

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

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістра

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект ботанічного саду в Миколаєві з
дослідженням напружено-деформівного стану просторової оболонки

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

(шифр і назва спеціальності)

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

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

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

Кафедра Будівельної механіки
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ясній В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)

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

студентці Ткаченко Марії Іванівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект ботанічного саду в Миколаєві з дослідженням
напружено-деформівного стану просторової оболонки

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

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

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

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

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

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
6-8 листів формату А1

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 АРХІТЕКТУРНІ РІШЕННЯ	8
1.1 Опис та обґрунтування зовнішнього та внутрішнього вигляду об'єкта капітального будівництва, його просторової, планувальної та функціональної організації.....	8
1.2 Обґрунтування прийнятих об'ємно-просторових та архітектурно-художніх рішень, зокрема в частині дотримання граничних параметрів дозволеного будівництва об'єкта капітального будівництва.....	9
1.3 Обґрунтування прийнятих архітектурних рішень щодо забезпечення відповідності будівель, споруд і споруд установленим вимогам енергетичної ефективності	10
1.4 Перелік заходів щодо забезпечення дотримання встановлених вимог енергетичної ефективності до архітектурних рішень, які впливають на енергетичну ефективність будівель, споруд і споруд	11
1.5 Опис та обґрунтування використаних композиційних прийомів під час оформлення фасадів та інтер'єрів об'єкта капітального будівництва.....	12
1.6 Опис архітектурних рішень, що забезпечують природне освітлення приміщень з постійним перебуванням людей.....	12
1.7 Опис архітектурно-будівельних заходів, що забезпечують захист приміщень від шуму, вібрації та іншого впливу.....	12
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ	13
2.1 Відомості про інженерно-геологічні, гідрогеологічні та кліматичні умови земельної ділянки, наданої для розміщення об'єкта капітального будівництва.	13
2.2 Розрахунок обраної схеми.....	14
2.2.1 Перевірка підбраного перерізу найбільш навантаженого елемента кільця	14
2.3 Перевірка перерізу верхнього кільця	16

2.4	Перевірка перерізу елемента 8-гранника.....	18
2.5	Проектування вузлів	20
2.5.1	Вузол з'єднання восьмигранника	20
2.5.2	Вузол сполучення з верхнім кільцем	23
2.5.3	Опорний вузол.....	25
2.6	Проектування стовпчастого фундаменту	28
2.6.1	Визначення площі подошви фундаменту	28
2.6.1	Перевірка умов розрахунку основи за деформаціями	30
2.6.2	Розрахунок фундаменту на продавлювання	30
2.6.3	Усадка фундаменту.....	30
2.6.4	Конструювання стовпчастого фундаменту.....	31
2.6.5	Розрахунок арматурної сітки	31
2.6.6	Розрахунок пальового фундаменту	33
2.6.7	Армування ростверку.....	34
2.6.8	Порівняння техніко-економічних показників варіантів фундаменту	35
	РОЗДІЛ 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ.....	36
3.1	Збір навантажень	36
3.1.1	Постійні навантаження	36
3.1.2	Власна вага.....	37
3.1.2	Навантаження від світлопрозорих огорожувальних конструкцій ...	37
3.1.3	Короткочасні навантаження	41
3.1.3.1	Снігове навантаження.....	41
3.1.3.2	Навантаження від впливу вітру.....	45
3.1.4	Пульсаційне навантаження.....	48
3.1.5	Особливі навантаження	48
3.1.5.1	Сейсмічне навантаження.....	48
3.1.6	Завдання комбінацій завантажень і РСЗ	49
3.1.7	Підбір і перевірка перерізів елементів	49
3.2	Результати розрахунку будівлі в ПК SCAD	50

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	57
4.1 Охорона праці.....	57
4.1.1 Загальні вимоги.....	57
4.1.2 Запроектовані заходи з охорони праці	57
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	60
4.2.1 Законодавство України про цивільний захист.....	60
4.2.2 Евакуація відвідувачів при пожежах	60
4.3 Висновки за розділом	62
ВИСНОВКИ	63
БІБЛЮГРАФІЯ	64

ВСТУП

Історично ботанічні сади являють собою одну з найдавніших науково-практичних інформаційних мереж і є одними з найважливіших, унікальних сховищ ресурсів планети. Із середніх віків генетичну інформацію у вигляді насіння і рослин поширювали поверхнею нашої планети за допомогою цих унікальних інститутів.

У Миколаєві досить прийнятний клімат для більшості рослин, і через відносно теплий зимовий період, тому не потрібно великих витрат на підтримання в саду температури, близької до температури життєзабезпечення для більшості рослин. У літні ж періоди температуру всередині можна варіювати за рахунок кондиціонування.

Актуальність теми. Ботанічні сади зберігають історію садівничої культури людства. Багато зі збережених ними рослин мають таку саму цінність, як і унікальні музейні експонати. Тривалість культивування багатьох екземплярів обчислюється сотнями років. Музейний експонат можна перевести в інше місце, а з рослинами, що довго живуть, так вчинити практично неможливо.

Небезпека зникнення окремих видів та екосистем є актуальним питанням в умовах зростання кількості населення і наслідків господарської діяльності, що призводять до незворотних змін природи нашої планети.

Мета роботи: Розробка проекту ботанічного саду з дослідженням напружено-деформівного стану просторової оболонки.

Об'єкт досліджень – купольна просторова оболонка.

Предмет дослідження – величини переміщень та внутрішніх зусиль купольної просторової оболонки покриття громадської будівлі.

Доцільність проведення спричинена тим, що отримані дані дозволять підвищити ефективність та тривалість використання великопролітних купольних просторових оболонок покриття громадської будівлі.

Завдання роботи:

– розробити основні конструктивні та архітектурні рішення для

ботанічного саду;

- провести розрахунок основних будівлі;
- виконати моделювання та статичний розрахунок великопролітної купольної просторової оболонки покриття і визначити величини деформацій та внутрішні зусилля в залежності від схеми решітки;
- розробити заходи з охорони праці та цивільного захисту населення.

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

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

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що отримала подальший розвиток методика моделювання великопролітних купольних просторових оболонок покриття громадських будівель.

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

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

Публікація результатів магістерської роботи здійснена у збірнику тез вищезазначеної конференції.

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

Ключові слова: ОБОЛОНКА, КУПОЛ, ГРОМАДСЬКА БУДІВЛЯ, СКІНЧЕННІ ЕЛЕМЕНТИ.

РОЗДІЛ 1

АРХІТЕКТУРНІ РІШЕННЯ

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

Об'єкт капітального будівництва - будівля ботанічного саду з прольотом несучих конструкцій 100 м у м. Миколаїв. Усередині купола розташовуються рослини середземноморського клімату, для підтримки яких усередині саду створено власний біом, показники якого постійно відслідковують і підтримують, - температура повітря всередині купола має бути в межах 20 - 25 °С влітку і 5 - 12 взимку °С. Громадська будівля слугує як розважально - освітній об'єкт, для вивчення та ознайомлення з рідкісними видами рослин і дерев, представлених в одному просторі.

Будівля окремо розташована, являє собою стрижневу оболонку у вигляді купола, габаритні розміри в осях 1-50 становлять 100 м, в іншому напрямку, відповідно, такі самі. Висота купола по верхній позначці каркаса 30 м. За позначку 0,000 прийнято верхню позначку ростверку.

Вхідна група купола являє собою пандуси для МГН з ухилом, що не перевищує 5°, сходи і майданчик для відпочинку, що перекривається козирком, виконаним із полікарбонату, (як і простір між каркасом, що несе каркас, і каркасом дверного отвору). Також на вході встановлено металевий каркас для закріплення на ньому скління і безпорогових двостулкових дверей із загартованого скла. Усередині купола розташовані аналогічні зовнішнім пандус, майданчик і сходи, поруч із якими розташовується основний простір ботанічного саду, на якому відбуваються майстер-класи, встановлені стенди з інформацією, а також на відвідувачів очікують екскурсоводи, які набирають групи. Усередині купола розташовано безліч пішохідних доріжок шириною 2,0 м, на позначці - 0.050 виконаних із тротуарної бруківки розмірами 200x100x60 за ДСТУ Б В.2.7-238:2010, обгородженої тротуарним каменем БР 100.20.8. Пішохідні доріжки

перетинають велику площу будівлі, щоб відвідувачі мали змогу оглянути всі, представлені види найрідкісніших рослин, квітів і дерев з усіх ракурсів. Усередині купола працюють як екскурсоводи, так і агрономи, ботаніки в одну зміну - з 10 до 18:00. Архітектура будівлі відповідає всім вимогам, що висуваються до громадських будівель і споруд.

Розрахунок евакуаційних виходів з приміщень передбачено в розділі 4. о ETFE мембрани не поширюють полум'я поверхнею, самостійно негайно гаснуть і не виділяють під час пожежі іскор. При температурі вище 200°C подушки лопаються і полум'я, жар і дим вириваються назовні, що знижує ризик обвалення несучих конструкцій будівлі, причому краплі розплавленого полімеру не горять.

Основні показники за проектом:

Ступінь вогнестійкості будівлі - не нормується.

Зовнішнє оздоблення:

- а) каркас - квадратні труби 300x300x8 зі сталі С345;
- б) покриття - чотиришарові ETFE мембрани.

Будівля обладнана централізованим водопроводом та електропостачанням для автоматичного поливання рослин і підтримання необхідного біома (власного клімату), які проводяться від адміністративному блоці.

Територія навколо будівлі заасфальтована, упорядкована, озеленена. Відмостка - бетонна виконана по периметру всієї будівлі. З вимощення вода стікає в дощову каналізацію, розташовану, також по периметру всієї будівлі. Очищення пішохідних доріжок відбувається за допомогою ручної роторної тридискової чистячої машини.

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

Прийняті архітектурно-планувальні рішення будівлі зумовлені:

- а) особливостями розташування на генеральному плані;

б) функціональним призначенням;

в) вимогами технічних регламентів, зокрема такими, що встановлюють вимоги щодо забезпечення безпечної експлуатації будівель і споруд;

г) кліматичними особливостями району будівництва;

Основними вимогами до будівлі є її функціональність, безпека, архітектурно-художня виразність.

1.3 Обґрунтування прийнятих архітектурних рішень щодо забезпечення відповідності будівель, споруд і споруд установленим вимогам енергетичної ефективності

Будівля купола прагне до максимальної енергетичної ефективності:

З точки зору конструктивних та об'ємно-планувальних рішень енергетичну ефективність забезпечує ETFE мембрана: оскільки ETFE мембрана пропускає до 95% ультрафіолетових променів, то немає потреби в додаткових лампах для освітлення рослин. Також, немає потреби у штучному освітленні у світлий час доби.

Регулювання мікроклімату здійснюється в автоматичному режимі

- при зміні тиску повітря між шарами фторполімерної плівки змінюється коефіцієнт теплопровідності покрівлі. Установки з регулювання клімату всередині купола розташовуються в підвальному приміщенні адміністративно-побутового комплексу. Мембранна покрівля слугує захистом від проникнення спеки та холоду

Відведення дощових і талих вод з каркаса передбачено за допомогою організованого водостоку - за допомогою встановлення пластикових профілів з алюмінієвим листом безпосередньо на самі стрижні під час монтажу мембран (оскільки мембрани випуклі і мають певний нахил 3-4 мм, вода стікатиме безпосередньо на каркас). Біля основи будівлі встановлено відлив.

У системах вентиляції: купол має свій мікроклімат, тому не потребує штучної або природної вентиляції.

У системах кондиціонування: ETFE-мембрани автоматично підвищують або підвищують температуру всередині клімату автоматично підвищують або підвищують температуру всередині клімату, за рахунок закачування повітря. Подача повітря відбувається з труб, розташованих під землею на позначці -5.000 м, що йдуть із підвального приміщення адміністративно-побутового комплексу.

1.4 Перелік заходів щодо забезпечення дотримання встановлених вимог енергетичної ефективності до архітектурних рішень, які впливають на енергетичну ефективність будівель, споруд і споруд

Перелік заходів щодо забезпечення дотримання встановлених вимог енергетичної ефективності, включають:

- показники, що характеризують питому величину витрат енергетичних ресурсів у будівлі, будові та споруді;
- вимоги до архітектурних, функціонально-технологічних, конструктивних та інженерно-технічних рішень, що впливають на енергетичну ефективність будівель, споруд і споруд;
- вимоги до окремих елементів, конструкцій будівель, споруд і споруд та їхніх властивостей, до використовуваних у будівлях, будівлях і спорудах пристроїв і технологій, а також до технологій і матеріалів, які включають до проектної документації та застосовують під час будівництва будівель, споруд і споруд, які дають змогу унеможливити нераціональну витрату енергетичних ресурсів як у процесі будівництва будівель, споруд і споруд, так і в процесі їхньої експлуатації;
- інші встановлені вимоги енергетичної ефективності.

Проектом закладено енергоефективні рішення за видами огорожувальних конструкцій.

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

Вирішення фасадів забезпечує енергетичну ефективність споруди та дає змогу створити виразну форму, що лаконічно вписується в ландшафт.

Застосування в проєкті конструкцій і матеріалів, що відповідають сучасному рівню, у поєднанні з високотехнологічними методами будівництва та будівельними нормами дає змогу домогтися більшої виразності об'ємно-планувальних і конструктивних рішень, а також забезпечення необхідної пожежної безпеки проєктованої будівлі.

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

Природне освітлення забезпечується за рахунок високої світлопропускну здатності ETFE мембрани.

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

Проєктом не передбачено будь-якого обладнання, що чинить підвищений шумовий і вібраційний вплив.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ

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

Об'єкт капітального будівництва - ботанічний сад із прольотом 100 м у м. Миколаїв.

Даний район будівництва за [3] характеризується наступними природно-кліматичними даними:

- середньорічна температура повітря - плюс 14,1°C;
- абсолютна максимальна температура повітря - плюс 39,4°C;
- середня максимальна температура повітря найтеплішого місяця – плюс 27,2°C;
- абсолютна мінімальна температура повітря - мінус 13°C;
- температура повітря у найхолоднішу добу - мінус 7°C із забезпеченістю 0,98;
- температура повітря найхолоднішої п'ятиденки - мінус 3°C із забезпеченістю 0,98;
- температура повітря в найхолоднішу добу – мінус 5°C із забезпеченістю 0,92;
- температура повітря найхолоднішої п'ятиденки - мінус 2°C із забезпеченістю 0,92;
- середня температура повітря найхолоднішого місяця - плюс 6°C;
- середня температура повітря найтеплішого місяця - плюс 23,6°C;
- тривалість періоду із середньодобовою температурою нижче 0°C - 0 діб;
- тривалість періоду із середньодобовою температурою нижче плюс 8°C - 104 доби;
- середня місячна відносна вологість повітря найхолоднішого місяця – 73 %;

- середня місячна відносна вологість повітря найбільш теплого місяця – 77 %;
- кількість опадів за рік - 1703мм;
- переважний напрямок вітрів грудень-лютий - східний;
- тип місцевості - В;
- категорія ґрунтів - III;
- глибина промерзання ґрунту - 1.0 м.

Згідно з [3] розрахункове значення ваги снігового покриву на 1 м² горизонтальної поверхні землі дорівнює 1 кН/м² - II сніговий район;

Нормативний вітровий тиск - 0,5 кН/м², III вітровий район;

Сейсмічність району за [3] - 6 балів.

2.2 Розрахунок обраної схеми

2.2.1 Перевірка підбраного перерізу найбільш навантаженого елемента кільця

Розрахунок на міцність позацентрово-стиснутих (стиснено-згинальних) і позацентрово розтягнутих (розтягнуто-згинальних) елементів слід виконувати за формулою

$$\left(\frac{N}{A_n R_y \gamma_c} \right)^n + \frac{M_x}{c_x W_{xx, \min} R_y \gamma_c} + \frac{M_y}{c_y W_{yy, \min} R_y \gamma_c} + \frac{B}{W_{\min} R_y \gamma_c} \leq 1 \quad (2.1)$$

N , M_x , M_y , B - абсолютні значення відповідно поздовжньої сили, згинальних моментів і бімомента за найнесприятливішого їх поєднання;

n , c_x , c_y - коефіцієнти.

