			0,205	-0,136	-0,255	0	-0,533	0	-0,079
35,054	1,074			0,211	-0,14	-0,262	0	-0,548	0	-0,082
37,270	1,1			0,216	-0,143	-0,268	0	-0,561	0	-0,084
37,943	1,108			0,217	-0,144	-0,27	0	-0,565	0	-0,084
39,485	1,129			0,221	0	-0,275	0	-0,574	0	-0,086
41,556	1,149			0,225	0	-0,28	-0,168	-0,586	0	-0,087
42,050	1,155			0,226	0	-0,282	-0,169	-0,589	0	
45,170	1,188			0,23	0	-0,29	-0,173	-0,606	0	

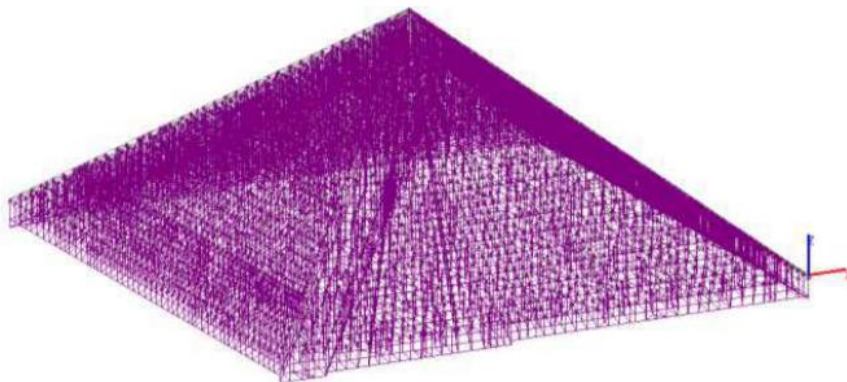


Рисунок 2.13 - Навантаження на покриття від вітрового впливу, направлено-го вздовж осі X, з від'ємним тиском на навітренний скат

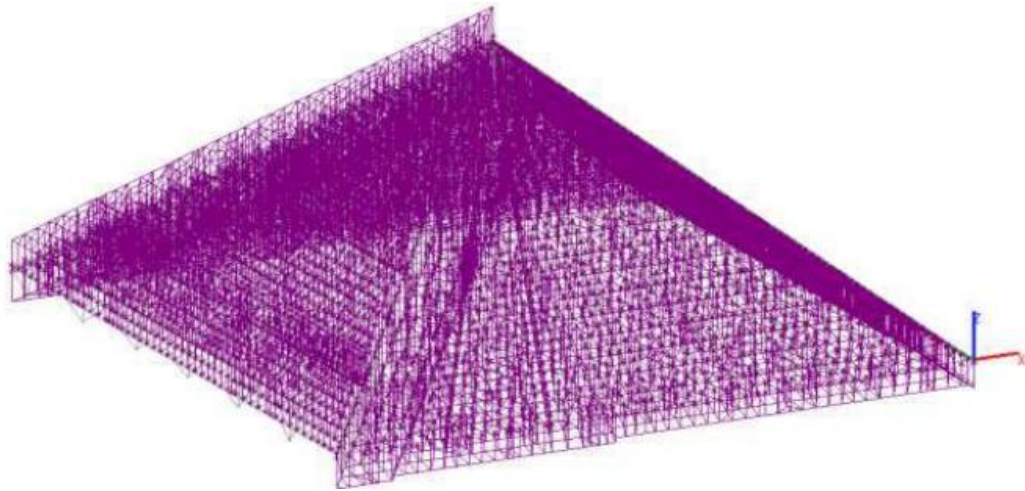


Рисунок 2.14 - Навантаження на покриття від вітрового впливу, направлено вздовж осі X, з позитивним тиском на навітренний скат

Для визначення пульсаційної складової основного вітрового навантаження W_g було створено динамічний вплив в програмному комплексі SCAD.

2.4.4 Особливі впливи

Згідно [5], Хмельницьк входить у список населених пунктів, розміщених в сейсмічних районах, згідно [5, додаток А] фонові сейсмічна інтенсивність становить 7 балів. Задаємо сейсмічне навантаження інтенсивністю 7 балів за допомогою динамічного впливу в ПК SCAD, категорію ґрунтів майданчиків будівництва приймаємо умовно II.

Розглядалися 2 варіанти сейсмічних навантажень: в одному враховувався варіант вітрового завантаження з позитивними значеннями вітрового тиску на навітренний схил, в іншому - варіант вітрового завантаження з від'ємними значеннями вітрового тиску.

2.4.5 Аналіз результатів розрахунку

У результаті розрахунку були отримані і відібрані три найбільш неприємні комбінації зусиль: по найбільшій продовжній силі, по найбільшому згинальному моменті по осі y, по найбільшому згинальному моменті по осі x. Комбінації розрахункових зусиль представлені в таблиці в таблиці 2.3.

Розподіл розрахункових подовжніх стискаючих і розтягуючих зусиль в

елементах каркаса зображені на рисунках 2.15 і 2.16. Розподіл розрахункових згинальних моментів, що діють по осях x і y в елементах каркаса, показані на рис. 2.17, 2.18, 2.19 і 2.20. Схема деформування арки зображена на рисунку 2.21.

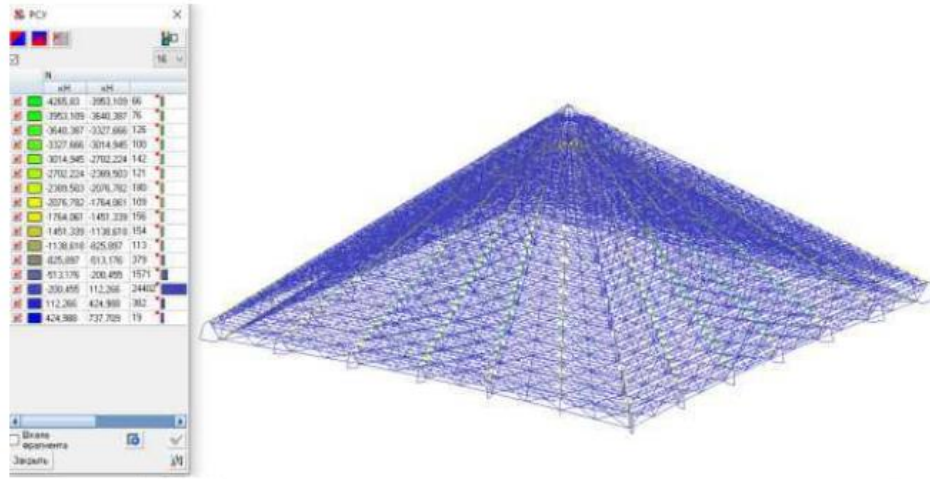


Рисунок 2.15 – Індикація розподілу поздовжніх стискаючих зусиль у каркасі в ПК SCAD, кН



Рисунок 2.16 – Індикація розподілу поздовжніх розтягуючих зусиль в каркасі в ПК SCAD, кН

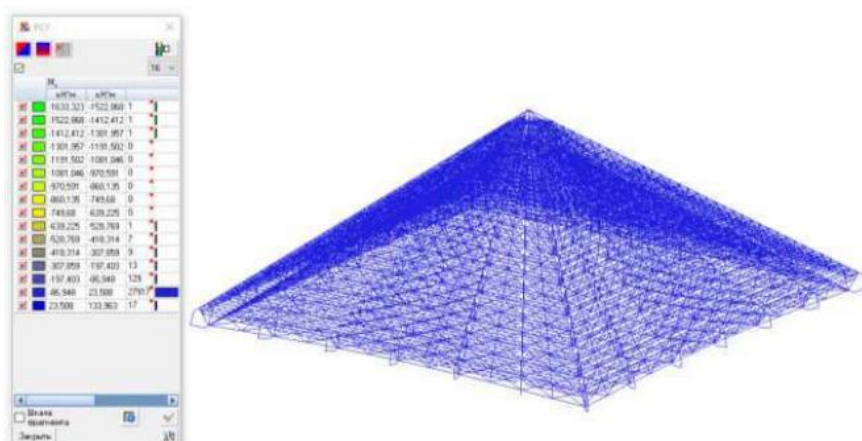


Рисунок 2.17 – Індикація розподілу мінімальних згинальних моментів, що діють по осі у, в ПК SCAD, кН

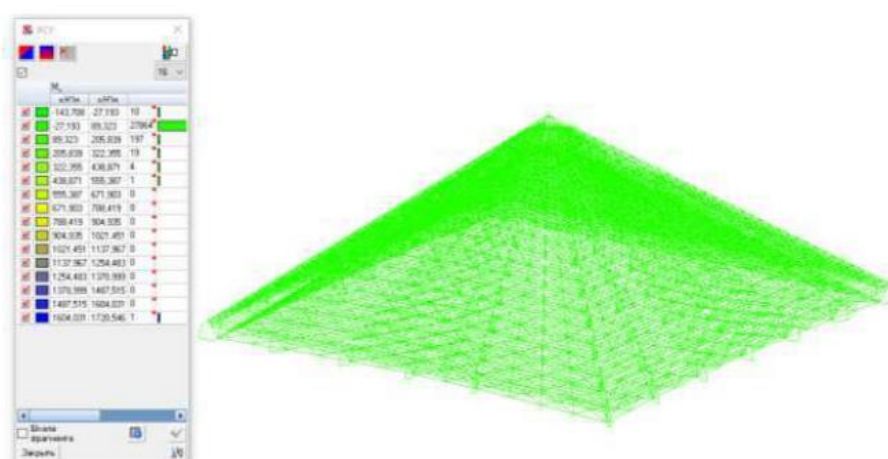


Рисунок 2.18 – Індикація розподілу максимальних згинальних моментів, що діють по осі, в ПК SCAD, кН

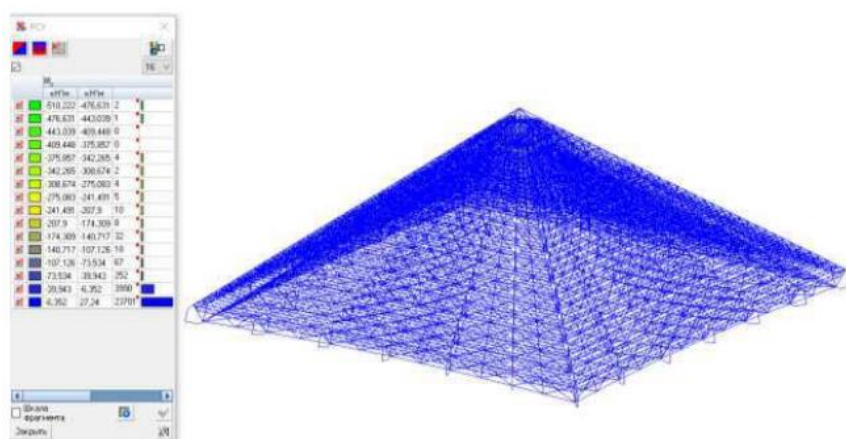


Рисунок 2.19 – Індикація поділу мінімальних згинальних моментів, що діють по осі, в ПК SCAD, кН

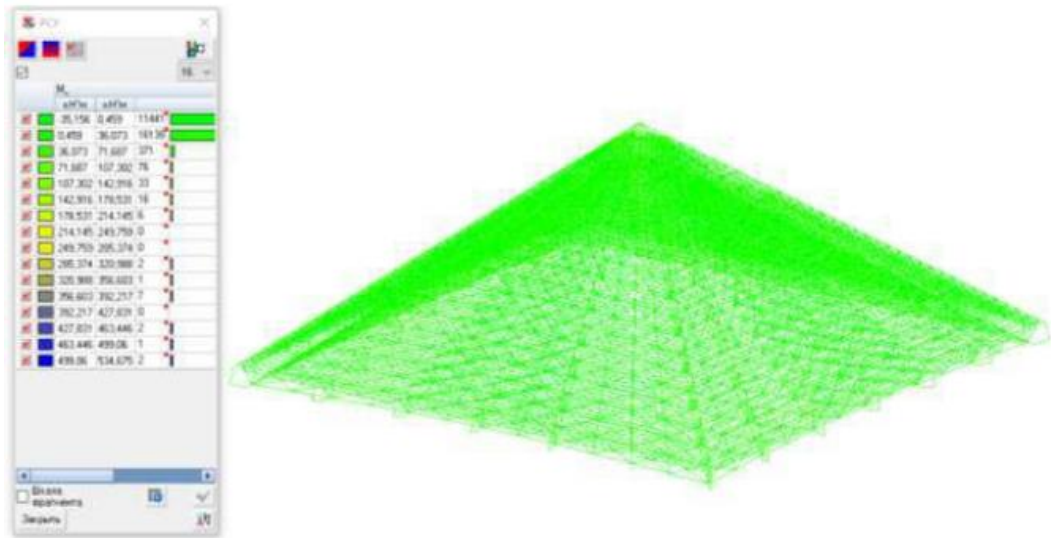
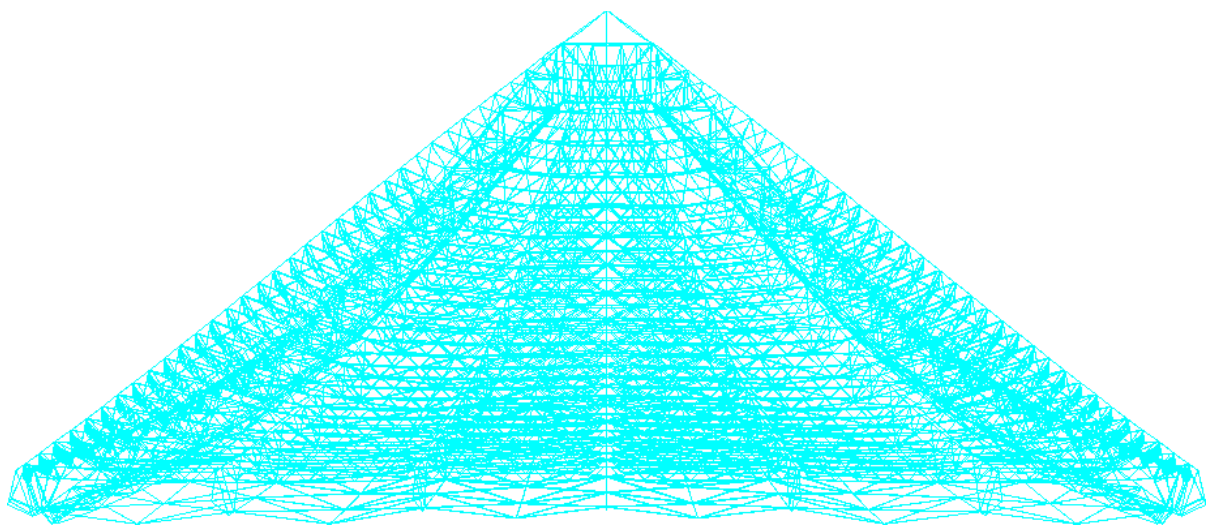


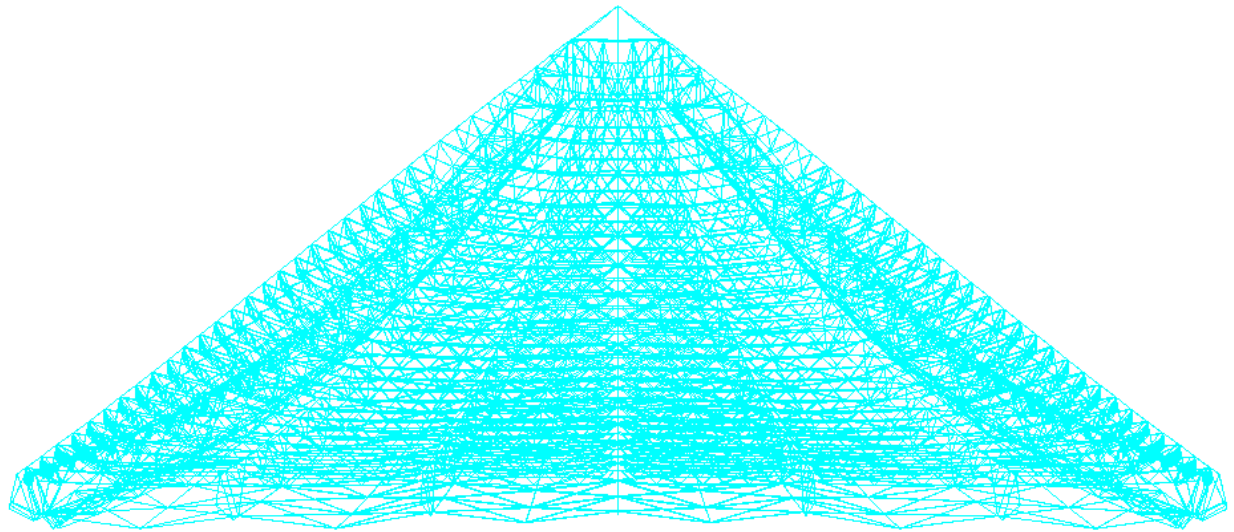
Рисунок 2.20 – Індикація розподілу максимальних згинальних моментів, що діють по осі, в ПК SCAD, кН

Проаналізувавши представлені вище зусилля в елементах каркаса, можна сказати, що зусилля розподіляються вірно: верхні пояси арок зжаті, нижні розтягнуті, поздовжні зусилля в прогонах і зв'язках незначні.

