

**Довідка**  
**про відсутність плагіату у випускній кваліфікаційній роботі**

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій  
Кафедра «Будівельне виробництво та геодезія»

**ДОВІДКА**

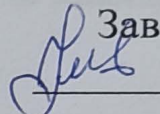
За результатами перевірки випускної кваліфікаційної роботи здобувана вищої освіти  
**Лучнікової Єлизавети Олександрівни**  
на тему: Розробка конструктивного рішення покрівлі спортивно-оздоровчого комплексу  
**в роботі не виявлено порушень академічної доброчесності.**

Керівник ВКР, д.т.н., професор  Дмитро БАННІКОВ

Український державний університет науки і технологій

Кафедра Будівельне виробництво та геодезія

«ДО ЗАХИСТУ»

 Завідувач кафедри  
Наталія НІКІФОРОВА

« 21 » листопада 2021

**ДИПЛОМНА РОБОТА**

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань **19 Архітектура та будівництво**

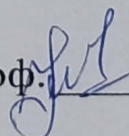
Спеціальність **192 Будівництво та цивільна інженерія**

Освітньо-професійна програма **Промислове і цивільне будівництво**

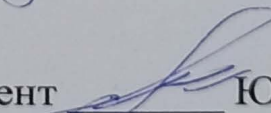
Тема **Розробка конструктивного рішення покрівлі спортивно-оздоровчого комплексу**

Theme **Development of a constructive solution for the roof of the sports and recreation complex**

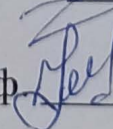
Керівник дипломної роботи

проф.  Дмитро БАННІКОВ

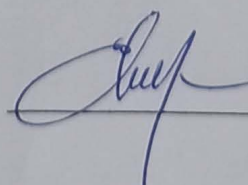
Керівник розділу охорони праці  
та безпеки надзвичайних ситуацій

доцент  Юрій ЗАЯЦЬ

Нормоконтролер

проф.  Дмитро БАННІКОВ

Студентка групи ПБ2021

 Єлизавета ЛУЧНИКОВА

Student

Luchnikova Yelyzaveta

Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені  
академіка В. Лазаряна

Факультет «Промислове та цивільне будівництво»  
Кафедра «Будівельне виробництво та геодезія»  
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія», ОПП «Промислове та  
цивільне будівництво»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Завідувач кафедри

(підпис)

« \_\_\_\_ »  
\_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

### ЗАВДАННЯ

до дипломної роботи на здобуття ОС «магістр»  
студента групи ПБ2021 Лучнікової Єлизавети Олександрівни  
(номер групи) (ПІБ)

1. Тема магістерської дипломної роботи «Розробка конструктивного рішення покрівлі спортивно-оздоровчого комплексу»

затверджено наказом по університету від "12" січня 2021 р. №04ст.

2. Термін подання студентом закінченої магістерської дипломної роботи "5" грудня 2021 р.

3. Вихідні дані до магістерської дипломної роботи 15.01.2021 р.  
(погоджені або надані керівником магістерської дипломної роботи)

«Розробка конструктивного рішення покрівлі спортивно-оздоровчого комплексу».

4. Зміст магістерської дипломної роботи (перелік питань до розробки):  
- дослідити особливості будівництва спеціалізованих спортивних споруд;

- проаналізувати варіанти виконання ферми з двох найпоширеніших будівельних матеріалів;

- виконати підбір найбільш вигідного поперечного перерізу у програмно-розрахунковому комплексі ЛІРА-САПР;

- визначити раціональний варіант з міркувань інженерних та економічних характеристик.

5. Перелік креслень та плакатів: плакат 1 – «Розробка конструктивного рішення покрівлі спортивно-оздоровчого комплексу»; плакат 2 – «Класифікація будівель та інженерних споруд»; плакат 3 – «Класифікація фізкультурно-спортивних споруд»; плакат 4 – «Сучасні перекриття спортивних приміщень»; плакат 5 – «Сучасні спортивні споруди з дерев'яними конструктивними елементами»; плакат 6 – «Проект спортивно-оздоровчого комплексу у м.Дніпро»; плакат 7 – «Проект спортивно-оздоровчого комплексу у м.Дніпро - креслення»; плакат 8 –

										170328, гр. ПБ2021	Арк.
											2
Зм.	Кільк.	Арк.	№додк.	Підп.	Дата						

«Оригінальна будова у Чилі, Лас-Кондес»; плакат 9 – «Розрахункова схема досліджуваної ферми»; плакат 10 – «Ферма у виконанні з дерева»; плакат 11 – «Ферма у виконанні з металевої циліндричної труби»; плакат 12 – «Ферма у виконанні з металевої прямокутної труби»; плакат 13 – «Ферма у виконанні з подвійного кутика»; плакат 14 – «Висновок за порівнянням конструктивної схеми»; плакат 15 – «Висновок за порівнянням матеріалу конструкції».

6. Розділи та керівники:

Розділ	Керівник	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
РОЗДІЛ I. СИСТЕМИ ПОКРІВЕЛЬ	Банніков Д. О.		
РОЗДІЛ II. АНАЛІЗ НЕСУЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ ПОКРІВЛІ СПОРТИВНО-ОЗДОРОВЧИХ КОМПЛЕКСІВ	Банніков Д. О.		
РОЗДІЛ III. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	Зяць Ю. Л.		

#### КАЛЕНДАРНІ ПЛАНИ

Назва розділу магістерської дипломної роботи	Термін виконання	Осяг розділу, %
РОЗДІЛ I. СИСТЕМИ ПОКРІВЕЛЬ	17.10.2021	30%
РОЗДІЛ II. АНАЛІЗ НЕСУЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ ПОКРІВЛІ СПОРТИВНО-ОЗДОРОВЧИХ КОМПЛЕКСІВ	14.11.2021	60%
РОЗДІЛ III. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	05.12.2021	100%

Дата видачі завдання «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Керівник магістерської дипломної роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Банніков Д. О.  
(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Лучнікова Є.О.  
(ПІБ)

										Арк.
										3
Зм.	Кільк.	Арк.	Недок.	Підп.	Дата	170328, гр. ПБ2021				

## РЕФЕРАТ

В дипломній роботі розглянута ферма, яка виготовлена з клеєної деревини та прорахована в кількох варіантах виготовлення зі сталевих елементів, яка додатково пристосована до вітчизняних будівельних норм (оригінальний проект розроблений для міста Лас Кондес, Чилі). Метою дослідження є порівняння кількох варіантів виконання даної нестандартної ферми з різних матеріалів елементів з різноманітними перерізами, для підбору найбільш раціонального варіанту виконання стосовно економічних та конструкторських вимог. Дослідження проводяться за допомогою програми «ЛІРА-САПР 2017 R3». На основі отриманих характеристик обирається оптимальний переріз з використанням відповідного матеріалу з врахуванням умови дешевизни виготовлення конструкції та забезпечення вимог міцності, стійкості та жорсткості. У заключній частині дослідження порівнюються чотири варіанти ферми.

Ключові слова: ферма, деревина, сталь, спортивно-оздоровчий комплекс, спорт.

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							4
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	
РОЗДІЛ 1. Системи покрівель.....	
1.1. Сучасні різновиди громадських будівель.....	
1.2. Функції та склад спортивно-оздоровчих комплексів.....	
1.3. Види покрівель спортивно-оздоровчих комплексів.....	
1.3.1. Залізобетонні конструкції.....	
1.3.2. Металеві конструкції.....	
1.3.3. Дерев'яні конструкції.....	
1.4. Проблематика вибору матеріалу покрівлі спортивно-оздоровчих комплексів.....	
1.3.1. Особливості дерев'яних ферм.....	
1.3.2. Особливості залізобетонних ферм.....	
1.3.3. Особливості металевих ферм.....	
РОЗДІЛ 2. Аналіз несучої конструкції покрівлі спортивно-оздоровчих комплексів.....	
2.1. Загально конструктивна характеристика об'єкту дослідження.....	
2.2. Вибір програмного комплексу.....	
2.3. Компонування ферми.. ..	
2.4. Розрахунок навантажень.....	
2.4.1. Постійне навантаження.....	
2.4.2. Змінне навантаження.....	
2.4.3. Збір навантажень ферми.....	
2.5. Варіанти ферми.....	
2.5.1. Ферма у виконанні з дерева.....	
2.5.1. Ферма у виконанні з металевої циліндричної труби.....	
2.5.1. Ферма у виконанні з металевої прямокутної труби.....	
2.5.1. Ферма у виконанні з подвійного кутика.....	
2.6. Співставлення варіантів покрівлі (ферми).....	

									Арк.
									5
Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата	170328, гр. ПБ2021			

2.7. Висновок по розділу порівняння варіантів конструювання ферми покрівлі .....	
РОЗДІЛ 3. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях .....	
3.1. Вимоги безпеки праці під час улаштування покрівлі спортивно-оздоровчого комплексу .....	
3.1.1. Монтаж ферми покрівлі.....	
3.1.2. Машини, механізми для монтажу ферми.....	
3.1.3. Небезпечні фактори.....	
3.1.4. Вимоги безпеки.....	
3.2. Дія працівників в аварійних ситуаціях .....	
ВИСНОВКИ.....	
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	
ДОДАТОК А.....	
ДОДАТОК Б.....	

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							6
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

## ВСТУП

Дослідження проводилось Лучніковою Єлизаветою Олександрівною, дипломний керівник Банніков Дмитро Олегович. Магістерська робота на тему «Розробка конструктивного рішення покрівлі спортивно-оздоровчого комплексу». Обсяг роботи складає 106 с. Робота складається з 3-х розділів та 15-ти додатків.

Об'єктом дослідження є дерев'яна ферма з клеєного бруса та з металевими розпірками. Метою дослідження є підбір більш раціонального варіанту виконання даної ферми. За основу був прийнятий варіант виконання даної конструкції з дерев'яних елементів, як було задумано в оригінальному проекті, для порівняння з варіантами виконання даної ферми з металевого прокату. За основу було покладено декілька варіантів перерізу прокату: кругла труба, складений переріз та з подвійного кутика. Дослідження проводяться за допомогою програми «ЛІРА-САПР». На основі отриманих характеристик підбирається найбільш раціональний переріз.

Межі дослідження охоплюють загальні дані про види спортивних будівель та конструкцій покриття, особливості вибору матеріалу елементу покрівлі, теоретичні відомості про розрахунок конструкцій за допомогою програмних комплексів, оцінку вартості кожного виду покриття.

У сучасному урбанізованому суспільстві є унікальною роль фізичної культури і спорту, як компенсаторів зниження фізичної активності, яка є діяльністю, що пропонує систему реально важливих для кожної людини цінностей, даючи можливість змінити гнітючий монотонний спосіб життя сучасної людини. Тому гостро зростає потреба у спеціалізованих приміщеннях.

У теперішньому часі, це є однією з найпоширеніших проблем. Оскільки більшість спортивних клубів розміщені в будівлях, які не призначені для занять та не виконані згідно чинних норм, які є основою для спортивних приміщень. З цієї причини зростає попит на спеціалізовані спортивні будівлі.

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							7
Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата		

Даний спортивний комплекс був спроектований для зведення у м. Дніпро по вул. Космічна з видом на урочище Тунельної балки. В обраній місцевості рельєф являє собою складну та нестандарту ділянку для забудови, тому саме дані умови диктують відповідну складну форму будівлі. Через нестійку структуру ґрунту можливі зсуви, тому для усунення цієї проблеми вся ділянка комплексу була виконана методом терасування, яка підкреслює складну форму будівлі та допомагає краще розподілити навантаження, яке спричинює будівля, на основу, що в свою чергу дозволяє побудувати надійну та довговічну конструкцію.

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							8
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата		

## **РОЗДІЛ 1. Системи покрівель**

### **1.1. Сучасні різновиди громадських будівель**

В Україні, як і в інших розвинених країнах, при проектуванні та реконструкції будівель та споруд відповідно до ДК 018-2000 «Державного класифікатора будівель та споруд» [1] стосовно об'єктів будівництва вживаються поняття: споруди, будівлі, будинки та інженерні споруди.

Споруди – це будівельні системи, пов'язані із землею, створені в результаті виконання будівельних робіт з будівельних матеріалів, напівфабрикатів, устаткування та обладнання в результаті виконання різних будівельних робіт.

Споруди за ДК 018-2000 [1] поділяються на два розділи: будівлі та інженерні споруди, які в свою чергу поділяються на підрозділи, групи, класи і підкласи.

Будівлі – це споруди, що складаються з несучих, огороджувальних та сполучених конструкцій, які утворюють наземні або підземні приміщення для проживання або перебування людей, розміщення устаткування, тварин, рослин, а також предметів. Будівлі безпосередньо пов'язані з життям і трудовою діяльністю людини та мають внутрішній простір. Будівлі, призначені для проживання людей, називають житловими будинками, а будівлі для іншого перебування людей (трудової діяльності, відпочинку, навчання, лікування тощо) – нежитловими будівлями.

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							9
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		



Соціальні зміни, що відбуваються в суспільстві, викликали до життя нові види і форми фізкультурно-оздоровчих занять та варіантів проведення дозвілля під час активного відпочинку. Останнім часом в суспільстві сформувалася чітка інтеграція культурних і спортивних видів діяльності зі збільшенням частки активного дозвілля. У заняття залучаються різні групи населення, розвиваються різні форми сімейного дозвілля, збільшується значення інформаційних занять і спілкування, а також масових заходів. Паралельно з цим розвивається і спорт вищих досягнень, висуваючи все нові рівні вимог до фізкультурно-спортивних споруд.

Разом з появою безлічі нових форм та видів фізкультурно-спортивних занять, що користуються попитом серед населення (аеробіка, боулінг, сквош, скелелазіння та ін.), а також з низкою успіхів українського спорту вищих досягнень реальне охоплення фізкультурно-оздоровчими заняттями населення (обсяг фізкультурно-спортивних послуг) в останнє десятиліття не лише не збільшився, але навіть скоротився. Темпи зростання забезпеченості фізкультурно-спортивними спорудами значно нижче необхідних. Загальна кількість споруд не досягає і 30% від нормативного; вони розміщені без урахування вимог рівної забезпеченості населення заняттями незалежно від місця проживання та роботи, використовуються нераціонально, їх склад, типологія та якість не задовольняють сучасним вимогам. [2]

Широкому спектру видів спорту і фізкультурних занять відповідають об'єкти і споруди різноманітних типів, з яких складається розгалужена та розвинена мережа фізкультурно-спортивних споруд.

Прототипи сучасних фізкультурно-спортивних споруд вперше з'явилися ще кілька тисячоліть тому. Зокрема, у давнину зводилися кромлехи (рис. 1.2.1.) - майданчики, оточені кам'яними стовпами; в античній Європі - палестри і гімнасії, стадіодроми, стадіони, іподроми та цирку. У величних давньоримських амфітеатрах (Колізей у Римі та ін.) знайшла втілення ідея об'єднання стадіону і цирку; купальні з підігрівом води, що існували вже в давньогрецьких палестрах, отримали розвиток в

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							11
Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата		





Поряд з двома традиційними групами споруд, одна з яких працює переважно влітку (відкриті), а інша - переважно взимку (криті), перспективні споруди, які функціонують протягом року, з трансформованими конструкціями огорож (покриттів, стін). Це в основному найбільш технічно складні та дорогі споруди. Однак з удосконаленням і здешевленням трансформованих конструкцій ця група буде розширюватися.

За ознакою поширеності основні споруди поділяються на дві групи: не залежать від місцевих умов, які повсюдно поширені (спортивні зали, ванни басейнів, поля і майданчики) та споруди, наявність яких залежить від місцевих умов - природних, економічних, спортивних традицій (споруди для водних, гірських, зимових видів спорту, кінного спорту, велотреки тощо, а також великі демонстраційні споруди (рис. 1.1.8.). [2]

За характером використання основні споруди поділяються на спеціалізовані, тобто призначені виключно для одного або декількох споріднених видів спорту (рис. 1.1.8.), й універсальні - ті, що поперемінно використовуються в денному та тижневому циклі за допомогою трансформації обладнання для занять кількома видами спорту. Терміни «спеціалізовані» та «універсальні» є умовними й щоразу потребують пояснення. Чим вища спортивна кваліфікація атлетів, тим вищий ступінь спеціалізації та якості споруди.

За видами використання основні споруди можна розділити на тренувальні та демонстраційні, тоді як спортивні призначені переважно для змагань (рис. 1.1.8.).

Склад основних споруд різноманітний і постійно пристосовується до відповідних вимог суспільства в певний період часу. З'являються нові види спорту або модифікації існуючих, а з ними - і нові споруди. Народження нових типів фізкультурно-спортивних споруд відбувається і під впливом технічного прогресу, що спонукав виникнення такого виду спорту як, наприклад, боулінг, ванни з підйомним дном, штучними хвилями, водоспадами, течіями, так, у зв'язку з пристосуванням промислових і

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							14
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата		



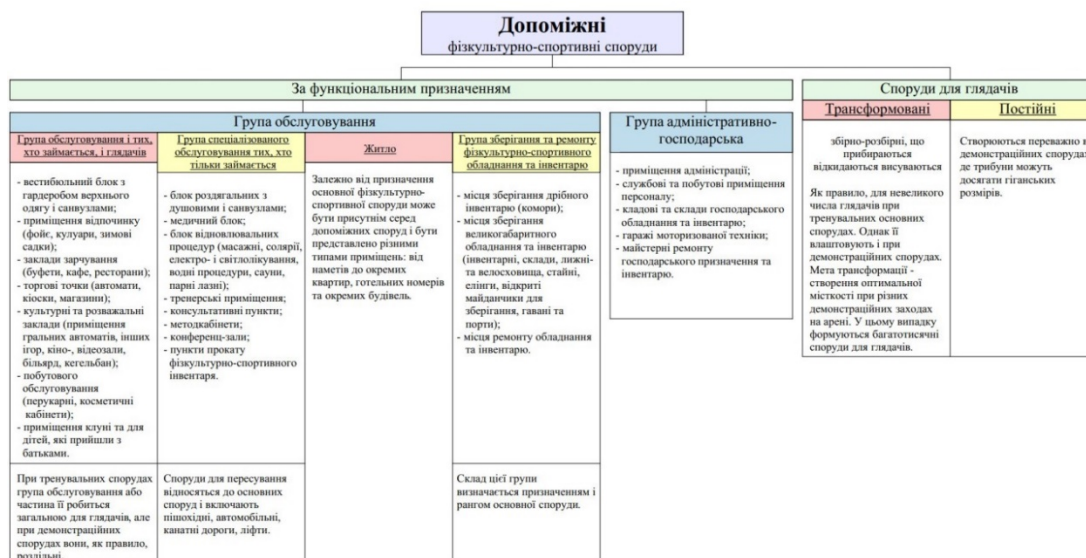


Рис. 1.2.4. – Допоміжні фізкультурно-спортивні споруди

Назва фізкультурно-спортивної споруди приймається, як правило, за назвою її основної споруди. Але іноді застосовуються спеціальні терміни: для залу легкої атлетики - «манеж для легкої атлетики»; для тенісу - «тенісний корт»; футболу - «футбольний манеж»; відкритих або критих ванн - «відкритий або критий басейн»; майданчики з льодом - «каток»; допоміжних приміщень вітрильного та буєрного спорту - «яхт-клуб» тощо.

Фізкультурно-спортивні споруди утворюють розвинену систему, що зростає і розгалужується відповідно до появи нових і модифікації існуючих типів основних, допоміжних споруд, споруд для глядачів, їх конструкцій, інженерного та спортивно-технологічного обладнання. [2]

### 1.3. Види покриттів спортивно-оздоровчих комплексів

Конструкції спортивних споруд значною мірою визначають форму та образ споруди, її інтер'єр, акустичні властивості залу. Міцність і довговічність конструкцій гарантують безпеку глядачів. Простота виготовлення, зручність монтажу та економічність конструкції дозволяють знизити витрати на будівництво та експлуатацію. Так, при споруді відкритих плавальних басейнів отримала велике поширення практика застосування збірних ванн, виготовлених у заводських умовах. [2]

Найбільш цікаве завдання при розробці конструктивної системи спортивної споруди - перекриття демонстраційного або тренувального залу,



прольотів від 9 м до 24 м. Плити-настили мають плоскі нижню та верхню поверхні замкнутого перерізу чи у вигляді швелера, тавра та двотавра.

Більш чіткою поверхня покриття виходить у разі примусового застосування панелей-оболонок. Їх нижня поверхня також плоска, але верхня - позитивної або негативної гауссової кривизни. [2]

Плити-настили або панелі-оболонки спираються на цегляні стіни або балки залізобетонного каркасу. Їх використовують для влаштування навісів. Іноді в спортивних спорудах несучими конструкціями покриття служать збірні залізобетонні рами з похилим ригелем прольотом до 45 - 50 м.

Складчасті конструкції дозволяють отримати виразні види покриттів. Вони зазвичай складаються з плоских плит, що утворюють межі складок, які можуть мати різні типи перерізів: трикутні, призматичні, трапецієвидні (рис. 1.3.1.1). Грані складок можуть бути утворені не тільки плоскими плитами, а й іншими типами оболонок, наприклад гіперболічними параболоїдами, коноїдами тощо. Складки можуть збиратися зі збірних елементів, бути монолітними або збірно-монолітними. Вони можуть спиратися на стіни або балки каркасу, утворювати купольні покриття, піддашок. Складчастими конструкціями можна перекрити середні та великі прольоти від 18 до 60 м. [2]



Рис. 1.3.1.1. – Складчасте покриття спортивної школи в м. Санкт-Петербург, Росія

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							18
Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата		

Зведені конструкції - циліндричні оболонки або склепіння - за статичною схемою близькі до складок (рис. 1.3.1.2). Вони також можуть бути збірними (в такому разі їх формують з криволінійних елементів), монолітними або збірно-монолітними. На торцях склепінь зазвичай влаштовують діафрагми у вигляді арок або ферм. Поздовжні краї оболонки мають бортові балки, а спирати їх можна на чотири опори по кутах, на стіни або на ряд колон уздовж довгих сторін оболонки. [2]



Рис. 1.3.1.2. – Спортивний зал зі зведеною конструкцією покрівлі комплексу Хосе Морті в м. Гавана, Куба

Залізобетонні куполи використовують при перекритті спортивних споруд з великими прольотами.

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							19
Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата		





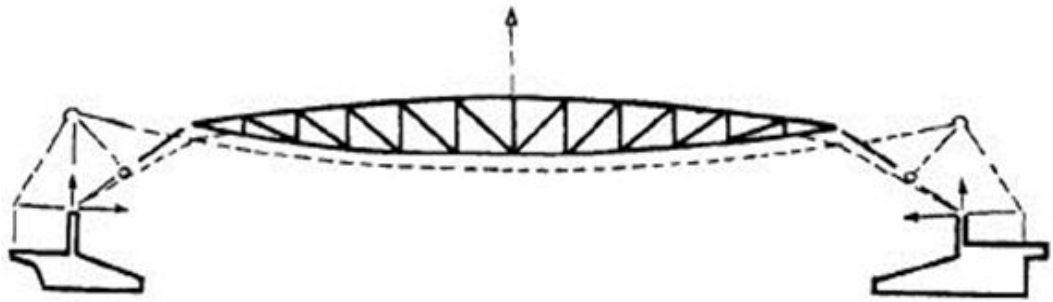


Рис. 1.3.2.5. – Лінзо-подібна ферма покриття льодового стадіону в м. Херенвейне, Нідерланди

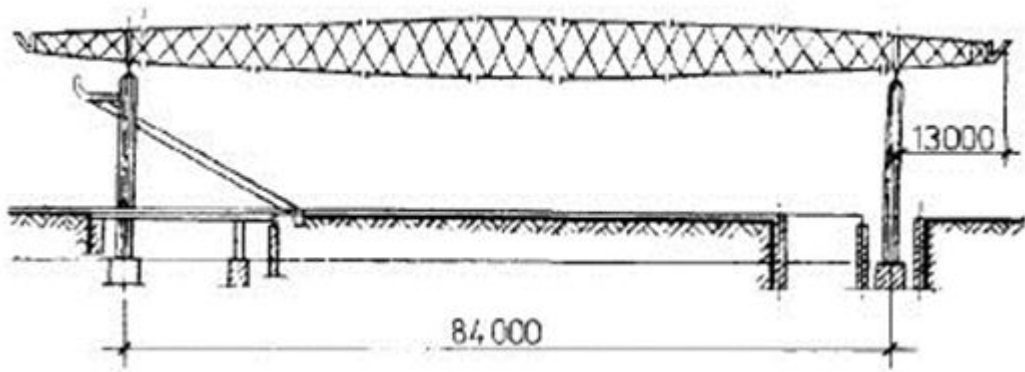


Рис. 1.3.2.6. – Лінзо-подібна ферма покриття спортивного комплексу ЦСКА в м. Москва, Росія

Інколи для надавання покриттю більшої архітектурної виразності покрівельне огороження монтується не на верхні, а на нижні пояси ферм. При цьому необхідні спеціальні заходи для стійкості стиснутого поясу ферми.

Структурні стрижневі плити широко використовуються як покриття спортивних споруд. На відміну від плоских ферм вони при тих же перекритих прольотах мають в 2-3 рази меншу висоту, можуть застосовуватися з укрупненою сіткою колон, збираються на землі з однотипних елементів і монтуються цілком або великими блоками. [2]

Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата

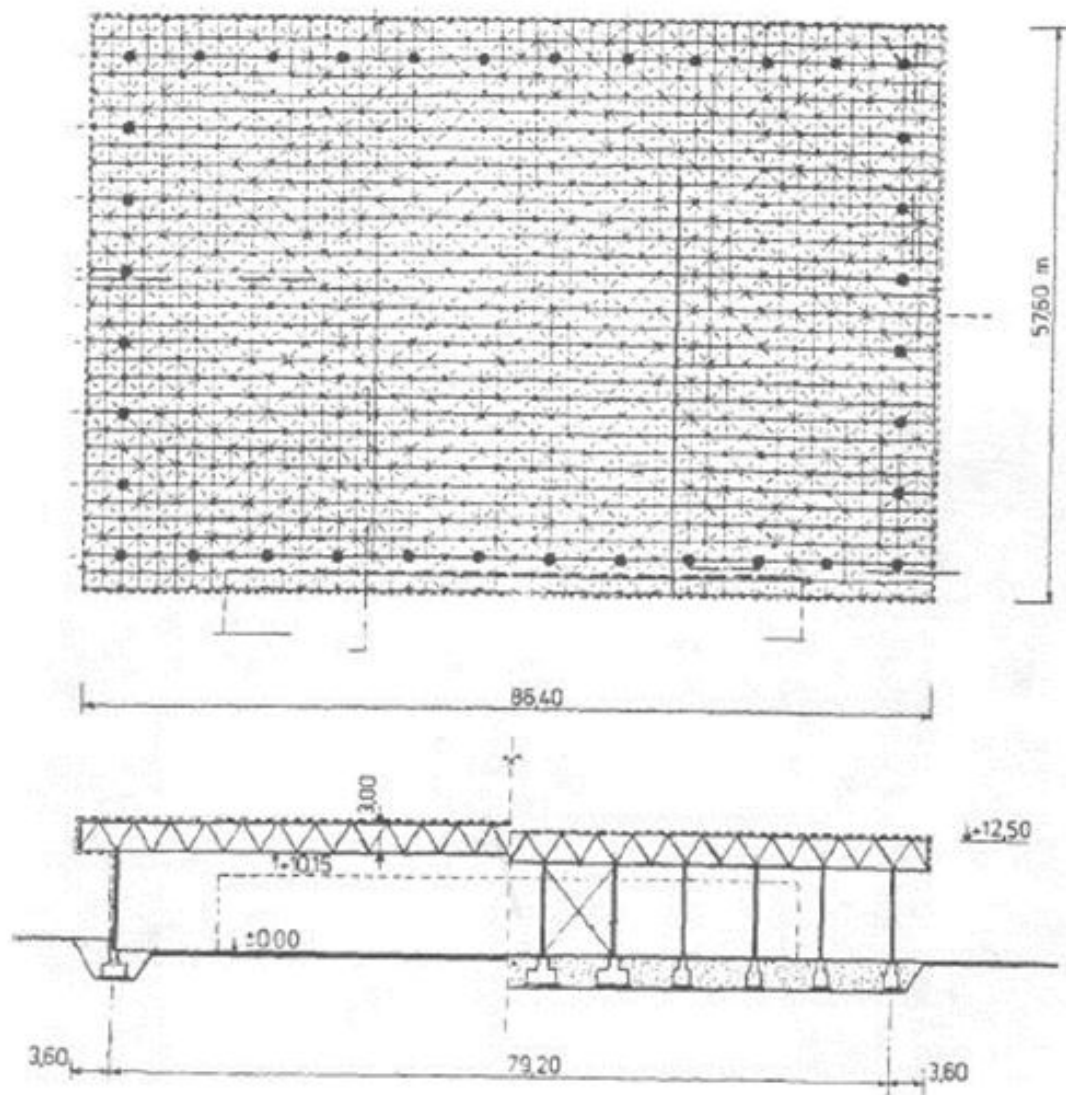


Рис. 1.3.2.7. – Просторова сітчаста плита покриття над катком в м.

Мартін, Словаччина

### 1.3.3. Дерев'яні клеєні конструкції

Основна область застосування дерев'яних клеєних конструкцій - покриття малих, середніх і великих прольотів спортивних залів і басейнів. Широке застосування клеєної деревини в цих спорудах пояснюється високими естетичними якостями конструкцій, можливістю створення оригінальних архітектурних форм. До того ж дерев'яні клеєні конструкції мають малу об'ємну вагу, високу питому міцність і жорсткість, хімічну стійкість, малий коефіцієнт теплопровідності. [2]

Зм.	Кільк.	Арк.	Подок.	Підп.	Дата

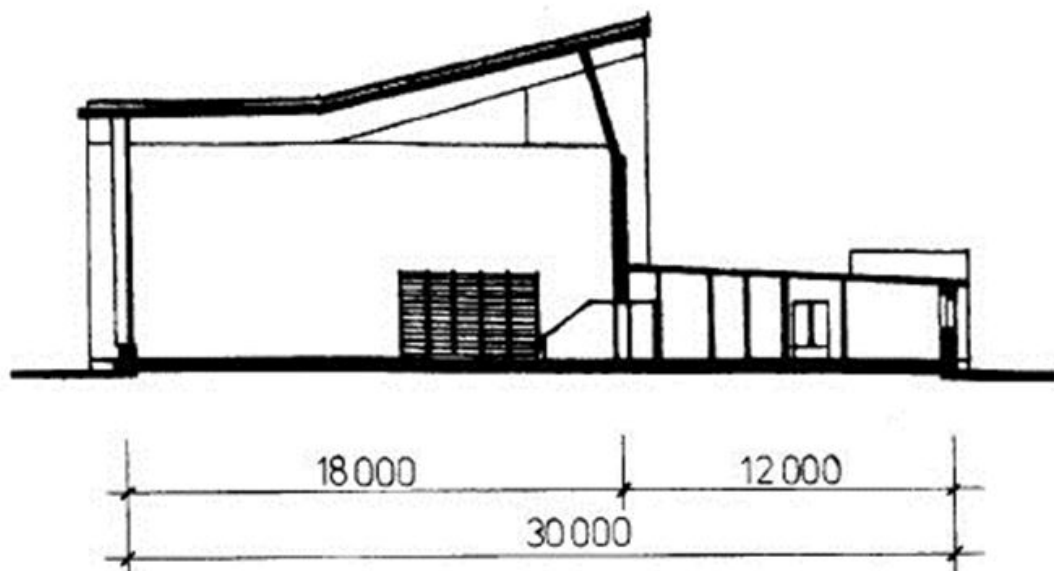


Рис. 1.3.3.1. – Гнута балка покриття спортивної зали



Рис. 1.3.3.2. – Shane Homes YMCA ,  
Калгарі, Канада, 2017р.