Приймаємо $n=2, c_x=1,47, c_y=1,47$

$$\left(\frac{752,63}{0,00728 \cdot 230 \cdot 10^3 \cdot 1} \right)^2 - \frac{(14,64 + 26,36)}{1,47 \cdot 0,000853 \cdot 230 \cdot 10^3 \cdot 1} + \frac{4,03}{0,000853 \cdot 230 \cdot 10^3 \cdot 1} = 0,1 < 1$$

Розрахунок на стійкість стрижнів суцільного постійного коробчатого

перерізу під час стиснення з вигином в одній або в двох головних площинах слід виконувати за формулами:

$$\frac{N}{\varphi_{ey} \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} + \frac{M_x}{c_x \cdot \delta_x \cdot W_x \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1$$

$$\frac{N}{\varphi_{ex} \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} + \frac{M_y}{c_y \cdot \delta_y \cdot W_y \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1$$

φ_{ey} , φ_{ex} коефіцієнти стійкості під час стиснення з вигином, що визначаються залежно від умовної гнучкості та наведеного відносного ексцентриситету.

c_x , c_y - коефіцієнти;

δ_x , δ_y - коефіцієнти, що визначаються за формулами;

$$e_x = \frac{M_x}{N} = \frac{14,64}{752,63} = 0,019_m ;$$

$$e_y = \frac{M_y}{N} = \frac{26,36}{752,63} = 0,035_m .$$

Відносний ексцентриситет:

$m = e \cdot A / W_c$, оскільки переріз симетричний, то приймаємо $W_c = W_x$

$$e_x = \frac{M_x}{N} = \frac{14,64}{752,63} = 0,019_m ;$$

$$e_y = \frac{M_y}{N} = \frac{26,36}{752,63} = 0,035_m .$$

(2.2)

$$m = 0,01 \cdot 0,00728 / 0,000853 = 0,16$$

де η - коефіцієнт впливу форми перерізу:

$$\eta_z = (1,35 - 0,05m) - 0,01 \cdot (5 - m) \cdot \bar{\lambda} = (1,35 - 0,05 \cdot 0,16) - 0,01 \cdot (5 - 0,16) \cdot 2,19 = 1,24$$

Наведений відносний ексцентриситет:

$$m_{ef} = \eta \cdot m,$$

$$m_{ef,z} = 1,24 \cdot 0,16 = 0,198$$

Розрахункова довжина елемента в площині та з площини знаходиться як:

$$l_{ef,x} = l \cdot \mu_x = 0,78 \cdot 0,5 = 0,39m;$$

$$l_{ef,y} = l \cdot \mu_y = 0,78 \cdot 0,5 = 0,39m;$$

$$\lambda_x = \lambda_y = \frac{l_{ef,x}}{i_x} = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{0,39}{0,0118} = 33,05; \quad (2.3)$$

$$\bar{\lambda}_x = \bar{\lambda}_y = \lambda \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 33,05 \cdot \sqrt{\frac{230}{2,06 \cdot 10^5}} = 1,1 \quad (2.4)$$

$$\alpha = \frac{N}{\varphi_c \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} \quad (2.5)$$

Гнучкості λ_x і λ_y не повинні перевищувати граничних значень. Для стиснутих елементів просторових конструкцій із труб гранична гнучкість:

$$[\lambda] = 180 - 60\alpha;$$

$$[\lambda] = 180 - 60 \cdot \alpha = 180 - 60 \cdot 0,5 = 150$$

2.3 Перевірка перерізу верхнього кільця

Розрахунок на міцність позацентрово-стиснутих (стиснено-згинальних) і позацентрово розтягнутих (розтягнуто-згинальних) елементів слід виконувати за формулою (2.1)

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

N , M_x , M_y , B - абсолютні значення відповідно поздовжньої сили, згинальних моментів і бімомента за найнесприятливішого їх поєднання;

n, c_x, c_y - коефіцієнти приймаємо

$$n = 2, c_x = 1,47, c_y = 1,47$$

$$\left(\frac{691,32}{0,00289 \cdot 230 \cdot 10^3 \cdot 1} \right)^2 - \frac{(39,66 + 34)}{1,47 \cdot 0,000853 \cdot 230 \cdot 10^3 \cdot 1} - \frac{8,1}{0,000853 \cdot 230 \cdot 10^3 \cdot 1} = 0,8 < 1$$

Розрахунок на стійкість стрижнів суцільного постійного коробчатого перерізу під час стиснення з вигином в одній або в двох головних площинах слід

виконувати за формулами:

$$\frac{N}{\varphi_{ey} \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} + \frac{M_x}{c_x \cdot \delta_x \cdot W_x \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1$$

$$\frac{N}{\varphi_{ex} \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} + \frac{M_y}{c_y \cdot \delta_y \cdot W_y \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1$$

де φ_{ey} , φ_{ex} коефіцієнти стійкості під час стиснення з вигином, що визначається залежно від умовної гнучкості та наведеного відносного ексцентриситету;

c_x, c_y - коефіцієнти;

δ_x, δ_y - коефіцієнти, що визначаються за формулами.

$$\delta_x = 1 - 0,1N \overline{\lambda_x^2} / (AR_y)$$

$$\delta_y = 1 - 0,1N \overline{\lambda_y^2} / (AR_y)$$

Відносний ексцентриситет:

$m = eA/W_c$, оскільки переріз симетричний, то приймаємо $W_c = W_x$

$$e_x = \frac{M_x}{N} = \frac{39,66}{691,32} = 0,057 м ;$$

$$e_y = \frac{M_y}{N} = \frac{34}{691,32} = 0,049 м .$$

$$m_z = 0,057 \cdot 0,00289 / 0,000853 = 0,18$$

де η - коефіцієнт впливу форми перерізу

$$\eta_z = (1,35 - 0,05m) - 0,01 \cdot (5 - m) \cdot \overline{\lambda} = (1,35 - 0,05 \cdot 0,18) - 0,01 \cdot (5 - 0,18) \cdot 0,87 = 1,3$$

Наведений відносний ексцентриситет:

$$m_{ef,z} = 1,3 \cdot 0,18 = 0,234$$

Розрахункова довжина елемента в площині та з площини знаходиться як:

$$l_{ef,x} = l \cdot \mu_x = 0,31 \cdot 0,5 = 0,155 м ;$$

$$l_{ef,y} = l \cdot \mu_y = 0,31 \cdot 0,5 = 0,155 м ;$$

$$\lambda_x = \lambda_y = \frac{l_{ef,x}}{i_x} = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{0,155}{0,0118} = 13,13$$

$$\overline{\lambda}_x = \overline{\lambda}_y = \lambda \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 13,13 \cdot \sqrt{\frac{230}{2,06 \cdot 10^5}} = 0,439$$

$$\alpha = \frac{N}{\varphi_e \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c}$$

$$\alpha = \frac{691,32}{0,924 \cdot 0,00289 \cdot 230 \cdot 10^3 \cdot 1} = 0,93 < 1$$

Гнучкості λ_λ і λ_y не повинні перевищувати граничних значень. Для стиснутих елементів просторових конструкцій із труб гранична гнучкість:

$$[\lambda] = 180 - 60\alpha;$$

$$[\lambda] = 180 - 60 \cdot \alpha = 180 - 60 \cdot 0,93 = 124,2.$$

2.4 Перевірка перерізу елемента 8-гранника

Розрахунок на міцність позацентрово-стиснутих (стиснуто-згинальних) і позацентрово-розтягнутих (розтягнуто-згинальних) елементів слід виконувати за формулою:

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

N , M_x , M_y , B - абсолютні значення відповідно поздовжньої сили, згинальних моментів і бімомента за найнесприятливішого їх поєднання;

n, c_x, c_y - коефіцієнти. Приймаємо $n = 2, c_x = 1,47, c_y = 1,47$

$$\left(\frac{100,71}{0,0131 \cdot 230 \cdot 10^3 \cdot 1} \right)^2 + \frac{(-2,89 + 16,28)}{1,47 \cdot 0,000853 \cdot 230 \cdot 10^3 \cdot 1} + \frac{0,01}{0,000853 \cdot 230 \cdot 10^3 \cdot 1} = 0,05 < 1$$

Розрахунок на стійкість стрижнів суцільного постійного коробчатого перерізу під час стиснення з вигином в одній або в двох головних площинах слід виконувати за формулами:

$$\frac{N}{\varphi_{ey} \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} + \frac{M_x}{c_x \cdot \delta_x \cdot W_x \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1$$

$$\frac{N}{\varphi_{ex} \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} + \frac{M_y}{c_y \cdot \delta_y \cdot W_y \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1$$

φ_{ey} , φ_{ex} коефіцієнти стійкості під час стиснення зі згином, що визначається залежно від умовної гнучкості та наведеного відносного ексцентриситету

c_x, c_y - коефіцієнти;

δ_x, δ_y - коефіцієнти, що визначаються за формулами;

$$\delta_x = 1 - 0,1N\overline{\lambda_x^2} / (AR_y)$$

$$\delta_y = 1 - 0,1N\overline{\lambda_y^2} / (AR_y)$$

Відносний ексцентриситет $m = eA/W_c$, оскільки переріз симетричний, то приймаємо $W_c = W_x$

$$e_x = \frac{M_x}{N} = \frac{2,89}{100,71} = 0,029 м ;$$

$$e_y = \frac{M_y}{N} = \frac{16,28}{100,71} = 0,16 м .$$

$$m_z = 0,029 \cdot 0,0131 / 0,000853 = 0,44$$

де η - коефіцієнт впливу форми перерізу

Наведений відносний ексцентриситет:

$$\eta_z = (1,35 - 0,05m) - 0,01 \cdot (5 - m) \cdot \overline{\lambda} = (1,35 - 0,05 \cdot 0,44) - 0,01 \cdot (5 - 0,44) \cdot 3,99 = 1,146$$

$$m_{ef,z} = 1,146 \cdot 0,44 = 0,5$$

Розрахункова довжина елемента в площині та з площини знаходиться як:

$$l_{ef,x} = l \cdot \mu_x = 1,41 \cdot 0,5 = 0,705 м ;$$

$$l_{ef,y} = l \cdot \mu_y = 1,41 \cdot 0,5 = 0,705 м ;$$

$$\lambda_x = \lambda_y = \frac{l_{ef,x}}{i_x} = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{0,705}{0,0118} = 59,74 ;$$

$$\overline{\lambda}_x = \overline{\lambda}_y = \lambda \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 59,74 \cdot \sqrt{\frac{230}{2,06 \cdot 10^5}} = 2,0 .$$

$$\alpha = \frac{N}{\varphi_e \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} ;$$

$$\alpha = \frac{100,71}{0,653 \cdot 0,0131 \cdot 230 \cdot 10^3 \cdot 1} = 0,05 < 1 .$$

Гнучкості λ_x і λ_y не повинні перевищувати граничних значень. Для стиснутих елементів просторових конструкцій із труб гранична гнучкість:

$$[\lambda] = 180 - 60\alpha;$$

$$[\lambda] = 180 - 60 \cdot \alpha = 180 - 60 \cdot 0,05 = 177.$$

2.5 Проектування вузлів

2.5.1 Вузол з'єднання восьмигранника

Розглянемо вузол вертикального елемента з кільцем, що знаходиться на позначці +28,840.

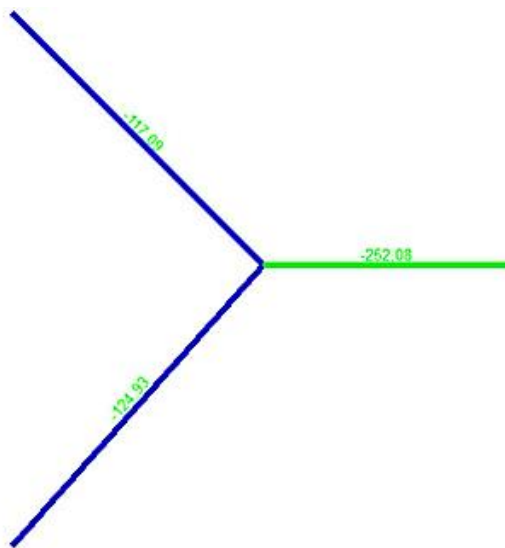


Рисунок 2.1 - Зусилля у вузлі

Дані для проектування $N=252,1$ кН, $M=8,16$ кН*м. Приймаємо ребро перерізом 320x12 мм з умови перерізів елементів купола. Довжина ребра $l=0,15$ м, висота фасонки в місці кріплення до труби - 320 мм, до циліндра - 300 мм.

І сталі С345. Розрахунок ведемо як для позацентрово-стиснутого елемента:

$$\frac{N}{\varphi_e \cdot A} \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (2.6)$$

Для суцільностінчастих стрижнів φ_e коефіцієнти стійкості при стисненні з

вигином, що визначається залежно від умовної гнучкості та наведеного відносного ексцентриситету.

Відносний ексцентриситет:

$$m = eA/W_c$$

$$e = \frac{M}{N} = \frac{8,16}{252,1} = 0,04_m ;$$

$$m = 0,04 \cdot 0,0384 / 0,00205 = 0,75 ,$$

Наведений відносний ексцентриситет:

$$m_{ef} = \eta m = 1 \cdot 0,75 = 0,75$$

де η – коефіцієнт впливу форми перерізу ($\eta = 1$).

Розрахункова довжина елемента в площині та з площини знаходиться як $l_{efx} = 1 \cdot 15 = 15 \text{ см}$.

А з площини $l_{efy} = 1 \cdot 0,75 \cdot 15 = 11,25 \text{ см}$.

Радіуси інерції прийнятого перерізу: $i_x = 4,33 \text{ см}$, $i_y = 0,346 \text{ см}$.

Гнучкість елемента в площині та з площини відповідно дорівнює:

$$\lambda_x = \frac{l_{ef,x}}{i_x} = \frac{15}{4,33} = 3,46$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{11,25}{0,346} = 32,51$$

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 32,51 \cdot \sqrt{\frac{230}{2,06 \cdot 10^5}} = 0,72$$

Перевірка стійкості:

$$\frac{252,1}{0,818 \cdot 0,0384} \leq 315 \cdot 0,9 \cdot 10^3$$

$$8025 \leq 315 \cdot 0,9 \cdot 10^3 ;$$

$$80,25 \leq 283,5 \text{ МПа}$$

Розрахунок зварювання

Зварювання автоматичне кільця до опорної пластини.

Труби кільця товщиною $t_t = 8 \text{ мм}$ і довжиною зварного шва по довжині кола

$t_{wt}=150\text{мм}$, прикріплюється кутовим одностороннім швом з обробленням крайок.
Матеріал елемента - сталь марки С235.

Необхідно вибрати тип електрода для ручного зварювання, що забезпечує необхідну несучу здатність з'єднання. Приймаємо тип електрода Е42, для зварювального дроту Св-08ГА з $R_{wf} = 215\text{МПа}$.

Розрахунок на зріз ведемо за металом шва, оскільки

$$\frac{\beta_f R_{wf}}{\beta_z R_{wt}} = \frac{0,7 \cdot 215}{1 \cdot 198} = 0,76 < 1.$$

За катета шва $k_f = 10\text{мм}$.

$$\frac{N}{\beta_z \cdot k_f \cdot l_{wf} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c} = \frac{8,16}{1 \cdot 1 \cdot 15 \cdot 215 \cdot 10^{-1} \cdot 0,9} = 0,03 < 1.$$

Опорне ребро приварюється до стрижня з чотирьох боків зварними швами, а довжина одного шва повинна дорівнювати $l_{wf} = 15/4 = 3,75\text{ см}$. Приймаємо, що кожен зварний шов дорівнює $l_{wf} = 50\text{ мм}$.

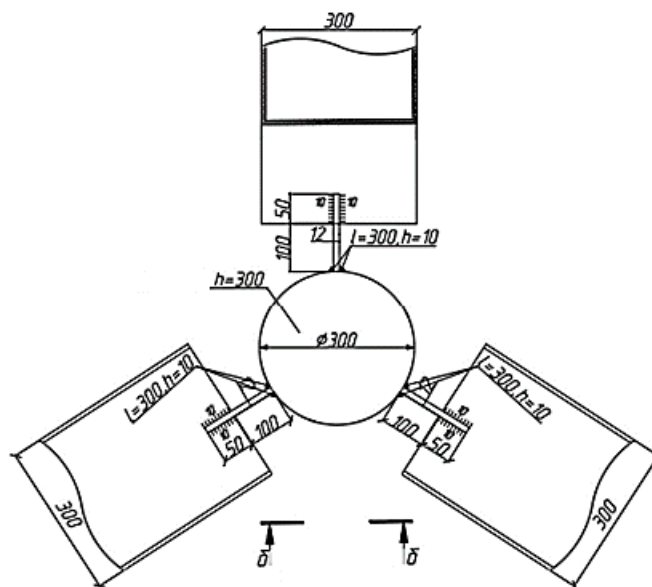


Рисунок 2.2 - Вузол з'єднання шестигранника

2.5.2 Вузол сполучення з верхнім кільцем

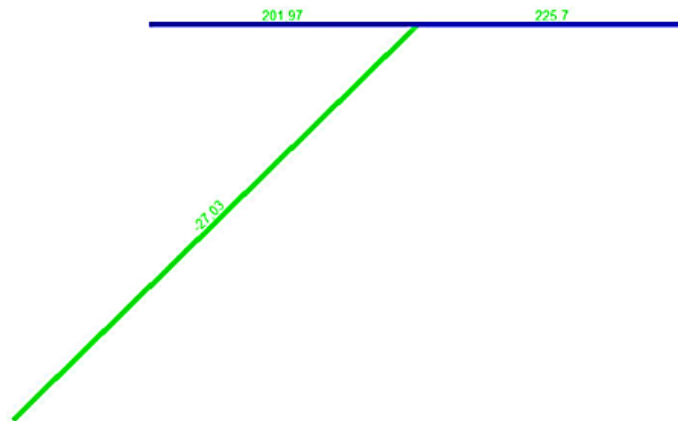


Рисунок 2.3 - Зусилля у вузлі верхнього кільця

Дані для проектування $N=27$ кН, $M=55$ кН*м. Приймаємо ребро перерізом 320×12 мм з умови перерізів елементів купола. Довжина ребра $l=0,1$ м і сталі С345. Розрахунок ведемо як для позацентрово-стиснутого елемента

$$\frac{N}{\varphi_e \cdot A} \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (2.7)$$

Для суцільностінчастих стрижнів коефіцієнти стійкості під час стиснення з вигином, залежно від умовної гнучкості та наведеного відносного ексцентриситету.