Максимальні стискаючі зусилля величиною 4265,83 кН і розтягуючі зусилля величиною 2537,23 кН виникають у середніх панелях верхніх і нижніх поясів арок відповідно. Схема деформування від несприятливої комбінації навантажень, дія якої викликає максимальні стискаючі зусилля, представлена нижче на рисунку 2.21.



а)



б)

а) вздовж осі x; б) вздовж осі y

Рисунок 2.21 – Схема деформування від найбільш несприятливої комбінації навантажень

Таблиця 2.3 - Вибір розрахункових зусиль в елементах піварок

		Піварка ПА1								
Конструктив на група	№ елемента	1 комбінація			2 комбінація			3 комбінація		
		N	My	Mx	N	My	Mx	N	My	Mx
Верхній пояс	1	-2022,99	-41,11	6,53	-1722,79	-0,18	-4,94	-881,25	5,34	-31,88
	2	-1755,46	10,88	6,27	-1575,23	-41,91	-5,29	-980,45	5,00	11,73
	3	-1004,11	8,75	5,79	-895,18	-30,26	-5,05	-472,30	-12,94	-8,59
	4	-442,79	6,38	5,68	-373,01	-21,39	-4,12	-9,70	8,48	-8,96
	5	184,40	10,38	-3,26	175,36	-21,20	2,27	-23,86	-9,13	12,47
	6	168,76	20,14	-3,75	155,95	-30,80	1,17	113,06	-20,08	10,24
	7	94,51	-2,29	0,43	-53,11	-17,13	0,71	31,48	-8,51	7,36
	8	-778,98	-14,56	-0,17	-730,68	-14,80	-0,11	-101,55	-5,83	-2,78
	9	-730,54	7,80	-0,32	-728,79	14,75	-0,49	-516,83	10,87	2,46
	9.2	-730,54	7,80	-0,32	-728,79	14,75	-0,49	-516,83	10,87	2,46

Продовження таблиці 2.3

Нижній пояс	1	-1522,45	31,75	-1,44	-863, 63	70,89	-1,03	-801,03	25,51	-91,92
	2	-1007,31	39,60	0,59	-976, 62	40,55	-0,86	-531,43	22,26	-3,90
	3	-525,95	-44,02	0,44	-226, 92	62,57	0,49	-230,11	-35,54	-2, 65
	4	230,41	12,47	0,15	88,90	-78,05	0,73	-4,60	-47,24	-3,81
	5	282,34	-95,79	0,83	274,94	-95,99	0,83	150,36	-69,31	3,73
	6	243,14	-127, 62	0,78	98,97	-136,88	0,52	99,25	-84,99	-3,95
	7	-434,88	-ББ,33	-0,38	-90,00	-183,00	0,26	-242,09	-36,33	3,87
	8	-04, 76	-39,56	3,09	-225,03	-207,72	1,22	-345,85	-33,36	13,56
	9	-642, 48	77,25	8,62	-387,55	80,31	3, 64	-34,97	36,45	31,25
Розкоси	1	-437,52	6,46	3,31	-398,81	-11,37	-7,29	-33,09	-6, 41	-15,03
	2	-122,77	-4,73	-0,84	106, 64	10,80	-Б, 42	-75,52	-5,57	-16, 99
	3	73,84	2,31	-3,02	38,16	-10,39	-7,11	34,72	-4, 61	-15,70
	4	-208,59	5,82	-2, 65	-202, 62	-8,57	-Б,18	-85,27	-4,11	-16, 96
	5	96, 68	6,20	-9,85	78,39	7,12	-1,97	71,9	3,73	-14,83
	6	-256,10	4,55	-2,03	-234,92	-6, 46	-3,43	-150,93	-2,29	-20,30
	7	102,20	4,88	-9,45	77,01	5,87	-1,78	70,77	3,14	-21,33
	8	-257,27	-5,03	-2,17	-226, 98	-5,24	-1,36	-158,93	-2,99	-25,72
	9	88,67	4,35	-8, 68	44,09	-5,95	-2,91	39,49	-4,14	-25,02
	10	-271,29	-4,66	3,43	-232,74	-5,15	-4,36	-176, 57	-2,94	-27,98
	11	56,45	4,15	5,35	-8,13	-8,00	-2,95	10,49	-4,53	27,50
	12	-323, 65	-7,06	3,34	-319,46	-7,11	3,63	-191,27	-4,48	-28,34
	13	-107,07	3,45	-3,80	-91,12	-5,52	2,17	-49,21	-3,03	-23,11
	14	-149,82	-5,73	-5,99	-55,21	-7,89	2,13	-39, 664	-5,27	-20,73
	15	-488,13	1,33	2,04	-464, 58	-4,4	-0,94	-271, 69	1, 64	-18,89
	16	444,23	-15,93	3,84	403,66	-17,56	1,30	244,41	-9,66	-11,25
	17	-356,71	-16, 57	-3,39	-317,21	17,23	-2,57	-220,05	11,29	-14,29
Стійки	1	-12,53	-0,16	0,02	-9,37	-0,18	0,20	-5,97	-0,16	0,23
	2	-62, 64	-0,11	0,27	-62, 64	-0,11	0,27	-15,96	-0,09	0,80
	3	-86, 22	-0,12	0,12	-86, 22	-0,12	0,12	-41,45	-0,11	0,87
	4	-107,52	-0,11	0,11	-93,71	-0,12	0,16	-72,72	-0,11	1,08
	5	-129,50	-0,12	0,21	-128,97	-0,12	0,24	-74, 68	-0,11	1,17
	6	-130,77	-0,15	0,14	-130,77	-0,15	0,14	-74, 67	-0,13	1,08
	7	-77,30	-0,16	-0,07	-42,39	-0,18	0,13	-37, 65	-0,15	0,77
	8	57,37	-0,37	0,08	47,40	-0,38	-0,16	23,90	-0,29	0,47
	9	-41, 61	-0,09	-0,26	-41, 61	-0,09	-0,26	-41, 661	-0,09	-0,26
Паски шпентеля	1	-30,86	-0,12	-0,01	-22,71	-0,12	-0,01	-12,41	-0,09	-0,15
	2	-10,35	-0,05	-0,46	-8,37	0,08	-0,28	-4, 69	0,05	0,74
	3	-24,91	-0,11	-0,26	-24,83	-0,11	-0,26	-14,80	-0,09	0,79
	4	-6, 69	-0,05	-0,24	-6,39	-0,06	-0,28	-3,22	-0,04	0,3
	5	-6, 84	-0,09	0,02	-6, 84	-0,09	0,02	-3,26	-0,06	0,665
	6	6,53	-0,02	0,08	1,48	-0,03	-0,16	7,40	0,02	-0,70
	7	8,20	-0,10	0,06	8,20	-0,10	0,06	2,87	-0,08	-0,72
	8	25,96	-0,08	0,05	25,96	-0,08	0,05	15,18	-0,05	-0,87
	9	24,83	-0,14	0,08	24,83	-0,14	0,08	16,91	-0,12	-0,90
	10	34,70	-0,10	-0,16	34,70	-0,10	-0,16	20,95	-0,07	-0,90
	11	31,68	-0,17	-0,18	31,62	-0,17	-0,19	18,24	-0,13	-0,95
	12	47,68	-0,13	-0,13	47,22	-0,13	-0,15	27,59	-0,08	0,78
	13	10,43	-0,12	-0,14	9,03	-0,13	0,12	3,78	-0,09	-0,84

Продовження таблиці 2.3

	14	12,89	-0,06	0,16	10,25	-0,07	0,05	4,90	-0,05	0,54
	15	20,41	-0,07	0,06	10,62	-0,10	0,05	11,10	-0,07	0,53
	16	-32,26	-0,03	-0,11	-25,25	-0,04	0,04	-21,24	-0,03	0,32
	17	-29,13	-0,21	0,05	-29,08	-0,21	0,06	-16,68	-0,16	0,31
Стіжки шпентеля	1	-46,71	0,03	0,16	34,34	-0,06	0,07	10,43	-0,04	0,33
	2	-18,33	-0,04	0,37	1,46	-0,06	0,25	1,61	-0,04	0,68
	3	24,14	-0,05	0,24	24,14	-0,05	0,24	14,99	-0,04	0,65
	4	8,77	-0,04	0,03	3,44	-0,05	0,25	2,13	-0,03	0,56
	5	-11,02	-0,03	0,15	7,95	-0,04	0,02	0,41	-0,03	0,55
	6	-29,51	-0,03	0,09	-28,90	-0,03	0,05	-12,61	-0,03	-0,58
	7	-20,70	-0,05	0,05	-20,70	-0,05	0,05	-8,63	-0,03	-0,63
	8	-42,11	-0,06	0,04	-42,11	-0,06	0,04	-23,54	-0,05	-0,74
	9	-42,47	-0,07	0,06	-42,47	-0,07	0,06	-28,73	-0,05	-0,77
	10	-53,20	-0,08	0,15	-53,01	-0,08	0,18	-30,93	-0,06	-0,79
	11	-54,98	-0,09	0,14	-54,81	-0,09	0,17	-31,07	-0,06	-0,80
	12	-75,19	-0,10	0,11	-75,19	-0,10	0,11	-42,50	-0,07	-0,71
	13	-22,93	-0,07	0,08	-22,85	-0,07	0,10	-12,14	-0,05	-0,59
	14	-22,77	-0,05	-0,06	-22,77	-0,05	-0,06	-6,58	-0,03	0,35
	15	-31,26	-0,05	-0,03	-30,96	-0,05	-0,04	-15,37	-0,03	0,35
	16	34,96	0,03	0,07	22,66	0,03	0,02	23,00	0,02	0,21
	17	44,41	0,19	-0,04	44,41	0,19	-0,04	25,35	0,12	-0,20
Піварка ПА2										
Конструктивна група	№ елемента	1 комбінація			2 комбінація			3 комбінація		
		N	My	Mx	N	My	Mx	N	My	Mx
Верхній пояс	1	-2522,48	-46,799	-5,83	-2520,6	72,727	-6,487	-646,061	-16,59	-29,016
	2	-3065,064	5,069	3,768	-296,21	62,115	6,048	-1213,67	6,641	13,358
	3	-2947,763	20,737	14,295	-2890,11	-49,32	-9,817	-2690,14	18,036	15,521
	4	-2786,796	21,724	16,645	-2734,42	51,2	16,339	-2582,33	46,436	17,848
	5	-2279,758	20,71	-23,374	-2232,42	48,515	-19,511	-2279,76	20,71	-23,374
	6	-1463,946	16,125	-20,156	-1418,55	39,681	-20,975	-618,671	-8,5496	33,672
	7	-535,489	12,142	-23,233	-519,952	24,491	-8,591	-534,934	-1,72	-23,272
	8	1070,094	-10,511	-4,147	1066,972	-20,655	-7,008	758,926	-14,803	8,469
	9	1112,404	-33,288	16,109	1090,033	-8,843	1,908	538,405	-29,956	23,08
Нижній пояс	1	1236,668	-135,874	-29,456	1236,68	-135,874	-29,456	414,092	-64,453	113,618
	2	1949,152	92,338	32,25	1747,033	92,353	30,728	1949,152	92,338	32,265
	3	1975,214	68,367	23,642	1820,477	73,29	23,792	1820,477	73,29	23,792
	4	1584,6	72,519	25,984	1493,974	74,973	26,211	1493,974	74,973	26,211
	5	1071,324	36,143	12,98	969,165	74,182	25,924	765,874	72,052	-25,991
	6	643,803	30,399	-9,255	306,699	69,891	-21,317	30,6969	69,891	-21,317
	7	289,522	-41,912	6,261	35,606	-85,671	18,816	84,926	-85,462	-22,274
	8	-773,339	-58,379	-22,548	-375,427	-159,066	28,115	-579,762	-70,174	41,482
	9	-1238,933	-381,333	-92,102	-1224,78	-381,732	114,106	-934,746	-267,941	123,677

Продовження таблиці 2.3

Роскоші	1	-1221,43	1,533	-2,73	-1129,77	-7,485	4,461	-513,307	-3,975	12,88	
	2	904,748	15,387	6,415	904,673	-18,762	-8,409	268,099	5,626	15,567	
	3	-682,951	5,34	-8,869	-603,075	-9,558	-12,011	-439,975	-Б,344	13,358	
	4	396,432	11,957	-16, 663	387,193	12,042	12,813	369,935	11,128	19,176	
	5	-207,943	-8,303	-18,345	-162,168	9,22	16,959	-199,347	8,056	20,026	
	6	-114,008	-Б,584	15,23	-13,753	8,701	-20,274	-5,382	8,435	27,899	
	7	200,18	8,035	22,6	166, 364	9,651	23,23	120,242	9,053	28,568	
	10	-540,736	2,587	-35,859	-500,17	-6, 163	-29,419	-476, 176	2,261	40,22	
	11	523,983	-8,21	-34,403	501,394	-8,422	39,468	463, 166	-7,857	39,976	
	12	-586,351	3,917	41,58	-583,919	4,376	-36, 609	-535,794	3,511	42,766	
	13	531,148	-8, 657	36, 936	531,148	-8, 657	36, 936	525,168	-8, 628	37,307	
	14	-597,915	4,217	33,522	-564,311	4,486	-30,718	-591,891	4,186	33,85	
	15	445,555	2,981	-12,479	441,137	-6, 606	28,083	426,438	-Б,583	28,37	
	16	-484,176	-3,844	14,459	-415,708	4,111	-10, 636	-469, 627	-3, 622	14,501	
	17	-84,778	-2,002	1,447	-2,054	-4,055	-11,842	14,871	-3,981	16,434	
	Стійки	1	7,214	-0,015	0,029	6,666	-0,112	-0,021	4,054	-0,084	-0,066
		2	-146, 88	-0,216	-0,345	-146, 88	-0,216	-0,345	-59,394	-0,124	-0,653
3		-109,509	-0,1	-0, 605	-87,545	-0,102	-0,6664	-87,545	-0,102	-0,664	
4		-79,705	-0,078	-0,831	-Б9,012	-0,084	-0,829	-70,435	-0,074	-0,943	
5		-59,58	-0,101	-1,194	-58,883	-0,107	-1,068	-50,306	-0,083	1,304	
6		-42,871	-0,124	-1,302	-35,192	-0,128	1,141	-37,484	-0,12	-1,332	
7		-46, 377	-0,127	-1,295	-4.6348	-0,128	-1,282	-42,151	-0,122	-1,31	
8		-38,665	-0,128	-0,959	-38, 655	-0,128	-0,969	-38, 655	-0,128	-0,969	
9		-27,448	0,042	-0,465	-27,143	-0,107	0,263	-26, 967	-0,103	-0,466	
Паски шпенгеля	1	45,182	-0,351	-0,083	40,29	-0,354	-0,119	-0,23	-0,13	-0,258	
	2	-26,442	0,163	-1,092	-18,735	0,268	1,007	-15,558	0,03	1,652	
	3	16,425	0,161	0,883	6,199	0,213	-0,972	1,786	0,086	1,72	
	4	-27,929	0,127	-1,872	-26,466	0,14	1,816	-27,929	0,127	-1,872	
	5	-16, 242	0,126	1,382	-15, 616	0,181	-1,795	-15, 616	0,181	-1,795	
	6	-22,504	0,229	-2,552	-19,295	0,23	2,378	-22,504	0,229	-2,552	
	7	-25,248	0,126	2,288	-24,982	0,132	-2,508	-24,982	0,132	-2,508	
	8	-14,146	0,29	3,475	-12,541	0,313	-3,56	-12,541	0,313	-3,56	
	9	-26, 191	0,092	3,042	-22,293	0,113	-3,479	-22,293	0,113	-3,479	
	10	3,77	0,223	2,839	3,07	0,233	3,01	0,882	0,225	-3,289	
	11	-25,403	-0,079	3,172	-25,192	-0,083	2,981	-24,429	-0,059	-3,453	
	12	15,143	0,134	-2,916	14,928	0,134	-2,942	13,24	0,129	2,943	
	13	-12, 656	-0,18	2,809	-12,337	-0,209	-3,218	-8,201	-0,198	-3,328	
	14	28,205	-0,018	2,146	20,574	-0,048	1,868	27,909	-0,019	2,165	
	15	-3, 657	-0,108	1,133	-0,818	-0,272	2,062	-0,777	-0,269	2,081	
	16	29,439	-0,062	0,997	22,235	-0,091	-0,934	29,241	-0,062	0,999	
	17	5,901	-0,209	-0,678	5,743	-0,214	0,935	5,284	-0,2	0,945	
тільки шпенгел	1	-65,343	0,129	-0,077	-65,343	0,129	-0,077	-24,977	0,042	-0,38	
	2	16,25	0,038	0,281	0,634	0,089	-0,482	14,077	0,045	-0,972	
	3	-31,348	-0,029	-0,514	-30,145	-0,03	-0,516	-0,912	0,014	-0,839	
	4	21,86	0,065	0,919	21,86	0,065	0,919	21,86	0,065	0,919	
	5	13,325	-0,037	0,379	12,726	-0,038	-0, 632	8,093	-0,032	1,002	