Рис. 1.3.3.3. – Гран-прі Канади F1,  
Мореаль, Канада, 2020р.

Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата

170328, гр. ПБ2021

Арк.

24



Рис. 1.3.3.4. – Кінний центр,  
Ліси-Та-палмейра, Португалія, 2012р.

Деревоклеєні конструкції виготовляються з екологічно чистого матеріалу та забезпечують при цьому заощадження енергоресурсів, оскільки витрата енергії на виготовлення одиниці продукції з деревини в 5 - 7 разів нижче, ніж із залізобетону або металу. З клеєної деревини можуть створюватися різноманітні системи несучих конструкцій. До найбільш поширених типів відносяться балки, рами, арки різного обрису, просторові конструкції у вигляді ребристих і сітчастих куполів, циліндричних і сферичних оболонок, складок, коноїдів, гіпарів тощо.

Балкові конструкції застосовують у комбінації з дерев'яними, сталевими або залізобетонними стійками. Їх перерізи бувають суцільні прямокутні, коробчасті або двотаврові. Переважно балки суцільного перерізу, так як вони найбільш прості у виготовленні, мають більшу вогнестійкість й більш естетичні. Раціональні прольоти балок - 12 - 18 м, рідше їх застосовують для перекриття прольотів 24 м і зовсім рідко - 30 м. Іноді для створення додаткових світлових прорізів і для надання виразності будівлі балки покриття можуть мати злами. [2]

Просторові деревоклеєні конструкції дають можливість створити найбільш витончені та економічні архітектурні споруди, де в статичну роботу задіяні несучі й огорожувальні елементи покриття.



Рис. 1.3.3.5. – Центр відпочинку Верхня Скина,  
Хейзелтон, Канада, 2019р.

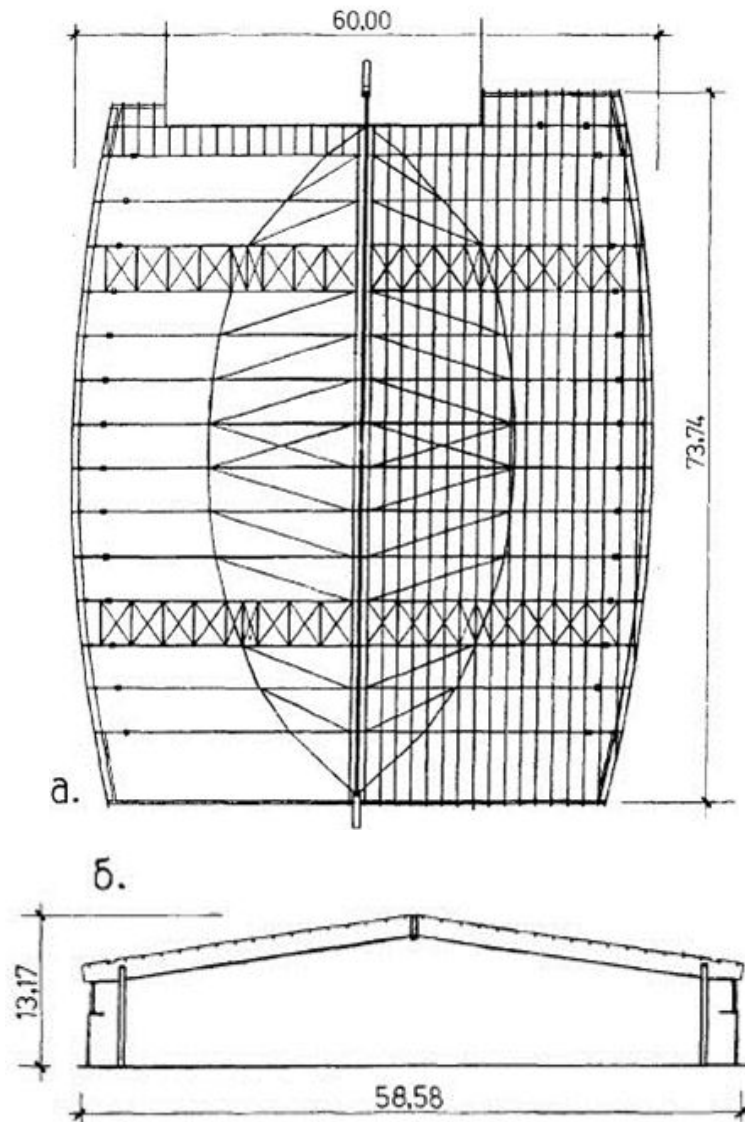


Рис. 1.3.3.6. – Конструктивна схема покриття штучного катку в м.  
Зельбі, Німеччина

Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата

170328, гр. ПБ2021

Арк.

26



#### 1.4. Проблематика вибору матеріалу покрівлі спортивно-оздоровчих комплексів

Конструкції спортивних споруд значною мірою визначають форму та образ споруди, її інтер'єр, акустичні якості залу. Міцність і довговічність конструкцій гарантують безпеку глядачів. Простота виготовлення, зручність монтажу та економічність конструкції дозволяють знизити витрати на будівництво та експлуатацію. [2]

Багато з побудованих спортивних споруд стали зразками інженерного мистецтва. Багато творчих конструктивних новацій несуть олімпійські споруди. Їх великі розміри спонукають архітекторів і конструкторів шукати неординарні конструктивні рішення.

Найбільш цікаве завдання при розробці конструктивної системи спортивної споруди - перекриття демонстраційного або тренувального залу, зазвичай головного функціонального елемента споруди. Для перекриттів спортивних залів застосовують все різноманіття конструкцій та їхніх систем, а також матеріалів. Це балки, ферми та арки, структурні плити, висячі вантові, мембранні та оболонкові, конструкції з опиранням на повітряний масив. Матеріалами для цих конструктивних систем служать залізобетон, метал, клеєна деревина, тканини. [2]

В даній дипломній роботі розглянутий такий конструктивний елемент будівлі, як стропильна ферма спортивного комплексу з нестандартною двосхилою покрівлею. Сама ідея такої будівельної системи, як ферма, дозволяє раціонально використовувати матеріали для виконання поставлених будівельно-інженерних завдань з забезпеченням конструктивних вимог до споруди, зокрема міцності та гнучкості в площині та з площини ферми. Друга вимога є найважливішою проблематикою в конструюванні фермових систем, оскільки основною причиною руйнування даної будівельної конструкції є втрата стійкості й наступним її руйнуванням через надмірні прогини будівлі, які несумісні з несучою здатністю матеріалу. Тому ферми є відповідальним та обов'язковим для ретельного

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							28
Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата		



### 1.4.1. Особливості дерев'яних ферм

Дерев'яні кроквяні ферми застосовують для перекриття прольотів середньої величини - від 9 до 36м. Однак у світовій практиці є приклади дерев'яних ферм прольотом 70м. У нашій країні використовуються ферми індустріального виготовлення. Здебільшого вони мають нижній пояс з профільної або круглої сталі, чому їх називають металево-дерев'яними. Власна вага таких ферм менша, ніж суцільно-дерев'яних або суцільно-сталевих. У металево-дерев'яних фермах вигідно поєднуються властивості деревини, яка добре працює на стиск у верхньому поясі, і сталі в розтягнутому нижньому поясі.

Клеєна деревина – штучний матеріал, який по міцності перевищує звичайну деревину та в якому відсутні її недоліки. Склеювання дозволяє не лише створювати з деревини монолітні елементи будь-якого перерізу, форми та довжини, але й розподіляти матеріал по перерізам та довжині конструкції найкращим чином. Саме тому спеціалісти вважають, що освоєння склеювання деревини є значним кроком в будівництві, який не поступається у важливості перед опануванням зварювання. [4]

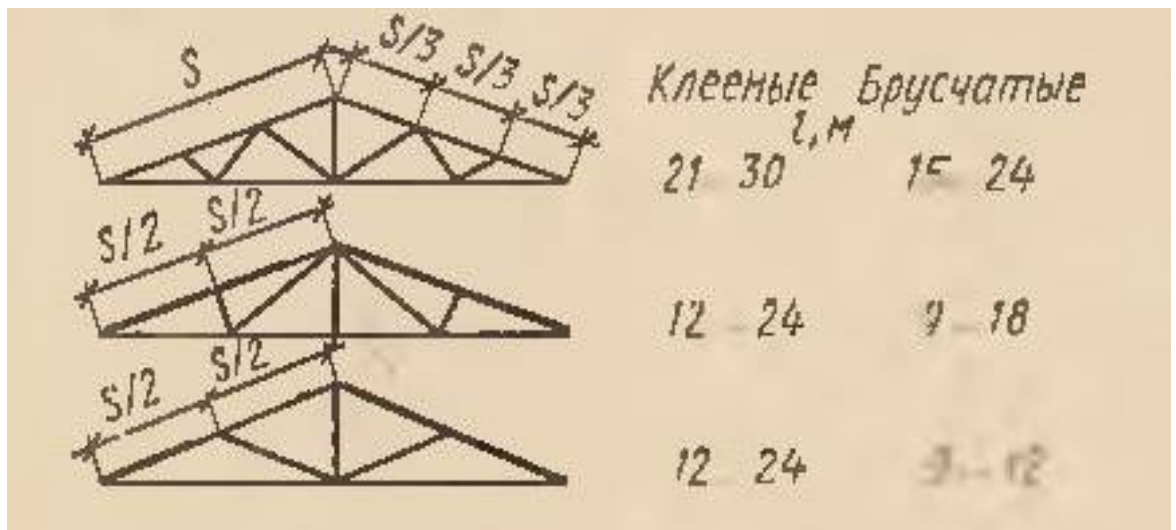


Рис. 1.4.1.1. - Типові схеми клеєних та брусчатих дерев'яних кроквяних ферм

Деревина достатньо міцна, легка та довговічна у випадку належного захисту від зволоження.







матеріал приваблює багатьох фахівців будівельної галузі порівняно невисоким рівнем капітальних витрат на організацію виробництва, оскільки основну масу залізобетону складають місцеві матеріали (пісок, гравій чи щебінь, вода).

До недоліків залізобетону відносяться: значна власна вага, висока теплопровідність, можливість появи тріщин та відшарувань, складність виконання робіт в зимовий період, труднощі при обробці та виправленні геометричних характеристик затверділого залізобетонного виробу. [4]

### 1.4.3. Особливості металевих ферм

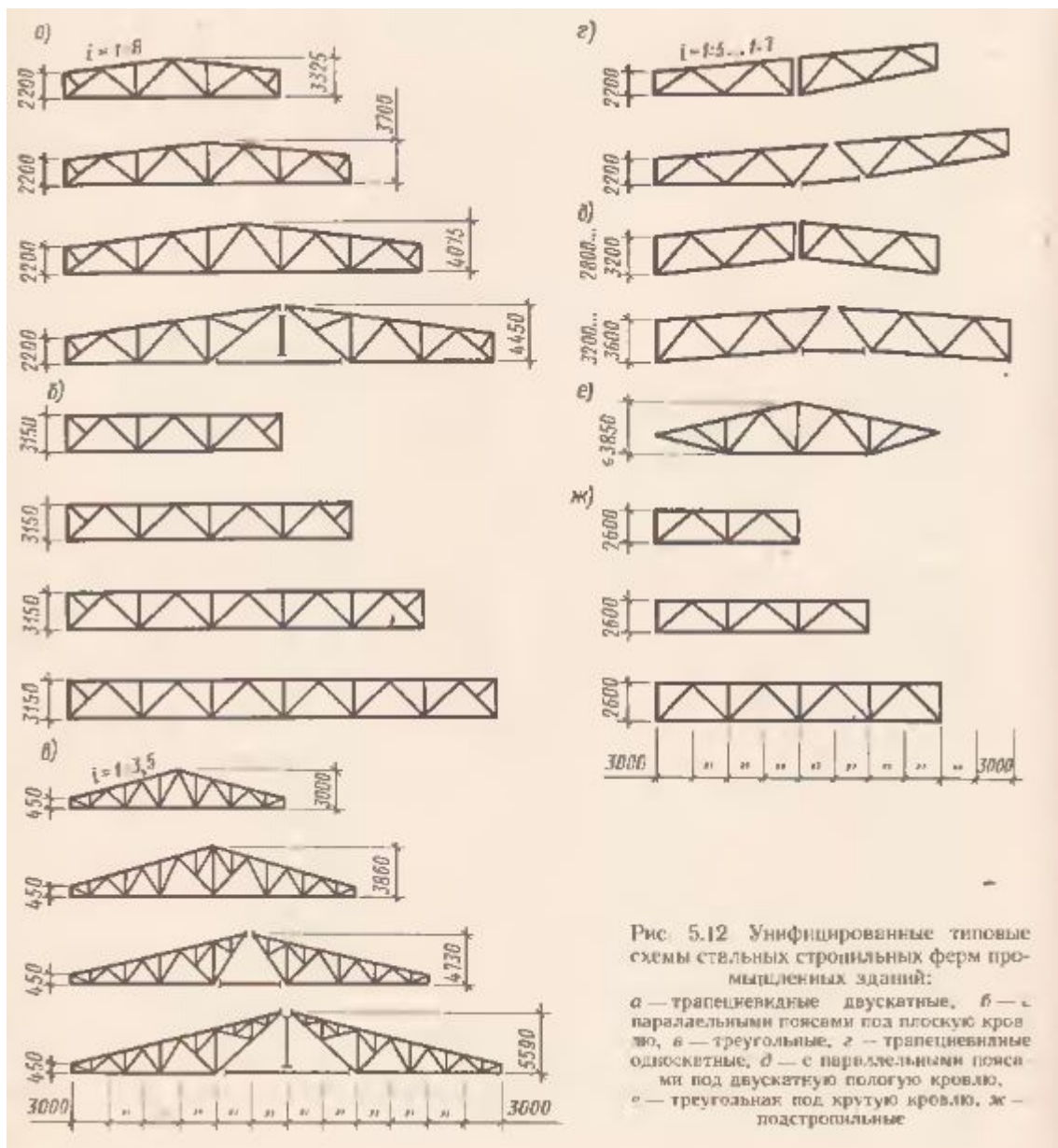


Рис. 5.12 Унифицированные типовые схемы стальных стропильных ферм промышленных зданий:  
 а — трапециевидные двускатные, б — с параллельными поясами под плоскую кровлю, в — треугольные, г — трапециевидные односкатные, д — с параллельными поясами под двускатную пологую кровлю, е — треугольная под крутую кровлю, ж — подстропильные

Рис. 1.4.3.1. - Уніфіковані типові схеми сталевих кроквяних ферм: а)- трапецієвидні двосхилі, б) - з паралельними поясами під плоску покрівлю, в) - трикутні, г) - трапецієвидні односкатні, д)- з паралельними поясами під двосхилу пологу покрівлю, е) - трикутна під круту покрівлю, ж) - підкроквяні

Область застосування металевих ферм – прольоти більше 24 м. Зазвичай на ферми витрачається більше металу, ніж на арматуру залізобетонних ферм. Проте використання полегшених покрівельних покриттів (до 1,0 кН/м<sup>2</sup>) дозволяє зменшити витрати матеріалу на ферму майже до рівня витрати його на армування залізобетонних ферм. [4]

Власна вага сталевих ферм прольотом від 24 до 42 м при розрахунковому навантаженні 2,5-3,5 кН/м<sup>2</sup>. Вага алюмінієвих ферм приблизно вдвічі нижче. До того ж зниження маси конструкції тим помітніше, чим більший проліт запроектованої будівлі/споруди.

Загальними перевагами сталевих та алюмінієвих конструкцій є їх висока міцність та здатність сприймати значні зусилля при відносній легкості. Так сталеві конструкції легші за дерев'яні в 1,5-2 рази, залізобетонних – в 8-12 раз. Алюмінієві конструкції легші за сталеві в 2-2,5 рази. Найважливішою перевагою металевих конструкцій в порівнянні з конструкціями з інших матеріалів є надійність в експлуатації, яка забезпечується стабільністю пружних характеристик матеріалу та їх високою однорідністю, яку характеризує величина  $K=0,9...0,95$ .

Висока щільність металу забезпечує водонепроникність та газонепроникність, які у з'єднаннях отримують з-за допомогою зварювання.

Металеві конструкції відрізняються високим ступенем індустріальної готовності та монтажу. Важливими факторами індустріалізації виготовлення є спеціалізація заводів-виробників, які оснащені автоматизованим обладнанням та використання готового металургійного прокату у вигляді профілів різноманітної форми та широкої номенклатури,

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							35
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

а також інтеграція в практику будівництва поточних методів монтажу крупноблочних конструкцій.

До переваг конструкцій з алюмінієвих сплавів додатково потрібно віднести малу густину  $\rho = 2700 \text{ кг/м}^3$  супроти  $7850 \text{ кг/м}^3$  для сталі; висока стійкість проти корозії; відсутність іскор при ударі; підвищену надійність при експлуатації при низьких температурах та можливість простого пресування профілів будь-якої форми. [4]

До основних недоліків сталевих конструкцій відносять здатність до корозії, якій можна зарадити фарбуванням виробів лакофарбовими покриттями, що призводить до подорожчання конструкції. Підвищення корозійної стійкості сталі досягають також додаванням в її склад різноманітних легуючих домішок, що також призводить до збільшення її вартості. До недоліків сталевих та алюмінієвих конструкцій відносять їх малу вогнестійкість. Сталь при температурі  $500^\circ\text{C}$  втрачає несучу здатність, а при  $600^\circ\text{C}$  переходить у пластичний стан. У алюмінієвих сплавів перехід в пластичний стан відбувається при досягненні температури  $300^\circ\text{C}$ .

Характерними недоліками конструкцій з алюмінієвих сплавів є їх великі деформації, оскільки модуль пружності алюмінієвих сплавів ( $E=7,1 \times 10^4 \text{ МПа}$ ), що в 3 рази менше модуля пружності сталі ( $E=2,06 \times 10^5 \text{ МПа}$ ). [4]

Найважливішим недоліком конструкцій з алюмінієвих сплавів є їх висока вартість, яка перевищує вартість сталевих конструкцій у 8-10 разів.

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							36
Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата		

## РОЗДІЛ 2. Аналіз несучої конструкції покрівлі спортивно-оздоровчого комплексу

### 2.1. Загально конструктивна характеристика об'єкту дослідження

Дана будівля готелю має два поверхи, один з яких, з-за умови рельєфу, можна прийняти за цокольний. Висота першого поверху — 3,9 м, а другого — 3,5 м і більше. Запроектована будівля має складну форму і умовно ділиться на 3 частини:

- у центральній частині розташовані: на першому рівні – роздягальні з сауною та санвузлами; на другому – ресторан з кухнею та кафе, що мають виходи на центральну терасу, та адміністративна частина з санвузлами.

- зліва розташовані: на першому рівні – 2 тенісних сквоша; на другому рівні – бічна тераса.

- з правої частини розташовані: на першому рівні – спортивний басейн 11x25м та дитячий басейн; на другому рівні – тренажерна зала, приміщення для тренерів та інвентарна.

На терасах розташовані столики зі стільцями для відпочинку для відвідувачів як самого комплексу, так і ресторану з кафе. З терас спуск на перший поверх можливий через центральні сходи та бічні, які виконують роль евакуаційних.



Рис. 2.1.1. – Перспектива спортивно-оздоровчого комплексу

Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата

170328, гр. ПБ2021

Арк.

37

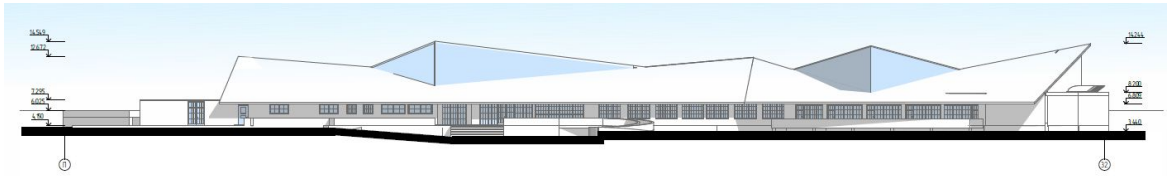


Рис. 2.1.2. – Фасад з головного входу

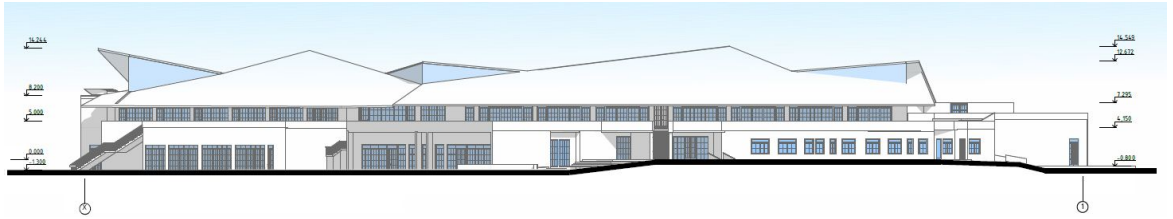


Рис. 2.1.3. – Фасад задньої сторони будівлі

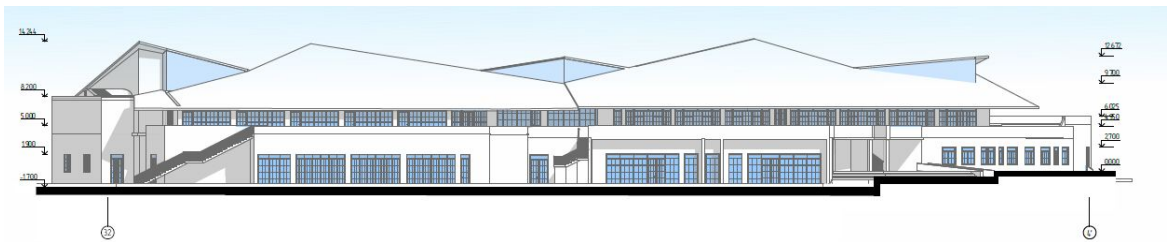


Рис. 2.1.3. – Фасад задньої сторони будівлі зі сторони басейну

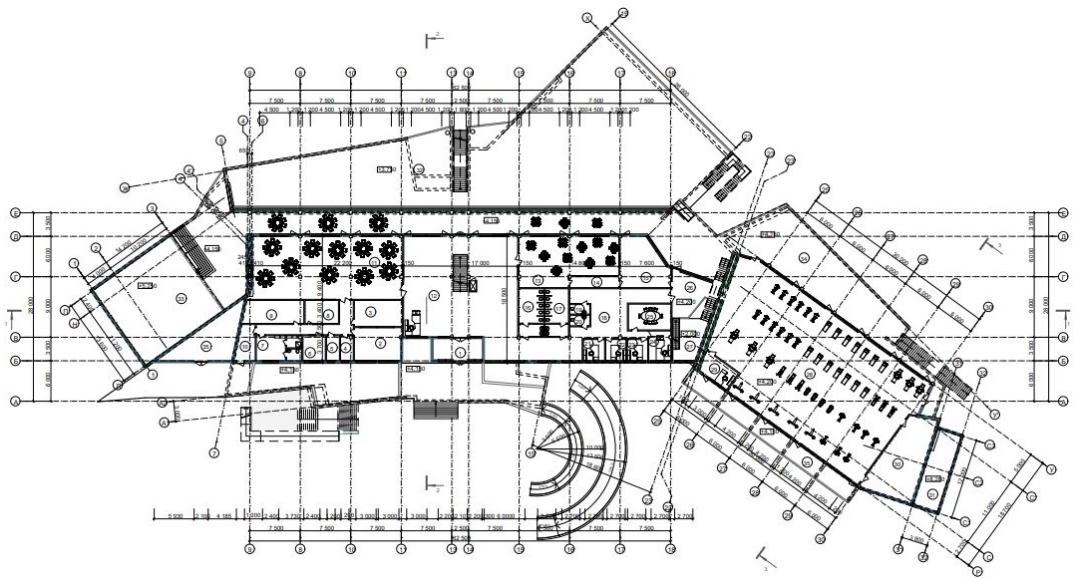


Рис. 2.1.4. – План другого поверху (вхід з головного фасаду)

Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата

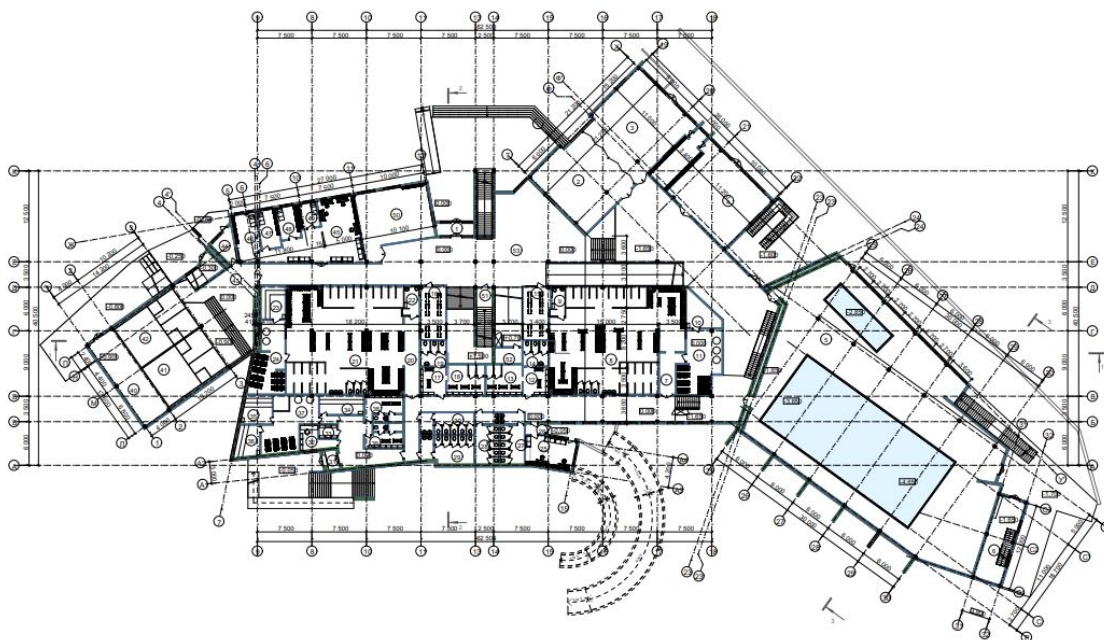


Рис. 2.1.5. – План першого поверху

Всі кімнати мають освітлення згідно норм інсоляції.

Комплекс з конструктивної точки зору в основному має каркасну конструктивну схему з підпорними монолітними стінами. За конструктивним вирішенням фундаменти є пальові. Стіни цегляні товщиною 380 мм та 510 мм. Перегородки з цегли 120 мм. Залізобетонні колони з розмірами перерізу 400 мм на 400 мм. Перекриття – монолітне залізобетонне, товщиною 200 мм. Висота поверхів 3900 мм, в чистоті на другому поверсі - 3500 мм. Загальна висота будівлі складає 14630 мм.

Покрівля - частина, яка несе навантаження від різноманітних навантажень, до яких входять навантаження від власної ваги, снігове та вітрове навантаження, динамічне навантаження від повітряних коливань, тощо, й захищає від атмосферних впливів, тому основні вимоги до даної конструкції складають водонепроникність, водостійкість та міцність.

В даному проекті запроектована двоскатна складна покрівля з світловими ліхтарями.

											Арк.
											39
Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата	170328, гр. ПБ2021					



4. Безперервна величина апроксимується на кожному елементі поліномом, що визначається за допомогою вузлових значень цієї величини. Для кожного елемента визначається свій поліном, але поліноми підбираються таким чином, щоб зберігалася безперервність величини уздовж границь елемента. [4]

На цей час метод скінченних елементів є найбільш поширеним методом розрахунку конструкцій і, взагалі, найбільш універсальним методом числового розв'язку задач механіки. Існують численні обчислювальні комплекси, які реалізують алгоритми МСЕ, розроблене математичне і програмне забезпечення. Однак для інженера, якому необхідно в більшості випадків розв'язувати задачі середньої складності, використання таких комплексів неможливе з декількох причин. [7]

По-перше, використання обчислювальних комплексів потребує значної підготовки і більш-менш глибокого знайомства з основами їх роботи, не кажучи вже про необхідність мати у власному користуванні програму і відповідну ЕОМ.

По-друге, часто при спробі використати універсальну програму виявляється, що якраз для даної задачі вона і не підходить. [7]

Проектування, що є одним з наймасовіших видів інженерної діяльності, оперує величезними об'ємами інформації, і якість рішень, що приймаються, включаючи такі проблеми, як безпеку, економічність і придатність до використання об'єкту за призначенням, практично цілком залежить від безпомилковості переробки цієї інформації. Саме з цим пов'язана поява численних розробок, спрямованих на створення програмних розробок, які класифікуються за галузевим і за цільовим призначенням. [8]

В області класифікації програмних розробок використовується ряд сталих англомовних термінів.

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							41
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата		

### **Класифікація за галузевим призначенням:**

- автоматизоване проектування механічних пристроїв (MCAD (англ. mechanical computer -aided design). Це машинобудівні програмні розробки, які застосовуються в автомобілебудуванні, суднобудуванні, авіакосмічній промисловості, виробництві товарів народного споживання, включають розробку деталей і механізмів з використанням параметричного проектування на основі конструктивних елементів, технологій поверхневого і об'ємного моделювання (SolidWorks, Autodesk Inventor, КОМПАС, САТІА);

- автоматизоване проектування електронних пристроїв, радіоелектронних засобів, інтегральних схем, друкованих плат і т. п. (EDA (англ. electronic design automation) або ECAD (англ. electronic computer-aided design). Приклади програмних розробок - Altium Designer та OrCAD;

- автоматизоване проектування в області архітектури і будівництва (AEC CAD (англ. architecture, engineering and construction computer-aided design) або CAAD (англ. computer - aided architectural design). Використовується для проектування будівель, промислових об'єктів, доріг, мостів і т.п. (Autodesk Architectural Desktop, AutoCAD, Revit Architecture Suite, Piranesi, ArchiCAD). [8]

### **Класифікація за цільовим призначенням:**

- засоби автоматизованого проектування, призначені для проектування і створення креслень (CAD (англ. computer-aided design/drafting) - засоби автоматизованого проектування, CADD (англ. computer-aided design and drafting) - проектування і створення креслень, CAGD (англ. computer-aided geometric design) - геометричне моделювання);

- засоби автоматизації інженерних розрахунків (CAE (англ. computer - aided engineering) - засоби автоматизації інженерних розрахунків, аналізу і симуляції фізичних процесів, здійснюють динамічне моделювання, перевірку і оптимізацію виробів, САА (англ. computer-aided analysis) - підклас засобів CAE, використовуваних для комп'ютерного аналізу);

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							42
Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата		

- засоби технологічної підготовки виробництва (САМ (англ. computer-aided manufacturing) - засоби технологічної підготовки виробництва виробів, забезпечують автоматизацію програмування і управління устаткування);

- засоби автоматизації планування технологічних процесів, які використовуються на стику систем САД і САМ (САРР (англ. computer-aided process planning). [8]

Багато систем автоматизованого проектування поєднують в собі рішення завдань що відносяться до різних аспектів проектування САД/САМ, САД/САЕ, САД/САЕ/САМ. Такі системи називають комплексними або інтегрованими.