Відносний ексцентриситет:

$$m = e A / W$$

$$e = \frac{M}{N} = \frac{55}{27} = 2,03 \text{ м} ;$$

$$m = 2,03 \cdot 0,0384 / 0,00205 = 38 ,$$

Наведений відносний ексцентриситет:

$$m_{ef} = m \cdot \eta$$

де η - коефіцієнт впливу форми перерізу, $m_{ef} = 1 \cdot 38 = 38$, оскільки значення

$m_{ef} > 20$ розрахунок на стійкість для суцільностінчастих стрижнів не потрібно.

Зробимо розрахунок на міцність позацентрово-стиснутих (стиснуто-згинальних) і позацентрово розтягнутих (розтягнуто-згинальних) елементів слід виконувати за формулою

$$\frac{N}{A_n} + \frac{M}{W} \leq R_y \cdot \gamma_c$$

$$\frac{27}{0,0384} + \frac{55}{0,00205} \leq 315 \cdot 0,9 \cdot 10^3$$

$$268,4 \leq 283,5 \text{ МПа.}$$

Розрахунок зварювання

Зварювання автоматичне кільця до опорної пластини.

Труби кільця товщиною $t_t = 8$ мм і довжиною зварного шва по довжині кола $t_{wf} = 15$ см, прикріплюють кутовим одностороннім швом з обробленням.

Матеріал елемента – сталь марки С235.

Необхідно вибрати тип електрода для ручного зварювання, що забезпечує необхідну несучу здатність з'єднання. Приймаємо тип електрода Е70, для зварювального дроту Св-08ГА з $R_f = 215$ МПа.

Розрахунок на зріз ведемо за металом шва, оскільки

$$\frac{\beta_f R_{wf}}{\beta_z R_{wt}} = \frac{0,7 \cdot 215}{1 \cdot 198} = 0,76 < 1.$$

За катета шва $k_f = 10$ мм (за [1, табл. 38])

$$\frac{N}{\beta_z \cdot k_f \cdot l_{wf} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c} = \frac{27}{1 \cdot 10 \cdot 15 \cdot 215 \cdot 10^{-1} \cdot 0,9} = 0,1 < 1.$$

Опорне ребро приварюється до стрижня з чотирьох боків зварними швами, а довжина одного шва повинна дорівнювати $l_{wf} = 15/4 = 3,75$ см.

Приймаємо, що кожен зварний шов дорівнює $l_{wf} = 50$ мм.

Розрахунок зварних швів приєднання опорного ребра до кільця не потрібен, оскільки ребро працює на стиск, зварні шви не працюватимуть. Висоту катета шва

приймаємо $k_f = 10$ мм.

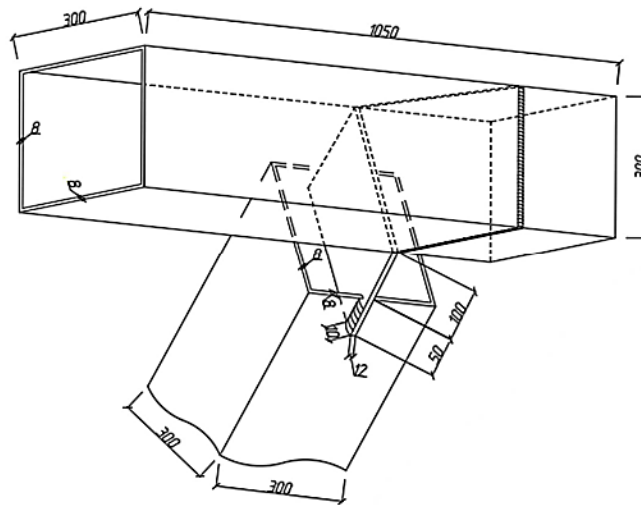


Рисунок 2.4 - Вузол примикання елементів до верхнього кільця

2.5.3 Опорний вузол

Розрахунок опорного ребра нижнього кільця

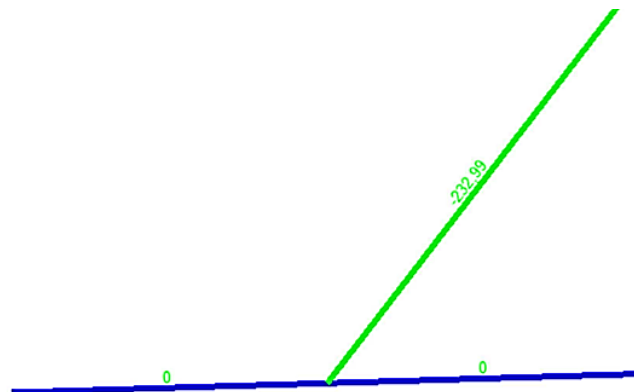


Рисунок 2.5 - Поздовжні зусилля у вузлі опорного кільця

Дані для проектування $N=233$ кН, $M=24,5$ кН*м. Приймаємо ребро перерізом 320x12 мм з умови перерізів елементів купола. Довжина ребра $l=0,1$ м І сталі С345. Розрахунок ведемо як для позацентрово-стиснутого елемента,

виконуючи перевірку за стійкістю:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_e \cdot A} \leq R_y \cdot \gamma_c$$

Для суцільностінчастих стрижнів коефіцієнти стійкості під час стиснення з вигином, що визначаються залежно від умовної гнучкості та наведеного відносного ексцентриситету.

Відносний ексцентриситет:

$$m = eA/Wc$$

$$e = \frac{M}{N} = \frac{24,5}{233} = 0,105 ;$$

$$m = 0,1 \cdot 0,0384 / 0,00205 = 1,97$$

де η - коефіцієнт впливу форми перерізу $\eta = 1$.

Наведений відносний ексцентриситет

$$m_{ef} = m \cdot \eta$$

$$m_{ef} = 1 \cdot 1,97 = 1,97$$

Розрахункова довжина елемента в площині та з площини знаходиться як

$$l_{efx} = 1 \cdot 15 = 15 \text{ см.}$$

А з площини

$$l_{efy} = 1 \cdot 0,5 \cdot 15 = 7,5 \text{ см.}$$

Радіуси інерції прийнятого перерізу: $i_x = 4,33$ см, $i_y = 0,346$ см. Гнучкість елемента в площині та з площини відповідно дорівнює:

$$\lambda_x = \frac{l_{ef,x}}{i_x} = \frac{15}{4,33} = 3,46$$

$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{7,5}{0,346} = 21,67$$

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 21,67 \cdot \sqrt{\frac{230}{2,06 \cdot 10^5}} = 0,72$$

Перевірка стійкості:

$$\frac{233}{0,519 \cdot 0,0384} \leq 315 \cdot 0,9 \cdot 10^3$$

$$11691 \leq 315 \cdot 0,9 \cdot 10^3;$$

$$116,91 \leq 283,5 \text{ МПа.}$$

Розрахунок зварювання

Зварювання автоматичне кільця до опорної пластини.

Труби кільця товщиною $t_t=8$ мм і довжиною зварного шва по довжині кола $t_{wt}=15$ см, прикріплюють кутовим одностороннім швом з обробленням.

Матеріал елемента – сталь марки С235.

Необхідно вибрати тип електрода для ручного зварювання, що забезпечує необхідну несучу здатність з'єднання. Приймаємо тип електрода Е70, для зварювального дроту Св-08Г2С із $R_{wf} = 215 \text{ Н/мм}^2$.

Розрахунок на зріз ведемо за металом шва, оскільки

$$\frac{\beta_f R_{wf}}{\beta_z R_{ок}} = \frac{0,7 \cdot 215}{1 \cdot 198} = 0,76 < 1.$$

За катета шва $k_f = 10$ мм

$$\frac{N}{\beta_z \cdot k_f \cdot l_{wf} \cdot R_{wf} \cdot \gamma_c} = \frac{232,5}{1 \cdot 1 \cdot 15 \cdot 215 \cdot 10^{-1} \cdot 0,9} = 0,8 < 1.$$

Опорне ребро приварюється до стрижня з чотирьох боків зварними швами, а довжина одного шва повинна дорівнювати $l_{wf} = 15/4 = 3,75$ см

Приймаємо, що кожен зварний шов дорівнює $l_{wf} = 50$ мм.

Розрахунок зварних швів приєднання опорного ребра до кільця не потрібен, оскільки ребро працює на стиск, зварні шви не працюватимуть, а отже, розрахунок не потрібен. Висоту катета шва приймаємо $k_f = 10$ мм.

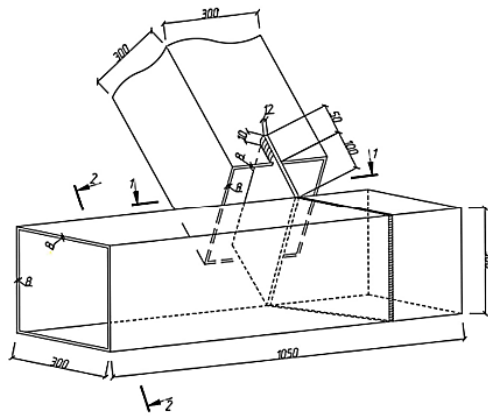


Рисунок 2.6 - Вузол опорного кільця

2.6 Проектування стовпчастого фундаменту

Оскільки в місцевості проектування ґрунт не промерзає, а ґрунтові води проходять надто глибоко, то глибину закладення фундаменту визначають, виходячи з конструктивних вимог до стовпчастих:

Висота фундаменту має бути кратна 300 мм, глибина закладення фундаменту має бути кратна 150 мм.

Відмітку верху фундаменту приймають на 150 мм нижчою за відмітку чистої підлоги будівлі.

Висоту сходинок рекомендується приймати рівною 0,30, 0,45, а за великої висоти плитної частини фундаменту - 0,60 м

Виходячи з перерахованих вище вимог, приймаємо глибину закладення $d=3,75$ м.

Інженерно-геологічні умови будівельного майданчика вказані в додатку В.

2.6.1 Визначення площі підшви фундаменту

$$A = \frac{N_{0II}}{R_0 - d \cdot \gamma_{mt}} = \frac{216,96}{450 - 3,75 \cdot 20} = 0,67 \text{ м}^2,$$

де N_{0II} максимальна сума нормативних вертикальних навантажень, що діють

на обрізі фундаменту. У цьому випадку:

$$N_{0II} = \frac{N_{\max}}{1,15} = \frac{249,5}{1,15} = 216,96 \text{ кН},$$

де 1,15 - коефіцієнт надійності за навантаженням.

R_0 - попередній розрахунковий опір ґрунту;

γ_{mt} середнє значення питомої ваги ґрунту і бетону, що дорівнює 20 кН/м³.

Таким чином, попередньо приймемо розміри фундаменту кратні 300 мм - $b=1,2$ м, $l=0,6$ м.

Розрахунковий опір ґрунту для будівель без підвалу, при $b < 10$ м знаходиться таким чином:

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{K} \cdot [M_{\gamma} \cdot b \cdot \gamma_{II} + M_g \cdot d \cdot \gamma_{II}'' + M_c \cdot C_{II}] =$$

$$= \frac{1,4 \cdot 1,2}{1,1} \cdot [2,46 \cdot 0,6 \cdot 6,72 + 10,85 \cdot 3,75 \cdot 11,98 + 11,73 \cdot 1] = 646,53 \text{ кН},$$

γ_{c1} , γ_{c2} - коефіцієнти умов роботи, дорівнюють 1,4 і 1,2 відповідно;

b - ширина підошви фундаменту, м;

γ_{II} усереднене розрахункове значення питомої ваги ґрунтів, що залягають нижче підошви фундаменту;

γ_{II}'' - те саме, для ґрунтів, що залягають вище підошви фундаменту;

C_{II} - розрахункове значення питомого зчеплення ґрунту, що залягає безпосередньо під підошвою фундаменту, кПа;

d - глибина закладення фундаментів, м;

K - коефіцієнт, який приймають рівним 1, якщо характеристики міцності ґрунту визначено безпосередніми випробуваннями, і $K=1,1$, якщо їх прийнято за таблицями.

Розрахунковий опір при проектуванні, як правило обмежується на рівні 600 кПа, значення якого перевищує отримане.

Відхилення початкового опору і розрахункового має бути не більше ніж 20%, у цьому разі перерахунок площі підошви фундаменту не буде, оскільки і без того невеликі значення параметрів підошви зменшуватимуться.

2.6.1 Перевірка умов розрахунку основи за деформаціями

Середнє значення тиску під подошвою фундаменту визначають за формулою:

$$P_{II} = \frac{N''}{A} = \frac{245,04}{0,67} = 365,7$$

де $N'' = N + G = 216,96 + 28,08 = 245,04$ кН - найбільша вертикальне навантаження;

$G_{III} = b \cdot d \cdot \gamma_{mt} = 28,08$ кН - вага фундаменту;

Перевірка виконання умови $P_{II} < R$:

$365,7$ кПа $<$ 450 кПа

2.6.2 Розрахунок фундаменту на продавлювання

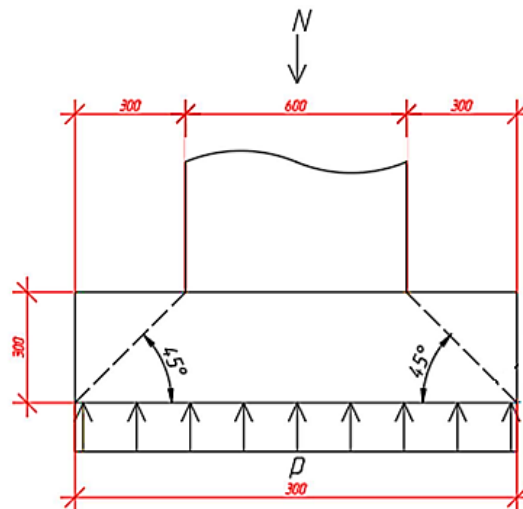


Рисунок 2.7 - Схема піраміди продавлювання

Оскільки сумарна величина тиску ґрунту на фундамент дорівнює продавлювальній силі ($P \cdot A = N$), то розрахунок на продавлювання не потрібен.

2.6.3 Усадка фундаменту

Оскільки подошва фундаменту спирається на малостисливий ґрунт, який йде

в товщу землі ще на 6,2 м, розрахунок на осідання фундаменту не потрібен.

2.6.4 Конструювання стовпчастого фундаменту

Визначення кількості сходинок фундаменту відбувається виходячи з конструктивних вимог до них, а саме: виліт сходинок має бути 300, 450, 600 мм, а висота 300 і 600 мм.

Приймаємо сходинки з вильотом 300 мм, оскільки це єдиний можливий виліт за умови довшої довжини фундаменту в 1200 мм. Висоту фундаменту приймемо 300 мм.

2.6.5 Розрахунок арматурної сітки

Під тиском відсічі ґрунту фундамент згинається, у перерізах фундаменту виникають моменти, які визначають, вважаючи фундамент як балку, защемлену з двох кінців.

$$P = \frac{N}{F} = \frac{249,5}{0,6 \cdot 1,2} = 346,5 \text{ кПа};$$

$$M = \frac{P \cdot 0,3^2 \cdot 0,6}{2} = \frac{346,5 \cdot 0,3^2 \cdot 0,6}{2} = 9,35 \text{ кНм};$$

За величиною моменту визначаємо площу робочої арматури:

$$A_{st} = \frac{M}{\xi \cdot h_1 \cdot R_s} = \frac{9,35}{0,99 \cdot 0,25 \cdot 365} = 0,1 \text{ см}^2;$$

де R_s - розрахунковий опір арматури, що дорівнює 365 МПа;

h_1 - робоча висота перетину, що розглядається, м;

ξ - коефіцієнт, який приймають залежно від α_m ;

$$\alpha_m = \frac{M}{b \cdot h_0^2 \cdot R_b} = \frac{9,35}{0,6 \cdot 0,25^2 \cdot 1150} = 0,2;$$

де R_b - розрахунковий опір бетону, що дорівнює 11,5 МПа;

b - ширина стиснутої зони, м;

По довгій стороні фундаменту 1 приймаємо арматуру А400 Ø12 мм сумарною площею 4,52 см².

По стороні фундаменту в приймаємо арматуру А400 Ø12 мм сумарною площею 6,79 см².