Продовження таблиці 2.3

	6	19,188	0,034	1,287	17,84	-0,041	-1,107	19,188	0,034	1,287
	7	21,28	-0,059	1,358	20,175	-0,06	1,381	20,175	-0,06	1,381
	8	13,479	-0,045	-1,747	13,479	-0,045	-1,747	13,479	-0,045	-1,747
	9	21,918	-0,066	-1, 613	16,559	-0,074	1,76	17,554	-0,068	-1,78
	10	-5,788	-0,037	-1,531	-2, 635	-0,043	-1,73	-3,222	-0,041	1,773
Полуарка ПА3										
Конструктивна група	№ елемента	1 комбінація			2 комбінація			3 комбінація		
		N	My	Mx	N	My	Mx	N	My	Mx
Верхній пояс	1	-3463, 65	-Б1, 36	16,94	-3461, 57	114,09	-10,09	-1218,08	-34,50	72,42
	2	-4048,74	-77,26	-26, 80	-4046, 77	101,93	19,70	-3865,74	32,65	43,73
	3	-4075,82	-70,25	-31,51	-4073, 63	81,01	26,21	-4050,97	45,02	-48,28
	4	-3978,55	45,00	43,23	-3976, 45	80,43	-29,29	-3978,55	45,00	43,23
	5	-3527, 67	47,52	-35,24	-3525,39	88,13	19,95	-2759,03	16,79	-36,11
	6	-2702, 60	42,78	31,04	-2697, 52	82,97	-14,10	-2656, 34	42,24	-31,79
	7	-1664,12	36,95	7,45	-1609, 42	67,76	3,36	-381,82	-31,75	12,75
	8	780,01	-36, 42	-11,40	770,51	-54, 69	-Б, 98	558,18	-32,76	11,43
	9	965,29	12,57	-18,76	918,07	-22,46	10,48	889,10	-14,05	19,23
Нижній пояс	1	499,16	73,85	10, 64	51,18	-116,07	-20,74	196, 16	-82,46	113,02
	2	1630,62	76,91	14,63	1540,78	81,25	-13,21	1466,55	76, 56	15,25
	3	2097,10	65,90	12,62	1783,75	72,72	-13,42	1783,75	72,72	-13,42
	4	2058,72	61,23	12,23	1806,15	69,69	-12,95	1934,28	59,36	13,14
	5	1648,05	47,27	9,22	1395,33	56, 62	-9,33	1504,92	49,97	-10,30
	6	1056,65	27,31	-9,28	813,85	37,58	-7,42	924,91	28,96	10,51
	7	419,33	5,52	-7,15	115,85	27,42	-7,21	298,61	6,74	8,94
	8	-895,02	-9,42	3,67	-511,53	43,15	22,55	-700,42	36, 69	29,62
	9	-1662,03	-906, 90	59,91	-1662,03	-906, 90	59,91	-1496, 87	-816, 44	-79,22
Роскош	1	-1155,76	1,65	2,00	-1109,81	-5,75	1,18	-547,01	-3,00	-3,93
	2	878,36	-13,37	5,04	878,36	-13,37	5,04	863,74	-13,21	5,28
	3	-729,35	3,90	-3,73	-717,66	-Б,04	1,86	-Б91,25	3,33	6,69
	4	454,99	8,16	-4,37	404,88	8,38	2,19	404,83	7,65	8,18
	5	-310,46	5,32	1,01	-308,54	-5,58	2,22	-231,87	5,02	8,78
	6	-71,95	4,55	3,23	14,95	6,49	2,79	-0,78	5,28	9,73
	7	154,81	6,12	9,88	49,28	6,58	2,38	139,33	5,97	10,47
	8	-358,50	-4,57	-5,75	-315,11	-5,24	2,82	-330,85	2,86	10,40
	9	462,20	6,67	8,85	372,31	7,26	1,88	444,01	6,45	10,01
	10	-Б10,34	3,13	7,82	-593,45	-4,71	2,34	-588, 69	2,97	9,03
	11	675,12	-7,51	7,73	667,19	-7,81	-3,77	655,96	-7,29	8,95
	12	-796, 27	5,23	-1,91	-773,52	5,38	5,89	-752,79	5,24	7,02

Продовження таблиці 2.3

	13	835,06	-8,55	-1,47	835,06	-8,55	-1,47	787,72	-7,71	6,13
	14	-919,42	-3,09	-0,15	-918,83	6,31	0,90	-464,45	3,27	5,49
	15	929,82	-8,44	60,60	929,82	-8,44	0,60	462,49	-4,02	4,53
	16	-981,41	9,57	1,64	-981,41	9,57	1,64	-533,84	5,14	3,11
	17	-84,55	-3,46	1,70	14,03	-10,48	2,22	14,77	-6,67	-3,79
Стійки	1	8,35	-0,08	-0,02	7,46	-0,08	0,03	5,44	-0,07	-0,05
	2	-105,26	-0,16	-0,15	-85,14	-0,16	0,08	-45,59	-0,10	0,16
	3	-80,18	-0,08	0,21	-66,29	-0,09	0,09	-79,62	-0,08	0,21
	4	-Б3,58	-0,06	0,24	-54,57	-0,06	-0,16	-Б2,93	-0,06	0,26
	5	-52,85	-0,09	-0,13	-49,17	-0,09	0,24	-49,63	-0,09	0,27
	6	-39,26	-0,11	-0,10	-32,29	-0,11	0,20	-32,81	-0,11	0,23
	7	-26,28	-0,12	-0,02	-25,67	-0,13	-0,05	-17,65	-0,12	0,17
	8	-21,94	0,05	0,02	-21,71	-0,13	-0,04	-3,34	-0,09	0,13
	9	-37,22	0,07	-0,04	-36,98	-0,13	0,04	-16,92	-0,10	0,08
Паски шпенгеля	1	23,77	-0,59	-0,19	11,49	-0,63	0,12	10,22	-0,40	-0,37
	2	-Б3,40	0,23	-0,29	-52,17	0,34	0,61	-29,60	0,12	-0,79
	3	13,76	0,26	-0,43	4,73	0,39	0,30	1,01	0,15	-0,89
	4	-57,24	0,17	-0,45	-55,09	0,19	0,24	-45,22	0,11	-0,95
	5	-24,59	0,31	0,20	-24,46	0,31	0,46	-17,12	0,18	-0,99
	6	-43,14	0,32	-0,38	-42,51	0,33	0,27	-29,31	0,23	-1,19
	7	-42,40	0,24	0,23	-42,32	0,25	0,36	-33,88	0,14	-1,24
	8	-23,04	0,40	-0,32	-23,04	0,40	-0,32	-11,79	0,32	-1,23
	9	-52,62	0,13	0,52	-51,82	0,13	0,30	-45,37	0,10	-1,27
	10	6,64	0,35	-1,02	-0,92	0,42	-0,40	6,64	0,35	-1,02
	11	-56,43	0,07	0,39	-49,70	-0,10	-1,08	-49,70	-0,10	-1,08
	12	23,11	0,34	0,67	19,24	0,39	-0,18	6,76	0,24	-0,82
	13	-55,28	-0,19	-0,15	-49,17	-0,20	-0,77	-32,06	-0,09	-0,86
	14	38,25	0,10	-0,21	35,01	0,28	0,17	16,14	0,18	-0,59
	15	-44,62	-0,35	-0,22	-44,34	-0,35	0,14	-25,44	-0,17	-0,61
	16	46,56	-0,24	-0,20	40,56	0,27	-0,07	25,84	0,17	-0,36
	17	-4,09	-0,28	0,12	0,76	-0,46	0,17	-0,42	-0,29	-0,33
Стійки шпенгеля	1	-34,43	0,26	0,16	-32,61	0,26	0,19	-10,80	0,11	0,36
	2	71,00	0,21	-0,26	71,00	0,21	-0,26	32,67	0,09	0,69
	3	-23,64	0,09	0,43	-23,59	0,09	0,42	-4,00	0,03	0,64
	4	67,24	0,17	-0,40	66,97	0,17	-0,40	51,25	0,14	0,72
	5	25,97	-0,05	0,17	20,39	-0,05	0,04	15,09	-0,05	0,73
	6	51,18	0,08	-0,29	51,18	0,08	-0,29	33,00	0,04	0,87
	7	49,20	-0,11	0,19	49,20	-0,11	0,19	37,41	-0,10	0,92
	8	26,87	-0,05	-0,29	22,19	-0,05	0,05	12,72	-0,04	0,93
	9	61,01	-0,18	-0,41	61,01	-0,18	-0,41	52,25	-0,17	0,87
	10	-8,49	-0,11	0,79	-8,49	-0,11	0,79	-8,49	-0,11	0,79
	11	67,02	-0,22	-0,28	67,02	-0,22	-0,28	59,17	-0,20	0,72
	12	-27,82	-0,16	0,50	-27,82	-0,16	0,50	-Б,89	-0,08	0,56
	13	66,60	-0,23	0,10	66,60	-0,23	0,10	39,53	-0,14	0,51
	14	-47,20	-0,08	0,05	-47,03	-0,21	0,11	-18,33	-0,11	0,39
	15	53,23	-0,23	0,15	53,23	-0,23	0,15	31,51	-0,13	0,38
	16	-54,63	-0,10	-0,08	-54,46	-0,25	0,16	-30,79	-0,16	0,25
	17	-10,15	-0,24	0,17	-10,15	-0,24	0,17	-5,47	-0,15	-0,23

Продовження таблиці 2.3

Піварка ПА4										
Конструктивна група	№ елемента	1 комбінація			2 комбінація			3 комбінація		
		N	My	Mx	N	My	Mx	N	y	Mx
Верхній пояс	1	-3495,725	-54,492	-5,313	-3434,27	71,137	-4,165	-1314,99	-8,063	-98,664
	2	-4122,048	-44,977	-Б,59	-4074,92	78,02	-2,193	-2890,66	50,786	10,373
	3	-4165,968	-34,395	-4,431	-4141,01	73,791	-4,752	-2992,35	52,866	13,988
	4	-4030,591	38,994	-9,976	-4005	71,37	-4,819	-3582,8	63,051	14,261
	5	-3598,292	36,371	-3,76	-3596,18	66,728	3,97	-2130,81	-14,04	-10,489
	6	-2743,724	29,272	-3,27	-2741,64	53,274	2,467	-2026,19	-14,347	10,897
	7	-1639,334	21,451	-1,987	-1637,18	29,785	0,404	-1081,12	13,37	-7,192
	8	919,541	-9,839	0,031	-434,994	-24,056	-0,24	-236,425	-13,569	3,853
	9	1252,233	-25,715	3,554	1207,793	-34,261	-5,515	969,424	-26,152	21,088
Нижній пояс	1	460,832	52,37	8,346	106,852	59,964	-7,188	245,684	36,304	131,041
	2	1632,678	61,632	0,718	1416,365	67,069	2,01	668,636	38,351	4,099
	3	2206,603	66,76	-1,817	2101,81	73,422	0,401	994,645	39,147	4,192
	4	2294,524	70,448	1,02	2250,087	70,693	0,438	1039,82	36,171	4,46
	5	1986,293	60,379	1,236	1915,683	60,682	0,191	1703,687	49,71	-4,749
	6	1346,893	44,481	1,823	1221,344	49,334	-0,333	1140,324	36,895	-Б,415
	7	567,756	-40,821	-2,103	421,128	-46,515	1,087	427,976	-38,189	-3,898
	8	-986,18	19,921	3,108	-879,323	36,727	4,057	-572,283	-14,565	-13,875
	9	-1634,713	-1098,51	21,905	-1634,71	-1098,51	21,905	-935,539	-Б27,334	-38,571
Роскош	1	-1282,064	42,724	5,4	-1264,23	-99,059	13,014	-786,872	-59,394	27,534
	2	901,898	111,236	5,582	872,679	112,191	12,089	802,266	103,267	24,56
	3	-852,688	-91,172	13,459	-835,101	-92,181	15,867	-469,319	-52,605	22,907
	4	460,263	114,107	5,729	425,2	115,204	13,383	364,143	101,191	25,669
	5	-443,528	94,482	10,905	-443,528	94,482	10,905	-216,258	54,278	24,717
	6	73,572	84,006	2,563	36,566	108,805	9,484	10,667	92,738	25,26
	7	-62,699	101,88	9,73	-62,699	101,88	9,73	-14,699	87,742	27,485
	8	-315,938	89,627	9,398	-311,434	90,763	9,068	-290,288	75,003	23,565
	9	329,677	97,675	3,695	298,245	100,058	9,744	291,858	83,838	27,094
	10	-Б14,28	66,647	8,137	-Б14,28	66,647	8,137	-507,111	48,526	28,694
	11	633,068	81,675	-2,705	613,505	82,308	7,532	537,308	63,441	-26,456
	12	-854,908	-49,145	6,697	-852,065	-49,878	10,432	-706,476	27,152	32,098
	13	925,438	62,897	-1,738	911,414	63,25	2,243	769,99	49,075	21,263
	14	-1058,09	20,022	-3,804	-1046,41	-34,252	3,216	-856,027	18,315	31,261
	15	1168,423	35,528	-1,947	1162,266	35,646	2,955	945,004	27,52	25,702
	16	-1252,809	102,931	-10,163	-1249,79	103,273	6,766	-1005,46	84,678	30,3
	17	-358,193	-86,342	-3,169	-183,566	-140,531	2,56	-97,866	-118,517	29,846
Стійки	1	9,526	-0,058	-0,004	7,907	-0,059	0,015	6,04	-0,051	-0,025
	2	28,278	-0,065	-0,034	28,278	-0,065	-0,034	13,646	-0,037	-0,045
	3	40,452	-0,057	-0,032	32,458	-0,057	0,006	30,35	-0,056	-0,045
	4	41,766	-0,05	-0,016	32,768	-0,052	0,007	32,449	-0,051	-0,051
	5	37,354	-0,056	-0,028	26,447	-0,056	0,028	29,814	-0,056	-0,05
	6	26,71	-0,061	-0,022	26,005	-0,062	-0,016	21,961	-0,06	-0,048
	7	9,528	-0,063	-0,037	6,202	-0,066	0,004	7,81	-0,064	0,044