За допомогою САД- засобів створюється геометрична модель виробу, яка використовується як вхідні дані в системах САМ, і на основі якої в системах САЕ формується потрібна для інженерного аналізу модель досліджуваного процесу. [8]

Для інженерних розрахунків використовуються різні програмні пакети, наприклад: ANSYS, NASTRAN, SCAD, STAR - CD, Zenit, ИСПА, Ліра і тому подібне.

Оскільки на сьогоднішній день на теренах нашої країни та більшості сусідніх держав найпопулярнішим є програмний комплекс ЛІРА-САПР завдяки своїй зручності в конструюванні каркасів будівель та споруд на основі різноманітних конструктивних схем, які можна з легкістю перевірити. Саме завдяки такому типу програмних комплексів, до яких також відноситься й SCAD Office, можна спрогнозувати поведінку конструкції від різноманітних видів навантажень та їх комбінацій згідно відповідних чинних норм певної країни, які доступні в налаштуваннях програми.

За офіційними даними на сайті розробника [9] - багатофункціональний програмний комплекс ЛІРА-САПР реалізує технологію інформаційного моделювання будинків (ВІМ) і орієнтований

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							43
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

для проектування і розрахунку будівельних і машинобудівних конструкцій різного призначення.

- Розрахунок виконується на статичні (силові і деформаційні) та динамічні впливи.

- Виконується підбір або перевірка перерізів сталевих та залізобетонних конструкцій.

- Видаються ескізи робочих креслень КМ і окремих залізобетонних елементів.

Програмний комплекс включає в себе широкий спектр функціональних можливостей, частина яких або відсутні в аналогічних програмах або реалізовані на рівні «означити». Деякі з втілених функцій перераховані в даній роботі. [9]

ЛІРА-САПР є не тільки обґрунтованою альтернативою більш дорогим закордонним програмам для аналізу міцності конструкції, таким як SAP 2000, STAAD Pro, RISA, RFEM, RSTAB, Robot Structural Analysis, SCIA Engineer, SOFiSTiK і т.д., але і кращим вибором для проектувальників, інженерів та конструкторів серед більш доступних MicroFe, Ліра 10, SCAD Office.

#### Функціональні можливості

1. Реалізація технології інформаційного моделювання будівель (BIM) - ЛІРА-САПР реалізує технологію інформаційного моделювання будинків (BIM) і орієнтована на проектування і розрахунок будівельних конструкцій. Реалізація технології BIM забезпечується нативним зв'язком з іншими архітектурними, розрахунковими, графічними системами та системами, які документують кожен необхідний тип параметрів досліджуваної конструкції (САПФІР-3D, Revit, Tekla, AutoCAD, ArchiCAD, Advance Steel, BoCAD, Allplan, STARK ES, Gmsh та ін.) на основі DXF, MDB, STP, SLI, MSH, STL, OBJ, IFC та ін. файлів.
2. Розвинене інтуїтивне графічне середовище - користувача з можливістю 3D-візуалізації розрахункової схеми на всіх етапах синтезу та аналізу.

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							44
Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата		



оболонок, масивних тіл, а також комбінованих систем - плит і оболонок підпертих ребрами, плит на ґрунтовій основі, каркасних конструкцій будівель, системи "надземна будова - фундаментні конструкції - ґрунтова основа" та багато інших.

8. Спеціальні скінченні елементи - великий набір спеціальних скінченних елементів, що дозволяють складати адекватні комп'ютерні моделі для складних і неординарних споруд. Наприклад: скінченний елемент, що моделює податливість вузлів; скінченний елемент, що моделює роботу ґрунту за межами конструкції; скінченний елемент, що моделює пристрій для натягування (фаркоп) і який дозволяє забезпечувати задане первинне натягнення конструкції або знаходити необхідне натягнення, що забезпечує задану геометрію (наприклад, тенту або вантової мережі).
9. Проектування залізобетонних і сталевих конструкцій - Перевірка і підбір перерізів залізобетонних і сталевих елементів відповідно до діючих в світі нормативів. Виконання робочих креслень стадії КМ і КЗ. [9]
10. Суперелементне моделювання - з візуалізацією на всіх етапах розрахунку, що дозволяє в ряді випадків прискорити рішення задачі та знизити вплив поганої обумовленості більшорозмірної матриці.
11. Фізична нелінійність - Модулі врахування фізичної нелінійності на основі різних нелінійних залежностей  $\sigma$ - $\epsilon$ , забезпечують можливість комп'ютерного моделювання процесу навантаження як моно- так і біматеріальних конструкцій, з дослідженням розвитку тріщин, проявом деформацій повзучості та текучості, аж до отримання картини руйнування конструкції.
12. Геометрична нелінійність - Модулі врахування геометричної нелінійності, що дозволяють розраховувати, як конструкції від самого початку геометрично незмінні (гнучкі плити та балки, гнучкі ферми та ін.), так і конструкції спочатку геометрично змінні, для розрахунку яких необхідно спочатку визначити рівноважну форму під заданий вид

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							46
Зм.	Кільк.	Арк.	№ддок.	Підп.	Дата		

навантаження (окремі канати, вантові ферми, вантові покриття, тенти, мембрани та ін.). [9]

13. Спеціалізований документатор - який дозволяє формувати звіт, що складається з текстової, табличної та графічної інформації . Режим інтерактивних копій екрану дозволяє здійснювати фіксацію і повернення до фрагменту розрахункової схеми, а також виконувати автоматичне оновлення зображень після її зміни (перенумерація, перетріангуляція, зміна конфігурації зображуваного об'єкту).

### 2.3. Компонування ферми

Металево-дерев'яні ферми використовуються переважно в безгорищних покриттях будівель прольотами 9-30 м.

Обриси ферм можуть бути різноманітними (трикутними, трапецеїдальними, сегментними, з паралельними поясами, шпренгельні та ін.) залежно від призначення ферм, величини прольоту і сортаменту лісоматеріалу. [5]

Метало-дерев'яні ферми належать до конструкцій заводського виготовлення і проектуються зазвичай збірними, що збираються з окремих, по можливості великих, але зручних для транспортування та проектування блоків.

Рекомендовані схеми великопанельних метало-дерев'яних ферм та основні техніко-економічні показники їх приведені на рис. 2.2.1.

Всі стиснуті та стиснуто-зігнуті елементи ферм виконуються з деревини, а розтягнуті з металу; завдяки цьому метало-дерев'яні ферми мають особливо хорошу надійність. [5]

Верхні дерев'яні пояси ферм можуть виконуватися з одиночних брусів або колод, а також з подібних на колоди або дощатих складових елементів. Застосування для верхніх поясів масивних складених перерізів дозволяє зробити ферму зі збільшеними панелями з довжиною панелі до 6 - 6,5 м і завдяки цьому знизити загальне число збірних

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							47
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		



деревини з металевим стержнем нижнього поясу. Основний габаритний розмір ферми разом з архітектурним піддашком (конструктивним відповідником якого в моєму випадку є консоль з проєкцією на горизонтальну вісь довжиною 3,1 м) є більшим за проліт ферми й становить 21,8 м. Проліт ферми  $L = 18,7 \text{ м} = 18700 \text{ мм}$ .

Ухил верхнього поясу ферми приймається  $i_{лів} = 33 \%$  та  $i_{прав} = 37 \%$  для двосхилих покрівель спортивно-оздоровчого комплексу (ферма з несиметричною трикутною решіткою).

Загальна висота даної ферми в найвищій її точці рівна  $H_{max} = 6,123 \text{ м}$ . Висота ферми в центрі прольоту приймається рівною  $H_c = 2,6 \text{ м}$ . Дані параметри приймаються вихідними згідно архітектурного проекту.



Рис. 2.3.2. – Вигляд оригінальної змонтованої ферми в існуючій будівлі в місті Лас Кондес, Чилі (фото №1)

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							49
Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата		







В нашому випадку:

- для крайнього 1-го вузла:

$$F_1 = (q_m + S_m) \cdot d_1 \cdot \frac{a}{2} = (1,76 + 1,28) \cdot 3,7 \cdot \frac{6}{2} = 33,75 \text{ кН}$$

- для проміжного вузла:

$$F_2 = (q_m + S_m) \cdot d_2 \cdot \frac{a}{2} = (1,76 + 1,28) \cdot 8,6 \cdot \frac{6}{2} = 78,43 \text{ кН}$$

- для крайнього 2-го вузла:

$$F_3 = (q_m + S_m) \cdot d_3 \cdot \frac{a}{2} = (1,76 + 1,28) \cdot 6,4 \cdot \frac{6}{2} = 58,37 \text{ кН}$$

Розрахункова схема кроквяної ферми зображена на рис. 2.4.3.

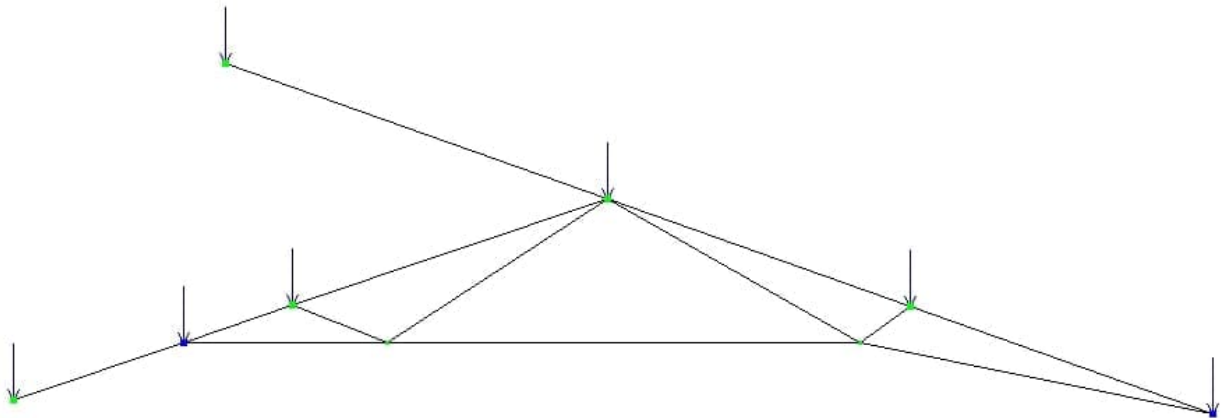


Рис. 2.4.3. - Розрахункова схема ферми прольотом 18,7 м

В програмному комплексі ЛІРА-САПР збір навантажень відбувається з-за допомогою створення таблиць розрахункових поєднань зусиль (РПЗ) з множенням кожного відповідного зусилля на відповідний йому в заданих будівельних нормах коефіцієнт в сумі з іншими зусиллями, які підібрані згідно такого ж принципу.

Навантаження від власної ваги задається згідно фізичних характеристик матеріалів конструкцій, які задаються з умовами жорсткості та фізичних величин у відповідних розділах програми.

## 2.5. Варіанти ферми

В даній роботі виконується дослідження та співставлення декількох варіантів виконання конструкції ферми з різних матеріалів та елементів різних перерізів, перелік яких наведено у Табл. 1.

										Арк.
										53
Зм.	Кільк.	Арк.	Подок.	Підп.	Дата	170328, гр. ПБ2021				

Розрахункова модель для ферм є двох типів: для варіанту виконання з дерева (Рис. 2.5.1) та з металу (Рис. 2.5.2). Для металевих варіантів схема видозмінена для забезпечення умови гнучкості частини верхнього поясу ферми, яка формує архітектурний освітлювальний ліхтар, введенням в розрахункову схему додаткової несучої стійки.

Таблиця 1

Варіанти покрівлі

№ п/п	Конструкція	Елементи
1	Ферма дерево-металева	Клеєний брус прямокутного перерізу з металевою трубою круглого перерізу
2	Ферма металева	О Труби круглі безшовні гарячекатані
3	Ферма металева	□ Труби прямокутні гарячекатані
4	Ферма металева	└ ┌ Подвійні нерівно полицні кутики

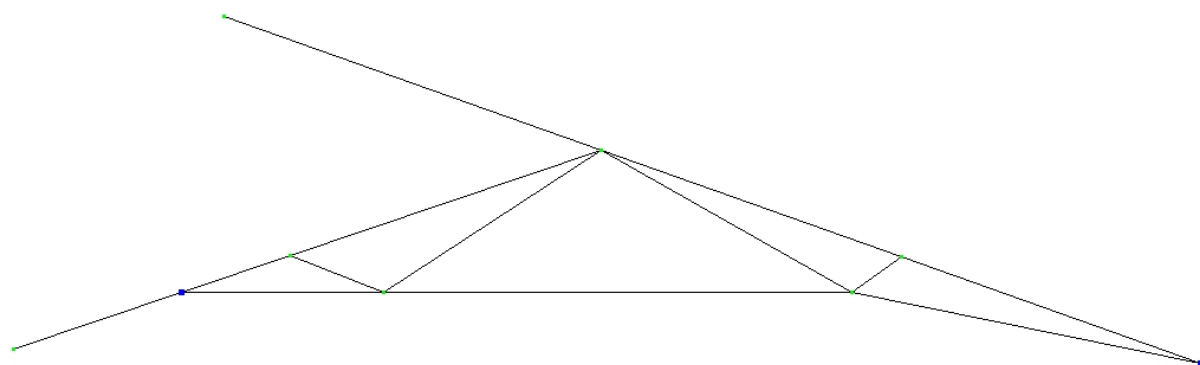


Рис. 2.5.1. - Розрахункова модель ферми з клеєного бруса з металевою вставкою нижнього поясу

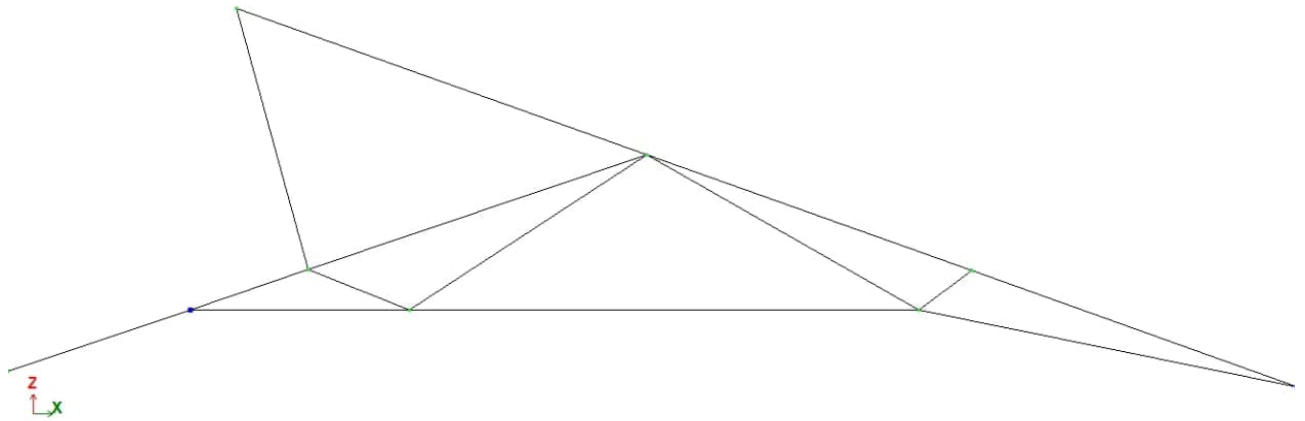


Рис. 2.5.2. - Розрахункова модель ферм з металевих профілів

**Узел 5 : Исходные данные**

Элемент узла	Свойство	Значение	Единицы измерения
Пояс	Профиль	L30 x 20 x 3 ;ГОСТ 8510 - 72	--
	Сталь	C235;	--
Раскос 1	Профиль	L25 x 16 x 3;ГОСТ 8510 - 72	--
	Сталь	C235;	--
Раскос 2	Профиль	L25 x 16 x 3;ГОСТ 8510 - 72	--
	Сталь	C235;	--
Шов Ш1	Материал	Марка проволоки: Св-08	--
Шов Ш2	Материал	Марка проволоки: Св-08	--
Шов Ш3	Материал	Марка проволоки: Св-08	--
Фасонка	Сталь	ВСт3кп2	--
	Толщина	1.00	см

**Узел 5 : Результаты подбора ( СНиП II-23-81\* )**

Параметр	Свойство	Значение	Процент использования,%	Внутренние усилия				
				N, тс	Mx, тсм	Qz, тс	Mz, тсм	Qy, тс
Шов Ш1	Катет	0.4 см	24.4	1.147*	-0.205	-0.150	-0.000	-0.000
	Длина по обшивке	4.0 см						
	Длина по перу	4.0 см						
Шов Ш2	Катет	0.4 см	31.0	1.457*	-0.082	-0.115	-0.000	-0.000
	Длина по обшивке	4.0 см						
	Длина по перу	4.0 см						
Шов Ш3	Катет	0.4 см	13.6	-2.264*	-0.465	-0.383	-0.000	-0.000
	Длина по обшивке	4.0 см						
	Длина по перу	4.0 см						
Сосредоточенная сила	--	0.0 тс	--	--	--	--	--	--
Пояс: угол наклона, °	--	19	--	--	--	--	--	--
Раскос1: угол наклона, °	--	-150	--	--	--	--	--	--
Раскос2: угол наклона, °	--	-33	--	--	--	--	--	--

\* - усилия, участвующие в подборе или проверке соответствующего параметра.

Рис. 2.5.3. - Фрагмент розрахункової моделі ферми з металевих профілів виконаний в програмному комплексі ЛІРА-САПР

### 2.5.1. Ферма у виконанні з дерева:

За допомогою підбору перерізів обраного програмного комплексу були отримані результати, які стосуються дерев'яних елементів, наведені у табл. 2.

										Арк.
										55
Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата					

Таблиця 2

## Результати підбору перерізів

№ п/п	Група елементів	Розміри профілю (b×h), мм	Матеріал елементу	Кількість елементів
1	Верхній пояс П1	150х600	Клеєний брус	1
2	Нижній пояс П2	150х300	Клеєний брус	1
3	Нижній пояс П3	200х260	Клеєний брус	2
4	Розкіс дерев'яний РД1	150х260	Клеєний брус	2
5	Розкіс дерев'яний РД2	150х200	Клеєний брус	2
6	Розкіс дерев'яний РМ1	φ40, t=5	Сталь С275	1

За правилами уніфікації в конструкції має бути:

- до 6 видів профілів;
- мінімальна товщина профілю – 3 мм;
- різниця товщин профілів одного розміру – мінімум 3 мм;
- конструкція повинна складатись так, щоб уникати перенапруження її елементів або з'єднань - пожолоблені, розколоті або погано прилягаючі у вузлах елементи повинні бути замінені;
- Спад розмірів (обзол), розтріскування, сучки або інші дефекти повинні обмежуватись у зонах з'єднання так, щоб не знижувати несучої здатності з'єднання.

Дерев'яні профілі підбрані за ДБН В.2.6-161:2017 [11], металевий профіль підбраний згідно ДСТУ 8934:2019. [12]

$M_{\phi 1} = 1470$  кг – маса варіанту виконання ферми з клеєної деревини.

										Арк.
										56
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата	170328, гр. ПБ2021				

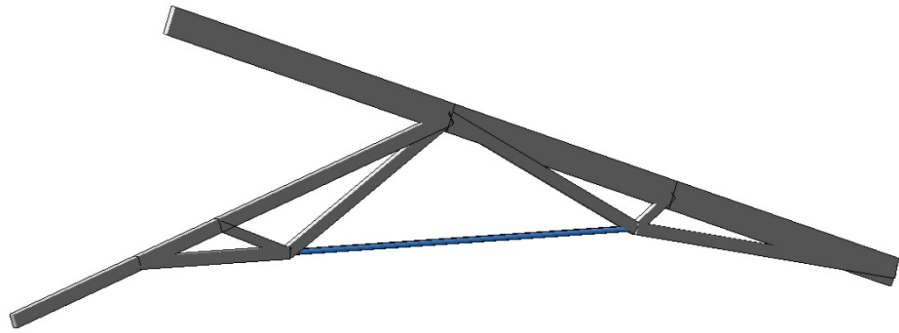
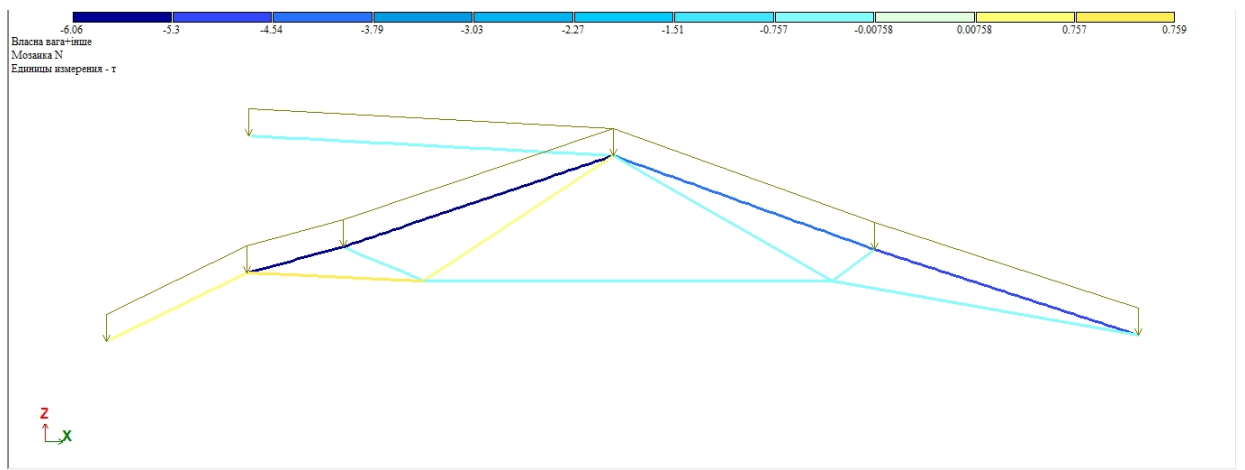


Рис. 2.5.1.1. – Загальна перспектива ферми з клеєного бруса та з металевою вставкою нижнього поясу

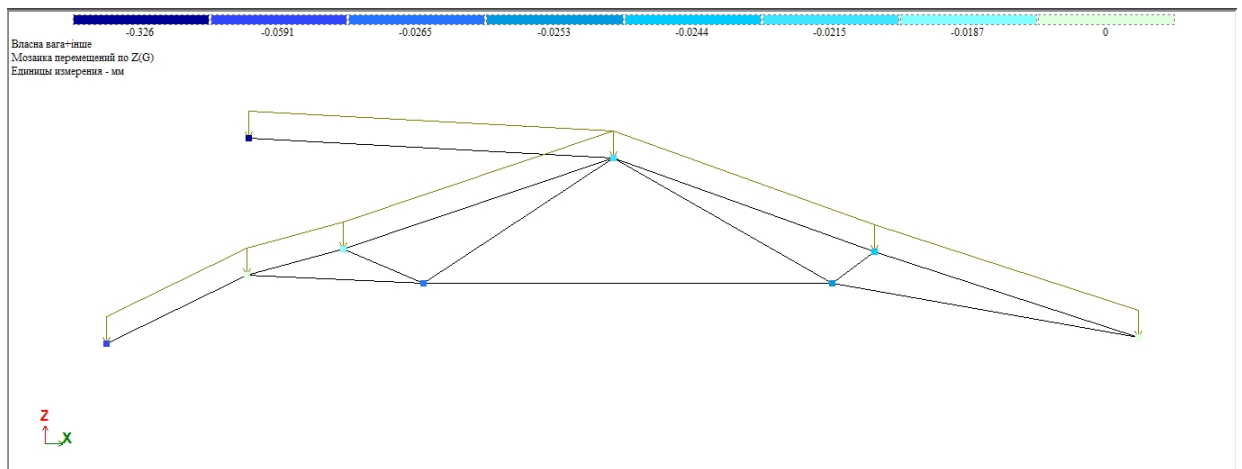


Рис. 2.5.1.2. – Переміщення елементів ферми вздовж осі Z

Рис. 2.5.1.3. – Нормальні навантаження в стержнях ферми (власна вага)

Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата

170328, гр. ПБ2021

Арк.

57

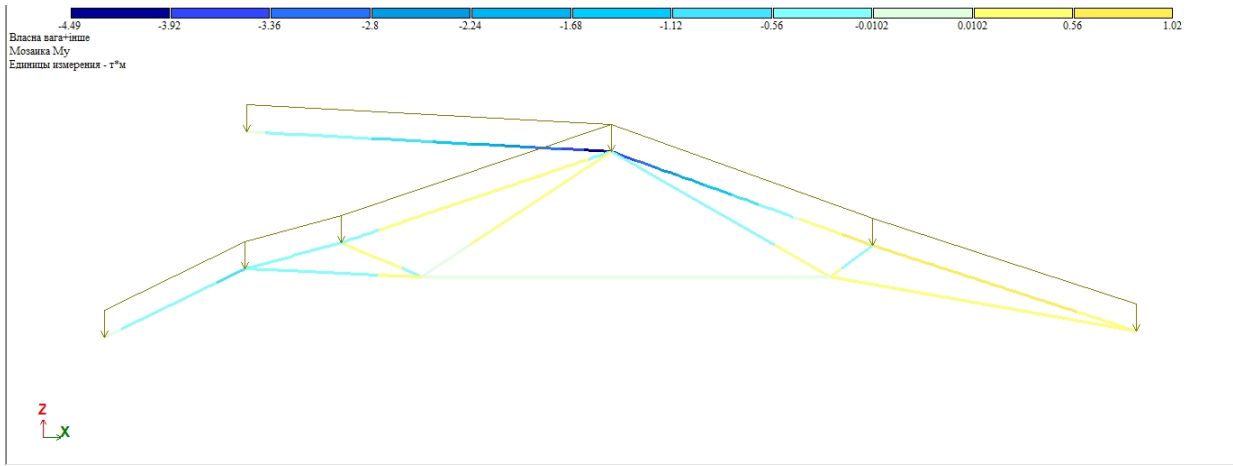


Рис. 2.5.1.4. – Навантаження, спричинені моментами від власної ваги конструкції в сумі з характеристичними навантаженнями на неї

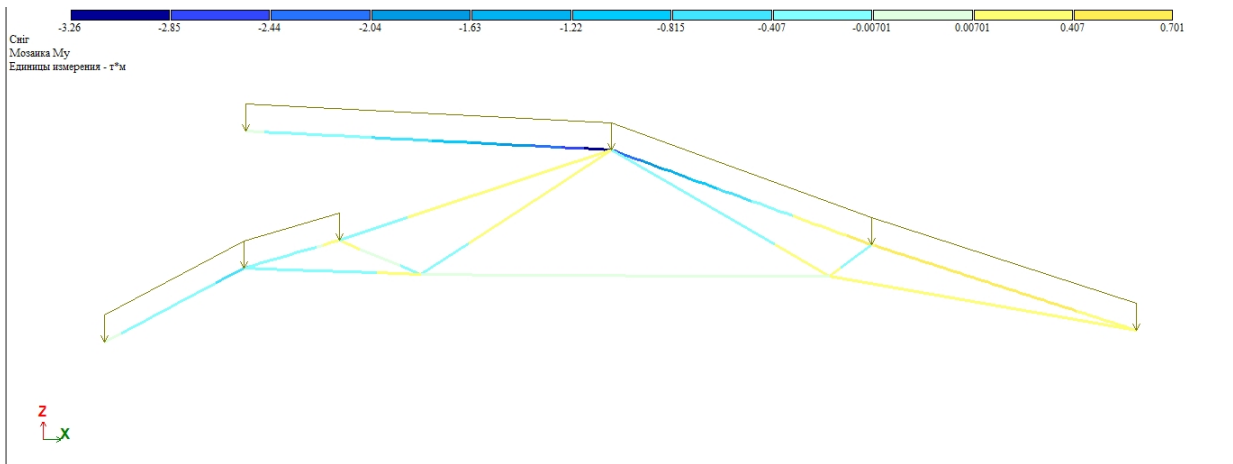


Рис. 2.5.1.5. – Навантаження, спричинені моментами від снігових навантажень на конструкцію

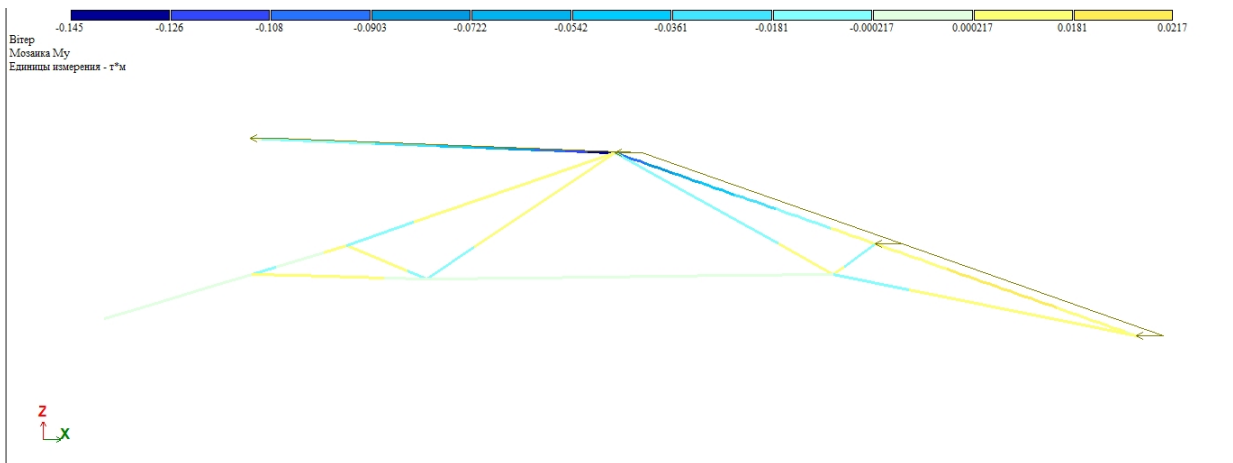


Рис. 2.5.1.6. – Навантаження, спричинені моментами від вітрових навантажень на конструкцію

Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата





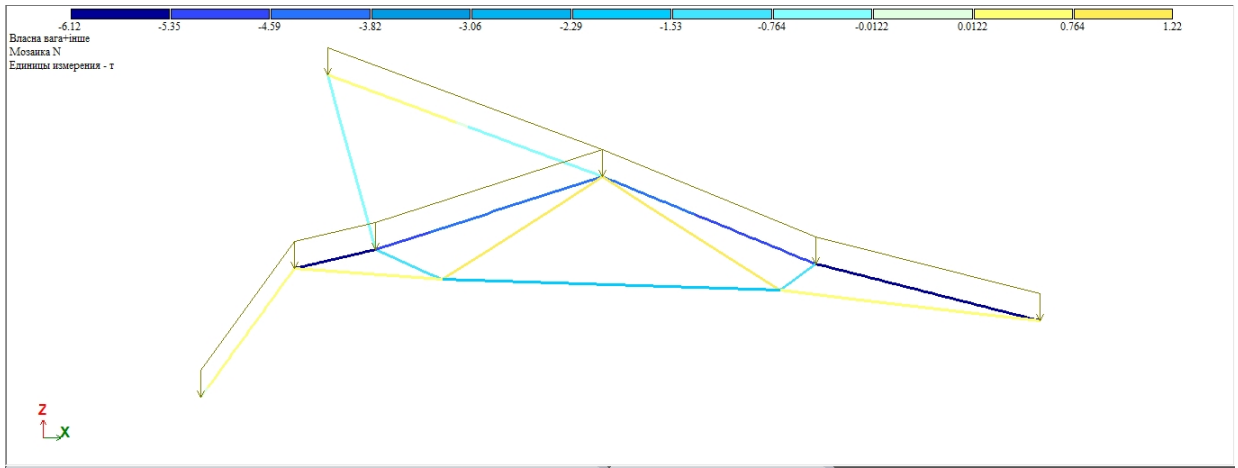


Рис. 2.5.3.3. – Нормальні навантаження в стержнях ферми (власна вага)

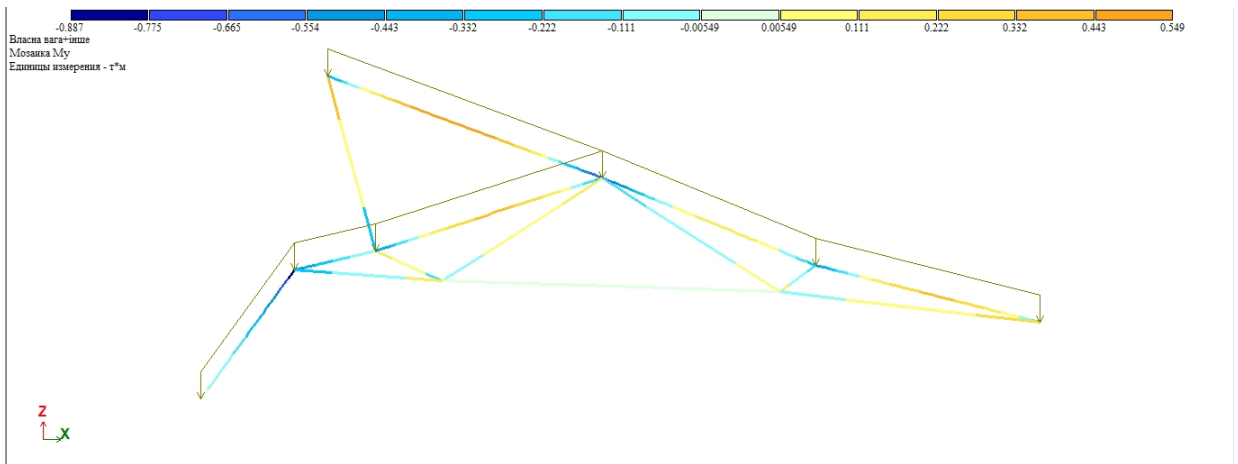


Рис. 2.5.2.4. – Навантаження, спричинені моментами від власної ваги конструкції в сумі з характеристичними навантаженнями на неї

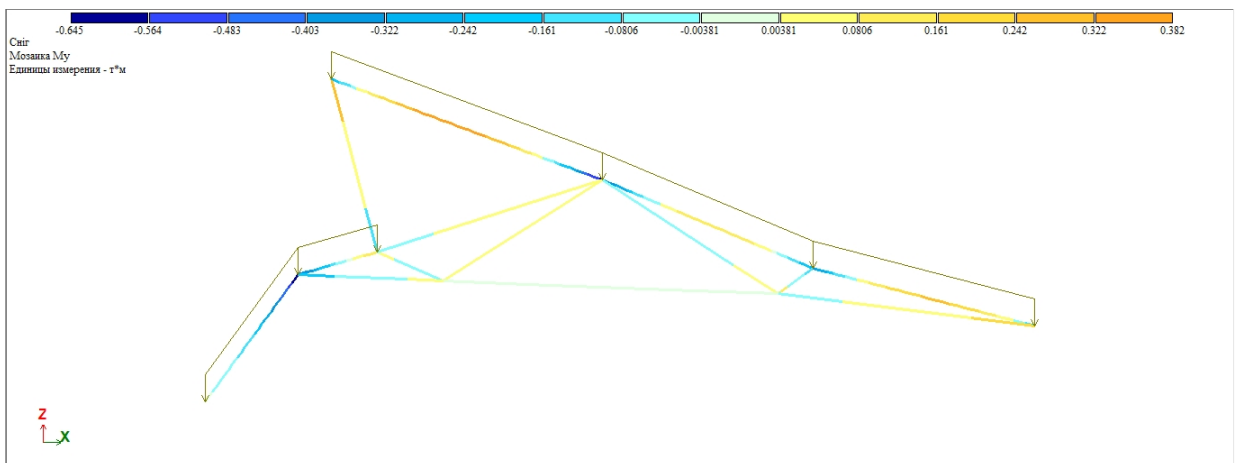


Рис. 2.5.2.5. – Навантаження, спричинені моментами від снігових навантажень на конструкцію

Зм.	Кільк.	Арк.	Подок.	Підп.	Дата

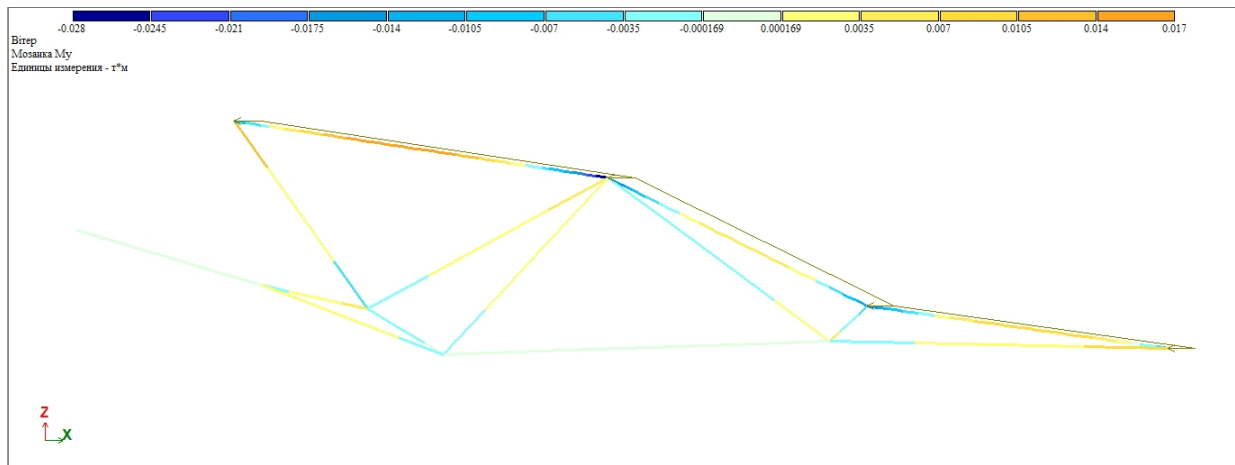


Рис. 2.5.2.6. – Навантаження, спричинені моментами від вітрових навантажень на конструкцію

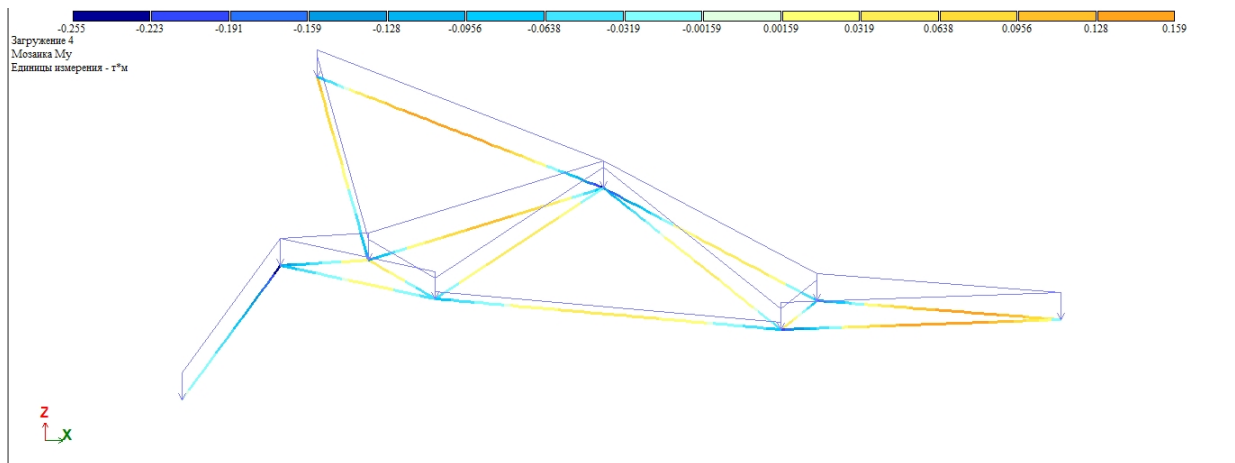


Рис. 2.5.2.7. – Навантаження, спричинені моментами від навантаження лише власною вагою конструкції

### 2.5.3. Ферма у виконанні з металеві прямокутної труби:

За допомогою підбору перерізів обраного програмного комплексу були отримані результати, які стосуються металевих прямокутних труб, наведені у табл. 4. У даному випадку був підібраний скомпонований трубчатий переріз, який складається з коробки швелерів.

Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата

Таблиця 4

## Результати підбору перерізів

№ п/п	Група елементів	Розміри профілю, мм	Матеріал елементу	Кількість елементів
1	Верхній пояс П1	Швелер 30У (х2)	ВСт3пс4	1
2	Нижній пояс П2	Швелер 16У (х2)	ВСт3пс4	1
3	Нижній пояс П3	Швелер 14У (х2)	ВСт3пс4	2
4	Розкіс металевий РМ1	Швелер 14У (х2)	ВСт3пс4	2
5	Розкіс металевий РМ2	Швелер 10У (х2)	ВСт3пс4	2
6	Розкіс металевий РММ1	Швелер 14У (х2)	ВСт3пс4	1

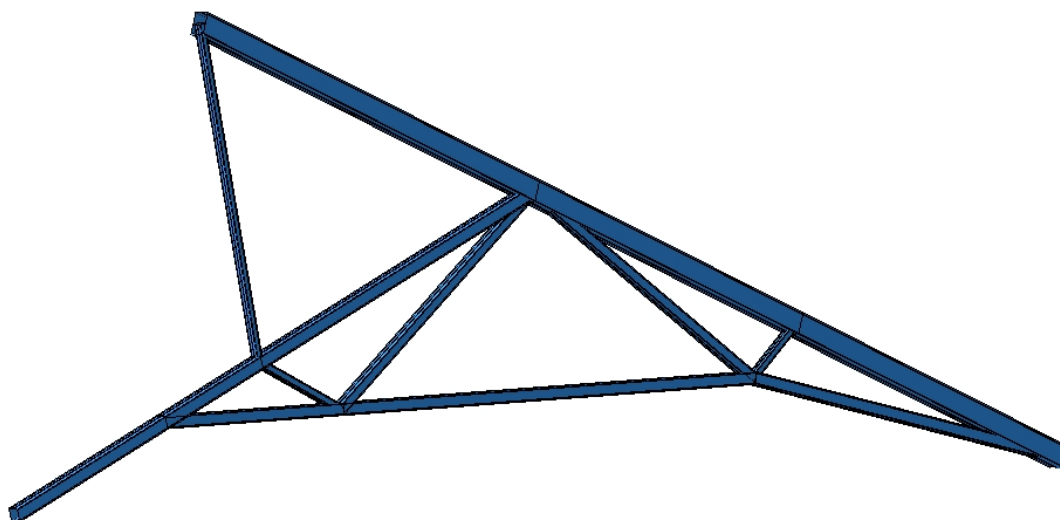
За правилами уніфікації в конструкції має бути:

- до 6 видів профілів;
- мінімальна товщина профілю – 3 мм;
- різниця товщин профілів одного розміру – мінімум 3 мм;
- для гарячекатаних циліндричних труб мінімальний розмір профіля – 57x4 мм;
- для гарячекатаних профілів різниця ширини елементів решітки та елементів поясів має бути не менше 40 мм. У нашому випадку:

$$200 - 92 = 108 \text{ мм.}$$

Гарячекатані профілі підібрані за ДСТУ 7809:2015. [13]

$M_{\text{прям}} = 5352 \text{ кг}$  – маса ферми з коробки швелерів.



									Арк.
									63
Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата	170328, гр. ПБ2021			

Рис. 2.5.3.1. – Загальна перспектива ферми з коробки швелерів

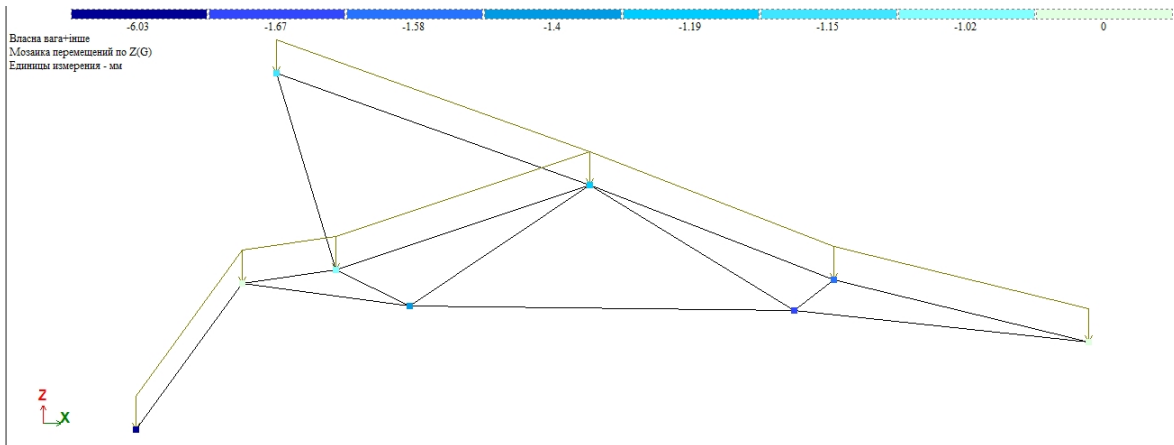


Рис. 2.5.3.2. – Переміщення елементів ферми вздовж осі Z

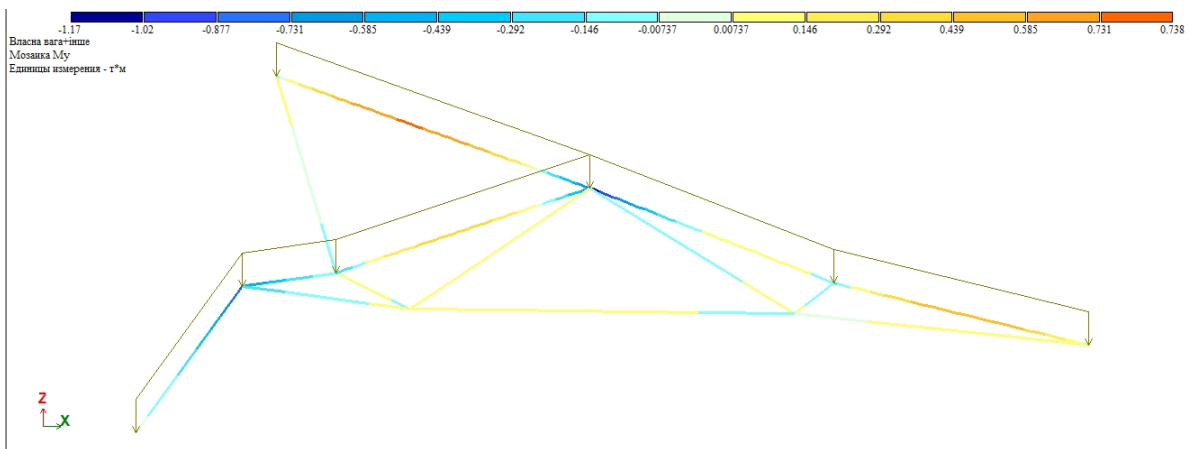


Рис. 2.5.3.3. – Навантаження, спричинені моментами від власної ваги конструкції в сумі з характеристичними навантаженнями на неї

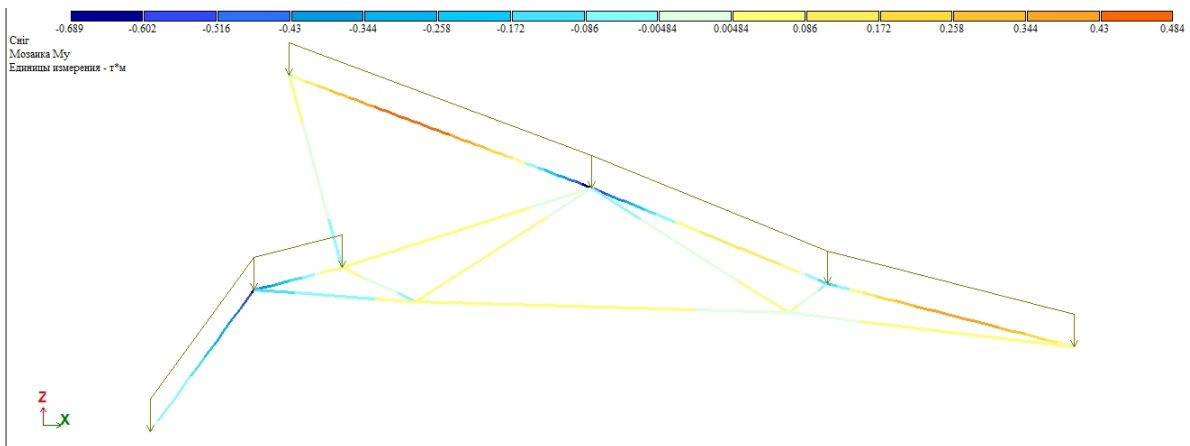


Рис. 2.5.3.4. – Навантаження, спричинені моментами від снігових навантажень на конструкцію

Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата



- для профілів з кутиків мінімальний розмір – 57x57x3 мм;
- для кутиків різниця ширини елементів решітки та елементів поясів має бути не менше 40 мм. У нашому випадку:

$$320 - 250 = 70 \text{ мм.}$$

Гарячекатані профілі підібрані за ДСТУ 7809:2015. [13]

$M_{\text{кут}} = 3445 \text{ кг}$  – маса ферми з подвійних кутиків.

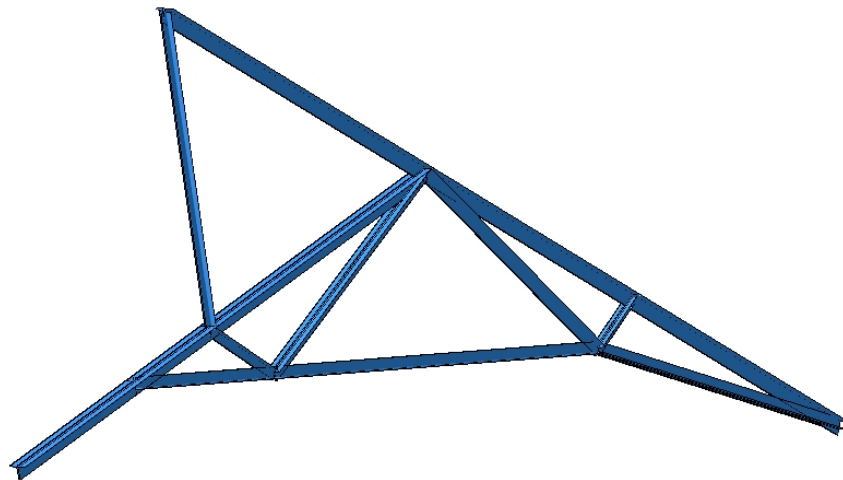


Рис. 2.5.4.1. – Загальна перспектива ферми з подвійних кутиків

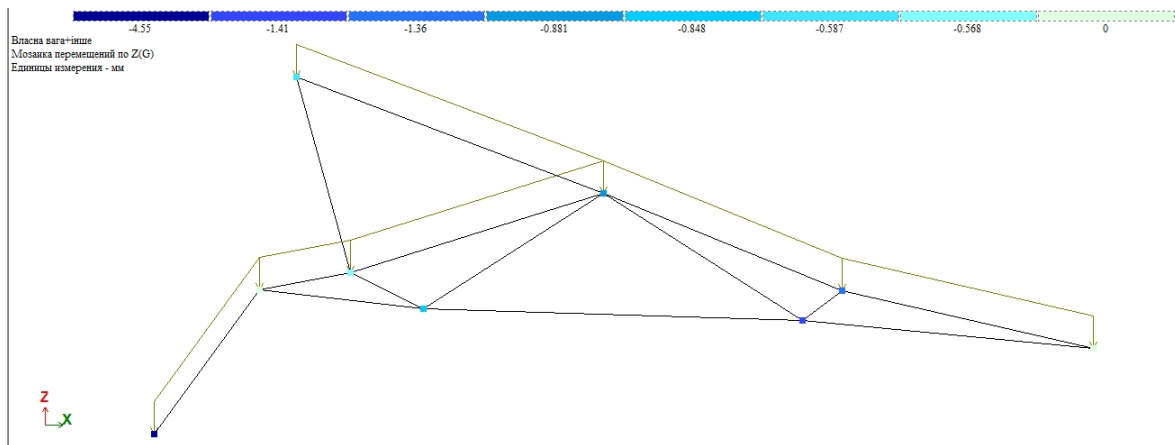


Рис. 2.5.4.2. – Переміщення елементів ферми вздовж осі Z

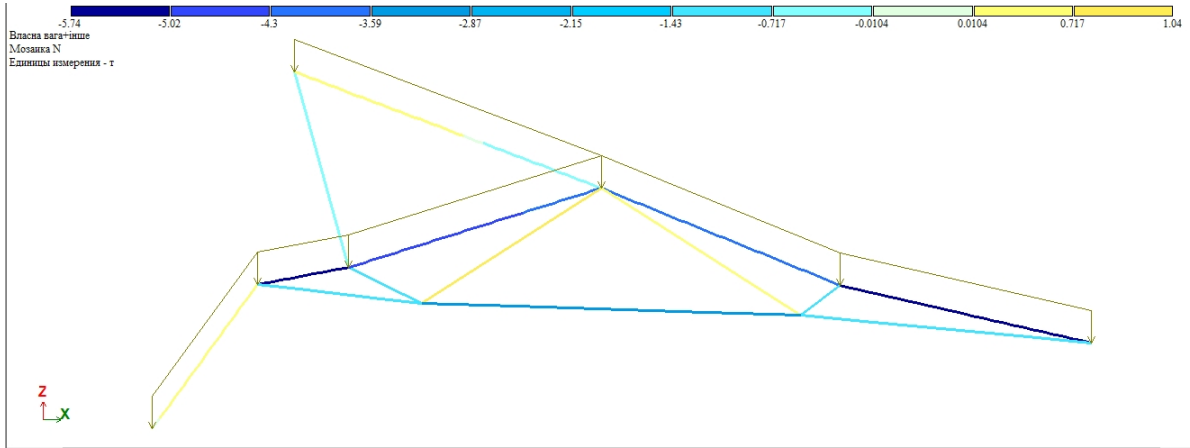


Рис. 2.5.4.3. – Нормальні навантаження в стержнях ферми (власна вага)

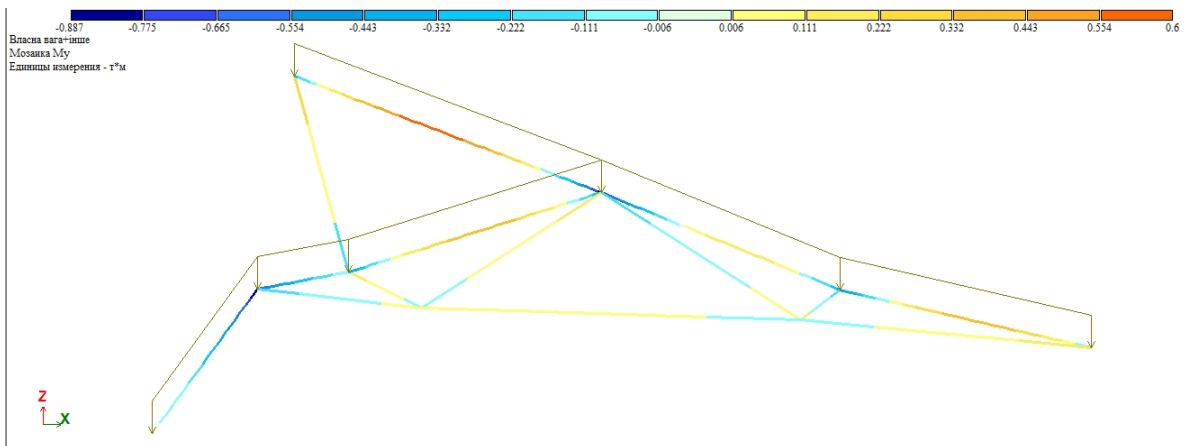


Рис. 2.5.4.4. – Навантаження, спричинені моментами від власної ваги конструкції в сумі з характеристичними навантаженнями на неї

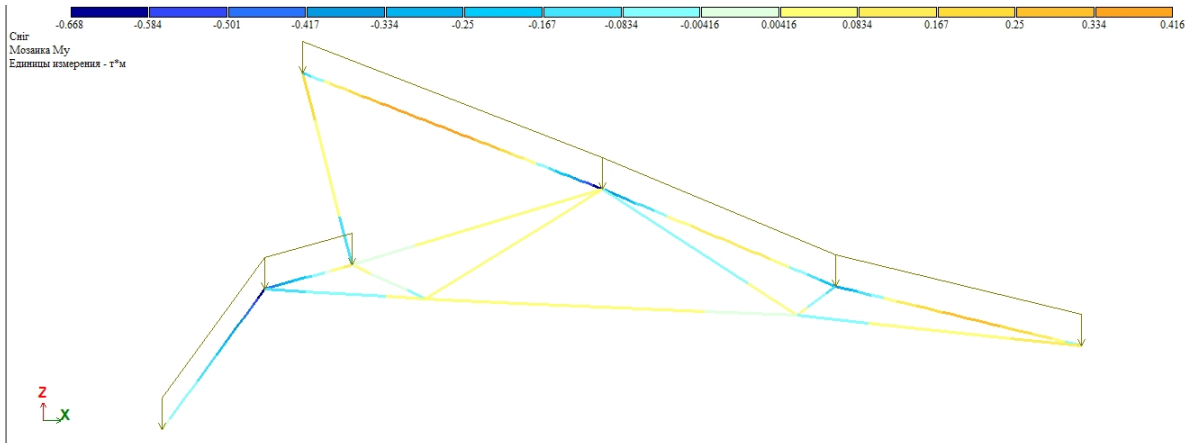


Рис. 2.5.4.5. – Навантаження, спричинені моментами від снігових навантажень на конструкцію

Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата

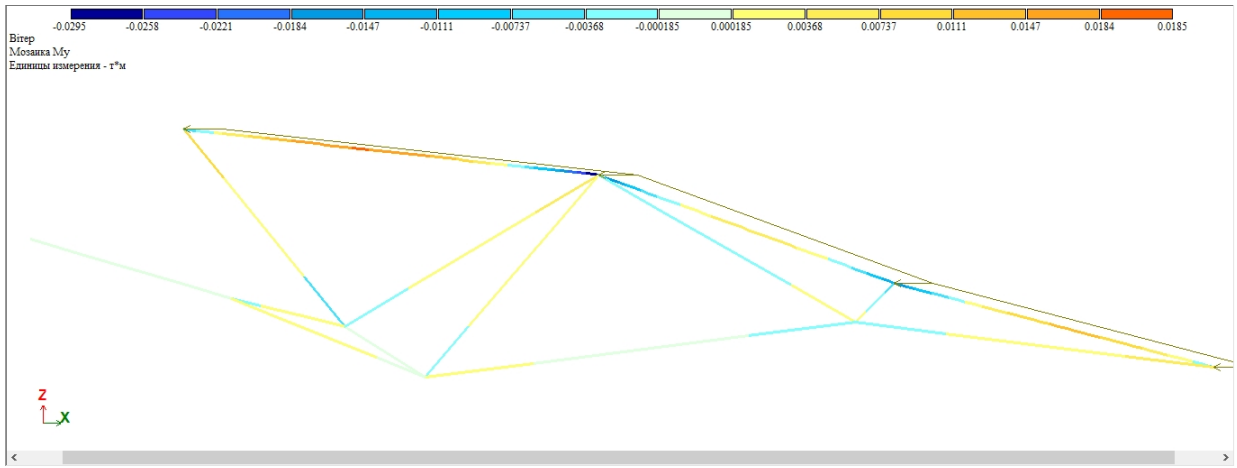


Рис. 2.5.4.6. – Навантаження, спричинені моментами від вітрових навантажень на конструкцію

## 2.6. Співставлення варіантів покрівлі (ферми)

Метою даної роботи є вибір найбільш раціональної конструкції покриття. Для аналізу ефективності та раціональності застосування того чи іншого варіанту необхідно знати його вартість.

Порівняння отриманих варіантів конструювання ферм прольотом 18,7 м за показниками маси та вартості наведено у табл. 6.

Таблиця 6

Співставлення варіантів покрівлі

№ п/п	Конструкція	Сталь	Маса, т	Вартість за 1 т, грн.	Вартість конструкції, грн.
1	Ферма клеєної деревини ДСТУ-Н Б В.2.6-217:2016	Деревина - сосна	1,47	33000	48510
2	Ферма з гарячекатаних циліндричних труб ДСТУ 3667-97	ВСтЗпс4	2,868	27300	78297
3	Ферма з гарячекатаних прямокутних труб	ВСтЗпс4	5,352	74760	400116

Зм.	Кільк.	Арк.	Подок.	Підп.	Дата

170328, гр. ПБ2021

Арк.