Арматура в стовпі фундаменту не потрібна, оскільки на обрізі стовпа відсутні моменти.

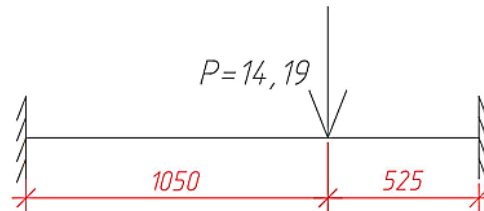


Рисунок 2.8 - схема для розрахунку арматури в ростверку

$$M = \frac{0,525 \cdot 1,05^2 \cdot 14,19}{1,575} = 5,21 \text{ кНм};$$

За величиною моменту визначаємо площу робочої арматури:

$$A_{st} = \frac{M}{\xi \cdot h_0 \cdot R_s} = \frac{5,21}{0,99 \cdot 0,35 \cdot 365} = 0,05 \text{ см}^2.$$

де

R_s - розрахунковий опір арматури, що дорівнює 365 МПа;

h_0 - робоча висота перетину, що розглядається, м;

ξ - коефіцієнт, який приймають залежно від α_m ;

$$\alpha_m = \frac{M}{b \cdot h_0^2 \cdot R_b} = \frac{9,35}{0,6 \cdot 0,35^2 \cdot 1150} = 0,11,$$

де

R_b - розрахунковий опір бетону, що дорівнює 11,5 МПа;

b - ширина стиснутої зони, м;

У нижній і верхній зоні приймаємо арматуру А400 Ø12 мм. Поперечна арматура не потрібна через великий переріз ростверку.

2.6.6 Розрахунок пальового фундаменту

Глибину закладення ростверку прийнято 250 мм, прийнято забивну палю-стійку С40.30-1 з класом бетону С12,5/15 і оперту на малостисливий ґрунт.

Несуча здатність забивної палі-стійки по ґрунту основи визначається за формулою:

$$F_d = \gamma_c \cdot R \cdot A = 1 \cdot 20000 \cdot 0,09 = 1800 \text{ кН}, \quad (2.8)$$

де $\gamma_c = 1$ - коефіцієнт умови роботи палі в ґрунті;

R - розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі, який приймають за для всіх видів забивних паль, що спираються на скельні та малостисливі ґрунти, що дорівнює 20000 кПа;

A - площа поперечного перерізу нижнього кінця палі, м² ; Допустиме навантаження на палю визначається як:

$$F_d / \gamma_k = 1800 / 1,4 = 1285,72 \text{ кН}, \quad (2.9)$$

де γ_k - коефіцієнт надійності (1,4).

Навантаження, що допускається на палю, приймаємо рівним $F_d = 600$ кН.

Вага ростверку знаходиться як:

$$G_p = b_p \cdot l_p \cdot d_p \cdot \gamma_{mt} = 0,6 \cdot 1,575 \cdot 0,4 \cdot 24 = 9,1 \text{ кН}$$

де b_p і l_p - розміри ростверку в плані, м;

γ_{mt} - середнє значення питомої ваги ростверку і ґрунту, кН/м³ ;

d_p - висота ростверку, м.

Відстань між палями обчислюється таким чином:

$$\frac{F_d}{N + G} = \frac{600}{240 + 9,1} = 2,4 \text{ м}$$

Приймаємо відстанню між палями, що дорівнює 1,575 під кожний, найбільш завантажений стрижень і в половину довжини між ними.

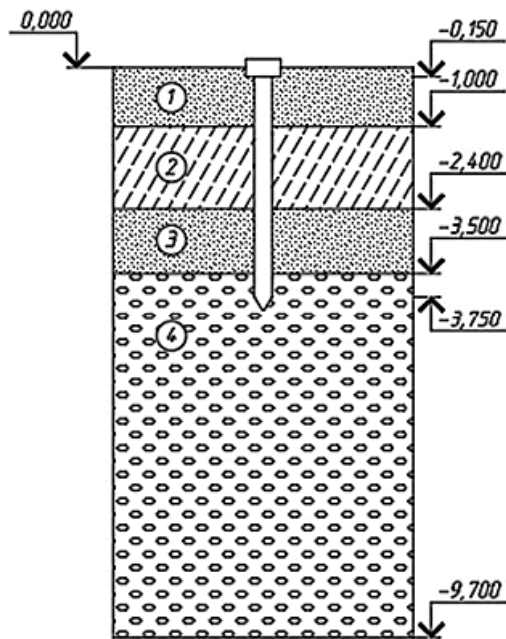


Рисунок 2.9 - Інженерно-геологічний розріз

2.6.7 Армування ростверку

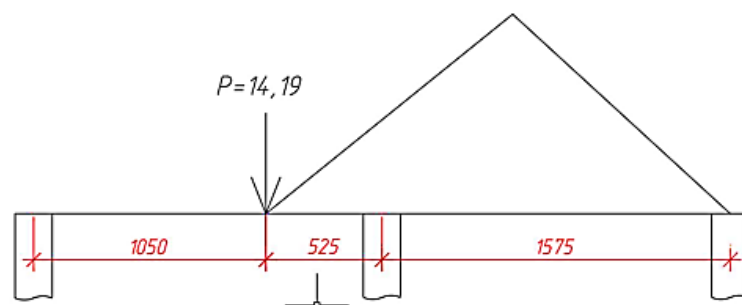


Рисунок 2.10 - Розташування паль відносно стрижнів каркаса

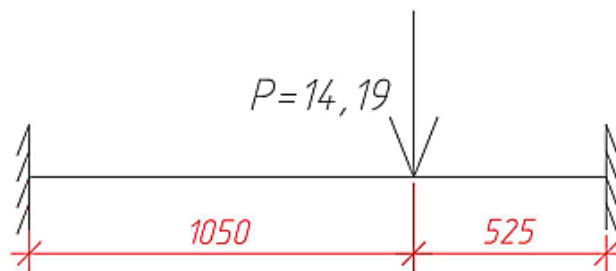


Рисунок 2.11 - Розрахункова схема навантаження на ростверк від менш навантаженого стрижня каркаса

Обчислення згинального моменту в ростверку від менш навантаженого стрижня, що знаходиться між палями:

$$M = \frac{1,05^2 \cdot 0,525 \cdot P}{1,575} = 5,21 \text{ кНм.}$$

За величиною моменту визначаємо площу робочої арматури за формулою:

$$A_{st} = \frac{M}{\xi \cdot h_0 \cdot R_s} = \frac{5,21}{0,99 \cdot 0,25 \cdot 365} = 0,05 \text{ см}^2,$$

де

R_s - розрахунковий опір арматури, що дорівнює 365 МПа;

h_0 - робоча висота перетину, що розглядається, м;

ξ - коефіцієнт, який приймають залежно від α_m ;

$$\alpha_m = \frac{M}{b \cdot h_0^2 \cdot R_b} = \frac{9,35}{0,6 \cdot 0,25^2 \cdot 1150} = 0,11,$$

де

R_b - розрахунковий опір бетону, що дорівнює 11,5 МПа;

b - ширина стиснутої зони, м;

У нижній і верхній зоні приймаємо арматуру А400 Ø12 мм.

2.6.8 Порівняння техніко-економічних показників варіантів фундаменту

Виходячи з порівняння за вартістю вибираємо палевий фундамент, оскільки він на 40% дешевший за стовпчастий.

РОЗДІЛ 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ

3.1 Збір навантажень

3.1.1 Постійні навантаження

На рисунках 3.1 -3.2 наведено розрахункові схеми несучих сталевих каркасів купольної оболонки.

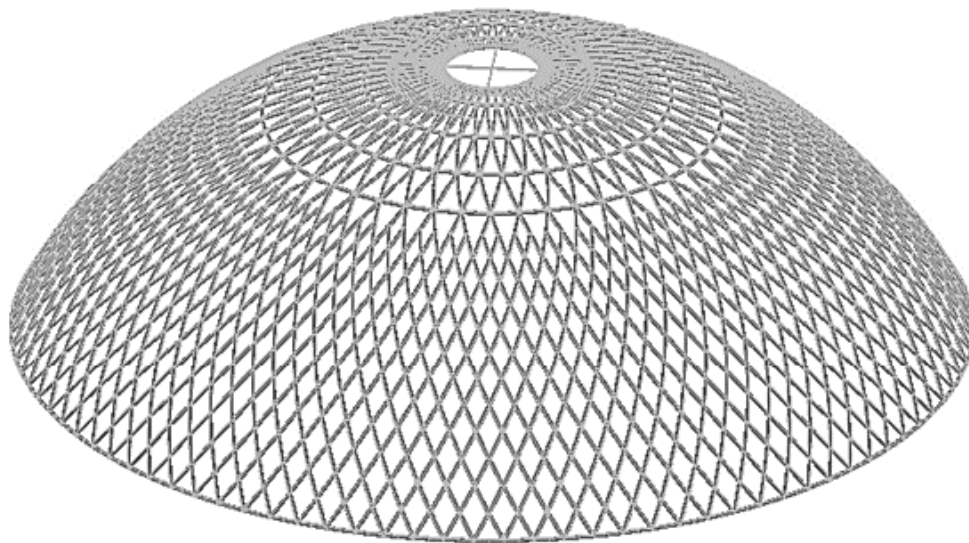


Рисунок 3.1 - Розрахункова схема каркаса 1 для варіанту №1

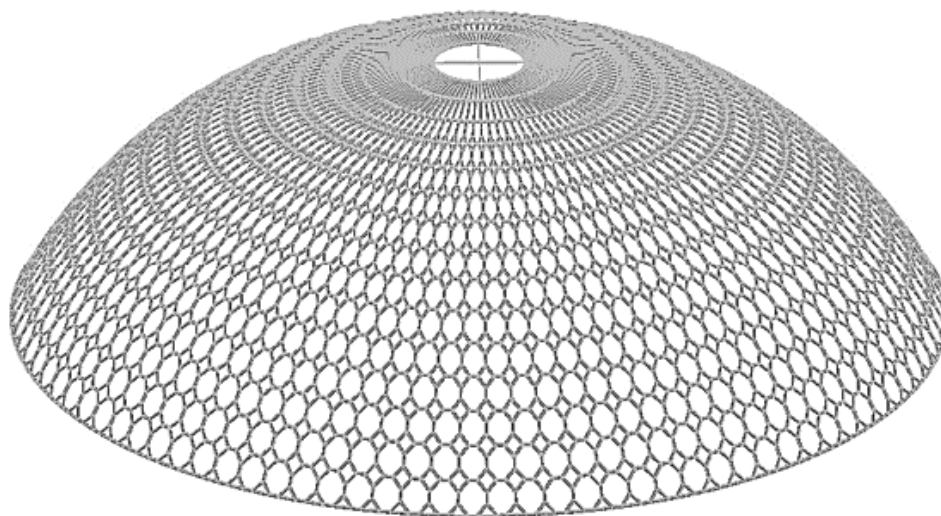


Рисунок 3.2 - Розрахункова схема каркаса 2 для варіанту №2 і №3

Для вибору найвигіднішого варіанту каркаса і його сітки порівнюємо 3 варіанти:

- варіант №1 являє собою сталевий каркас із сіткою 1 і попередньо прийнятими квадратними трубами 350х6 мм;
- варіант №2 являє собою сталевий каркас із сіткою 2 і попередньо прийнятими круглими трубами 325х3,5 мм;
- варіант №3 являє собою сталевий каркас із сіткою 2 і попередньо прийнятими квадратними трубами 300х8 мм.

Навантаження від циліндрів висотою 300 мм і таким самим діаметром зі сталі С345, розташованих у вузлах, для з'єднання елементів.

3.1.2 Власна вага

Власну вагу конструкції для кожного з варіантів задаємо за допомогою ПК SCAD.

Вага циліндрів, розташованих у всіх вузлах, крім вузлів примикання стрижнів до верхнього і нижнього кільця

$$q_c = m \cdot g = \frac{7700 \cdot 0,3^2 \cdot 0,3 \cdot 3,14}{4} \cdot 9,81 \cdot 10^{-3} = 1,6 \text{ кН} / \text{м}^2; \quad (3.1)$$

3.1.2 Навантаження від світлопрозорих огорожувальних конструкцій

Навантаження від світлопрозорих огорожувальних конструкцій каркаса 1

$$q_c = \rho \cdot \delta \cdot g = 1200 \cdot (16 \cdot 10^{-3}) \cdot 9,81 \cdot 10^{-3} = 0,19 \text{ кН} / \text{м}^2; \quad (3.2)$$

$$q_{c,p} = q_c \cdot \gamma_f = 0,19 \cdot 1,2 = 0,23 \text{ кН} / \text{м}^2, \quad (3.3)$$

де γ_f - коефіцієнт надійності за навантаженням.

Світлопрозорі конструкції кріпляться по контурах ромбів і поясів.

Необхідно визначити вантажні площі, нормативне навантаження на стрижні купола.

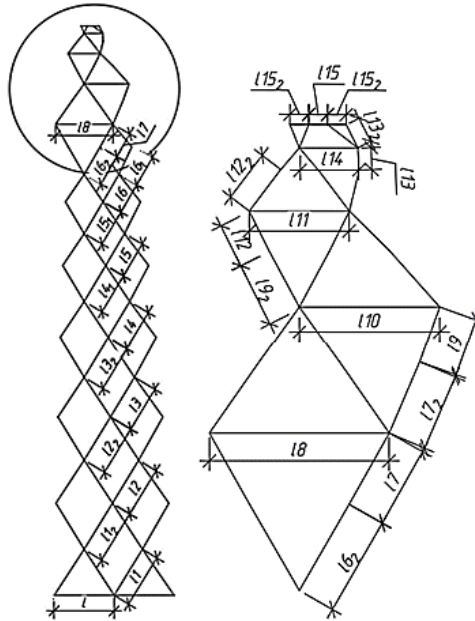


Рисунок 3.3 - Позначення стрижнів схеми каркаса 1

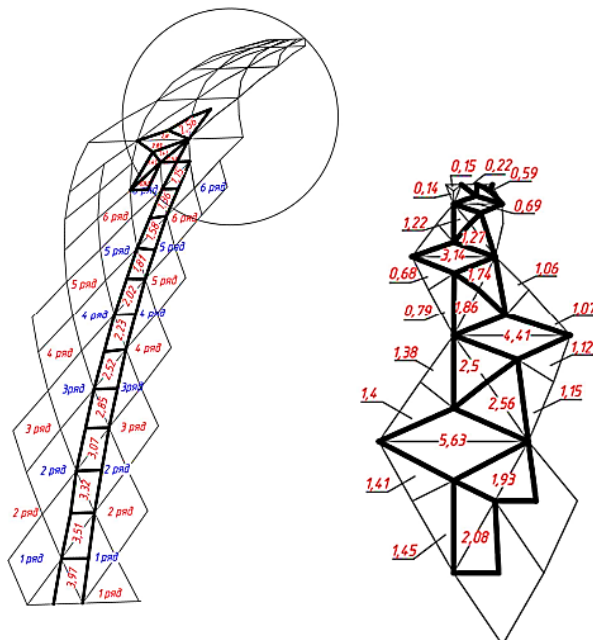


Рисунок 3.4 - Розподіл вантажних площ каркаса 1

Навантаження від світлопрозорих огорожувальних конструкцій каркасу 2 виконується аналогічно за формулами (3.2), (3.3).

$$q_c = \rho \cdot \delta \cdot g = 1200 \cdot (16 \cdot 10^{-3}) \cdot 9,81 \cdot 10^{-3} = 0,19 \text{ кН} / \text{м}^2;$$

$$q_{c.p} = q_c \cdot \gamma_f = 0,19 \cdot 1,2 = 0,23 \text{ кН} / \text{м}^2,$$

де γ_f коефіцієнт надійності за навантаженням.

Світлопрозорі конструкції кріпляться за контурами 8-кутників і поясів, а також трапецій верхніх рядів. Необхідно визначити вантажні площі, нормативне навантаження на стрижні купола.