Продовження таблиці 2.3

	8	4,258	-0,059	0,002	0,417	-0,069	0,002	3,586	-0,066	-0,022
	9	-26,396	-0,084	-0,002	-26,396	-0,084	-0,002	-19,316	-0,078	-0,017
Паски шпенгеля	1	-Б3, Б44	0,383	0,432	-Б3, Б44	0,383	0,432	-Б3, Б44	0,383	0,432
	2	-143,326	0,631	-0,428	-143,301	0,639	-0,433	-143,301	0,639	-0,433
	3	-89,691	0,566	0,524	-89,691	0,566	0,524	-89,691	0,566	0,524
	4	-142,302	0,763	-0,508	-141,714	0,766	-0,51	-141,714	0,766	-0,51
	5	-113,262	0,69	0,614	-113,262	0,69	0,614	-113,262	0,69	0,614
	6	-130,333	0,769	0,12	-129,649	0,775	0,105	-107,707	0,633	0,367
	7	-121,52	0,689	0,104	-121,52	0,689	0,104	-102,084	-0,413	0,362
	8	-104,681	0,686	0,162	-104,155	0,688	-0,11	-83,834	0,56	0,355
	9	-120,304	-0,451	0,145	-119,766	0,597	0,182	-99,562	0,478	0,344
	10	-72,426	0,512	0,118	-72,426	0,512	0,118	-55,505	0,414	0,33
	11	-101,766	-0,37	0,104	-101,177	0,437	-0,087	-82,801	0,345	0,346
	12	-31,354	0,282	0,077	-31,354	0,282	0,077	-19,492	0,21	-0,299
	13	-83,156	-0,239	0,067	-82,58	-0,24	0,107	-Б5, Б75	-0,212	-0,339
	14	14,777	0,026	-0,101	8,957	0,061	-0,151	8,957	0,061	-0,151
	15	-52,538	-0,143	-0,02	-42,521	-0,144	0,153	-42,521	-0,144	0,153
	16	76,863	0,121	-0,017	66,995	-0,135	-0,042	60,812	-0,088	-0,115
	17	-33,266	-0,268	0,022	-17,233	-0,319	0,051	-26,824	-0,248	0,134
Стійки шпенгеля	1	8,844	0,071	0,045	3,236	0,112	-0,087	0,634	0,056	0,212
	2	42,23	-0,326	-0,166	42,23	-0,326	-0,166	26,361	-0,268	-0,212
	3	22,559	0,182	-0,136	22,22	0,194	-0,155	10,312	0,146	-0,213
	4	49,946	0,279	-0,158	49,927	-0,335	0,075	38,245	0,231	-0,226
	5	39,946	0,243	-0,145	39,946	0,243	-0,145	29,919	0,193	-0,213
	6	49,738	0,237	-0,071	49,694	-0,308	0,036	39,1	-0,251	-0,229
	7	44,935	0,255	-0,071	44,935	0,255	-0,071	35,565	-0,204	-0,238
	8	40,083	0,178	-0,129	39,931	-0,256	0,062	31,971	-0,206	-0,221
	9	44,121	-0,25	-0,127	43,428	-0,25	-0,105	36,763	-0,208	-0,228
	10	25,471	-0,184	-0,108	25,388	-0,184	-0,111	20,92	-0,145	-0,207
	11	35,659	-0,225	-0,104	35,659	-0,225	-0,104	26,759	-0,172	0,22
	12	5,173	-0,06	-0,078	3,245	-0,09	-0,083	2,866	-0,068	-0,203
	13	27,461	-0,195	-0,051	27,199	-0,195	-0,032	23,52	-0,157	0,16
	14	-10,698	-0,062	-0,004	-9,094	-0,065	0,047	-4,905	-0,051	0,082
	15	16,759	-0,135	0,081	16,493	-0,159	-0,012	16,573	-0,133	0,084
	16	-18,468	-0,162	-0,007	-17,942	-0,162	0,009	-12,085	-0,132	0,059
	17	-32,312	-0,057	-0,02	-29,548	-0,078	0,004	-16,852	-0,038	-0,036

2.5 Розрахунок і конструювання піварок

2.5.1 Перевірка перерізів елементів арки

Згідно [п.7.1.1, 1] розрахунок на міцність внутрішньо-стислих і внутрішньо розтягнутих елементів суцільного перерізу з сталі з нормативним опором $R_{yn} \leq 440$ Н/мм² слід виконувати за формулою

$$\left(\frac{N}{A_n \cdot R_y \cdot \gamma_c} \right)^n + \left(\frac{M_x}{c_x \cdot W_{xn, \min} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \right) + \left(\frac{M_y}{c_x \cdot W_{yn, \min} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \right) \leq 1,$$

де N, M_x, M_y - відповідно зусилля в стрижні, кН;

n, c_x, c_y - коефіцієнти, прийняті згідно таблиці Е.1 додатку Е[3];

W_x, W_y - моменти опору перерізів відносно осі x і y відповідно, м³;

A - площа перерізу елемента, м²;

γ_c - коефіцієнт умов роботи, прийнятий для стислих елементів рівним 0,8, для розтягнутих - 0,95;

R_y - розрахункове співвідношення сталі, Н/мм², прийняте для сталі С245 дорівнює 240 Н/мм².

Згідно [п. 9.2.10, 3] стійкість стрижнів суцільного постійного коробчастого перерізу при стисненні з вигином в одній або в двох головних площинах варто виконувати за формулами:

$$\frac{N}{\varphi_{ey} \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} + \frac{M_x}{c_x \cdot \delta_x \cdot W_{xn, \min} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1;$$

$$\frac{N}{\varphi_{ex} \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} + \frac{M_y}{c_y \cdot \delta_y \cdot W_{yn, \min} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1,$$

де c_y, c_x - коефіцієнти, прийняті за таблицею Е.1 додаток Е [3];

δ_x, δ_y - коефіцієнти, що визначаються за формулами

$$\delta_x = 1 - 0,1N\bar{\lambda}_x^2 / (A \cdot R_y);$$

$$\delta_y = 1 - 0,1N\bar{\lambda}_y^2 / (A \cdot R_y).$$

і приймаються 1,0 при λ_x ≤ 1 і λ_y ≤ 1 відповідно.

φ_{ey}, φ_{ex} - коефіцієнт стійкості при стисканні з вигином, визначений по таблиці Д.3 додатку Д [3] в залежності від умовної гнучкості і приведених відносних ексцентриситетів, що визначаються за формулами:

$$m_{ef,x} = \eta \cdot m_x;$$

$$m_{ef,y} = \eta \cdot m_y,$$

де η - коефіцієнт впливу форми перерізу, що визначається за таблицею Д.2 додатку Д [2];

m_x і m_y - відносні ексцентриситети, значення яких знаходять за формулами

$$m_x = e \cdot \frac{A}{W_{cx}};$$

$$m_y = e \cdot \frac{A}{W_{cy}},$$

тут $e = M / N$ - ексцентриситет, при вирахованні якого значення M і N слід приймати відповідно до вимог [п. 9.2.3,1]

Розрахунок на стійкість позацентрово стиснених (стиснено-вигинальних) елементів постійного перерізу в площині дії моменту, що співпадає з плоскістю симетрії, слід визначити за формулою:

$$\frac{N}{\varphi_e \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1;$$

Умовна гнучкість стержня визначається за формулою

$$\bar{\lambda} = \lambda \cdot \sqrt{R_y / E},$$

де R_y - розрахунковий опір сталі стисненню, МПа;

E - Модулі пружності сталі, МПа, прийняті рівними $2,06 \cdot 10^8$ МПа;

β - гнучкість елемента, що визначається за формулою (2.4).

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i},$$

де i - радіус інерції перерізу, м;

l_{ef} - розрахункова довжина елемента, що приймається рівною геометричній довжині для поясів ферм, м. н.

Гранична гнучкість для розтягнутих елементів рівна $[\beta] = 400$, для стислих елементів гранична гнучкість визначається за формулою (2.5)

$$[\lambda] = 180 - \langle 0 \cdot \alpha, (2.20)$$

$$\alpha = \frac{N}{\varphi \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1,$$

Де α , але не менше 0,5.

Так само згідно [п. 9.4.2, 1] необхідно виконувати перевірку стійкості стінок внутрішньо стислих елементів суцільного перерізу. Стійкість стінок стисло-вигинальних елементів слід вважати забезпеченою, якщо основна гнучкість стінки $\bar{\lambda}_w = (h_{ef} / t_w) \sqrt{R_y / E}$ не перевищує значень гранично допустимої умовної гнучкості стінки λ , значення якої в свою чергу чергують за таблицею 22 [3].

При значенні складової гнучкості стержня $\bar{\lambda} < 2$

$$\bar{\lambda}_{uw} = 1,3 + 0,15\bar{\lambda}_x^2$$

При значенні складової гнучкості стержня $\bar{\lambda} \geq 2$

$$\bar{\lambda}_{uw} = 1,2 + 0,35\bar{\lambda}_x^2 \leq 3,1;$$

Висоту h_{ef} слід визначати як різницю повної висоти перерізу труби і двох радіусів зкруглення її кутів.

Результати перевірки перерізу елементів піварок на граничну гнучкість приведені в таблиці 2.5, результати перевірки на спільну стійкість стінок приведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.4 - Перевірка перерізу по граничній гнучкості

Піварка ПА-1																				
К.Гр															λперед, у	λперед, х	λперед, у	λперед, х	λперед, у	λперед, х
Верхній пояс	1	350x10	350	25	300	10	2,250	2,250	13,784	132,57	16,32	16,32	0,65	0,65	146,20	148,01	149,49	152,76	166,06	164,30
	2	350x10	350	25	300	10	2,250	2,250	13,784	132,57	16,32	16,32	0,65	0,65	152,24	152,24	153,03	155,09	164,50	164,23
	3	350x10	350	25	300	10	2,250	2,250	13,784	132,57	16,32	16,32	0,65	0,65	164,09	164,12	164,20	165,84	171,88	172,19
	4	350x10	350	25	300	10	2,250	2,250	13,784	132,57	16,32	16,32	0,65	0,65	172,80	172,86	172,77	174,03	178,30	178,26
	5	350x10	350	25	300	10	2,310	2,31	13,784	132,57	16,76	16,76	0,67	0,67	250,00	250,00	250,00	250,00	178,88	178,62
	6	350x10	350	25	300	10	2,250	2,250	13,784	132,57	16,32	16,32	0,65	0,65	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00
	7	350x10	350	25	300	10	2,250	2,250	13,784	132,57	16,32	16,32	0,65	0,65	250,00	250,00	177,77	179,14	250,00	250,00
	8	350x10	350	25	300	10	2,250	2,250	13,784	132,57	16,32	16,32	0,65	0,65	167,09	167,68	167,79	168,45	178,03	178,26
	9.1	350x16	350	48	254	16	2,250	2,250	13,419	202,77	16,77	16,77	0,65	0,65	171,86	171,96	171,49	171,98	173,94	174,31
	9.2	300x10	300	25	250	10	2,250	2,959	11,742	112,57	25,20	19,16	1,01	0,77	165,58	166,27	164,64	166,30	169,06	170,28
Нижній пояс	1	250x11	250	33	184	11	9,000	4,5	9,609	99,97	46,83	93,66	1,82	3,63	135,46	122,61	143,07	147,45	154,39	121,58
	2	250x9	250	22,5	205	9	9,000	4,5	9,750	83,98	46,15	92,31	1,85	3,69	142,16	136,78	142,79	138,09	159,69	156,99
	3	250x9	250	22,5	205	9	9,000	4,5	9,750	83,98	46,15	92,31	1,85	3,69	154,80	157,43	159,29	170,26	165,19	169,52
	4	250x7	250	17,5	215	7	9,000	4,5	9,853	66,36	45,67	91,34	1,83	3,66	250,00	250,00	250,00	250,00	-	178,51
	5	250x9	250	22,5	205	9	9,240	4,62	9,750	83,98	47,38	94,77	1,90	3,79	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00
	6	250x7	250	17,5	215	7	9,000	4,5	9,853	66,36	45,67	91,34	1,83	3,66	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00
	7	250x9	250	22,5	205	9	9,000	4,5	9,750	83,98	46,15	92,31	1,85	3,69	152,23	161,34	-	176,14	164,67	168,35
	8	250x9	250	22,5	205	9	9,000	4,5	9,750	83,98	46,15	92,31	1,85	3,69	153,52	154,05	126,41	170,34	162,33	160,10
	9	250x9	250	22,5	205	9	2,663	2,663	9,750	83,98	27,31	27,31	1,09	1,09	148,32	162,10	154,07	169,61	171,33	172,57
Роскоєи	1	160x8	160	20	120	8	3,182	6,364	6,123	46,44	103,93	51,97	4,16	2,08	133,48	155,01	130,93	153,54	171,20	167,92
	2	140x4	140	8	124	4	2,864	5,728	5,525	21,35	103,68	51,84	4,15	2,07	143,72	164,83	250,00	250,00	152,04	144,45
	3	140x6	140	12	116	6	2,864	5,728	5,429	31,23	105,50	52,75	4,22	2,11	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00
	4	140x8	140	20	100	8	2,864	5,728	5,305	40,04	107,97	53,98	4,32	2,16	147,74	164,47	145,10	161,01	164,73	158,91
	5	140x4	140	8	124	4	2,864	5,728	5,525	21,35	103,68	51,84	4,15	2,07	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00	250,00
	6	140x6	140	12	116	6	2,864	5,728	5,429	31,23	105,50	52,75	4,22	2,11	136,26	157,66	135,36	157,31	155,09	144,33

2.5.2 Перевірка безфасоночних вузлів

Далі згідно [П. 15.2.5, 1] в вузлах ферм з безпосереднім прикріпленням елементів решітки до поясів слід перевірити:

- несучу здатність стінки (полиці) пояса, до якої примикає елемент решітки;
- несучу здатність елемента решітки поблизу примикання до пояса;
- міцність зварних швів.

В випадку одностороннього примикання до пояса двох чи більше елементів решітки з зусиллями різних знаків, а також одного елемента в опорних вузлах при $d/D \leq 0,9$ несучу здатність стінки пояса варто перевірити для кожного примикаючого елемента за формулою

$$\left(N + \frac{1,5M}{d_b} \right) \cdot \frac{(0,4 + 1,8 \cdot g/b) \cdot f \cdot \sin \alpha}{\gamma_c \cdot \gamma_d \cdot \gamma_D \cdot R_y \cdot t^2 \cdot (b + g + \sqrt{2Df})} \leq 1,$$

N - сила в примикаючому елементі (решітки);

F – подовжня сила в поясі з боку розтягнутого елемента решітки;

A – площа поперечного перерізу пояса;

R_y - розрахунковий опір сталі пояса;

t - товщина стінки (полиці) пояса;

α – кут примикання елемента решітки до пояса;

A_d – площа поперечного перерізу елемента решітки;

m_d – товщина стінки (полиці) елемента решітки;

R_{yd} – розрахунковий опір сталі елемента решітки;

g – половина відстані між суміжними стінками елементів решітки або поперечною стінкою розкоса і опорним ребром; відстань має бути достатньою для накладання двох зварних швів.