68



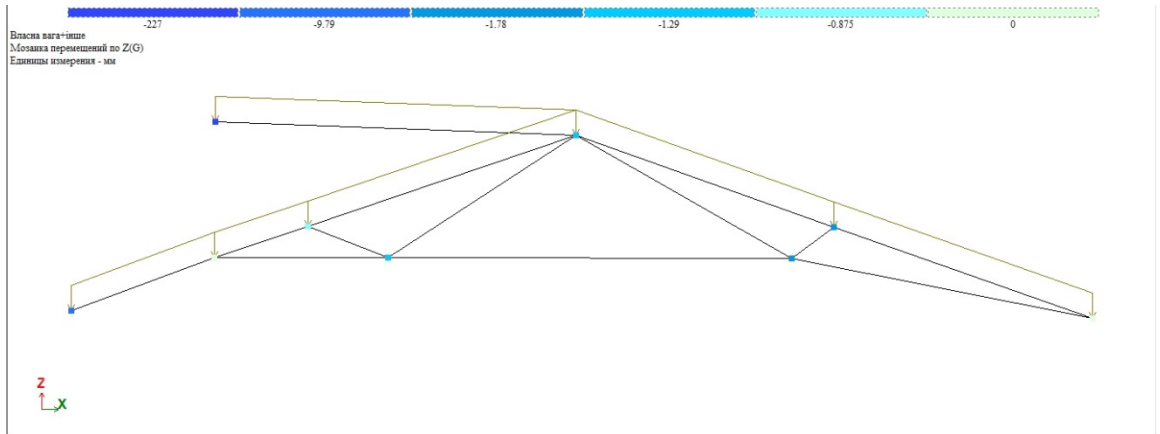


Рис. 2.7.2. - Деформації металевої конструкції без додаткової стійки

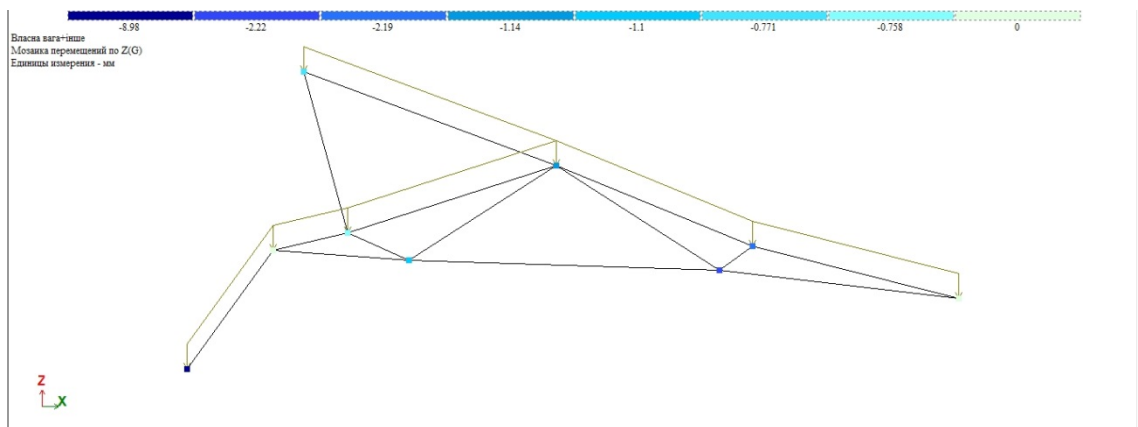


Рис. 2.7.3. - Деформації металевої конструкції з додатковою стійкою

Максимальна деформація найбільш гнучкого дерев'яного елемента верхнього поясу ферми складає лише 0,326 мм, тоді як в металевому виконанні даний стержень прогинається вниз на 227 мм, що складає майже 23 см. Дану ситуацію можна виправити лише введенням додаткового несучого елемента ферми у вигляді допоміжної стійки, яка зменшує даний небезпечний прогин до 8,98 мм, що задовольняє власне як конструктивні так і естетичні вимоги проектування будівель даного комплексу народного господарства. А це в свою чергу, в порівнянні з деревиною, збільшує масу та вартість конструкції.

Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата

## РОЗДІЛ 3. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

### 3.1. Вимоги безпеки праці під час улаштування покрівлі спортивно-оздоровчого комплексу

До складу робіт, що послідовно виконуються при монтажі ферм, входять:

- підготовка місць опору ферм;
- укрупнювальне складання ферм;
- закріплення на фермі розпірок, відтяжок і монтажних сходів;
- встановлення готових ферм на опорні поверхні;
- вивірка і закріплення ферм у проектному положенні.

Відповідно до специфіки виконання будівельних робіт з монтажу кроквяної конструкції покрівлі обраного спортивно оздоровчого комплексу чинним нормативно-правовим документом передбачені наступні **небезпечні фактори**:

- виникнення пожежі;
- падіння вантажу під час його монтажу або переміщення;
- надмірний рівень шуму в межах будівельного майданчику;
- дія електричного струму;
- запиленість будівельного майданчику;
- падіння робітника під час монтажу конструкції з висоти вище 1,3 м над рівнем стійкої опорної поверхні;
- загазованість довколишньої атмосфери;
- несприятливі кліматичні умови тощо.

При здійсненні робіт з монтажу ферм необхідно дотримуватися вимог таких нормативних документів:

- НПАОП 45.2-7.02-12 «Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення» (ДБН). [14]
- НПАОП 45.2-1.02-90 «Правила з охорони праці при будівництві та ремонті об'єктів житлово-комунального господарства». [15]

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							71
Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата		

- НПАОП 0.00-1.80-18 «Правила охорони праці при експлуатації вантажопідйомних кранів, підйомних пристроїв та відповідного обладнання». [16]

При монтажі ферм повинні дотримуватися такі вимоги:

- складання та монтаж ферм повинні проводитися під керівництвом інженерно-технологічного персоналу;
- при монтажі ферм монтажний кран повинен підтримувати їх до повного їх тимчасового закріплення;
- всі монтажні механізми і пристосування повинні ретельно перевірятися, а стропи і троси випробовуватися.

При роботі на об'єкті будівництва кількох організацій необхідно передбачити заходи з безпеки праці відповідно до «Положення про взаємини організацій - генеральних підрядників та субпідрядних організацій».

Всі новопризначені в організації (підприємства) робітники можуть бути допущені до роботи лише після проходження ввідного інструктажу та первинного інструктажу на робочому місці з охорони праці незалежно від характеру та ступеня небезпеки виробництва. Усі види інструктажу та навчання з безпеки праці слід проводити та реєструвати відповідно до НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання та перевірки знань з питань охорони праці». [17]

Робітники, керівники, фахівці та службовці мають бути забезпечені спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту, що відповідають ДСТУ 7239:2011 «Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація». [18]

Робочі місця та підходи до них мають бути висвітлені відповідно до вимог ДСТУ Б А.3.2-15:2011 «Система стандартів безпеки праці. Норми освітлення будівельних майданчиків (ГОСТ 12.1.046-85, MOD)». [19] Освітленість повинна бути рівномірною, без осліплення працівників

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							72
Зм.	Кільк.	Арк.	№додк.	Підп.	Дата		

освітлювальними приладами. Виробництво робіт у неосвітлених місцях не допускається.

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

### **3.1.1. Монтаж ферми покрівлі**

#### **До початку виконання робіт слід:**

- визначити місця складування та зберігання матеріалів, обладнання, інструменту на будівельному майданчику;
- встановити підмости;
- забезпечити об'єкт питною та технічною водою;
- встановити знаки безпеки в місцях, що становлять небезпеку в процесі переміщення людей;
- обладнати місця відпочинку робітників;
- забезпечити всіх працюючих індивідуальними засобами захисту.

#### **Перед початком роботи перевіряється:**

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

Бортова дошка повинна бути висотою не менше 150 мм від рівня настилу. На настилах, перилах сходів не повинно стирчати цвяхів і скоб. Настили повинні бути очищені від сміття. Сходи, трапи і містки повинні бути обладнані пристроями для закріплення запобіжних поясів.

До початку робіт на висоті 1,3м і більше від поверхні основи робітникам потрібне обов'язкове закріплення страхувальним поясом з подовжувачем за конструкції зазначені майстром або виконробом. [21]

Після встановлення конструкції в проектне положення необхідно провести її закріплення (постійне або тимчасове) згідно з вимогами проекту.

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							73
Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата		

При цьому повинна бути забезпечена стійкість і нерухомість змонтованої конструкції при впливі монтажних і вітрових навантажень. Кріплення слід робити за раніше закріплені конструкції, забезпечуючи геометричну незмінюваність монтованої будівлі (споруди).

Тимчасове кріплення монтованих конструкцій дозволяється знімати тільки після їх постійного закріплення відповідно до вимог проекту, монтованої будівлі (споруди). [21]

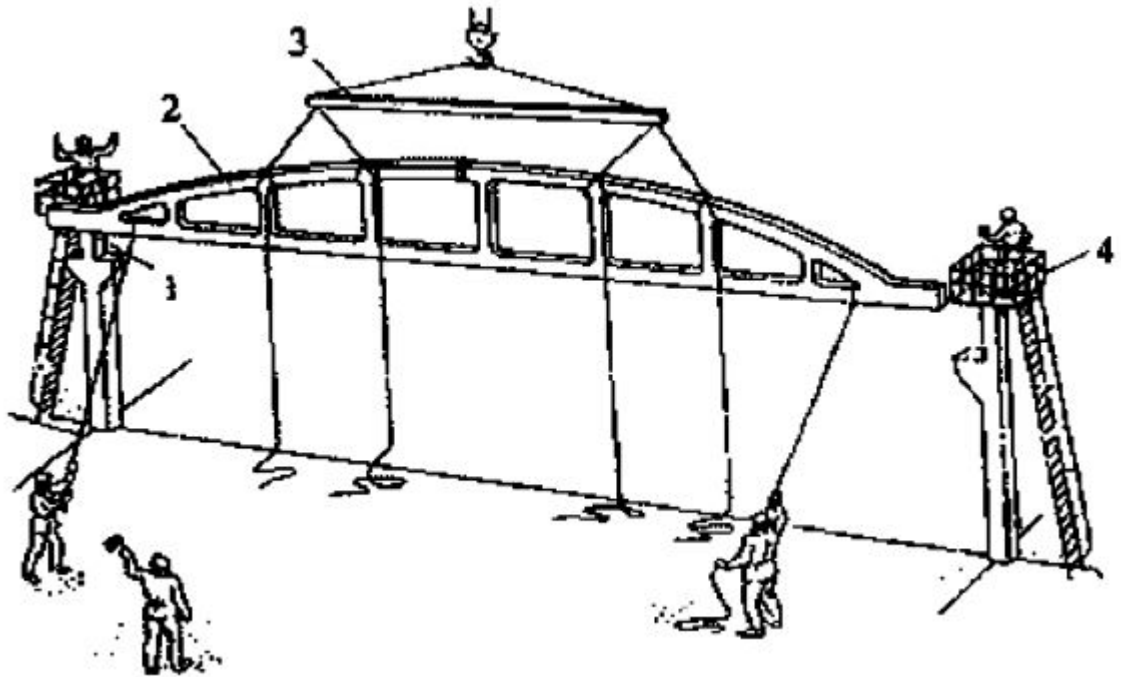


Рис. 3.1.1. – Встановлення та закріплення ферми на опорах колони: 1 – відтяжка; 2 – ферма; 3 – траверса; 4 – драбина з монтажним майданчиком.

### 3.1.2. Машини та механізми для монтажу ферми

Монтаж ферм здійснюється за допомогою монтажного крана, здатного забезпечити необхідну вантажопідйомність на встановленому вильоті стріли. Монтажник кран підбирається безпосередньо при прив'язці типової технологічної карти до конкретних умов здійснення робіт.

Вибір монтажного крана проводять шляхом знаходження трьох основних характеристик: необхідної висоти підйому гака (монтажна висота), вантажопідйомності (монтажна маса) і вильоту стріли. [21]

Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата

### 3.1.3. Небезпечні фактори

Відповідно до НПАОП 0.00-1.15-07 «Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті» [20] небезпечними факторами на виробництві визначаються небезпечні ситуації пов'язані з пошкодженням здоров'я працівника під час виконання його службових обов'язків.

### 3.1.4. Вимоги безпеки

**При установці елементів будівельних конструкцій у проектне положення монтажники зобов'язані:**

а) виробляти наводку конструкції на місце встановлення, не застосовуючи значних фізичних зусиль;

б) здійснювати остаточне суміщення розбивочних і геометричних осей за допомогою спеціального інструменту. Перевіряти збіг отворів пальцями рук не допускається.

в) проводити монтаж тільки з робочих місць зазначених у кресленнях.

Після встановлення конструкції в проектне положення необхідно провести її закріплення (постійне або тимчасове) згідно з вимогами проекту. При цьому повинна бути забезпечена стійкість і нерухомість змонтованої конструкції при впливі монтажних і вітрових навантажень. [21]

Тимчасове кріплення монтованих конструкцій дозволяється знімати тільки після їх постійного закріплення відповідно до вимог проекту.

На період всього часу роботи, монтажник зобов'язаний бути постійно пристебнутий страховим спорядженням до основних або додаткових вузлів кріплення запобіжних поясів.

Перебудова без закріплення рятувального спорядження за страховою оснастку - заборонена. [21]

У процесі експлуатації знімні пристосування для захоплення вантажу і тара повинні піддаватися періодичному огляду у встановлені терміни, але не рідше ніж:

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							75
Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата		

- траверси - через кожні 6 місяців;
- стропи і тара - через кожні 10 днів;
- кліщі та інші захоплення - через 1 місяць.

### **3.2. Дія працівників в аварійних ситуаціях та перша допомога**

Виробнича аварія - це раптова зупинка роботи або порушення установленого процесу виробництва на об'єкті, яка призводить до пошкодження або знищення матеріальних цінностей, травмування або загибелі людей.

Роботодавець зобов'язаний організувати розслідування нещасних випадків та вести їх облік, для моніторингу причин, які зумовили виникнення надзвичайної ситуації на виробництві.

Розслідування проводиться відразу після виникнення аварійної ситуації, яка створила чи могла створити загрозу життю та здоров'ю працівників або населення, внаслідок якої зруйновано або порушено роботу машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки, на які необхідно отримувати відповідний дозвіл (або подавати декларацію) згідно з Порядком видачі дозволів на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 26 жовтня 2011 р. № 1107. [22]

Випадки порушення технологічних процесів, роботи устаткування, тимчасової зупинки виробництва засобами автоматичного захисту та інші локальні порушення у роботі цехів, дільниць та окремих об'єктів, падіння опор та обрив проводів ліній електропередачі не належать до аварій, що мають категорію, та розслідуються підприємством (установою, організацією) в устанавленому законодавством порядку без залучення посадових осіб територіальних органів Держпраці.

Про аварію очевидець повинен негайно повідомити безпосередньому керівникові робіт або іншій посадовій особі підприємства (установи,

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							76
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата		

організації), які зобов'язані поінформувати роботодавця для негайного введення в дію плану локалізації та ліквідації аварійних ситуацій та аварій (у разі наявності). [24]

Роботодавець або особа, яка керує виробництвом під час зміни, зобов'язані діяти згідно з планом локалізації та ліквідації аварій, вжити першочергових заходів до рятування потерпілих і надання їм першої медичної допомоги, локалізації аварії, встановлення меж небезпечної зони та обмеження доступу до неї людей, збереження до прибуття комісії з розслідування аварії обстановки на місці події.

Роботодавець зобов'язаний негайно повідомити про аварію територіальному органу Держпраці, органу управління чи наглядовій раді підприємства (у разі її утворення), місцевій держадміністрації, територіальному органу ДСНС, територіальним (відокремленим) підрозділам поліції за місцем виникнення аварії та відповідному профспілковому органу, а у разі травмування або загибелі працівників також відповідному робочому органу Фонду.

У разі коли аварія сталася через проектні недоробки або конструктивні недоліки устаткування, для участі в роботі комісії з розслідування аварії залучаються представники підприємства (установи, організації) - розробника такого устаткування (якщо підприємство (установа, організація) ліквідовано, а правонаступника немає, можуть залучатися підприємства (установи, організації), аналогічні за профілем розробників устаткування). [24]

### **Дія працівників при падінні крану**

За НПАОП 0.00-1.80-18 «Правил охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання» [16] будь-яка надзвичайна ситуація, яка пов'язана з падінням вантажу, перекиданням чи зіткненням обладнання може відбуватися внаслідок ряду чинників, які повинні бути попередженими з-за допомогою

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							77
Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата		

ряду запобіжних заходів безпечного виконання робіт. До даних факторів ризику відносяться:

- можливість зіткнення кількох вантажопідіймальних кранів чи машин;
- недостатня стійкість обладнання;
- неконтрольована амплітуда руху механізмів та її складових;
- непередбачуваний чи несподіваний рух вантажу;
- неконтрольоване перевантаження, завантаження, надмірне перебільшення перекидного моменту вантажу;
- невідповідні для певного виду й способу виконання робіт пристрої для захоплення вантажів різноманітного характеру, себто тара, матеріали, будівельні інструменти, прилади, тощо.

Згідно постанові Кабінету Міністрів України №337 від 17 квітня 2019 року «Про затвердження Порядку розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві» [23]:

У разі падіння крану першочергово потрібно припинити будь-які види робіт, пов'язаних з його використанням, та негайно надати першу допомогу постраждалим працівникам, які були задіяні в проведенні відповідних робіт, й викликати загін швидкої допомоги. А також повідомити про аварію виконуючого роботи чи відповідального за виконання робіт, в обов'язки яких входить інформування Роботодавця про небезпечну ситуацію.

### **Перша допомога**

Перша медична допомога являє собою комплекс термінових заходів, проведених при нещасних випадках і раптових захворюваннях, спрямованих :

- на припинення дії шкідливого фактора, на усунення явищ, що загрожують життю,
- на полегшення страждань і підготовку потерпілого до відправки в лікувальний заклад. [24]

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							78
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

Перша медична допомога - це найпростіші медичні дії, що виконуються безпосередньо на місці події в найкоротші терміни після травми. Вона виявляється, як правило, не медиками, а працівниками, які перебувають у момент події безпосередньо на місці події або поблизу від нього.

Вважається оптимальним терміном надання першої медичної допомоги - 30 хвилин після травми. [24]

### **Перша допомога при пораненні**

Всяка рана легко може забруднитися мікробами, що знаходяться на предметі, що ранить, на шкірі потерпілого, а також у пилу, землі, що на руках надає допомогу і на брудному перев'язувальному матеріалі. [24]

### **Перша допомога при переломах, вивихах, забої та розтягнення зв'язок**

1. При переломах, вивихах, розтягненні зв'язок та інших травмах потерпілий відчуває гострий біль, що різко посилюється при спробі змінити положення пошкодженої частини тіла. Іноді відразу впадає в око неприродне становище кінцівки і викривлення її (при переломі) в незвичному місці. [24]

2. Найголовнішим моментом в наданні першої допомоги як при відкритому переломі (після зупинки кровотечі та накладення стерильної пов'язки), так і при закритому є іммобілізація (створення спокою) пошкодженої кінцівки. Це значно зменшує біль і запобігає подальшому зміщенню кісткових осколків. Для іммобілізації використовуються готові шини, а також палиця, дошка, лінійка, шматок фанери і т. п.

3. При закритому переломі не слід знімати з потерпілого одяг - шину потрібно накладати поверх неї.

4. До місця травми необхідно прикладати холод (гумовий міхур з льодом, снігом, холодною водою, холодні примочки тощо) для зменшення болю. [24]

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							79
Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата		

## ВИСНОВКИ

1. В роботі проаналізовані види покрівель спортивних споруд та найпоширеніші матеріали для виготовлення даного типу конструкцій в сучасному будівництві й, відповідно, співставленні для порівняння всі переваги та недоліки обраних комбінацій виконання базового конструктивного елементу покрівельної системи – кроквяної ферми;

2. Завдяки найпоширенішому розрахунковому комплексу ЛІРА-САПР 2017 R3 прорахована для обраної будівлі схема відповідальної несучої кроквяної ферми у кількох варіантах виконання з елементів, які сформовані з різних матеріалів та різноманітної конфігурації їх перерізів. Зокрема, були розглянуті варіанти дерев'яної ферми з елементами прямокутного перерізу та три варіанти виконання ферми з сталевих фасонних виробів (циліндричної гарячекатаної труби, коробки швелерів та подвійного кутика);

3. Для варіантів виконання ферми з металевих профілів було прийняте рішення додати до розрахункової схеми у якості опорної стійки додаткового стрижня для однієї з двох консольних частин системи, яка формує архітектурно виразний світловий ліхтар будівлі, для забезпечення виконання конструктивних вимог стійкості та, як наслідок, міцності схеми через особливості даного матеріалу;

4. Варіант виконання саме дерев'яної ферми з прямокутними перерізами її складових елементів є найбільш раціональним як за інженерними характеристиками системи (такими, як вага конструкції, спосіб її виготовлення, монтажу, спосіб сприйняття навантаження, тощо), так і за економічними міркуваннями. Дерев'яна ферма коштує в 1,6 разів менше за найдешевший варіант виконання з сталеві циліндричної труби та важить в 2 рази менше, тобто сама конструкція виходить й більш економічною й легшою.

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							80
Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата		

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Державний класифікатор будівель та споруд ДК 018-2000 – чинний від 01.01.2001р. – 52 с.;
2. Фізкультурно-спортивні споруди під редакцією Л.В. Арістової – М.: Видавництво «СпорАкадемПрес», 1999 – 536 с., ил;
3. Спорт в Україні [Текст] [Електрон. ресурс] / Режим доступу - [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82\\_%D0%B2\\_%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D1%96](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82_%D0%B2_%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D1%96)
4. Інженерні конструкції. Підручник для внз за спец. «Архітектура І62 текстура» під редакцією В.В. Ермолова – М.: Вища школа, 1991 – 408 с., ил;
5. Дерев'яні конструкції (прикладні розрахунки та конструювання) [Текст] / В.А. Іванов, Л.П. Куницький та ін. - Державне видавництво Літератури зі сторительства та архітектури УРСР, 1960 – 540 с.;
6. Конспект лекцій з дисципліни «Методи аналізу, моделювання та оптимізації процесів ОМТ», Укл. С.В. Єршов. - Кам'янське, ДДТУ. - 2016. - 60 с.;
7. Основи методу скінченних елементів: Навчальний посібник. – Дубенець В.Г., Хільчевський В.В., Савченко О.В. - Чернігів: ЧДТУ, 2007. – 288 с.;
8. Lider (ДНУЗТ), Курс «Автоматизоване проектування» [Текст] [Електрон. ресурс] / Режим доступу - <https://lider.diit.edu.ua/mod/lesson/view.php?id=38183>
9. Програмне забезпечення ЛІРА-САІР (офіційна сторінка) [Текст] [Електрон. ресурс] / Режим доступу - <https://www.liraland.ua/lira/>
10. ДБН В.1.2-2:2006 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження та впливи. Норми проектування. Зміна №1.» – чинний від 01.01.2017р. – 75 с.;
11. ДБН В.2.6-161:20 «Дерев'яні конструкції. Основні положення» - чинний від 01.02.2018р. – 105 с.;

										Арк.
										81
Зм.	Кільк.	Арк.	№додк.	Підп.	Дата	170328, гр. ПБ2021				

12. ДСТУ 8934:2019 «Труби безшовні гарячедеформовані з корозійнотривких сталей і сплавів. Технічні умови» - чинний від 01.01.2021

13. ДСТУ 7809:2015 «Прокат сортової, калібрований зі спеціальним оздобленням поверхні з вуглецевої якісної конструкційної сталі. Загальні технічні умови» - чинний від 01.04.2016р. – 25 с.;

14. НПАОП 45.2-7.02-12 «Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення» (ДБН) - чинний від 01.04.2012р. – 122 с.;

15. НПАОП 45.2-1.02-90 «Правила з охорони праці при будівництві та ремонті об'єктів житлово-комунального господарства» - чинний від 01.01.1990 р. – 299 с.;

16. НПАОП 0.00-1.80-18 Правила охорони праці при експлуатації вантажопідйомних кранів, підйомних пристроїв та відповідного обладнання

17. НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання та перевірки знань з питань охорони праці» - чинний від 14.04.2017 р. – 36 с.;

18. ДСТУ 7239:2011 «Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація» - чинний від 01.08.2011 р. – 10 с.;

19. ДСТУ Б А.3.2-15:2011 «Система стандартів безпеки праці. Норми освітлення будівельних майданчиків (ГОСТ 12.1.046-85, MOD)» - чинний від 01.12.2012 р. – 31 с.;

20. НПАОП 0.00-1.15-07. «Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті» - чинний від 15.06.2007 р. – 72с.;

21. Типова технологічна карта на монтаж металевих ферм на колони [Текст] [Електрон. ресурс] / Режим доступу - <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293788/4293788423.pdf>

22. НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання та перевірки знань з питань охорони праці» - чинний 14.04.2017 р. – 31 с.;

										Арк.
										82
Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата	170328, гр. ПБ2021				

22. Постанова Кабінету Міністрів України від 26.10.2011 №1107 «Про затвердження Порядку видачі дозволів на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки» – 10 с.;

23. Постанова Кабінету Міністрів України від 17.04.2019 № 337 «Порядок проведення розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві» – 81 с.;

24. Інструкція з надання першої (долікарської) допомоги постраждалим при нещасних випадках на виробництві [Текст] [Електрон. ресурс] / Режим доступу - [http://security.isu.ru/ru/complex/labour\\_protection/methodical/instrukciya\\_dovra\\_chebnaya\\_pomossh.pdf](http://security.isu.ru/ru/complex/labour_protection/methodical/instrukciya_dovra_chebnaya_pomossh.pdf)

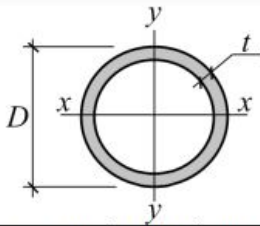
25. ДСТУ 8769:2018 Кутики сталеві гарячекатані нерівнополичні. Сортамент. (ГОСТ 8510-86) – чинний від 01.01.2019 р. – 9 с.,

26. ДСТУ 3436-96 Швеллери сталеві гарячекатані. Сортамент (ГОСТ 8240-97) – чинний від 01.01.1999 р. – 36 с.,

27. ГОСТ 8732-78 Труби сталеві безшовні. Сортамент – чинний від 22.03.1978 р. – 1с.

						170328, гр. ПБ2021	Арк.
							83
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підп.	Дата		

## ДОДАТОК А. Сортамент



**2.15. Труба безшовна**  
(за ГОСТ 8732-78\* [10])

Приклад позначення:

○ 152×3,8

Умовні позначення:  
*D* – діаметр зовнішній (труби);  
*t* – товщина стінки (труби);  
*I* – момент інерції;  
*W* – момент опору;  
*i* – радіус інерції.

Геометричні розміри		Площа перерізу, см <sup>2</sup>	Довідкові величини для осей <i>x-x</i> та <i>y-y</i>			Маса 1 м, кг
<i>D</i> , мм	<i>t</i> , мм		<i>I</i> , см <sup>4</sup>	<i>W</i> , см <sup>3</sup>	<i>i</i> , см	
25	2,5	1,77	1,13	0,91	0,80	1,39
	2,8	1,95	1,22	0,98	0,79	1,53
	3,0	2,07	1,28	1,02	0,79	1,63
	3,5	2,36	1,40	1,12	0,77	1,86
	4,0	2,64	1,51	1,21	0,76	2,07
	4,5	2,90	1,60	1,28	0,74	2,28
	5,0	3,14	1,67	1,34	0,73	2,47
	5,5	3,37	1,73	1,38	0,72	2,65
	6,0	3,58	1,78	1,42	0,70	2,81
	7,0	3,96	1,85	1,48	0,68	3,11
8,0	4,27	1,89	1,51	0,66	3,35	
28	2,5	2,00	1,64	1,17	0,91	1,57
	2,8	2,22	1,78	1,27	0,90	1,74
	3,0	2,36	1,87	1,33	0,89	1,85
	3,5	2,69	2,06	1,47	0,88	2,11
	4,0	3,02	2,23	1,59	0,86	2,37
	4,5	3,32	2,38	1,70	0,85	2,61
	5,0	3,61	2,50	1,79	0,83	2,84
	5,5	3,89	2,61	1,86	0,82	3,05
	6,0	4,15	2,70	1,93	0,81	3,26
	7,0	4,62	2,83	2,02	0,78	3,63
8,0	5,03	2,92	2,08	0,76	3,95	

Геометричні розміри		Площа перерізу, см <sup>2</sup>	Довідкові величини для осей <i>x-x</i> та <i>y-y</i>			Маса 1 м, кг
<i>D</i> , мм	<i>t</i> , мм		<i>I</i> , см <sup>4</sup>	<i>W</i> , см <sup>3</sup>	<i>i</i> , см	
32	2,5	2,32	2,54	1,59	1,05	1,82
	2,8	2,57	2,76	1,73	1,04	2,02
	3,0	2,73	2,90	1,82	1,03	2,15
	3,5	3,13	3,23	2,02	1,02	2,46
	4,0	3,52	3,52	2,20	1,00	2,76
	4,5	3,89	3,77	2,36	0,99	3,05
	5,0	4,24	4,00	2,50	0,97	3,33
	5,5	4,58	4,19	2,62	0,96	3,59
	6,0	4,90	4,36	2,73	0,94	3,85
	7,0	5,50	4,63	2,89	0,92	4,32
8,0	6,03	4,83	3,02	0,89	4,74	
38	2,5	2,79	4,41	2,32	1,26	2,19
	2,8	3,10	4,83	2,54	1,25	2,43
	3,0	3,30	5,09	2,68	1,24	2,59
	3,5	3,79	5,70	3,00	1,23	2,98
	4,0	4,27	6,26	3,29	1,21	3,35
	4,5	4,74	6,76	3,56	1,20	3,72
	5,0	5,18	7,22	3,80	1,18	4,07
	5,5	5,62	7,63	4,01	1,17	4,41
	6,0	6,03	7,99	4,21	1,15	4,74
	7,0	6,82	8,61	4,53	1,12	5,35
8,0	7,54	9,09	4,78	1,10	5,92	

Геометричні розміри		Площа перерізу, см <sup>2</sup>	Довідкові величини для осей <i>x-x</i> та <i>y-y</i>			Маса 1 м, кг
<i>D</i> , мм	<i>t</i> , мм		<i>I</i> , см <sup>4</sup>	<i>W</i> , см <sup>3</sup>	<i>i</i> , см	
42	2,5	3,10	6,07	2,89	1,40	2,44
	2,8	3,45	6,66	3,17	1,39	2,71
	3,0	3,68	7,03	3,35	1,38	2,89
	3,5	4,23	7,91	3,77	1,37	3,32
	4,0	4,78	8,71	4,15	1,35	3,75
	4,5	5,30	9,45	4,50	1,34	4,16
	5,0	5,81	10,13	4,82	1,32	4,56
	5,5	6,31	10,74	5,11	1,31	4,95
	6,0	6,79	11,30	5,38	1,29	5,33
	7,0	7,70	12,26	5,84	1,26	6,04
8,0	8,55	13,03	6,21	1,23	6,71	
9,0	9,33	13,65	6,50	1,21	7,32	
10,0	10,05	14,12	6,73	1,19	7,89	
45	2,5	3,34	7,56	3,36	1,51	2,62
	2,8	3,71	8,30	3,69	1,50	2,91
	3,0	3,96	8,77	3,90	1,49	3,11
	3,5	4,56	9,89	4,40	1,47	3,58
	4,0	5,15	10,93	4,86	1,46	4,04
	4,5	5,73	11,88	5,28	1,44	4,49
	5,0	6,28	12,76	5,67	1,43	4,93
	5,5	6,83	13,57	6,03	1,41	5,36
	6,0	7,35	14,31	6,36	1,40	5,77
	7,0	8,36	15,60	6,93	1,37	6,56
8,0	9,30	16,66	7,40	1,34	7,30	
9,0	10,18	17,52	7,79	1,31	7,99	
10,0	11,00	18,21	8,09	1,29	8,63	
50	2,5	3,73	10,55	4,22	1,68	2,93
	2,8	4,15	11,60	4,64	1,67	3,26
	3,0	4,43	12,28	4,91	1,67	3,48
	3,5	5,11	13,90	5,56	1,65	4,01
	4,0	5,78	15,41	6,16	1,63	4,54

Геометричні розміри		Площа перерізу, см <sup>2</sup>	Довідкові величини для осей <i>x-x</i> та <i>y-y</i>			Маса 1 м, кг	
<i>D</i> , мм	<i>t</i> , мм		<i>I</i> , см <sup>4</sup>	<i>W</i> , см <sup>3</sup>	<i>i</i> , см		
50	4,5	6,43	16,81	6,72	1,62	5,05	
	5,0	7,07	18,11	7,25	1,60	5,55	
	5,5	7,69	19,32	7,73	1,59	6,04	
	6,0	8,29	20,44	8,18	1,57	6,51	
	7,0	9,46	22,43	8,97	1,54	7,42	
	8,0	10,56	24,12	9,65	1,51	8,29	
	9,0	11,59	25,53	10,21	1,48	9,11	
	10,0	12,57	26,70	10,68	1,46	9,87	
	54	3,0	4,81	15,68	5,81	1,81	3,77
		3,5	5,55	17,79	6,59	1,79	4,36
4,0		6,28	19,76	7,32	1,77	4,93	
4,5		7,00	21,61	8,00	1,76	5,49	
5,0		7,70	23,34	8,64	1,74	6,04	
5,5		8,38	24,96	9,24	1,73	6,58	
6,0		9,05	26,46	9,80	1,71	7,10	
7,0		10,34	29,17	10,80	1,68	8,11	
8,0		11,56	31,50	11,67	1,65	9,08	
9,0		12,72	33,49	12,41	1,62	9,99	
10,0	13,82	35,18	13,03	1,60	10,85		
57	11,0	14,86	36,59	13,55	1,57	11,67	
	3,0	5,09	18,61	6,53	1,91	4,00	
	3,5	5,88	21,14	7,42	1,90	4,62	
	4,0	6,66	23,52	8,25	1,88	5,23	
	4,5	7,42	25,76	9,04	1,86	5,83	
	5,0	8,17	27,86	9,78	1,85	6,41	
	5,5	8,90	29,84	10,47	1,83	6,99	
	6,0	9,61	31,69	11,12	1,82	7,55	
	7,0	11,00	35,03	12,29	1,79	8,63	
	8,0	12,32	37,95	13,31	1,76	9,67	
9,0	13,57	40,46	14,20	1,73	10,65		
10,0	14,77	42,62	14,95	1,70	11,59		

Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата
-----	--------	------	--------	-------	------

170328, гр. ПБ2021

Арк.