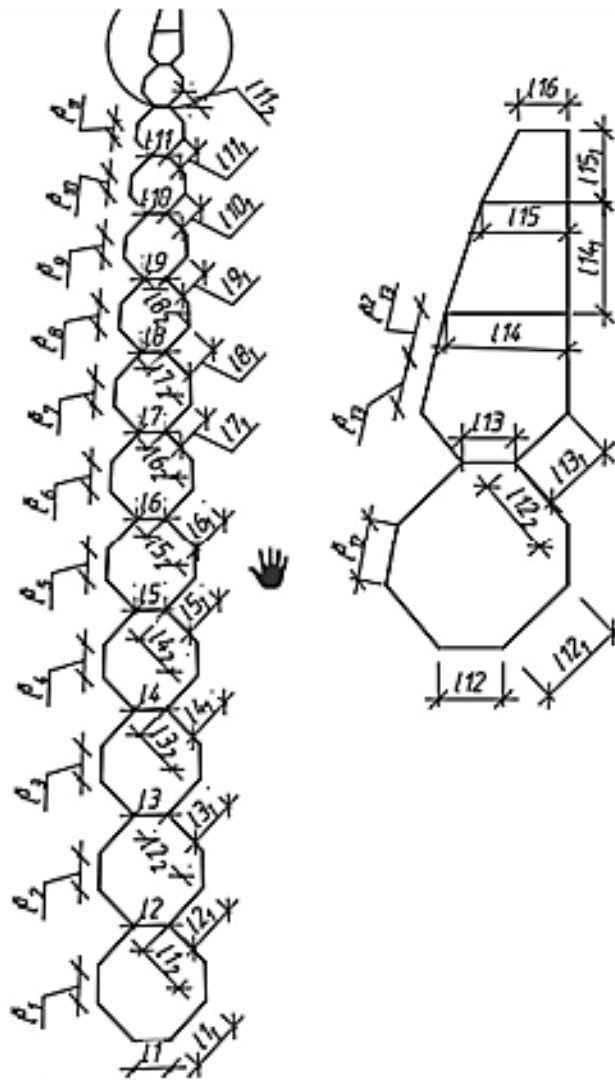


Рисунок 3.5 - Позначення стрижнів схеми будівлі 2

Розрахунок зробимо аналогічно з розрахунком каркаса 1, результати занесемо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 - Навантаження від світлопрозорих елементів каркасу 2

Стрижень	Довжина l, м	Площа, м ²	q _c	q _n	q
11	1,05	1,257	0,19	0,227	0,318
11 ^б	1,25	2,514	0,19	0,382	0,535
111	1,62	1,817	0,19	0,213	0,298
112	1,62	1,757	0,19	0,206	0,289
12	1,01	2,477	0,19	0,466	0,652
12 ^б	1,25	2,439	0,19	0,371	0,519
121	1,59	1,720	0,19	0,206	0,288
122	1,59	1,679	0,19	0,201	0,281
13	0,96	2,387	0,19	0,472	0,661
13 ^б	1,25	2,334	0,19	0,355	0,497
131	1,57	1,626	0,19	0,197	0,276
132	1,57	1,968	0,19	0,238	0,333
14	0,92	2,256	0,19	0,466	0,652
14 ^б	1,25	2,178	0,19	0,331	0,463
141	1,54	1,501	0,19	0,185	0,259
142	1,54	1,457	0,19	0,180	0,252
15	0,87	2,100	0,19	0,459	0,642
15 ^б	1,25	2,022	0,19	0,307	0,430
151	1,51	1,379	0,19	0,174	0,243
152	1,51	1,333	0,19	0,168	0,235
16	0,91	1,941	0,19	0,405	0,567
16 ^б	1,25	1,859	0,19	0,283	0,396
161	1,48	1,252	0,19	0,161	0,225
162	1,48	1,518	0,19	0,195	0,273
17	0,75	2,059	0,19	0,522	0,730
17 ^б	1,25	1,694	0,19	0,257	0,360
171	1,44	1,125	0,19	0,148	0,208
172	1,44	1,079	0,19	0,142	0,199
18	0,69	1,615	0,19	0,445	0,623
18 ^б	1,25	1,537	0,19	0,234	0,327
181	1,41	1,000	0,19	0,135	0,189
182	1,41	0,960	0,19	0,129	0,181
19	0,62	1,454	0,19	0,446	0,624
19 ^б	1,25	1,372	0,19	0,209	0,292
191	1,38	0,877	0,19	0,121	0,169
192	1,38	0,838	0,19	0,115	0,162
110	0,55	1,289	0,19	0,445	0,623
1 ^б 10	1,25	1,206	0,19	0,183	0,257
1101	1,36	0,755	0,19	0,105	0,148
1102	1,36	0,718	0,19	0,100	0,140
111	0,48	1,121	0,19	0,444	0,621

Продовження таблиці 3.1 - Навантаження від світлопрозорих елементів
каркасу 2

Стрижень	Довжина l, м	Площа, м ²	q _c	q _n	q
I ⁶ 11	1,25	1,036	0,19	0,157	0,220
1111	1,33	0,633	0,19	0,090	0,127
1112	1,33	0,601	0,19	0,086	0,120
112	0,41	0,952	0,19	0,441	0,617
I ⁶ 12	1,25	0,867	0,19	0,132	0,185
1121	1,31	0,516	0,19	0,075	0,105
1122	1,31	0,490	0,19	0,071	0,099
113	0,33	0,811	0,19	0,467	0,654
I ⁶ 131	1,25	0,756	0,19	0,115	0,161
I ⁶ 132	1,25	0,461	0,19	0,070	0,098
1131	1,29	0,434	0,19	0,064	0,089
114	0,78	0,856	0,19	0,208	0,292
1141	3,76	1,250	0,19	0,063	0,088
115	0,55	0,253	0,19	0,087	0,122
1151	3,76	0,808	0,19	0,041	0,057
116	0,31	0,404	0,19	0,248	0,347
117	5	12,96	0,19	0,49	0,59
118	10	25,92	0,19	0,49	0,59

3.1.3 Короткочасні навантаження

3.1.3.1 Снігове навантаження

Відношення висоти купола до його діаметра становить:

$$\frac{f}{d} = \frac{30}{100} = 0,3 \quad (3.4)$$

Нормативне значення снігового навантаження на горизонтальну проекцію каркаса купола становить:

$$S_o = S_g c_e, \quad (3.5)$$

де S_g - нормативне значення ваги снігового покриву на 1м² поверхні (м.

Миколаїв належить до II снігового району $S_g = 1$ кПа);

c_e - коефіцієнт, що враховує знесення снігу з покриттів будівель від вітру і інших чинників;

Для купольних покриттів c_e визначається як:

$c_e = 0,850, 00375(d-60) = 1$, де d - діаметр купола, що дорівнює 100 м;

c_t - термічний коефіцієнт;

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

$S_o = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,0$ кН/м².

Розрахункове значення навантаження

$$S = S_o \gamma_f = 1,0 \cdot 1,4 = 1,4$$
 кН/м² (3.6)

Оскільки сітка має розбивку ромбами та трикутниками різних площ, відбуватиметься розрахунок навантажень на стрижні кожного окремого ряду за висотою. Розрахунок ведемо з висоти +4,850 м, оскільки нижче за цю позначку кут дотичної має значення понад 60°, за якого 0.

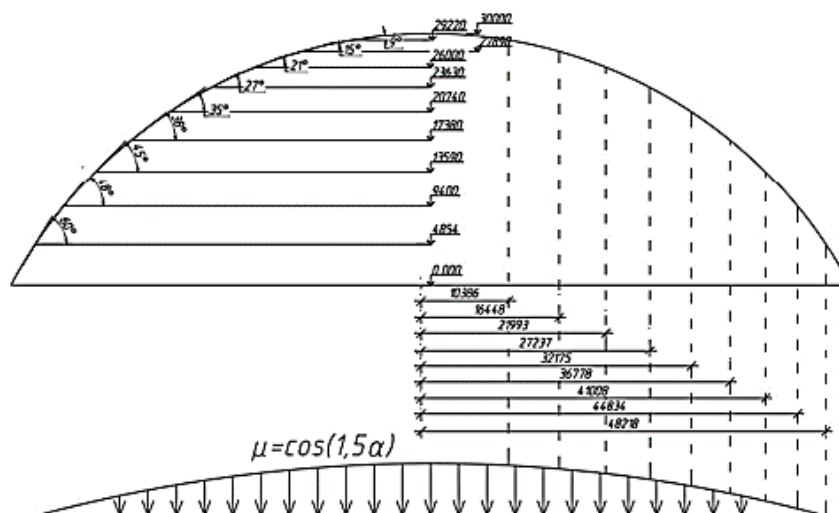


Рисунок 3.6 - Збір снігового навантаження на каркас 1

Таблиця 3.2- Значення снігового навантаження для каркаса 1

Стрижень	Довжина l, м	Площа, м ²	Кут	μ	S_0	q_n	q
12	3,16	3,32	60	0,448	0,448	0,471	0,659
122	3,16	3,07	60	0,448	0,448	0,435	0,609
13	3,11	2,85	48	0,967	0,967	0,886	1,241
132	3,11	2,52	48	0,967	0,967	0,784	1,097
14	3,06	2,23	45	0,044	0,044	0,032	0,045
142	3,06	2,02	45	0,044	0,044	0,029	0,041
15	3,01	1,81	38	0,900	0,900	0,541	0,758
152	3,01	1,58	38	0,900	0,900	0,473	0,662
16	2,96	1,36	35	0,616	0,616	0,283	0,396
161	2,96	1,15	35	0,616	0,616	0,239	0,335
162	2,96	2,08	35	0,616	0,616	0,433	0,606
17	2,92	1,93	27	0,943	0,943	0,623	0,872
172	2,92	2,56	24	0,128	0,128	0,112	0,157
18	3,01	5,63	24	0,128	0,128	0,239	0,335
19	2,88	2,5	21	0,996	0,996	0,865	1,211
192	2,88	1,86	21	0,996	0,996	0,644	0,901
110	2,35	4,41	18	0,292	0,292	0,548	0,768
111	1,67	3,14	12	0,660	0,660	1,242	1,738
112	2,85	1,74	12	0,660	0,660	0,403	0,564
1122	2,85	1,27	9	0,595	0,595	0,265	0,371
113	2,83	1,22	9	0,595	0,595	0,256	0,359
1132	2,83	0,59	2	0,990	0,990	0,206	0,289
114	0,98	1,61	2	0,990	0,990	1,626	2,277
115	0,31	1,005	0	1	1	3,242	4,539
1152	0,31	0,8	0	1	1	2,581	3,613
116	0,31	0,8	0	1	1	2,581	3,613
117	0,31	0,8	0	1	1	2,581	3,613

Аналогічно розрахуємо навантаження для каркасу 2

Таблиця 3.3 - Значення снігового навантаження для каркасу 2

Стрижень каркасу 2	Довжина l, м	Площа, м ²	Кут	μ	S_0	q_n	q
122	1,59	1,679	58	0,570	0,570	0,60151	0,84211
13	0,96	2,387	57	0,779	0,779	1,93785	2,71299
136	1,25	2,334	53	0,573	0,573	1,07068	1,49895
131	1,57	1,626	57	0,779	0,779	0,8073	1,13022
	1,57	1,968	52	0,858	0,858	1,07546	1,50564

Продовження таблиці 3.3

Стрижень	Довжина l, м	Площа, м ²	Кут	μ	S_0	q_n	q
146	1,25	2,178	50	0,922	0,922	1,60606	2,24848
141	1,54	1,501	51	0,452	0,452	0,44064	0,61689
142	1,54	1,457	48	0,967	0,967	0,9153	1,28142
15	0,87	2,100	47	0,185	0,185	0,44598	0,62438
156	1,25	2,022	45	0,044	0,044	0,07154	0,10016
151	1,51	1,379	47	0,185	0,185	0,16877	0,23628
152	1,51	1,333	44	1,000	1,000	0,88278	1,2359
16	0,91	1,941	43	0,097	0,097	0,20727	0,29018
166	1,25	1,859	41	0,237	0,237	0,35201	0,49281
161	1,48	1,252	43	0,097	0,097	0,08223	0,11512
162	1,48	1,518	40	0,952	0,952	0,97665	1,36731
17	0,75	2,059	39	0,371	0,371	1,01961	1,42745
176	1,25	1,694	37	0,499	0,499	0,67586	0,94621
171	1,44	1,125	39	0,371	0,371	0,29023	0,40632
172	1,44	1,079	36	0,829	0,829	0,6214	0,86996
18	0,69	1,615	36	0,829	0,829	1,94159	2,71823
186	1,25	1,537	35	0,616	0,616	0,75745	1,06043
181	1,41	1,000	36	0,829	0,829	0,58843	0,8238
182	1,41	0,960	34	0,742	0,742	0,50522	0,7073
19	0,62	1,454	33	0,721	0,721	1,69144	2,36802
196	1,25	1,372	32	0,640	0,640	0,70257	0,9836
191	1,38	0,877	33	0,721	0,721	0,45841	0,64178
192	1,38	0,838	31	0,812	0,812	0,49278	0,68989
110	0,55	1,289	28	0,400	0,400	0,93725	1,31215
16 10	1,25	1,206	27	0,943	0,943	0,90906	1,27268
1101	1,36	0,755	28	0,400	0,400	0,22197	0,31076
1102	1,36	0,718	25	0,980	0,980	0,5172	0,72407
111	0,48	1,121	23	0,998	0,998	2,33122	3,2637
16 11	1,25	1,036	22	0,013	0,013	0,011	0,01541
1111	1,33	0,633	23	0,998	0,998	0,47498	0,66498
1112	1,33	0,601	21	0,996	0,996	0,45004	0,63006
112	0,41	0,952	20	0,154	0,154	0,35806	0,50129
16 12	1,25	0,867	19	0,975	0,975	0,67633	0,94686
1121	1,31	0,516	20	0,154	0,154	0,0608	0,08512
1122	1,31	0,490	18	0,292	0,292	0,10916	0,15283
113	0,33	0,811	16	0,424	0,424	1,04304	1,46026
16 131	1,25	0,756	12	0,660	0,660	0,39911	0,55875
16 132	1,25	0,461	12	0,660	0,660	0,2436	0,34105
1131	1,29	0,434	13	0,796	0,796	0,26747	0,37446
114	0,78	0,856	7	0,476	0,476	0,52161	0,73026

Закінчення таблиці 3.3

Стрижень	Довжина l, м	Площа, м ²	Кут	μ	S_0	q_n	q
1141	3,76	1,250	7	0,476	0,476	0,15809	0,22133
115	0,55	0,253	5	0,347	0,347	0,1592	0,22287
1151	3,76	0,808	5	0,347	0,347	0,07452	0,10432
116	0,31	0,404	0	1,000	1,000	1,30371	1,82519
117	5	12,96	0	1,000	1,000	2,592	3,63
118	10	25,92	0	1,000	1,000	2,592	3,63

3.1.3.2 Навантаження від впливу вітру

Згідно з картою районування за тиском вітру, м. Миколаїв належить до IV вітрового району. Розрахунок ведеться за такими формулами:

$$w_m = w_0 k_{(ze)} c, \quad (3.7)$$

w_m - нормативне значення середньої складової основної вітрового навантаження

w_0 - нормативне значення вітрового тиску (для IV вітрового району)

$w_0 = 0,48 \text{ кПа}$)

c - аеродинамічний коефіцієнт;

$k_{(ze)}$ - коефіцієнт, що враховує зміну вітрового тиску для висоти z_e , одержуваний інтерполяцією;

$$k_{(ze)} = k_{10} (z_e / 10)^{2\alpha} = 0,65 (z_e / 10)^{2 \cdot 0,2},$$

де $k_{10} = 0,65$ для місцевості типу В;

$\alpha = 0,2$ для місцевості типу В.