Несучу здатність стінки пояса в Т-подібних вузлах, а також у вузлах, решітці, де примикають елементи з зусиллями різних знаків, при $g/b > 0,2$

$$\frac{(N + 1,7M/d_b) \cdot f \cdot \sin \alpha}{\gamma_c \cdot \gamma_d \cdot \gamma_D \cdot R_y \cdot t^2 \cdot (b + g + \sqrt{2Df})} \leq 1,$$

Несучу здатність елемента решітки поблизу примикання до пояса слід перевіряти у вузлах, у разі одностороннього примикання до пояса двох або більше

елементів решітки з зусиллями різних знаків, а також одного елемента в/з|

$$N \cdot \frac{(1,4 + 0,018 \cdot D/t) \cdot \sin \alpha}{\gamma_c \cdot \gamma_d \cdot k \cdot R_{yd} \cdot A_d} \leq 1,$$

де k - коефіцієнт, що приймається рівним

$$\text{при } 4(t/D_b)^2 - R_y/E \leq 0,$$

$$k = 3,6(t/D_b)^2 E/R_y;$$

$$\text{при } 0 < 4(t/D_b)^2 - R_y/E \leq 6 \cdot 10^{-4},$$

$$k = 0,9 + 670(t/D_b)^2 - 170R_y/E;$$

в інших випадках $x = 1,0$

$$N \cdot \frac{[1 + 0,01(3 + 5d/D - 0,1 \cdot d_b/t_d) \cdot D/t] \cdot \sin \alpha}{\gamma_c \cdot \gamma_d \cdot k \cdot R_{yd} \cdot A_d} \leq 1,$$

Результати перевірок всіх елементів піварок представлені у табличній формі в таблицях 2.5-2.12.

Таблиця 2.5 – Перевірка несучої здатності стінок поясів арки А1

вузол	Елем.	N	Mx	F	dv	D	T	A	f	g	B	$\gamma\Delta$	$\gamma\delta$	Альфа	Перевірка
7	P2	-122,769	-0,84	-1522,45	140	250	11	99,97	55	18	197,99	1	1	45	0,137
7	P3	73,836	-3,021	-1522,45	140	250	11	99,97	55	18	197,99	1	1,2	45	0,092
7	СТ2	-Б2, Б37	0,265	-1522,45	80	250	11	99,97	85	18	80	1	1	90	0,235
9	P3	73,836	-3,021	-1755,46	140	350	10	132,57	105	26	197,99	1	1,2	45	0,171
9	P4	-208,589	-2, 65	-1755,46	140	350	10	132,57	105	26	197,99	1	1	45	0,458
11	P4	-208,589	-2, 65	-1007,31	140	250	9	83,98	55	15,5	197,99	1	1	45	0,352
11	P5	96, 683	-9,854	-1007,31	140	250	9	83,98	55	15,5	197,99	1	1,2	45	0,250
11	СТ3	-86, 224	0,115	-1007,31	90	250	9	83,98	80	15,5	90	1	1	90	0,382
14	P5	96, 683	-9,854	-1004,11	140	350	10	132,57	105	26	197,99	1	1,2	45	0,326
14	P6	-256,098	-2,027	-1004,11	140	350	10	132,57	105	26	197,99	1	1	45	0,537
16	СТ4	-107,522	0,106	-1004,11	90	350	10	132,57	130	22,5	90	1	1	90	0,528
16	РШ6	16,534	0,079	-1004,11	50	350	10	132,57	150	22,5	70,71	1	1,2	45	0,069
16	РШ7	8,199	0,062	-1004,11	60	350	10	132,57	145	19	84,85	1	1,2	45	0,028
17	P6	-256,098	-2,027	-525,95	140	250	9	83,98	55	15,5	197,99	1	1	45	0,413
17	P7	102,2	-9,451	-525,95	140	250	9	83,98	55	15,5	197,99	1	1,2	45	0,252
17	СТ4	-107,522	0,106	-525,95	90	250	9	83,98	80	15,5	90	1	1	90	0,474
19	P7	102,2	-9,451	-442,787	140	350	10	132,57	105	26	197,99	1	1,2	45	0,328
19	P8	-257,269	-2,166	-442,787	140	350	10	132,57	105	26	197,99	1	1	45	0,543
21	P8	-257,269	-2,166	282,34	140	250	9	83,98	55	15,5	197,99	1	1	45	0,417
21	P9	88,672	-8, 683	282,34	140	250	9	83,98	55	17	197,99	1	1,2	45	0,231
21	СТ5	-129,504	0,207	282,34	90	250	9	83,98	80	17	90	1	1	90	0,601
22	СТ5	-129,504	0,207	-442,787	90	350	10	132,57	130	24	90	1	1	90	0,665
22	РШ8	25,958	0,052	-442,787	60	350	10	132,57	145	19	84,85	1	1,2	45	0,078
22	РШ9	24,834	0,081	-442,787	50	350	10	132,57	150	24	70,71	1	1,2	45	0,103
24	P9	88,672	-8, 683	184,4	140	350	10	132,57	105	28	197,99	1	1,2	45	0,301
24	P10	-271,29	3,426	184,4	140	350	10	132,57	105	28	197,99	1	1	45	0,613
26	СТ6	-130,77	0,141	168,762	90	350	10	132,57	130	24	90	1	1	90	0,666

Закінчення таблиці 2.5

26	РШ10	34,703	-0,164	168,762	50	350	10	132,57	150	24	70,71	1	1,2	45	0,149
26	РШ11	31,684	-0,178	168,762	60	350	10	132,57	145	19	84,85	1	1,2	45	0,104
27	Р10	-271,29	3,426	282,34	140	250	9	83,98	55	17	197,99	1	1	45	0,469
27	Р11	56,453	5,351	282,34	140	250	9	83,98	55	15,5	197,99	1	1,2	45	0,141
27	СТ6	-130,77	0,141	282,34	90	250	9	83,98	80	17	90	1	1	90	0,02
29	Р11	56,453	5,351	168,762	140	350	10	132,57	105	26	197,99	1	1,2	45	0,183
29	Р12	-323,652	3,339	168,762	140	350	10	132,57	105	26	197,99	1	1	45	0,695
32	СТ7	-77,295	-0,072	168,762	90	350	10	132,57	130	22,5	90	1	1	90	0,379
32	РШ12	47,677	-0,125	168,762	60	350	10	132,57	145	19	84,85	1	1,2	45	0,146
32	РШ13	10,428	-0,14	168,762	50	350	10	132,57	150	22,5	70,71	1	1,2	45	0,053
37	Р14	-149,823	-5,994	-604,761	140	250	9	83,98	55	15,5	197,99	1	1	45	0,318
37	Р15	-488,13	2,04	-604,761	140	250	9	83,98	55	15,5	197,99	1	1	45	0,758
37	СТ8	57,366	0,079	-604,761	90	250	9	83,98	80	15,5	90	1	1,2	90	0,212
39	Р15	-488,13	2,04	-778,983	140	350	10	132,57	105	26	197,99	1	1	45	0,986
39	Р16	444,231	3,835	-778,983	140	350	10	132,57	105	26	197,99	1	1,2	45	0,782
41	Р16	444,231	3,835	-Б42,484	140	250	9	83,98	55	18	197,99	1	1,2	45	0,626
41	Р17	-356,705	-3,391	-Б42,484	160	250	9	83,98	45	11	226,27	1	1	45	0,428
41	СТ9	-41,613	-0,263	-Б42,484	80	250	9	83,98	85	18	80	1	1	90	0,242
44	Р17	-356,705	-3,391	-730,539	160	350	16	202,77	95	225	226,27	1	1	45	0,912

Таблиця 2.6 - Перевірка несучої здатності Т-подібних вузлів

Взяв	Елемент	N	Mx	F	dv	D	t	A	f	в	$\gamma\Delta$	$\gamma\delta$	Альфа	Перевірка
3	СТШ1	-46,714	0,159	-2022,99	45	350	10	132,57	152,5	45	1	1	90	0,349
5	СТШ2	-18,328	0,371	-2022,99	45	350	10	132,57	152,5	45	1	1	90	0,214
8	СТШ3	24,141	0,242	-1755,46	45	350	10	132,57	152,5	45	1	1,2	90	0,184
10	СТШ4	8,769	0,026	-1755,46	45	350	10	132,57	152,5	45	1	1,2	90	0,054
13	СТШ5	-11,021	0,149	-1004,11	45	350	10	132,57	152,5	45	1	1	90	0,110
15	СТШ6	-29,509	0,09	-1004,11	45	350	10	132,57	152,5	45	1	1	90	0,218
18	СТШ7	-20,698	0,053	-442,787	50	350	10	132,57	150	50	1	1	90	0,147
20	СТШ8	-42,113	0,038	-442,787	50	350	10	132,57	150	50	1	1	90	0,283
23	СТШ9	-42,465	0,057	184,4	50	350	10	132,57	150	50	1	1	90	0,289
25	СТШ10	-53,198	0,152	184,4	50	350	10	132,57	150	50	1	1	90	0,380
28	СТШ11	-54,975	0,139	168,762	50	350	10	132,57	150	50	1	1	90	0,389
30	СТШ12	-75,191	0,112	168,762	50	350	10	132,57	150	50	1	1	90	0,514
33	СТШ13	-22,928	0,081	94,512	45	350	10	132,57	152,5	45	1	1	90	0,172
35	СТШ14	-22,768	-0,062	94,512	45	350	10	132,57	152,5	45	1	1	90	0,166
38	СТШ15	-31,262	-0,033	-778,983	45	350	10	132,57	152,5	45	1	1	90	0,215
40	СТШ16	34,962	0,073	-778,983	45	350	10	132,57	152,5	45	1	1,2	90	0,208
43	СТШ17	44,412	-0,037	-730,539	45	350	16	202,77	152,5	45	1	1,2	90	0,099
44	P17	-356,705	-3,391	-730,539	160	350	16	202,77	95	226,27	1	1	45	0,421

Таблиця 2.7 – Перевірка несучої здатності елементів ґрат

Вуз ол	Елемент	N	Mx	F	dv	D	t	Ad	td	$\gamma\delta$	k	Альфа	Перевірка
7	P2	-122,769	-0,84	-1522,45	140	250	11	21,35	4	1	1	45	0,228
7	P3	73,836	-3,021	-1522,45	140	250	11	31,23	6	1,2	1	45	0,088
7	СТ2	-Б2, Б37	0,265	-1522,45	80	250	11	9,01	3	1	1	90	0,391
9	P3	73,836	-3,021	-1755,46	140	350	10	31,23	6	1,2	1	45	0,098
9	P4	-208,589	-2,65	-1755,46	140	350	10	40,04	8	1	1	45	0,237

Продовження таблиці 2.7

11	P4	-208,589	-2, 65	-1007,31	140	250	9	40,04	8	1	1	45	0,222
11	P5	96, 683	-9,854	-1007,31	140	250	9	21,35	4	1,2	1	45	0,210
11	CT3	-86, 224	0,115	-1007,31	90	250	9	10,21	3	1	1	90	0,490
14	P5	96, 683	-9,854	-1004,11	140	350	10	21,35	4	1,2	1	45	0,224
14	P6	-256,098	-2,027	-1004,11	140	350	10	31,23	6	1	1	45	0,367
16	CT4	-107,522	0,106	-1004,11	90	350	10	10,21	3	1	1	90	0,651
16	PШ6	16,534	0,079	-1004,11	50	350	10	5,41	3	1,2	1	45	0,116
16	PШ7	8,199	0,062	-1004,11	60	350	10	6,61	3	1,2	1	45	0,048
17	P6	-256,098	-2,027	-525,95	140	250	9	31,23	6	1	1	45	0,343
17	P7	102,2	-9,451	-525,95	140	250	9	31,23	6	1,2	1	45	0,148
17	CT4	-107,522	0,106	-525,95	90	250	9	10,21	3	1	1	90	0,610
19	P7	102,2	-9,451	-442,787	140	350	10	31,23	6	1,2	1	45	0,158
19	P8	-257,269	-2,166	-442,787	140	350	10	31,23	6	1	1	45	0,369
21	P8	-257,269	-2,166	282,34	140	250	9	31,23	6	1	1	45	0,345
21	P9	88,672	-8, 683	282,34	140	250	9	31,23	6	1,2	1	45	0,130
21	CT5	-129,504	0,207	282,34	90	250	9	16, 36	5	1	1	90	0,460
22	CT5	-129,504	0,207	-442,787	90	350	10	16, 36	5	1	1	90	0,491
22	PШ8	25,958	0,052	-442,787	60	350	10	6,61	3	1,2	1	45	0,145
22	PШ9	24,834	0,081	-442,787	50	350	10	5,41	3	1,2	1	45	0,172
24	P9	88,672	-8, 683	184,4	140	350	10	31,23	6	1,2	1	45	0,139
24	P10	-271,29	3,426	184,4	140	350	10	31,23	6	1	1	45	0,395
26	CT6	-130,77	0,141	168,762	90	350	10	16, 36	5	1	1	90	0,495
26	PШ10	34,703	-0,164	168,762	50	350	10	5,41	3	1,2	1	45	0,244
26	PШ11	31,684	-0,178	168,762	60	350	10	6,61	3	1,2	1	45	0,182
27	P10	-271,29	3,426	282,34	140	250	9	31,23	6	1	1	45	0,370
27	P11	56,453	5,351	282,34	140	250	9	31,23	6	1,2	1	45	0,082
27	CT6	-130,77	0,141	282,34	90	250	9	16, 36	5	1	1	90	0,463

Закінчення таблиці 2.7

29	P11	56,453	5,351	168,762	140	350	10	31,23	6	1,2	1	45	0,088
29	P12	-323,652	3,339	168,762	140	350	10	31,23	6	1	1	45	0,467
32	СТ7	-77,295	-0,072	168,762	90	350	10	10,21	3	1	1	90	0,468
32	PШ12	47,677	-0,125	168,762	60	350	10	6,61	3	1,2	1	45	0,267
32	PШ13	10,428	-0,14	168,762	50	350	10	5,41	3	1,2	1	45	0,079
37	P14	-149,823	-5,994	-604,761	140	250	9	21,35	4	1	1	45	0,327
37	P15	-488,13	2,04	-604,761	140	250	9	40,04	8	1	1	45	0,504
37	СТ8	57,366	0,079	-604,761	90	250	9	10,21	3	1,2	1	90	0,272
39	P15	-488,13	2,04	-778,983	140	350	10	40,04	8	1	1	45	0,538
39	P16	444,231	3,835	-778,983	140	350	10	31,23	6	1,2	1	45	0,532
41	P16	444,231	3,835	-Б42,484	140	250	9	31,23	6	1,2	1	45	0,497
41	P17	-356,705	-3,391	-Б42,484	160	250	9	36,03	6	1	1	45	0,415
41	СТ9	-41, 613	-0,263	-Б42,484	80	250	9	9,01	3	1	1	90	0,276
44	P17	-356,705	-3,391	-730,539	160	350	16	36,03	6	1	1	45	0,392

Таблиця 2.8 – Перевірка несучої здатності елементів шпенгельної грати

Вузол	Елемент	N	Mx	F	dv	D	τ	Ad	τd	γδ	k	Альфа	Перевірка
2	PШ2	-10,347	-0,461	-122,769	60	140	4	6,61	3	1	1	90	0,132
2	СТШ2	-18,328	0,371	-122,769	45	140	4	4,81	3	1	1	45	0,203
3	PШ3	-24,911	-0,255	73,836	60	140	6	6,61	3	1	1	90	0,226
3	СТШ3	24,141	0,242	73,836	45	140	6	4,81	3	1,2	1	45	0,181
4	PШ4	-6, 688	-0,242	-208,589	60	140	8	6,61	3	1	1	90	0,068
4	СТШ4	8,769	0,026	-208,589	45	140	8	4,81	3	1,2	1	45	0,058
6	PШ6	16,534	0,079	-256,098	50	140	6	5,41	3	1,2	1	90	0,147
6	СТШ6	-29,509	0,09	-256,098	45	140	6	4,81	3	1	1	45	0,247
7	PШ7	8,199	0,062	102,2	60	140	6	6,61	3	1,2	1	90	0,061
7	СТШ7	-20, 698	0,053	102,2	50	140	6	8,36	5	1	1	45	0,099