84

Геометричні розміри		Площа перерізу, см <sup>2</sup>	Довідкові величини для осей $x-x$ та $y-y$			Маса 1 м, кг
$D$ , мм	$t$ , мм		$I$ , см <sup>4</sup>	$W$ , см <sup>3</sup>	$i$ , см	
57	11,0	15,90	44,45	15,60	1,67	12,48
	12,0	16,96	46,00	16,14	1,65	13,32
63,5	3,0	5,70	26,15	8,24	2,14	4,48
	3,5	6,60	29,79	9,38	2,12	5,18
	4,0	7,48	33,24	10,47	2,11	5,87
	4,5	8,34	36,50	11,50	2,09	6,55
	5,0	9,19	39,60	12,47	2,08	7,21
	5,5	10,02	42,52	13,39	2,06	7,87
	6,0	10,84	45,28	14,26	2,04	8,51
	7,0	12,43	50,34	15,86	2,01	9,75
	8,0	13,95	54,82	17,27	1,98	10,95
	9,0	15,41	58,77	18,51	1,95	12,10
	10,0	16,81	62,24	19,60	1,92	13,19
	11,0	18,14	65,25	20,55	1,90	14,24
	12,0	19,42	67,86	21,37	1,87	15,24
	14,0	21,77	72,02	22,68	1,82	17,09
68	3,0	6,13	32,42	9,54	2,30	4,81
	3,5	7,09	36,99	10,88	2,28	5,57
	4,0	8,04	41,34	12,16	2,27	6,31
	4,5	8,98	45,47	13,37	2,25	7,05
	5,0	9,90	49,41	14,53	2,23	7,77
	5,5	10,80	53,14	15,63	2,22	8,48
	6,0	11,69	56,68	16,67	2,20	9,17
	7,0	13,41	63,22	18,59	2,17	10,53
	8,0	15,08	69,06	20,31	2,14	11,84
	9,0	16,68	74,28	21,85	2,11	13,10
	10,0	18,22	78,90	23,21	2,08	14,30
	11,0	19,70	82,98	24,41	2,05	15,46
	12,0	21,11	86,56	25,46	2,02	16,57
	14,0	23,75	92,39	27,17	1,97	18,64
	16,0	26,14	96,71	28,44	1,92	20,52

Геометричні розміри		Площа перерізу, см <sup>2</sup>	Довідкові величини для осей $x-x$ та $y-y$			Маса 1 м, кг
$D$ , мм	$t$ , мм		$I$ , см <sup>4</sup>	$W$ , см <sup>3</sup>	$i$ , см	
70	3,0	6,31	35,50	10,14	2,37	4,96
	3,5	7,31	40,53	11,58	2,35	5,74
	4,0	8,29	45,33	12,95	2,34	6,51
	4,5	9,26	49,89	14,26	2,32	7,27
	5,0	10,21	54,24	15,50	2,30	8,02
	5,5	11,14	58,38	16,68	2,29	8,75
	6,0	12,06	62,31	17,80	2,27	9,47
	7,0	13,85	69,58	19,88	2,24	10,88
	8,0	15,58	76,12	21,75	2,21	12,23
	9,0	17,25	81,97	23,42	2,18	13,54
	10,0	18,85	87,18	24,91	2,15	14,80
	11,0	20,39	91,80	26,23	2,12	16,01
	12,0	21,87	95,88	27,39	2,09	17,16
	14,0	24,63	102,58	29,31	2,04	19,33
	16,0	27,14	107,62	30,75	1,99	21,31
	73	3,0	6,60	40,48	11,09	2,48
3,5		7,64	46,26	12,67	2,46	6,00
4,0		8,67	51,78	14,19	2,44	6,81
4,5		9,68	57,04	15,63	2,43	7,60
5,0		10,68	62,07	17,01	2,41	8,39
5,5		11,66	66,87	18,32	2,39	9,16
6,0		12,63	71,43	19,57	2,38	9,91
7,0		14,51	79,92	21,90	2,35	11,39
8,0		16,34	87,58	24,00	2,32	12,82
9,0		18,10	94,48	25,89	2,29	14,21
10,0		19,79	100,67	27,58	2,26	15,54
11,0		21,43	106,19	29,09	2,23	16,82
12,0		23,00	111,10	30,44	2,20	18,05
14,0		25,95	119,27	32,68	2,14	20,37
16,0		28,65	125,53	34,39	2,09	22,49
17,0		29,91	128,04	35,08	2,07	23,48

Геометричні розміри		Площа перерізу, см <sup>2</sup>	Довідкові величини для осей $x-x$ та $y-y$			Маса 1 м, кг
$D$ , мм	$t$ , мм		$I$ , см <sup>4</sup>	$W$ , см <sup>3</sup>	$i$ , см	
73	18,0	31,10	130,20	35,67	2,05	24,42
76	3,0	6,88	45,91	12,08	2,58	5,40
	3,5	7,97	52,50	13,82	2,57	6,26
	4,0	9,05	58,81	15,48	2,55	7,10
	4,5	10,11	64,85	17,07	2,53	7,94
	5,0	11,15	70,62	18,59	2,52	8,76
	5,5	12,18	76,14	20,04	2,50	9,56
	6,0	13,19	81,41	21,42	2,48	10,36
	7,0	15,17	91,23	24,01	2,45	11,91
	8,0	17,09	100,15	26,36	2,42	13,42
	9,0	18,94	108,22	28,48	2,39	14,87
	10,0	20,73	115,49	30,39	2,36	16,28
	11,0	22,46	122,03	32,11	2,33	17,63
	12,0	24,13	127,88	33,65	2,30	18,94
	14,0	27,27	137,71	36,24	2,25	21,41
16,0	30,16	145,37	38,25	2,20	23,68	
17,0	31,51	148,49	39,08	2,17	24,74	
18,0	32,80	151,20	39,79	2,15	25,75	
83	3,5	8,74	69,19	16,67	2,81	6,86
	4,0	9,93	77,65	18,71	2,80	7,79
	4,5	11,10	85,76	20,67	2,78	8,71
	5,0	12,25	93,56	22,54	2,76	9,62
	5,5	13,39	101,04	24,35	2,75	10,51
	6,0	14,51	108,22	26,08	2,73	11,39
	7,0	16,71	121,69	29,32	2,70	13,12
	8,0	18,85	134,04	32,30	2,67	14,80
	9,0	20,92	145,34	35,02	2,64	16,43
	10,0	22,93	155,63	37,50	2,61	18,00
	11,0	24,88	165,00	39,76	2,58	19,53
	12,0	26,77	173,48	41,80	2,55	21,01
	14	30,35	188,04	45,31	2,49	23,82

Геометричні розміри		Площа перерізу, см <sup>2</sup>	Довідкові величини для осей $x-x$ та $y-y$			Маса 1 м, кг
$D$ , мм	$t$ , мм		$I$ , см <sup>4</sup>	$W$ , см <sup>3</sup>	$i$ , см	
83	16,0	33,68	199,75	48,13	2,44	26,44
	17,0	35,25	204,66	49,32	2,41	27,67
	18,0	36,76	209,01	50,36	2,38	28,85
89	3,5	9,40	86,05	19,34	3,03	7,38
	4,0	10,68	96,68	21,73	3,01	8,39
	4,5	11,95	106,92	24,03	2,99	9,38
	5,0	13,19	116,79	26,24	2,98	10,36
	5,5	14,43	126,29	28,38	2,96	11,33
	6,0	15,65	135,43	30,43	2,94	12,28
	7,0	18,03	152,67	34,31	2,91	14,16
	8,0	20,36	168,59	37,88	2,88	15,98
	9,0	22,62	183,25	41,18	2,85	17,76
	10,0	24,82	196,72	44,21	2,82	19,48
	11,0	26,95	209,07	46,98	2,79	21,16
	12,0	29,03	220,36	49,52	2,76	22,70
	14,0	32,99	240,02	53,94	2,70	25,90
	16,0	36,69	256,17	57,57	2,64	28,81
17,0	38,45	263,07	59,12	2,62	30,19	
18,0	40,15	269,25	60,51	2,59	31,52	
20,0	43,35	279,69	62,85	2,54	34,03	
22,0	46,31	287,86	64,69	2,49	36,35	
95	3,5	10,06	105,45	22,20	3,24	7,90
	4,0	11,44	118,60	24,97	3,22	8,98
	4,5	12,79	131,31	27,64	3,20	10,04
	5,0	14,14	143,58	30,23	3,19	11,10
	5,5	15,46	155,43	32,72	3,17	12,14
	6,0	16,78	166,86	35,13	3,15	13,17
	7,0	19,35	188,52	39,69	3,12	15,19
	8,0	21,87	208,62	43,92	3,09	17,16
	9,0	24,32	227,26	47,84	3,06	19,09
	10,0	26,70	244,50	51,47	3,03	20,96

Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата
-----	--------	------	--------	-------	------

170328, гр. ПБ2021

Геометричні розміри		Площа перерізу, см <sup>2</sup>	Довідкові величини для осей x-x та y-y			Маса l м, кг
D, мм	t, мм		I, см <sup>4</sup>	W, см <sup>3</sup>	i, см	
95	11,0	29,03	260,42	54,83	3,00	22,79
	12,0	31,29	275,08	57,91	2,97	24,56
	14,0	35,63	300,90	63,35	2,91	27,97
	16,0	39,71	322,49	67,89	2,85	31,17
	17,0	41,66	331,85	69,86	2,82	32,70
	18,0	43,54	340,34	71,65	2,80	34,18
	20,0	47,12	354,90	74,72	2,74	36,99
	22,0	50,45	366,61	77,18	2,70	39,61
102	3,5	10,83	131,52	25,79	3,48	8,50
	4,0	12,32	148,09	29,04	3,47	9,67
	4,5	13,78	164,14	32,18	3,45	10,82
	5,0	15,24	179,68	35,23	3,43	11,96
	5,5	16,67	194,72	38,18	3,42	13,09
	6,0	18,10	209,28	41,03	3,40	14,21
	7,0	20,89	236,96	46,46	3,37	16,40
	8,0	23,62	262,83	51,53	3,34	18,55
	9,0	26,30	286,95	56,26	3,30	20,64
	10,0	28,90	309,40	60,67	3,27	22,69
	11,0	31,45	330,28	64,76	3,24	24,69
	12,0	33,93	349,64	68,56	3,21	26,63
	14,0	38,70	384,14	75,32	3,15	30,38
	16,0	43,23	413,48	81,07	3,09	33,93
17,0	45,40	426,38	83,60	3,06	35,64	
18,0	47,50	438,20	85,92	3,04	37,29	
20,0	51,52	458,81	89,96	2,98	40,45	
22,0	55,29	475,79	93,29	2,93	43,40	
108	4,0	13,07	176,96	32,77	3,68	10,26
	4,5	14,63	196,30	36,35	3,66	11,49
	5,0	16,18	215,06	39,83	3,65	12,70
	5,5	17,71	233,26	43,20	3,63	13,90
	6,0	19,23	250,91	46,46	3,61	15,09

Геометричні розміри		Площа перерізу, см <sup>2</sup>	Довідкові величини для осей x-x та y-y			Маса l м, кг
D, мм	t, мм		I, см <sup>4</sup>	W, см <sup>3</sup>	i, см	
108	7,0	22,21	284,58	52,70	3,58	17,44
	8,0	25,13	316,17	58,55	3,55	19,73
	9,0	27,99	345,77	64,03	3,51	21,97
	10,0	30,79	373,45	69,16	3,48	24,17
	11,0	33,52	399,32	73,95	3,45	26,31
	12,0	36,19	423,44	78,41	3,42	28,41
	14,0	41,34	466,77	86,44	3,36	32,46
	16,0	46,24	504,06	93,35	3,30	36,30
	17,0	48,60	520,63	96,41	3,27	38,15
	18,0	50,89	535,91	99,24	3,24	39,95
	20,0	55,29	562,87	104,24	3,19	43,40
	22,0	59,44	585,47	108,42	3,14	46,66
	25,0	65,19	612,28	113,39	3,06	51,17
	28,0	70,37	631,94	117,03	3,00	55,24
114	4,0	13,82	209,35	36,73	3,89	10,85
	4,5	15,48	232,41	40,77	3,87	12,15
	5,0	17,12	254,81	44,70	3,86	13,44
	5,5	18,75	276,58	48,52	3,84	14,72
	6,0	20,36	297,73	52,23	3,82	15,98
	7,0	23,53	338,19	59,33	3,79	18,47
	8,0	26,64	376,30	66,02	3,76	20,91
	9,0	29,69	412,15	72,31	3,73	23,31
	10,0	32,67	445,82	78,21	3,69	25,65
	11,0	35,59	477,41	83,76	3,66	27,94
	12,0	38,45	507,01	88,95	3,63	30,19
	14,0	43,98	560,56	98,34	3,57	34,53
	16,0	49,26	607,13	106,51	3,51	38,67
	17,0	51,80	628,01	110,18	3,48	40,67
18,0	54,29	647,37	113,57	3,45	42,62	
20,0	59,06	681,87	119,63	3,40	46,36	
22,0	63,59	711,21	124,77	3,34	49,92	

Геометричні розміри		Площа перерізу, см <sup>2</sup>	Довідкові величини для осей x-x та y-y			Маса l м, кг
D, мм	t, мм		I, см <sup>4</sup>	W, см <sup>3</sup>	i, см	
114	25,0	69,90	746,71	131,00	3,27	54,87
	28,0	75,65	773,52	135,70	3,20	59,39
121	4,0	14,70	251,88	41,63	4,14	11,54
	4,5	16,47	279,83	46,25	4,12	12,93
	5,0	18,22	307,05	50,75	4,11	14,30
	5,5	19,96	333,54	55,13	4,09	15,67
	6,0	21,68	359,32	59,39	4,07	17,02
	7,0	25,07	408,80	67,57	4,04	19,68
	8,0	28,40	455,57	75,30	4,01	22,29
	9,0	31,67	499,75	82,60	3,97	24,86
	10,0	34,87	541,43	89,49	3,94	27,37
	11,0	38,01	580,70	95,98	3,91	29,84
	12,0	41,09	617,67	102,09	3,88	32,26
	14,0	47,06	685,03	113,23	3,82	36,94
	16,0	52,78	744,25	123,02	3,76	41,63
	17,0	55,54	771,01	127,44	3,73	43,60
18,0	58,25	795,99	131,57	3,70	45,72	
20,0	63,46	840,93	139,00	3,64	49,82	
22,0	68,42	879,68	145,40	3,59	53,71	
25,0	75,40	927,49	153,30	3,51	59,19	
28,0	81,81	964,61	159,44	3,43	64,22	
127	4,0	15,46	292,61	46,08	4,35	12,13
	4,5	17,32	325,29	51,23	4,33	13,60
	5,0	19,16	357,14	56,24	4,32	15,04
	5,5	20,99	388,19	61,13	4,30	16,48
	6,0	22,81	418,44	65,90	4,28	17,90
	7,0	26,39	476,63	75,06	4,25	20,72
	8,0	29,91	531,80	83,75	4,22	23,48
	9,0	33,36	584,07	91,98	4,18	26,19
	10,0	36,76	633,55	99,77	4,15	28,85
	11,0	40,09	680,32	107,14	4,12	31,47

Геометричні розміри		Площа перерізу, см <sup>2</sup>	Довідкові величини для осей x-x та y-y			Маса l м, кг	
D, мм	t, мм		I, см <sup>4</sup>	W, см <sup>3</sup>	i, см		
127	12,0	43,35	724,50	114,09	4,09	34,03	
	14,0	49,70	805,45	126,84	4,03	39,01	
	16,0	55,79	877,16	138,14	3,97	43,80	
	17,0	58,75	909,78	143,27	3,94	46,12	
	18,0	61,64	940,37	148,09	3,91	48,39	
	20,0	67,23	995,76	156,81	3,85	52,78	
	22,0	72,57	1044,02	164,41	3,79	56,97	
	25,0	80,11	1104,43	173,93	3,71	62,89	
	28,0	87,09	1152,25	181,46	3,64	68,36	
	30,0	91,42	1178,07	185,52	3,59	71,77	
	133	4,0	16,21	337,53	50,76	4,56	12,73
		4,5	18,17	375,42	56,45	4,55	14,26
		5,0	20,11	412,40	62,02	4,53	15,78
		5,5	22,03	448,50	67,44	4,51	17,29
6,0		23,94	483,72	72,74	4,50	18,79	
7,0		27,71	551,58	82,94	4,46	21,75	
8,0		31,42	616,11	92,65	4,43	24,66	
9,0		35,06	677,41	101,87	4,40	27,52	
10,0		38,64	735,59	110,62	4,36	30,33	
11,0		42,16	790,77	118,91	4,33	33,10	
12,0		45,62	843,04	126,77	4,30	35,81	
14,0		52,34	939,29	141,25	4,24	41,09	
16,0		58,81	1025,14	154,16	4,18	46,17	
17,0		61,95	1064,42	160,06	4,15	48,63	
18,0	65,03	1101,38	165,62	4,12	51,05		
20,0	71,00	1168,75	175,75	4,06	55,74		
22,0	76,72	1227,97	184,66	4,00	60,22		
25,0	84,82	1302,99	195,94	3,92	66,58		
28,0	92,36	1363,39	205,02	3,84	72,51		
30,0	97,08	1396,55	210,01	3,79	76,20		
32,0	101,54	1424,68	214,24	3,75	79,71		

Геометричні розміри		Площа перерізу, см <sup>2</sup>	Довідкові величини для осей x-x та y-y			Маса 1 м, кг
D, мм	t, мм		I, см <sup>4</sup>	W, см <sup>3</sup>	i, см	
140	4,5	19,16	440,12	62,87	4,79	15,04
	5,0	21,21	483,76	69,11	4,78	16,65
	5,5	23,24	526,40	75,20	4,76	18,24
	6,0	25,26	568,06	81,15	4,74	19,83
	7,0	29,25	648,51	92,64	4,71	22,96
	8,0	33,18	725,21	103,60	4,68	26,04
	9,0	37,04	798,29	114,04	4,64	29,08
	10,0	40,84	867,87	123,98	4,61	32,06
	11,0	44,58	934,05	133,44	4,58	35,00
	12,0	48,25	996,95	142,42	4,55	37,88
	14,0	55,42	1113,34	159,05	4,48	43,50
	16,0	62,33	1217,92	173,99	4,42	48,93
	17,0	65,69	1266,03	180,86	4,39	51,57
	18,0	68,99	1311,49	187,36	4,36	54,16
	20,0	75,40	1394,87	199,27	4,30	59,19
	22,0	81,56	1468,82	209,83	4,24	64,02
	25,0	90,32	1563,68	223,38	4,16	70,90
	28,0	98,52	1641,35	234,48	4,08	77,34
	30,0	103,67	1684,68	240,67	4,03	81,38
	32,0	108,57	1721,98	246,00	3,98	85,23
36,0	117,62	1780,79	254,40	3,89	92,33	
146	4,5	20,00	501,17	68,65	5,01	15,70
	5,0	22,15	551,10	75,49	4,99	17,39
	5,5	24,28	599,95	82,19	4,97	19,06
	6,0	26,39	647,73	88,73	4,95	20,72
	7,0	30,57	740,12	101,39	4,92	24,00
	8,0	34,68	828,41	113,48	4,89	27,23
	9,0	38,74	912,72	125,03	4,85	30,41
	10,0	42,73	993,16	136,05	4,82	33,54
	11,0	46,65	1069,86	146,56	4,79	36,62
	12,0	50,52	1142,95	156,57	4,76	39,66

Геометричні розміри		Площа перерізу, см <sup>2</sup>	Довідкові величини для осей x-x та y-y			Маса 1 м, кг	
D, мм	t, мм		I, см <sup>4</sup>	W, см <sup>3</sup>	i, см		
146	14,0	58,06	1278,70	175,16	4,69	45,57	
	16,0	65,35	1401,33	191,96	4,63	51,30	
	17,0	68,90	1458,00	199,73	4,60	54,08	
	18,0	72,38	1511,71	207,08	4,57	56,82	
	20,0	79,17	1610,68	220,64	4,51	62,15	
	22,0	85,70	1699,06	232,75	4,45	67,28	
	25,0	95,03	1813,47	248,42	4,37	74,60	
	28,0	103,80	1908,33	261,42	4,29	81,48	
	30,0	109,33	1961,89	268,75	4,24	85,82	
	32,0	114,61	2008,46	275,13	4,19	89,97	
	36,0	124,41	2083,20	285,37	4,09	97,66	
	152	4,5	20,85	567,61	74,69	5,22	16,37
		5,0	23,09	624,43	82,16	5,20	18,13
		5,5	25,31	680,06	89,48	5,18	19,87
		6,0	27,52	734,52	96,65	5,17	21,60
		7,0	31,89	839,99	110,52	5,13	25,03
8,0		36,19	940,97	123,81	5,10	28,41	
9,0		40,43	1037,60	136,53	5,07	31,74	
10,0		44,61	1129,99	148,68	5,03	35,02	
11,0		48,73	1218,28	160,30	5,00	38,25	
12,0		52,78	1302,58	171,39	4,97	41,43	
14,0		60,70	1459,73	192,07	4,90	47,65	
16,0		68,36	1602,39	210,84	4,84	53,66	
17,0		72,10	1668,57	219,55	4,81	56,60	
18,0		75,78	1731,47	227,82	4,78	59,48	
20,0		82,94	1847,86	243,14	4,72	65,11	
22,0		89,85	1952,44	256,90	4,66	71,53	
25,0	99,75	2088,93	274,86	4,58	78,30		
28,0	109,08	2203,34	289,91	4,49	85,63		
30,0	114,98	2268,61	298,50	4,44	90,26		
32,0	120,64	2325,89	306,04	4,39	94,70		

Геометричні розміри		Площа перерізу, см <sup>2</sup>	Довідкові величини для осей x-x та y-y			Маса 1 м, кг
D, мм	t, мм		I, см <sup>4</sup>	W, см <sup>3</sup>	i, см	
159	4,5	21,84	652,27	82,05	5,46	17,15
	5,0	24,19	717,88	90,30	5,45	18,99
	5,5	26,52	782,18	98,39	5,43	20,82
	6,0	28,84	845,19	106,31	5,41	22,64
	7,0	33,43	967,41	121,69	5,38	26,24
	8,0	37,95	1084,67	136,44	5,35	29,79
	9,0	42,41	1197,12	150,58	5,31	33,29
	10,0	46,81	1304,88	164,14	5,28	36,75
	11,0	51,15	1408,09	177,12	5,25	40,15
	12,0	55,42	1506,88	189,54	5,21	43,50
	14,0	63,77	1691,70	212,79	5,15	50,06
	16,0	71,88	1860,34	234,00	5,09	56,43
	17,0	75,84	1938,90	243,89	5,06	59,53
	18,0	79,73	2013,78	253,31	5,03	62,59
	20,0	87,34	2152,95	270,81	4,97	68,56
	22,0	94,69	2278,78	286,64	4,91	74,33
	25,0	105,24	2444,41	307,47	4,82	82,62
	28,0	115,23	2584,84	325,14	4,74	90,46
30,0	121,58	2665,79	335,32	4,68	95,44	
32,0	127,67	2737,50	344,34	4,63	100,22	
36,0	139,11	2856,10	359,26	4,53	109,20	
168	5,0	25,60	851,14	101,33	5,77	20,10
	5,5	28,08	927,86	110,46	5,75	22,04
	6,0	30,54	1003,12	119,42	5,73	23,97
	7,0	35,41	1149,36	136,83	5,70	27,79
	8,0	40,21	1290,02	153,57	5,66	31,57
	9,0	44,96	1425,23	169,67	5,63	35,29
	10,0	49,64	1555,14	185,14	5,60	38,97
	11,0	54,26	1679,88	199,99	5,56	42,59
	12,0	58,81	1799,61	214,24	5,53	46,17
	14,0	67,73	2024,54	241,02	5,47	53,17

Геометричні розміри		Площа перерізу, см <sup>2</sup>	Довідкові величини для осей x-x та y-y			Маса 1 м, кг	
D, мм	t, мм		I, см <sup>4</sup>	W, см <sup>3</sup>	i, см		
168	16,0	76,40	2230,99	265,59	5,40	59,98	
	17,0	80,64	2327,61	277,10	5,37	63,31	
	18,0	84,82	2420,01	288,10	5,34	66,59	
	20,0	92,99	2592,60	308,64	5,28	73,00	
	22,0	100,91	2749,75	327,35	5,22	79,21	
	25,0	112,31	2958,58	352,21	5,13	88,16	
	28,0	123,15	3137,88	373,56	5,05	96,67	
	30,0	130,06	3242,45	386,01	4,99	102,10	
	32,0	136,72	3336,03	397,15	4,94	107,33	
	36,0	149,29	3493,36	415,88	4,84	117,19	
	40,0	160,85	3615,91	430,47	4,74	126,27	
	45,0	173,89	3728,58	443,88	4,63	136,50	
	180	5,0	27,49	1053,17	117,02	6,19	21,58
		5,5	30,15	1148,79	127,64	6,17	23,67
6,0		32,80	1242,73	138,08	6,16	25,75	
7,0		38,04	1425,63	158,40	6,12	29,87	
8,0		43,23	1602,05	178,01	6,09	33,93	
9,0		48,35	1772,12	196,90	6,05	37,95	
10,0		53,41	1936,01	215,11	6,02	41,93	
11,0		58,40	2093,87	232,65	5,99	45,85	
12,0		63,33	2245,85	249,54	5,95	49,72	
14,0		73,01	2532,74	281,42	5,89	57,31	
16,0		82,44	2797,86	310,87	5,83	64,71	
17,0		87,05	2922,61	324,73	5,79	68,34	
18,0		91,61	3042,34	338,04	5,76	71,91	
20,0		100,53	3267,26	363,03	5,70	78,92	
22,0		109,20	3473,72	385,97	5,64	85,72	
25,0		121,74	3751,02	416,78	5,55	95,56	
28,0		133,71	3992,48	443,61	5,46	104,96	
30,0		141,37	4135,13	459,46	5,41	110,98	
32,0	148,79	4264,21	473,80	5,35	116,80		

Геометричні розміри		Площа перерізу, см <sup>2</sup>	Довідкові величини для осей x-x та y-y			Маса l м, кг
D, мм	t, мм		I, см <sup>4</sup>	W, см <sup>3</sup>	i, см	
180	36,0	162,86	4485,18	498,35	5,25	127,85
	40,0	175,93	4662,13	518,01	5,15	138,10
	45,0	190,85	4830,95	536,77	5,03	149,82
194	5,0	29,69	1326,54	136,76	6,68	23,31
	5,5	32,57	1447,86	149,26	6,67	25,57
	6,0	35,44	1567,21	161,57	6,65	27,82
	7,0	41,12	1800,08	185,58	6,62	32,28
	8,0	46,75	2025,31	208,80	6,58	36,70
	9,0	52,31	2243,08	231,25	6,55	41,06
	10,0	57,81	2453,55	252,94	6,51	45,38
	11,0	63,24	2656,89	273,91	6,48	49,64
	12,0	68,61	2853,25	294,15	6,45	53,86
	14,0	79,17	3225,71	332,55	6,38	62,15
	16,0	89,47	3572,20	368,27	6,32	70,24
	17,0	94,53	3736,09	385,16	6,29	74,21
	18,0	99,53	3893,95	401,44	6,25	78,13
	20,0	109,33	4192,17	432,18	6,19	85,82
	22,0	118,88	4468,04	460,62	6,13	93,32
	25,0	132,73	4842,42	499,22	6,04	104,20
	28,0	146,02	5172,81	533,28	5,95	114,63
30,0	154,57	5370,42	553,65	5,89	121,34	
32,0	162,86	5551,10	572,28	5,84	127,85	
36,0	178,69	5865,64	604,70	5,73	140,28	
40,0	193,52	6124,02	631,34	5,63	151,92	
45,0	210,64	6378,84	657,61	5,50	165,36	
203	6,0	37,13	1803,07	177,64	6,97	29,15
	7,0	43,10	2072,43	204,18	6,93	33,84
	8,0	49,01	2333,38	229,89	6,90	38,47
	9,0	54,85	2586,08	254,79	6,87	43,06
	10,0	60,63	2830,72	278,89	6,83	47,60
11,0	66,35	3067,47	302,21	6,80	52,09	