Таблиця 3.4 - Значення вітрового навантаження за висотою для каркаса 1

h, м	w_0	Коефіцієнт надійності за навантаження м	c				$k_{(ze)}$	w_m кН/м			
			I	II	III	IV		I	II	III	IV
4,85	0,48	1,4	0,8	1,3	0,4	1,3	0,487	0,187	0,304	0,093	0,304
9,4	0,48	1,4	0,8	1,3	0,4	1,3	0,634	0,243	0,396	0,122	0,396
13,59	0,48	1,4	0,8	1,3	0,4	1,3	0,735	0,282	0,459	0,141	0,459
17,38	0,48	1,4	0,8	1,3	0,4	1,3	0,811	0,311	0,506	0,156	0,506

Продовження таблиці 3.4

h, м	w ₀	Коефіцієнт надійності за навантаження м	с				k _(ze)	w _m кН/м			
			I	II	III	IV		I	II	III	IV
20,74	0,48	1,4	0,8	1,3	0,4	1,3	0,870	0,334	0,543	0,167	0,543
23,63	0,48	1,4	1,3	1,3	0,4	1,3	0,917	0,572	0,572	0,176	0,572
26,0	0,48	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	0,953	0,594	0,594	0,594	0,594
27,89	0,48	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	0,980	0,611	0,611	0,611	0,611
29,22	0,48	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	0,998	0,623	0,623	0,623	0,623
30	0,48	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,009	0,629	0,629	0,629	0,629

1) Відношення висоти купола до його діаметра становить:

$$\frac{f}{d} = \frac{30}{100} = 0,3$$

Таблиця 3.5 - Значення аеродинамічних коефіцієнтів с і с₁ за [4]

f/l	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
с	1,3	1,2	1,1	1	0,9
с ₁	0,8	0,7	0,6	0,4	0,3

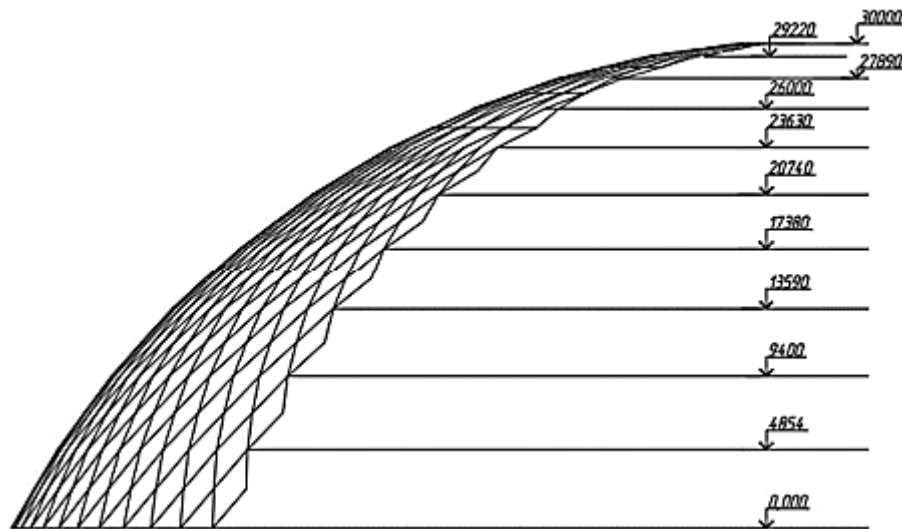


Рисунок 3.7 - Висотні позначки для розрахунку вітрового навантаження для каркасу 1

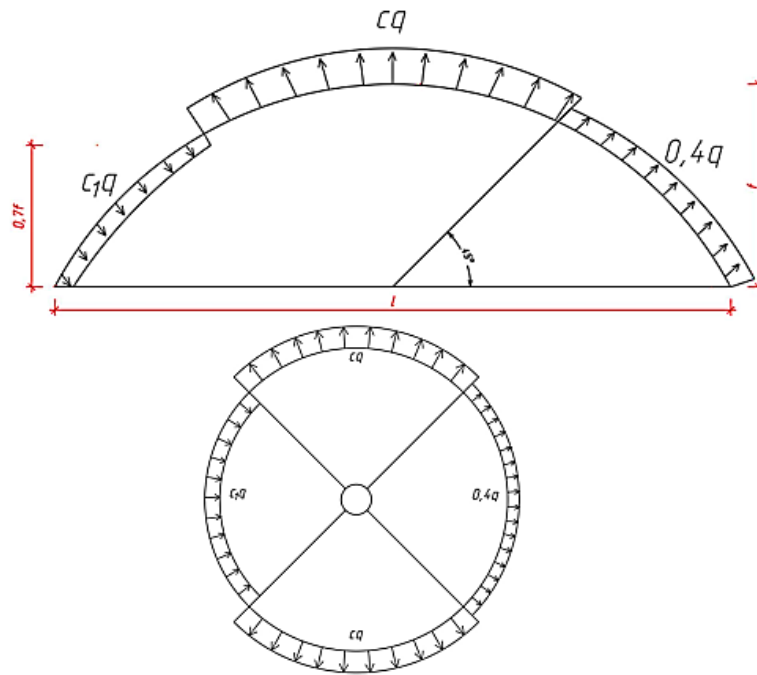


Рисунок 3.8 - Розподіл вітрового навантаження за висотою і чвертями

Аналогічно розрахуємо вітрові навантаження для каркаса 2.

Таблиця 3.6 - Значення вітрового навантаження за висотою для каркаса 2

h, м	w_0	Коефіцієнт надійності за навантаженням	c				$k_{(ze)}$	w_m кН/м			
			I	II	III	IV		I	II	III	IV
3,27	0,48	1,4	0,8	1,3	0,4	1,3	0,416	0,160	0,259	0,080	0,259
4,31	0,48	1,4	0,8	1,3	0,4	1,3	0,464	0,178	0,290	0,089	0,290
5,36	0,48	1,4	0,8	1,3	0,4	1,3	0,506	0,194	0,316	0,097	0,316
6,41	0,48	1,4	0,8	1,3	0,4	1,3	0,544	0,209	0,340	0,104	0,340
7,4	0,48	1,4	0,8	1,3	0,4	1,3	0,576	0,221	0,360	0,111	0,360
8,4	0,48	1,4	0,8	1,3	0,4	1,3	0,606	0,233	0,378	0,116	0,378
9,4	0,48	1,4	0,8	1,3	0,4	1,3	0,634	0,243	0,396	0,122	0,396
10,34	0,48	1,4	0,8	1,3	0,4	1,3	0,659	0,253	0,411	0,126	0,411
11,29	0,48	1,4	0,8	1,3	0,4	1,3	0,682	0,262	0,426	0,131	0,426
12,23	0,48	1,4	0,8	1,3	0,4	1,3	0,705	0,271	0,440	0,135	0,440
13,12	0,48	1,4	0,8	1,3	0,4	1,3	0,725	0,278	0,452	0,139	0,452
14	0,48	1,4	0,8	1,3	0,4	1,3	0,744	0,286	0,464	0,143	0,464
14,9	0,48	1,4	0,8	1,3	0,4	1,3	0,762	0,293	0,476	0,146	0,476
15,73	0,48	1,4	0,8	1,3	0,4	1,3	0,779	0,299	0,486	0,150	0,486
16,55	0,48	1,4	0,8	1,3	0,4	1,3	0,795	0,305	0,496	0,153	0,496
17,38	0,48	1,4	0,8	1,3	0,4	1,3	0,811	0,311	0,506	0,156	0,506
18,14	0,48	1,4	0,8	1,3	0,4	1,3	0,825	0,317	0,515	0,158	0,515

Продовження таблиці 3.6

h, м	w ₀	Коефіцієнт надійності за навантаження м	с				k _(ze)	w _m кН/м			
			I	II	III	IV		I	II	III	IV
18,91	0,48	1,4	0,8	1,3	0,4	1,3	0,839	0,322	0,523	0,161	0,523
19,67	0,48	1,4	0,8	1,3	0,4	1,3	0,852	0,327	0,532	0,164	0,532
20,36	0,48	1,4	0,8	1,3	0,4	1,3	0,864	0,332	0,539	0,166	0,539
21,06	0,48	1,4	1,3	1,3	0,4	1,3	0,876	0,546	0,546	0,168	0,546
21,75	0,48	1,4	1,3	1,3	0,4	1,3	0,887	0,553	0,553	0,170	0,553
22,38	0,48	1,4	1,3	1,3	0,4	1,3	0,897	0,560	0,560	0,172	0,560
23	0,48	1,4	1,3	1,3	0,4	1,3	0,907	0,566	0,566	0,174	0,566
23,63	0,48	1,4	1,3	1,3	0,4	1,3	0,917	0,572	0,572	0,176	0,572
24,18	0,48	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	0,925	0,577	0,577	0,577	0,577
24,73	0,48	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	0,934	0,583	0,583	0,583	0,583
25,28	0,48	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	0,942	0,588	0,588	0,588	0,588
25,75	0,48	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	0,949	0,592	0,592	0,592	0,592
26,23	0,48	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	0,956	0,597	0,597	0,597	0,597
26,7	0,48	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	0,963	0,601	0,601	0,601	0,601
27,1	0,48	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	0,969	0,604	0,604	0,604	0,604
27,49	0,48	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	0,974	0,608	0,608	0,608	0,608
27,89	0,48	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	0,980	0,611	0,611	0,611	0,611
28,21	0,48	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	0,984	0,614	0,614	0,614	0,614
28,52	0,48	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	0,988	0,617	0,617	0,617	0,617
28,84	0,48	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	0,993	0,620	0,620	0,620	0,620
29,54	0,48	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,002	0,626	0,626	0,626	0,626
30	0,48	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,009	0,629	0,629	0,629	0,629

3.1.4 Пульсаційне навантаження

Пульсаційну складову вітрового тиску враховано програмним комплексом SCAD Office як динамічний вплив.

3.1.5 Особливі навантаження

3.1.5.1 Сейсмічне навантаження

Згідно з [5] для міста Миколаїв необхідний розрахунок на сейсмічне навантаження, оскільки сейсмічна активність у цьому місті доходить до 6 балів.

3.1.6 Завдання комбінацій завантажень і РСЗ

3.1.7 Підбір і перевірка перерізів елементів

Створюємо групи елементів у ПК SCAD залежно від їхнього розташування. Після створення груп елементів і груп уніфікації можна провести підбір перерізів, але в даному випадку для жодної з будівель це не потрібно, оскільки результати експертизи за критичним фактором задовольняють допустимим і з первісно прийнятими перерізами.

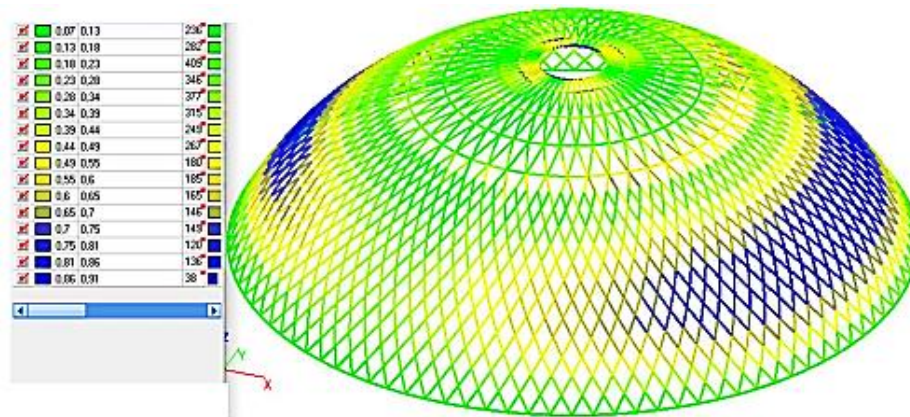


Рисунок 3.9 - Перевірка перерізів за критичним фактором K_{\max} варіанту №1

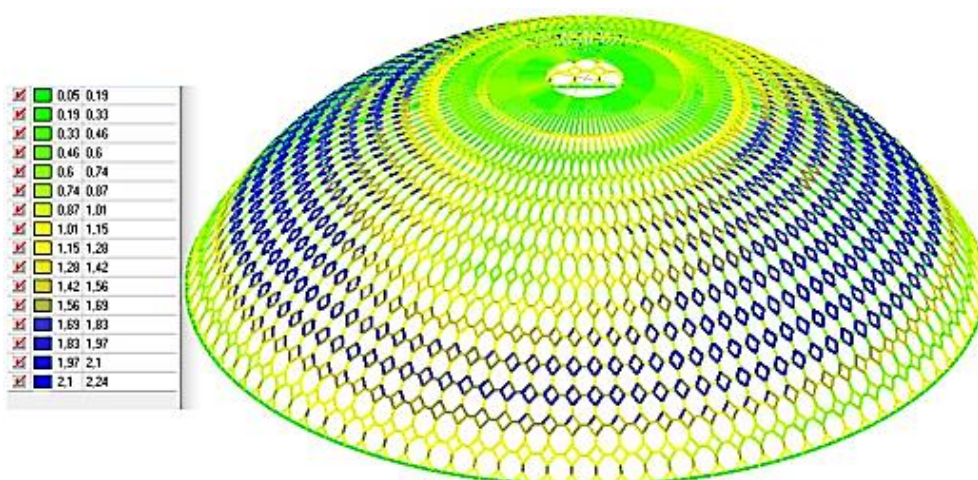


Рисунок 3.10 - Перевірка перерізів за критичним фактором K_{\max} варіанту №2

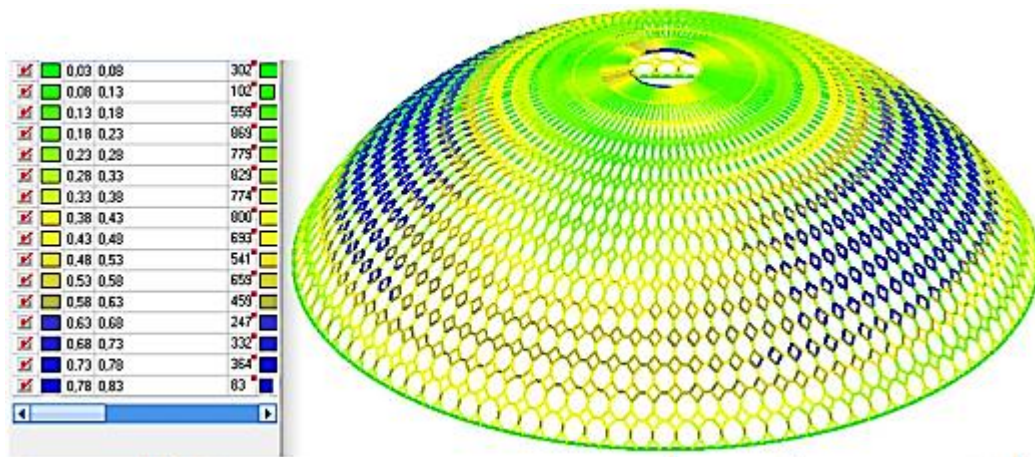


Рисунок 3.11 - Перевірка перерізів за критичним фактором K_{\max} варіанту № 3

3.2 Результати розрахунку будівлі в ПК SCAD

На рисунках 3.12-3.25 представлено результати розрахунку конструкцій у ПК SCAD.

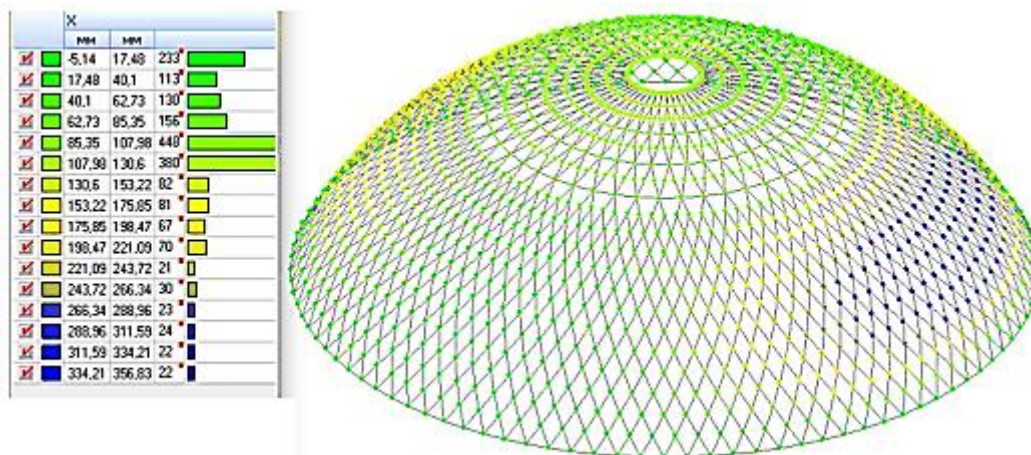


Рисунок 3.12 - Значення переміщень конструкції по осі x для варіанту №1

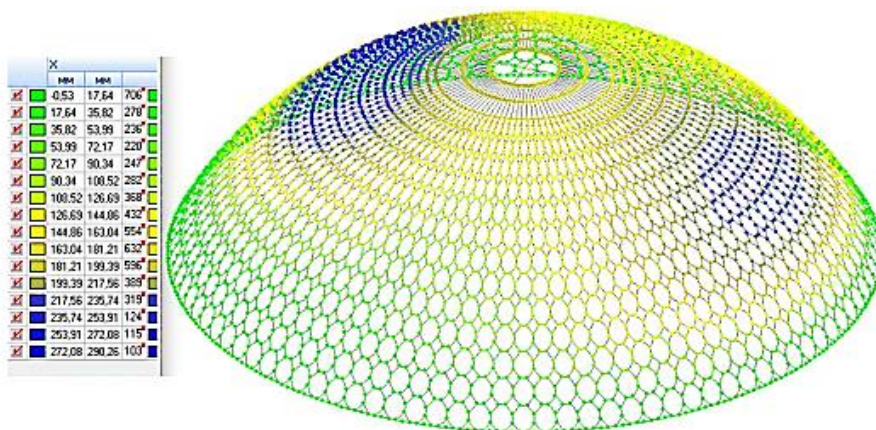


Рисунок 3.13 - Значення переміщень конструкції по осі x для варіанту №2

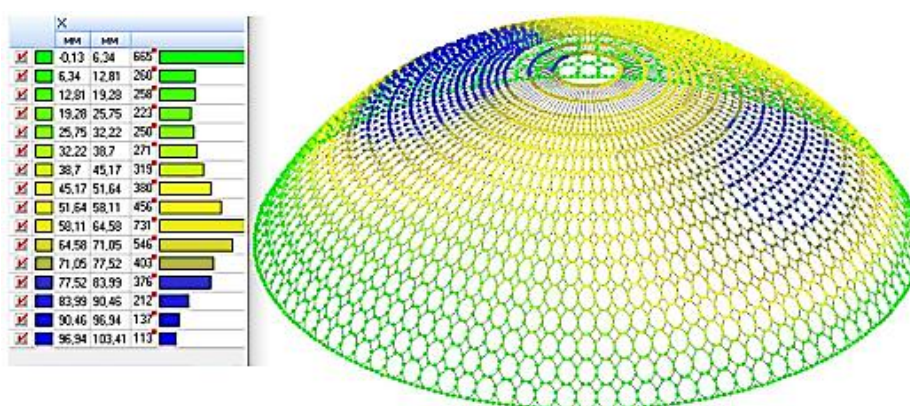


Рисунок 3.14 - Значення переміщень конструкції по осі x для варіанту №3

Найменші значення переміщень по осі x становлять 0,13 мм у варіанті каркасу №2.