Закінчення таблиці 2.8

8	РШ8	25,958	0,052	-257,269	60	140	6	6,61	3	1,2	1	90	0,184
8	СТШ8	-42,113	0,038	-257,269	50	140	6	5,41	3	1	1	45	0,306
9	РШ9	24,834	0,081	88,672	50	140	6	5,41	3	1,2	1	90	0,218
9	СТШ9	-42,465	0,057	88,672	50	140	6	5,41	3	1	1	45	0,310
10	РШ10	34,703	-0,164	-271,29	50	140	6	5,41	3	1,2	1	90	0,309
10	СТШ10	-53,198	0,152	-271,29	50	140	6	5,41	3	1	1	45	0,394
11	РШ11	31,684	-0,178	56,453	60	140	6	6,61	3	1,2	1	90	0,231
11	СТШ11	-54,975	0,139	56,453	50	140	6	5,41	3	1	1	45	0,406
12	РШ12	47,677	-0,125	-323, 652	60	140	6	6,61	3	1,2	1	90	0,339
12	СТШ12	-75,191	0,112	-323, 652	50	140	6	8,36	5	1	1	45	0,356
13	РШ13	10,428	-0,14	-107,074	50	140	6	5,41	3	1,2	1	90	0,100
13	СТШ13	-22,928	0,081	-107,074	45	140	6	4,81	3	1	1	45	0,193
14	РШ14	12,888	0,158	-149,823	60	140	4	6,61	3	1,2	1	90	0,110
14	СТШ14	-22,768	-0,062	-149,823	45	140	4	4,81	3	1	1	45	0,212
15	РШ15	20,406	0,058	-488,13	60	140	8	6,61	3	1,2	1	90	0,137
15	СТШ15	-31,262	-0,033	-488,13	45	140	8	4,81	3	1	1	45	0,242
16	РШ16	-32,261	-0,112	444,231	60	140	6	6,61	3	1	1	90	0,277
16	СТШ16	34,962	0,073	444,231	45	140	6	4,81	3	1,2	1	45	0,242
17	РШ17	-29,129	0,054	-356,705	60	160	6	6,61	3	1	1	90	0,255
17	СТШ17	44,412	-0,037	-356,705	45	160	6	4,81	3	1,2	1	45	0,313

Таблиця 2.9 – Перевірка несучої здатності елемента ґрати Т-подібних вузлів

Вузол	Елемент	N	Mx	F	dv	D	t	Ad	td	γδ	k	Альфа	Перевірка
3	СТШ1	-46, 714	0,159	-2022,99	45	350	10	4,81	3	1	1	90	0,534
5	СТШ2	-18,328	0,371	-2022,99	45	350	10	4,81	3	1	1	90	0,248
8	СТШ3	24,141	0,242	-1755,46	45	350	10	4,81	3	1,2	1	90	0,246
10	СТШ4	8,769	0,026	-1755,46	45	350	10	4,81	3	1,2	1	90	0,083
13	СТШ5	-11,021	0,149	-1004,11	45	350	10	4,81	3	1	1	90	0,140

Закінчення таблиці 2.9

15	СТШ6	-29,509	0,09	-1004,11	45	350	10	4,81	3	1	1	90	0,336
18	СТШ7	-20,698	0,053	-442,787	50	350	10	8,36	5	1	1	90	0,150
20	СТШ8	-42,113	0,038	-442,787	50	350	10	5,41	3	1	1	90	0,409
23	СТШ9	-42,465	0,057	184,4	50	350	10	5,41	3	1	1	90	0,414
25	СТШ10	-53,198	0,152	184,4	50	350	10	5,41	3	1	1	90	0,526
28	СТШ11	-54,975	0,139	168,762	50	350	10	5,41	3	1	1	90	0,542
30	СТШ12	-75,191	0,112	168,762	50	350	10	8,36	5	1	1	90	0,539
33	СТШ13	-22,928	0,081	94,512	45	350	10	4,81	3	1	1	90	0,263
35	СТШ14	-22,768	-0,062	94,512	45	350	10	4,81	3	1	1	90	0,259
38	СТШ15	-31,262	-0,033	-778,983	45	350	10	4,81	3	1	1	90	0,349
40	СТШ16	34,962	0,073	-778,983	45	350	10	4,81	3	1,2	1	90	0,329
43	СТШ17	44,412	-0,037	-730,539	45	350	16	4,81	3	1,2	1	90	0,346

Таблиця 2.10 - Міцність зварних швів, що прикріплюють елементи ґрати з силами різних знаків

Вузол	Елемент	N	Mx	F	dv	D	г	td	Альфа	kf	vf	Перевірка
7	P2	-122,769	-0,84	-1522,45	140	250	11	4	45	4	0,9	0,295
7	P3	73,836	-3,021	-1522,45	140	250	11	6	45	6	0,9	0,133
7	СТ2	-Б2, Б37	0,265	-1522,45	80	250	11	3	90	4	0,9	0,477
9	P3	73,836	-3,021	-1755,46	140	350	10	6	45	5	0,9	0,179
9	P4	-208,589	-2,65	-1755,46	140	350	10	8	45	5	0,9	0,461
11	P4	-208,589	-2,65	-1007,31	140	250	9	8	45	5	0,9	0,431
11	P5	96,683	-9,854	-1007,31	140	250	9	4	45	4	0,9	0,326
11	СТ3	-86,224	0,115	-1007,31	90	250	9	3	90	4	0,9	0,602
14	P5	96,683	-9,854	-1004,11	140	350	10	4	45	4	0,9	0,348
14	P6	-256,098	-2,027	-1004,11	140	350	10	6	45	5	0,9	0,557
16	СТ4	-107,522	0,106	-1004,11	90	350	10	3	90	4	0,9	0,802
16	PШ6	16,534	0,079	-1004,11	50	350	10	3	45	4	0,9	0,128
16	PШ7	8,199	0,062	-1004,11	60	350	10	3	45	4	0,9	0,054

Продовження таблиці 2.10

17	P6	-256,098	-2,027	-525,95	140	250	9	6	45	5	0,9	0,520
17	P7	102,2	-9,451	-525,95	140	250	9	6	45	5	0,9	0,269
17	CT4	-107,522	0,106	-525,95	90	250	9	3	90	4	0,9	0,750
19	P7	102,2	-9,451	-442,787	140	350	10	6	45	5	0,9	0,287
19	P8	-257,269	-2,166	-442,787	140	350	10	6	45	5	0,9	0,560
21	P8	-257,269	-2,166	282,34	140	250	9	6	45	5	0,9	0,524
21	P9	88,672	-8, 683	282,34	140	250	9	6	45	5	0,9	0,236
21	CT5	-129,504	0,207	282,34	90	250	9	5	90	5	0,9	0,725
22	CT5	-129,504	0,207	-442,787	90	350	10	5	90	5	0,9	0,775
22	PШ8	25,958	0,052	-442,787	60	350	10	3	45	4	0,9	0,163
22	PШ9	24,834	0,081	-442,787	50	350	10	3	45	4	0,9	0,190
24	P9	88,672	-8, 683	184,4	140	350	10	6	45	5	0,9	0,253
24	P10	-271,29	3,426	184,4	140	350	10	6	45	5	0,9	0,599
26	CT6	-130,77	0,141	168,762	90	350	10	5	90	5	0,9	0,781
26	PШ10	34,703	-0,164	168,762	50	350	10	3	45	4	0,9	0,269
26	PШ11	31,684	-0,178	168,762	60	350	10	3	45	4	0,9	0,204
27	P10	-271,29	3,426	282,34	140	250	9	6	45	5	0,9	0,560
27	P11	56,453	5,351	282,34	140	250	9	6	45	5	0,9	0,149
27	CT6	-130,77	0,141	282,34	90	250	9	5	90	5	0,9	0,730
29	P11	56,453	5,351	168,762	140	350	10	6	45	5	0,9	0,160
29	P12	-323,652	3,339	168,762	140	350	10	6	45	5	0,9	0,709
32	CT7	-77,295	-0,072	168,762	90	350	10	3	90	4	0,9	0,576
32	PШ12	47,677	-0,125	168,762	60	350	10	3	45	4	0,9	0,300
32	PШ13	10,428	-0,14	168,762	50	350	10	3	45	4	0,9	0,087
37	P14	-149,823	-5,994	-604, 761	140	250	9	4	45	4	0,9	0,423
37	P15	-488,13	2,04	-604, 761	140	250	9	8	45	5	0,9	0,979
37	CT8	57,366	0,079	-604, 761	90	250	9	3	90	4	0,9	0,401

Закінчення таблиці 2.10

39	P15	-488,13	2,04	-778,983	140	350	10	8	45	6	0,9	0,873
39	P16	444,231	3,835	-778,983	140	350	10	6	45	5	0,9	0,968
41	P16	444,231	3,835	-Б42,484	140	250	9	6	45	5	0,9	0,905
41	P17	-356,705	-3,391	-Б42,484	160	250	9	6	45	5	0,9	0,635
41	CT9	-41, 613	-0,263	-Б42,484	80	250	9	3	90	4	0,9	0,337
44	P17	-356,705	-3,391	-730,539	160	350	16	6	45	6	0,9	0,499

Таблиця 2.11 - Міцність зварних швів, що прикріплюють елементи шпренгеля з силами різних знаків

Взяв	Елемент	N	Mx	F	dv	D	t	td	Альф а	kf	vf	Перевірк а
2	РШ2	-10,347	-0,461	-122,769	60	140	4	3	90	4	0,9	0,158
2	СТШ2	-18,328	0,371	-122,769	45	140	4	3	45	4	0,9	0,185
3	РШ3	-24,911	-0,255	73,836	60	140	6	3	90	4	0,9	0,269
3	СТШ3	24,141	0,242	73,836	45	140	6	3	45	4	0,9	0,197
4	РШ4	-6, 688	-0,242	-208,589	60	140	8	3	90	4	0,9	0,082
4	СТШ4	8,769	0,026	-208,589	45	140	8	3	45	4	0,9	0,063
6	РШ6	16,534	0,079	-256,098	50	140		3	90	4	0,9	0,207
6	СТШ6	-29,509	0,09	-256,098	45	140	6	3	45	4	0,9	0,224
7	РШ7	8,199	0,062	102,2	60	140	6	3	90	4	0,9	0,087
7	СТШ7	-20, 698	0,053	102,2	50	140	6	5	45	5	0,9	0,112
8	РШ8	25,958	0,052	-257,269	60	140	6	3	90	4	0,9	0,263
8	СТШ8	-42,113	0,038	-257,269	50	140	6	3	45	4	0,9	0,281
9	РШ9	24,834	0,081	88,672	50	140	6	3	90	4	0,9	0,306
9	СТШ9	-42,465	0,057	88,672	50	140	6	3	45	4	0,9	0,285
10	РШ10	34,703	-0,164	-271,29	50	140	6	3	90	4	0,9	0,434
10	СТШ10	-53,198	0,152	-271,29	50	140	6	3	45	4	0,9	0,362
11	РШ11	31,684	-0,178	56,453	60	140	6	3	90	4	0,9	0,330
11	СТШ11	-54,975	0,139	56,453	50	140	6	3	45	4	0,9	0,373
12	РШ12	47,677	-0,125	-323, 652	60	140	6	3	90	4	0,9	0,485

Закінчення таблиці 2.11

12	СТШ12	-75,191	0,112	-323,652	50	140	6	5	45	5	0,9	0,404
13	РШ13	10,428	-0,14	-107,074	50	140	6	3	90	4	0,9	0,141
13	СТШ13	-22,928	0,081	-107,074	45	140	6	3	45	4	0,9	0,175
14	РШ14	12,888	0,158	-149,823	60	140	4	3	90	4	0,9	0,158
14	СТШ14	-22,768	-0,062	-149,823	45	140	4	3	45	4	0,9	0,193
15	РШ15	20,406	0,058	-488,13	60	140	8	3	90	4	0,9	0,196
15	СТШ15	-31,262	-0,033	-488,13	45	140	8	3	45	4	0,9	0,219
16	РШ16	-32,261	-0,112	444,231	60	140	Б6	3	90	4	0,9	0,330
16	СТШ16	34,962	0,073	444,231	45	140		3	45	4	0,9	0,263
17	РШ17	-29,129	0,054	-356,705	60	160	6	3	90	4	0,9	0,304
17	СТШ17	44,412	-0,037	-356,705	45	160	6	3	45	4	0,9	0,341

Таблиця 2.12 - Міцність зварних швів, що прикріплюють елементи решітки Т-подібних вузлів

Вузол	Елемент	N	Mx	F	dv	D	T	td	Альфа	kf	vf	Перевірка
3	СТШ1	-46,714	0,159	-2022,99	45	350	10	3	90	4	0,9	0,609
5	СТШ2	-18,328	0,371	-2022,99	45	350	10	3	90	4	0,9	0,282
8	СТШ3	24,141	0,242	-1755,46	45	350	10	3	90	4	0,9	0,337
10	СТШ4	8,769	0,026	-1755,46	45	350	10	3	90	4	0,9	0,114
13	СТШ5	-11,021	0,149	-1004,11	45	350	10	3	90	4	0,9	0,159
15	СТШ6	-29,509	0,09	-1004,11	45	350	10	3	90	4	0,9	0,383
18	СТШ7	-20,698	0,053	-442,787	50	350	10	5	90	5	0,9	0,214
20	СТШ8	-42,113	0,038	-442,787	50	350	10	3	90	4	0,9	0,471
23	СТШ9	-42,465	0,057	184,4	50	350	10	3	90	4	0,9	0,477
25	СТШ10	-53,198	0,152	184,4	50	350	10	3	90	4	0,9	0,607
28	СТШ11	-54,975	0,139	168,762	50	350	10	3	90	4	0,9	0,625
30	СТШ12	-75,191	0,112	168,762	50	350	10	5	90	5	0,9	0,769
33	СТШ13	-22,928	0,081	94,512	45	350	10	3	90	4	0,9	0,299
35	СТШ14	-22,768	-0,062	94,512	45	350	10	3	90	4	0,9	0,295

РОЗДІЛ 3

НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Варіантне виконання решітки арок купольного покриття

3.1.1 Опис варіантів

Проектована будівля за формою виглядає як чотиригранна піраміда і є ребристим куполом на квадратному плані розмірами 106,45x106,45 м з прямолінійними ребрами, в якості яких трикутні арки наскрізного перерізу (ферми з паралельними поясами) з висотою підйому стрілки 40,3 м.

У рамках розділу було досліджено два варіанти решіток несучих арок купольного покриття.

Варіант 1 – арка з трикутною решіткою з додатковими стійками, розташованими у вузлах опору прогонів покриття.

Варіант 2 - арка з шпренгельною решіткою.

При великій висоті ферм в межах 4-5 м і при дотриманні раціонального кута нахилу розкосів до поясів (35-45 градусів) панелі отримують великі габарити. При порівняно невеликій масі прогонів можна допустити розташування прогонів між вузлами ферми в середині пояса, але при цьому елементи пояса почнуть отримувати місцевий вигин, який приведе до збільшення перерізу профіля поясу, а, відповідно, і до збільшення маси конструкції. В цьому випадку навантаження від ваги прогона буде мати більше значення, адже прогони перекривають значний проліт вище 12 м, і в зв'язку з цим проєктуються решітчастими, адже такий проліт не може бути перекритий звичайним профілем. Відповідно, положення прогонів поза вузлами ферм нераціональне. На основі вищесказаного, для першого випадку розташування прогонів було прийнято рівним половині довжини панелі арки прольотом 98 м — 3,545 м, а для другого варіанту величина кроку була зменшена вдвічі, за рахунок приймання шпренгельної решітки.

Для обох варіантів було проведено збір тимчасових навантажень, що діють на конструкції покриття, попередньо визначена товщина скла вітражного застклення за методикою, вказаною в [4], і постійне рівномірно-розподілене навантаження від його ваги, котра для варіанта один становила – 0,539 кН/м², а для другого – 0,367 кН/м².

Визначення навантажень детально описано в конструктивному розділі проєкту, навантаження на покриття в обох варіантах прийнято однаковими за винятком

навантажень від власної ваги несучи конструкцій і ваги вітражного скління. Перерізи попередньо задані однаковими в обох випадках.