Геометричні розміри		Площа перерізу, см <sup>2</sup>	Довідкові величини для осей x-x та y-y			Маса l м, кг	
D, мм	t, мм		I, см <sup>4</sup>	W, см <sup>3</sup>	i, см		
203	12,0	72,01	3296,50	324,78	6,77	56,52	
	14,0	83,13	3732,08	367,69	6,70	65,25	
	16,0	94,00	4138,79	407,76	6,64	73,79	
	17,0	99,34	4331,73	426,77	6,60	77,98	
	18,0	104,62	4512,94	445,12	6,57	82,12	
	20,0	114,98	4870,80	479,88	6,51	90,26	
	22,0	125,10	5198,63	512,18	6,45	98,20	
	25,0	139,80	5646,05	556,26	6,36	109,74	
	28,0	153,94	6043,81	595,45	6,27	120,84	
	30,0	163,05	6283,30	619,04	6,21	127,99	
	32,0	171,91	6503,51	640,74	6,15	134,95	
	36,0	188,87	6890,32	678,85	6,04	148,27	
	40,0	204,83	7212,40	710,58	5,93	160,79	
	45,0	223,37	7535,59	742,42	5,81	175,34	
	50,0	240,33	7783,47	766,84	5,69	188,66	
	219	6,0	40,15	2278,74	208,10	7,53	31,52
		7,0	46,62	2622,04	239,46	7,50	36,60
8,0		53,03	2955,44	269,90	7,47	41,63	
9,0		59,38	3279,13	299,46	7,43	46,61	
10,0		65,66	3593,29	328,15	7,40	51,54	
11,0		71,88	3898,13	355,99	7,36	56,43	
12,0		78,04	4193,82	383,00	7,33	61,26	
14,0		90,16	4758,51	434,57	7,26	70,78	
16,0		102,04	5288,82	483,00	7,20	80,10	
17,0		107,88	5541,52	506,08	7,17	84,69	
18,0		113,66	5786,16	528,42	7,13	89,23	
20,0		125,04	6251,94	570,95	7,07	98,15	
22,0		136,16	6687,52	610,73	7,01	106,88	
25,0	152,37	7287,17	665,50	6,92	119,61		
28,0	168,01	7826,24	714,73	6,83	131,89		
30,0	178,13	8154,06	744,66	6,77	139,83		

Геометричні розміри		Площа перерізу, см <sup>2</sup>	Довідкові величини для осей x-x та y-y			Маса l м, кг
D, мм	t, мм		I, см <sup>4</sup>	W, см <sup>3</sup>	i, см	
219	32,0	187,99	8458,06	772,43	6,71	147,57
	36,0	206,97	8999,25	821,85	6,59	162,47
	40,0	224,94	9458,95	863,83	6,48	176,58
	45,0	245,99	9932,04	907,04	6,35	193,10
	50,0	265,47	10307,02	941,28	6,23	208,39
245	7,0	52,34	3709,07	302,78	8,42	41,09
	8,0	59,56	4186,88	341,79	8,38	46,76
	9,0	66,73	4652,33	379,78	8,35	52,38
	10,0	73,83	5105,64	416,79	8,32	57,95
	11,0	80,86	5547,02	452,82	8,28	63,48
	12,0	87,84	5976,68	487,89	8,25	68,95
	14,0	101,60	6801,70	555,24	8,18	79,76
	16,0	115,11	7582,32	618,97	8,12	90,36
	17,0	121,77	7956,50	649,51	8,08	95,59
	18,0	128,37	8320,19	679,20	8,05	100,77
	20,0	141,37	9016,88	736,07	7,99	110,98
	22,0	154,13	9673,97	789,71	7,92	120,99
	25,0	172,79	10588,66	864,38	7,83	135,64
	28,0	190,88	11422,71	932,47	7,74	149,84
	30,0	202,63	11936,36	974,40	7,68	159,07
	32,0	214,13	12417,75	1013,69	7,62	168,09
	36,0	236,37	13289,24	1084,84	7,50	185,55
40,0	257,61	14047,86	1146,76	7,38	202,22	
45,0	282,74	14852,90	1212,48	7,25	221,95	
50,0	306,31	15516,31	1266,64	7,12	240,45	
273	7,0	58,50	5177,31	379,29	9,41	45,92
	8,0	66,60	5851,73	428,70	9,37	52,28
	9,0	74,64	6510,58	476,97	9,34	58,60
	10,0	82,62	7154,11	524,11	9,31	64,86
	11,0	90,54	7782,56	570,15	9,27	71,07
12,0	98,39	8396,16	615,10	9,24	77,24	

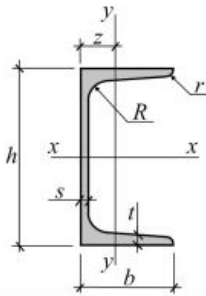
Геометричні розміри		Площа перерізу, см <sup>2</sup>	Довідкові величини для осей x-x та y-y			Маса l м, кг
D, мм	t, мм		I, см <sup>4</sup>	W, см <sup>3</sup>	i, см	
273	14,0	113,91	9579,78	701,82	9,17	89,42
	16,0	129,18	10706,81	784,38	9,10	101,41
	17,0	136,72	11249,69	824,15	9,07	107,33
	18,0	144,20	11779,11	862,94	9,04	113,20
	20,0	158,96	12798,47	937,62	8,97	124,79
	22,0	173,48	13766,65	1008,55	8,91	136,18
	25,0	194,78	15126,80	1108,19	8,81	152,90
	28,0	215,51	16381,47	1200,11	8,72	169,18
	30,0	229,02	17162,10	1257,30	8,66	179,78
	32,0	242,28	17899,96	1311,35	8,60	190,19
	36,0	268,04	19253,74	1410,53	8,48	210,41
	40,0	292,80	20455,17	1498,55	8,36	229,85
	45,0	322,33	21760,78	1594,20	8,22	253,03
50,0	350,29	22869,02	1675,39	8,08	274,98	
299	8,0	73,14	7747,44	518,22	10,29	57,41
	9,0	82,00	8628,11	577,13	10,26	64,37
	10,0	90,79	9490,17	634,79	10,22	71,27
	11,0	99,53	10333,90	691,23	10,19	78,13
	12,0	108,20	11159,54	746,46	10,16	84,93
	14,0	125,35	12757,64	853,35	10,09	98,40
	16,0	142,25	14286,51	955,62	10,02	111,67
	17,0	150,61	15025,63	1005,06	9,99	118,23
	18,0	158,90	15748,19	1053,39	9,96	124,74
	20,0	175,30	17144,68	1146,80	9,89	137,61
	22,0	191,45	18477,95	1235,98	9,82	150,29
	25,0	215,20	20363,53	1362,11	9,73	168,93
	28,0	238,38	22117,62	1479,44	9,63	187,13
30,0	253,53	23217,06	1552,98	9,57	199,02	
32,0	268,42	24262,67	1622,92	9,51	210,71	
36,0	297,45	26199,48	1752,47	9,39	233,50	
40,0	325,47	27941,99	1869,03	9,27	255,49	

Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата
-----	--------	------	--------	-------	------

170328, гр. ПБ2021

Арк.

88

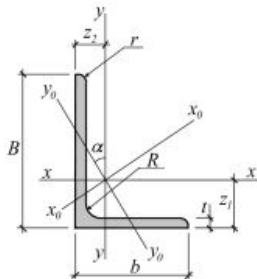


**2.3. Швелер**  
з ухилом внутрішніх граней полиць  
(за ДСТУ 3436-96 – ГОСТ 8240-97 [6])

Приклад позначення:  
[ 20У

Умовні позначення:  
h – висота (швелера);  
b – ширина полиці;  
s – товщина стінки;  
t – товщина полиці;  
R – радіус внутрішнього закруглення;  
r – радіус закруглення полиць;  
I – момент інерції;  
W – момент опору;  
S – статичний момент напівперерізу;  
i – радіус інерції;  
z – відстань до центру ваги.

Профіль	Геометричні розміри						Площа перерізу, см <sup>2</sup>	Довідкові величини для осей						z, см	Маса 1 м, кг	
	h, мм	b, мм	s, мм	t, мм	R, мм	r, мм		x - x			y - y					
								I <sub>x3</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>x3</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>x3</sub> , см	S <sub>x3</sub> , см <sup>3</sup>	I <sub>y3</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>y3</sub> , см <sup>3</sup>			i <sub>y3</sub> , см
5У	50	32	4,4	7,0	6,0	2,5	6,16	22,80	9,10	1,92	5,59	5,61	2,75	0,95	1,16	4,84
6.5У	65	36	4,4	7,2	6,0	2,5	7,51	48,60	15,00	2,54	9,00	8,70	3,68	1,08	1,24	5,90
8У	80	40	4,5	7,4	6,5	2,5	8,98	89,40	22,40	3,16	13,30	12,80	4,75	1,19	1,31	7,05
10У	100	46	4,5	7,6	7,0	3,0	10,90	174,00	34,80	3,99	20,40	20,40	6,46	1,37	1,44	8,59
12У	120	52	4,8	7,8	7,5	3,0	13,30	304,00	50,60	4,78	29,60	31,20	8,52	1,53	1,54	10,40
14У	140	58	4,9	8,1	8,0	3,0	15,60	491,00	70,20	5,60	40,80	45,40	11,00	1,70	1,67	12,30
16У	160	64	5,0	8,4	8,5	3,5	18,10	747,00	93,40	6,42	54,10	63,30	13,80	1,87	1,80	14,20
16aУ	160	68	5,0	9,0	8,5	3,5	19,50	823,00	103,00	6,49	59,40	78,80	16,40	2,01	2,00	15,30
18У	180	70	5,1	8,7	9,0	3,5	20,70	1090,00	121,00	7,24	69,80	86,00	17,00	2,04	1,94	16,30
18aУ	180	74	5,1	9,3	9,0	3,5	22,20	1190,00	132,00	7,32	76,10	105,00	20,00	2,18	2,13	17,40
20У	200	76	5,2	9,0	9,5	4,0	23,40	1520,00	152,00	8,07	87,80	113,00	20,50	2,20	2,07	18,40
22У	220	82	5,4	9,5	10,0	4,0	26,70	2110,00	192,00	8,89	110,00	151,00	25,10	2,37	2,21	21,00
24У	240	90	5,6	10,0	10,5	4,0	30,60	2900,00	242,00	9,73	139,00	208,00	31,60	2,60	2,42	24,00
27У	270	95	6,0	10,5	11,0	4,5	35,20	4160,00	308,00	10,90	178,00	262,00	37,30	2,73	2,47	27,70
30У	300	100	6,5	11,0	12,0	5,0	40,50	5810,00	387,00	12,00	224,00	327,00	43,60	2,84	2,52	31,80
33У	330	105	7,0	11,7	13,0	5,0	46,50	7980,00	484,00	13,10	281,00	410,00	51,80	2,97	2,59	36,50
36У	360	110	7,5	12,6	14,0	6,0	53,40	10820,00	601,00	14,20	350,00	513,00	61,70	3,10	2,68	41,90
40У	400	115	8,0	13,5	15,0	6,0	61,50	15220,00	761,00	15,70	444,00	642,00	73,40	3,23	2,75	48,30



**2.2. Куттик нерівнополичний**  
(за ГОСТ 8510-86\* [5])

Приклад позначення:  
L 80x50x5

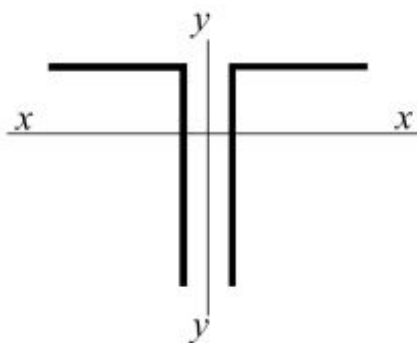
Умовні позначення:  
B – ширина більшої полиці;  
b – ширина меншої полиці;  
t – товщина полиці;  
R – радіус внутрішнього закруглення;  
r – радіус закруглення полиць;  
I – момент інерції;  
W – момент опору;  
i – радіус інерції;  
z – відстань до центру ваги.

Геометричні розміри					Площа перерізу, см <sup>2</sup>	Довідкові величини для осей									z <sub>1</sub> , см	z <sub>2</sub> , см	I <sub>xy</sub> , см <sup>4</sup>	tg α	Маса 1 м, кг
B, мм	b, мм	t, мм	R, мм	r, мм		x - x			y - y			y <sub>0</sub> - y <sub>0</sub>							
						I <sub>x3</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>x3</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>x3</sub> , см	I <sub>y3</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>y3</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>y3</sub> , см	I <sub>y<sub>0</sub>3</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>y<sub>0</sub>3</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>y<sub>0</sub>3</sub> , см					
25	16	3	3,5	1,2	1,16	0,70	0,43	0,78	0,22	0,19	0,44	0,13	0,16	0,34	0,86	0,42	0,22	0,392	0,91
30	20	3	3,5	1,2	1,43	1,27	0,62	0,94	0,45	0,30	0,56	0,26	0,25	0,43	1,00	0,51	0,43	0,427	1,12
		4	3,5	1,2	1,86	1,61	0,82	0,93	0,56	0,39	0,55	0,34	0,32	0,43	1,04	0,54	0,54	0,421	1,46
32	20	3	3,5	1,2	1,49	1,52	0,72	1,01	0,46	0,30	0,55	0,28	0,25	0,43	1,08	0,49	0,47	0,382	1,17
		4	3,5	1,2	1,94	1,93	0,93	1,00	0,57	0,39	0,54	0,35	0,33	0,43	1,12	0,53	0,59	0,374	1,52
40	25	3	4,0	1,3	1,89	3,06	1,14	1,27	0,93	0,49	0,70	0,56	0,41	0,54	1,32	0,59	0,96	0,385	1,48
		4	4,0	1,3	2,47	3,93	1,49	1,26	1,18	0,63	0,69	0,71	0,52	0,54	1,37	0,63	1,22	0,281	1,94
	30	5	4,0	1,3	3,03	4,73	1,82	1,25	1,41	0,77	0,68	0,86	0,64	0,53	1,41	0,66	1,44	0,374	2,37
		4	4,0	1,3	2,67	4,18	1,54	1,25	2,01	0,91	0,87	1,09	0,75	0,64	1,28	0,78	1,68	0,544	2,26
45	28	5	4,0	1,3	3,28	5,04	1,88	1,24	2,41	1,11	0,86	1,33	0,91	0,64	1,32	0,82	2,00	0,539	2,46
		4	5,0	1,7	2,80	4,41	1,45	1,48	1,32	0,61	0,79	0,72	0,52	0,61	1,47	0,64	1,38	0,382	1,68
50	32	4	5,0	1,7	2,80	5,68	1,90	1,42	1,69	0,80	0,78	1,02	0,67	0,60	1,51	0,68	1,77	0,379	2,20
		3	5,5	1,8	2,42	6,18	1,82	1,60	1,99	0,81	0,91	1,18	0,68	0,70	1,60	0,72	2,01	0,403	1,90
56	36	4	5,5	1,8	3,17	7,98	2,38	1,59	2,56	1,05	0,90	1,52	0,88	0,69	1,65	0,76	2,59	0,401	2,40
		5	6,0	2,0	3,58	11,37	3,01	1,78	3,70	1,34	1,02	2,19	1,13	0,78	1,82	0,84	3,74	0,406	2,81
40У	115	8,0	13,5	15,0	6,0	61,50	15220,00	761,00	15,70	444,00	642,00	73,40	3,23	2,75	48,30				

Геометричні розміри					Площа перерізу, см <sup>2</sup>	Довідкові величини для осей									z <sub>1</sub> , см	z <sub>2</sub> , см	I <sub>yy</sub> , см <sup>4</sup>	tg α	Маса l м, кг
B, мм	b, мм	t, мм	R, мм	r, мм		x-x			y-y			y <sub>0</sub> -y <sub>0</sub>							
						I <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> , см	I <sub>y</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> , см	I <sub>y<sub>0</sub></sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>y<sub>0</sub></sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>y<sub>0</sub></sub> , см					
63	40	4	7,0	2,3	4,04	16,33	3,83	2,01	5,16	1,67	1,13	3,07	1,41	0,87	2,03	0,91	5,25	0,397	3,17
		5	7,0	2,3	4,98	19,91	4,72	2,00	6,26	2,05	1,12	3,73	1,72	0,86	2,08	0,95	6,41	0,396	3,91
		6	7,0	2,3	5,90	23,31	5,58	1,99	7,29	2,42	1,11	4,36	2,02	0,86	2,12	0,99	7,44	0,393	4,63
65	50	8	7,0	2,3	7,68	29,60	7,22	1,96	9,15	3,12	1,09	5,58	2,60	0,85	2,20	1,07	9,27	0,386	6,03
		5	6,0	2,0	5,56	23,41	5,20	2,05	12,08	3,23	1,47	6,41	2,68	1,07	2,00	1,26	9,77	0,576	4,36
		6	6,0	2,0	6,60	27,46	6,16	2,04	14,12	3,82	1,46	7,52	3,15	1,07	2,04	1,30	11,46	0,575	5,18
70	45	7	6,0	2,0	7,62	31,32	7,08	2,03	16,05	4,38	1,45	8,60	3,59	1,06	2,08	1,34	12,94	0,571	5,98
		8	6,0	2,0	8,62	35,00	7,99	2,02	18,88	4,93	1,44	9,65	4,02	1,06	2,12	1,37	13,61	0,570	6,77
		5	7,5	2,5	5,59	27,76	5,88	2,23	9,05	2,62	1,27	5,34	2,20	0,98	2,28	1,05	9,12	0,406	4,39
75	50	5	8,0	2,7	6,11	34,81	6,81	2,39	12,47	3,25	1,43	7,24	2,73	1,09	2,39	1,17	12,00	0,436	4,79
		6	8,0	2,7	7,25	40,92	8,08	2,38	14,60	3,85	1,42	8,48	3,21	1,08	2,44	1,21	14,10	0,435	5,69
		7	8,0	2,7	8,37	46,77	9,31	2,36	16,61	4,43	1,41	9,69	3,69	1,08	2,48	1,25	16,18	0,435	6,57
80	50	8	8,0	2,7	9,47	52,38	10,52	2,35	18,52	4,88	1,40	10,87	4,14	1,07	2,52	1,29	17,80	0,430	7,43
		5	8,0	2,7	6,36	41,64	7,71	2,56	12,68	3,28	1,41	7,57	2,75	1,00	2,60	1,13	13,20	0,387	4,49
		6	8,0	2,7	7,55	48,98	9,15	2,55	14,85	3,88	1,40	8,88	3,24	1,08	2,65	1,17	15,50	0,386	5,92
80	60	6	8,0	2,7	8,15	52,06	9,42	2,53	25,18	5,58	1,76	13,61	4,66	1,29	2,47	1,49	20,98	0,547	6,39
		7	8,0	2,7	9,42	59,61	10,87	2,52	28,74	6,43	1,75	15,58	5,34	1,29	2,52	1,53	24,01	0,546	7,39
		8	8,0	2,7	10,67	66,88	12,38	2,50	32,15	7,26	1,74	17,49	5,99	1,28	2,56	1,57	26,83	0,544	8,37
90	56	5	9,0	3,0	7,86	65,28	10,74	2,88	19,67	4,53	1,58	11,77	3,81	1,22	2,92	1,26	20,54	0,384	6,17
		6	9,0	3,0	8,54	70,58	11,66	2,88	21,22	4,91	1,58	12,70	4,12	1,22	2,95	1,28	22,23	0,384	6,70
		8	9,0	3,0	11,18	90,87	15,24	2,85	27,08	6,39	1,56	16,29	5,32	1,21	3,04	1,36	28,33	0,380	8,77
100	63	6	10,0	3,3	9,58	98,29	14,52	3,20	30,58	6,27	1,79	18,20	5,27	1,38	3,23	1,42	31,50	0,393	7,53
		7	10,0	3,3	11,09	112,86	16,78	3,19	34,99	7,23	1,78	20,83	6,06	1,37	3,28	1,46	36,10	0,392	8,70
		8	10,0	3,3	12,57	126,96	19,01	3,18	39,21	8,17	1,77	23,38	6,82	1,36	3,32	1,50	40,50	0,391	9,87
100	65	10	10,0	3,3	15,47	153,95	23,32	3,15	47,18	9,99	1,75	28,34	8,31	1,35	3,40	1,58	48,60	0,387	12,14
		7	10,0	3,3	11,23	114,05	16,87	3,19	38,32	7,70	1,85	22,77	6,43	1,41	3,24	1,52	38,00	0,415	8,81
		8	10,0	3,3	12,73	128,31	19,11	3,18	42,96	8,70	1,84	25,24	7,26	1,41	3,28	1,56	42,64	0,414	9,99
100	10	10	10,0	3,3	15,67	155,52	23,45	3,15	51,68	10,64	1,82	30,60	8,83	1,40	3,37	1,64	51,18	0,410	12,30

Геометричні розміри					Площа перерізу, см <sup>2</sup>	Довідкові величини для осей									z <sub>1</sub> , см	z <sub>2</sub> , см	I <sub>yy</sub> , см <sup>4</sup>	tg α	Маса l м, кг
B, мм	b, мм	t, мм	R, мм	r, мм		x-x			y-y			y <sub>0</sub> -y <sub>0</sub>							
						I <sub>x</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> , см	I <sub>y</sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> , см	I <sub>y<sub>0</sub></sub> , см <sup>4</sup>	W <sub>y<sub>0</sub></sub> , см <sup>3</sup>	i <sub>y<sub>0</sub></sub> , см					
110	70	6,5	10,0	3,3	11,45	142,42	19,11	3,53	45,61	8,42	2,00	26,94	7,05	1,53	3,55	1,58	46,80	0,402	8,98
		8	10,0	3,3	13,93	171,54	23,22	3,51	54,64	10,20	1,98	32,31	8,50	1,52	3,61	1,64	55,90	0,400	10,93
125	80	7	11,0	3,7	14,06	226,53	26,67	4,01	73,73	11,89	2,29	43,40	9,96	1,76	4,01	1,80	74,70	0,407	11,04
		8	11,0	3,7	15,98	225,62	30,26	4,00	80,95	13,47	2,28	48,82	11,25	1,75	4,05	1,84	84,10	0,406	12,58
		10	11,0	3,7	19,70	311,61	37,27	3,98	100,47	16,52	2,26	59,33	13,74	1,74	4,14	1,92	102,00	0,404	15,47
140	90	12	11,0	3,7	23,36	364,79	44,07	3,95	116,84	19,46	2,24	69,47	16,11	1,72	4,22	2,00	118,00	0,400	18,34
		8	12,0	4,0	18,00	363,68	38,25	4,49	119,79	17,19	2,58	70,27	14,39	1,58	4,49	2,03	121,00	0,411	14,13
		10	12,0	4,0	22,24	444,45	47,19	4,47	145,54	21,14	2,58	85,51	17,58	1,96	4,58	2,12	147,00	0,409	17,46
160	100	9	13,0	4,3	22,87	605,97	56,04	5,15	186,03	23,96	2,85	110,40	20,01	2,20	5,19	2,24	194,00	0,391	17,96
		10	13,0	4,3	25,28	666,59	61,91	5,13	204,09	26,42	2,84	121,16	22,02	2,19	5,23	2,28	213,00	0,390	19,85
		12	13,0	4,3	30,04	784,22	73,42	5,11	238,75	31,23	2,82	142,14	25,93	2,18	5,32	2,36	249,00	0,388	23,58
180	110	14	13,0	4,3	34,72	897,19	84,65	5,08	271,60	35,89	2,80	162,49	29,75	2,16	5,40	2,43	282,00	0,385	27,26
		10	14,0	4,7	28,33	952,28	78,59	5,80	276,37	32,27	3,12	165,44	29,96	2,42	5,88	2,44	295,00	0,376	22,20
		12	14,0	4,7	33,69	1122,56	93,33	5,77	324,09	38,20	3,10	194,28	31,83	2,40	5,97	2,52	348,00	0,374	26,40
200	125	11	14,0	4,7	34,87	1449,02	107,31	6,45	446,36	45,98	3,58	263,84	38,27	2,75	6,50	2,79	465,00	0,392	27,37
		12	14,0	4,7	37,89	1568,19	116,51	6,43	481,93	49,85	3,57	285,04	41,45	2,74	6,54	2,83	503,00	0,392	29,74
		14	14,0	4,7	43,87	1800,83	134,64	6,41	550,77	57,43	3,54	326,54	47,57	2,73	6,62	2,91	575,00	0,390	34,43
200	16	14,0	4,7	49,77	2026,08	152,41	6,38	616,66	64,83	3,52	366,99	53,56	2,72	6,71	2,99	643,00	0,388	39,07	

**3.4. Характеристики перерізу  
з двох кутків нерівнополічних  
(вертикально орієнтованих)**



Кутік	Подвосна площа перерізу, см <sup>2</sup>	Радіус інерції							
		$i_{y_0}$ см	$i_y$ (см) при товщині фасонки (мм)						
			6	8	10	12	14	16	18
25×16×3	2,32	0,78	0,84	0,93	1,02	1,11	1,20	1,30	1,39
30×20×3	2,86	0,94	0,98	1,07	1,15	1,24	1,33	1,42	1,52
30×20×4	3,72	0,93	1,00	1,09	1,18	1,27	1,36	1,45	1,54
32×20×3	2,98	1,01	0,96	1,05	1,13	1,22	1,31	1,40	1,49
32×20×4	3,88	1,00	0,99	1,08	1,16	1,25	1,34	1,44	1,53
40×25×3	3,78	1,27	1,13	1,21	1,30	1,38	1,47	1,56	1,65
40×25×4	4,94	1,26	1,16	1,24	1,32	1,41	1,50	1,59	1,68
40×25×5	6,06	1,25	1,18	1,26	1,34	1,43	1,52	1,61	1,70
40×30×4	5,34	1,25	1,39	1,47	1,55	1,63	1,72	1,80	1,89
40×30×5	6,56	1,24	1,41	1,49	1,58	1,66	1,75	1,83	1,92
45×28×3	4,28	1,48	1,23	1,31	1,39	1,47	1,56	1,64	1,73
45×28×4	5,60	1,42	1,25	1,33	1,41	1,50	1,59	1,67	1,76
50×32×3	4,84	1,60	1,37	1,44	1,52	1,60	1,69	1,77	1,86
50×32×4	6,34	1,59	1,39	1,47	1,55	1,63	1,72	1,80	1,89
56×36×4	7,16	1,78	1,53	1,61	1,68	1,76	1,85	1,93	2,02
56×36×5	8,82	1,77	1,55	1,63	1,71	1,79	1,88	1,96	2,05
63×40×4	8,08	2,01	1,66	1,73	1,81	1,89	1,97	2,05	2,13
63×40×5	9,96	2,00	1,68	1,75	1,83	1,91	1,99	2,08	2,16
63×40×6	11,80	1,99	1,70	1,78	1,86	1,94	2,02	2,11	2,19
63×40×8	15,36	1,96	1,75	1,83	1,91	1,99	2,08	2,16	2,25
65×50×5	11,12	2,05	2,14	2,22	2,29	2,37	2,45	2,53	2,61
65×50×6	13,20	2,04	2,17	2,24	2,32	2,40	2,48	2,56	2,64
65×50×7	15,24	2,03	2,19	2,26	2,34	2,42	2,50	2,58	2,67
65×50×8	17,24	2,02	2,21	2,28	2,36	2,44	2,52	2,60	2,69
70×45×5	11,18	2,23	1,85	1,93	2,00	2,08	2,16	2,24	2,33
75×50×5	12,22	2,39	2,05	2,12	2,20	2,28	2,35	2,43	2,52
75×50×6	14,50	2,38	2,07	2,15	2,22	2,30	2,38	2,46	2,54
75×50×7	16,74	2,36	2,10	2,17	2,25	2,33	2,41	2,49	2,57
75×50×8	18,94	2,35	2,12	2,19	2,27	2,35	2,43	2,52	2,60

Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата
-----	--------	------	--------	-------	------

1

## Розробка конструктивного рішення покрівлі спортивно-оздоровчого комплексу

Об'єкт дослідження – дерев'яна ферма з клеєного бруса та з металевими розпірками.

### Задачі роботи:

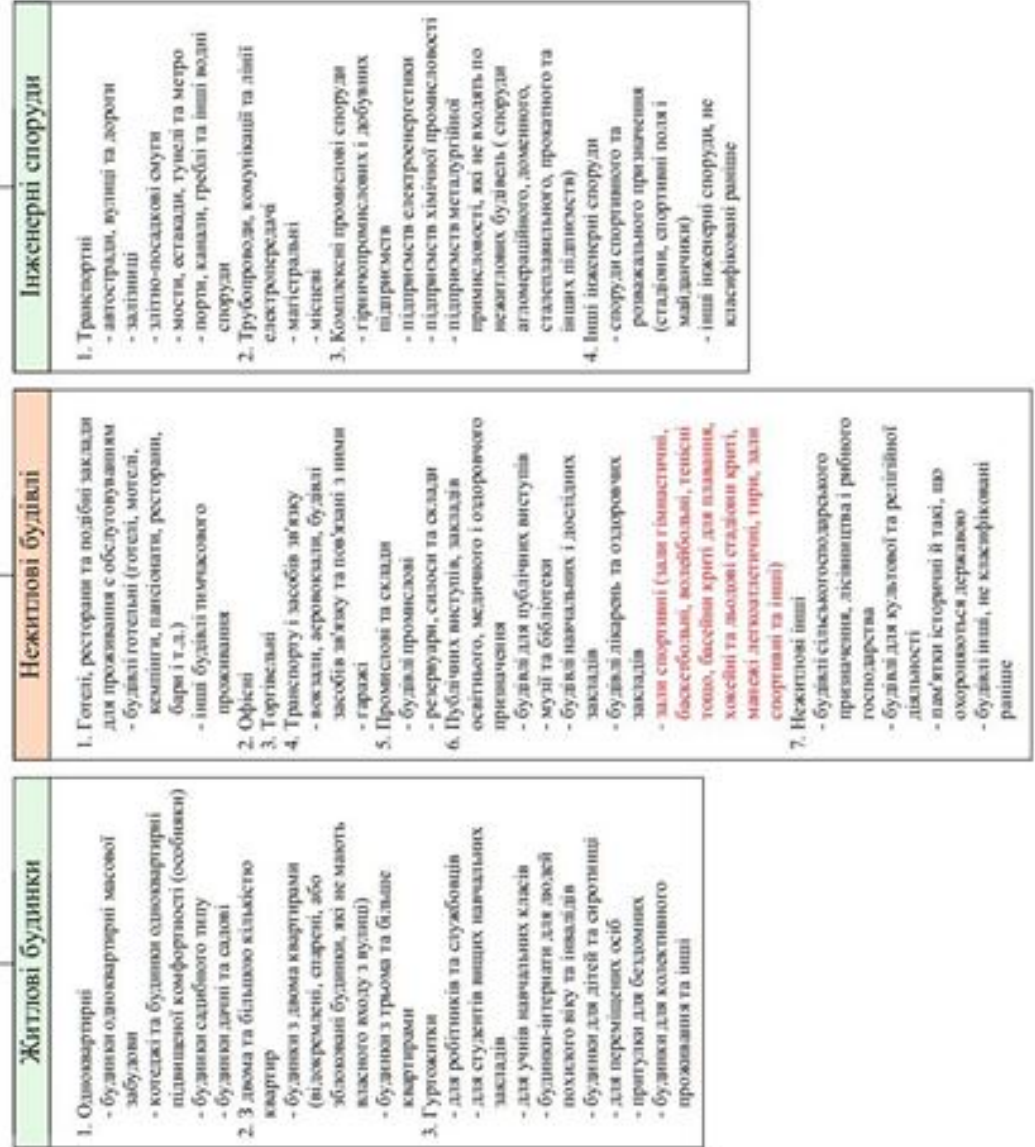
- Дослідити особливості будівництва спеціалізованих спортивних споруд;
- Проаналізувати варіанти виконання ферми з двох найпоширеніших будівельних матеріалів;
- Виконати підбір найбільш вигідного поперечного перерізу у програмно-розрахунковому комплексі ЛПРА-САПР;
- Визначити раціональний варіант з міркувань інженерних та економічних характеристик.

Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата

# Класифікація будівель та інженерних споруд

2

## Класифікація будівель та інженерних споруд



Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата
-----	--------	------	--------	-------	------

# Класифікація фізкультурно-спортивних споруд

3



Допоміжні

Основні

Фізкультурно-спортивні споруди



Відкриті		Криті
<p><u>Літні</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- поля;</li> <li>- майданчики;</li> <li>- доріжки і траси для бігу;</li> <li>- обладнані майданчики;</li> <li>- штучні траси для лижного спорту;</li> <li>- трампліни;</li> <li>- велотреки;</li> <li>- тирни і стрільбища;</li> <li>- водойми для плавання та веслування;</li> <li>- відкриті ванни для оздоровлення;</li> <li>- штучні канали для веслування та ін.</li> </ul>	<p><u>Зимові</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- поля;</li> <li>- майданчики ;</li> <li>- доріжки з льодом;</li> <li>- траси для лижного спорту;</li> <li>- трампліни;</li> <li>- штучні траси для санного спорту;</li> <li>- обладнані ділянки акваторій;</li> <li>- обладнані маршрути для лижного туризму та ін.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- зали для спортивних ігор;</li> <li>- ванни з підігрівом води для спортивного плавання та купання;</li> <li>- майданчики, поля і доріжки зі штучним льодом;</li> <li>- велотреки;</li> <li>- тирни для кульової стрільби;</li> <li>- манежі для кінного спорту;</li> <li>- культурно-спортивні центри (об'єднання фізкультурно-спортивних споруд з закладами масового призначення) та ін.</li> </ul>



Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата
-----	--------	------	--------	-------	------

## Сучасні перекриття спортивних приміщень

4

Для перекриттів спортивних залів застосовують все різноманіття конструкцій та їхніх систем, а також матеріалів. Це балки, ферми та арки, структурні плити, висячі триси, мембранні та оболонкові конструкції та конструкції, які сконструйовані для підвищеного опору повітрю.

Для цих конструктивних систем використовують такі матеріали, як залізобетон, метал, клеєна деревина, тканини.



Спортивний зал,  
Гіссі, Італія, 2019р.



Бамбуковий спортивний зал  
для міжнародної школи Панялен,  
Чангмай, Таїланд, 2017р.



Спортивний зал La Minais,  
Сент-Люс-Сюр-Луар, Франція,  
2021р.



Спортивний зал школи Макса Планка,  
Рюсельсхайм-На-Майні, Німеччина,  
2018р.



Гімназія в кампусі Чжухай,  
Університет Сунь Ятсена,  
Чжухай, Китай, 2017р.

Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата

## Сучасні спортивні споруди з дерев'яними конструктивними елементами

5



Спортивне доздьо,  
Сонзай, Франція, 2019р.



Shane Homes YMCA,  
Калгарі, Канада, 2017р.



Школа-гімназія  
Ecole des Mémisières,  
Бішвілер, Франція, 2019р.



Гран-прі Канади F1,  
Мореаль, Канада, 2020р.



Кінний центр,  
Ліси-Та-палмейра, Португалія,  
2012р.



Центр відпочинку  
Верхня Скіна,  
Хейзелтон, Канада, 2019р.

Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата

6

Проект спортивно-оздоровчого комплексу у

м. Дніпро



Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата

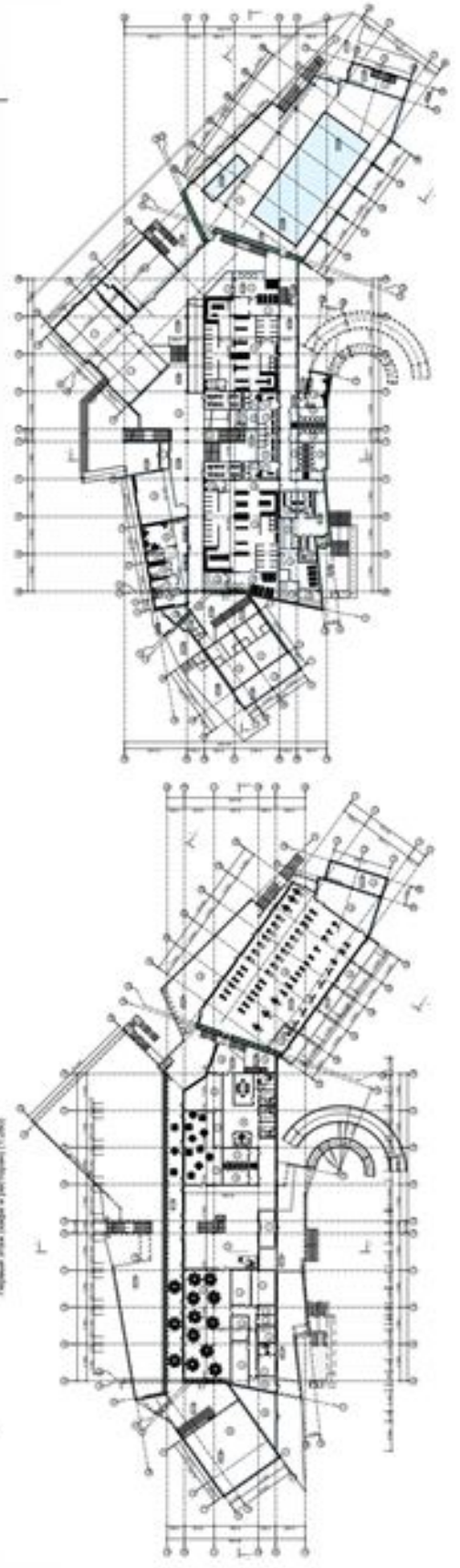
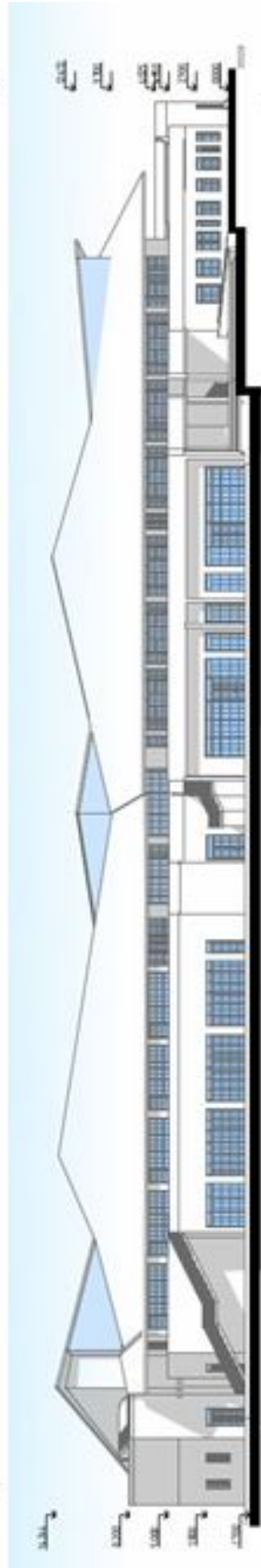
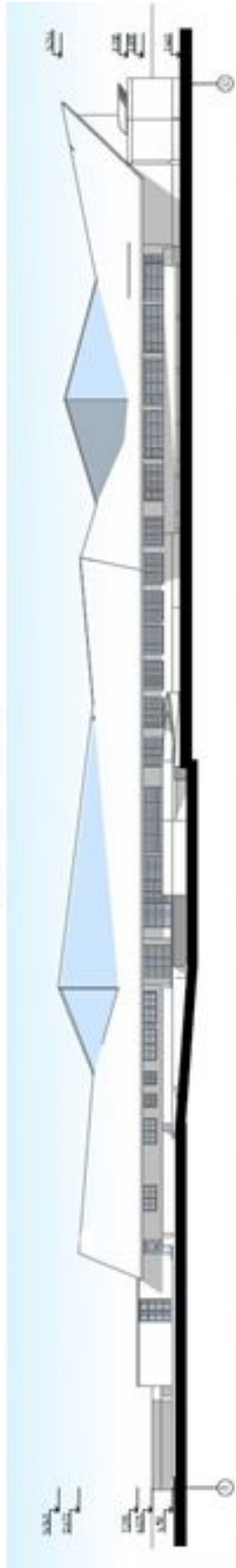
170328, гр. ПБ2021

Арк.  
97

7

# Проект спортивно-оздоровчого комплексу у

м. Дніпро



Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата

170328, гр. ПБ2021

Арк.  
98

Оригінальна будова у Чилі, Лас-Кондес

8



Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підп.	Дата

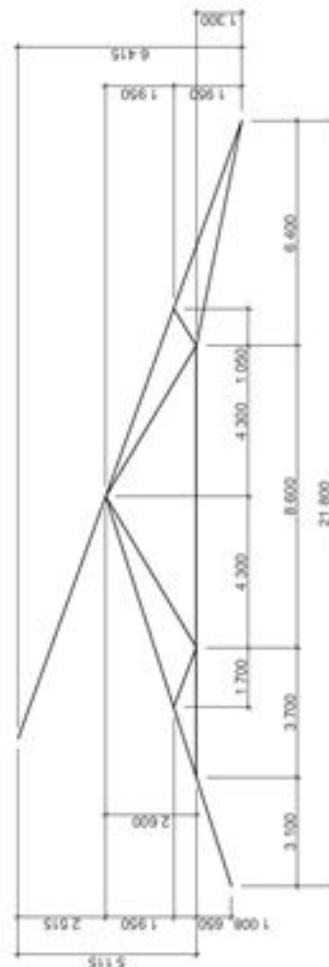
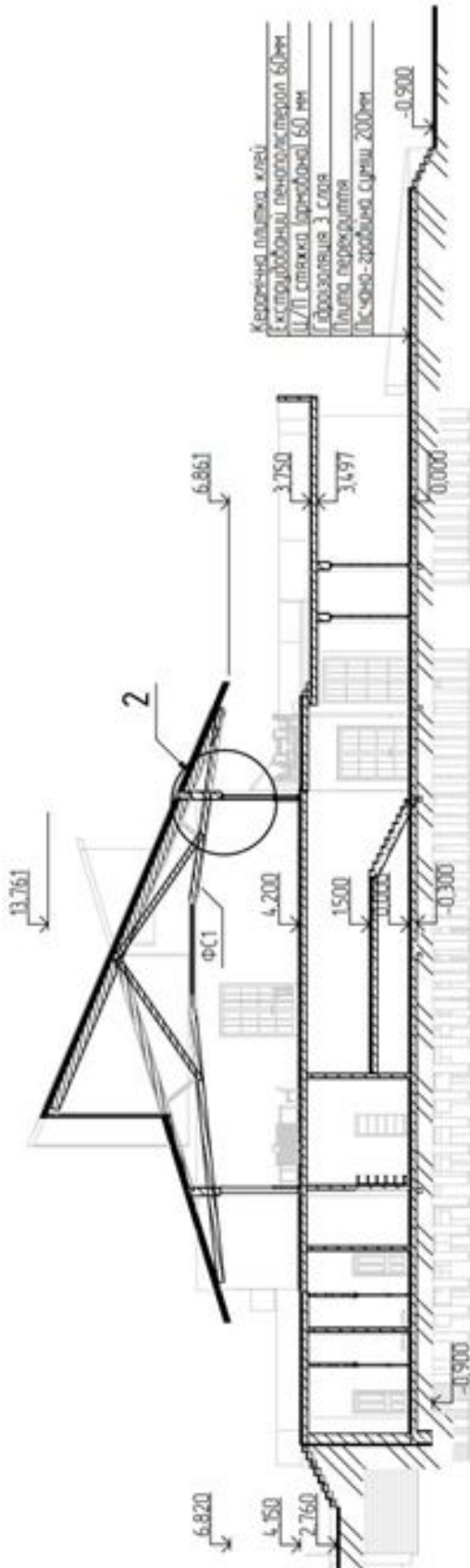
170328, гр. ПБ2021

Арк.

99

# Розрахункова схема досліджуваної ферми

9



Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата

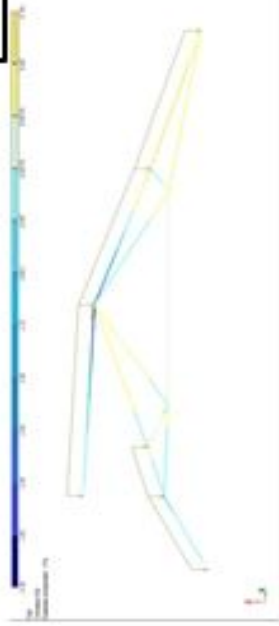
170328, гр. ПБ2021

Арк.

100

# Ферма у виконанні з дерева

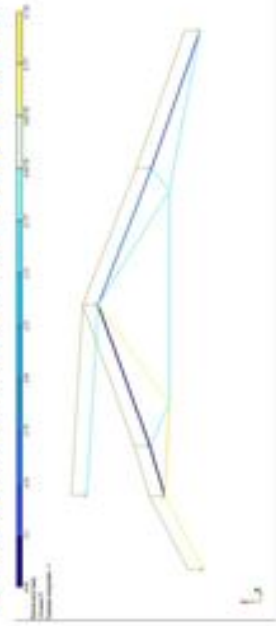
10



Навантаження, спричинені моментами від снігових навантажень на конструкцію



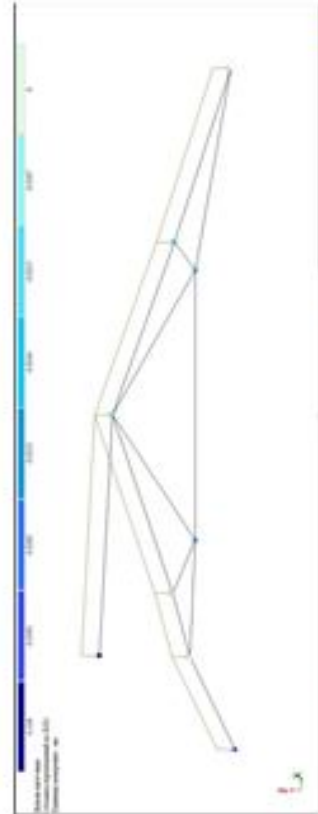
Навантаження, спричинені моментами від вітрових навантажень на конструкцію



Нормальні навантаження в стержнях ферми (власна вага)

Результати підбору перерізів

№ п/п	Група елементів	Розміри профілю (b×h), мм	Матеріал елементу	Кількість елементів
1	Верхній пояс П1	150x600	Клеєний брус	1
2	Нижній пояс П2	150x300	Клеєний брус	1
3	Нижній пояс П3	200x260	Клеєний брус	2
4	Розкіс дерев'яний РД1	150x260	Клеєний брус	2
5	Розкіс дерев'яний РД2	150x200	Клеєний брус	2
6	Розкіс дерев'яний РМ1	φ40, l=5	Сталь С275	1



Переміщення елементів ферми вздовж осі Z

Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата
-----	--------	------	--------	-------	------

# Ферма у виконанні з металеві циліндричної труби

11



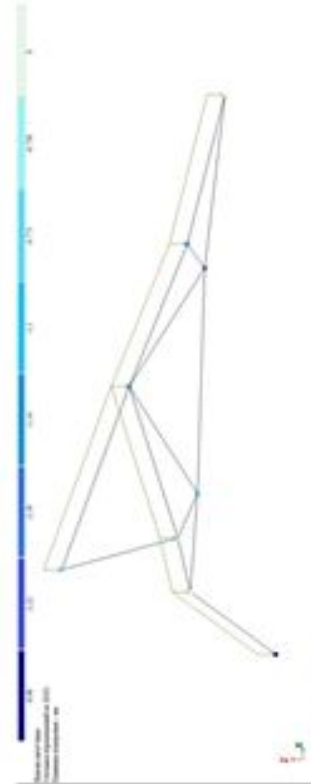
Навантаження, спричинені моментами від снігових навантажень на конструкцію

Результати підбору перерізів

№ п/п	Група елементів	Розміри профілю, мм	Матеріал елемента	Кількість елементів
1	Верхній пояс П1	φ152, t= 15	ВСт3пс4	1
2	Нижній пояс П2	φ152, t= 15	ВСт3пс4	1
3	Нижній пояс П3	φ152, t= 15	ВСт3пс4	2
4	Розкіс металевий РМ1	φ121, t= 15	ВСт3пс4	2
5	Розкіс металевий РМ2	φ121, t= 15	ВСт3пс4	2
6	Розкіс металевий РММ1	φ57, t=13	Сталь С275	1



Навантаження, спричинені моментами від вітрових навантажень на конструкцію



Переміщення елементів ферми вздовж осі Z



Нормальні навантаження в стержнях ферми (власна вага)

Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата
-----	--------	------	--------	-------	------

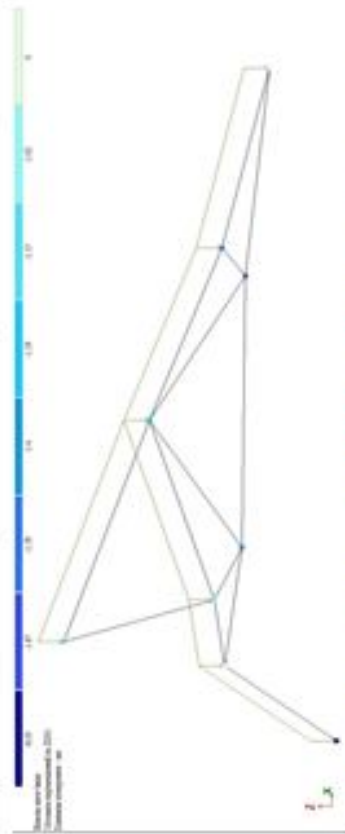
# Ферма у виконанні з металеві прямокутної труби

12

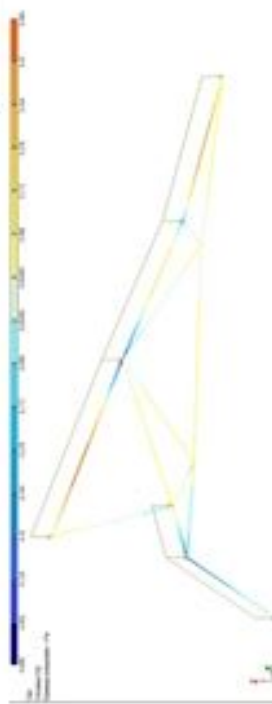


Результати підбору перерізів

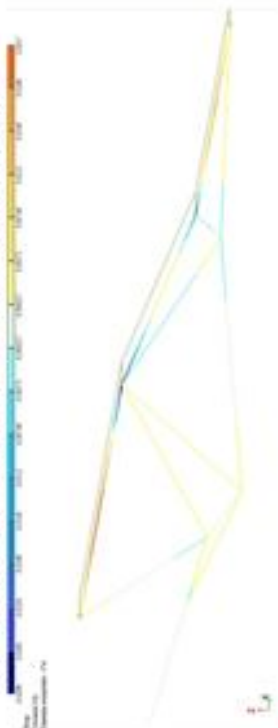
№ п/п	Група елементів	Розміри профілю, мм	Матеріал елементу	Кількість елементів
1	Верхній пояс П1	Швелер 30У (x2)	ВСт3пс4	1
2	Нижній пояс П2	Швелер 16У (x2)	ВСт3пс4	1
3	Нижній пояс П3	Швелер 14У (x2)	ВСт3пс4	2
4	Розкіс металевий РМ1	Швелер 14У (x2)	ВСт3пс4	2
5	Розкіс металевий РМ2	Швелер 10У (x2)	ВСт3пс4	2
6	Розкіс металевий РММ1	Швелер 14У (x2)	ВСт3пс4	1



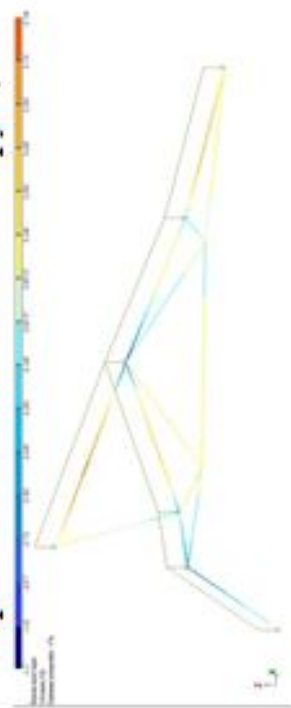
Переміщення елементів ферми вздовж осі Z



Навантаження, спричинені моментами від снігових навантажень на конструкцію



Навантаження, спричинені моментами від вітрових навантажень на конструкцію



Нормальні навантаження в стержнях ферми (власна вага)

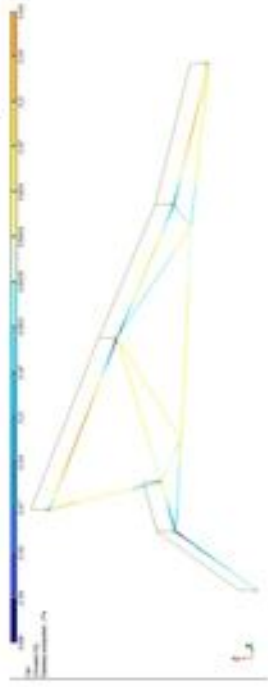
# Ферма у виконанні з подвійного кутика

13

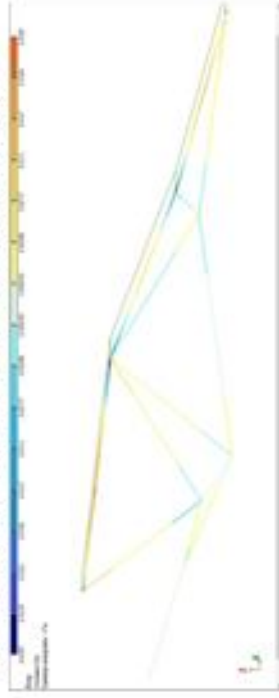


Результати підбору перерізів

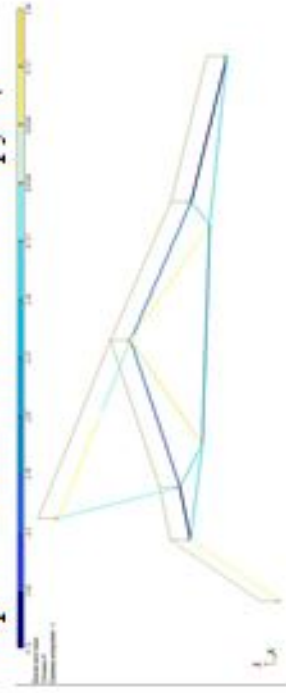
№ п/п	Група елементів	Розміри профілю, мм	Матеріал елементу	Кількість елементів
1	Верхній пояс П1	200x125x12 (x2)	ВСт3пс4	1
2	Нижній пояс П2	180x110x12(x2)	ВСт3пс4	1
3	Нижній пояс П3	160x100x12 (x2)	ВСт3пс4	2
4	Розкіс металевий РМ1	125x80x12 (x2)	ВСт3пс4	2
5	Розкіс металевий РМ2	125x80x12 (x2)	ВСт3пс4	2
6	Розкіс металевий РММ1	125x80x12 (x2)	ВСт3пс4	1



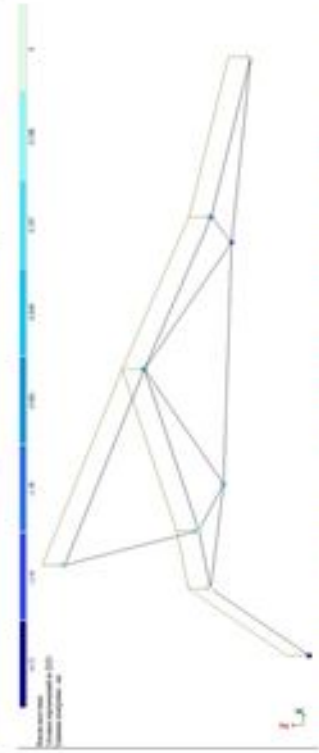
Навантаження, спричинені моментами від СНІГОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА КОНСТРУКЦІЮ



Навантаження, спричинені моментами від ВІТРОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА КОНСТРУКЦІЮ



Нормальні навантаження в стержнях ферми (власна вага)

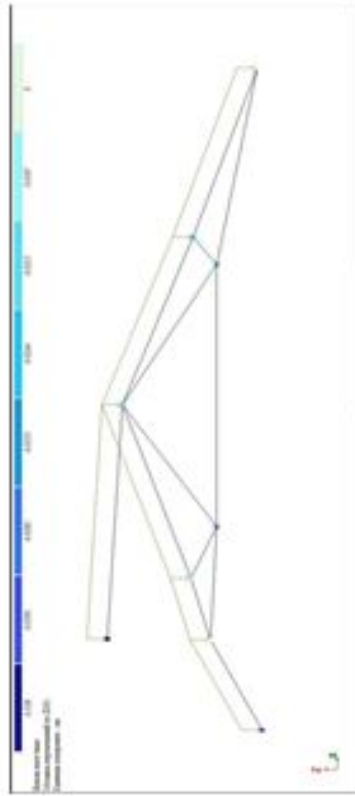


Переміщення елементів ферми вздовж осі Z

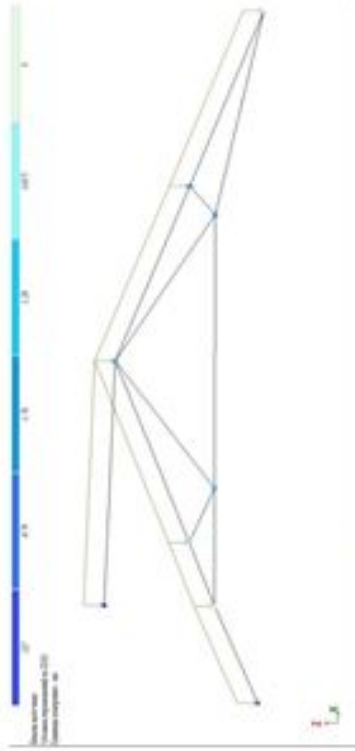
Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата
-----	--------	------	--------	-------	------

## Висновок за порівнянням конструктивної схеми

14

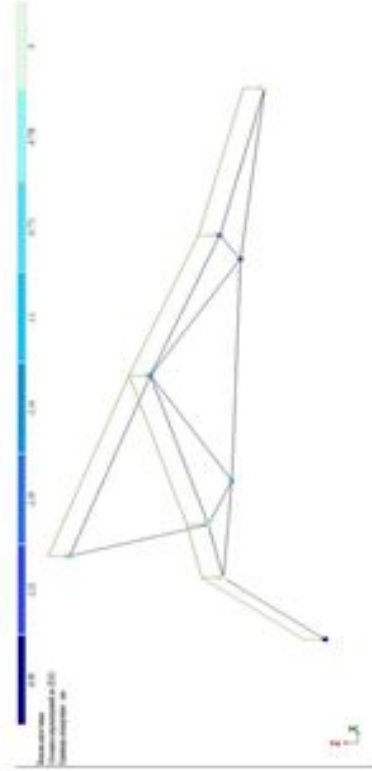


Деформації дерев'яної конструкції без додаткової стійки



Деформації металевій конструкції без додаткової стійки

Максимальна деформація найбільш гнучкого дерев'яного елемента верхнього поясу ферми складає лише 0,326 мм, тоді як в металевому виконанні даний стержень прогинається вниз на 227 мм, що складає майже 23 см. Дану ситуацію можна виправити лише введенням додаткового несучого елемента ферми у вигляді допоміжної стійки, яка зменшує даний небезпечний прогин до 8,98 мм, що задовольняє власне як конструктивні так і естетичні вимоги проектування будівель даного комплексу народного господарства. А це в свою чергу, в порівнянні з деревиною, збільшує масу та вартість конструкції.



Деформації металевій конструкції з додатковою стійкою

Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата

## Висновок за порівнянням матеріалу конструкції

15

Співставлення варіантів покрівлі

№ п/п	Конструкція	Сталь	Маса, т	Вартість за 1 т, грн.	Вартість конструкції, грн.
1	Ферма клеєної деревини ДСТУ-НБ В.2.6-217:2016	Дерев'яна - сосна	1,47	33000	48510
2	Ферма з гарячекатаних циліндричних труб ДСТУ 3667-97	ВСт3пс4	2,868	27300	78297
3	Ферма з гарячекатаних прямокутних труб ДСТУ 3667-97	ВСт3пс4	5,352	74760	400116
4	Ферма з подвійних гарячекатаних нерівнополічних кутиків ДСТУ 8769:2018	ВСт3пс4	3,445	54000	186030

Варіант виконання саме дерев'яної ферми з прямокутними перерізами її складових елементів є найбільш раціональним як за інженерними характеристиками системи (такими, як вага конструкції, спосіб її виготовлення, монтажу, спосіб сприйняття навантаження, тощо), так і за економічними міркуваннями.

Дерев'яна ферма коштує в 1,6 разів менше за найдешевший варіант виконання з сталевий циліндричної труби та важить в 2 рази менше, тобто сама конструкція виходить й більш економічною й легшою.

Зм.	Кільк.	Арк.	Нодок.	Підп.	Дата

170328, гр. ПБ2021

Арк.

106