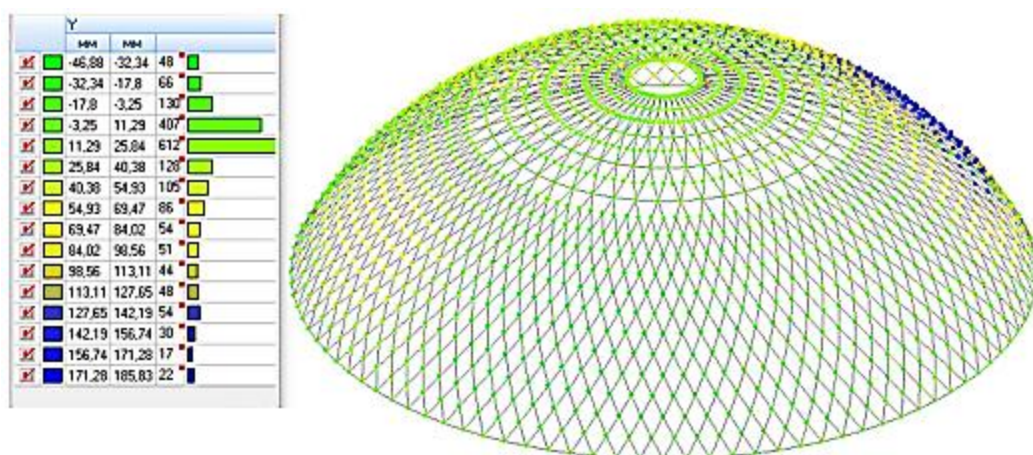


Рисунок 3.15 - Значення переміщень конструкції по осі y для варіанту №1

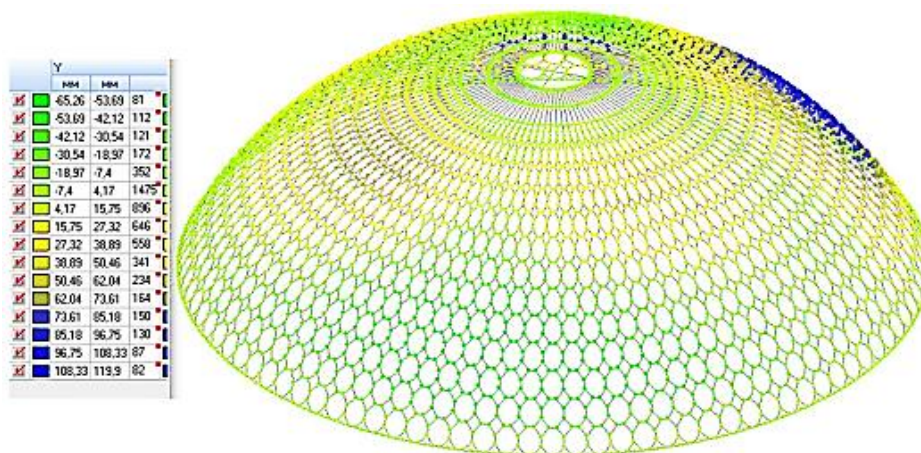


Рисунок 3.16 - Значення переміщень конструкції по осі у для варіанту №2

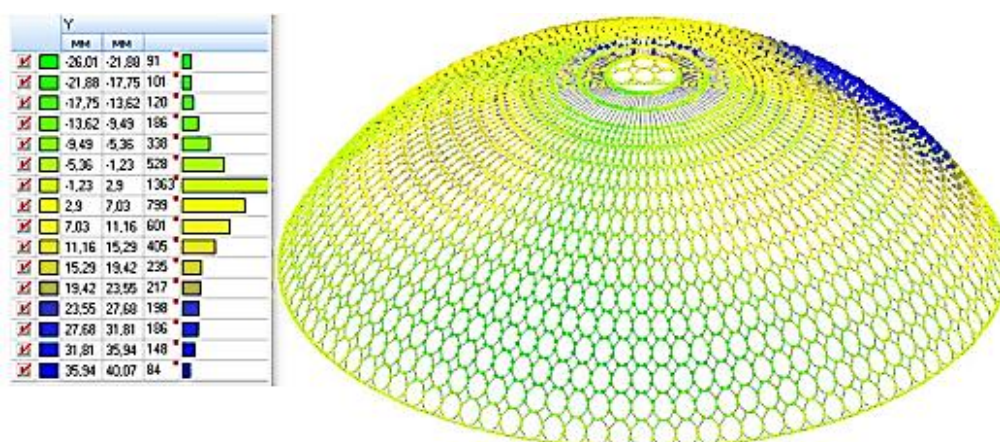


Рисунок 3.17 - Значення переміщень конструкції по осі у для варіанту №3

Найменші значення переміщень по осі у виявлено у варіанті каркасу №3. Величини деформації становлять 26 мм.

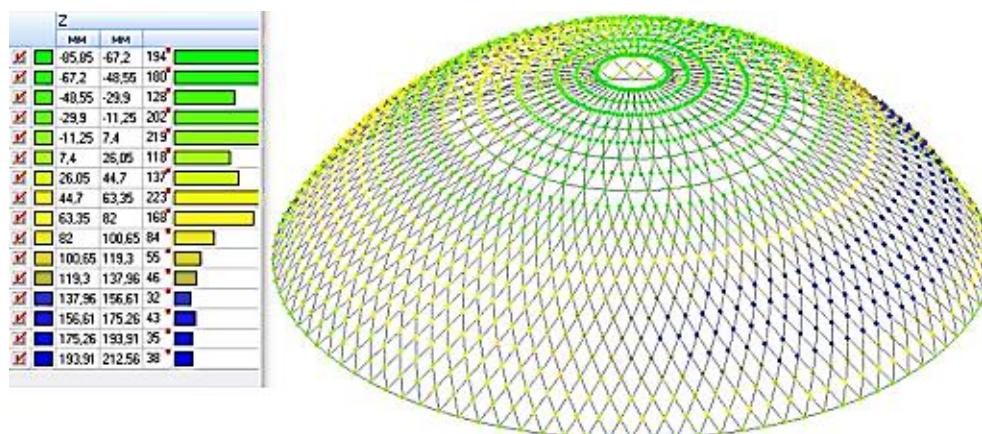


Рисунок 3.18 - Значення переміщень конструкції по осі z для варіанту №1

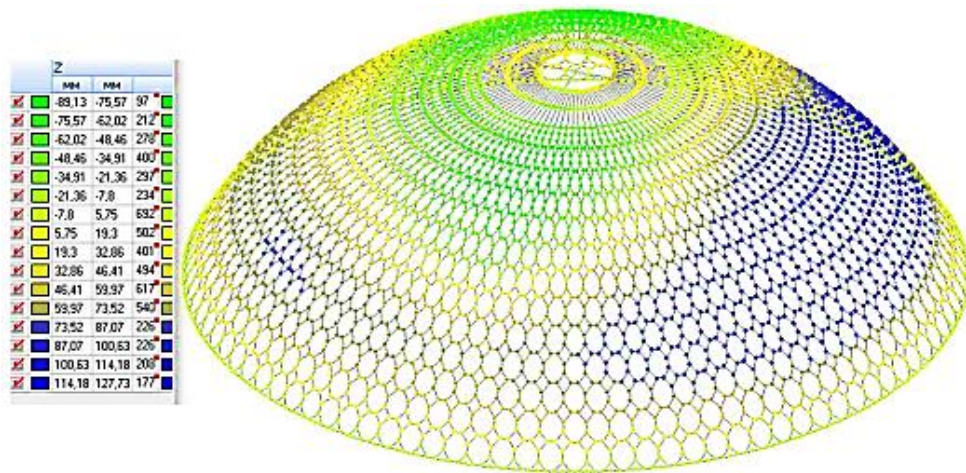


Рисунок 3.19 - Значення переміщень конструкції по осі z для варіанту №2

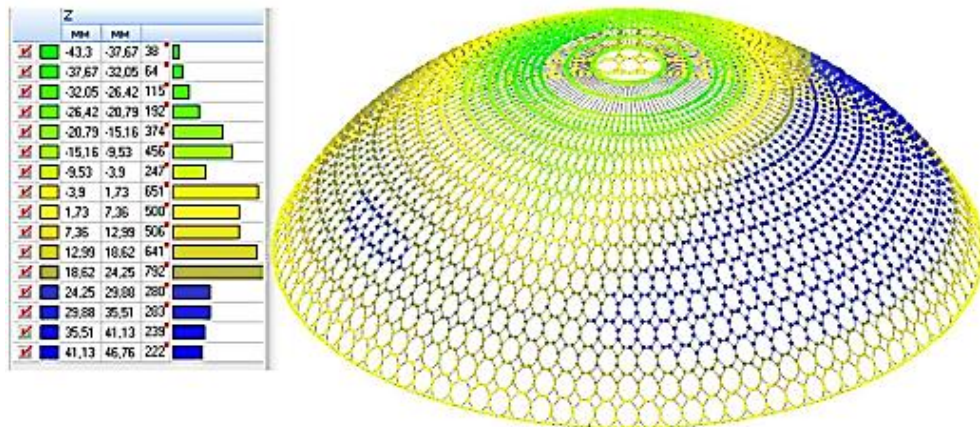


Рисунок 3.20 - Значення переміщень конструкції по осі z для варіанту №3

Значення переміщень конструкції по осі z мінімальні в каркасі №3 та становлять 43,3 мм.

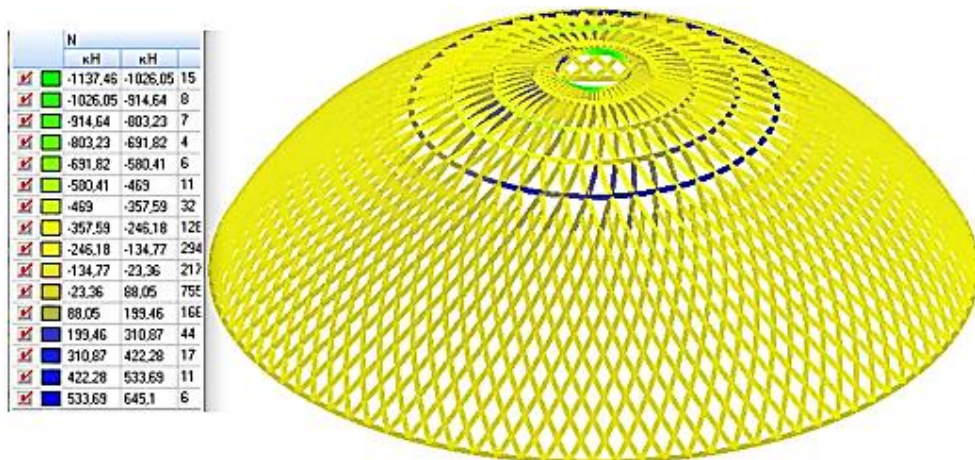


Рисунок 3.21 - Значення зусиль N, кН для варіанту №1

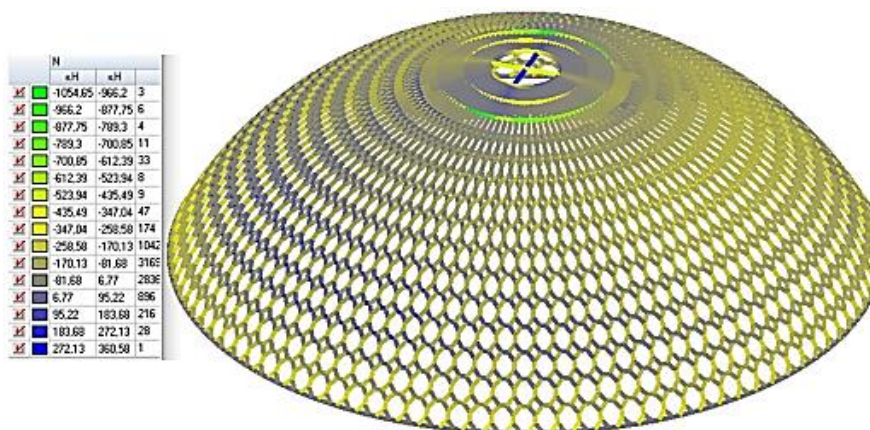


Рисунок 3.22 - Значення зусиль N, кН для варіанту №2

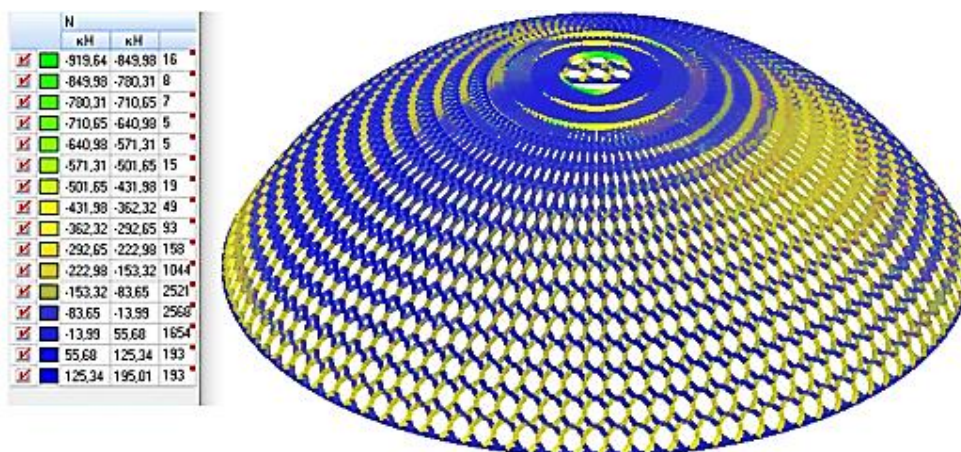
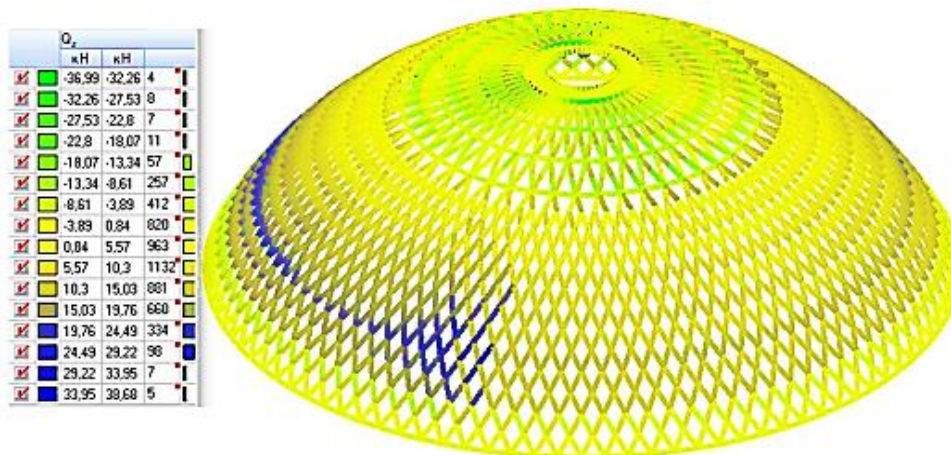
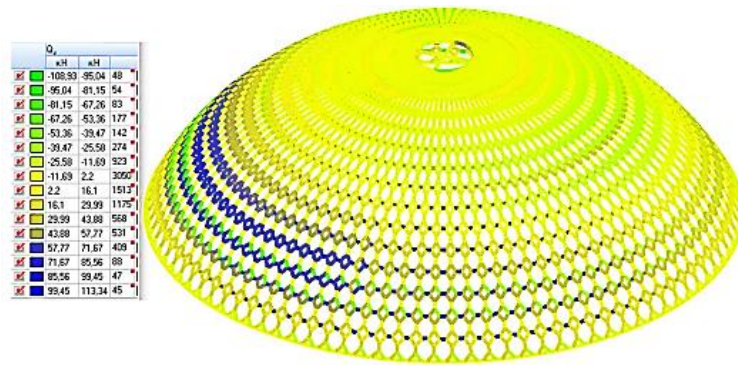
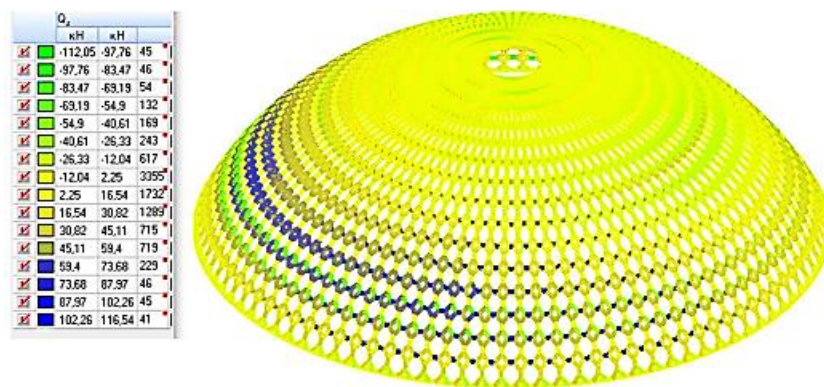