У обох варіантах просторова жорсткість купольного покриття забезпечується введенням розпорок і горизонтальних хрестових зв'язків по верхніх і нижніх поясах арок. Для двох варіантів були створені розрахункові схеми в програмному комплексі SCAD, а потім виконаний розрахунок і підбір перерізів елементів, після чого зроблено порівняння варіантів за конструктивними характеристиками та економічними показниками.

Просторова розрахункова схема будівлі була створена в ПК SCAD за допомогою імпорту фалу формату dxf з AutoCAD і перетворення її об'єктів в набір скінченних елементів схеми. Після імпорту необхідно призначити жорсткі характеристики всім елементам схеми.

3.1.2 Варіант 1

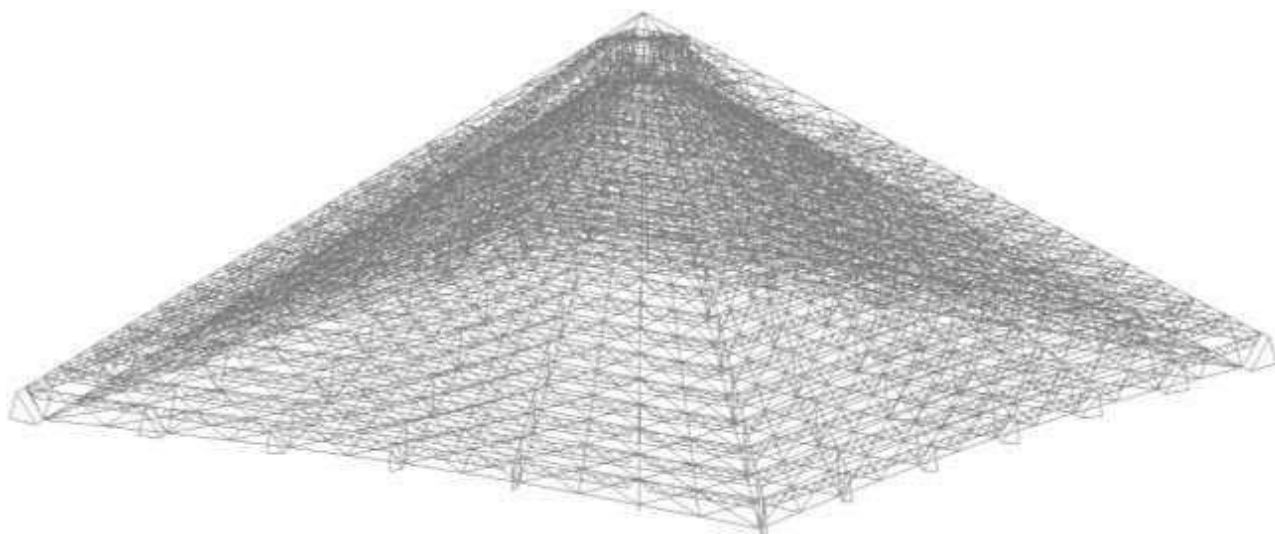


Рисунок 3.1 – Розрахункова система варіанта 1 у програмному комплексі SCAD

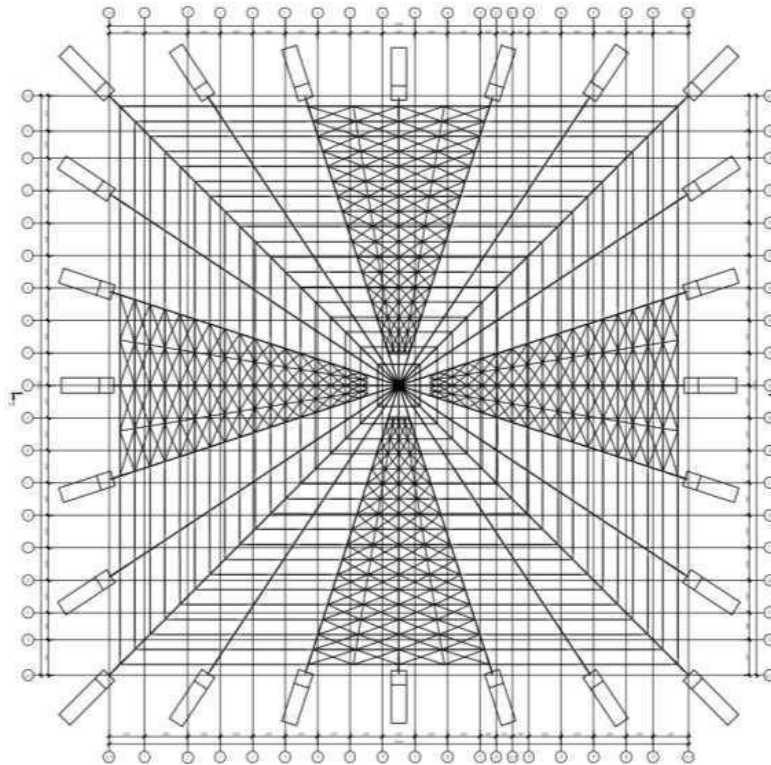


Рисунок 3.2 - Схема розташування прогонів і зв'язків по верхніх поясах арок (варіант 1)

У ферм з паралельними поясами дуже ефективною є трикутна системами решітки. У цьому випадку, так як на пояси арок купольного покриття опираються прогони покрівлі, раціонально до трикутної решітки додати додаткові стійки, які дозволять зменшити відстань між вузлами ферми і зменшити розрахункові довжини елементів зжатого верхнього пояса.

До переваг такої системи решітки можна віднести зменшення розрахункових довжин елементів верхнього пояса, невелику масу додаткових зжатих стійок, що працюють тільки на місцеве навантаження, меншу сумарну довжину решітки і менше число вузлів в порівнянні з шпренгельною решіткою, така решітка менш трудомістка і більш економічна.

З недоліків – наявність зжатих розкосів, що маю великі розрахункові довжини, великий крок прогонів, в зв'язку з якими панелі вітражного скління набувають значних габаритів, що призводить до збільшення товщини скла, а, відповідно, і до збільшення ваги огорожуючих конструкцій.

3.1.3 Варіант 2

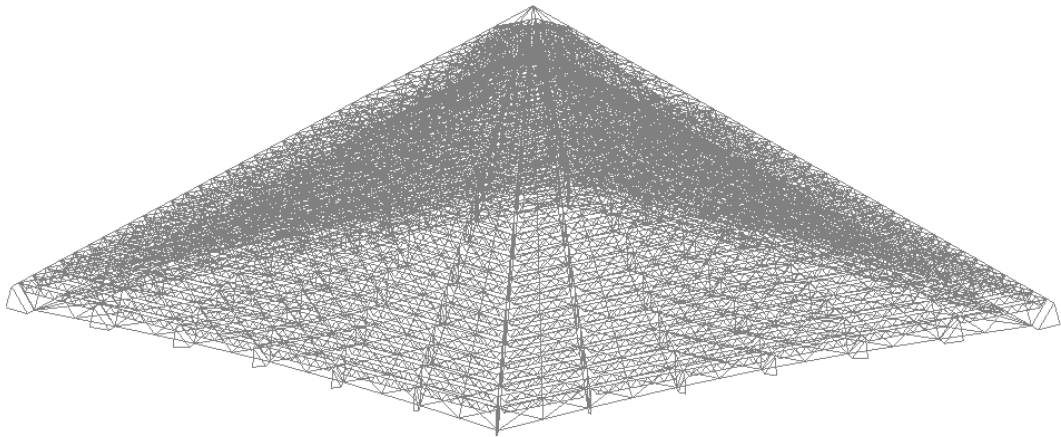


Рисунок 3.3 – Розрахункова система варіанта 2 у програмному комплексі SCAD

Застосування шпренгельної решітки доцільно, коли необхідно зменшити розмір панелі ферми, зберігши нормальний кут нахилу розкосів до поясів. Влаштування решітки даного типу здатне зменшити розрахункові довжини стислих верхніх поясів і дозволяє зменшити крок прогонів покриття без появи місцевого вигину.

До недоліків даного типу решітки можна віднести велику трудомісткість виготовлення в порівнянні з трикутною решіткою через збільшення кількості вузлів, а також іноді потребує додаткового розходу металу.

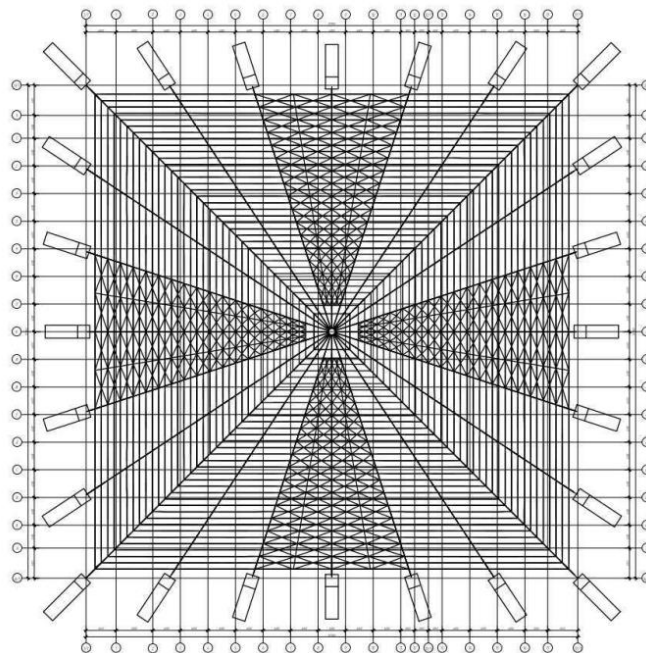


Рисунок 3.4 - Схема розташування прогонів і зв'язків по верхніх поясах арок (варіант

2)

3.2 Порівняння варіантів

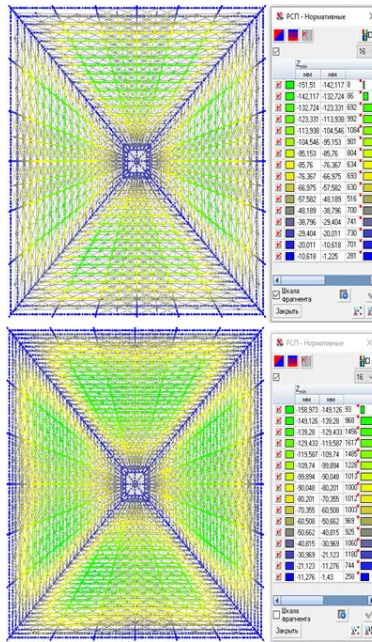


Рисунок 3.5 – Вертикальні переміщення каркасу при I та II варіанті решітки ферми

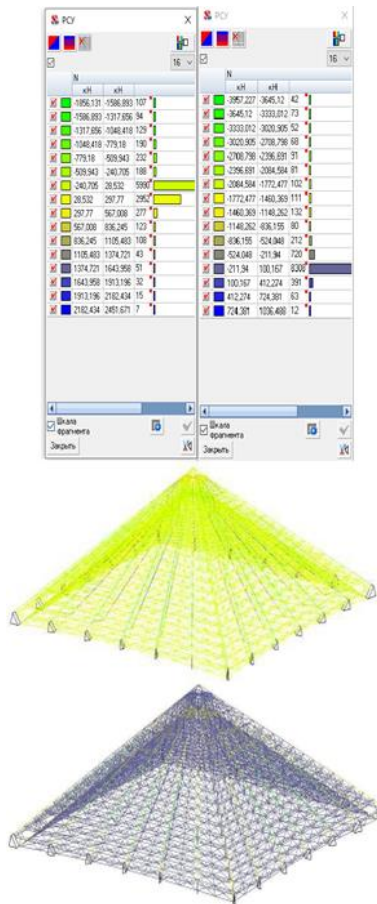


Рисунок 3.6 – Максимальні розрахункові поздовжні зусилля в елементах варіанту 1: а) розтягуючі; б) стискаючі.

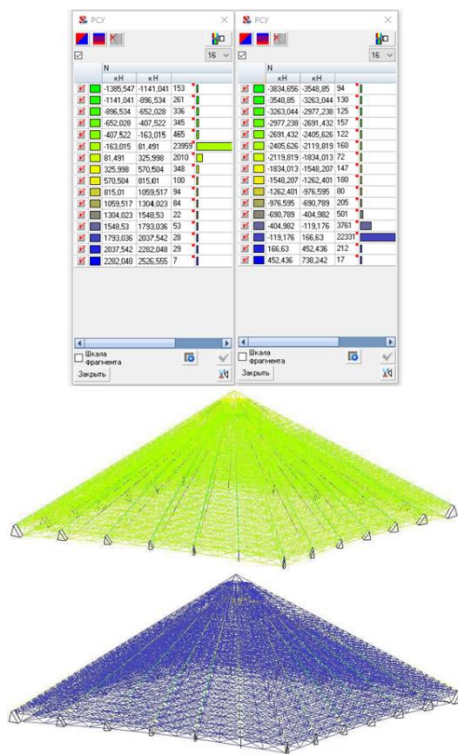


Рисунок 3.7 – Максимальні розрахункові поздовжні зусилля в елементах варіанту 2: а) розтягуючі; б) стискаючі.

Порівняння вертикальних переміщень каркасу і максимальних зусиль представлено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Порівняння вертикальних переміщень і зусиль варіантів

	Варіант 1	Варіант 2
Максимальне вертикальне переміщення, мм	151,51	158,97
N_{\max} , кН	2451,67	2526,56
N_{\min} , кН	-3957,23	-3834,66

Як помітно з представлених вище даних переміщення при використанні в якості конструкцій покриття ферм з трикутною решіткою прогини на 7,46 мм менше, ніж при використанні арок з шпренгельною решіткою. Різниця в зусиллях не перевищує 122,87 кН.

На даній стадії попередньо визначимо масу металу шляхом помноження маси погонного метру профілю на його геометричну довжину. Результати представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Перерізи в елементах ферм

Елемент	Довжина	Варіант 1		Варіант 2	
		Профіль	Маса	Профіль	Маса
СТ2.7	3,990	400x8,5	777,36	100x3	33,96
СТ2.8	3,990	400x9,5	864,61	90x3	30,36
СТ2.9	3,990	500x7,5	868,88	70x2	16,00
РШ2.1	2,821	500x7	812,49	60x2	9,62
РШ2.2	2,821	450x7	747,32	50x2	7,93
РШ2.3	2,821	400x6	557,90	60x2	9,62
РШ2.4	2,821	300x4	279,71	60x2	9,62
РШ2.5	2,823	300x5,5	380,95	50x2	7,94
РШ2.6	2,823	350x6	175,57	35x2	5,42
РШ2.7	2,823	300x5,5	380,95	50x2	7,94
РШ2.8	2,823	400x6,5	600,19	40x2	6,25
РШ2.9	2,859	450x6	629,40	40x2	6,33
РШ2.10	2,859	400x6	557,90	40x2	6,33
РШ2.11	2,823	350x5,5	458,12	40x2	6,25
РШ2.12	2,823	300x4,5	313,79	40x2	6,25
РШ2.13	2,823	300x5	347,72	40x2	6,25
РШ2.14	2,823	400x6	557,20	50x2	7,94
РШ2.15	2,821	500x11,5	320,48	35x2	5,41
РШ2.16	2,821	300x5	245,58	60x2	9,62
РШ2.17	2,821	180x6,5	183,72	60x2	9,62
Стш2.1	1,995	200x6	192,03	60x2	6,80
Стш2.2	1,995	180x3,5	102,66	50x2	5,61
Стш2.3	1,995	180x4	116,82	30x2	3,22
Стш2.4	1,995	180x3,5	102,71	40x2	4,42
Стш2.5	1,995	180x3,5	102,71	40x2	4,42
СТШ2.6	1,995	200x5,5	176,89	50x2	5,61
Стш2.7	1,995	180x5	146,48	45x2	5,02
Стш2.8	1,995	300x4	200,14	60x2	6,80
Стш2.9	1,995	200x5,5	176,89	60x2	6,80
Стш2.10	1,995	300x4	197,65	60x2	6,80
Стш2.11	1,995	200x5,5	176,89	60x2	6,80
Стш2.12	1,995	300x4	197,65	70x2	8,00
Стш2.13	1,995	180x5,5	158,25	45x2	5,02
Стш2.14	1,995	200x5,5	176,80	45x2	5,02
Стш2.15	1,995	180x3	88,40	40x2	4,42
Стш2.16	1,995	30x2	6,44	50x2	5,61
Стш2.17	1,995	100x3,5	39,27	45x2	5,02
Підсумок:			25,26		15,51

На основі вищесказаного порівняння варіантів в якості несучих конструкцій покриття були вибрані арки з шпренгельної решітки, адже вони більш економічні, менш металомісткі, а значить мають меншу вагу і менш трудомісткі в монтажі, а також за рахунок застосування даного типу решітки можливо зменшити проліт панелей вітражного скління, а відтак і вартість проєкту в цілому. Однак, обраний варіант складніший у виготовленні, адже має більше елементів і вузлів. У цілому 2 варіант переважає над 1 варіантом за більшістю показників.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

4.1.1 Законодавчі акти України

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

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

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

- Типове положення про навчання з питань охорони праці;
- Положення про розробку інструкцій з охорони праці;
- Перелік робіт з підвищеною небезпекою;
- Перелік робіт, де необхідний професійний відбір;
- Граничні норми підняття і переміщення важких речей жінками;
- Граничні норми підняття і переміщення важких речей неповнолітніми;
- Положення про медичний огляд працівників окремих категорій;
- Перелік посад посадових осіб, які зобов'язані проходити попередню і періодичну перевірку знань з охорони праці;

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

- Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту (Наказ Держгірпромнагляду від 24.03.2008 року № 53);

- Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці ([Постанова Кабінету Міністрів України N 442 від 01.09.1992 року](#));

- Типове положення про комісію з питань охорони праці;
- Типове положення «Про кабінет охорони праці».

Адміністрації також необхідно користуватися відповідними галузевими та міжгалузевими нормативно-правовими актами з охорони праці згідно з Державним реєстром міжгалузевих і галузевих нормативних актів з охорони праці.

До початку роботи в будівельній організації кожен працівник повинен пройти інструктаж з техніки безпеки. Інструктаж буває вступний, первинний і повторний. Територію будівельного майданчика обгороджують парканом з ворітьми для в'їзду і виїзду транспорту. Висота його повинна бути не менше 2 м, а відстань до будинку, що споруджується, не менше 10 м. Якщо будинок розміщено вздовж вулиці і паркан поставлено ближче, на ньому має бути захисний піддашок завширшки не менше 1 м, закріплений з нахилом у бік будівельного майданчика під кутом 20° до горизонту.

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

Електрокабелі в місцях проходів і проїздів транспорту прокладають під землею або перекривають містками.

Колії для внутрішнього транспорту (кранів, вагонеток тощо) повинні бути справні і укладені на міцну основу.

В усіх небезпечних місцях вивішують попереджувальні знаки і написи, наприклад: «Не стій під вантажем», «Не перевантажуй риштувань» тощо.

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

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

До роботи з машинами і механізмами допускають лише осіб, що пройшли спеціальну підготовку і одержали посвідчення на право керування (або обслуговування) цією машиною. Працюючи біля машини чи механізму, слід суворо дотримуватися правил техніки безпеки, а також знати інструкцію щодо експлуатації машини, яка обов'язково має бути на робочому місці, і виконувати її вимоги. Працювати на стаціонарних машинах можна лише після міцного закріплення їх на фундаментах. Пересувні машини (розчинонасоси, компресорні установки, розчинозмішувачі тощо) варто встановлювати на рівних майданчиках (або площадках), після чого закріплювати розтяжками або класти під їхні колеса колодки.

Усі рухомі частини машин і механізмів повинні бути закриті кожухами або капотами, а робочий майданчик навколо машини — обгороджений.

Перед пуском машини після монтажу або ремонту слід уважно оглянути її і перевірити, щоб на ній не залишилось запасних частин або монтажного інструменту, які під час роботи можуть потрапити в рухомі частини і спричинити аварію. Категорично забороняється залишати працюючу машину без нагляду, а також регулювати або змащувати її під час роботи.

4.1.2 Розрахунок опалення для комфортних умов проживання в одній квартирі

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

У цьому випадку необхідно застосовувати спеціальні обрахунки для теплоакumuлюючих і неакumuлюючих частин квартири: $Q = Q_F + Q_W + Q_L$,

де Q_F – тепловтрати, Вт, через нетеплоакumuлюючі частини квартири;

Q_W – тепловтрати, Вт, через теплоакumuлюючі частини під час роботи системи

опалення;

Q_L – витрати теплоти на нагрівання вентиляційного повітря, Вт.

Витрати через підлогу та стіни складуть: $Q_w = F_w/R_z(t_1 - t_0) = (107,73/4,06)(16-5) = 2,56 \text{ кВт}$

Витрати теплоти на нагрівання вентиляційного повітря: $Q_L = 0,337A_n h(t_6 - t_3) \cdot 10^{-3} = 0,337 \cdot 57,73 \cdot 3,0(20-22) \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 3,5 \text{ кВт}$

A_n – площа підлоги приміщення, м^2 ;

h – висота приміщення від підлоги до стелі, м;

t_6 – розрахункова температура внутрішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

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

Витрати теплоти через нетеплоакуючі частини будівлі:

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

де F_f – площа вікон, м^2 ; k_f – коефіцієнт теплопередачі закслених поверхонь, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{C})$;

Сумарне навантаження на систему опалення при повній відсутності жителів складе $Q_0 = 2,56 + 3,5 + 3,2 = 9,3 \text{ кВт}$.

Розрахунок теплового навантаження на систему опалення при заповненні:

$Q_1 = 4 \cdot 100 = 0,4 \text{ кВт}$ - загальне тепловиділення від наявних відвідувачів;

Сумарне навантаження на систему опалення при мінімальній присутності $Q = 9,3 - 0,4 = 8,9 \text{ кВт}$.

Для забезпечення необхідного теплового режиму всередині квартири розрахуємо необхідну кількість радіаторів водяного опалення :

$N = 9,3/1,056 = 8,8 \text{ шт.}$, приймаємо 9 штук.

де, $Q_0 = 9,3 \text{ кВт}$,

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

Отже, відповідно до розрахунків тепловий режим квартири забезпечуватиметься радіаторним паленням з необхідною кількістю нагрівальних установок. В міру наповнення квартири жителями , для економії енергоресурсів необхідно виключати нагрівальні прилади. Водночас потрібно врахувати те, що необхідна кількість теплоти розраховувалась за температури зовнішнього повітря - 22°C .

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Законодавча база України

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

4.2.2 Стійкість споруди від ударної хвилі

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

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

Ширина протипожежного розриву L_p м визначається за формулою:

$$L_p = H_1 + H_2 + (15 \dots 20), \text{ де } H_1 \text{ і } H_2 \text{ — висоти сусідніх будівель, м.}$$

Будівлі адміністративно господарського та обслуговуючого призначення повинні розташовуватися окремо від основних цехів.

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

Для підвищення стійкості до світлового випромінення у будівлях та спорудах, що будуються, повинні застосовуватися вогнетривкі конструкції, а також

вогнетривка обробка елементів будівлі, які горять. У кам'яних будівлях перекриття повинні бути виготовлені з армованого бетону або виконані з бетонних плит. Великі будівлі повинні розділятися на секції вогнетривкими стінами (брандмауерами). У ряді випадків при проєктуванні та будівництві промислових будівель і споруд має бути передбачена можливість герметизації приміщень від проникнення радіоактивного пилу. Це особливо важливо для підприємств харчової промисловості і продовольчих складів.

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

4. Деякі унікальні види технологічного обладнання доцільно розміщувати у найміцніших спорудах (підвалах, підземних приміщеннях) або у будівлях з легких вогнетривких конструкцій павільйонного типу, під накриттям чи без нього. Це обумовлюється тим, що у багатьох випадках обладнання може витримати набагато більший тиск ударної хвилі, ніж будівлі, в яких воно знаходиться, а при зруйнуванні будівель в результаті падіння конструкцій встановлене в них обладнання виходитиме з ладу [1].

5. На підприємствах, що виробляють або використовують сильнодіючі отруйні та вибухонебезпечні речовини, при будівництві і реконструкції необхідно передбачати захист ємностей та комунікацій від зруйнування ударною хвилею чи конструкціями, що падають, а також заходи, що виключають розливання отруйних речовин і вибухонебезпечних рідин.

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

7. Шляхи на території об'єкта повинні бути з твердим покриттям і забезпечувати зручне і найкоротше сполучення між виробничими будівлями, спорудами і складами; в'їздів на територію об'єкта має бути не менше двох з різних напрямків. Внутрізаводські залізничні шляхи повинні забезпечувати найпростішу

схему руху, займати мінімальну площу території об'єкта та мати обгінні ділянки. Вводи залізничних ліній в цехи повинні бути, як правило, тупикові.

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

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

Для визначення ступеня руйнувань чи ушкоджень:

- вивчають вихідні дані і розраховують параметри ударної хвилі на відповідних відстанях;
- для розрахованих значень надлишкових тисків оцінюють ступінь руйнування розглянутих елементів;
- оцінюють можливість виникнення вторинних вражаючих факторів;
- з огляду на ступінь руйнувань найслабших елементів об'єкта, визначають ступінь руйнування об'єкта в цілому.

Вихідними даними для оцінки фізичної стійкості є: конструктивні особливості елемента, його форма, вага, габарити, характеристики міцності [3]. Оцінка ступеня руйнувань будинків і споруд, сховищ і ПРУ, енергетичного устаткування і мереж, верстатного і технологічного устаткування, вимірювальної апаратури, засобів зв'язку й оповіщення, транспортних та інших засобів може здійснюватися або методом порівняння наявних довідкових даних для розглянутого виду чи аналогічного йому

елемента, або методом розрахунку впливу ударних навантажень і сил зсуву на елемент.

Для порівняльної оцінки необхідно мати відповідні таблиці можливих руйнувань елементів об'єкта в залежності від надлишкового тиску у фронті ударної хвилі: будинків, споруд, транспорту, устаткування, енергетичних споруд і мереж. Ці таблиці складаються на основі статистичних даних, отриманих при аналізі руйнувань у Хіросімі й Нагасакі та при проведенні випробувальних ядерних вибухів на полігонах, і можуть поповнюватися результатами розрахунків при конструюванні нових елементів. Метод розрахунку передбачає визначення динамічних навантажень, створюваних надлишковим тиском у фронті ударної хвилі, і реакції елемента на ці навантаження. Вихідними даними при використанні цього методу є: надлишковий тиск у фронті ударної хвилі і характер його зміни в часі (протягом фази стискання), тривалість фази стискання і швидкість руху фронту ударної хвилі. У більшості випадків дію ударної хвилі оцінюють питомим імпульсом — добутком надлишкового тиску на час його дії. Оскільки ΔP_ϕ залежить не тільки від часу, а й від відстані до епіцентру, і від потужності джерела ПУХ, розрахунок імпульсу з використанням інтегрального числення ускладнений. Тому звичайно використовують кусково-лінійну апроксимацію кривої ΔP_ϕ як функції часу.

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

ВИСНОВОК

У цій випускній кваліфікаційній роботі розроблено проєкт центру водних видів спорту в Хмельницьку з дослідженням роботи трикутної арки.

В **«Архітектурно-будівельному розділі»** розроблено основні об'ємно-планувальні та архітектурно-конструктивні рішення центру водних видів спорту.

У **«Розрахунково-конструктивному розділі»** були визначні найбільш оптимальні конструктивні рішення, виконано:

- розробку та аналіз результатів розрахунку розрахункової схеми у програмних комплексах SCAD;
- перевірку результатів розрахунку та конструювання несучих металевих конструкцій,
- конструювання основних вузлових з'єднань.

У **«Науково-дослідному розділі»** розроблено скінченно-елементну модель металевого каркасу центру. Досліджено поведінку трикутної арки при двох варіантах решітки, визначено розподіл внутрішніх зусиль та величини деформацій від дії експлуатаційних навантажень.

У розділі **«Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»** розроблено заходи щодо дотримання техніки безпеки будівельних робіт. Розроблено заходи по захисту працівників та відвідувачів у надзвичайних ситуаціях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

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.1.2-2:2006 Навантаження і впливи К.: Мінбуд України, 2006.
3. ДБН В.1.17-2002 Пожежна безпека об’єктів будівництва. – К.: Держбуд України, 2003.
4. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд. К.: Мінрегіонбуд України, 2009.
5. ДБН В.2.6-31:2006 Теплова ізоляція будівель К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006.
6. ДБН В.2.6-98:2009 Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011.
7. ДСТУ Б В.2.1-2-96. Ґрунти. Класифікація. – К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1995.
8. ДБН А.2.1–1-2008 Інженерні вишукування для будівництва. Основні положення. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2008.
9. ДБН Б.2.2-12:2019 Планування і забудова територій. Планування і забудова міських і сільських поселень. К.: Мінрегіон України, 2018.
10. Malezhyk, M.P., Pidhurs’kyi, M.I., Rudyak, Y.A., Pidhurs’kyi, I.M. & Voitovych, L.V. (2019) Investigation of the Fracture of an Orthotropic Plate with Circular Hole and Two Edge Cracks Under Pulsed Loading by the Method of Dynamic Photoelasticity. *Materials Science*, 55(2). P. 254-258. (SCOPUS)
11. Pidgurskyi, Mykola & Rudyak, Yuri & Pidgurskyi, Ivan. (2019). Research and Modeling of Stress-Strain State and Fracture Strength of Triplexes at Temperatures 293–213K. // *Lecture Notes in Mechanical Engineering SerProceedings of the 7th International Conference on Fracture Fatigue and Wear.*, Belgium, Ghent University, 2018. – P.135-150.
12. Pidgurskyi I. Analysis of stress intensity factors obtained with the fem for surface semielliptical cracks in the zones of structural stress concentrators // *Scientific*

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

13. Вплив температури на мікромеханізми статичного деформування та руйнування теплостійких сталей / П.В. Ясній, В.Б. Гладьо, П.О. Марущак, Д.Я. Баран // Вісник Тернопільського державного технічного університету. - 2007. - Т. 14. - № 3. – С. 7-16.

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

15. Ігнат'єва В.Б. Аналіз способів поліпшення теплотехнічних характеристик при будівництві будівель / В.Б. Ігнат'єва, Е.О. Текін // ЛОГОΣ. Мистецтво наукової думки, 2019. - Vol. 3. – С. 97-100. Режим доступу: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/2617-7064/article/view/306/293> 44. Ignatyeva, V. B. (2018).

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

17. Yasniy P., Pyndus Y., Hud M. Methodology for the experimental research of reinforced cylindrical shell forced oscillations. Scientific journal of the Ternopil national technical university. 2017. Vol. 86. №. 2. P. 7–13

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

19. Теслюк, М.В. Аналіз впливу типу перев'язки на НДС цегляної кладки в місці стику стін / М.В. Теслюк, Т.К. Гунда, А.П. Сорочак // Актуальні задачі сучасних технологій: збірник тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 25-26 листопада 2020). – Т. 1. – Т. : ТНТУ, 2020. – С. 133-134.

20. 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.
21. Пищаленко М. Ю. Технология возведения зданий и сооружений – Киев. : Высшая школа, 1982. - 298с.
22. 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.
23. 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.
24. Analysis of the effect of horizontal ties on the deformability of the bottom of the floating pool / Mykhailo Hud, Nataliya Chornomaz, Viktoriia Ihnatieva, Ihor Koval // Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2022. — Vol 106. — No 2. — P. 133–137.
25. Hud, M., Chornomaz, N., Grytseliak, R., & Baran, D. (2022). Study of the joint work of the foundations and the spatial tower under the action of dynamic loads. *Procedia Structural Integrity*, 36, 87-91.