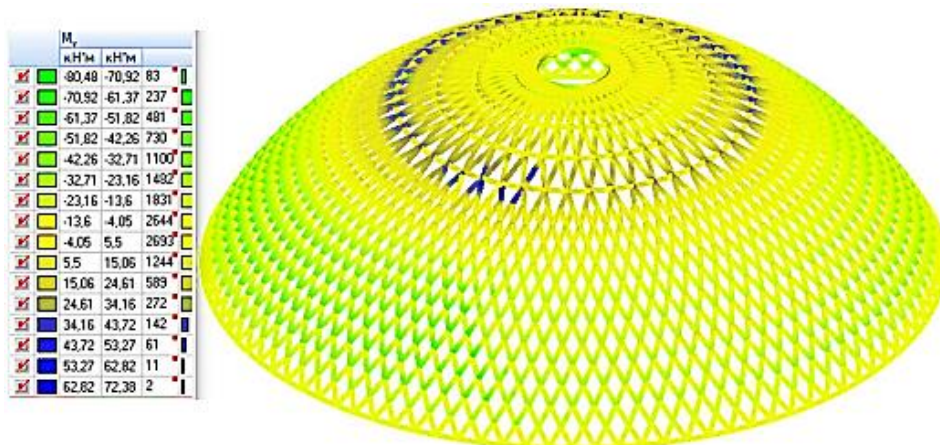
Рисунок 3.23 - Значення зусиль N, кН для варіанту №3

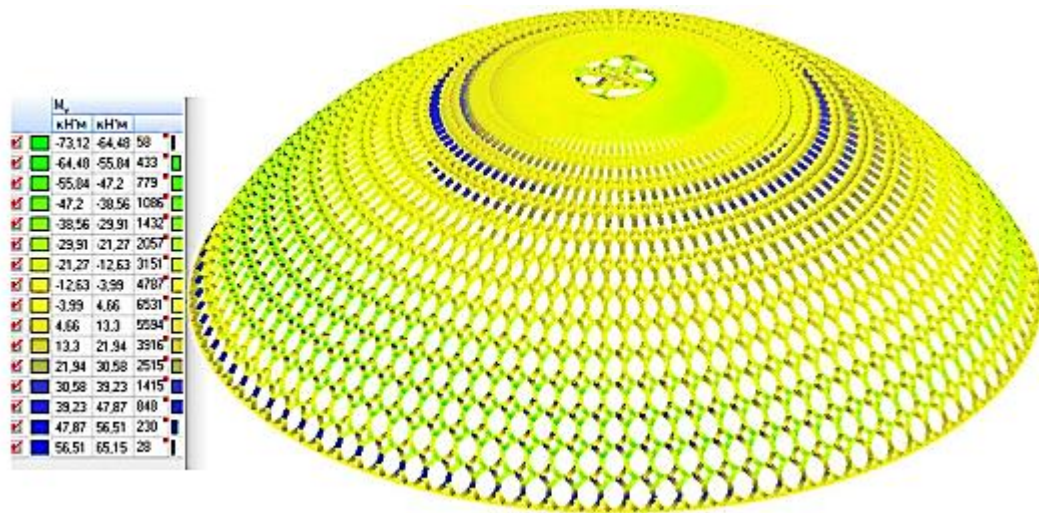
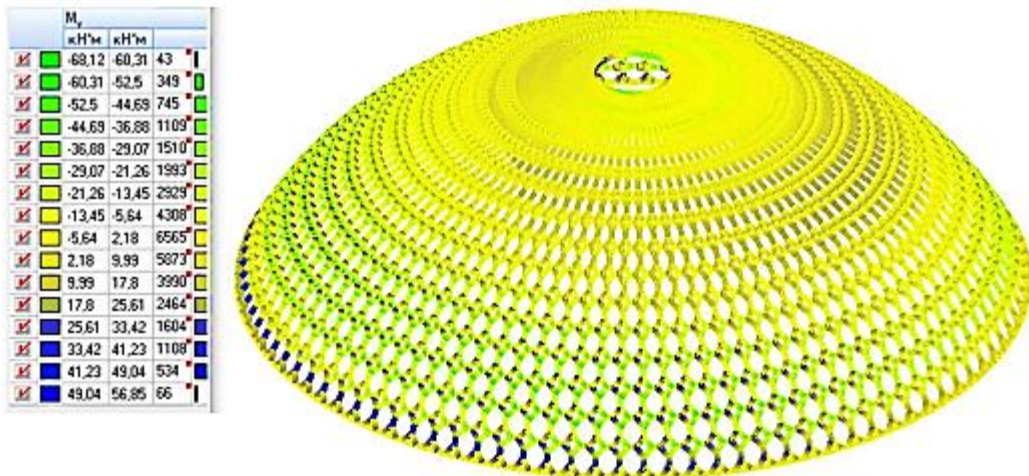
Значення поздовжніх зусиль N, для варіанту №3 є найменшими, для варіантів №1 та №2 величини N близькі за значеннями..

Рисунок 3.24 - Значення зусиль Q_z, кН для варіанту №1

Рисунок 3.25 - Значення зусиль Q_z , кН для варіанту №2Рисунок 3.26 - Значення зусиль Q_z , кН для варіанту №3

Значення поперечних зусиль Q_z , для варіанту №1 є найменшими, для варіантів №2 та №3 величини Q_z знаходяться в близьких за значеннями діапазонах та становлять 108,9 кН і 112,05 кН відповідно.

Рисунок 3.27 - Значення зусиль M_y , кН для варіанту №1

Рисунок 3.28 - Значення зусиль M_y , кН для варіанту №2Рисунок 3.29 - Значення зусиль M_y , кН для варіанту №3

Згідно з [4], вертикальний граничний прогин (за віссю z) становить 333 мм. Таким чином, вертикальні переміщення за віссю z перебувають у межах допустимих значень.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

4.1.1 Загальні вимоги

Усі роботи мають проводитися відповідно до [23,28,29].

Для забезпечення безпеки необхідно забезпечити такі заходи

- передбачити безпечні шляхи для робітників і транспорту, при цьому небезпечні зони будівельного майданчика мають бути обгороджені та позначені; перебування там людей, не пов'язаних з роботою, заборонено;

- тимчасові будівлі мають бути розміщені поза небезпечною зоною роботи крана;

- питні установки, умивальні та туалети мають бути розташовані на доступній відстані (не перевищує 200 м для туалетів і 75 м для питних установок відповідно).

На будівельному майданчику забезпечується достатнє освітлення робочих місць, проїздів і проходів.

Для забезпечення пожежної безпеки розміщені пожежні пости, обладнані інвентарем для пожежогасіння. Крім цього, на будівельному майданчику встановлено три пожежні гідранти.

4.1.2 Запроектвані заходи з охорони праці

Роботи з монтажу каркаса проводяться з дотриманням вимог [21], [22],

Під час монтажу каркаса мають дотримуватися таких вимог:

– складання і монтаж повинні проводитися під керівництвом інженерно-технологічного персоналу;

– під час монтажу кран повинен підтримувати блоки до повного їх тимчасового закріплення;

– робочі місця газозварювальників повинні розташовуватися на відстані

не менш як 10 м від газогенераторів і не менш як 5 м від балонів з киснем, горючими газами. У дощову погоду або під час снігопаду забороняється проводити зварювальні роботи на відкритому повітрі без навісу;

– всі монтажні механізми повинні і пристосування ретельно перевіряються, а стропи і троси випробовуються.

Усі робітники, які новоприбувають в організації (підприємства), можуть бути допущені до роботи тільки після проходження вступного інструктажу та первинного інструктажу на робочому місці з охорони праці незалежно від характеру і ступеня небезпеки виробництва. Усі види інструктажу та навчання з безпеки праці слід проводити і реєструвати.

Робітники, керівники, фахівці та службовці повинні бути забезпечені спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту, що відповідають [24].

У разі виявлення порушень норм і правил охорони праці працівники повинні вжити заходів до їх усунення власними силами, а в разі неможливості цього - припинити роботи та інформувати посадову особу. У разі виникнення загрози безпеці та здоров'ю працівників відповідальні особи зобов'язані припинити роботи і вжити заходів щодо усунення небезпеки, а за необхідності - забезпечити евакуацію людей у безпечне місце.

До початку робіт слід:

– визначити місця складування і зберігання матеріалів, обладнання, інструменту на будівельному майданчику;

– встановити підмостки;

– забезпечити об'єкт питною і технічною водою;

– встановити знаки безпеки в місцях, що становлять небезпека в процесі переміщення людей;

– обладнати місця відпочинку робітників;

– забезпечити всіх працівників індивідуальними засобами захисту.

– Перед початком роботи перевіряється:

– надійність встановлених риштувань і щитів;

- правильність розподілу навантаження на настилах;
- наявність і стан засобів індивідуального захисту;
- розташування стиків настилу і дощок між опорами.

Техніка безпеки під час роботи з електричними машинами.

Відповідно до [31] електричні ручні машини виготовляють таких класів:

I клас - машини з робочою ізоляцією всіх деталей, що перебувають під напругою, і штепсельними вилками, що мають заземлювальний контур, окремі деталі мають подвійну або посилену ізоляцію.

II клас - машини, що не мають пристроїв для заземлення, з подвійною або посиленою ізоляцією деталей, які перебувають під напругою.

III клас - машини на номінальну напругу не понад 42 В, V яких ні внутрішні, ні зовнішні мережі не перебувають під іншою напругою. Ці машини живляться від автономного джерела струму або від загальної мережі через ізолюючий трансформатор чи перетворювач, напруга холостого ходу яких не повинна перевищувати 50 В, а вторинне електричне коло не повинно бути з'єднане із землею.

Номінальна напруга машин класів-I і II не повинна перевищувати 220 В - для машин постійного струму і 380 В - для машин змінного струму. Застосовувати машини слід тільки відповідно до призначення, зазначеного в паспорті.

Застосування в будівництві ручних електричних машин Г класу заборонено. Під час роботи з машинами, з електро- і пневмоінструментами необхідно:

- стежити за станом ізоляції кабелю, відсутністю різких перегинів шлангів,
- утворенням петель, потраплянням кабелю і шланга під колеса;
- підключення (відключення) допоміжного обладнання (понижувальних трансформаторів, перетворювачів частоти струму, захисно- відключних пристроїв), а також несправностей у них має здійснювати тільки черговий електрик-ремонтник;
- відходи матеріалів, що використовуються під час виконання робіт, необхідно збирати в контейнерах, а потім видаляти.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Законодавство України про цивільний захист

Кодекс цивільного захисту України регулює відносини, пов'язані із захистом населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій, реагуванням на них, функціонуванням єдиної державної системи цивільного захисту, та визначає повноваження органів державної влади, Ради міністрів Автономної Республіки Крим, органів місцевого самоврядування, права та обов'язки громадян України, іноземців та осіб без громадянства, підприємств, установ та організацій незалежно від форми власності.

Кодекс цивільного захисту України складається з десяти розділів.

У першому розділі кодексу говориться, що цивільний захист - це функція держави, спрямована на захист населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій шляхом запобігання таким ситуаціям, ліквідації їх наслідків і надання допомоги постраждалим у мирний час та в особливий період.

Цивільний захист забезпечується з урахуванням особливостей, визначених Законом України "Про основи національної безпеки України", суб'єктами, уповноваженими захищати населення, території, навколишнє природне середовище і майно, згідно з вимогами Кодексу цивільного захисту у мирний час, а також в особливий період - у межах реалізації заходів держави щодо оборони України. Координацію діяльності органів виконавчої влади у сфері цивільного захисту у межах своїх повноважень здійснюють: Рада національної безпеки і оборони України; Кабінет Міністрів України.

4.2.2 Евакуація відвідувачів при пожежах

У будівлях і спорудах на випадок виникнення пожежі необхідно передбачати евакуаційні шляхи і виходи.

Виходи вважаються евакуаційними, якщо вони ведуть:

- з приміщень першого поверху назовні безпосередньо або через коридор, вестибюль, сходову клітку;
- з приміщень інших поверхів в сходову клітку (безпосередньо, зокрема через хол або через коридор), яка має мати вихід назовні безпосередньо або через вестибюль, відокремлений від примикаючих коридорів перегородками з дверима;
- з приміщень в сусіднє приміщення в тому ж поверсі, забезпечене вказаними вище виходами.

В громадських закладах у багатьох випадках один евакуаційний вихід призначений для відвідувачів, інший – для обслуговуючого персоналу. Тамбури виходів не можна використовувати для торгівлі і зберігання (навіть тимчасового) будь-яких матеріалів та інвентаря.

На шляхах евакуації і в залах для відвідування передбачається аварійне освітлення. Підприємства торгівлі і громадського харчування, бази і склади мають бути забезпечені знаками безпеки.

Ширина евакуаційних проходів, протяжність шляхів евакуації, кількість і ширина евакуаційних виходів (дверей) визначаються розрахунковим шляхом.

Відстань по проходам від найвіддаленішої точки залу до виходу на евакуаційну сходову клітку або назовні слід приймати не більше 25м.

У разі неможливості виконати цю вимогу евакуаційні виходи розташовують по периметру залу з розрахунку один вихід на 100 чол. Відстань між виходами має бути не більшою 50 м. У залах двері для входу і виходу з нього необхідно влаштовувати в різних кінцях залу.

Для площі приміщень понад 300 м² кількість виходів з них повинна бути, як правило, не менше двох.

Місткість залів приймається з розрахунку не менше 1,35 м² на одну людину, в будівлях I і II ступеня вогнестійкості, необхідний час евакуації приймається 6 хв., в будівлях III і IV ступеня вогнестійкості – 4 хв., V ступеня – 3 хв.

Плани (схеми) евакуації людей на випадки виникнення пожежі мають бути

розроблені і вивішені на видних місцях в будівлях і спорудах (окрім житлових будинків), які мають два поверхи і більше, якщо одночасно перебувають на поверсі більше 25 чоловік.

Забезпечення безпечної евакуації людей з будівлі досягнуто наступним чином:

- відповідністю розмірів і числа шляхів евакуації і виходів вимогам норм;
- забезпечення нормального ритму і організованого руху людей;
- незадимлюваність шляхів евакуації;
- двері евакуаційних виходів і інші двері на шляхах евакуації відкриваються у напрямку виходу з будівлі.

Відповідно до ДБН В.1.1.7–2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» ступінь вогнестійкості будівлі не нормується, оскільки передбачено функціональний процес, що запобігає поширенню та розвитку вогню..

Одна, проведено розрахунок ширини евакуаційних виходів, на випадок інших надзвичайних ситуацій, згідно ДБН В.1.1.7–2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» на одну людину, що знаходиться залі припадає 1,35 м². Тоді розрахункове число людей, що одночасно знаходяться в залі визначається:

$$n = \frac{S}{s_1}, I_{\text{ном}} = \frac{I_k}{k} = \frac{450}{1,35} = 333 \text{ люд.}$$

де: S - площа залу, S = 450м²

s₁ - площа на одну людину s₁ = 1,35м²

Ширина основних проходів для залів площею понад 400 м² не менше 2,5 м.

В проекті прийнято один вихід шириною 2,5 м.

4.3 Висновки за розділом

У даній будівлі на випадок виникнення пожежі передбачені евакуаційні шляхи і виходи відповідно до вимог і норм. Запроектовано один евакуаційний вихід.

ВИСНОВКИ

В процесі виконання кваліфікаційної роботи було розроблено основні проектні рішення ботанічного саду, включаючи розробку основних архітектурних рішень та розрахунки основних конструкцій.

Виконано моделювання та статичний розрахунок великопролітної купольної просторової оболонки покриття. В ході аналізу були визначені величини деформацій та внутрішні зусилля в залежності від схеми решітки, що дозволило забезпечити оптимальну стійкість та безпеку споруди.

Окремий акцент був зроблений на розробці заходів з охорони праці та цивільного захисту населення. Враховуючи специфіку об'єкта, були визначені необхідні заходи безпеки для персоналу та відвідувачів, а також розроблені плани дій у випадку екстрених ситуацій.

БІБЛІОГРАФІЯ

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

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

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

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

15. 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>

16. 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

17. 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.

18. 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.

19. 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.

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

21. Зоценко М.Л.,Коваленко В.І.,Хілобок В.Г. Яковлев А.В. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти. -К.:Вища шк.,1992.-

408 с.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

32. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.

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